

# FAUNA SELVATICA ED INFRASTRUTTURE LINEARI



Indicazioni per la progettazione di misure di mitigazione  
degli impatti delle infrastrutture lineari di trasporto  
sulla fauna selvatica







Assessorato Agricoltura  
Tutela della fauna e della flora



# FAUNA SELVATICA ED INFRASTRUTTURE LINEARI

Indicazioni per la progettazione di misure di mitigazione  
degli impatti delle infrastrutture lineari di trasporto  
sulla fauna selvatica



Autori del Testo e del Progetto:

Elena Fila-Mauro\*, Alberto Maffiotti\*\*, Lucia Pompilio\*, Enrico Rivella\*\*, Davide Vietti\*\*

Regione Piemonte – Assessorato Agricoltura, Tutela della fauna e della flora – Direzione Territorio Rurale\*  
Arpa Piemonte Struttura Semplice Valutazione Ambientale (VIA/VAS)\*\*

Documentazione fotografica:

Alberto Maffiotti, Enrico Rivella, Davide Vietti, Lucia Pompilio, Elena Fila-Mauro ad esclusione di quella espressamente attribuita

Si ringrazia il Dr. Guy Berthoud dello Studio di ecologia applicata ECONAT, Yverdon-les-Bains, Svizzera.

Si ringraziano altresì quanti direttamente o indirettamente hanno reso possibile la realizzazione di questo volume.

Per informazioni:

Regione Piemonte – Assessorato Agricoltura, Tutela della fauna e della flora  
Direzione Territorio Rurale  
C.so Stati Uniti 21 - 10128 Torino

Settore Infrastrutture rurali e territorio  
Tel 011 4324036, fax 011 4323791

Osservatorio regionale sulla fauna selvatica  
Tel 011 4322394/2093, fax 011 4323791  
e-mail: [osservatoriofaunistico@regione.piemonte.it](mailto:osservatoriofaunistico@regione.piemonte.it)

Arpa Piemonte

Area delle attività regionali per l'indirizzo e il coordinamento in materia ambiente. Struttura Semplice Valutazione Ambientale (VIA/VAS)  
Via della Rocca 49 - 10141 Torino  
Tel 011 815322, fax 011 8153350  
e-mail: [viavas@arpa.piemonte.it](mailto:viavas@arpa.piemonte.it)

La presente pubblicazione è scaricabile agli indirizzi:

[www.regione.piemonte.it/agri/osserv\\_faun](http://www.regione.piemonte.it/agri/osserv_faun), nella sezione pubblicazioni.

[www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it), nella sezione valutazione impatto ambientale

Si autorizza la riproduzione, l'utilizzazione e la diffusione dei testi e delle immagini citando fonte testuale e fotografica a cui restano i diritti di proprietà intellettuale.

Citazione bibliografica consigliata

Elena Fila-Mauro, Alberto Maffiotti, Lucia Pompilio, Enrico Rivella, Davide Vietti

"Fauna selvatica ed infrastrutture lineari" - Regione Piemonte - Torino - 2005

Stampa Tipolito Subalpina - Rivoli (TO)

# PRESENTAZIONE

*L'interazione fra fauna selvatica e attività antropiche è in continuo e costante aumento.*

*Questa tendenza, che va letta in maniera positiva perché dimostra una crescita diffusa nelle popolazioni di alcune specie di selvatici, presenta però anche risvolti negativi.*

*Mi riferisco, in particolare, all'aumento che i danni alle colture agricole e gli incidenti stradali causati dalla fauna selvatica hanno registrato in questi ultimi anni.*

*Il problema dei danni alle coltivazioni scaturisce sia da un rapporto a volte problematico fra caccia e agricoltura, sia da una gestione del territorio spesso poco rispettosa dell'ambiente naturale e degli agro-ecosistemi.*

*Infatti, un'attenta gestione del territorio rurale deve tendere ad un rapporto di equilibrio fra attività agricola e fauna selvatica, che rappresenta una risorsa del territorio stesso.*

*Anche l'interazione fra opere viarie e animali selvatici deve essere gestita in un'ottica di programmazione territoriale ad ampio respiro.*

*Lo studio dei corridoi ecologici in Piemonte e le elaborazioni della banca dati faunistica regionale permettono oramai di determinare con precisione i "punti caldi" in cui progettare interventi puntuali, per consentire gli spostamenti delle popolazioni di animali in tutta sicurezza, tutelando così la loro incolumità e quella degli automobilisti.*

*Tali interventi costruttivi, oltre che aumentare la sicurezza sulle strade, consentono anche di contenere il costo che annualmente grava sulla collettività per gli indennizzi agli incidenti stradali.*

*Il presente volume vuole fornire ai tecnici e alle pubbliche amministrazioni un valido strumento per progettare misure di mitigazione e ridurre l'impatto delle infrastrutture viarie sulla fauna selvatica, nella speranza di intraprendere un'azione condivisa per migliorare le "nostre strade".*

*L'Assessore all'Agricoltura,  
Tutela della fauna e della flora  
Mino TARICCO*

# PREMESSA

*In questi anni la Direzione Territorio Rurale e l'ARPA Piemonte, partecipando alle procedure di valutazione di impatto ambientale delle infrastrutture lineari di trasporto (strade e ferrovie), hanno constatato che i progetti presentati dimostravano, nel migliore dei casi, una scarsa attenzione al problema degli attraversamenti per la fauna selvatica, quando addirittura non ignoravano del tutto l'argomento.*

*Le cause di tali carenze sono da ricercare nella ridotta sensibilità a queste problematiche degli Enti proponenti le opere, nella scarsità di bibliografia disponibile sull'argomento e nella mancanza di indicazioni e di norme specifiche da parte della Pubblica Amministrazione.*

*Questo volume vuole colmare questa evidente lacuna, fornendo un utile strumento contenente specifiche indicazioni sulle diverse tipologie di interventi che devono essere predisposti per consentire alla fauna selvatica l'attraversamento delle strade in tutta sicurezza.*

*Una progettazione accurata parte da uno studio approfondito del territorio coinvolto e delle popolazioni animali che lo abitano e prevede la realizzazione degli opportuni passaggi per la fauna. Consentire ai piccoli e ai grandi mammiferi, agli anfibi, ai rettili e agli uccelli di attraversare una strada senza rischiare di essere investiti significa non solo contribuire alla conservazione della biodiversità, ma anche aumentare la sicurezza stradale e ridurre la spesa sostenuta dalla collettività a causa degli incidenti che coinvolgono la fauna selvatica.*

*Il presente lavoro, che nasce dalla collaborazione del Coordinamento VIA/VAS dell'ARPA Piemonte con l'Osservatorio regionale sulla fauna selvatica e il Settore Infrastrutture Rurali e Territorio della Direzione Territorio Rurale, si compone essenzialmente di tre parti.*

*La prima parte introduttiva, oltre a fornire alcuni dati statistici sul rapporto rete viaria e fauna selvatica, evidenzia l'importanza di una corretta progettazione delle infrastrutture lineari che tenga conto della conservazione della biodiversità attraverso la conoscenza dei "corridoi ecologici" presenti sul territorio e la loro preservazione.*

*La parte centrale esamina, in funzione dei diversi tipi di fauna presenti e delle diverse interazioni con la rete stradale, i sistemi e le tipologie costruttive adatte a minimizzare l'impatto delle opere sulla fauna (e viceversa!). I sistemi descritti sono stati selezionati attraverso una minuziosa ricerca bibliografica internazionale, verificandoli anche sul campo visitando infrastrutture realizzate con tali accorgimenti.*

*Sono stati infine trattati due casi concreti per evidenziare come procedere nella fase di studio preliminare, nella successiva progettazione e nella realizzazione dell'opera, nonché nelle manutenzioni successive.*



# INDICE

<b>ASPETTI GENERALI</b>	<b>7</b>
<b>Capitolo 1. Biodiversità e reti ecologiche</b>	<b>9</b>
1.1 Il concetto di Biodiversità	9
1.2 Le reti ecologiche	9
<b>Capitolo 2. Fauna selvatica e strade</b>	<b>10</b>
2.1 La situazione in Piemonte	11
2.1.1 Danni e costi	11
2.1.2 Dove avvengono gli incidenti	12
2.1.3 Fauna coinvolta e periodi critici	13
<b>Capitolo 3. La frammentazione del territorio e l'identificazione degli impatti</b>	<b>14</b>
3.1 Identificazione degli impatti rilevanti	15
<b>Capitolo 4. Identificazione delle connessioni ecologiche</b>	<b>16</b>
4.1 Corridoi ecologici di connessione	17
4.2 Metodologia proposta per l'individuazione della rete ecologica esistente sul territorio	17
4.3 Individuazione delle "core areas"	17
4.4 Identificazione dei corridoi ecologici di connessione	18
<b>TIPOLOGIE DI PASSAGGI PER LA FAUNA</b>	<b>19</b>
<b>Capitolo 5. Passaggi per la fauna</b>	<b>21</b>
<b>BOX 1 - SISTEMA DI MONITORAGGIO CON UTILIZZO DI FOTOCAMERE</b>	<b>24</b>
5.1 Tipologie di passaggi per la fauna	25
5.1.1 Tombini di drenaggio	25
5.1.2 Scatolari idraulici	25
5.1.3 Sottopassi stradali	26
5.1.4 Sottopassi ad esclusivo uso faunistico	26
5.1.5 Passaggi per anfibi	27
5.1.6 Sovrappassi stradali	28
5.1.7 Sovrappassi ad uso esclusivo per la fauna (ecodotti)	29
5.1.8 Scalinata idraulica	32
<b>Capitolo 6. Impedimenti e dissuasioni all'accesso alla carreggiata</b>	<b>33</b>
6.1 Grandi mammiferi	33
6.1.1 Recinzioni	33
6.1.2 Dissuasori ottici riflettenti, barriere olfattive e repellenti sonori	33
<b>BOX 2 - DISSUASORI OTTICI RIFLETTENTI (CATADIOTTRI O CATARIFRANGENTI)</b>	<b>36</b>
6.2 Uccelli e pipistrelli	40
<b>Capitolo 7. Segnaletica stradale</b>	<b>41</b>
7.1 Segnaletica verticale ordinaria	41
7.2 Segnaletica verticale "dinamica" attivata da sensori	42
7.2.1 Sensori fissi	42
<b>BOX 3 - UN ESEMPIO REALE DI SISTEMA DI PROTEZIONE DELLA FAUNA SELVATICA</b>	<b>44</b>
7.2.2 Sensori mobili	46
7.3 Segnaletica orizzontale	46
<b>CASI STUDIO</b>	<b>47</b>
<b>CASO STUDIO 1</b>	<b>49</b>
MISURE DI INSERIMENTO E COMPENSAZIONE AMBIENTALE DELL'AUTOSTRADA N1 NEL TRATTO YVERDON-AVENCHES	
<b>CASO STUDIO 2</b>	<b>69</b>
EFFETTI BARRIERA E PROPOSTE DI INTERVENTO SULLA S.S. 24 DEL MONGINEVRO NEL TRATTO TRA OULX "FRAZIONE MORETTA" E CESANA TORINESE	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>87</b>



# ASPETTI GENERALI





# ASPETTI GENERALI

## Capitolo 1. Biodiversità e reti ecologiche

### 1.1 IL CONCETTO DI BIODIVERSITÀ

Il termine biodiversità indica genericamente i diversi livelli di ricchezza della vita sul nostro pianeta; ha incominciato a comparire nella letteratura scientifica internazionale soltanto alla fine degli anni ottanta, usato per la prima volta dall'americano Walter G. Rosen che, nel settembre 1986, organizzò a Washington una conferenza dal titolo "National Forum on BioDiversity". La riunione suscitò l'interesse di alcune Commissioni della Camera e del Senato degli Stati Uniti che chiesero però una definizione del termine biodiversità, non comprendendone completamente il significato. Sotto la spinta di questa richiesta venne fornita la seguente definizione: "La diversità biologica si riferisce alla varietà degli organismi viventi e alla variabilità che esiste sia tra essi sia tra i complessi ecologici in cui essi si trovano. Può essere definita come numero e frequenza relativa di oggetti diversi, organizzati a molti livelli, dagli ecosistemi completi alle strutture chimiche che costituiscono la base dell'eredità. Perciò, il termine comprende diversi ecosistemi, specie, generi e la loro abbondanza relativa".

L'evoluzione degli studi sulla biodiversità ha condotto, oggi, a considerarla sotto diversi aspetti e a più livelli. La diversità genetica è quella che sussiste tra organismi appartenenti alla stessa specie, la diversità specifica riguarda organismi appartenenti a specie diverse e la diversità ecosistemica si manifesta come varietà tra ecosistemi costituiti da una componente biotica e una componente abiotica; la diversità ecosistemica può considerarsi il livello di diversità che comprende i due precedenti livelli, genetico e specifico.

La consapevolezza del valore intrinseco della diversità biologica e dei suoi aspetti ecologici, l'esigenza fondamentale della conservazione degli ecosistemi e degli habitat naturali, la necessità del mantenimento e della ricostruzione delle popolazioni e delle specie vitali nei loro ambienti naturali derivano da una sempre maggiore comprensione del "sistema ambiente" nella sua totalità, vale a dire dalla conoscenza della natura secondo un approccio di tipo olistico in grado di coglierne la complessità strutturale e funzionale.

Le attività di salvaguardia e monitoraggio del patrimonio biologico devono considerare lo stato degli ecosistemi e le loro variazioni, senza trascurare, nello stesso tempo, le politiche, i piani e i programmi amministrativi che governano l'uso del territorio (ad esempio l'adozione della procedura per la Valutazione Ambientale Strategica V.A.S - Direttiva 2001/42/CE).

È quindi opportuno creare una rete di relazioni volta ad unire lo studio dell'ambiente con la realtà del territorio, per aumentarne la conoscenza globale e contribuire alla risoluzione dei problemi presenti a livello locale.

### 1.2 LE RETI ECOLOGICHE

Negli ultimi anni il concetto di rete ecologica è entrato in uso in molti ambiti come riferimento teorico ed applicativo. Questa grande diffusione è dovuta alle sue caratteristiche di strumento concettuale di grande versatilità, applicabile in uno svariato numero di contesti, che permette di schematizzare efficacemente diversi fenomeni naturali e antropici, in cui spesso è possibile distinguere un'articolazione in elementi a diversa funzionalità che si intrecciano tra di loro come le maglie di una rete.

Nell'individuazione di una rete ecologica sono per lo più presenti tre fasi:

- identificazione degli elementi della rete;
- individuazione della diversa funzionalità degli elementi all'interno del sistema;
- rappresentazione degli elementi del sistema e delle loro funzioni in un quadro di sintesi territoriale.

Le reti ecologiche sono uno strumento concettuale di estrema importanza ai fini di un assetto sostenibile di uso del territorio e della conservazione della natura. Questo concetto prende forma partendo dalla constatazione ovvia che tutte le specie, vegetali ed animali, sono distribuite in maniera non omogenea sul territorio e che questa discontinuità è dovuta in primo luogo all'azione di fattori naturali intrinseci sui quali si inseriscono ed agiscono fattori antropici.

È quindi evidente come il concetto di rete ecologica si esprima nella pratica in maniera completamente diversa a seconda del gruppo tassonomico preso in esame. La rete ecologica complessiva, che è rappresentata dalla sovrapposizione delle successioni vegetali e delle reti animali, ha come risultato una fitta parcellizzazione del territorio in piccolissime aree omogenee, che rappresentano la reale rete ecologica globale che insiste sul territorio.

Nella pratica, per poter utilizzare le reti come uno strumento operativo di gestione del territorio, è necessario realizzare una aggregazione delle aree maggiormente simili tra di loro fino ad arrivare ad un grado di dettaglio conforme, in modo da poter gestire le informazioni dedotte dalla realizzazione

delle reti con gli strumenti classici della pianificazione territoriale. A questo scopo è utile pervenire alla scala degli elementi del paesaggio, ovvero identificare le unità di paesaggio omogenee. Se questa operazione presenta effettivamente dei vantaggi pratici, non deve però essere intesa come una effettiva soluzione delle esigenze di tutte le specie, in quanto non esiste nessuna garanzia che una rete tale sia sufficiente per la conservazione di una porzione importante delle specie vegetali ed animali e delle loro interazioni all'interno degli habitat. Risulta quindi evidente che una rete ecologica, disegnata solamente sulla base di elementi del paesaggio, può non avere alcuna corrispondenza con gli obiettivi funzionali che si prefigge, in particolare quando questi hanno una scala territoriale locale.

Per poter ottenere una mediazione tra le esigenze delle specie e quelle della gestione territoriale, si può pensare ad una rete calibrata sulle esigenze delle specie ritenute più importanti per la conservazione delle popolazioni e per la funzionalità ecologica del territorio. Dopo aver definito tale rete si possono raggruppare i singoli elementi in unità di paesaggio omogenee che potranno poi essere facilmente usate per la programmazione e gestione di aree più vaste. Poiché non è possibile tenere conto delle esigenze di tutte le specie esistenti in un dato ambito territoriale, ci si deve necessariamente limitare alle specie ritenute determinanti per il loro grado di minaccia o il loro ruolo funzionale all'interno dei sistemi ecologici.

## Capitolo 2. Fauna selvatica e strade

Il numero degli incidenti stradali che coinvolgono la fauna selvatica è in costante aumento in tutte le nazioni industrializzate ed è stimato nell'ordine di alcuni milioni di casi all'anno.

Le collisioni tra veicoli e grandi mammiferi causano danni non solo agli animali, ma anche ai mezzi coinvolti e alle per-

caso di sinistri che coinvolgono ungulati di grande taglia (es. alce) (Farrel et al., 1996, Joyce e Mahoney, 2001, Rea 2003). In Europa si stima che ogni anno il numero di animali selvatici vittime del traffico stradale sia di alcune centinaia di milioni e che i costi sostenuti dalla collettività siano nell'ordine di alcune decine-centinaia di milioni di euro. La rete



Fig. 1 - Poiana travolta da un'automobile

sone: si stima che negli Stati Uniti i costi materiali superino i 1.500 dollari per collisione (Conover et al., 1995, Rea, 2003). Negli U.S.A. circa il 4% degli incidenti che coinvolgono ungulati di media taglia provoca conseguenze anche per la persona (Conover et al., 1995), percentuale che sale al 18% nel

europea di infrastrutture viarie è in espansione, così come il traffico, che si prevede possa raddoppiare nei prossimi 20 anni. Per motivi economici e di sicurezza, oltre che per la necessaria conservazione della biodiversità a carattere locale e regionale, è necessario che si giunga, come accade in altre

aree del nostro continente, ad una rapida integrazione tra le diverse esigenze, consentendo lo sviluppo di una rete viaria di comunicazione efficace e razionale e di una rete di connessione ecologica tra i diversi habitat e le popolazioni animali.

## 2.1 LA SITUAZIONE IN PIEMONTE<sup>1</sup>

La rete stradale piemontese, comprensiva anche delle autostrade, ha un'estensione di 37.426 km. Da questo dato si può ricavare una densità media di 1,47 km di strada per km<sup>2</sup> di territorio, con valori generalmente più alti in pianura e modesti in montagna.

La consistenza del parco veicolare in Piemonte ha una tendenza di sviluppo positiva: i veicoli che circolavano nella Regione erano 3.115.378 nel 1997, 3.315.737 nel 2000, 3.428.139 nel 2002 (Dati Annuario Statistico Regionale 2004).

Dall'analisi dei dati relativi ai sinistri che coinvolgono fauna selvatica desunti dalla Banca dati faunistica dell'Osservatorio regionale sulla fauna selvatica, si evidenzia come, anche in Piemonte, questa tipologia di incidente sia aumentata negli ultimi 10 anni.

legge (D.P.G.R. 11 giugno 2001, n. 7/R) non ne prevede l'indennizzo. La flessione di questo dato non è quindi indicativa di una reale diminuzione del fenomeno.

Uno degli effetti positivi dell'emanazione di questi provvedimenti è la disponibilità di maggiori informazioni che consentono di valutare criticamente le dimensioni e le tendenze del fenomeno che interessa gli ungulati, che è quello più problematico dal punto di vista degli aspetti economici e della sicurezza stradale.

La carenza di dati relativi alle collisioni con tutte le altre specie di fauna selvatica pone invece problemi nell'affrontare in maniera complessiva ed organica il fenomeno del coinvolgimento delle specie non ungulate negli incidenti stradali e nella ricerca di soluzioni appropriate in un'ottica di conservazione della biodiversità a livello locale e regionale.

### 2.1.1 DANNI E COSTI

Tra il 1993 e il 2002 le Province hanno segnalato 1.683 incidenti con coinvolgimento di fauna selvatica, periziati per un importo totale pari a € 2.909.639, pari ad una media annua di € 290.963. Questa cifra è probabilmente sottostimata,

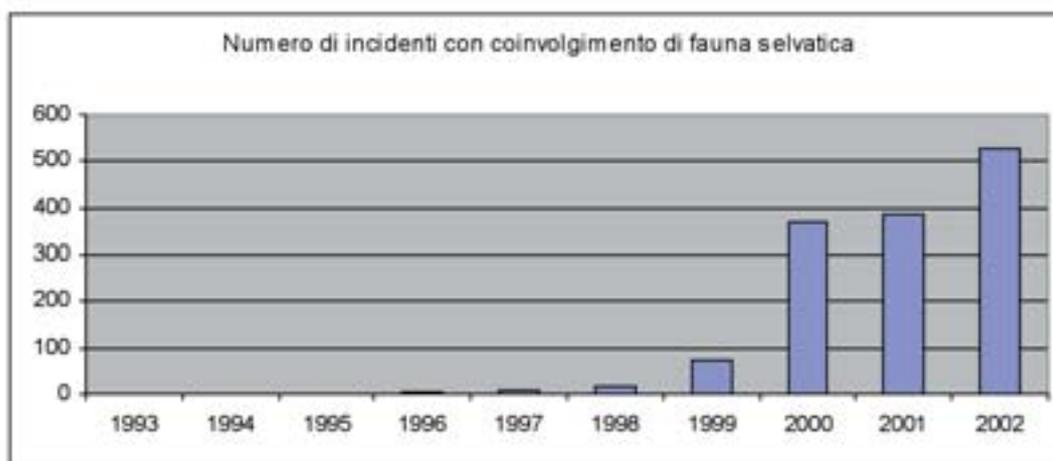


Tabella 1 - Andamento del numero di incidenti stradali che hanno coinvolto fauna selvatica in Piemonte nel periodo 1993 – 2002 (Dati Osservatorio regionale sulla fauna selvatica)

L'avvio della Banca dati faunistica regionale ha permesso di raccogliere i dati riguardanti le collisioni segnalate a partire dal 1993.

Il notevole aumento del numero di incidenti segnalati registrato a partire dal 2000 è sicuramente riconducibile al fatto che la Regione Piemonte, con la legge regionale 27 gennaio 2000, n. 9 e con il Regolamento regionale 11 giugno 2001, n. 7/R, ha previsto lo stanziamento di fondi a parziale indennizzo degli eventi che coinvolgono ungulati selvatici.

In particolare, a partire dal 2000, si è registrato un aumento delle denunce di sinistri causati da ungulati, mentre sono diminuite le denunce degli incidenti che hanno coinvolto specie non ungulate, in quanto il regolamento attuativo della

poiché molti sinistri non recavano informazioni relative al danno economico.

Dividendo semplicemente questo costo complessivo per il numero dei sinistri segnalati (periziati e non), si ricava un importo medio per incidente di € 1.728,80, non molto diverso dal costo prima riportato per gli Stati Uniti.

Se invece si analizzano i dati degli incidenti oggetto di perizia, emerge che il costo medio periziato è più alto nelle Province di Torino e Cuneo con circa € 3.700, risulta poco meno di € 3.000 a Biella ed Asti, è attorno a € 2.500 ad Alessandria, Vercelli e Novara, mentre scende a poco più di € 1.500 nel Verbanò Cusio Ossola.

<sup>1</sup> i dati relativi alla situazione della fauna in Piemonte sono desunti dalla Banca dati faunistica dell'Osservatorio regionale sulla fauna selvatica – Direzione Territorio Rurale – Regione Piemonte

Nel biennio 2000-2001 il danno periziato è stato indennizzato in media nella misura del 19%.

A partire dal 1° dicembre 2001 la Regione ha stipulato una polizza assicurativa a copertura degli indennizzi per sinistri stradali con il coinvolgimento di ungulati selvatici (camoscio, capriolo, cinghiale, cervo, daino, muflone), a parziale ristoro del danno accertato, nel caso in cui gli incidenti si siano verificati sulle strade statali, regionali, provinciali e comunali esistenti in tutto il territorio regionale.

I costi sostenuti dalla comunità piemontese dall'emanazione della l.r. n. 9/2000 fino alla fine del 2004 si aggirano attorno a € 1.600.000, dato comprensivo sia degli indennizzi erogati fino a dicembre 2001, sia degli importi del premio assicurativo.

Solo il 3% di tutte le collisioni (50 incidenti) avvenute nel periodo 1993-2002 ha causato anche danni alle persone. L'importo medio periziato in questi casi è molto alto, essendo superiore a € 25.000. Ben 43 incidenti su 50 sono stati causati da cinghiali. Poco più della metà è avvenuta in Provincia di Torino.

### 2.1.2 DOVE AVVENGONO GLI INCIDENTI

Circa il 70% di tutti gli incidenti avviene nel torinese e nel cuneese. Questa densità è legata all'estensione del territorio amministrato, allo sviluppo della rete stradale e al volume di traffico che la percorre. Nel territorio torinese, più piccolo del cuneese, si registra il 40% degli incidenti.

Il 45% dei Comuni piemontesi (542 su 1206) è interessato



Fig. 2 - Incidente stradale con coinvolgimento di un cinghiale avvenuto a Villastellone (TO) sulla S.P. 393 nell'ottobre 1990 (foto: Aurelio Perrone)

Le dimensioni degli animali sono determinanti per l'importo della perizia: cinghiali, daini e cervi "costano" mediamente oltre € 2.000 per ogni incidente, i caprioli circa € 1.800. In 7 casi su 10 l'animale coinvolto muore: la media è compresa tra 9 volte su 10 in autostrada e 6 volte su 10 lungo strade comunali. Anche il destino dell'animale è importante: gli incidenti che ne causano la morte "costano" mediamente oltre € 5.000, mentre i costi di quelli che ne causano la fuga o il ferimento non superano i € 3.000.

dal fenomeno degli incidenti stradali in cui è coinvolta fauna selvatica: in particolare 67 Comuni sono stati sede di un numero di sinistri compreso tra 5 e 9, mentre in 23 sono state registrate almeno 10 collisioni. Questi 23 Comuni coprono il 6% del territorio regionale, ma hanno totalizzato il 22% di tutti gli incidenti. Questi dati evidenziano quindi l'esistenza di punti critici ("hot spots"), in cui gli eventi sono maggiormente localizzati e suggeriscono che il fenomeno potrebbe essere affrontato concretamente agendo su queste poche situazioni specifiche.

Comune	N° incidenti
Oulx (TO)	37
Alessandria	34
Ovada (AL)	24
Mondovì (CN)	21
Novi Ligure (AL)	20
Acqui Terme (AL)	18
Salbertrand (TO)	18
Casale Monferrato (AL)	16
Sampeyre (CN)	16
Susa (TO)	15
Asti	14
Pinerolo (TO)	14
Cuneo	13
Avigliana (TO)	12
Cumiana (TO)	12
Mergozzo (VB)	12
Saluzzo (CN)	12
San Giorgio Canavese (TO)	12
Torino	12
Busca (CN)	11
Murazzano (CN)	11
San Sebastiano Curone (AL)	11
Piossasco (TO)	10

Tabella 2 - Elenco dei Comuni piemontesi in cui si sono verificati almeno 10 incidenti stradali con il coinvolgimento di fauna selvatica (Dati Osservatorio regionale sulla fauna selvatica)

La frequenza di incidenti dipende in larga parte anche dalla tipologia di strada, che a sua volta condiziona la velocità media di percorrenza. Mentre le strade statali mostrano una frequenza di 18 sinistri ogni 100 km, nelle provinciali si scende a meno di 6 e nelle comunali a meno di 1. Su queste strade l'adozione di adeguati limiti di velocità in tratti particolarmente a rischio, nonché di misure che ne favoriscano il rispetto, potrebbe essere una tra le misure più incisive e meno dispendiose per affrontare il fenomeno.

Le autostrade sono stranamente sede di soli 4 incidenti ogni 100 km. Ciò potrebbe essere conseguenza di varie e concomitanti cause: le autostrade sono tutte recintate e quindi l'accesso per la fauna selvatica è limitato; la normativa regionale non prevede l'indennizzo degli incidenti che avvengono su questa rete, in quanto gestita da aziende private, e quindi di questi sinistri non viene necessariamente data notizia alle Province e alla Regione; infine l'alta velocità del traffico e la frequenza elevata di autoveicoli potrebbero scoraggiare l'attraversamento da parte degli animali.

La distribuzione degli incidenti è certamente influenzata da molti e complessi fattori, tra cui la densità e la distribuzione della fauna, ed in particolare degli ungulati, l'intensità del traffico lungo alcune direttrici privilegiate, lo sviluppo e le caratteristiche della rete stradale. In Piemonte il fenomeno si concentra lungo alcune valli alpine, sedi di importanti valichi

transfrontalieri (Valli di Susa e Chisone), e in tutta la fascia prealpina e preappenninica, mentre le pianure centrali (Province di Asti, Novara e Vercelli) ed alcune zone alpine poco abitate (Valle Orco, Valli di Lanzo, Val Sesia, alcune valli ossolane) sono, per ragioni diverse, meno interessate dal fenomeno.

La mappa della figura 3 è stata ottenuta tramite un algoritmo di interpolazione spaziale, prendendo in considerazione il numero di incidenti riportati nei 1206 Comuni piemontesi ed assegnando a ciascuno di essi un codice di colore che indica il numero di incidenti.

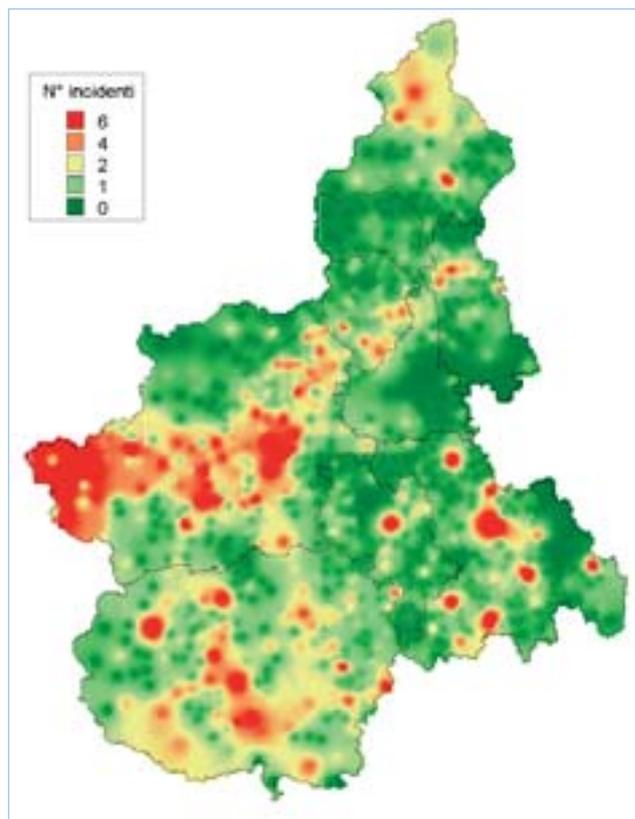


Fig. 3 - Distribuzione e frequenza di incidenti in Piemonte nel periodo 1993-2002.

### 2.1.3 FAUNA COINVOLTA E PERIODI CRITICI

Restringendo le considerazioni solo agli ungulati, coinvolti in oltre il 97% di tutti gli incidenti registrati, il cinghiale è la specie più frequentemente interessata (65% degli eventi), seguita da capriolo (25%) e da cervo e daino (4% e 3% rispettivamente).

Questa ripartizione media regionale è compresa tra gli estremi provinciali: prendendo ad esempio il cinghiale, la media oscilla tra 88 sinistri su 100 nell'Astigiano e 14 su 100 nel Verbano Cusio Ossola.

I cervidi (cervo e capriolo, daino solo nell'alessandrino) sono coinvolti in quasi 80 incidenti su 100 nel Verbano Cusio Ossola, in circa 40 su 100 nelle Province di Novara e

Alessandria ed in poco più di 30 in quella di Torino. Questa situazione rispecchia la distribuzione areale di queste specie nei territori delle diverse Province piemontesi.

Le collisioni con cinghiali aumentano gradualmente tra agosto e ottobre, probabilmente a causa della ricerca delle coltivazioni mature di pianura e della dispersione giovanile, mentre quelle con i cervidi mostrano due picchi, tra aprile e giugno e a ottobre-novembre, legati rispettivamente al raggiungimento dei pascoli di fondovalle, dove spuntano le prime erbe primaverili, e agli spostamenti nella stagione riproduttiva.

Il fatto che la concentrazione dei sinistri non sia solo spaziale, ma anche temporale, dovrebbe ulteriormente facilitare la messa a punto di misure di mitigazione del fenomeno.

Da queste analisi si evidenzia la carenza di dati sugli incidenti stradali che coinvolgono le specie non ungulate in Piemonte. Se per gli aspetti della sicurezza stradale e per quelli economici di risarcimento dei danni, gli incidenti che coinvolgono ungulati selvatici sono quelli che causano i maggiori problemi, per gli stessi motivi, oltre che per quelli legati alla conservazione della biodiversità, non sono da trascurare le

collisioni che coinvolgono i carnivori (volpe, tasso, lupo, lontra).

Purtroppo per queste specie (con la sola eccezione del lupo) e per i lagomorfi (coniglio e lepre) i dati a disposizione per un'analisi dettagliata del fenomeno sono scarsi.

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

Un caso particolare è rappresentato dagli anfibi (rane e rospi), un gruppo faunistico fortemente colpito dall'effetto barriera dovuto alla presenza di strade. In concomitanza delle migrazioni riproduttive stagionali si assiste talvolta alla perdita di intere popolazioni schiacciate dai veicoli. Questo fenomeno, oltre a causare gravi conseguenze dal punto di vista della conservazione della biodiversità, può anche diminuire la sicurezza del tratto di strada, in particolare per i motociclisti, a causa della scivolosità del manto stradale.

## Capitolo 3. La frammentazione del territorio e l'identificazione degli impatti

Tra le principali minacce di origine antropica che oggi minacciano la diversità biologica vi è la frammentazione degli ambienti naturali. Recentemente, allo scopo di mitigare o di rendere questi impatti residuali, sono state proposte a livello nazionale e comunitario alcune strategie di pianificazione territoriale (Bennett 1999; Battisti 2004).

Sulla base delle informazioni ecologiche ed etologiche, la pianificazione sul territorio delle reti infrastrutturali e delle conseguenti possibili interferenze con le reti ecologiche prevede l'adozione di strategie ad una scala adeguata al mantenimento di popolazioni, specie, comunità ed ecosistemi, superando un approccio "insulare" della conservazione finalizzato alla tutela delle singole unità indipendentemente dal contesto ambientale (Battisti 2004).

Lo sviluppo lineare dei manufatti stradali può costituire, se non ben progettato, una barriera invalicabile agli spostamenti di numerose specie animali a causa dell'impedimento fisico stesso del movimento o per effetto del rumore, della percezione fisica e dell'abbagliamento notturno dovuti ai veicoli in transito. Questa barriera determina, oltre alla perdita per collisione con i veicoli degli individui che tentano comunque di

attraversare la carreggiata, un'alterazione della vitalità delle popolazioni<sup>2</sup> riconducibile a tre fenomeni:

1. la diminuzione del dominio vitale (*home range*), ossia della superficie utilizzata per il completo espletamento delle funzioni vitali (riposo, alimentazione, rifugio, riproduzione..), interrompendone la continuità o rendendo difficile l'accesso ad aree dove si trovano risorse essenziali;
2. l'impedimento dei movimenti dispersivi e delle migrazioni (esemplari quelle degli anfibi che ritornano ogni anno agli stagni o ai fossi dove sono nati per riprodursi e nel caso di comparsa di un ostacolo che limiti l'accesso cessano definitivamente di riprodursi);
3. l'induzione di locali estinzioni di popolazioni frammentate. In territori eterogenei, molte specie sono distribuite in insiemi di subpopolazioni, denominate metapopolazioni, interconnesse per mezzo di individui che si disperdono da una all'altra. Una popolazione di questo tipo subisce continuamente estinzioni e ricolonizzazioni nei frammenti e si mantiene nel tempo solo quando le seconde superano le prime, mentre si estingue se un ostacolo (es. una strada) impedisce il flusso di individui capaci di ricolonizzare nuovi frammenti o di rafforzare piccole subpopolazioni.

<sup>2</sup> si intende per popolazione l'insieme di individui della stessa specie, distribuiti in modo che sia possibile fra loro l'intercambio genetico.

A questi effetti maggiori si devono poi aggiungere effetti meno individuabili, come ad esempio l'effetto margine indotto dall'influenza di un ambito antropizzato sui frammenti naturali residui o la creazione di superfici ecosistemiche di origine antropica.

La frammentazione produce infatti una serie di aree naturali relitte circondate da una matrice territoriale strutturalmente diversa (seminaturale o antropizzata). Questi elementi si possono considerare come "isole" a diverso grado di isolamento. Il primo effetto prodotto è senza dubbio la riduzione della superficie dell'habitat naturale a disposizione delle specie presenti. Inoltre le aree frammentate identificano un ambiente che presenta notevoli differenze rispetto a quello originario, in termini di:

- alterazione del microclima interno, fenomeno che cresce in maniera inversamente proporzionale alle dimensioni delle unità relitte;
- cambiamento delle condizioni di esposizione alla luce e del regime locale dei venti;
- potenziale modificazione del ciclo interno delle acque;
- mutamento della distribuzione delle temperature superficiali e delle condizioni di umidità.

Si alterano infine i rapporti tra le aree interne relitte (maggiore protette) e le fasce marginali di confine (più vulnerabili). In definitiva l'alterazione delle condizioni ecologiche di un determinato habitat si traduce in un aumento della difficoltà di sopravvivenza delle specie più vulnerabili, nel momento in cui la superficie a disposizione di una popolazione non è più sufficiente al suo mantenimento.

La possibilità di sopravvivenza delle specie è in funzione della loro abilità nel colonizzare nuovi territori, che dipende dalla mobilità intrinseca della specie (capacità di raggiungere nuove zone relitte), dalla competizione con altre specie, dalla possibilità di procurarsi il cibo e dalla capacità di adattarsi a nuove condizioni.

La conservazione delle specie più vulnerabili dipende pertanto dal mantenimento dell'habitat idoneo, sia in termini di qualità, sia di quantità del territorio, relativamente alla sua capacità di sopportare un numero di individui sufficiente a contrastare il rischio di estinzione della specie o della popolazione.

L'intensità della frammentazione del territorio si misura in base alla struttura e alla disposizione della rete di infrastrutture antropiche; questa infatti rappresenta la maggior fonte di discontinuità del paesaggio e della rete ecologica, impedendo o limitando in parte la connettività dell'ecosistema. L'azione sinergica di più fattori di perturbazione rende ancor più elevato il grado di frammentazione ed incide sulla qualità, sulla capacità e sul funzionamento dei diversi habitat. La distruzione di habitat che fungono da rifugio o da transito per le specie è, ad esempio, la principale causa della riduzione della biodiversità, legata al problema della migrazione delle specie, della sopravvivenza di piccole popolazioni e del rischio di deriva genetica.

Appare dunque evidente l'importanza di mantenere una rete ecologica funzionale anche nei casi in cui questa sia inserita

in una realtà territoriale frammentata. E' inoltre fondamentale che l'analisi del territorio sia effettuata in relazione alla funzionalità della rete ecologica esistente e prenda in esame anche azioni ed interventi necessari per il mantenimento della rete stessa o per il ripristino degli elementi mancanti.

### 3.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI IMPATTI RILEVANTI

L'impatto sulle componenti biotico-naturalistiche determinato dall'infrastrutturazione del territorio può essere articolato in più impatti specifici, aventi ordini di grandezza diversi, che appaiono così strutturati:

#### a) Impatto diretto di sottrazione di suolo

Può essere distinto in sottrazione permanente o temporanea. La prima viene riferita alla sottrazione fisica di suolo per l'ingombro dell'opera e per la fascia di pertinenza che viene di norma disturbata o compattata durante i lavori di costruzione ed è oggetto di periodica manutenzione durante la fase di esercizio dell'opera. Viene inteso quindi come sottrazione fisica di superficie di biotopo.

La seconda viene riferita alle aree di sottrazione di ambiente e di scotico di suolo per le attività di costruzione in una fascia attorno all'opera (mediante di circa 100 metri in asse ad un tracciato autostradale) e per i siti di cantiere e di cava, che sono oggetto, al termine della fase di costruzione, di interventi di recupero ambientale che solo in parte recuperano l'originale valenza ecosistemica.

#### b) Impatto indiretto dovuto alla recisione di corridoi ecologici e all'aumento della frammentazione e dell'isolamento dei biotopi di pregio

Questo impatto si estrinseca nella diminuzione di naturalità dei biotopi prossimi all'infrastruttura, in termini di connessione e possibilità di interazione e scambio con altri biotopi del settore di appartenenza. Tale impatto ha ripercussioni soprattutto sulla componente faunistica ed in prossimità di settori con formazioni boschive e ambienti umidi.

A questo tipo di impatto si aggiunge il possibile effetto barriera generato dai tratti in rilevato recintati, i quali possono impedire gli spostamenti che gli animali compiono alla ricerca di cibo o per esigenze riproduttive, o, qualora non recintati, possono trasformarsi in rischio di collisioni. Quando le distanze tra gli habitat naturali preferiti dagli animali diventano eccessive e le dimensioni dei biotopi rimasti disponibili diventano troppo limitate per sostenere popolamenti equilibrati, l'estinzione locale della specie interferita diventa un pericolo concreto. Tale rischio è evidente soprattutto per la classe degli anfibi, che popolano gli ambienti umidi (corsi d'acqua naturali ed artificiali, stagni e lanche abbandonate) e che compiono periodiche migrazioni riproduttive tra un ambiente e l'altro, senza

le quali andrebbero incontro a fenomeni di deriva genetica.

L'impatto maggiore derivante dalla realizzazione di una strada all'interno di un'area naturale è la mortalità delle specie animali che la attraversano.

**c) Impatto indiretto dovuto alla dispersione di inquinanti**

Per le infrastrutture di trasporto su gomma è riferito essenzialmente all'emissione di inquinanti da gas di scarico, all'inquinamento delle acque di drenaggio e sgrondo della piattaforma che dilavano gli inquinanti depositati al suolo, all'inquinamento chimico in caso di incidenti che coinvolgono veicoli di trasporto merci.

Studi tossicologici condotti sulla dispersione dei principali inquinanti atmosferici suggeriscono come la proporzione maggiore di questa tipologia d'impatto sia contenuta entro una prima fascia prossimale all'infrastruttura lineare, variabile per tipologia di opera, ma non precisamente quantificabile. Arbitrariamente viene assunta una larghezza di 300 metri dall'asse stradale.

L'aspetto che maggiormente induce la diminuzione della biodiversità è la riduzione degli habitat. Tale situazione diviene particolarmente significativa quando un habitat naturale viene trasformato in un habitat artificiale o antropico. La realizzazione di nuove arterie infrastrutturali (strade, ferrovie, canali) rappresenta, se non opportunamente governata, una delle maggiori forme di cambiamento del territorio.

L'alterazione degli habitat naturali ascrivibili alla realizzazione di una strada non si limitano solamente alla sottrazione di

suolo, ma anche ad un'interferenza sull'ambito ecosistemico e sulle sue funzioni di connettività del territorio, in quanto imposto ad un sistema di reti naturali già esistente.

È possibile stimare che, in tutti i paesi industrializzati, lo sviluppo delle reti infrastrutturali abbia portato alla perdita del 2-3 % del territorio e alla considerazione che in ogni ambito del paesaggio è sempre presente e riconoscibile una strada. Gli effetti sugli habitat e sulla biodiversità non possono essere ricondotti unicamente all'area interessata dal transito veicolare, ma si estendono ai corridoi ecologici prossimi, oltre che all'intero sistema del territorio e del paesaggio.

In realtà i progetti infrastrutturali non sono gli unici a causare pressioni ambientali sul territorio, ma posseggono una buona quota di responsabilità. La realizzazione di nuove infrastrutture di trasporto provoca infatti una serie di effetti secondari (sviluppo di aree residenziali, di aree industriali, di centri commerciali, realizzazione di elettrodotti e di gasdotti) ascrivibili ad un maggior afflusso umano nella zona e al richiamo di altre attività antropiche.

L'introduzione all'interno di un insieme di habitat naturali di elementi progettuali esterni provoca una serie di impatti, spesso di difficile previsione, sulle componenti ambientali. Ad esempio la realizzazione di un'area industriale con la sua viabilità di servizio e di accesso può portare all'alterazione del flusso delle acque superficiali (ambiti lotici), all'introduzione di specie animali e vegetali esotiche, alla distruzione di organismi con bassa capacità di movimento (scarsa vagilità) e ciò accade non solo nel sito impermeabilizzato, ma anche a distanze considerevoli (alcuni chilometri a seconda dell'effetto considerato).

## Capitolo 4. Identificazione delle connessioni ecologiche

La garanzia di un'efficiente rete ecologica è considerata uno degli strumenti più importanti per la conservazione della biodiversità. Una rete ecologica dipende dall'utilizzazione e dalla connessione spaziale tra porzioni di territorio più o meno intatte o degradate che permettano un flusso genetico variabile in intensità e nel tempo; può essere cioè considerata come un sistema di mantenimento e di sopravvivenza di un insieme di ecosistemi.

Le reti ecologiche ben strutturate permettono quindi di conservare la biodiversità anche in un territorio soggetto a moderate pressioni antropiche, in quanto le metapopolazioni riescono a mantenere un sufficiente grado di libertà di movimento.

Gli elementi di una rete ecologica sono stati definiti dalla Comunità Europea all'interno di una strategia paneuropea di conservazione della diversità biologica, attraverso:

- zone serbatoio o sorgente ("core areas"), formate dai

luoghi naturali al cui interno le specie selvatiche sono in grado di espletare tutte le loro funzioni vitali;

- zone tampone ("buffer zone"), che proteggono la rete ecologica, permettendo di evitare la degradazione ulteriore dei siti con elevata valenza ecologica;
- elementi del paesaggio, continui ("corridoi ecologici") o discontinui ("stepping stones"), che permettono gli scambi di individui di una determinata specie tra aree critiche.

La figura 4 evidenzia gli elementi essenziali di una rete.

In un territorio moderatamente trasformato ciascuna specie utilizza i diversi habitat favorevoli ad una o più funzioni del ciclo vitale. Quando questi habitat sono sufficientemente raggruppati per lo sviluppo di una popolazione stabile, si viene a definire una "core area". A partire da queste popolazioni "madri" possono svilupparsi popolazioni "figlie", in funzione

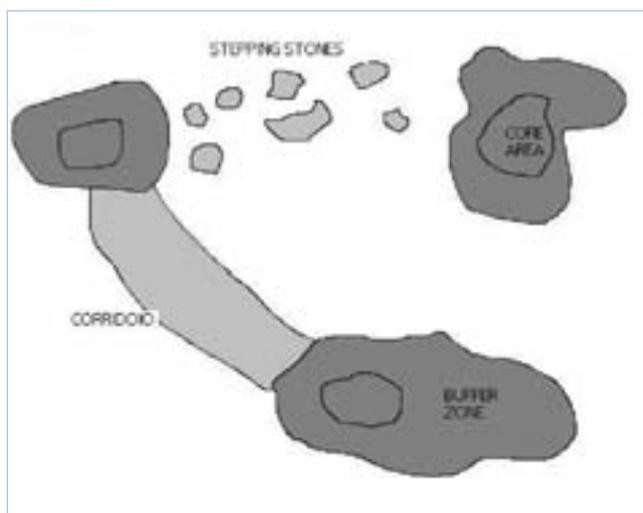


Fig. 4 - Elementi essenziali di una rete ecologica

dei flussi migratori e dell'esistenza di zone affini alla presenza della specie. I corridoi ecologici possono essere costituiti da uno spazio esteso senza ostacoli o da uno spazio limitato, ma con la presenza di strutture guida che fungono da rifugio in caso di pericolo, da risorsa alimentare in caso di necessità o semplicemente da quinta in un contesto di paesaggio seminaturale. Le modalità di funzionamento e il loro utilizzo da parte della fauna selvatica dipendono dalla qualità ambientale delle zone sorgenti e dalla funzionalità ecologica dei diversi corridoi. Per questo motivo risulta fondamentale possedere una conoscenza circa la biodisponibilità del territorio e valutarne l'assetto. Questa operazione è possibile utilizzando modelli predittivi, quali quelli sviluppati da Arpa Piemonte come strumento di supporto alla decisione nel settore della Valutazione d'Incidenza e della Valutazione d'Impatto Ambientale (modello BIOmod).

#### 4.1 CORRIDOI ECOLOGICI DI CONNESSIONE

Uno dei problemi tecnici nell'identificazione sul campo delle strutture e delle componenti delle reti ecologiche è valutare il significato e il ruolo ecologico dei corridoi, non solo in funzione della loro struttura, ma anche e soprattutto della loro funzionalità e fruibilità. Essi infatti rappresentano delle unità naturali o seminaturali differenti dalla matrice in cui sono collocati, ma ad essa connessa e concatenati. La loro funzione principale è quella di consentire alla fauna (in particolare ai vertebrati terrestri e in misura minore agli insetti) spostamenti da una zona sorgente ad un'altra, riducendo attraverso questa connettività gli effetti della frammentazione degli habitat naturali causati dall'attività antropica.

L'aspetto chiave della loro individuazione è costituito dalla difficoltà di riconoscere effettivamente sul territorio queste strutture, passando dagli aspetti teorico funzionali alla loro georeferenziazione.

È possibile distinguere corridoi ecologici con funzione diversa dal momento che ogni specie (o gruppo di esse) mostra esigenze differenti in funzione della modalità di dispersione.

Il sistema che consente ad un primo livello specifico di individuare la rete ecologica si basa sull'analisi delle capacità del territorio e delle sue vocazioni per ciascun gruppo sistematico, sulla presenza di elementi antropici di disturbo e sulla conseguente analisi ed elaborazione dei risultati ottenuti.

#### 4.2 METODOLOGIA PROPOSTA PER L'INDIVIDUAZIONE DELLA RETE ECOLOGICA ESISTENTE SUL TERRITORIO

L'analisi e l'elaborazione dei risultati ottenuti dai modelli ecologici di biodiversità potenziale del territorio (BIOmod) permette di valutarne il grado di permeabilità, individuando quali sono le aree critiche per la presenza o la dispersione delle specie animali.

L'identificazione di queste aree risulta di fondamentale importanza al fine di mantenere (o ripristinare) un equilibrio dinamico e funzionale tra rete ecologica e infrastrutture antropiche.

Analizzando i risultati del modello unitamente alle informazioni deducibili dalla fotointerpretazione, è possibile individuare:

- le "core areas" che rappresentano le aree sorgenti di biodiversità, all'interno delle quali le specie animali sono in grado di espletare senza interferenze esterne le funzioni vitali proprie della specie;
- i corridoi ecologici, riconosciuti quali zone di transito che collegano due "core areas" vicine, che rappresentano le vie preferenziali di connessione ecologica, fondamentali per il mantenimento della diversità genetica e della diffusione e dispersione delle specie;
- le aree residuali o relitte, isole di biodiversità destinate a scomparire se non ricomposte in un tessuto ecologico dinamico.

#### 4.3 INDIVIDUAZIONE DELLE "CORE AREAS"

I risultati del modello permettono di rilevare le macroaree che presentano nel loro complesso un alto livello di biodiversità (classe I e II del modello) riferito alle specie o alle famiglie per le quali è stato sviluppato il modello. La principale caratteristica di queste porzioni di territorio è che risultano omogenee al loro interno, poiché prive di forme di disturbo antropico, di barriera e di frammentazione dell'habitat naturale. Se sono di dimensioni sufficientemente elevate (in funzione della loro collocazione geomorfologica ed altimetrica possono variare da alcune decine alle centinaia di ettari), all'interno di queste aree le specie animali sono in grado di sviluppare completamente il loro ciclo vitale, mantenendo stabili gli equilibri consueti che la natura impone. Una volta definiti su carta questi poligoni, si attua, attraverso l'utilizzo di sistemi geografici informativi, una prima verifica sovrapponendo i risultati ottenuti con le ortofotocarte, verificandone la coerenza e l'attendibilità con il reale assetto del territorio.

#### 4.4 IDENTIFICAZIONE DEI CORRIDOI ECOLOGICI DI CONNESSIONE

Una volta individuate le "core areas", si opera in modo da poter riconoscere le strutture del territorio che permettono di connettere queste aree sorgenti e si individua quindi la rete ecologica del territorio (figura 5).

Queste strutture si suddividono in:

- corridoi ecologici di transito preferenziale della fauna già esistenti (corridoi ecologici di primo livello). Il transito delle specie viene favorito dall'assenza di disturbo e di pericolo da parte della componente antropica, dalla mancanza di forme di barriera evidenti oppure dalla dimensione del corridoio, generalmente elevata, che consente lo svolgimento di una funzione di "filtro" e protezione dalle forme di interferenze esterne. L'effetto barriera e i conseguenti effetti di derivazione ed inibizione sono pressoché nulli o molto limitati; l'unica limitazione è dovuta al fatto che la fauna utilizza un substrato a basso tasso di risorse o un territorio ad estensione troppo limitata per l'espletamento delle principali funzioni vitali proprie della specie (riproduzione, predazione, rifugio...).
- aree più vulnerabili per il mantenimento della connettività ecologica (corridoi ecologici di secondo livello). In questo caso il transito delle specie è limitato dall'influenza antropica in termini di disturbo e di rischio per la fauna. La rete di infrastrutture lineari è il principale fattore limitante a causa del transito dei veicoli e rappresenta un fattore di rischio per la sopravvivenza dell'individuo. Altre cause di disturbo possono essere la presenza di abitazioni o altre tipologie di infrastrutture

(aree industriali, piste da sci) limitrofe al corridoio ecologico e l'esistenza di barriere naturali (fiumi o acclività del terreno).

Anche in questo caso l'individuazione del possibile corridoio è guidata in primo luogo dall'osservazione del modello ecologico realizzato, tenendo in considerazione le aree a grado di biodiversità da medio/basso (classe IV) ad alto (classe I) che si trovano tra due "core areas" contigue; in secondo luogo, una volta identificate le possibili vie di transito, ci si avvale dell'utilizzo dell'ortofotocarta come metodo di verifica. È infine doveroso e necessario acquisire informazioni dirette tramite visite in campo, da effettuarsi a più riprese (generalmente in stagioni differenti) per accertare la reale funzionalità del corridoio e, nel caso fosse necessario, rettificarne i confini.

Questa metodologia d'indagine prevede inoltre che siano evidenziate:

- le aree che al loro interno possiedono porzioni di territorio con alto livello di biodiversità potenziale, ma che risultano isolate a causa della presenza di infrastrutture antropiche (lineari e areali) al loro interno (corridoi ecologici potenziali da ripristinare);
- le fasce lungo i principali corsi d'acqua regionali che possono garantire la continuità della rete ecologica o fungere da potenziali corridoi longitudinali (corridoi ecologici fluviali). All'interno di queste fasce è possibile individuare, attraverso la fotointerpretazione, le aree caratterizzate da un buon grado di naturalità e valutarne l'efficienza come aree utilizzabili dalla mammalofauna, anche in relazione alla presenza di attività antropiche limitanti.

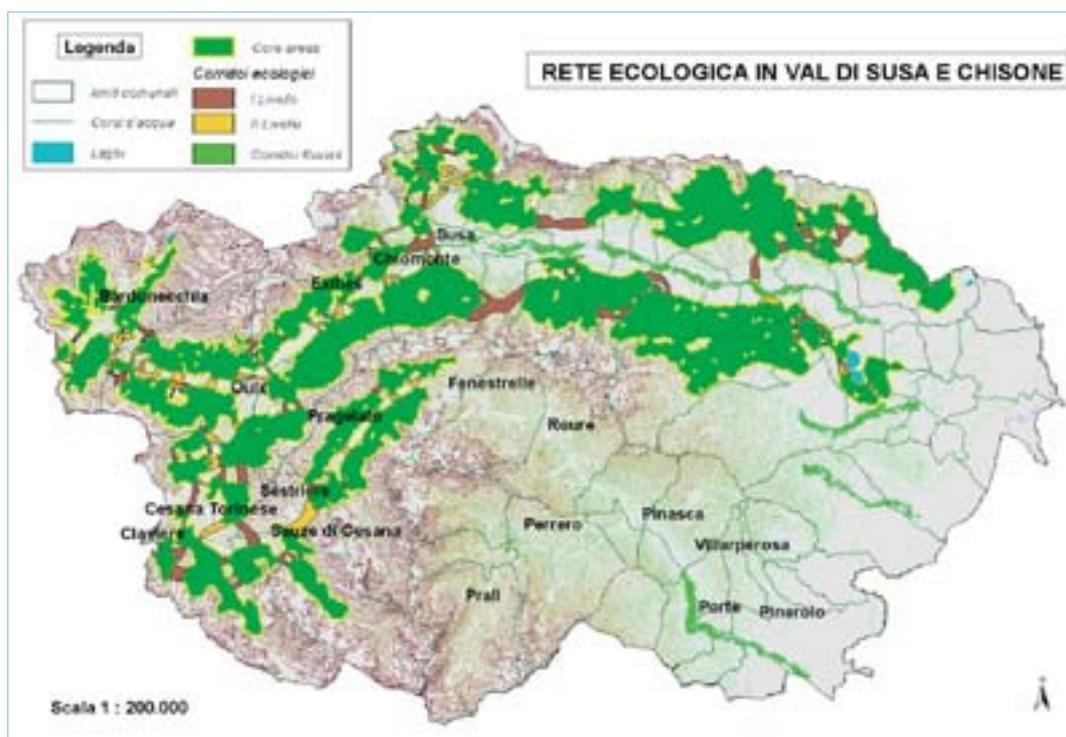


Fig. 5 - Rete ecologica delle valli olimpiche

# TIPOLOGIE DI PASSAGGI PER LA FAUNA





# TIPOLOGIE DI PASSAGGI PER LA FAUNA

## Capitolo 5. Passaggi per la fauna

La minimizzazione degli impatti delle infrastrutture lineari sulla fauna è un aspetto che deve essere considerato fin dalle fasi di progettazione, evitando di distruggere gli habitat più sensibili. Gli effetti negativi dell'interruzione della continuità ambientale risultano amplificati in determinate situazioni ambientali e geomorfologiche, ad esempio nel caso di infrastrutture situate in prossimità dei margini di transizione tra due ambienti ad ecologia diversa (ecotoni, margini di un bosco, corsi d'acqua, ecc.).

Risulta perciò necessario condurre in fase di progetto preliminare almeno un'analisi delle unità ecosistemiche presenti, al fine di effettuare una diagnosi e una valutazione della frammentazione degli habitat che la nuova strada introdurrà su di un'area non solo limitata al corridoio stradale.

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

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

Di fondamentale importanza in entrambi i casi è la localizzazione dei punti di intervento, che devono essere posti in corrispondenza dei flussi biotici più importanti.

Non essendo gli spostamenti facilmente prevedibili e in mancanza di dati puntuali (ad es. casistiche sugli eventi incidentali o conoscenza diretta di rotte di spostamento abitualmente utilizzate) è fondamentale una fase conoscitiva, condotta da esperti

faunistici, che può prendere le mosse da quella già avviata in un'eventuale studio d'impatto, se le specie presenti sono state determinate per mezzo di rilievi di campo, o dalla consultazione di "data base" e di esperti locali.

L'analisi può prendere avvio dall'individuazione sul campo delle aree considerate ad alta biodiversità, con descrizione delle comunità faunistiche associate a ogni tipo di habitat, e dalla verifica delle strutture vegetazionali che consentono la mobilità delle specie, con particolare attenzione a quelle meno vagili. Si giunge pertanto ad una cartografia dettagliata alla scala del progetto definitivo dell'infrastruttura (1:5.000-1:2.000) della fascia circostante l'infrastruttura lineare che rappresenta gli spazi d'interesse faunistico e le rotte di spostamento più probabili della fauna. Sulla base di tale documento è possibile giungere ad individuare i punti di maggiore probabilità di interferenza della strada con la fauna, dove dovranno essere previsti gli interventi di permeabilizzazione dell'infrastruttura. La stessa carta consente anche di progettare gli interventi di rafforzamento della rete ecologica e di connessione con gli habitat di maggior interesse faunistico con l'impianto di specie arboree ed arbustive o l'abbandono delle colture. Poiché ogni gruppo faunistico e talvolta anche ogni specie ha proprie esigenze e non esiste un sistema "universale" che faciliti il transito (anche se spesso il passaggio viene utilizzato da diverse specie tra loro molto differenti) è bene dimensionare e strutturare l'intervento sulle specie più vulnerabili, analizzando le loro preferenze ecologiche per comprendere in quali tratti si possono concentrare i movimenti faunistici.

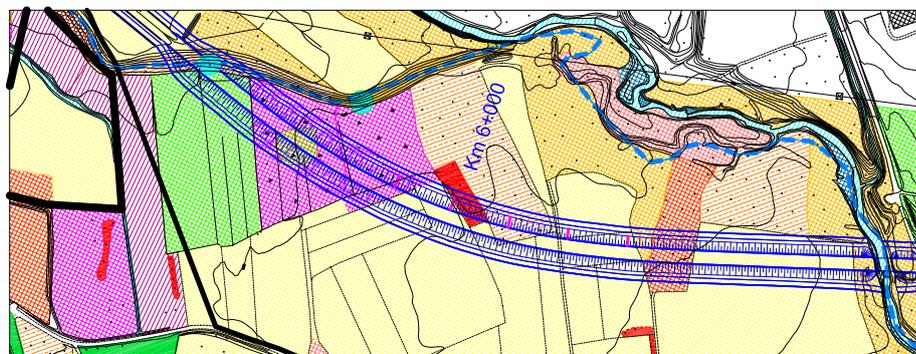


Fig. 6a - Studio del mosaico ambientale per l'individuazione di passaggi per la fauna e di interventi di connettività. Provincia di Torino - Variante di Front Canavese (tratto da Rivella - UTET Scienze Tecniche).

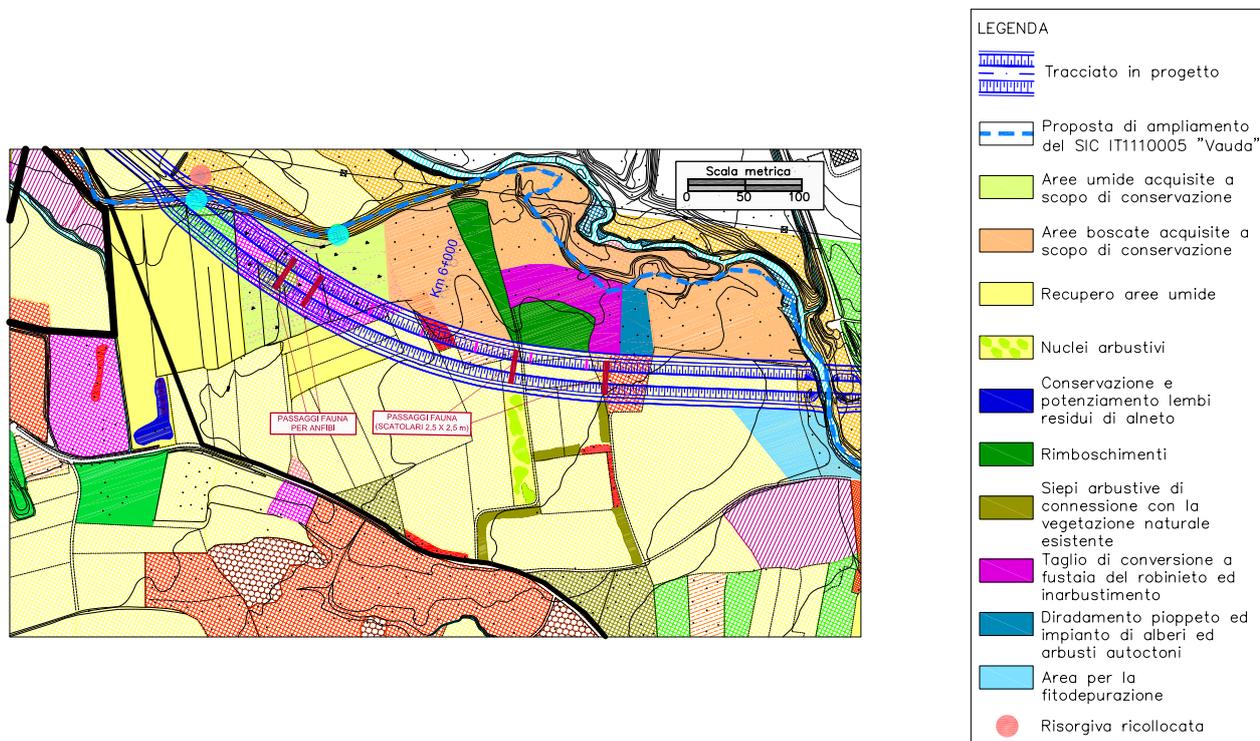


Fig. 6b - Proposte di intervento per la mitigazione delle interferenze del progetto stradale sulla connettività ecologica. Provincia di Torino - Variante di Front Canavese (tratto da Rivella – UTET Scienze Tecniche).

In presenza di aree di interesse faunistico dove si localizzano più specie sensibili è bene concentrare gli interventi e rinforzare le connessioni biologiche.

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

La densità di tali interventi in corrispondenza dei flussi biotici individuati deve essere valutata caso per caso, a seconda della situazione specifica. A questo proposito gli studi sperimentali affidabili sono ancora pochi. In assenza di dati probatori, per i vertebrati maggiori può essere adottata una frequenza minima prudenziale di un passaggio ogni 500-1.000 metri. Una media di un sottopasso ogni 250 metri può essere considerata sufficiente a rendere più permeabile alla microfauna un territorio agricolo, salvo località di riconosciuta rilevanza faunistica dove la frequenza potrà essere maggiore.

Le caratteristiche essenziali per l'ideale progettazione di un passaggio sono l'ubicazione, le dimensioni, il materiale di costruzione della struttura, il materiale utilizzato per la superficie di calpestio alla base della struttura di attraversamento, le misure complementari d'adeguamento degli accessi che implicano la messa a dimora di vegetazione e la collocazione di recinzioni e strutture perimetrali di "invito" per convogliare gli animali verso le imboccature dei passaggi.

Tali condizioni dipendono molto dalle esigenze dei singoli gruppi animali.

Gli **anfibi** sono il gruppo faunistico forse più colpito dall'effetto barriera stradale, con morie di intere popolazioni schiacciate dai veicoli. Le migrazioni riproduttive stagionali in massa di alcune specie (rospi, rane) si concentrano in determinati periodi (in genere fine inverno) e in tratti relativamente brevi. Tali spostamenti implicano complessi meccanismi di orientamento ancora non ben conosciuti che fanno sì che in determinati punti essi cerchino di scavalcare tutti gli ostacoli che trovano sul loro cammino anche se si tratta di substrati artificiali. Questo comportamento ha generato la necessità di creare strutture specifiche per permetterne l'attraversamento (vedasi par. 5.1.5).

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

I **piccoli mammiferi** sono in genere poco selettivi e utilizzano tutti i tipi di struttura, anche se realizzata in cemento o in lamiera corrugata; solo la presenza di acqua all'entrata costituisce un ostacolo al passaggio.

Riccio e scoiattolo rappresentano invece casi particolari di specie che tentano comunque di attraversare direttamente la carreggiata. Lo **scoiattolo** non usa né sovrappassi, né sottopassi, ma direttamente la carreggiata e persino cavi elettrici che la attraversano (a questo scopo è già stata sperimentata positivamente la posa di appositi cavi posti a 7 m d'altezza sopra il livello della carreggiata). Per il **riccio**, una delle specie più penalizzate dalle collisioni con i veicoli, è preferibile adottare speciali ostacoli che impediscano di accedere alla strada, ad esempio creando una fascia di ghiaia parallela alla carreggiata.

I **lagomorfi** (coniglio e lepre) sono specie più selettive. Evitano sottopassi di piccole dimensioni (non attraversano

strutture con meno di 150 cm di diametro) e tunnel in lamiera corrugata. Utilizzano principalmente tombini e scatoletti con buona visibilità della parte opposta.

I **carnivori** richiedono la presenza di vegetazione adeguata all'ingresso e non utilizzano passaggi con substrato coperto da una lama d'acqua continua anche di pochi centimetri di profondità. Sono però capaci di utilizzare tombini molto stretti (fino a 50 cm di diametro nel caso del tasso). Fa eccezione la **volpe** che richiede tunnel ampi con buona visibilità e substrati naturali alla base. Anche la **lontra**, pur essendo un mammifero semi-acquatico, necessita di una frangia laterale secca. Il **lupo** attraversa spesso anche strade a forte intensità di traffico e preferisce i sovrappassi, anche quelli veicolari. Sembra che l'uso dei passaggi per le specie "sociali" sia influenzato da un processo di adattamento e di trasmissione sociale.

Gli **ungulati** necessitano di estesi areali vitali e sono abituati ad utilizzare piste note e ben definite nei loro spostamenti. Sono molto selettivi nell'utilizzo dei passaggi e richiedono strutture apposite, evitando punti in qualche modo utilizzati dall'uomo (anche solo il passaggio di mandrie al pascolo li allontana). Il cinghiale e il capriolo sono le specie meno esigenti, mentre il cervo e il camoscio richiedono strutture più ampie.

Non ci sono giustificazioni su base sperimentale delle dimensioni dei sottopassi. Varie esperienze dimostrano la necessità di ampiezze minime di 7 m per il capriolo e di 12 m per il cervo. Si è osservato che il cinghiale utilizza anche attraversamenti con ampiezza pari a 5 metri nel caso in cui siano ben ubicati. Le altezze minime sono di 3,5 m nel caso del cinghiale e del capriolo e di 4 m nel caso del cervo. Come regola generale è importante tenere in conto il cosiddetto indice di apertura:  $(\text{altezza} \times \text{ampiezza}) / \text{lunghezza del sottopasso}$ , in quanto più lungo è il passaggio, più largo deve essere il diametro.

Il cinghiale utilizza passaggi con un indice di apertura uguale o superiore a 0,5, mentre il capriolo richiede un indice minimo di 0,75 ed il cervo di 1,5 (tabella 3).

	Indice di apertura $IA = (H \times A / L)$	Ampiezza minima	Altezza minima
<i>Sus scrofa</i>	0.5	7 m	3.5 m
<i>Capreolus capreolus</i>	0.75	7 m	3.5 m
<i>Cervus elaphus</i>	1.5	12 m	4 m

Tabella 3 - Dimensioni minime raccomandabili per tre specie di ungulati (da Rosell, 1999)

Per gli ungulati hanno molta importanza la dimensione e la collocazione della recinzione perimetrale, visto che alcuni individui tentano di attraversare la carreggiata saltando le recinzioni, anche quelle autostradali che sono in genere più alte.

È quindi opportuno utilizzare sistemi di recinzioni particolari realizzati con reti a maglia decrescente, interrata alla base e

dimensionate in rapporto alla fauna presente, meglio se combinate frontalmente con una siepe. Molte altre specie, oltre agli ungulati, utilizzano gli appositi passaggi solo se è presente una recinzione ad impedire l'accesso alla strada. Per questo motivo è fondamentale combinare l'esistenza di un passaggio con la collocazione di recinzioni perimetrali installate in modo che conducano gli animali al passaggio, ovvero disposte in forma d'imbuto in corrispondenza dell'ingresso. A questo proposito si veda il paragrafo specifico sulle recinzioni (Cap. 6.1.1).

Il disegno della rivegetazione delle scarpate e delle aree periferiche gioca un ruolo fondamentale e deve essere progettato e realizzato in maniera coordinata considerato che gli impianti a verde, oltre a servire per indirizzare gli animali verso l'imbocco del passaggio, possono anche svolgere altre funzioni, come la creazione di barriere vegetali per impedire la visione dei veicoli od obbligare uccelli e pipistrelli ad elevare l'altezza del volo per prevenire collisioni. L'allineamento di alberi e arbusti in direzione dell'ingresso contribuisce ad orientare gli animali fino al passaggio.

È importante che l'impianto sia denso da entrambi i lati dell'apertura, in modo che gli animali possano sentirsi protetti nel loro tragitto d'avvicinamento al passaggio. Davanti all'entrata occorre invece lasciare uno spazio assolutamente privo di vegetazione per consentire l'entrata di luce nel passaggio e permettere una buona osservazione dell'intorno. Un aspetto importante della possibilità di movimento degli animali è costituita dalla presenza e dal riconoscimento di punti visivi (alberi, boscaglia, rive fluviali).

L'impianto di specie appetibili dalla fauna o la creazione di piccole pozze per l'abbeveramento possono essere d'utilità per attrarre alcune specie, in particolare nel caso dei sovrappassi. Nel caso dei sottopassi deve essere invece valutata la possibilità che essi incrementino il rischio di collisione, in quanto, dopo essersi alimentati, gli animali potrebbero tentare di salire sulla carreggiata. Deve essere inoltre considerata la possibilità che gli animali che utilizzano i passaggi siano soggetti ad una maggiore esposizione a fenomeni di predazione. Nella progettazione dei passaggi si dovrà quindi porre particolare attenzione nella definizione delle aree a verde poste in prossimità degli imbocchi e nella creazione di un "continuum" con le zone boscate o cespugliate presenti nelle vicinanze per limitare il più possibile tali eventi.

Per determinare l'efficacia delle misure applicate è auspicabile un periodo di monitoraggio per verificare l'effettivo utilizzo dei passaggi dopo l'entrata in esercizio della strada, con controllo delle orme o con strumentazione fotografica collegata a fotocellule all'infrarosso, da effettuare a cominciare dal primo anno di funzionamento dell'infrastruttura viaria per un periodo di almeno tre anni, poiché la fauna richiede un periodo di adattamento. Tale monitoraggio deve essere accompagnato da un censimento periodico delle collisioni con i veicoli, facendo particolare attenzione ai periodi primaverili ed autunnali.

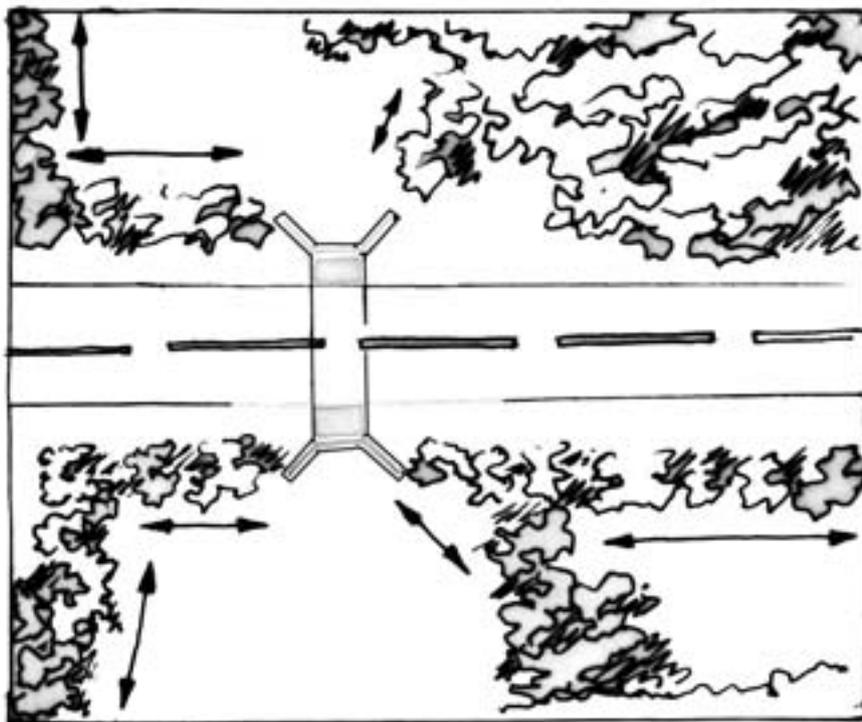


Fig. 7 - Impianti di alberi e arbusti utilizzati come guide che conducono gli animali ad un sottopasso stradale

### BOX 1 - SISTEMA DI MONITORAGGIO CON UTILIZZO DI FOTOCAMERE

Un metodo di monitoraggio di recente sperimentazione ed utilizzo, che offre prospettive interessanti, è quello delle trappole fotografiche.

Tali apparecchiature sono munite di un sensore di movimento ad infrarossi, la cui fotocellula attiva l'apparecchio fotografico al passaggio di un animale.

La localizzazione degli apparecchi in punti critici ("hot spots"), in cui la percentuale di passaggi è elevata, permette di avere un monitoraggio efficace degli attraversamenti senza esercitare azioni di disturbo sulla fauna.

Il sistema è stato sperimentato con successo dall'Osservatorio

regionale sulla fauna selvatica in operazioni di censimento di popolazioni di ungulati selvatici in alcune aree campione, unitamente alla raccolta e all'analisi delle feci.

Un'altra utilizzazione di questo sistema è invece legata allo studio dei punti critici sulla rete stradale in cui si suppone ci siano attraversamenti ripetuti della carreggiata da parte di selvatici (studi preventivi, paragrafo 2.1.2), oppure in fase di monitoraggio successivo alla costruzione dell'infrastruttura stradale per verificare se gli attraversamenti per la fauna realizzati hanno avuto il successo sperato (monitoraggio, capitolo 5).



Fig. 1 - Fotocamera (foto: Romana Viterbi)

## 5.1 TIPOLOGIE DI PASSAGGI PER LA FAUNA

Le tipologie di passaggio per la fauna sono diverse e appartengono essenzialmente alle seguenti categorie:

- tombini di drenaggio
- sottopassi scatolari idraulici
- sottopassi stradali
- sottopassi ad esclusivo uso faunistico
- passaggi per anfibi
- sovrappassi stradali
- sovrappassi ad uso esclusivo per la fauna (ecodotti)
- canalette di scarpata

### 5.1.1 TOMBINI DI DRENAGGIO

Si tratta di tombini a sezione circolare che hanno la funzione di drenaggio delle acque di ruscellamento, i quali possono essere modificati per favorirne l'uso come passaggio per la fauna. Le misure di adattamento consistono nel rimuovere ogni substrato metallico dalla superficie di calpestio, nell'ampliare al massimo la base del tombino e nel conservare frange laterali che si mantengano asciutte durante la maggior parte del tempo. Il passaggio della fauna può essere favorito incrementando le dimensioni della struttura. I risultati sono buoni a partire da 2,5 m di diametro. Tombini di dimensione inferiore possono essere adattati, ma saranno utilizzati dalle specie con minori esigenze. Non è raccomandabile adattare a fini faunistici strutture dove non si veda con chiarezza l'ingresso opposto, come nel caso dei tombini di diametro minore di 60-70 cm.

Nel caso in cui il tombino sia di lamiera metallica corrugata si può provvedere al ricoprimento della base con una soletta di cemento; nel caso in cui la circolazione d'acqua sia perma-

nente o molto frequente si può realizzare una base di cemento con una pendenza su di un lato o scanalata (figura 8), in modo che una parte del tombino rimanga il più possibile asciutta.

È importante che i tombini non contengano pozzetti che possano costituire trappole mortali per gli animali che eventualmente vi cadano dentro. Se non è possibile renderlo idoneo, è meglio proteggere il pozzetto con tombini che permettano il passaggio dell'acqua e impediscano la caduta di animali.

In certe condizioni morfologiche occorre creare rampe con pendenza massima di 45° e ottimale di 30°, per facilitare l'entrata e l'uscita degli animali. La rugosità delle rampe facilita molti animali: queste devono essere preferibilmente rivestite in pietra.

### 5.1.2 SCATOLARI IDRAULICI

Essendo poco frequentate dagli uomini, queste strutture destinate all'attraversamento di corpi idrici minori intercettati dall'infrastruttura (canali irrigui, fossi, piccoli rii) sono molto adatte ad essere utilizzate come passaggio per la fauna. Per il loro adattamento ad uso faunistico occorre prevedere una frangia laterale secca, dove passerà la maggior parte delle specie animali che utilizzano il passaggio, per evitare che tutta l'ampiezza dello scatolare sia permanentemente coperta d'acqua (figura 9). Sono utilizzabili a questo scopo le strutture con ampiezza superiore o uguale a 2,5 metri; nel caso in cui si debba favorire il passaggio degli ungulati, possono essere adattati gli scatolari aventi un'ampiezza minima di 7 metri.

L'opzione migliore è canalizzare l'acqua su di un lato lasciando una banchina laterale che delimiti la gaveta per la continuità idraulica. In alternativa può essere realizzata una

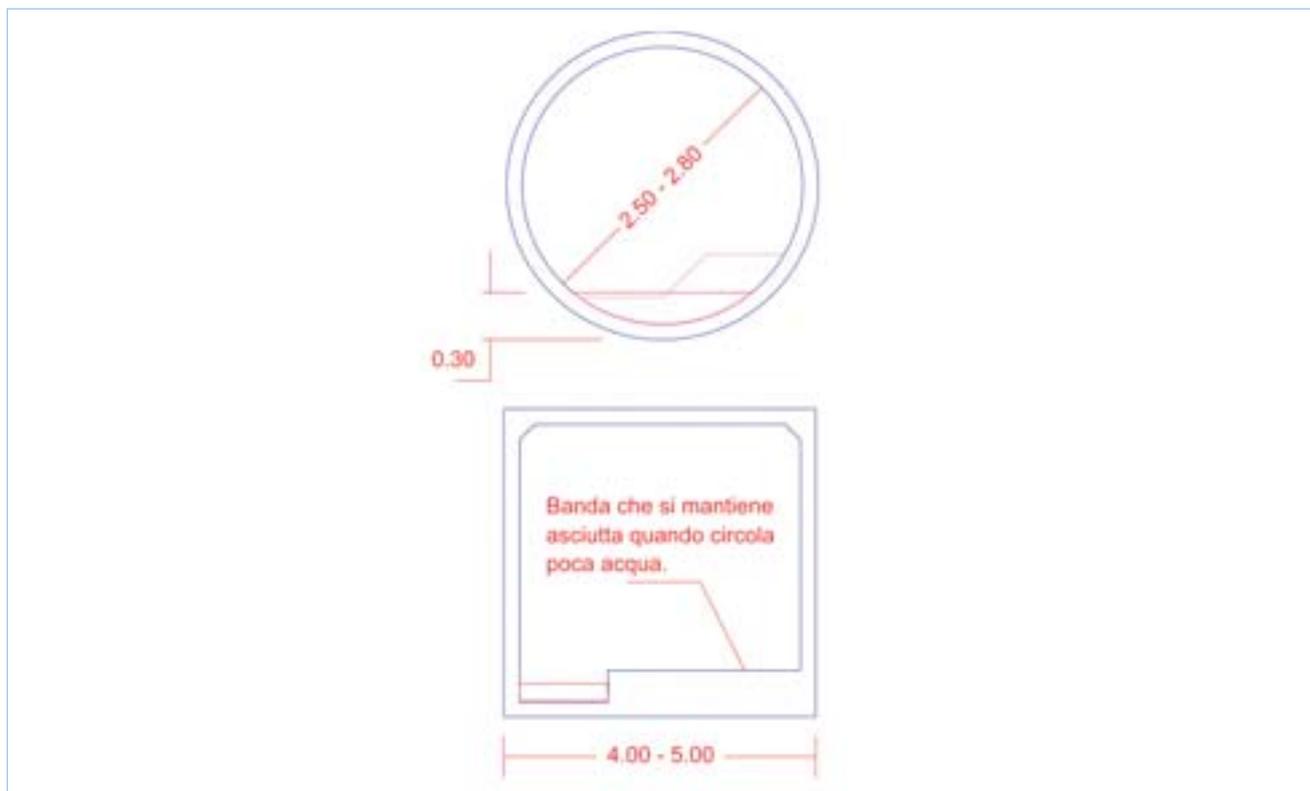


Fig. 8 - Adattamento di tombini di drenaggio e scatolari idraulici per il passaggio della fauna (tratto da Rivella – UTET Scienze Tecniche)

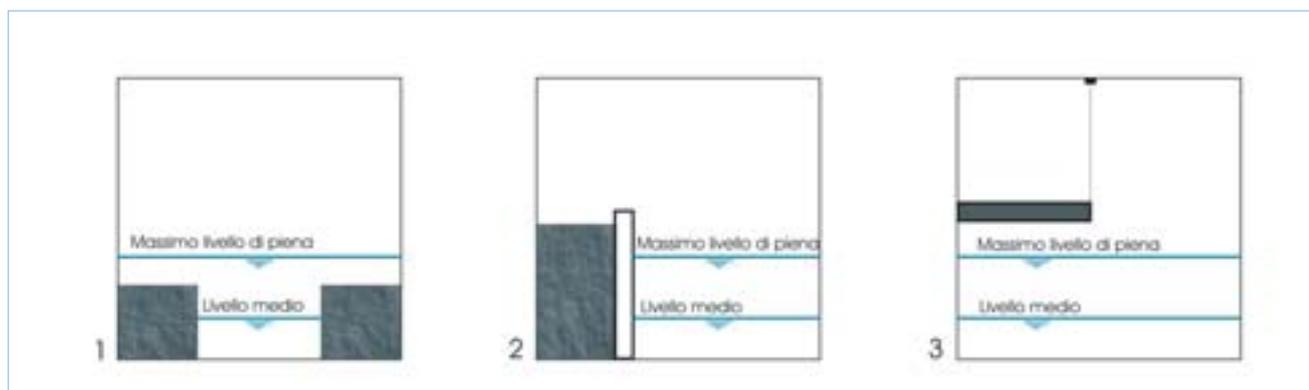


Fig. 9 - Passaggi faunistici in scatolari idraulici

1) Costruzione di due banchine laterali poste tra il letto di magra e quello inondato in periodo di piena 2) Costruzione di un marciapiede al di sopra delle acque di massima piena 3) Costruzione di una passerella in legno al di sopra del livello di massima piena

piattaforma di cemento o di legno (evitare il metallo), che resti sopraelevata rispetto al livello di base della struttura in funzione della portata circolante nello scatolare. La banchina deve avere un minimo di 1 m di ampiezza. Occorre costruire rampe all'ingresso dello scatolare che conducano gli animali alle piattaforme. Le banchine possono essere ricoperte con substrati naturali, in modo da favorire la crescita di vegetazione nei settori più vicini alle entrate. Possono anche essere creati dei piccoli sentieri utilizzando pietre fissate con cemento e lasciando dei piccoli buchi tra le pietre in modo da costituire dei rifugi per i piccoli mammiferi.

attraversamento faunistico, quando la loro ampiezza è superiore o uguale a 5 metri (per gli ungulati l'efficacia ottimale parte da 7 m).

Gli interventi indispensabili per il loro adattamento sono il mantenimento su entrambi i lati della strada di frange laterali, separate dal resto della carreggiata, coperte di terra vegetale e inerbite almeno nei tratti più vicini all'entrata, creando un invito al passaggio mediante recinzioni e impianto di vegetazione (figura 10). Anche in questo caso se ne può incrementare l'uso potenziale creando sentieri coperti con piccole file di pietrame tra il terreno.

### 5.1.3 SOTTOPASSI STRADALI

Se l'intensità del transito è bassa, come nel caso di piste forestali o strade campestri, meglio ancora se non asfaltate, queste strutture possono avere una potenziale funzione di

### 5.1.4 SOTTOPASSI AD ESCLUSIVO USO FAUNISTICO

Gli scatolari possono essere previsti ad uso esclusivo del passaggio di fauna, in particolare per gli ungulati ed i grossi carnivori che difficilmente utilizzano le tipologie precedentemente

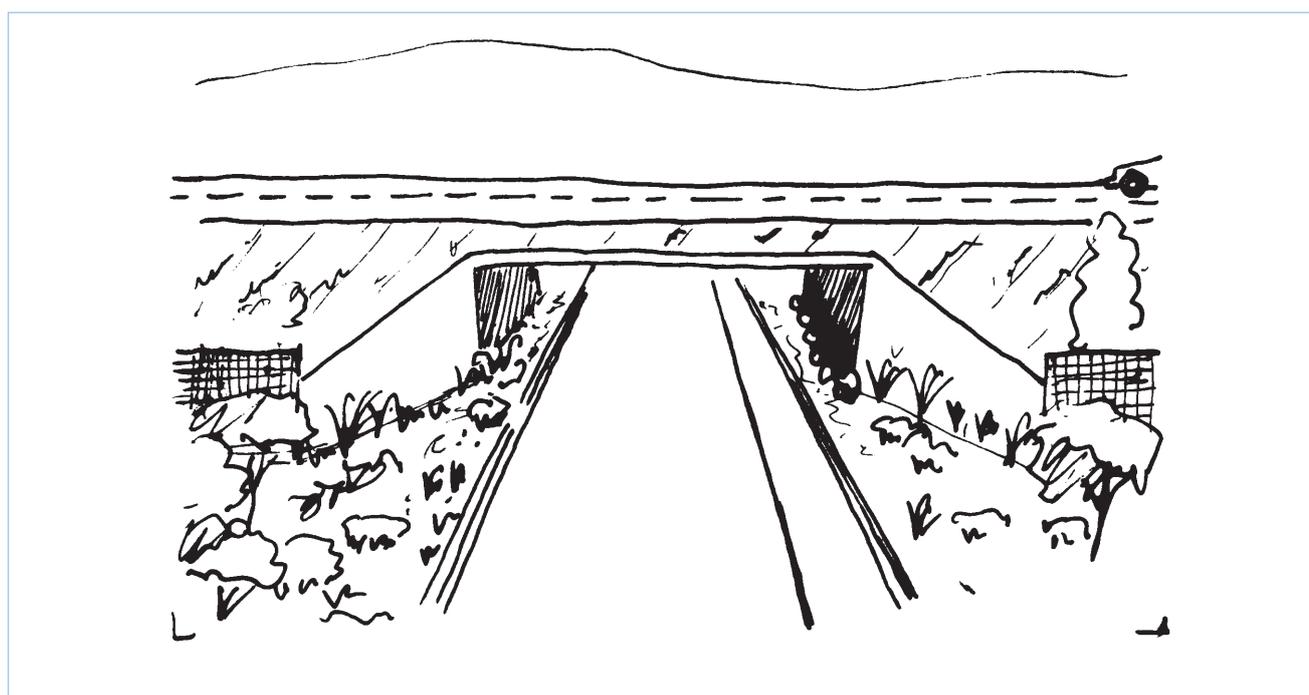


Fig. 10 - Adeguamento dei sottopassi stradali per facilitare il passaggio della fauna

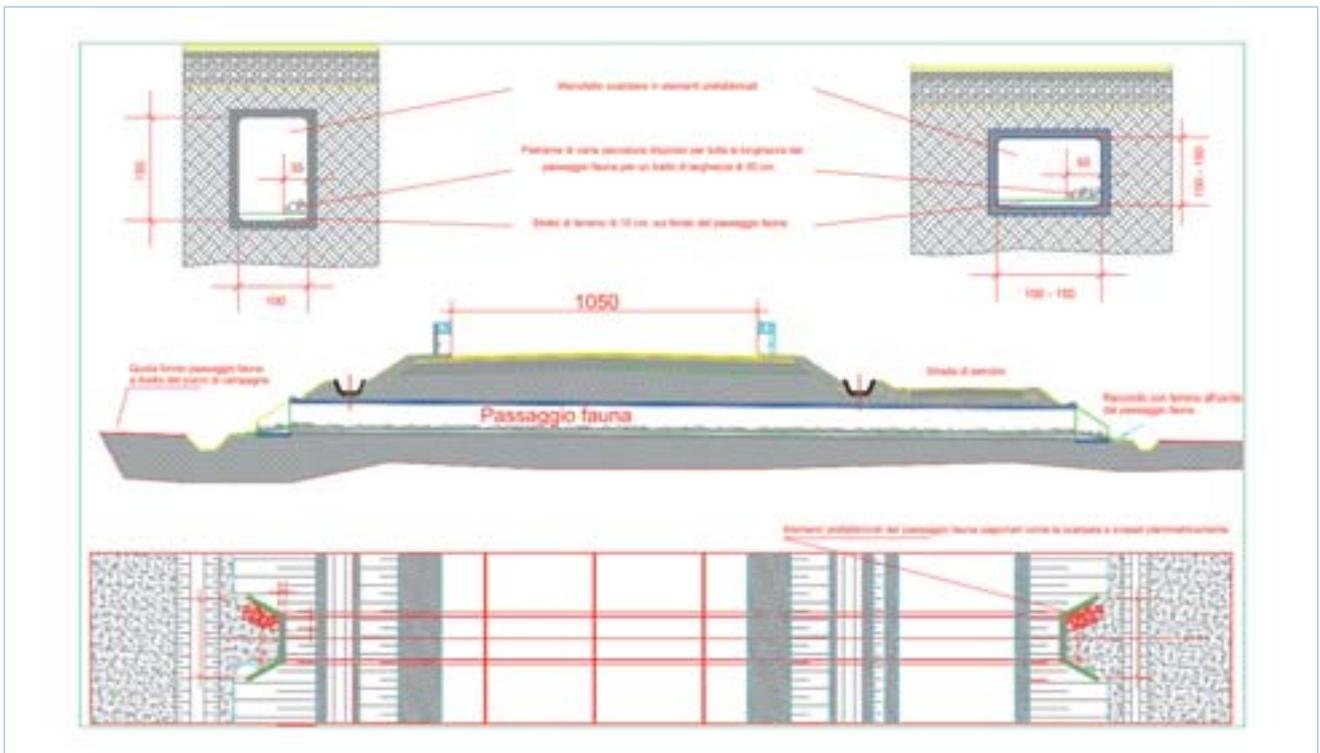


Fig. 11 - Sottopasso per attraversamento piccola e media fauna. Ares Piemonte. S.R. 232 "Panoramica Zegna". Variante Canton Colombo-Mottalciata (BI). (tratto da Rivella – UTET Scienze Tecniche)

descritte (figura 11). Tenendo in conto il considerevole costo economico, sono da realizzare solo in punti in cui sia pienamente giustificata la loro necessità, ovvero in corrispondenza di rotte di spostamento ben note e definite, selezionando adeguatamente l'ubicazione nei punti che offrono condizioni di sicurezza per gli animali. I migliori risultati si ottengono a partire da 12 metri di ampiezza, ma si possono ottenere risultati a partire da un minimo di 7 m d'ampiezza e 3,5 m d'altezza.

Per definizione deve essere evitato il passaggio di veicoli o l'uso della struttura per altre attività. Il substrato deve essere naturale e il settore centrale deve essere mantenuto con vegetazione erbacea a sviluppo contenuto in altezza o completamente sterile, perché l'animale abbia una buona visibilità dell'imbocco all'estremo e si senta sicuro nell'attraversamento. L'accesso deve essere collocato allo stesso livello del piano di campagna nell'intorno, senza rampe d'accesso o di discesa. Per favorire l'uso da parte delle specie animali di piccola dimensione si possono rivegetare le frange laterali del passaggio o disporre file di pietre o cumuli di rami per tutto lo sviluppo della struttura.

È necessario associare al sottopasso una recinzione perimetrale adeguata per evitare che gli ungulati preferiscano attraversare direttamente la carreggiata con i rischi conseguenti (vedasi fig. 23 a).

### 5.1.5 PASSAGGI PER ANFIBI

In commercio esistono diversi tipi di passaggi per anfibi, consistenti in sistemi di tubi, in genere di cemento corredati delle corrispondenti recinzioni di invito, costituite da materiali diversi, in cemento o combinati con legno trattato o metallo.

Esistono principalmente due modelli di passaggio: i passi bidirezionali, nei quali gli animali usano lo stesso tubo sia per l'andata che per il ritorno dai siti di riproduzione, e i passaggi unidirezionali (figura 12), che combinano tubi paralleli, utilizzati uno per l'andata e l'altro per il ritorno.

I passi unidirezionali sono dotati di due grate con pozzetto, situate sui due lati della carreggiata, che hanno la funzione di raccogliere gli anfibi che cadono all'interno del pozzetto quando cercano di accedere alla carreggiata; una volta dentro non possono uscire e seguono il pozzetto fino a trovare i tubi che attraversano la strada. I tubi hanno una leggera pendenza che contribuisce a far avanzare gli individui fino ad arrivare all'uscita. Dall'altro lato c'è il secondo sistema di raccolta con grata che garantisce il ritorno quando finisce il periodo riproduttivo.

Elemento indispensabile dei passi bidirezionali è una recinzione specifica che intercetta il passaggio degli anfibi, impedendone l'accesso alla carreggiata. Gli individui che non possono proseguire nella loro direzione non tornano indietro, ma seguono la recinzione fino a trovare il tubo che permette loro di continuare ad avanzare nella stessa direzione. Questo tipo di passaggio ha come inconveniente che molti individui hanno difficoltà a localizzarne l'entrata, poiché questi animali non fanno una ricerca attiva, ma avanzano fino a trovare un'apertura nella recinzione.

L'altezza delle recinzioni e delle grate deve essere come minimo di 40 cm e senza maglie opache. Il tubo deve avere un diametro minimo di 40 cm. Nei passi bidirezionali è meglio utilizzare strutture con la base piana e sezione rettangolare. I tubi circolari non facilitano l'avanzamento degli animali.

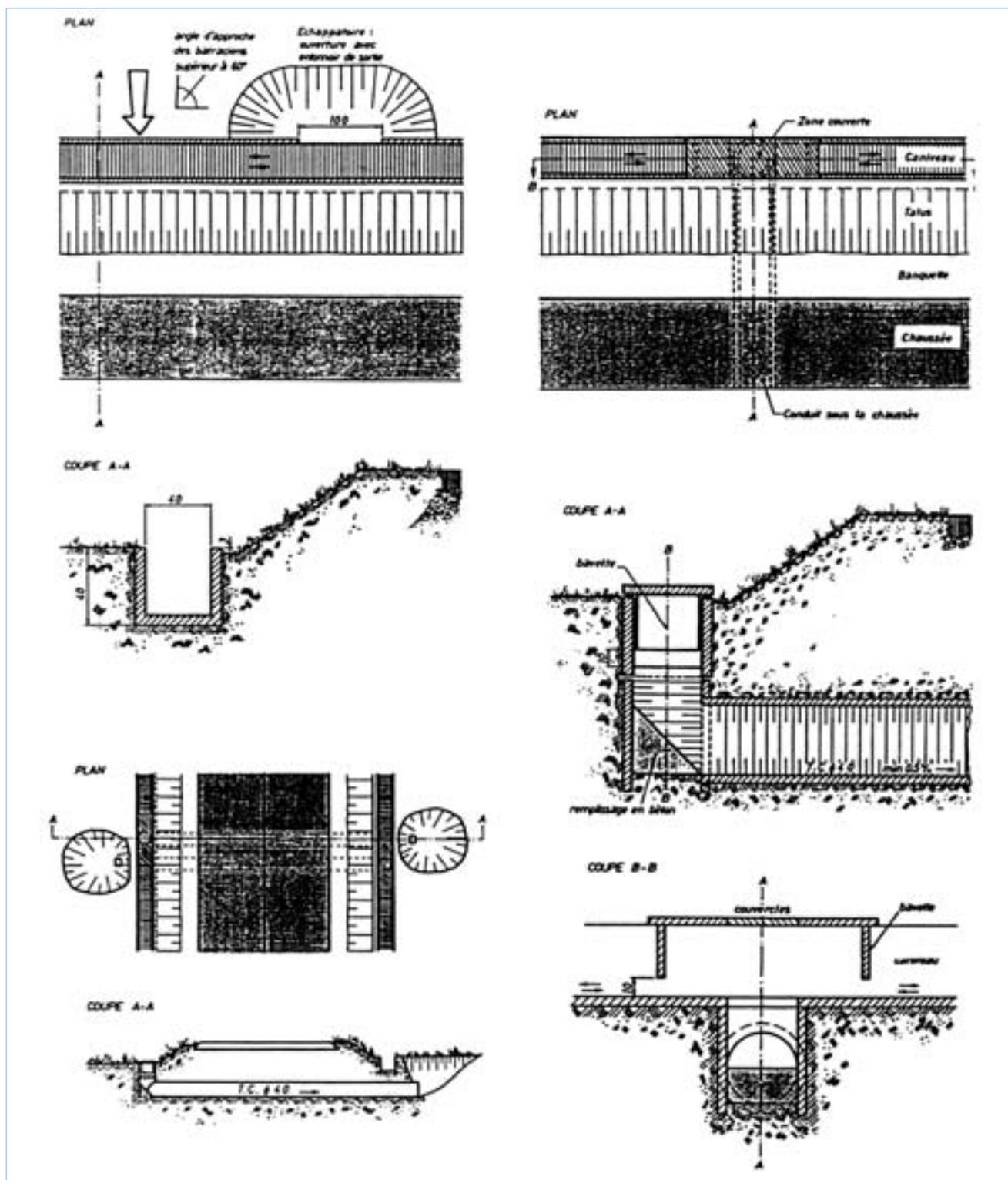


Fig. 12 - Passaggio unidirezionale per anfibi (tratto da Interactions entre les réseaux de la faune et des voies de circulation – Dipartimento federale dell'ambiente, dell'energia e delle comunicazioni/Ufficio federale delle strade - Svizzera)

Le caratteristiche dell'habitat nell'intorno di questi passaggi hanno poca influenza sul loro uso. Può essere utile la presenza di vegetazione, che crei un ambiente più ombreggiato, e quindi più protetto. In alcuni casi si è optato con discreti risultati per la creazione di stagni di riproduzione in un luogo idoneo situato lungo la via di migrazione, per evitare così che gli anfibi attraversino la strada.

### 5.1.6 SOVRAPPASSI STRADALI

Analogamente a quanto indicato per i sottopassi stradali, anche per i sovrappassi già esistenti è opportuno fare interventi di adeguamento per la fauna solo nel caso di piste forestali o di strade locali a bassa densità di traffico, mediante opere che impediscano agli animali di vedere le luci dei vei-

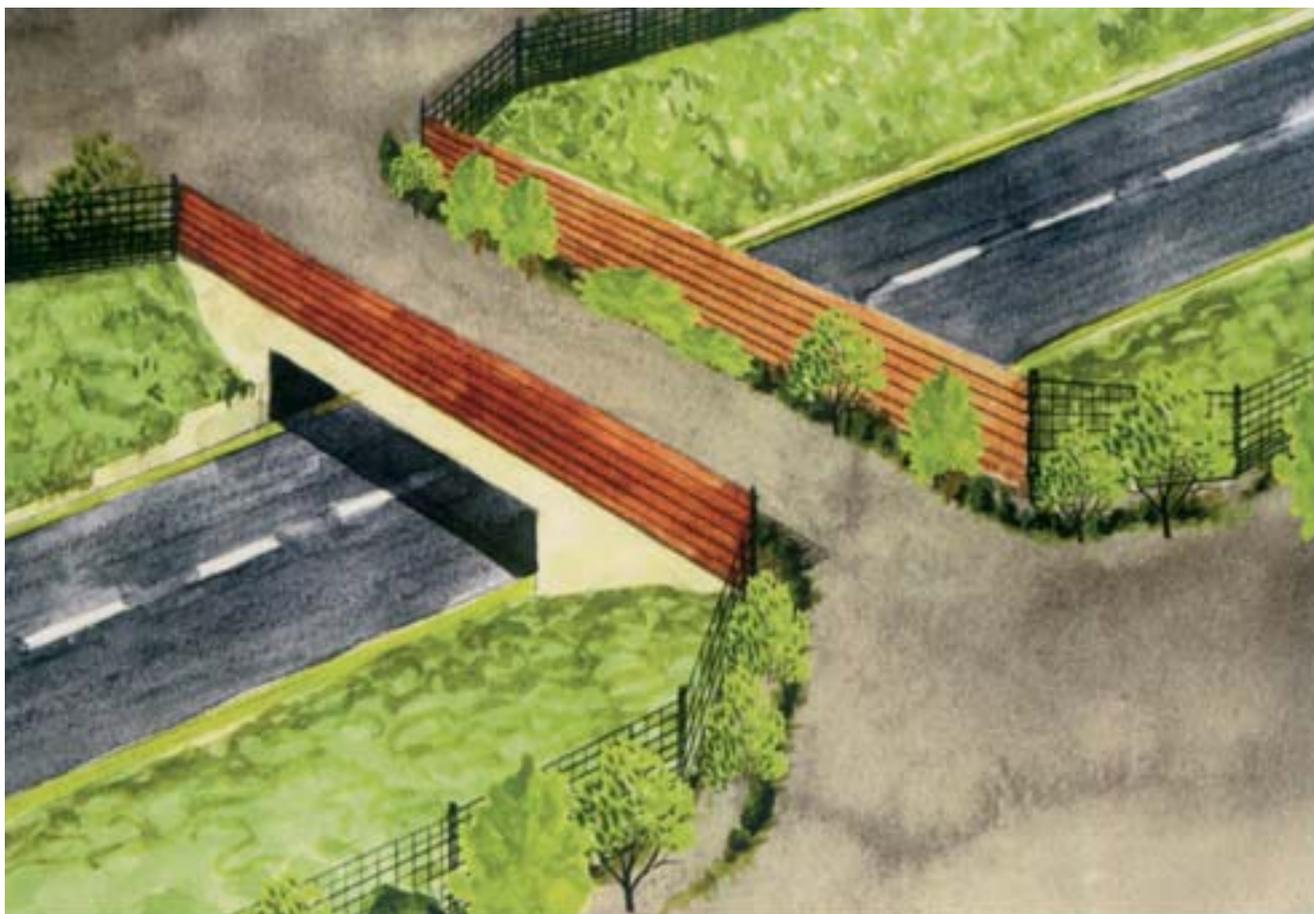


Fig. 13 – Intervento su un sovrappasso stradale a basso flusso veicolare per renderlo idoneo al passaggio della fauna (tratto da Rosell, 1999)

coli durante la notte e che creino un corridoio artificiale sufficientemente “sicuro”. Senza questi interventi, i sovrappassi sono evitati dagli ungulati, compreso il cinghiale che è normalmente la specie meno timorosa.

Gli adeguamenti consistono nell’impedire la visione dei veicoli, collocando schermi in materiale opaco (legno trattato), e nel creare un ambiente simile all’intorno, ricoprendo tutta la superficie del sovrappasso con substrato naturale. Gli accessi devono essere situati allo stesso livello dell’intorno. Sui lati del passaggio è meglio creare una fascia arbustiva che renda più naturale lo schermo. Essendo finalizzati al passaggio di mammiferi di taglia medio-grande, l’ampiezza minima è di 7 metri. Nel caso di ampiezze di 7-10 metri gli schermi in legno non devono superare gli 80 cm di altezza per evitare l’effetto denominato “corridoio stretto” che crea insicurezza negli ungulati.

### 5.1.7 SOVRAPPASSI AD USO ESCLUSIVO PER LA FAUNA (ECODOTTI)

Solo gli ecodotti possono essere considerati dei passaggi ad ampio spettro.

In spazi ad alta sensibilità ecologica, che abbiano una funzione chiave come corridoi, occorre garantire uno scambio faunistico

efficace per il maggior numero di specie, mediante la costruzione di passaggi ad uso esclusivo della fauna. Si tratta di strutture denominate “ecodotti” o “ponti-verdi”, di dimensioni notevoli; infatti, per ottenere buoni risultati devono avere un’ampiezza di almeno 25 metri. La maggior parte degli ecodotti attualmente in funzione (in Olanda, Svizzera, Germania, Francia) è di larghezza compresa tra i 30 e gli 80 m.

Trattandosi di opere molto complesse è fondamentale individuarne l’ubicazione ottimale, poiché, altrimenti, possono essere di scarsa efficacia, pur avendo caratteristiche e dimensioni adeguate. La parte centrale deve essere a vegetazione erbacea bassa, anche con settori coperti da sabbia per incrementare il senso di sicurezza. È bene prevedere una manutenzione per contenere lo sviluppo della vegetazione nel tempo. Le fasce laterali dovrebbero essere rivegetate con arbusti o alberi (se lo strato di terreno di copertura è sufficiente), che mantengano una continuità con la vegetazione dell’intorno creando un margine eterogeneo per struttura e composizione di specie. Si può inoltre prevedere la creazione di piccoli cumuli di pietre o piccole pozze per incrementare al massimo la diversità di habitat. L’accesso deve essere allo stesso livello dell’intorno, senza rampe. Le recinzioni e gli impianti di vegetazione sono necessari, in quanto svolgono una funzione di invito verso all’ingresso del passaggio.

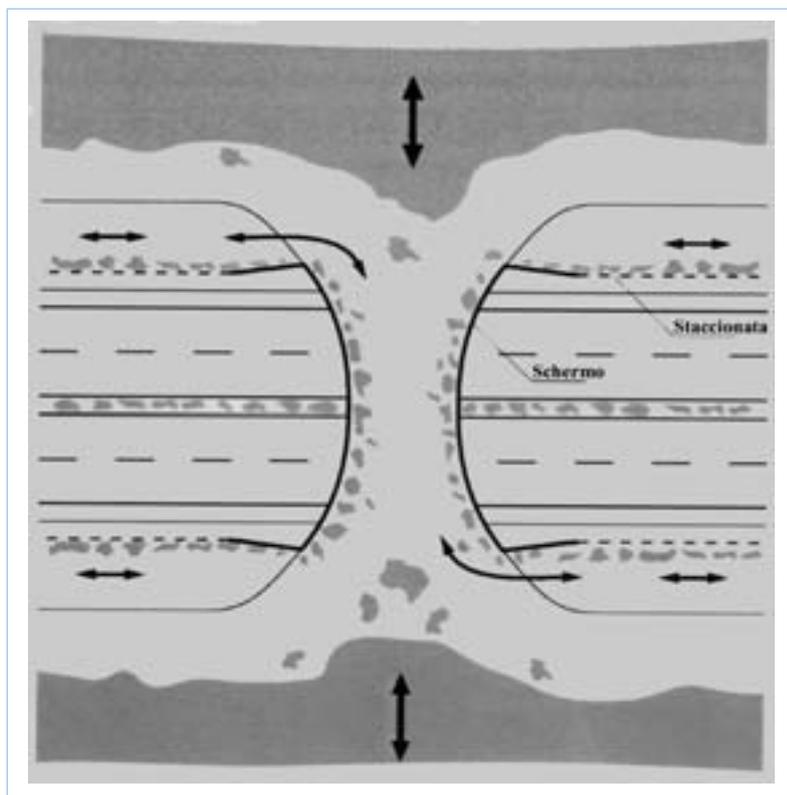


Fig. 14 - Per incrementare il senso di sicurezza degli animali il bordo dell'ecodotto può essere protetto sul lato strada con schermi protettivi nei confronti dell'abbagliamento e del rumore al passaggio degli autoveicoli. Il prolungamento degli schermi protettivi con staccionata e recinzioni forma un invito all'ingresso nel passaggio (tratto ed elaborato da Interactions entre les réseaux de la faune et des voies de circulation –Dipartimento federale dell'ambiente, dell'energia e delle comunicazioni/Ufficio federale delle strade-Svizzera).

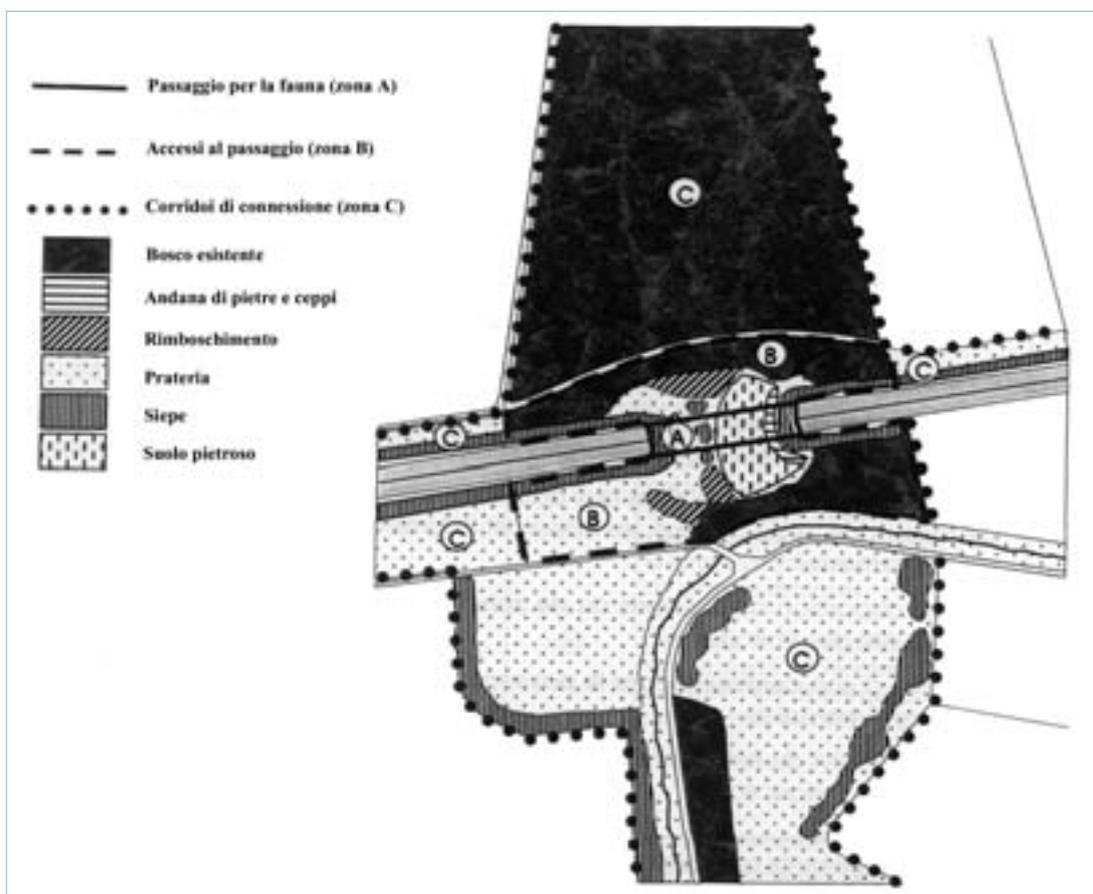


Fig. 15 - Rappresentazione schematica di un ecodotto e delle sistemazioni connesse alle funzioni del corridoio di collegamento (tratto ed elaborato da Interactions entre les réseaux de la faune et des voies de circulation – Dipartimento federale dell'ambiente, dell'energia e delle comunicazioni/Ufficio federale delle strade - Svizzera)



Fig. 16 - Ecodotto di Chévrefu – Autostrada N1 Yverdon-Avenches (Neuchatel - Svizzera). Vista dell'ecodotto all'intersezione dell'autostrada con un corridoio ecologico di importanza nazionale



Fig. 17 - Ecodotto di Chévrefu – Particolare copertura dell'ecodotto

### 5.1.8 SCALINATA IDRAULICA

I passaggi per la fauna sono pressoché impossibili da realizzare nei tratti a mezza costa, sui versanti montani o collinari, che purtroppo spesso coincidono con le zone dove vi è più necessità di intervento per la preponderanza di habitat naturali. Nei tratti dove non sono presenti viadotti o ponti che possano fungere da varco si può agire solamente sui drenaggi che convogliano le acque delle canalette di monte e scaricano sulla scarpata di valle. Tali drenaggi sono spesso

provisti di rampe scalinate per evitare che l'acqua eroda le scarpate, con gradoni di alzate considerevoli e incasso tra pareti di cemento verticali; questi elementi si trasformano in vere e proprie trappole per gli animali di piccole o medie dimensioni che vi cadono quando, all'uscita del drenaggio, tentano di accedere alla scarpata. Questo problema può essere attenuato aprendo dei varchi tra le pareti laterali, con una pendenza di 30°-45° da utilizzare come rampa d'accesso alle scarpate (figura 18), e sostituendo i gradoni con rivestimenti di pietre (figura 19).



Fig. 18 - Rampe di accesso alle scarpate su scalinata idraulica per favorire il passaggio della fauna (tratto da Rosell, 1999)



Fig. 19 - Sostituzione dei gradoni con un rivestimento in pietre che facilita l'accesso alle scarpate degli animali che utilizzano il drenaggio (tratto da Rosell, 1999)

# Capitolo 6. Impedimenti e dissuasioni all'accesso alla carreggiata

## 6.1 GRANDI MAMMIFERI

### 6.1.1 RECINZIONI

Scopo di una recinzione è impedire tout court agli animali selvatici l'accesso alla strada. Essa limita pertanto gli spostamenti dei selvatici nell'ambiente naturale e, nel lungo periodo, ha un vero e proprio effetto di frammentazione e successivo isolamento di sottopopolazioni. Poiché la frammentazione di habitat naturali continui è una delle principali cause di perdita della biodiversità, in quanto causa isolamento e diminuzione della variabilità genetica, l'installazione di recinzioni deve avvenire solo ove l'incidentalità legata alla

chiave, giacché molti animali tentano di superare le recinzioni sottopassandole; cinghiale e tasso, ad esempio, hanno l'abitudine di fare piccole escavazioni per passare sotto alla recinzione. Le reti zincate galvanizzate per immersione sono quelle che durano di più nel tempo (circa 15 anni).

Nelle aree caratterizzate da abbondanti precipitazioni nevose è inoltre consigliabile rinforzare il filo metallico superiore della rete.

La manutenzione è essenziale per il buon funzionamento: le recinzioni devono essere controllate almeno una volta all'anno per verificare che non vi siano varchi e/o punti di cedimento.

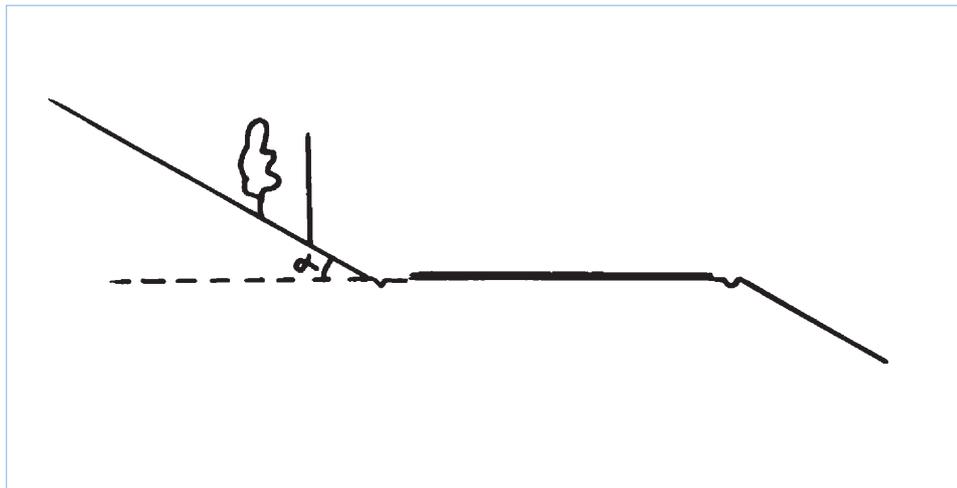


Fig. 20 - Recinzione in scarpata

presenza di fauna selvatica sia molto forte, come ad esempio lungo autostrade o superstrade a scorrimento veloce. In questi casi le recinzioni dovrebbero sempre essere installate congiuntamente a passaggi che consentano la permeabilità dell'infrastruttura lineare (sovrappassi o sottopassi).

Per i cervi è raccomandata una recinzione alta almeno 2,2 m con due fili disposti obliquamente sulla parte superiore, mentre per il cinghiale ed il capriolo vanno bene reti con altezza da 1,7 a 2 m. Per sezioni trasversali della strada con profilo inclinato, bisogna anche tenere conto dell'inclinazione dell'angolo della scarpata.

Tra un montante e l'altro ci deve essere una distanza massima di 4 m, mentre in tratti con abbondanti popolazioni di cinghiale è raccomandabile diminuirla fino a 2 m. L'ancoraggio al suolo, da eseguirsi interrando la recinzione come minimo di almeno 15 o 20 cm (ma anche fino a 40 cm in zone molto frequentate dai cinghiali), è un altro fattore

Un animale in fuga e sotto stress può comunque saltare recinzioni alte oltre 2,5 metri. Per evitare che ciò si verifichi è necessario schermare la recinzione, sul lato da cui provengono gli animali, con una siepe arbustiva o arborea, che costituisce un deterrente ancora più forte allo scavalco, anche perché nasconde il punto di arrivo (figure 22 e 23 a e b).

### 6.1.2 DISSUASORI OTTICI RIFLETTENTI, BARRIERE OLFATTIVE E REPELLENTI SONORI

I sistemi per dissuadere l'accesso alla carreggiata sono particolarmente utili sulle strade con minor intensità di traffico, dove non è raccomandabile installare recinzioni perché rafforzerebbero l'effetto barriera. Nei settori in cui il problema degli investimenti di una stessa determinata specie è frequente possono essere applicati sistemi puntuali specie-specifici, che si basano sull'uso di elementi che spaventino

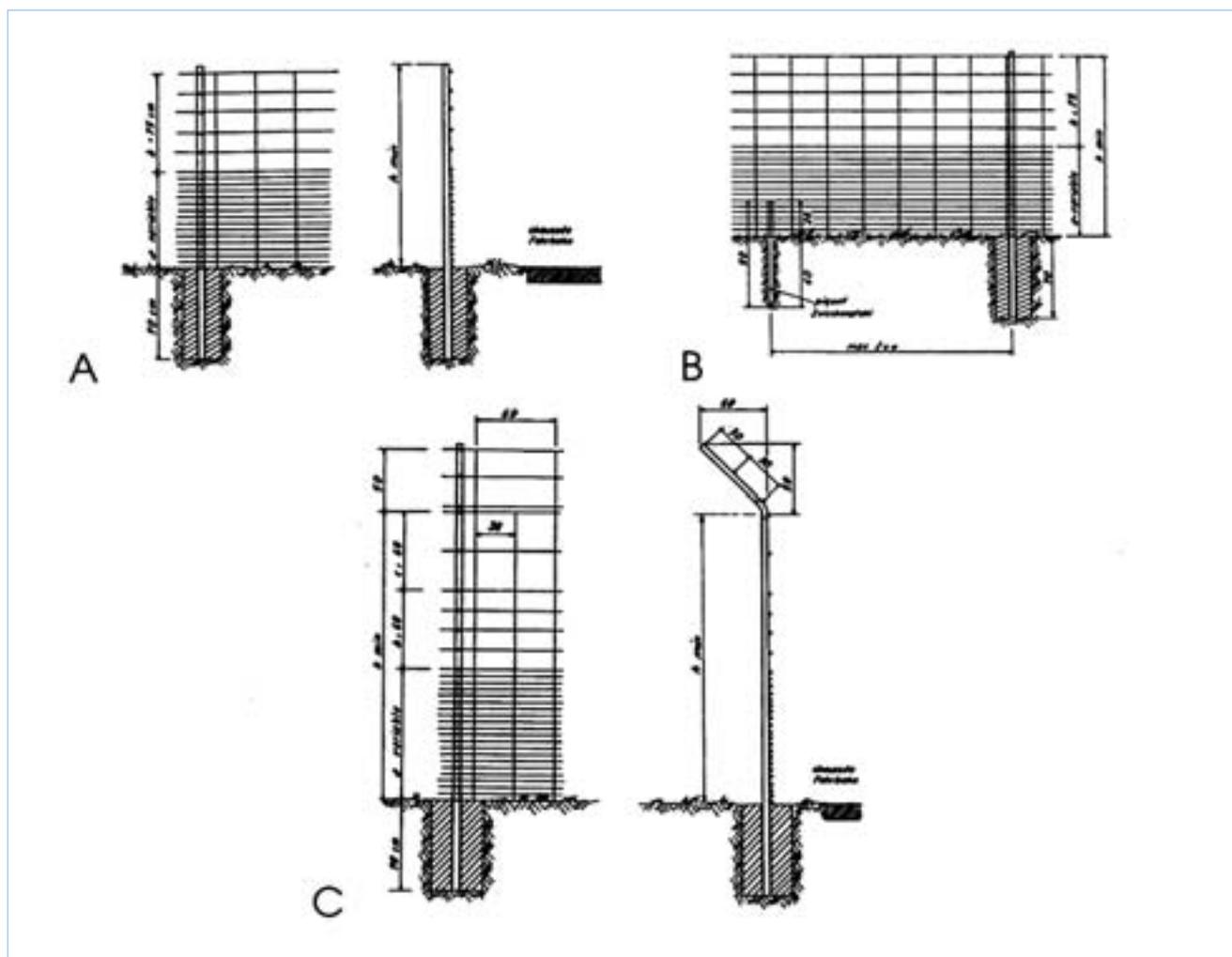


Fig. 21 - Tipi di recinzioni per la fauna: A – Recinzione per capriolo; B – Recinzione per cinghiale; C – Recinzione per cervo (tratto da Interactions entre les réseaux de la faune et des voies de circulation –Dipartimento federale dell’ambiente, dell’energia e delle comunicazioni/Ufficio federale delle strade-Svizzera)

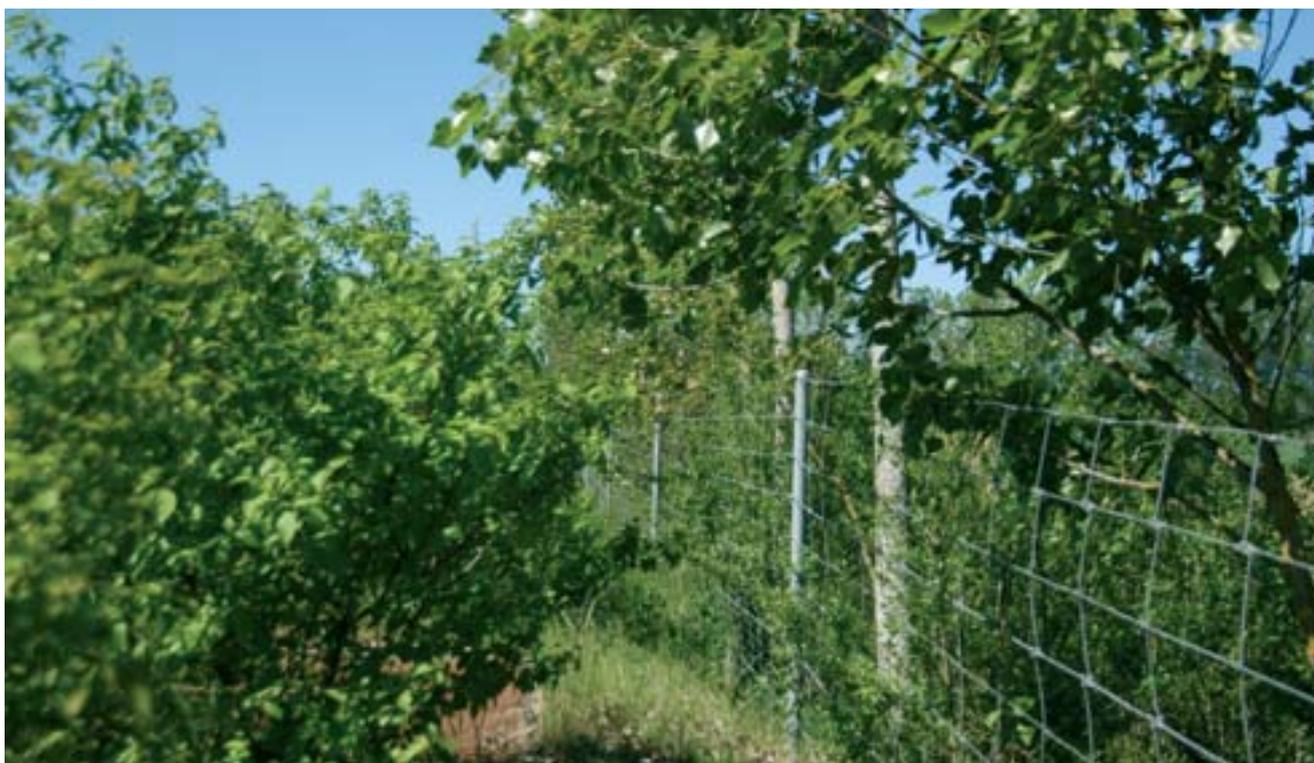


Fig. 22 – Particolare dell’addossamento di arbusti alla recinzione per impedire agli ungulati di spiccare il salto

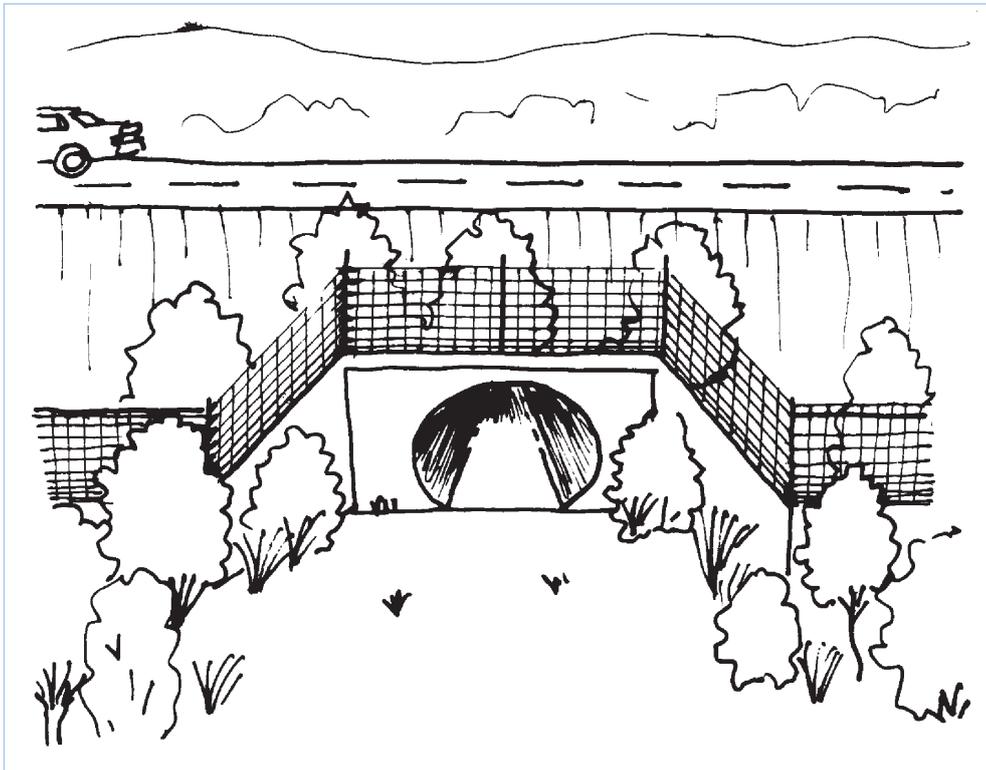


Fig. 23 a – Disposizione delle piantagioni e della recinzione all'entrata di un passaggio per la fauna



Fig. 23 b - Sottopasso faunistico munito di schermo protettivo antirumore e antiabbagliamento. Notare come la vegetazione, situata all'esterno dello schermo, è accessibile alla fauna

gli animali o di repellenti olfattivi o sonori. L'efficacia di questi sistemi non è stata ancora confermata, in quanto sembra che per alcune specie ci sia un sensibile effetto di adattamento.

I riflettori vengono utilizzati in particolare per impedire l'accesso di caprioli, cervi o altri grandi mammiferi. Possono essere realizzati con placche di acciaio galvanizzato o con materiale catarifrangente. I dissuasori ottici, fissati alla parte superiore del guard-rail o di appositi sostegni, riflettono la luce dei fari dei veicoli, deviandoli verso l'esterno della carreggiata e generando flash di luce che dissuadono gli animali dall'attraversare.

L'uso dei catadiottri si fonda sull'abitudine della fauna a spostarsi prevalentemente dal crepuscolo all'alba, abitudine ampiamente documentata dai dati raccolti nel corso di numerose indagini effettuate sia in Italia, sia all'estero (in Svizzera l'80% degli incidenti avviene al crepuscolo, di notte e all'alba – Dipartimento federale svizzero per i trasporti, le comunicazioni e l'energia, in Atti Convegno Provincia di Modena, 2000).

Il dibattito sull'efficacia dei dissuasori riflettenti è tuttora in corso. Appare comunque chiaro che la loro efficacia è buona per un certo periodo dopo la posa, per poi diminuire a causa

del deterioramento dei riflettori e dell'assuefazione degli animali (Putman *et al.*, 2004).

Il recente studio europeo COST 341 afferma che i dissuasori sono diffusi perché economici e facili da installare; tuttavia, un'analisi approfondita degli studi effettuati negli ultimi 40 anni in tutto il mondo ha trovato scarsa evidenza dell'efficacia di questi dispositivi (European Union COST 341, 2003).

I riflettori possono invece essere la risposta più indicata su strade con traffico da leggero (meno di 1.000 veicoli al giorno, Checchi, 1999) a medio (da 1.000 a 10.000 veicoli al giorno), ove esistono periodi di relativa tranquillità tra un veicolo e l'altro, che consentono l'attraversamento dei selvatici in sicurezza. Su strade dove il traffico è intenso (oltre 10.000 veicoli al giorno) o addirittura continuo tra il tramonto e l'alba, i riflettori sono continuamente in attività. La fauna selvatica si abitua quindi più velocemente alla luce riflessa e, prima o poi, "forzerà" la barriera ottica anche in presenza di veicoli in transito.

Si ritiene pertanto utile proporre questa misura di mitigazione su strade poco trafficate. In simili contesti, esperienze effettuate in Germania hanno evidenziato una diminuzione degli incidenti fino al 50% (ADAC, in Atti Convegno Provincia di Modena, 2000). In Provincia di Bologna, gli incidenti su un tratto di strada dotato di dissuasori sono diminuiti dell'89% (Checchi e Montoni, 2004), mentre in Provincia di Modena è stata stimata una riduzione del 50% (Ferri e Manni, 2004).

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. 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.

## BOX 2 - DISSUASORI OTTICI RIFLETTENTI (CATADIOTTRIO CATARIFRANGENTI)

### 1. DISSUASORI OTTICI RIFLETTENTI DEL TIPO SWAREFLEX

#### 1.1 COME FUNZIONANO

Sono catarifrangenti di dimensione rettangolare, alti 184 mm, larghi 81 mm e profondi 60 mm.



Fig. 1 - Dissuasore riflettente per fauna selvatica.

La luce dei fari delle autovetture è riflessa dai catarifrangenti disposti su ambo i margini della strada; il fascio riflesso è di colore rosso e diretto verso l'esterno, quindi non percepibile per il conducente. In questo modo tutti i fasci costituiscono una barriera di protezione ottica, una vera e propria "rete

ottica", che induce i selvatici ad arrestarsi per fiutare o fuggire verso la campagna, nella direzione opposta alla strada. Non appena il veicolo è passato, i catarifrangenti non emettono più luce e i selvatici possono attraversare la strada senza rischio.

#### 1.2 SCELTA DELLA TIPOLOGIA ADEGUATA DI CATARIFRANGENTI

Affinché il dissuasore sia efficace, la luce degli anabbaglianti deve essere riflessa all'altezza degli occhi delle specie target. Ad esempio, gli occhi di un capriolo sono a circa 70-80 cm dal suolo.

Raramente la strada, i bordi e i dintorni della stessa si trovano sullo stesso piano. Anche la pendenza influisce sull'efficacia dei riflettori. Per questa ragione sono stati sviluppati due tipi di riflettori: uno per aree pianeggianti e l'altro per versanti in pendenza. Le due tipologie differiscono nella direzione della luce riflessa e nell'ampiezza della dispersione del fascio.

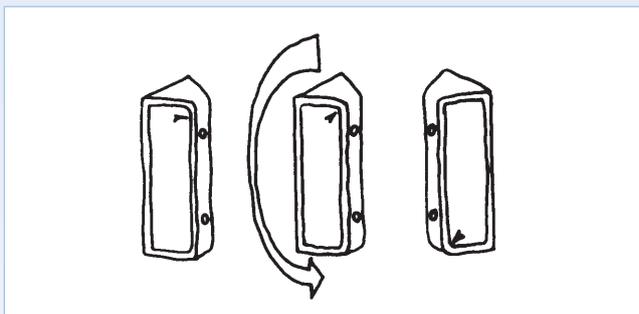


Fig. 2 - La direzione della freccia sul riflettore indica la direzione del fascio di luce riflessa.

L'ampiezza della dispersione del fascio riflesso dei riflettori per aree in pendenza è più piccola di 8° rispetto a quella dei riflettori per aree di pianura, risultando rispettivamente di 20° e 28°. L'altezza del fascio è di circa 5° per le aree di pianura e di 20° per quelle inclinate.

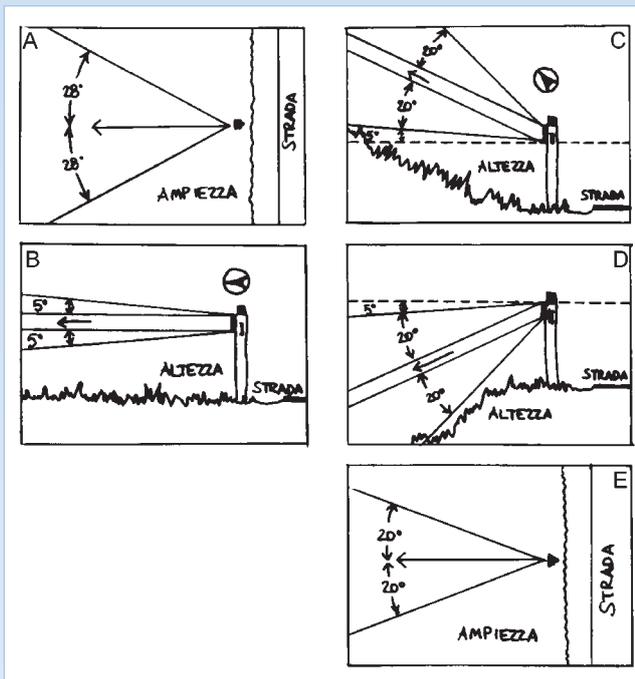


Fig. 3 - Riflettori in aree pianeggianti e aree in pendenza. A: Ampiezza del fascio di luce riflessa in aree pianeggianti. B: Altezza del fascio di luce riflessa in aree pianeggianti. C: Altezza del fascio di luce riflessa in aree in pendenza (verso l'alto). D: Altezza del fascio di luce riflessa in aree in pendenza (verso il basso). E: Ampiezza del fascio di luce riflessa in aree in pendenza.

### 1.3 SCELTA DELLA DISTANZA ADEGUATA TRA CATARIFRANGENTI

La "rete ottica" deve avere "maglie" di dimensione corretta. In aree pianeggianti, la distanza tra singoli riflettori deve essere pari alla profondità del fascio di luce riflessa e può essere compresa tra i 10 e i 20 metri. In aree in pendenza, la profondità del fascio di luce riflessa è di un terzo superiore alla distanza tra catadiottri, che può essere nell'ordine dei 5-10 metri. In ogni caso è auspicabile misurare direttamente la profondità del fascio di luce riflessa sul campo.

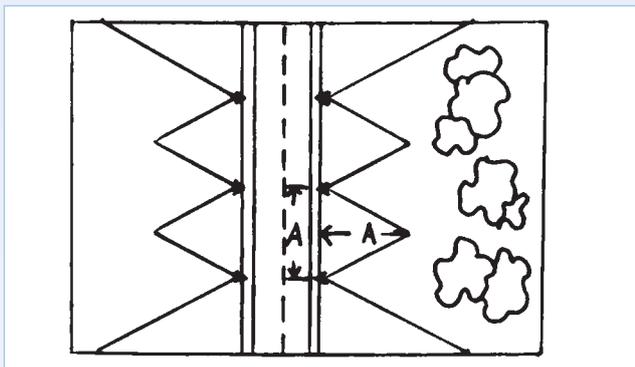


Fig. 4 - Distanza tra riflettori in aree pianeggianti.

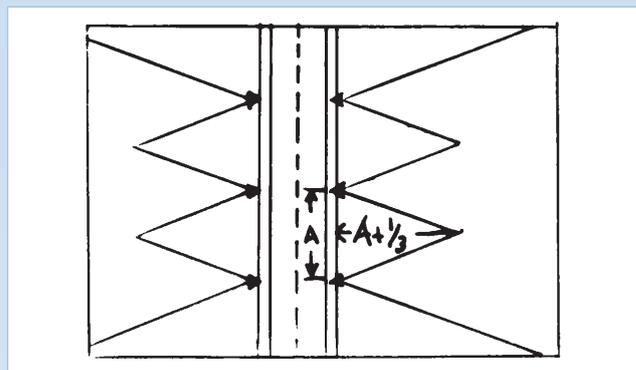


Fig. 5 - Distanza tra riflettori in aree in pendenza.

### 1.4 POSA DEI CATARIFRANGENTI IN AREE PIANEGGIANTI SU TRATTI RETTILINEI

Per la dissuasione degli ungulati i riflettori devono essere agganciati sui paracarri o sul guard-rail il più in alto possibile, fino ad un'altezza di 100 cm. L'altezza deve essere comunque adattata alle specie target: per il tasso, ad esempio, si suggerisce di collocarli a 30 cm dal suolo. La direzione del fascio di luce riflessa deve essere perpendicolare alla strada.

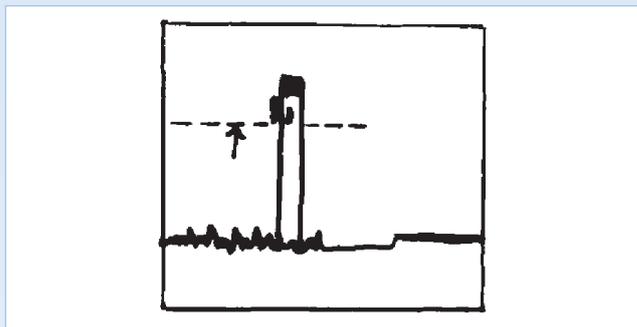


Fig. 6 - Posa corretta dei riflettori su paracarro.

### 1.5 POSA DEI CATARIFRANGENTI IN AREE PIANEGGIANTI IN CURVA

Il fascio di luce degli anabbaglianti può essere sfruttato molto meglio sul lato esterno della curva rispetto a quello interno. È quindi necessario aggiungere sul lato esterno dei pali di legno, intercalati ai riflettori posti su paracarri o guard-rail, ove montare catarifrangenti che proiettino la luce verso l'interno della strada, in direzione della corsia adiacente. In questo modo il fascio riflesso rosso sarà proiettato brevemente sul lato sinistro della carreggiata.

### 1.6 POSA DEI CATARIFRANGENTI IN AREE IN PENDENZA

Già con inclinazioni di +/- 5° è necessario usare la tipologia di catarifrangenti idonea ad aree in pendenza. L'inclinazione del fascio di luce riflessa non deve superare i 45°.

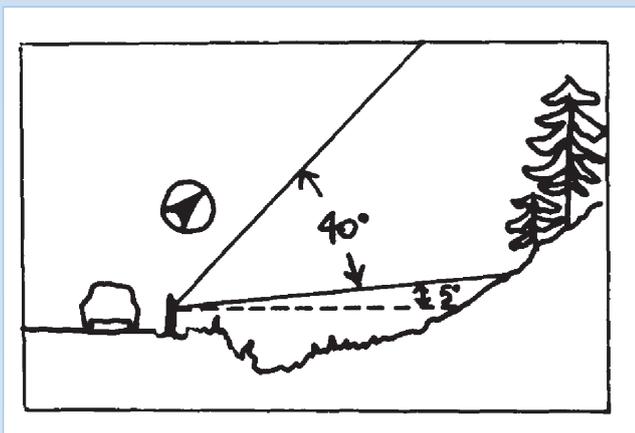


Fig. 7 - Già con un'inclinazione di 5° è necessario usare riflettori per aree in pendenza.

### 1.7 POSA DEI CATARIFRANGENTI IN AREE BOScate

Quando la strada attraversa aree boscate, il fascio di luce riflesso degli anabbaglianti è molto meno visibile, in quanto interrotto da alberi e/o arbusti. In questi casi la distanza tra i catarifrangenti dovrà essere diminuita, affinché siano efficaci anche ove gli spazi aperti sono ridotti. Anche in questo caso è opportuno misurare la profondità del fascio di luce riflessa direttamente sul campo. I catadiottri sono comunque efficaci su strade che attraversano boschi radi, con buona visibilità e privi di sottobosco, mentre si consigliano misure alternative in presenza di boschi con abbondante sottobosco schermante.

### 1.8 CONTROLLO E PULIZIA DEI CATARIFRANGENTI

I catarifrangenti devono essere controllati almeno due volte l'anno per verificarne la funzionalità. La pulizia deve essere effettuata regolarmente in modo automatico (getto d'acqua), solo in casi eccezionali si può procedere alla pulizia manuale.

### 1.9 COSTI

La tabella 1 riporta il costo di acquisto ed installazione (unitamente al totale dato dalla somma delle due voci) di dissuasori ottici riflettenti (posti a 10 m di distanza l'uno dall'altro) per

chilometro, il costo annuo della manutenzione o sostituzione per chilometro e il tempo di ammortamento dell'investimento iniziale, individuato sulla base del costo medio di un incidente con coinvolgimento di capriolo o cervo.

In Piemonte, questo costo ammonta rispettivamente a € 2.300 e a € 1.800 per incidente; usando il valore medio di € 2.050, i costi iniziali sono ammortizzati in meno di un anno nel caso di posa di soli dissuasori ed in poco meno di 4 anni se è necessario posare anche i paracarri. Il prezzo base di un singolo dissuasore è di € 8,80; l'importo unitario può essere abbattuto fino al 20% nel caso di acquisto di grandi quantità.

Quasi tutte le strade sono ormai dotate di guard-rail o paracarri; in ogni caso esperienze condotte in Emilia Romagna suggeriscono una migliore efficacia di semplici pali di legno come sostegno dei catadiottri.

Questa soluzione abbate ulteriormente i costi dell'installazione iniziale qualora la strada non sia dotata di paracarri. La posa può essere effettuata da una squadra di tre persone munite di un autocarro con attrezzatura adeguata (Ferri e Manni, 2004).

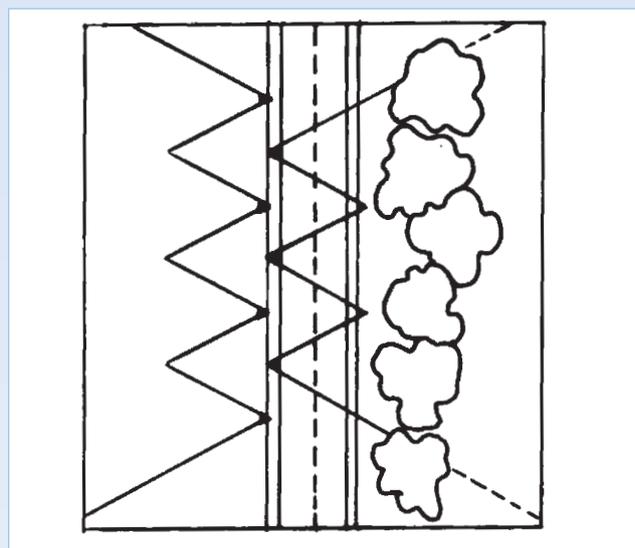


Fig. 8 - Perché la "rete" ottica sia efficace in aree boscate (purché non troppo fitte) è necessario posare ulteriori dissuasori su pali di legno, intercalati a quelli montati su guardrail o paracarri, che riflettono il fascio di luce degli anabbaglianti verso la strada.

	acquisto €/km (solo 1° anno)	installazione €/km (solo 1° anno)	totale €/km	manutenzione o sostituzione €/km * anno (dal 2° anno)	costo medio €/km * anno (ipotizzando una vita media di 12 anni)	ammortamento anni (tempo necessario per ammortizzare i costi iniziali)
solo dissuasori	600-800	1.100-1.300	1.700-2.100	1.000	60	0,9
dissuasori e paracarri	2.000-2.500	5.000-6.000	7.000-8.500	1.000	200	3,8

Tabella 1 – Costi iniziali di acquisto e installazione di dissuasori ottici riflettenti tipo Swareflex, costo di manutenzione e/o sostituzione, costo medio e tempo di ammortamento (si veda il testo per ulteriori spiegazioni). (Da Checchi e Montoni, 2004, modificato).

## 2. UN MODELLO SPERIMENTALE DI DISSUASORE OTTICO

Questo modello sperimentale, brevettato dal Dipartimento d'Economia ed Ingegneria Agrarie dell'Università di Bologna, segnala agli animali selvatici il sopraggiungere di un autoveicolo e, contestualmente, al conducente la possibile presenza di fauna selvatica in quel tratto di strada. Poiché è un paracarro modificato, si applica comunemente ai bordi della carreggiata.

Quando il fascio proiettato dagli anabbaglianti colpisce il sensore ottico installato nel paracarro, si accendono contemporaneamente due led visibili dall'autista ed una serie

di led, disposti a 90°, visibili solo dagli animali.

La tabella 2 riporta i probabili costi di acquisto e di installazione previsti dagli autori e ancora da verificare, considerato che attualmente non sono ancora stati sperimentati lungo le strade. Ogni singolo dissuasore costa € 100.

Visti i costi relativamente più alti rispetto ai semplici catadiottri, se ne consiglia la sperimentazione su alcuni tratti di strada campione. Solo in seguito al successo di questa prima fase, possono essere installati su strade con incidentalità molto frequente, ove non sia comunque possibile installare recinzioni fisse.

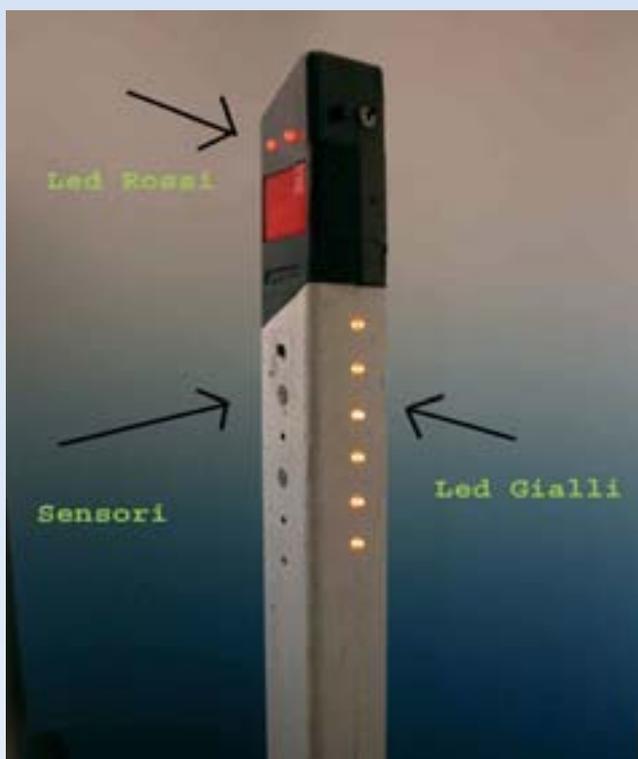


Fig. 9 - Dissuasore ottico sperimentale brevettato dall'Università di Bologna (Cecchi e Montoni, 2004). Quando il fascio di luce degli anabbaglianti colpisce il paracarro modificato, un sensore ottico attiva i led rossi verso i veicoli in transito e quelli gialli in direzione di animali selvatici eventualmente presenti al bordo della carreggiata.

	acquisto €/km (solo 1° anno)	installazione €/km (solo 1° anno)	totale €/km	manutenzione o sostituzione €/km * anno (dal 2° anno)	ammortamento anni (tempo necessario per ammortizzare i costi iniziali)
dissuasori sperimentali	5.000	5.000-6.000	10.000-11.000	2.000	5,12

Tabella 2 – Costi iniziali di acquisto e installazione di dissuasori ottici sperimentali, costo di manutenzione e/o sostituzione e tempo di ammortamento (si veda il testo per ulteriori spiegazioni).

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

I repellenti sonori sono basati sull'utilizzo di apparecchi che emettono ultrasuoni, percepiti dagli animali, ma non dall'udito umano.

## 6.2 UCCELLI E PIPISTRELLI

L'investimento di uccelli è un problema che si presenta in punti precisi del tracciato, laddove gli uccelli attraversano a volo radente, soprattutto in vicinanza di piccoli torrenti o rii. Per evitare questo impatto occorre obbligare gli uccelli ad alzare la traiettoria di volo mediante la creazione di schermi

vegetali di densità sufficiente e altezza superiore a 4 metri. Anche le barriere antirumore possono svolgere tale funzione, ma nel caso in cui siano costituite da pannelli trasparenti devono essere rese visibili applicandovi sagome o strisce adesive; queste ultime si sono rivelate molto più efficaci delle prime (European Union COST 341, 2003).

Per i pipistrelli, che orientano il proprio volo seguendo i filari arborei, è utile realizzare un doppio filare separato da un breve spazio che agisca come sistema di intercettazione, canalizzando gli spostamenti in parallelo alla strada e dirigendo gli animali nei punti in cui possono attraversare senza rischio di collisione.

Per i pipistrelli la realizzazione di viadotti stradali può rivelarsi un'opportunità di realizzazione di rifugi attraverso l'applicazione di fori negli impalcati del viadotto e la disposizione di idonei supporti (lamiere rugose in doppio strato con scarto di 3-4 cm) nelle camere che vengono ricavate all'interno dell'impalcato.

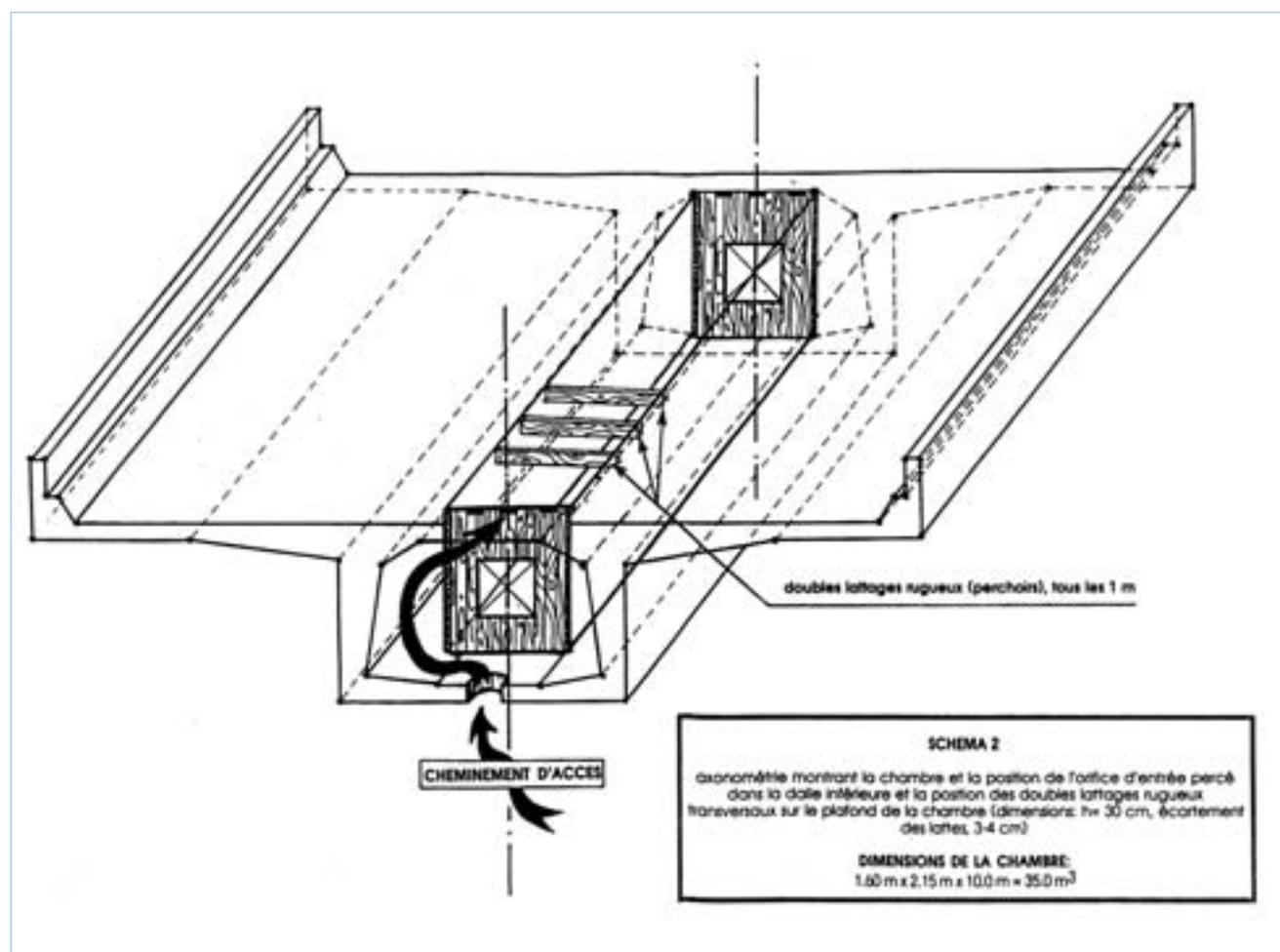


Fig. 24 - Assonometria che mostra la camera con la disposizione di supporti trasversali (h=30 cm, scarto tra i supporti 1 m) e la posizione dell'orifizio d'entrata per l'adattamento di un viadotto a rifugio per pipistrelli. (ing. Flavia Magnetti – Yverdon (CH))

## Capitolo 7. Segnaletica stradale

La causa principale degli incidenti con coinvolgimento di 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/ora è 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. Questo spazio, ad esempio, si dimezza diminuendo la velocità da 80 a 60 km/ora (diminuzione del 25%).

Un sistema semplice per ridurre questo tipo di incidentalità consiste nell'installare cartelli stradali con un limite di velocità adeguato nei punti di riconosciuta criticità (assicurando però anche un controllo del rispetto del limite fissato, ad esempio con l'autovelox).

### 7.1 SEGNALETICA VERTICALE ORDINARIA

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

Tuttavia questi cartelli hanno probabilmente effetti positivi solo se posti in punti conosciuti di passaggio regolare. Non è inoltre chiaro se siano efficaci nel lungo periodo, poiché gli automobilisti vi si abituano prontamente, a meno che non si verifichi effettivamente un attraversamento di ungulati.

Qui di seguito si elencano alcuni suggerimenti per migliorare l'efficacia della segnaletica verticale. Alcuni accorgimenti hanno lo specifico obiettivo di diminuire il rischio di assuefazione dei conducenti, ad esempio facendo in modo che i cartelli siano attivi o presenti solo in aree e in periodi di rischio reale.

- La segnaletica verticale dovrebbe essere installata solo per segnalare attraversamenti regolari e noti, eventualmente dotati di recinzioni che vi conducano gli ungulati per concentrarne il passaggio (Lehnert e Bissonette, 1997).
- Il Codice della Strada italiano prevede un solo tipo di cartello indicante la presenza di fauna selvatica. Poiché quanto più circostanziata è l'informazione trasmessa, tanto maggiore sarà l'attenzione che gli automobilisti le dedicheranno, sarebbe opportuno poter disporre di diverse tipologie di segnaletica verticale in funzione della specie e del contesto.



Fig. 25 - Cartello di segnalazione di presenza di fauna selvatica in uso in Italia.



Fig. 26 - Segnaletica verticale indicante la presenza di rospi sulla S.P. Pedemontana Occidentale in prossimità del Comune di Polcenigo (PN) (da [www.bufobufo.org](http://www.bufobufo.org)).

- Diversi autori ritengono che il cartello attualmente usato, rappresentante un solo unguato, sia fuorviante. In molti casi di incidente il conducente nota ed evita il primo animale che appare sulla strada, per poi travolgere gli altri che lo seguono. Un segnale più efficace potrebbe effettivamente mostrare un solo animale in carreggiata ed altri a fianco, in procinto di attraversare (Putman *et al.*, 2004).
  - L'assuefazione degli automobilisti potrebbe anche essere minore se i cartelli fossero installati solo in stagioni od orari particolari, quando gli incidenti sono notoriamente più frequenti (ad es. in tarda primavera ed autunno, Staines *et al.*, 2001).
  - I cartelli luminosi potrebbero attivarsi solo quando la velocità dei veicoli in note aree a rischio ecceda un determinato (e pubblicizzato) livello soglia (come i cartelli con il limite di velocità o i semafori che si attivano sui passaggi pedonali quando gli automobilisti superano ad esempio i 50 km/ora).
  - La segnalazione di pericolo in "punti caldi", conosciuti per l'alta frequenza di incidenti, può essere più incisiva qualora sia possibile segnalare su pannelli luminosi messaggi come "Attenzione pericolo! N° ... collisioni con unguati in questo tratto di strada negli ultimi 6 mesi" o simili.
- rischio di collisione, poiché più sono diffusi meno sono considerati dagli automobilisti.
- La posa di segnaletica solo durante stagioni "sensibili" potrebbe rendere i conducenti più recettivi.
  - La combinazione con cartelli con un limite di velocità li rende leggermente più efficaci.
  - L'efficacia è ulteriormente aumentata quanto più il messaggio è dettagliato, ad esempio specificando la lunghezza del tratto di strada a rischio o, meglio ancora, dotando il cartello di luci a intermittenza o di un limite di velocità luminoso a intermittenza, che si accendano solo in periodi ad alta incidentalità. L'alimentazione può essere garantita da un pannello solare.

Gli autori del rapporto europeo COST 341 (European Union COST 341, 2003) scrivono:

- I cartelli stradali di allerta per la presenza di fauna selvatica dovrebbero essere posti solo in aree ad alto

## 7.2 SEGNALETICA VERTICALE "DINAMICA" ATTIVATA DA SENSORI

### 7.2.1 SENSORI FISSI

Recentemente sono stati sviluppati alcuni sistemi di segnalazione, accoppiati a sensori, in grado di segnalare la presenza di fauna in avvicinamento alla strada. Questa segnaletica è attivata direttamente solo ove vi siano animali in carreggiata o in procinto di attraversarla. I sensori attivano il segnale di allerta, che può essere anche corredato di avviso di riduzione della velocità (30-40 km/ora, figura 27). In condizioni ordinarie questa segnaletica è spenta, si illumina solo se attivata. Il sistema può essere alimentato con pannelli ad energia solare.

La maggior parte di questi sistemi usa raggi ad infrarossi o laser per individuare i movimenti degli animali su entrambi i lati della carreggiata, oppure sensori passivi che rispondono agli infrarossi emessi dai corpi degli animali stessi.

Se gli automobilisti non reagiscono riducendo la velocità o mostrando maggiore attenzione, significa che i sistemi non sono realmente efficaci.

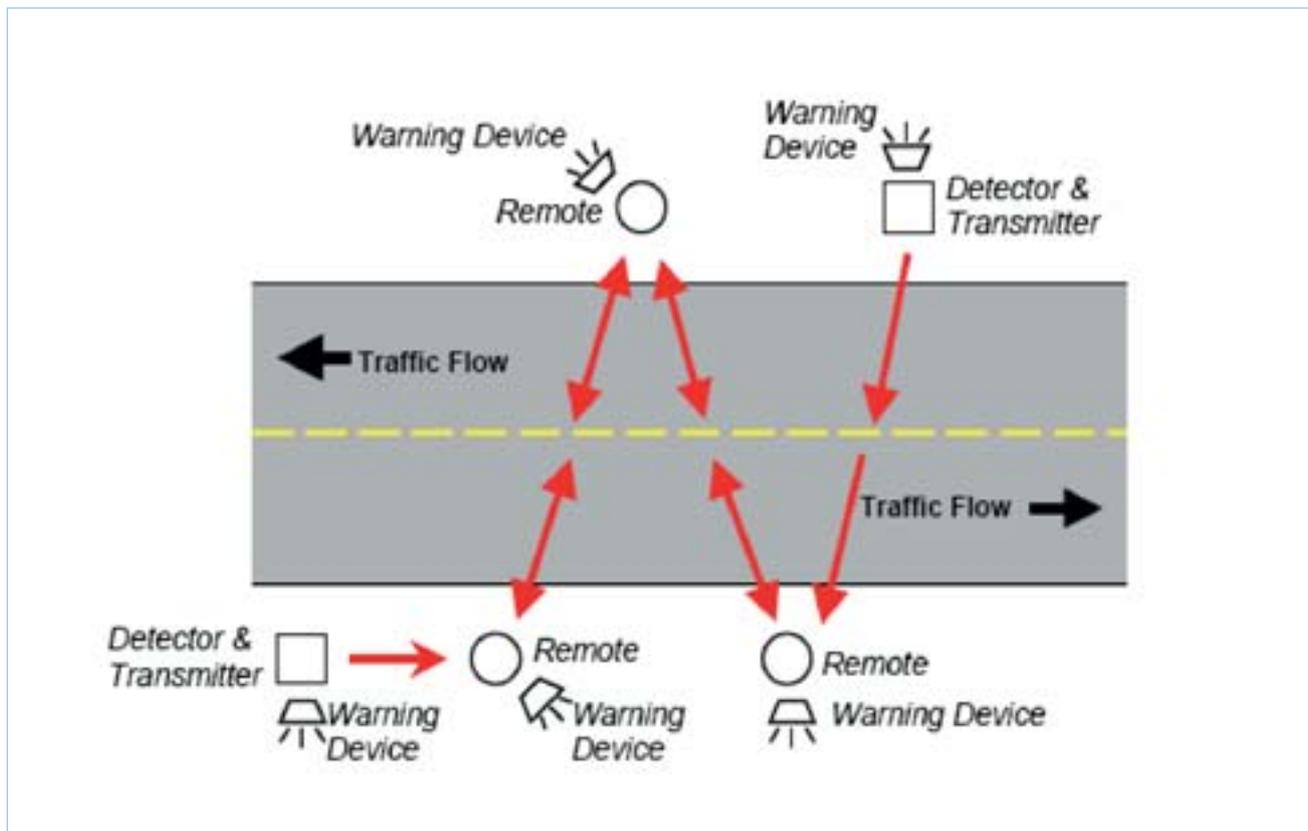


Fig. 27 - Esempio di layout di un sistema di protezione per la fauna selvatica, da Bushman *et al.*, 2001.

Questi dispositivi sono relativamente nuovi e la loro efficacia non è ancora stata completamente verificata.

Un'approfondita analisi di questi sistemi dinamici è stata fatta da Huijser and McGowen (2003), in base a 27 casi in cui è stata sinora usata questa tecnologia in Europa e Nord America. Gli autori sono giunti a queste considerazioni:

- Molte installazioni hanno avuto problemi tecnici, ovvero hanno generato falsi positivi e falsi negativi, ovvero hanno richiesto manutenzione. Queste problematiche sono da mettere in conto quando si utilizzano tecnologie relativamente recenti. Bisogna inoltre considerare che le attrezzature sono esposte a pioggia, neve, caldo e gelo. Ogni sistema ha i propri punti di forza e di debolezza potenziali, che devono essere attentamente considerati in base al contesto e agli obiettivi prima di scegliere uno in particolare.
- È importante che i sistemi di allertamento producano solo un piccolo numero di falsi positivi e falsi negativi. I falsi positivi possono indurre gli automobilisti ad ignorare i segnali, mentre i falsi negativi causano loro situazioni di rischio.

- È necessario sottolineare che, a prescindere dal loro apparente potenziale, i segnali di allerta attivati dagli animali non sono la soluzione di tutti i problemi, ma solo un modo per migliorare l'efficacia della segnaletica. Questi, così come la segnaletica ordinaria, saranno utili solo se posti in punti di attraversamento noti, oppure se combinati con altri dispositivi (ad es. recinzioni) che canalizzino gli animali in punti di attraversamento specifici. Non si consiglia, né si considera economico, distribuire a pioggia su tutta la rete stradale sistemi di questo genere. Dovrebbero piuttosto essere considerati come un modo per migliorare la segnaletica tradizionale, ove questo si renda necessario.

### BOX 3 - UN ESEMPIO REALE DI SISTEMA DI PROTEZIONE DELLA FAUNA SELVATICA<sup>3</sup>

L'efficacia di un sistema di protezione della fauna selvatica è stata analizzata tra il 2002 e il 2003 sulla Highway 93, nel Parco Nazionale Kootenay, in Columbia Britannica, Canada. Questa tecnologia è stata messa a punto per trasmettere ai conducenti in transito informazioni in tempo reale relative alla presenza di fauna selvatica sulla strada.

Il sistema utilizza videocamere ad infrarossi (sensibili al calore) che individuano gli animali nel loro raggio d'azione; quando ciò accade, si attivano delle luci lampeggianti ai due estremi del tratto di strada interessato.

Questo avviso in tempo reale anticipa agli automobilisti la presenza dei selvatici e li invita a ridurre la velocità.

La tecnologia a infrarossi usata nel 2002 è stata originariamente sviluppata in un laboratorio della NASA.

La sua alta risoluzione consente di individuare una differenza termica di 1/100°C. Nel 2003 le videocamere avevano un raggio d'azione di 800 m; esse possono "vedere" anche nell'oscurità e, fino ad un certo punto, con pioggia, nebbia e fumo, e possono interpretare gradienti termici e movimenti per distinguere tra fauna selvatica ed altre fonti di calore.

Questa tecnologia offre alcuni vantaggi rispetto alle misure convenzionali di mitigazione:

- La fauna selvatica non riesce ad abituarsi, come invece accade nel caso di odori repellenti, riflettori ed altri deterrenti, poiché il sistema si basa sull'azione degli automobilisti, piuttosto che sul comportamento animale.

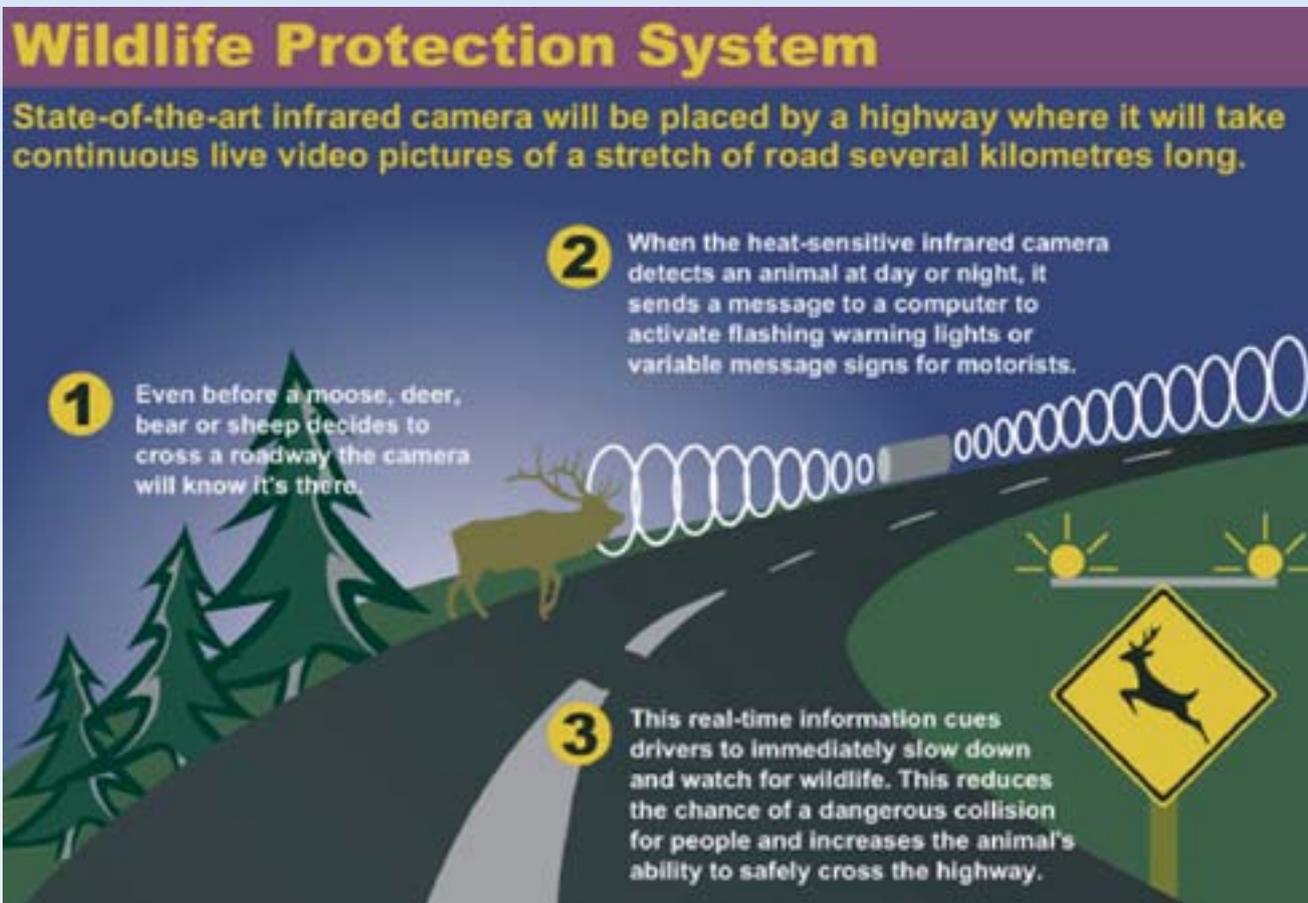


Fig. 1 - Schema di sistema di protezione per la fauna selvatica sperimentato nel Parco Nazionale Kootenay (Columbia Britannica, Canada). 1: Anche prima che un alce, un cervo, un orso o una pecora decidano di attraversare la strada, la telecamera "saprà" che ci sono. 2: Quando la telecamera ad infrarossi, sensibile al calore, individua un animale, di giorno o di notte, invia un messaggio ad un computer affinché si attivino luci intermittenti o segnali stradali di altro tipo diretti agli automobilisti. 3: Queste informazioni in tempo reale invitano i conducenti a ridurre immediatamente la velocità e a prestare attenzione. Ciò riduce la probabilità di collisione ed aumenta la possibilità per l'animale di attraversare in sicurezza la strada.

<sup>3</sup> fonte: [www.wildlifeaccidents.ca](http://www.wildlifeaccidents.ca)

- Anche gli automobilisti si assuefanno di meno al sistema di allerta poiché si attiva solo temporaneamente, quando vi sono animali in strada o nei pressi della stessa.
- Il sistema non interferisce con i movimenti naturali della fauna selvatica, né richiede la costruzione di sottopassi o sovrappassi per consentire l'attraversamento.
- Un altro vantaggio è la disponibilità dei video girati dalle telecamere, che consente di ottenere dati relativi al numero e al comportamento degli animali nel corso delle 24 ore.



Fig. 2 - Immagine del lato destro del tratto sperimentale della Highway 93, nel Parco Nazionale Kootenay (Columbia Britannica, Canada). Si vedono parte della carreggiata, il lato della strada (*roadside*, scarpata che conduce alla sede stradale) ed il fosso longitudinale (*ditch*, dalla scarpata al margine della foresta). Fosso e lato della strada sono larghi 18 m su ciascun lato. Foto di Alan Dibb, Parks Canada.



Fig. 3 - Attrezzatura necessaria al funzionamento del sistema per la protezione della fauna selvatica testato sulla Highway 93 nel Parco Nazionale Kootenay (Columbia Britannica, Canada). La foto è diretta verso nord come la telecamera. Il tratto campione si estende approssimativamente per 2 miglia a nord del rimorchio, dove si trova un'identica attrezzatura rivolta verso sud.

### 7.2.2 SENSORI MOBILI

Un altro sistema, ancora più sperimentale, è stato testato nello Stato di Washington (da Putman *et al.*, 2004, modificato). Alcuni individui appartenenti ad un branco di cervi di Roosevelt (una sottospecie in pericolo di estinzione e molto localizzata di *Cervus canadensis*) sono stati dotati di un radiocollare che attiva dei segnali di allerta quando gli animali si avvicinano alle strade. Attualmente 8 individui (in un gruppo di 81) sono stati muniti di radiocollari, che a loro volta attivano 6 cartelli posti lungo un tratto di 3 miglia della Highway 101.

In base alla sperimentazione condotta sinora, i cartelli attivati via radio hanno ridotto sensibilmente il numero di incidenti, anche se non sono universalmente utilizzabili. Questa è chiaramente una situazione molto particolare, poiché il branco di cervi in questione ha una distribuzione circoscritta e movimenti conosciuti. Inoltre, la profonda conoscenza del branco ha consentito di identificare gli individui che lo guidavano e di dotarli di radiocollare. Questo sistema potrebbe essere

potenzialmente impiegato in situazioni simili, in cui una popolazione, consistente ma localizzata, di una specie gregaria sia presente in un'area isolata e chiusa da strade. Al di fuori di pochi casi particolari è quindi difficilmente utilizzabile. In Italia una situazione simile potrebbe essere rappresentata dalla popolazione di daino del Parco regionale di Migliarino San Rossore, una fascia di 24.000 ettari lungo la costa tra Viareggio e Livorno, stretta tra il Mar Tirreno a ovest e l'autostrada A12 a est.

### 7.3 SEGNALETICA ORIZZONTALE

L'attenzione degli automobilisti può essere ulteriormente richiamata dalla posa di strisce trasversali rumorose sull'asfalto, in corrispondenza dei punti pericolosi. Esse possono anche essere utilizzate insieme alla segnaletica verticale ordinaria o a quella "dinamica".

L'unione di segnali luminosi ed acustici aumenta l'efficacia del messaggio trasmesso.

# CASI STUDIO





# CASO STUDIO 1

## Misure di inserimento e compensazione ambientale dell'autostrada N1 nel tratto Yverdon-Avenches

L'autostrada svizzera N1 nel tratto tra Yverdon-Avenches può essere considerata un buon modello di integrazione paesaggistica per una nuova infrastruttura stradale. L'applicazione dei criteri della progettazione ecologicamente orientata è stata esemplare sotto diversi aspetti:

- come rispetto di una zona ecologicamente sensibile, limitrofa alla grande palude lacustre sulla sponda orientale del lago di Neuchatel (fig. 1);
- come ampliamento dell'intervento anche a zone non strettamente aderenti al tracciato, ma iscritte in uno schema di mantenimento e rafforzamento della rete ecologica;
- come collaborazione tra ingegneri civili e tecnici ambientali a partire dalle fasi iniziali del progetto fino al suo sviluppo esecutivo e gestionale;
- come concertazione e partecipazione alle misure ambientali di tutti i soggetti coinvolti dalla costruzione dell'autostrada: dai proprietari terrieri ed agricoltori agli enti locali, alle associazioni di protezione della natura, oltre naturalmente alla società autostradale;
- come anticipazione degli interventi di mitigazione ambientale già durante la fase di costruzione dell'autostrada per ottenere prima possibile gli effetti ecologici desiderati.



Fig. 1 - Tratto di palude lacustre sulla sponda orientale del lago di Neuchatel

Il progetto fin dalla procedura di VIA ha definito le opere di attraversamento faunistico e le sistemazioni di ambienti di compensazione con un approccio basato su di un'analisi dettagliata dell'area, comprendente la valutazione dell'importanza delle perturbazioni potenziali delle principali reti di spostamento della fauna.

Si è utilizzato allo scopo un metodo originale di ponderazione del potenziale ecosistemico (Berthoud *et al.*, 1989), basato sull'analisi di fattori qualitativi, quantitativi e funzionali dei siti attraversati.

L'identificazione dei corridoi di spostamento della fauna maggiore è stata il filo conduttore che ha guidato l'elaborazione di un piano di misure ambientali, che sono risultate quindi strettamente giustificate all'interno di uno schema di adattamento alla rete ecologica regionale (fig. 2).

La società autostradale, grazie ad un processo decisionale partecipato con tutti gli enti e le associazioni di cittadini coinvolti a livello territoriale, ha accettato di sostenere i costi economici degli interventi su terreni e su reti stradali non di sua proprietà. I proprietari (soprattutto agricoltori) dal canto loro si sono impegnati con capitoli d'oneri ad eseguire precisi protocolli di manutenzione e a non trasformare le aree di intervento.

La strategia è stata perseguita ed affinata nel corso delle tappe successive di messa in opera del progetto (progetto definitivo, esecutivo, direzione lavori, controllo cantieri, piano di gestione a lungo termine delle superfici naturali e paesaggistiche del progetto autostradale). Indicativa in tal senso è stata la costituzione di vivai di specie autoctone a partire dall'inizio dei cantieri, in modo da poter utilizzare per gli interventi di rivegetazione piante degli ecotipi locali già acclimatate alle condizioni stazionali.

Il piano delle misure ambientali del progetto è stato infine ripreso da altre pianificazioni territoriali legate alla realizzazione di questa infrastruttura, quali la ricomposizione fondiaria e gli obblighi ambientali per lo sviluppo di nuove zone industriali e commerciali indotte dall'autostrada.

A seconda del livello di integrazione nella rete ecologica regionale le misure sono state più o meno importanti.

Nel tratto collinare tra Yverdon e Estavayer-le-Lac, che attraversa i rilievi boscati contenenti i nuclei di biodiversità di maggior pregio e le più importanti connessioni con il lago di Neuchâtel, il tracciato è stato definito per mezzo dell'esame di 32 varianti selezionate sulla base del modello ambientale del paesaggio. Il bilancio finale di restituzione della permeabilità è eccellente grazie ad una buona alternanza di viadotti, trincee e tunnel e alla realizzazione di veri e propri ecodotti per l'attraversamento della fauna nei tratti boschivi frammentati.

Le misure compensative hanno comportato la sistemazione naturale di siti degradati, la ricostituzione di una zona con praterie palustri e il miglioramento della protezione della fauna anche sulla rete stradale secondaria. Sono stati necessari alcuni tagli colturali nei boschi sulla costa collinare prospiciente il lago di Neuchâtel per favorire la reintroduzione di specie forestali più

adatte alle nuove condizioni edafiche create in seguito alla perforazione dei tunnel autostradali, che ha parzialmente disseccato le falde del potente acquifero presente negli strati di molassa di gran parte del plateau svizzero.

Nel tratto successivo, nella piana alluvionale del torrente Broye, la pressione antropica dell'agricoltura e la distribuzione degli insediamenti hanno imposto maggiori sforzi di integrazione, incentrati sulle seguenti mitigazioni e compensazioni:

- costruzione di numerosi passaggi per la fauna;
- costruzione di una trincea coperta con funzione di ponte biologico;
- costruzione di un viadotto basso per il mantenimento di una zona di scambio faunistico;
- creazione di corridoi ecologici attraverso la piana agricola tramite la rivitalizzazione dei corsi d'acqua canalizzati, l'impianto di macchie di arbusti nelle fasce di terreno poste al margine dei coltivi e l'estensione delle macchie boscate relitte, che possano fungere da luoghi di riposo e di rifugio per gli animali che devono imboccare il passaggio per la fauna;
- sistemazione di diverse zone naturali di trattamento delle acque di piattaforma.

Di seguito si illustrano alcuni esempi di applicazione dei concetti sopra esposti.

#### TRATTO YVERDON ESTAVAYER-LE-LAC

*Molino della Menthue.* Le acque di piattaforma di un ampio tratto stradale a mezza costa sono state concentrate in un unico bacino di trattamento, evitando di realizzare una decina di piccoli bacini che le avrebbero scaricate in altrettanti rii collinari di buona qualità.

Il bacino è suddiviso in tre vasche a livelli sfalsati in successione: il primo bacino, con una ovvia maggiore concentrazione di inquinanti, è stato ben recintato anche nei confronti dell'accesso di fauna; l'acqua tracima in un secondo bacino totalmente invaso da canne con funzione fitodepurante e viene poi ulteriormente depurata in un terzo bacino che scarica in un piccolo rio defluente verso il lago.

*Stagni di Vursis.* Come misura di compensazione la società autostradale si è incaricata della bonifica di un sito degradato dallo scarico abusivo di rifiuti industriali. I rifiuti sono stati rimossi, selezionati dalle parti inerti ed inviati ad impianti specializzati. L'inerte è stato riutilizzato per il modellamento di un'area vicina ad un villaggio, successivamente impiantata a frutteto. Nella zona bonificata si è scavato fino a mettere a nudo la falda, creando in tal modo una decina di stagni che sono diventati nel tempo un sito di importanza regionale per gli anfibi, che vi giungono ogni anno in gran numero e diversità (12 specie censite), migrando dalla vallata boscata attraversata dal grande viadotto sulla Menthue (altezza 120 m). Questo sito riproduttivo ha completamente sostituito un sito naturale più a valle.





Fig. 3 - Stagni di Vursis

*Viadotto sulla Menthue.* Nei cassoni del viadotto, alto circa 120 m, sono stati realizzati fori e disposti setti che hanno consentito la colonizzazione di varie specie di chiroteri.

*Strada cantonale a Yvonand.* La società autostradale si è fatta carico di risolvere un punto critico sulla strada cantonale lungo la sponda del lago di Neuchatel, che taglia trasversal-



Fig. 4 - Viadotto sulla Menthue

mente un'importante rotta di migrazione degli anfibi, localizzata tra i boschi collinari e la palude lungo la sponda del lago, che comportava decine di migliaia di schiacciamenti ogni anno, anche per la presenza in parallelo di una ferrovia che causa a sua volta molte perdite (gli anfibi durante l'attraversamento restano fermi anche mezz'ora sul binario).

Il problema è stato parzialmente risolto solo lungo la strada cantonale, in quanto sulla ferrovia le necessità di manutenzione dei binari impediscono al momento di adottare soluzioni adeguate. Ai bordi della strada è stata disposta, per un tratto di alcune centinaia di metri, una canaletta in cemento di circa 30 x 30 cm dove gli anfibi sono obbligati a cadere prima di attraversare la strada (fig. 5). Quindi, con spostamenti trasversali che durano circa 15-20 minuti, gli animali riescono a trovare l'imbocco di un tombino, largo circa 30 cm, che li conduce all'altro lato della strada, verso la palude.

I tombini sono a senso unico, con un secondo tombino affiancato e parallelo per il ritorno (fig. 6). Quest'ultimo ha una leggera pendenza per impedire il ristagno dell'acqua, che costituisce un fattore negativo dopo la riproduzione, quando gli anfibi producono un ormone che provoca repulsione per l'acqua.

I sistemi di doppi tubi sono stati collocati a circa 30 m l'uno dall'altro nel tratto di maggiore attraversamento e distanziati di circa 60-70 m all'aumentare della distanza da questo. La distanza è stata calcolata sulla base del numero di anfibi



Fig. 5 - Canaletta per intercettare gli anfibi in arrivo dal bosco adiacente la strada



Fig. 6 - Uscita del passaggio anfibi con sistema a doppi tubi

osservati, in modo da evitare intasamenti che potessero causare il ritorno degli anfibi sulla carreggiata.

*Ecodotto di Chévreufu.* In un tratto autostradale tra due boschi di importanza regionale con presenza di grandi mammiferi (cervo, capriolo, camoscio, cinghiale, lince) è stata realizzata la copertura della trincea per una larghezza di 100 m (vedasi anche foto 16 e 17 all'interno del testo principale).

Sui bordi è stato realizzato un rialzo del terreno di altezza sufficiente a consentire agli ungulati di controllare il traffico durante il passaggio.

Questa soluzione sembra migliore rispetto alle alte pareti antirumore e antiabbagliamento di solito utilizzate, che trasmettono insicurezza all'animale.

La superficie dell'ecodotto è gestita a radura erbosa con collocazione di strisce trasversali di sassi e cumuli di terra per diversificare l'habitat con piccoli ambienti xerofili e facilitare il transito della fauna minore (figg. 7 - 8 - 9).

Lo spessore del terreno sopra la galleria è comunque limitato a circa 50-80 cm e non consente lo sviluppo di alberi. L'impianto di arbusti è quindi solo ai margini del bosco e sui bordi per fornire nascondiglio agli animali in transito.

Un centinaio di metri a valle, nell'ambito dello stesso bosco, è stato ricavato un altro passaggio per la fauna sfruttando il sottopasso di una strada forestale: ai lati della pista sono



Fig. 7 - Sistemazione della sommità dell'ecodotto a radura erbosa



Fig. 8 - Particolare della striscia trasversale di sassi che attraversa la radura erbosa (visibile anche nella fig. 7)



Fig. 9 - Particolare di piccolo ambiente xerofilo ottenuto con cumuli di sassi e terra sulla sommità dell'ecodotto



Fig. 10 - Sottopasso ad uso faunistico lungo una pista forestale. Si notino le fasce erbose ai margini e la fila di sassi



Fig. 11 - Particolare della disposizione della fila di sassi all'interno del sottopasso

state ricavate due fasce di terreno, mantenute in terra e dotate di una fila di sassi continua (in alternativa i sassi possono essere interrati in una trincea profonda circa 1 metro, colmata fino a piano campagna).

*Praz de Vernes.* In una zona con torbiere e aree umide protette da una riserva naturale, che non aveva però impedito nel tempo un degrado per ritombamento con rifiuti agricoli, il progetto stradale ha optato per la realizzazione di un lungo tratto di viadotto (viadotto di Lully) con strutture metalliche che rendono possibile la continuità idraulica, oltre ad una

buona percezione visiva dell'ambiente. Le opere di fondazione delle pile, che avrebbero snaturato l'area umida, sono state sostituite dai tronchi interrati di un impianto di pioppi abbattuto, usati come sostegno. Dopo alcuni anni, i tronchi sono stati rimossi e il terreno torboso, che nel frattempo aveva mantenuto le sue caratteristiche, è stato arieggiato con lavorazioni superficiali che hanno permesso il ritorno della vegetazione umida. Le zone laterali al viadotto, fuori dall'area di ristagno idrico, sono state oggetto di impianti arborei con largo anticipo rispetto alla costruzione dell'opera, accelerando l'affermazione della vegetazione boschiva (fig. 12). Nel bosco alluvio-



Fig. 12 - Rimboschimento a lato del viadotto



Fig. 13 - Bacino di trattamento acque di piattaforma

nale esistente, in parte invaso da impianti di pioppi, è stato ricreato il corso d'acqua ritombato dai rifiuti agricoli.

*Bacino di trattamento e rinaturalizzazione del rio sotto il viadotto di Lully.* Il rimodellamento dello smarino accumulato sotto il viadotto ha consentito di creare un bacino per il trattamento delle acque di piattaforma a conformazione naturale e di ridare sinuosità ad un rio che era stato canalizzato dagli

agricoltori. L'acqua del bacino, prima di essere scaricata nel rio, si depura ulteriormente grazie ad alcuni piccoli salti e passaggi attraverso colonie di piante acquatiche. L'attraversamento della strada cantonale, oltre a consentire il passaggio dell'acqua, è stato attrezzato con due terrazzi per la fauna. Gli anfibi, tra cui il raro ululone dal ventre giallo, sono tornati in gran numero a ripopolare l'area.



Fig. 14 - Particolare rinaturalizzazione del rio nel punto dello scarico del bacino di trattamento e sottopasso idraulico attrezzato per il passaggio della fauna (si notino le due banchine laterali a lato del rio)

## TRATTO ESTAVAYER-LE-LAC / AVENCHES

*Trincea ricoperta di Sevaz.* Il tracciato autostradale prevedeva l'attraversamento dell'ultimo rilievo collinare prima della piana alluvionale mediante una trincea, che avrebbe costituito una barriera per un corridoio faunistico di primaria importanza, fatto confermato anche dal numero di collisioni con ungulati che si registravano in una strada cantonale poco a valle. Gli spostamenti avvenivano tra due nuclei di bosco che sarebbero stati definitivamente separati dalla trincea. Si è deciso pertanto di ricoprire con una galleria artificiale un

gnolo, che può raggiungere densità di circa 25 individui al mq su scarpate inerbite con miscele standard. I rapaci in questo modo non vengono eccessivamente attirati a cacciare sulla scarpata e si riduce il rischio di collisione con i veicoli. In un tratto interessato da presenza di cicogne (circa 40 individui, fig. 18), sono state piantate sul ciglio della scarpata specie arboree a rapido accrescimento già all'inizio della costruzione del rilevato, in modo da alzare la traiettoria di volo delle cicogne ed evitare il rischio di collisione. Queste piante saranno rimosse non appena le specie arboree autoc-



Fig. 15 - Copertura a galleria artificiale di tratto previsto in trincea per consentire la continuità degli spostamenti faunistici da una grossa compagine forestale sulla sinistra (non visibile nella foto. ndr) e la zona lago sulla destra

58

tratto di circa 0,5 km. Il ricoprimento è stato modellato coerentemente con le forme dei rilievi ondulati circostanti, ristabilendo una perfetta continuità tra i due boschi separati, come hanno evidenziato i successivi rilievi del passaggio della fauna. Si è intervenuto inoltre sul margine boschivo per migliorare l'idoneità dell'habitat.

*Tratti in rilevato nella piana agricola.* Lungo tutto il tratto in rilevato che attraversa la piana agricola le scarpate sono state oggetto di un impianto di arbusti, unito a recinzioni antiscafcamento per la fauna che impediscono l'accesso alla carreggiata sia della microfauna, grazie alle maglie più fitte nella porzione inferiore della rete, sia degli ungulati (fig. 16).

Si è notato infatti che la recinzione stradale, di norma posta al piede della scarpata oltre la pista di manutenzione, è facilmente scavalcata anche se di altezze notevoli; ciò riduce l'uso delle scarpate arbustate da parte della fauna, depotenziandone l'effetto di corridoio ecologico.

Per favorire la frequentazione delle scarpate da parte della fauna, è stato eseguito un impianto arbustivo fitto a copertura compatta, introducendovi anche esemplari delle specie arboree climax (fig. 17). L'impianto fitto di arbusti ha anche lo scopo di impedire un'eccessiva colonizzazione da parte del topo campa-



Fig. 16 - Particolare della recinzione antiscafcamento ungulati con maglia fitta in basso per la microfauna e con maglia larga nella porzione superiore.



Fig. 17 - Particolare dell'impianto fitto arbustivo ed in parte arboreo sulla scarpata del rilevato. Si notino i pioppi nella parte sommitale della scarpata per provocare l'innalzamento della traiettoria di volo delle cicogne



Fig. 18 - Cicogna fotografata nei campi a ridosso dell'autostrada

tone piantate sulla scarpata avranno raggiunto altezze considerevoli.

*Corridoio ecologico del torrente Arignon.* Alla confluenza di un piccolo corso d'acqua (t. Petit Glane) nel t. Arignon si creavano spesso fenomeni di rigurgito in fase di piena, determinati anche dalla stretta sezione dello scatolare di attraversamento di una strada cantonale. La sezione è stata allargata ed organizzata per il passaggio per la fauna. A monte si è lavorato su circa 4 km del corso d'acqua dell'Arignon, allargandone l'alveo, rialzando gli argini e ricavando un terrazzo su cui è stata impiantata vegetazione arborea (fig. 19).

La presenza di vegetazione in alveo consente di ritardare l'arrivo dell'onda di piena nella zona di confluenza, mentre il rialzo degli argini limita il rischio di esondazioni.

In corrispondenza del villaggio di Frasses si è intervenuti su un'altra sezione ristretta di attraversamento di una strada cantonale, attrezzandola anche per il passaggio per la fauna. Nel contempo a monte si è provveduto a rinaturalizzare il corso d'acqua, creando una piccola area di espansione delle piene con un nuovo piccolo braccio del torrente.

L'insieme di questi interventi di rinaturalizzazione ha attirato sull'Arignon un gran numero di castori.



Fig. 19 - Rinaturalizzazione del rio con espansione golenale in prossimità dell'allargamento a scopo faunistico di uno scatolare idraulico preesistente su una strada della rete locale



Fig. 20 - Particolare delle sponde rinaturalizzate di un bacino di trattamento delle acque di piattaforma



Fig. 21 - Particolare della vasca di prima pioggia con sedimentatore per olii che precede il bacino

*Bacino del Trembley.* In un meandro del t. Arignon in regione Trembley si è ricavato un bacino di trattamento delle acque di piattaforma. Preceduto da una vasca di prima pioggia in cemento, le sponde in terra del bacino sono state conformate con disegno sinuoso e profilo variato, che hanno favorito l'instaurarsi di vegetazione acquatica in acque basse e di salici sulle sponde (figg. 20 e 21). La colonizzazione di avifauna acquatica e di anfibi è avvenuta in gran numero e con grande varietà di specie (fig. 22). Il bacino non è stato recintato proprio per consentirne il massimo inserimento nell'ambiente naturale. Nonostante la perfetta naturalizzazione si è volutamente mantenuto l'obiettivo tecnico di depurazione delle acque, che prevede ogni 15 anni l'esecuzione di interventi di pulizia dei sedimenti per ringiovanire l'area umida e prevenirne l'interramento. La pianificazione urbanistica ha poi recepito questi interventi di recupero ambientale, mantenendone inalterata la destinazione d'uso.

*Svincolo di Payerne.* Non essendo riusciti ad evitare che lo svincolo con una strada regionale ad alto traffico interferisse con un importante bosco planiziale, che è stato frammentato in due tronconi, all'interno del rilevato autostradale è stato realizzato un sottopasso per la fauna di luce ampia (circa 15 m), creando a monte nell'area interclusa una depressione che raccoglie le acque (fig. 23). Si è così formato un canneto molto idoneo per il passaggio della fauna. Metà del passaggio è generalmente riempito di acqua, separata con un arginello in terra dal resto della superficie sotto il ponte, dove è stata disposta sabbia ed una fila di ceppi per favorire il passaggio dei micromammiferi (fig. 24).



Fig. 22 - Airone che sosta sulla tana di castoro insediatosi sulla sponda del bacino visibile nella fig. 20



Fig. 23 – Imbocco del sottopasso. Si notino la vegetazione a canneto nella depressione creata a monte dell'imbocco, la disposizione di barriere acustiche in legno per non disturbare gli animali in transito e la disposizione di arbusti al piede del rilevato autostradale per favorire l'avvicinamento degli animali all'imbocco



Fig. 24 – Particolare della sistemazione del sottopasso con la disposizione di una fila di ceppi che separa la parte allagata dalla fascia in terreno transitabile dalla fauna

Nelle aree sottostanti ai rami in viadotto dello svincolo sono state disposte varie file di ceppi degli alberi tagliati in fase di costruzione, con analoga funzione di favorire il passaggio della fauna minore (fig. 25). Nelle restanti aree aperte intercluse nello svincolo sono stati eseguiti impianti intensivi di alberi ed arbusti (fig. 26), in particolare al bordo delle scarpate stradali, che offrono riparo alla fauna e fungono da via

di passaggio preferenziale, consentendo agli animali di avvicinarsi all'imbocco del sottopasso e attraversarlo in condizioni di sicurezza nei confronti dei predatori. Sul ciglio delle scarpate è stata realizzata una barriera antirumore con assi in legno grezzo fissati su montanti in ferro, al solo scopo di proteggere ulteriormente gli animali dal disturbo del rumore e dell'abbagliamento dei fari.



Fig. 25 - Particolare della disposizione delle file di ceppi sotto il viadotto per ripristinare il corridoio ecologico interrotto



Fig. 26 - Particolare dell'impianto di vegetazione nelle aree intercluse dello svincolo

*Ponte de la Broye.* La Broye è il corso d'acqua principale della piana agricola ed è in gran parte canalizzato. Attraversando il corso d'acqua trasversalmente, l'autostrada rischiava di compromettere un tratto di grande importanza ecologica, rappresentato dalla zona di confluenza con l'affluente più importante, l'Arbogne, caratterizzato da una buona funzionalità del corridoio ecologico ripariale (fig. 27).

Per dare permeabilità faunistica il viadotto sul canale è stato allungato per un tratto di circa 300 m fino a scavalcare una strada cantonale. Al di sotto del viadotto sono stati disposti cumuli trasversali di sassi, dove i monitoraggi effettuati hanno confermato che vi avviene circa il 90% degli scambi

faunistici dell'intorno, a beneficio soprattutto di micromammiferi, rettili, insetti (fig. 28).

Lungo la strada cantonale, per 500 m a monte e a valle, è stata acquisita una fascia di terreno agricolo di circa 25 m di ampiezza per trasformarla in radura con macchie esclusivamente arbustive, in modo da favorire specificatamente l'insediamento di passeriformi, rettili, insetti e piccoli mammiferi (fig. 29). Realizzazioni simili sono state ripetute in diversi punti della piana agricola e si stanno autonomamente diffondendo tra gli agricoltori sulla scorta di questi esempi e sotto l'incalzare di nuove politiche agricole di sviluppo rurale sostenibile.



Fig. 27 - Allungamento del ponte sul fiume Broye a scopo di mantenimento di un importante corridoio ecologico (zona di confluenza di due corsi d'acqua di importanza regionale). Si noti la disposizione di file di cumuli di massi sotto il ponte per favorire il passaggio di microfauna



Fig. 28 - Particolare della sistemazione sotto il ponte per favorire il passaggio della microfauna



Fig. 29 - Particolare della radura con impianto di macchie arbustive realizzata perpendicolarmente all'autostrada

In un settore intercluso nel viadotto, che difficilmente avrebbe potuto essere coltivato, è stata impiantata una macchia arboreo-arbustiva, con largo anticipo rispetto all'inizio della costruzione dell'autostrada affinché fosse efficace già nei primi anni di esercizio della stessa (fig. 30).

*Interventi sul canale della Broye.* Il canale della Broye presentava problemi di erosione che avrebbero potuto essere risolti restituendo maggior spazio alla divagazione della corrente

tramite l'acquisto delle porzioni di territorio agricolo in fregio. Per motivi esclusivamente idraulici (e con aggravio notevole dei costi) si è scelto invece di rinforzare gli argini con difese in scogliera in massi a costi decisamente superiori. Per dare maggiore valenza ecosistemica al canale si è cercato comunque di creare una maggiore varietà morfologica in alveo e si sono praticati dei fori sulle sponde per favorire la colonizzazione dei castori. Quest'ultima è avvenuta a beneficio stesso della manutenzione idraulica, in quanto questi



Fig. 30 - Realizzazione di macchia arboreo-arbustiva in una zona agricola interclusa tra il ponte autostradale ed il fiume

animali provvedono nel tempo a mantenere libera la sezione consumando la vegetazione arborea più matura (fig. 31).

Nella fascia coltivata lungo il canale sono stati realizzati altri interventi di potenziamento della rete ecologica, come l'estensione di un piccolo relitto di bosco planiziale posto a circa 200 m di distanza dall'autostrada in corrispondenza di un sottopasso per ungulati. L'intervento è stato ripetuto sull'altro lato dell'autostrada, di modo che queste isole di naturalità consentano il riposo della fauna che utilizza il passaggio (le cosiddette *stepping stones* delle reti ecolo-

giche). Dai monitoraggi effettuati è emerso che gli ungulati in transito si nascondono in questi boschetti anche per più di un giorno, in modo da studiare l'attraversamento dell'autostrada in sicurezza dagli attacchi dei predatori.

*Rivitalizzazione del corso canalizzato del Longeaigue.* Si tratta di un corso d'acqua intubato che nel tempo non era più in grado di smaltire le piene, originando allagamenti generalizzati nella piana agricola. Seguendo il tracciato delle vecchie cartografie è stata realizzata l'incisione in cui sono state



Fig. 31 - Canale della Broye

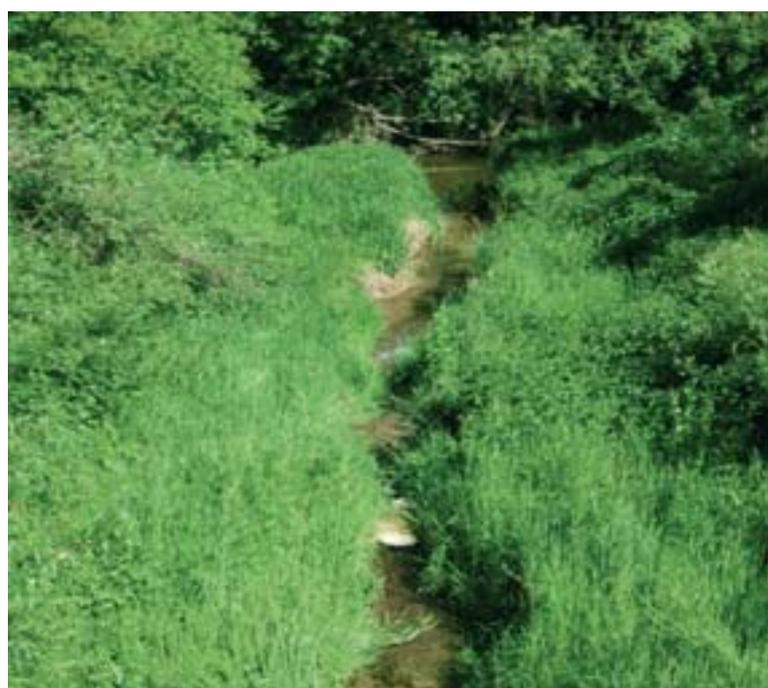


Fig. 32 - Rinaturalizzazione del rio Longeaigue

dirottate le acque, creando con la disposizione di massi e di piccoli salti sinuosità e diversità fluviali nell'alveo, lasciando alla dinamica delle acque il compito di plasmare il rio (fig. 32). Il piccolo corso d'acqua si getta nel tratto di maggior naturalità dell'Arbogne, il miglior corridoio ripariale di tutta la piana. A monte della confluenza, in seguito alla rinaturalizzazione, il numero di tane di castoro è notevolmente aumentato: tutta la zona ora è la più ricca in Svizzera in quanto a densità di questa specie, un tempo minacciata (fig. 33).

L'attraversamento autostradale del rio è stato eseguito con una sezione ad ampia luce, sufficiente a far passare anche una strada campestre.

Tra la strada e il rio è stato alzato un arginello in terra che viene utilizzato per il passaggio della fauna (fig. 34). Un secondo attraversamento autostradale del rio avviene con un

viadotto più basso, in quanto privo del vincolo di passaggio della strada campestre.

Anche in questo caso la luce del ponte è stata mantenuta ampia per consentire il transito dei vertebrati (fig. 35).

Nei pressi dell'ingresso è stato disposto un bacino di trattamento delle acque di piattaforma: dopo il separatore di olii e il sedimentatore realizzati in cemento, l'acqua in eccesso, meno carica di inquinanti, accede ad un bacino completamente in terra dove si ferma anche per un anno, creando uno stagno che nel tempo si è spontaneamente rinaturalizzato, tanto da attirare avifauna acquatica e perfino il castoro che vi ha costruito una tana. Lo stagno è stato recintato con tre ordini di filo in acciaio, in modo da assicurare la sicurezza nei confronti della presenza antropica e al contempo consentire l'accesso alla fauna.



Fig. 33 - Tana di castoro insediata su tratto rinaturalizzato



Fig. 34 - Sottopasso misto per la fauna e per il passaggio della viabilità rurale



Fig. 35 - Sottopasso misto per la fauna e per il passaggio di acque superficiali

## CASO STUDIO 2

# Effetti barriera e proposte di intervento sulla S.S. 24 del Monginevro nel tratto tra Oulx "Frazione Moretta" e Cesana Torinese

Con l'entrata in vigore della l.r. n. 9/2000, la Regione Piemonte ha stanziato dei fondi a parziale indennizzo dei sinistri stradali che coinvolgono gli ungulati selvatici. Dall'inizio del 2000 a luglio 2003, sono stati rilevati almeno 9 sinistri con coinvolgimento di ungulati selvatici nel tratto della S.S. 24 "del Monginevro" tra Oulx e Cesana Torinese (fonte: Regione Piemonte - Banca dati faunistica) (carta 1).

Il tratto in oggetto, che si estende per circa 10 km, è stato ammodernato ed adeguato in occasione dei Mondiali di Sci di Sestriere del 1997; i lavori sono cominciati nel 1996. Il tracciato è stato rettificato in vari punti e la sede stradale ampliata tramite sbancamenti, riprofilature e realizzazione di muri di sostegno di sottoripa lungo il versante a monte e di sottoscarpa a valle. Sono state inoltre realizzate due gallerie artificiali.

Questo tratto di S.S. 24 è a rischio di sinistri con coinvolgimento di ungulati selvatici poiché la strada statale attraversa un versante boscato ad una quota di poco superiore al corso della Dora Riparia ed intercetta in più punti aree con funzione di corridoio ecologico (carta 2).

Le tipologie ambientali ricadenti in un intorno di 300 m di lato centrato sul tratto di S.S. 24 in oggetto rendono ragione dell'elevata idoneità di questo ambiente per gli ungulati selvatici e per tutta la fauna selvatica in generale (tabella 1):

Tipologia	Ha	%
Lariceti e cembrete	496,44	22,3
Pinete di Pino silvestre	325,65	14,7
Acero-tiglio-frassineti	59,01	2,7
Alneti planiziali e montani	3,87	0,2
Formazioni legnose riparie	7,41	0,3
Rimboscimento / fustaia artificiale	0,83	0,0
Praterie	406,95	18,3
Prato-pascoli	207,14	9,3
Praterie non utilizzate	154,73	7,0
Rocce, macereti, ghiacciai	165,00	7,4
Greti	45,91	2,1
Aree verdi di pertinenza di infrastrutture	3,00	0,1
Aree urbanizzate, infrastrutture	290,89	13,1
<b>Totale</b>	<b>2222,43</b>	<b>100,0</b>

Tabella 1 – Tipologie ambientali ricadenti in un intorno (*buffer*) di 300 m di lato centrato sul tratto di S.S. 24 compreso tra Oulx e Cesana. Fonte dati: Piani forestali territoriali, Regione Piemonte-IPLA.

quasi il 40% della superficie è ricoperta da boschi e circa il 30% da praterie di vario tipo. Inoltre, il mosaico ambientale è molto frammentato e ciò aumenta lo sviluppo delle fasce di transizione o ecotoni, molto frequentate dalla fauna selvatica poiché offrono siti di rifugio e alimentazione vicini tra loro. Il versante orografico sinistro, esposto a sud, è ricco di radure a prato-pascolo e pascolo in attualità d'uso o parzialmente abbandonato, che costituiscono ottime aree di svernamento (carta 3).

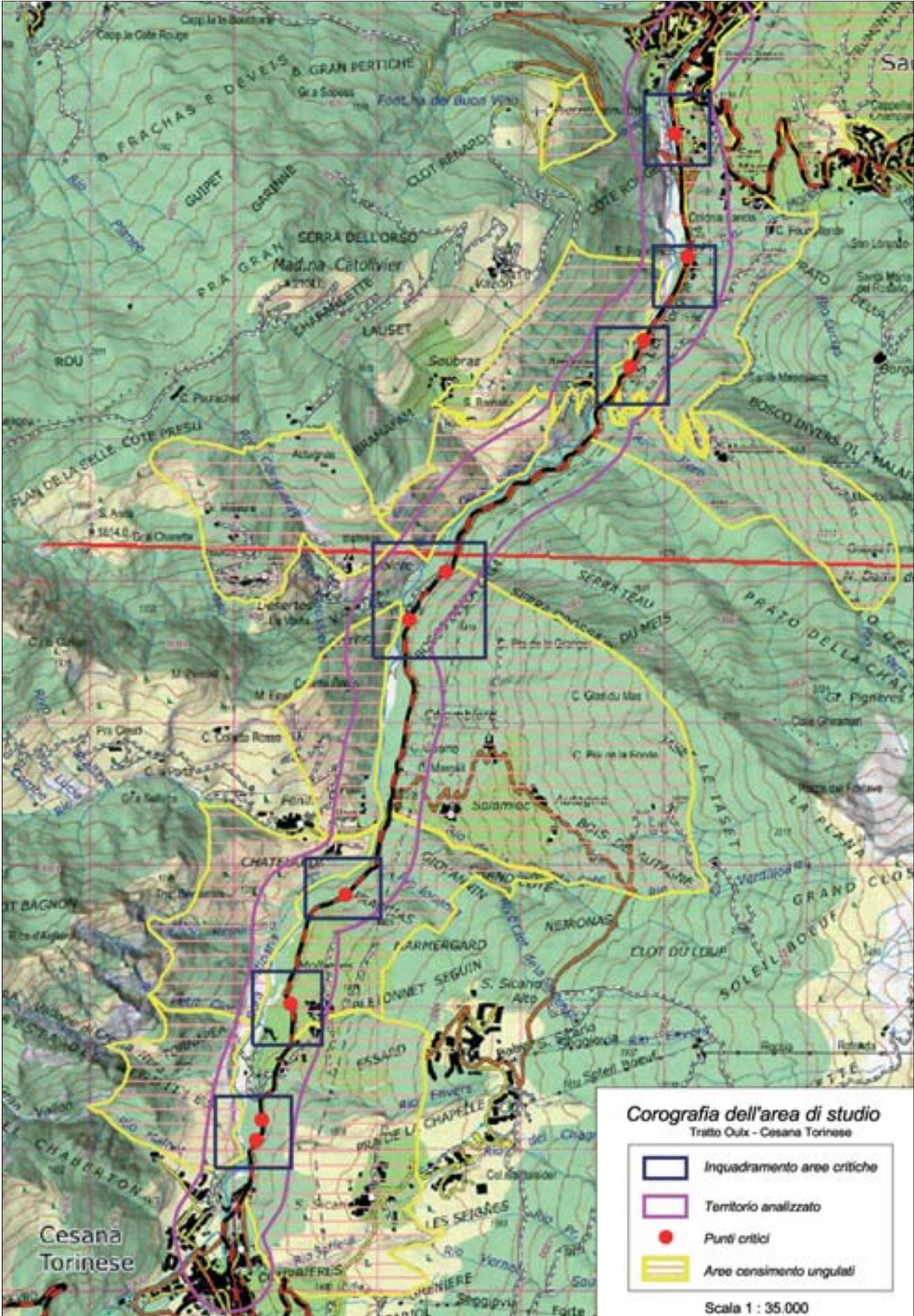
In effetti, i censimenti condotti nelle primavere 2002-2004 dal Comprensorio Alpino TO 2, con il coordinamento della Regione Piemonte, denotano la presenza di abbondanti popolazioni di cervi e caprioli: considerando le aree indagate sui due versanti della valle, che si estendono per la lunghezza del tratto di statale analizzato (carta 1), sono stati contati tra 300 e 398 caprioli e tra 188 e 300 cervi; le densità che ne risultano sono elevate, comprese tra 17 e 23 caprioli/km<sup>2</sup> e tra 11 e 17 cervi/km<sup>2</sup> (figura 1).

Il tratto di strada considerato presenta alcuni punti di particolare criticità legati all'effetto barriera che crea. Nel corso di un sopralluogo sono state individuate 9 aree, descritte di seguito, che rappresentano i punti di più facile attraversamento da parte della fauna selvatica per la particolare conformazione orografica e/o l'idoneità delle tipologie ambientali. I tratti di statale compresi tra questi punti sono invece di difficile accesso per la presenza di versanti scoscesi e/o muri di sottoripa a monte e di sottoscarpa a valle.

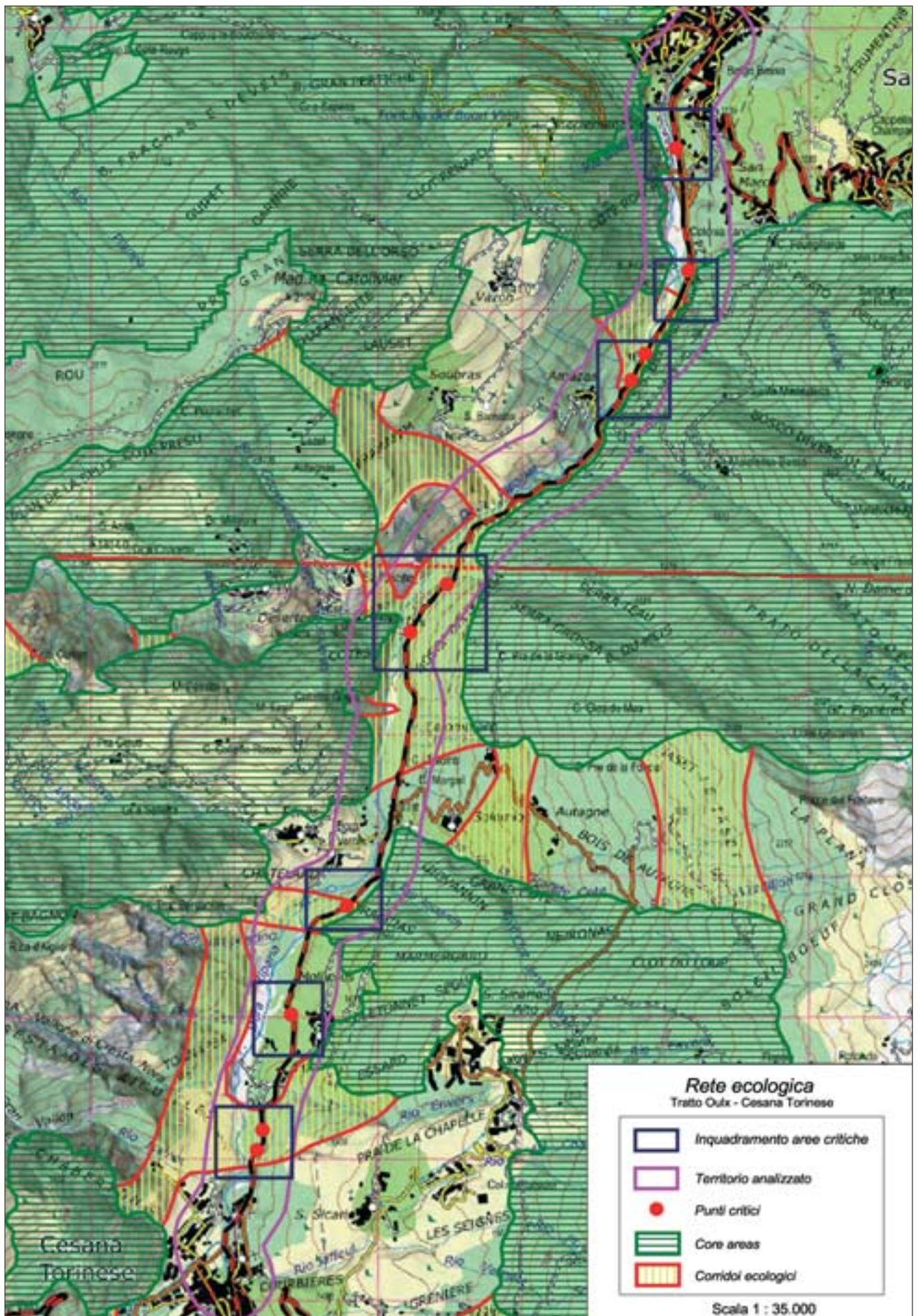
Il tratto della S.S. 24 compreso tra Oulx e Cesana Torinese può essere considerato come un'area a medio rischio di collisioni, ove cioè non esiste una concentrazione localizzata di collisioni (Checchi, 1999).

Ove possibile, si avanzano alcune proposte di mitigazione e/o compensazione degli effetti barriera, di facile realizzazione. Le proposte ricadono in due tipologie principali:

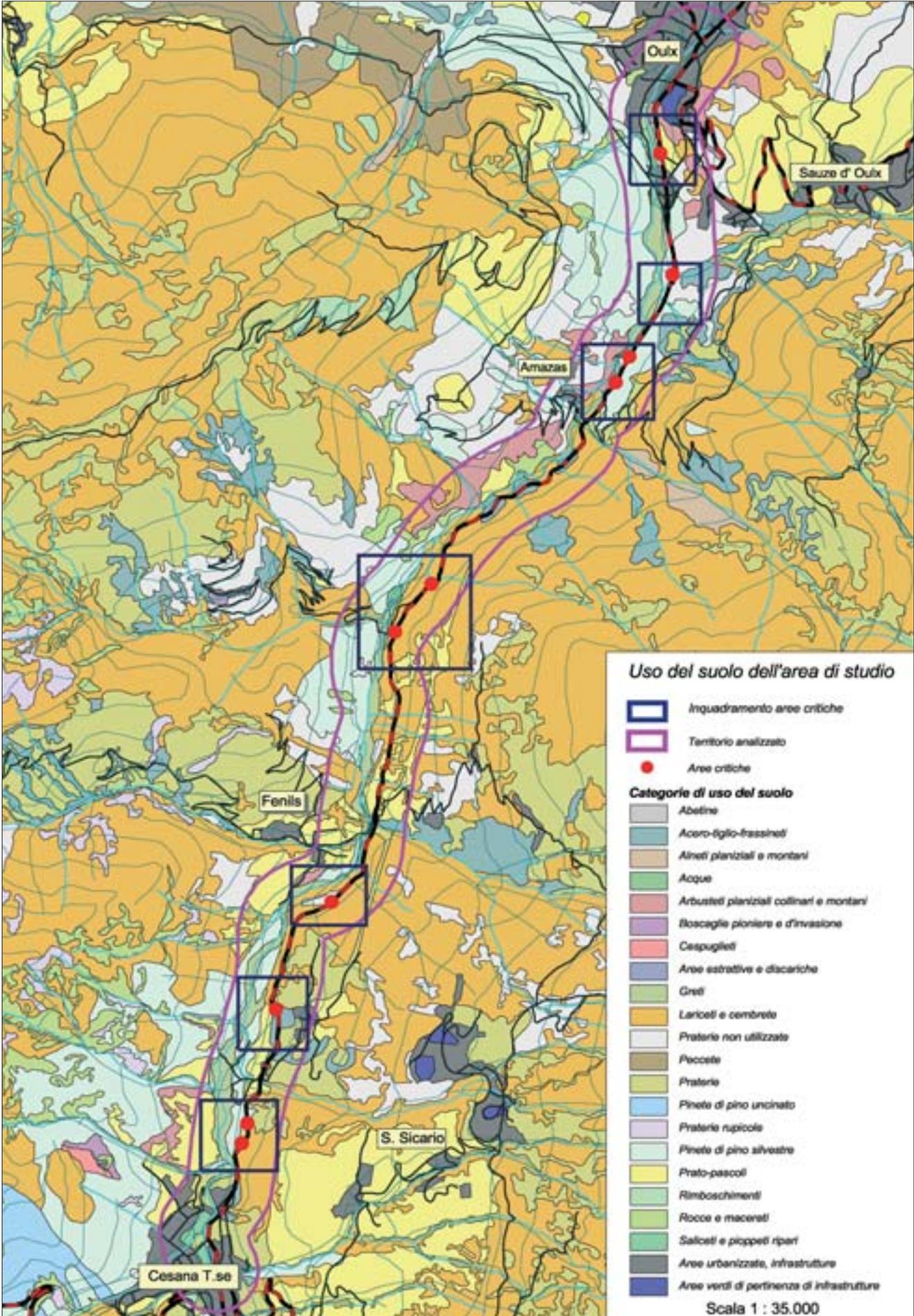
- adeguamento di scolari o rii come sottopassi. Quando realizzabile, questa è la soluzione migliore dal punto di vista della sicurezza del traffico veicolare, in quanto il passaggio della fauna non avviene sulla carreggiata;
- concentrazione dell'attraversamento della carreggiata in punti appositamente individuati, contenendo contestualmente il passaggio "diluito" degli individui in più località.



Carta 1



Carta 2



Carta 3

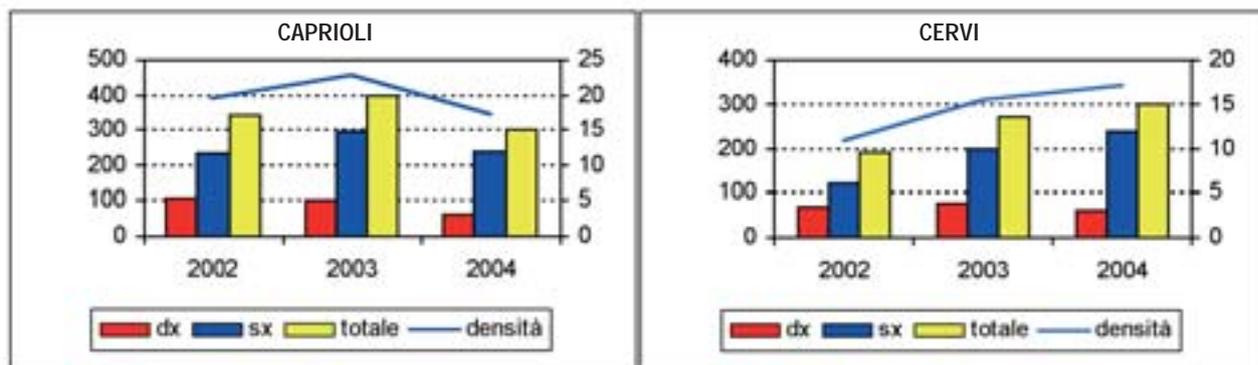


Fig. 1 - Numero di caprioli e cervi e densità (capi/km<sup>2</sup>) desunti dai censimenti effettuati nelle primavere 2002-2004 in 13 settori (superficie totale=1762,4 ha). Si notino le diverse scale in funzione delle specie e degli assi (numero di capi a sinistra e densità a destra)

In questo modo, i suddetti punti possono essere segnalati agli automobilisti in modo "dinamico" (sensori collegati a segnaletica che si illumina quando è rilevata una situazione di pericolo). Allo stesso tempo, l'attraversamento è dissuasivo mediante l'uso di dissuasori ottici riflettenti (catadiottri), attivi solo quando transitano i veicoli (si veda l'approfondimento al paragrafo 6.1.2);

- realizzazione di piccoli tratti di recinzione per chiudere alla fauna selvatica punti di accesso alla strada particolarmente pericolosi.

Complessivamente, le misure di compensazione ottimali descritte di seguito suggeriscono di utilizzare catadiottri su circa 6.871 m di statale, così ripartiti: 450 m a cavallo dell'area 1, 1.900 m dall'area 2 alla 4, 1.635 m dall'area 5 alla 7 e 2.886 m dall'area 8 alla 10.

## AREA: 1 DENOMINAZIONE: CIMITERO DI OULX (CARTA 4)

**DESCRIZIONE:** Quest'area critica è caratterizzata da un'elevata frammentazione del mosaico ecologico. Sul versante destro orografico un prato-pascolo di circa 3 ha di superficie costeggia la strada e confina, più a monte, con una chiazza di arbusteto (poco meno di 3 ha) ed un piccolo lembo di lariceto, circondato da praterie abbandonate e arbusteti. A valle, una sottile fascia di pineta di pino silvestre separa la carreggiata dal greto della Dora Riparia, qui largo circa 80 m, e la pineta di pino silvestre risale il versante destro orografico.

**CRITICITÀ:** In questo tratto rettilineo sono stati rilevati 3 sinistri con coinvolgimento di ungulati selvatici (un capriolo e due cervi). L'elevata frammentazione del mosaico ambientale in destra orografica e la presenza di un'ampia fascia riparia coperta da una pineta di pino silvestre in sinistra orografica fanno di questa zona un corridoio di spostamento, come dimostrano appunto i tre incidenti. In aggiunta a ciò il tratto rettilineo favorisce l'alta velocità degli autoveicoli, aumentando quindi il rischio di sinistri.

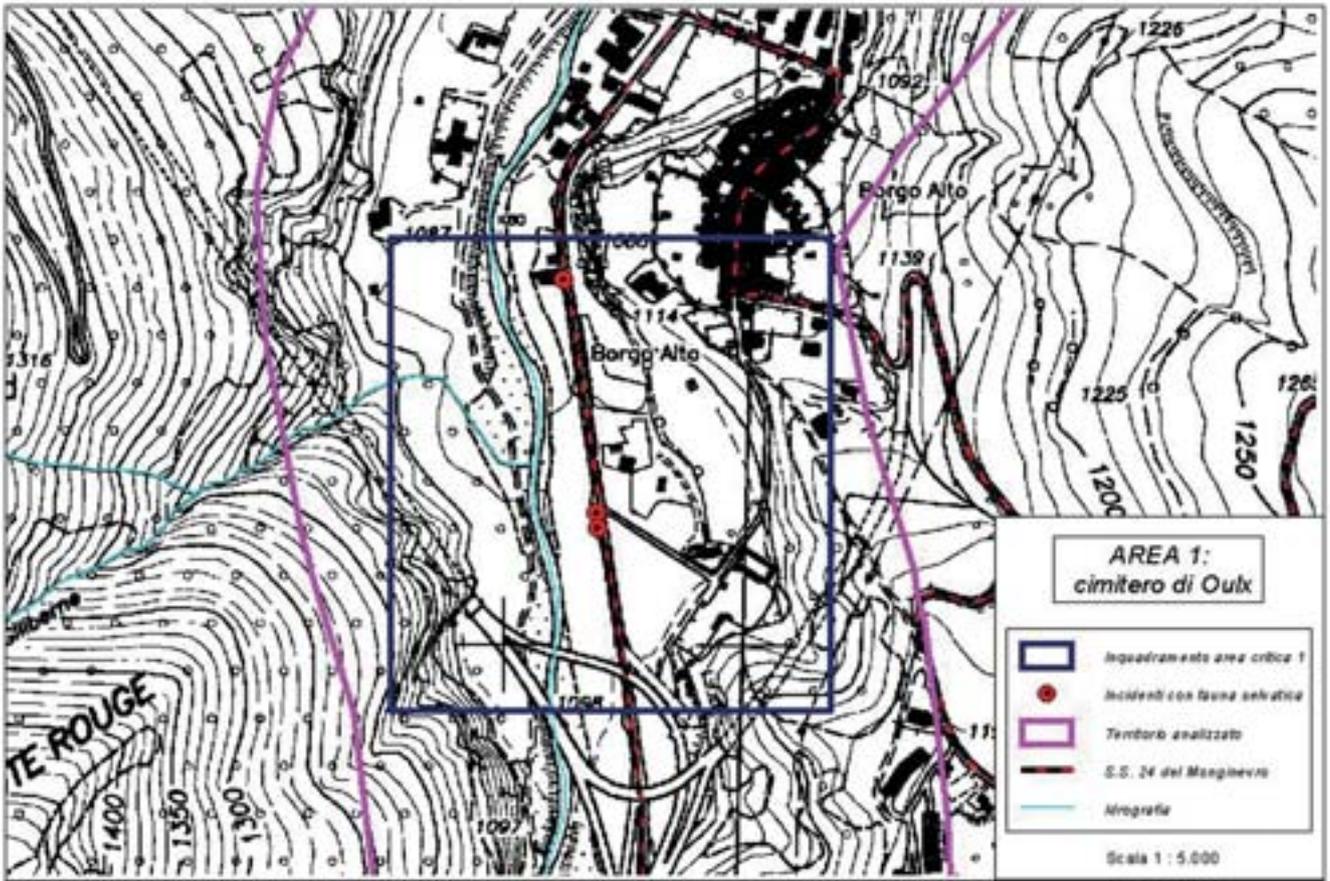
**PROPOSTE DI MITIGAZIONE E/O COMPENSAZIONE:** Si suggerisce di dotare tutto il tratto in rettilineo, dall'uscita dall'abitato di Oulx all'area di svincoli con il cavalcavia (circa 450 m di lunghezza), di dissuasori ottici riflettenti (si veda l'approfondimento al paragrafo 6.1.2) per limitare l'attraversamento da parte degli ungulati quando sopraggiungano autoveicoli.

## AREA: 2 DENOMINAZIONE: RIO MORETTA E RIO BARACAN (CARTA 5)

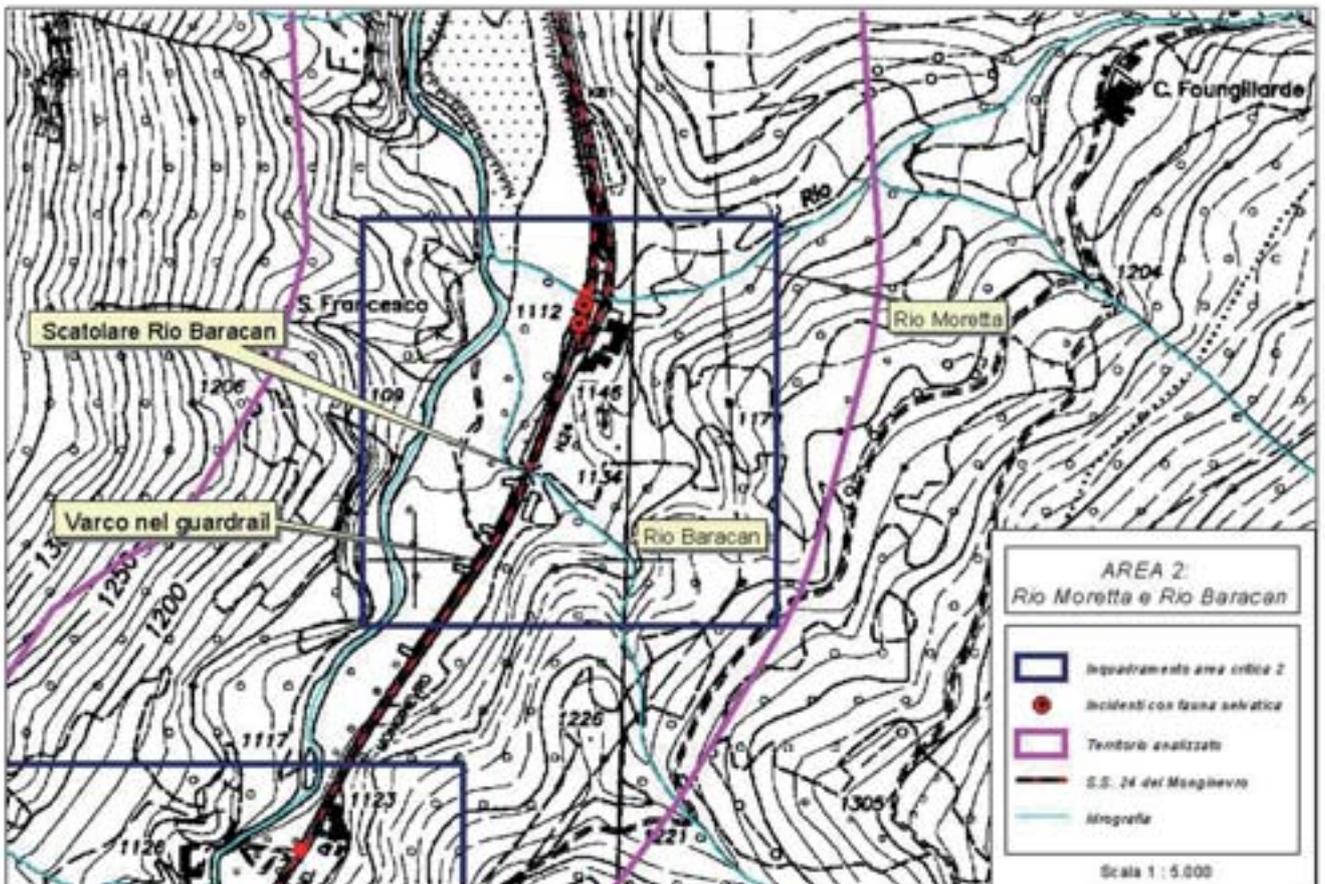
**DESCRIZIONE:** In questa zona i rii Moretta e Baracan scorrono sotto la sede stradale in scatolari in cemento. Il rio Moretta è imbrigliato in un passaggio a sezione rettangolare, con pareti e fondo in cemento ed un salto verticale interno. Lo scatolare del rio Baracan è largo un paio di metri e alto circa 1,5 m (figura 2). A monte le formazioni boschive (lariceto, acero-tiglio-frassineto e pineta di pino silvestre) sono interrotte da praterie non più utilizzate, che lambiscono la statale. A valle, una fascia di pineta di pino silvestre, dell'ampiezza di circa 50 m, separa la carreggiata dal greto della Dora Riparia (figura 3). Sull'altro lato del fiume riprende la pineta e vi sono alcuni salti rocciosi subverticali alla base del versante, che ne impediscono la risalita in questo punto. In destra orografica del rio Baracan, ad una distanza di circa 10 m, si trova un'area di cantiere utilizzata nel corso dei lavori di adeguamento della statale, con edifici e strutture abbandonati, recintata ma con varchi in diversi punti.

La zona è ricca di segni di presenza di capriolo e cervo (impronte, piste, escrementi) a monte della strada, in particolare lungo il rio, e a valle, all'uscita dello scatolare e nel greto. Ciò suggerisce l'uso di questa zona come attraversamento, probabilmente in parte con spostamento diretto all'interno dello scatolare. Due tra i sinistri rilevati sono localizzati proprio in questa zona e hanno coinvolto due caprioli, entrambi morti in seguito alla collisione.

**CRITICITÀ:** Ad alcune decine di metri a monte del rio Baracan, sul lato sinistro orografico della carreggiata, si trova un varco nel guard-rail, in corrispondenza di una rampa



Carta 4



Carta 5

che conduce a valle verso il greto. Questo punto è particolarmente pericoloso poiché può essere utilizzato per accedere alla sede stradale, che non può tuttavia essere attraversata direttamente per mancanza di punti di accesso verso monte.

**PROPOSTE DI MITIGAZIONE E/O COMPENSAZIONE:** Il potenziamento dell'uso dello scatolare come sottopasso da parte della fauna appare la soluzione più semplice per garantire la sicurezza in carreggiata. A tale proposito si suggerisce di potenziare lo scatolare del rio Baracan, che appare più idoneo allo scopo poiché il corridoio ecologico ha maggiore continuità ed integrità. Gli interventi da eseguire si riassumono così:

- ampliamento del passaggio, soprattutto in altezza, per consentirne l'uso da parte di caprioli e cervi. Esperienze condotte all'estero indicano in 3,5-4 m l'altezza ottimale per queste due specie e nel mantenimento di una lunghezza del passaggio proporzionata all'area della sua sezione interna, secondo il seguente rapporto:

$\text{larghezza} * \text{altezza} / \text{lunghezza} = \text{indice dello spazio libero} \geq 1,5$

Tali caratteristiche rendono questa tipologia di passaggio particolarmente efficace;

- realizzazione di punti di accesso. Lo scatolare presenta pareti ed una rottura di pendenza al suo interno. La creazione di rampe per la salita e la discesa ne farebbe una via di passaggio preferenziale;
- mantenimento di un fondo naturale su tutta la superficie in cemento, che realizzi la continuità con il substrato naturale dei versanti a monte e a valle;
- gestione adeguata della vegetazione all'imbocco ed all'uscita, con l'impianto di arbusti autoctoni a rapido accrescimento che forniscano copertura ed eventualmente fonti alimentari e che costituiscano il cosiddetto "invito" al passaggio;
- pulizia periodica dei detriti che vi si accumulano, al fine di mantenere una luce adeguata anche per il passaggio di ungulati di grossa taglia (ad es. cervi maschi);
- posizionamento di dissuasori ottici riflettenti per un tratto di 500 m a valle e 500 m a monte dell'area 1.

Questi interventi garantiscono la permeabilità dell'area e consentono di chiudere il varco nel guard-rail in corrispondenza della rampa sopra descritta.

L'area di cantiere deve essere smantellata e rinaturalizzata.



Fig. 2 - Ingresso scatolare del rio Baracan



Fig. 3 - Area a valle del rio Baracan

### AREA: 3 DENOMINAZIONE: AMAZAS 1 (CARTA 6)

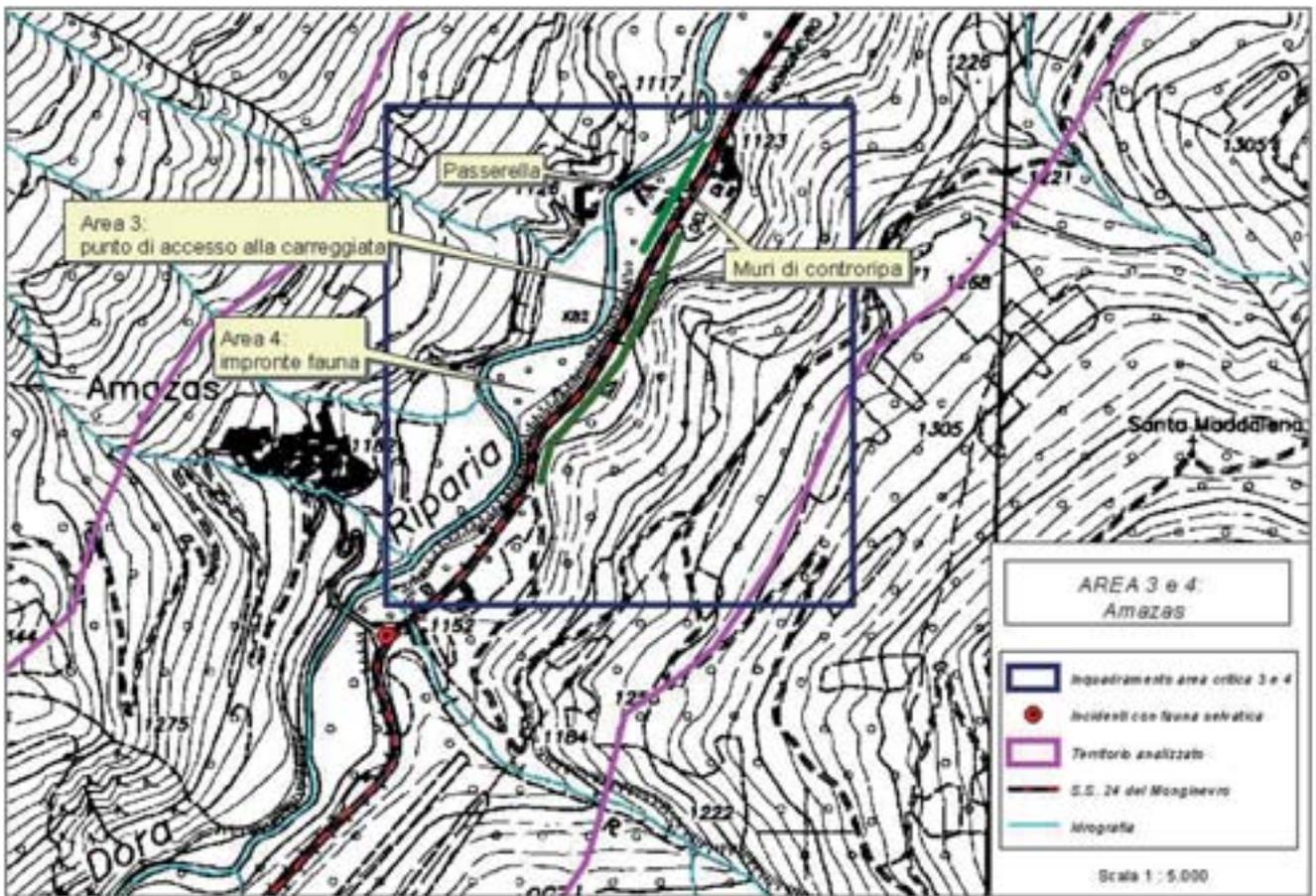
**DESCRIZIONE:** Qui la statale attraversa una pineta di pino silvestre larga circa 180 m a monte e 40 m a valle. Sul versante a monte, sopra la pineta si trovano un lariceto e alcune chiazze di praterie e acero-tiglio-frassineti, mentre a valle vi sono la fascia di greto della Dora Riparia (di circa 40 m di larghezza) e un'ampia zona di arbusteti che circonda alcuni edifici.

**CRITICITÀ:** Sul versante a valle esiste un lungo muro di sottoscarpa che termina vicino al km 82; questo tratto è dotato di un guard-rail più basso rispetto ad altri punti. Gli edifici sul lato a monte della sede stradale sono recintati. Al termine del muro di sottoscarpa c'è un punto di accesso a valle verso il greto (figura 4) e il corso della Dora Riparia è scavalcato da una passerella in legno in pessime condizioni (figura 5). In questa zona gli animali selvatici che eventualmente scendono dal versante a monte prima del termine del muro di sottoscarpa rischiano di doversi spostare lungo la sede stradale, a monte o a valle del punto di discesa, poiché sull'altro lato trovano l'ostacolo del muro (figura 6). Procedendo verso Cesana, c'è un rettilineo dove le automobili acquistano velocità, aumentando così la probabilità di collisione con un animale selvatico.

**PROPOSTE DI MITIGAZIONE E/O COMPENSAZIONE:** Si suggerisce di dotare il lato a monte della statale, per il tratto in

corrispondenza del muro di sottoscarpa a valle, di una recinzione per prevenire l'ingresso di animali selvatici, dotata di siepe di schermatura per prevenirne il salto (si veda il paragrafo 6.1.1). In questo tratto la loro permanenza in carreggiata potrebbe prolungarsi a causa della difficoltà di superare il muro di controripa. Questa recinzione si interromperà proprio in corrispondenza del primo punto di accesso a valle verso il greto. Qui si provvederà ad impiantare vegetazione arbustiva schermante a distanza di almeno 6 m dalla carreggiata, nei due punti di accesso a monte e a valle della statale, dove un animale selvatico può attendere al sicuro e senza essere visto il passaggio di eventuali automobili prima di attraversare. È necessario mantenere una certa distanza tra la vegetazione impiantata e la sede stradale per impedire che un selvatico possa entrare improvvisamente in carreggiata; bisogna invece lasciare una fascia libera dalla vegetazione schermante, a fianco della strada, per dare visibilità sia ai selvatici sia agli automobilisti in arrivo, affinché sia evitata un'eventuale collisione. Infine, il ripristino della passerella in legno agevolerà l'attraversamento della Dora Riparia, potenziando la funzione di questo passaggio per la fauna. La passerella potrà poi essere usata indistintamente anche da escursionisti, valorizzando contestualmente la fruizione ecoturistica della valle.

Un attraversamento così individuato dovrà quindi essere accuratamente segnalato agli automobilisti. Varie esperienze, condotte soprattutto in Emilia Romagna e in Toscana, dimostrano la scarsa utilità dei semplici cartelli indicanti la possi-



Carta 6

bilità di presenza di fauna selvatica in carreggiata, nei confronti dei quali vi è un effetto di assuefazione piuttosto rapido. Qui è auspicabile utilizzare dei sensori a infrarossi, opportunamente collegati a segnaletica verticale a monte e a

valle dell'attraversamento, che si illumini quando il sensore rileva la presenza del selvatico in carreggiata (si veda il paragrafo 7.2). È inoltre opportuno dotare questo tratto di strada di catadiottri per 500 m a monte e a valle dell'area critica.



Fig. 4 - Punto di accesso della fauna alla carreggiata



Fig. 5 - Passerella in legno utilizzabile dalla fauna per gli spostamenti tra i due versanti della valle



Fig. 6 - Tratto invalicabile per la fauna per presenza di guard-rail alto e assenza di accessi al torrente

## AREA: 4

### DENOMINAZIONE: AMAZAS 2 (CARTA 6)

DESCRIZIONE: La S.S. 24 separa una pineta di pino silvestre a monte da una fascia di arbusteto montano a valle entro cui scorre la Dora Riparia. Sopra la pineta, a circa 130 m in linea d'aria, vi è una fascia di prateria larga circa 40 m e poi un ampio lariceto. Sull'altro lato del fiume, oltre la fascia arbustiva, il versante è poco acclive e ricoperto da praterie non più utilizzate e pertanto particolarmente idoneo alla risalita. Inoltre, a monte di questo punto la Dora scorre in una forra con pareti su entrambi i lati, sino all'altezza dell'area critica 5 (Bosco della Lega). Il tratto di fiume in forra presenta notevoli difficoltà di attraversamento (figura 7). In aggiunta a ciò, il versante a monte della S.S. 24 è scosceso per un tratto e sostenuto da un muro di controripa. Nella pineta a monte dell'area 4 sono stati osservati segni di presenza di ungulati (impronte, piste, escrementi), così come altre impronte sono state rilevate, a valle, lungo la Dora Riparia (figura 8).

CRITICITÀ: Le considerazioni fatte sopra lasciano supporre che nell'area 4 si possa concentrare il passaggio di fauna selvatica.

PROPOSTE DI MITIGAZIONE E/O COMPENSAZIONE: Occorre aprire varchi di dimensione adeguata nel guard-rail su entrambi i lati della carreggiata ed impiantarvi vegetazione con funzione schermante e di invito ad almeno 6 m di distanza dalla sede stradale, misurata lungo un asse perpen-

dicolare. L'apertura di un varco nel guard-rail può essere realizzato mettendo due guard-rail sfalsati che corrono paralleli per 1-2 metri, attraverso i quali i selvatici possano transitare. Appare opportuno dotare anche l'area 4 di apparecchiatura con sensori a infrarossi o laser, collegati con cartelli a monte e a valle che si illuminino quando i sensori rilevano animali in carreggiata, e di catadiottri per 500 m a monte e a valle dell'area critica.

## AREA: 5

### DENOMINAZIONE: BOSCO DELLA LEGA (CARTA 7)

DESCRIZIONE: Il Bosco della Lega è un ampio lariceto governato a fustaia che si estende perpendicolarmente all'asse stradale per 200 m circa a monte e 120 m a valle. A monte è interrotto da una stretta fascia di prato-pascoli e, a valle, l'ampio greto della Dora Riparia lo separa da una pineta a pino silvestre che risale lungo il versante sinistro orografico. A monte di questa area critica la sede stradale è sostenuta da un muro di sottoscarpa dotato di guard-rail alto, che presenta un varco proprio in corrispondenza del punto indicante l'area 5. All'altezza di questo varco, sul lato a monte della statale, sono state rilevate impronte di ungulati selvatici (figura 9), che suggeriscono un certo attraversamento in questa zona, anche se non si trovano più le densità di impronte e piste viste nelle precedenti aree critiche 2 e 3.



Fig. 7 - Inizio tratto in forra che rappresenta un ostacolo naturale agli spostamenti della fauna tra i due versanti della valle



Fig. 8 - Area in cui è stata rilevata un'elevata densità di impronte di ungulati

**CRITICITÀ:** Le caratteristiche vegetazionali ed orografiche del lariceto denominato Bosco della Lega (versante poco acclive a monte della strada e pianeggiante a valle) ne fanno probabilmente un'area di spostamento e discesa della fauna selvatica, confermata dall'osservazione di tracce.

Spostandosi da questo punto, a monte, verso l'abitato di Cesana Torinese, la Dora Riparia riprende a scorrere in un alveo piuttosto ampio e pianeggiante, dopo un tratto in cui scorre tra versanti scoscesi e che termina a valle all'altezza dell'abitato di Amazas, con ostacoli quindi oggettivi all'attraversamento. La presenza di un cartello che segnala agli automobilisti la presenza di fauna selvatica in carreggiata conferma la pericolosità di questo tratto.

**PROPOSTE DI MITIGAZIONE E/O COMPENSAZIONE:** Anche in questo caso si suggerisce di installare dissuasori ottici riflettenti per 500 m a monte e a valle dell'area critica 5.

Una gestione adeguata della vegetazione sui due lati, con impianto di essenze che forniscano riparo e fonti trofiche ad almeno 6 m di distanza perpendicolare dalla carreggiata, potrà incentivare l'uso di questo passaggio.

A fronte di un uso regolare, l'installazione di sensori collegati a segnaletica stradale verticale che si illumini quando un selvatico è in carreggiata diminuisce il rischio di collisione con i veicoli circolanti.



Fig. 9 - Area in cui è stata rilevata un'elevata densità di impronte di ungulati

**AREA: 6**  
**DENOMINAZIONE: VALLE DI DESERTES**  
**(CARTA 7)**

DESCRIZIONE: All'altezza del ponte sulla Dora Riparia, in corrispondenza della valle di Desertes, la statale attraversa ancora il Bosco della Lega, che si estende qui per circa 150 m a monte e 50 m a valle. A monte, il lariceto è interrotto da una chiazza sinuosa di prato-pascolo e, a valle, si incontrano nell'ordine una striscia di formazioni legnose riparie (larga 10 m), il greto della Dora Riparia (poco più di 40 m di larghezza) e la pineta di pino silvestre che risale la sinistra orografica della valle. L'area 6 coincide con un varco nell'alto muro di controripa che fiancheggia la S.S. 24. Sono state osservate impronte che lambiscono la carreggiata, sul lato a monte, in numero e densità inferiore alle aree 2 e 3.

CRITICITÀ: Per le stesse ragioni enunciate nella precedente area 5 la zona è probabilmente utilizzata per il passaggio. Qui l'uso potrebbe essere ulteriormente favorito dalla confluenza della Valle di Desertes nella Dora Riparia, che costituisce un corridoio preferenziale di risalita sul versante opposto per la fauna selvatica.

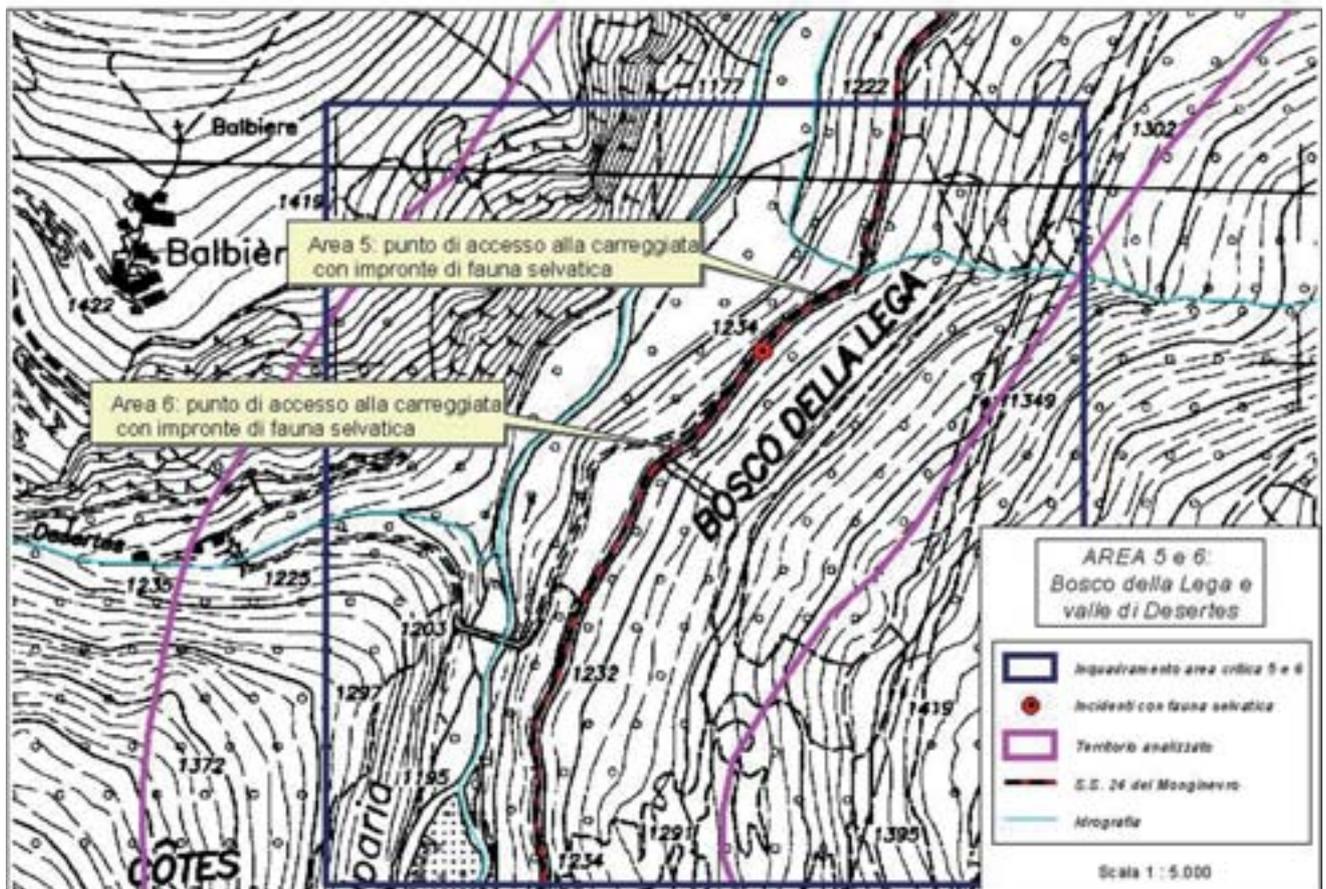
PROPOSTE DI MITIGAZIONE E/O COMPENSAZIONE: Come per l'area 5.

**AREA: 7**  
**DENOMINAZIONE: FRACCIAS (CARTA 8)**

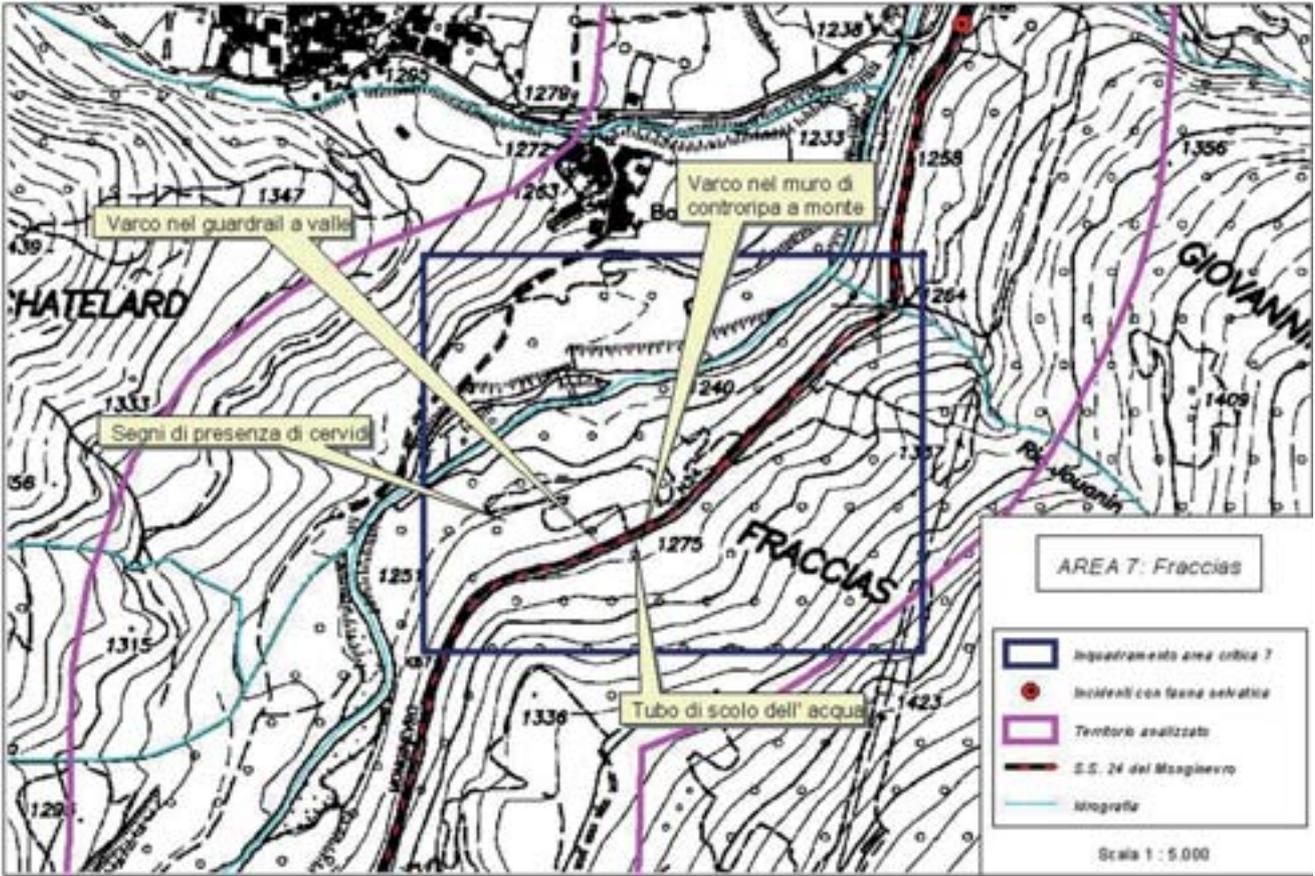
DESCRIZIONE: In questo punto la S.S. 24 lambisce per circa 150 m una chiazza di 1,5 ha di prateria non utilizzata. A monte della strada il versante, poco acclive, è coperto da lariceto, che si estende anche a valle attorno alla prateria. A 140 m in linea d'aria dalla carreggiata scorre la Dora Riparia nel suo greto, ed in sinistra orografica, oltre un piccolo lembo di arbusteto montano, un prato-pascolo in uso risale il versante, anch'esso poco acclive. Nella chiazza di prateria non utilizzata sono stati rilevati molti segni di presenza di cervidi, in particolare di capriolo (piste e giacigli nell'erba alta) (figura 10).

CRITICITÀ: Le caratteristiche ambientali dell'area 7 e l'osservazione di segni di presenza di ungulati selvatici ne sottolineano la criticità. I due versanti della valle consentono infatti la facile discesa e risalita e la prateria abbandonata fornisce copertura e alimentazione. Questo punto si trova lungo un tratto rettilineo della statale, dove gli automobilisti presumibilmente prendono velocità.

PROPOSTE DI MITIGAZIONE E/O COMPENSAZIONE: Attualmente un varco nel guard-rail sul lato a valle della sede stradale consente l'accesso alla prateria. Si suggerisce di realizzare una rampa a fondo naturale che si raccordi con la sede. Sull'altro lato della carreggiata, pochi metri a valle, un



Carta 7



Carta 8



Fig. 10 - Piccola radura ai margini del bosco in cui sono stati rilevati segni di presenza di cervidi

varco nel muro di controripa vi permette l'accesso. L'impianto e l'adeguata gestione di vegetazione ad almeno 6 m di distanza in corrispondenza dei due varchi, l'installazione di dissuasori ottici riflettenti per almeno 1 km a cavallo dell'area critica 7 e l'installazione di adeguati sistemi di segnalazione stradale dinamica del rischio completano la proposta di adeguamento di questa area critica.

Nel varco del muro di controripa vi è un tubo di scolo che capta l'acqua di drenaggio e la riversa sull'altro lato della strada. La griglia che protegge la captazione potrebbe essere dotata di un'apertura che consenta la caduta di esemplari di piccola fauna selvatica (anfibi, roditori, piccoli mustelidi, ecc.) che, una volta giunti nel pozzetto, attraverserebbero il tubo. Tale struttura potrebbe essere dotata eventualmente di mensola laterale rialzata, che consente di non toccare l'acqua e, allo stesso tempo, permette la visione del lume di uscita per incentivare il passaggio. Questa proposta ha una valenza soprattutto conservazionistica, poiché la presenza di piccoli animali sulla strada difficilmente provoca sinistri stradali, anche se tale eventualità non può essere esclusa con certezza.

#### **AREA: 8 DENOMINAZIONE: MOLLIÈRES (CARTA 9)**

**DESCRIZIONE:** All'altezza dell'abitato di Mollières il mosaico ecologico è molto vario: l'insediamento è circondato da prato-pascoli e colture foraggiere seminate e sfalciate almeno una volta l'anno, da praterie a cotica stabile pascolata e da una formazione di acero-tiglio-frassineto. La prateria lambisce il tracciato della S.S. 24 in corrispondenza dell'area critica, che ricade in una stretta fascia di lariceto. A valle della strada il greto fluviale è pianeggiante e il corso della Dora sinuoso; sui due lati del greto l'ampio fondovalle è coperto da una pineta di pino silvestre. Nell'area 8 sono state osservate alcune impronte di ungulati selvatici sul greto, che lasciano supporre una certa frequentazione. Il versante sinistro orografico è piuttosto ripido e accidentato, con affioramenti rocciosi poche centinaia di metri al di sopra del greto, anche se i due rii presenti potrebbero essere usati come vie di risalita. E' però più verosimile che la fauna selvatica, dopo l'attraversamento della statale, usi la pineta di fondovalle come corridoio sicuro per spostarsi, cercando punti di più facile accesso alla sinistra orografica.

**CRITICITÀ:** Circa 70 m a valle dell'area 8 la S.S. 24 piega verso destra per superare la linea di massima curvatura del versante orografico destro. La strada taglia questo versante, che è sostenuto al piede da un muro di controripa, il quale presenta due varchi all'imbocco ed all'uscita della curva, procedendo da monte a valle. In base alle tracce osservate, si ritiene che questi costituiscano punti di accesso alla sede stradale di grande pericolosità per la sicurezza di coloro che si spostano lungo la S.S. 24 proprio perché sono in prossimità di una zona a scarsa visibilità.

**PROPOSTE DI MITIGAZIONE E/O COMPENSAZIONE:** È indispensabile chiudere i varchi sopra descritti con adeguata recinzione e piantumazione di essenze selvatiche autoctone a rapido accrescimento e convogliare il passaggio di fauna selvatica in corrispondenza del punto 9, spostato verso Cesana Torinese, ove la visibilità è maggiore. Al fine di impedire spostamenti ed eventuali attraversamenti della S.S. 24 verso Oulx, la recinzione del varco più a valle potrebbe essere provvista di un prolungamento posto a 90° e diretto verso monte, lungo alcune decine di metri. La piantumazione di essenze arboree ed arbustive a rapido accrescimento, a debita distanza (almeno 6 m), sui due lati della sede stradale in corrispondenza dell'attraversamento fornirà riparo per gli animali selvatici, che potranno attendere con tranquillità il momento più opportuno per spostarsi. Il passaggio dovrà infine essere dotato di apposita segnalazione dinamica per gli automobilisti e dotato di catadiottri per una lunghezza complessiva di 1 km (500 m a monte e a valle dell'area critica).

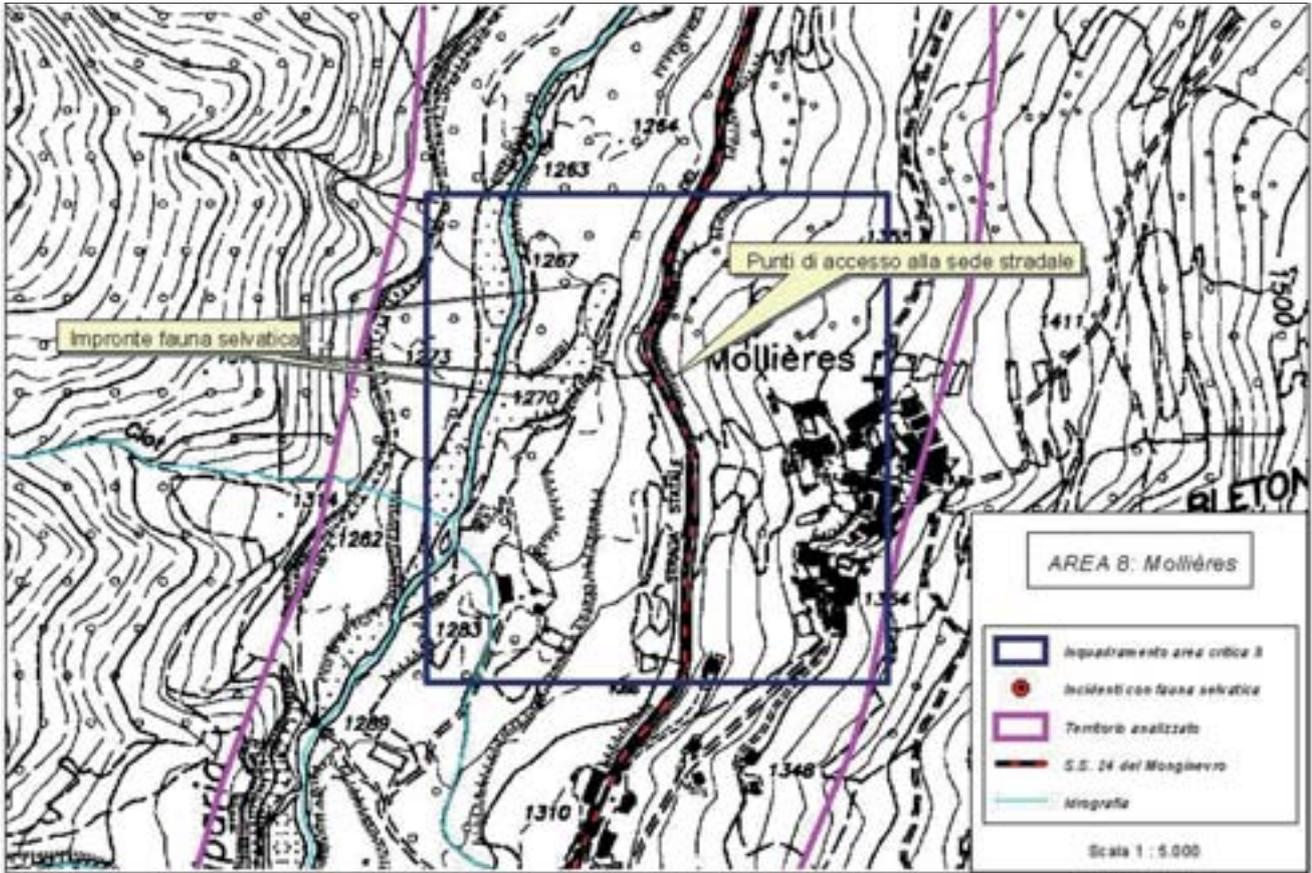
#### **AREA: 9 (TRATTO TRA I PUNTI 9 E 10) DENOMINAZIONE: RIO MAINET (CARTA 10)**

**DESCRIZIONE:** L'area critica 9 è caratterizzata da un paesaggio molto vario e idoneo alla presenza di fauna selvatica. In destra orografica l'abitato di San Sicario è circondato da prato-pascoli, che confinano a valle con un lariceto che lambisce per un tratto la S.S. 24 ed è interrotto in direzione di Oulx da una prateria stabile e dalla pineta ripariale di pino silvestre. Oltre il greto e la Dora Riparia, in sinistra orografica, un prato-pascolo risale il versante, poco acclive, e lambisce una pineta di pino silvestre. Nella fascia di transizione tra prato e pineta c'è una striscia di arbusteto, probabilmente di invasione, cresciuto in seguito al progressivo abbandono del prato-pascolo. Sono state osservate impronte di ungulati selvatici su entrambi i lati della carreggiata in corrispondenza del punto 10, che denotano un certo passaggio (figura 11).

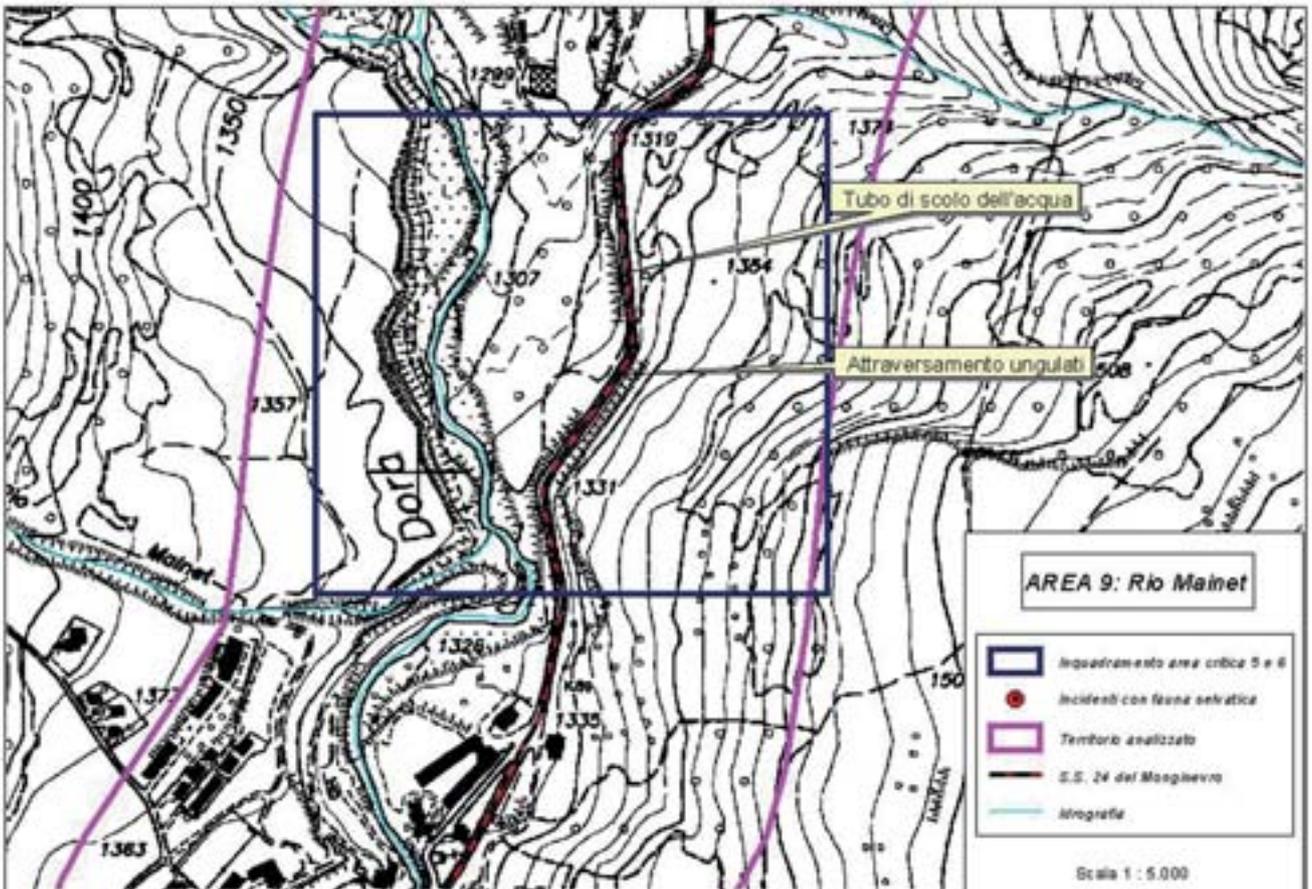
**CRITICITÀ:** La frequentazione di questo tratto di strada da parte della fauna selvatica rappresenta indubbiamente un rischio per il traffico veicolare e per la fauna stessa.

**PROPOSTE DI MITIGAZIONE E/O COMPENSAZIONE:** Il punto 9 indica la presenza sotto la sede stradale di un tubo di scolo dell'acqua di drenaggio del versante destro orografico, di diametro pari a circa 100 cm (figura 12). Le dimensioni ne consentono l'adeguamento come sottopassaggio per la piccola fauna selvatica (fino alle dimensioni di una volpe). A tale proposito, bisogna consentire l'accesso al foro di entrata e di uscita, realizzando eventualmente un raccordo con il profilo naturale dei versanti e un fondo in substrato naturale all'interno del tubo stesso. Si suggerisce inoltre di installare mensole laterali rialzate per facilitare il passaggio anche in presenza di acqua.

Il punto 10 indica invece un probabile attraversamento da parte degli ungulati selvatici, posto poco dopo una curva. Si



Carta 9



Carta 10

rinnovano tutte le indicazioni e le precauzioni già descritte per queste aree: gestione adeguata della vegetazione nei due punti di accesso alla carreggiata (funzioni trofiche e di riparo), apertura di eventuali varchi nel guard-rail qualora sia continuo,

installazione di sistemi di segnaletica dinamica per gli automobilisti e di dissuasori ottici riflettenti per 500 m a monte e a valle dell'area critica per dissuadere l'attraversamento da parte degli ungulati quando sopraggiungono veicoli.



Fig. 11 - Zona limitrofa alla carreggiata in cui è stata rilevata un'elevata densità di impronte di ungulati



Fig. 12 - Tombino di scolo dell'acqua la cui chiusura ne impedisce l'utilizzo come sottopasso per la piccola fauna e causa l'intrappolamento degli animali



# BIBLIOGRAFIA

- ADAC Wild und Strassverkehr. ADAC Kraftfahrer Information. Atti del convegno e tavolo aperto su fauna e viabilità. Modena, 2000.
- ANPA, Mobilità sostenibile, Una proposta metodologica.
- ANPA, Un nuovo approccio per la valutazione della biodiversità, analisi ecosistemica e inquadramento biogeografico negli studi territoriali per la conservazione e l'uso sostenibile delle risorse naturali.
- Ariillo A., Protocollo procedurale e strumenti per la progettazione di piani di gestione per la valutazione di incidenza/impatto di piani o di progetti su aree protette, ZPS e SIC.
- ARPA, Coordinamento regionale VIA-VAS, Sostenibilità ambientale dello sviluppo, 2002.
- Barnes B. V., Pregitzer K. S., Spies T. A., Spooner V. H., Ecological forest classification, 1982.
- Battisti C., Frammentazione ambientale. Connettività, reti ecologiche. Un contributo teorico e metodologico con particolare riferimento alla fauna selvatica. Provincia di Roma - Assessorato alle Politiche agricole, ambientali e protezione civile, 2004.
- Berthoud G., La conception des passages à faune dans les étapes de planification de l'autoroute RN1 Yverdon-Avenches, Actes du séminaire SANU/OFEFP, Ittigen, 1995.
- Berthoud G. & al., Méthode d'évaluation du potentiel écologique des milieux. Programme national SOL, Liebefeld, 1989.
- Berthoud G., Utilisation de bioindicateurs dans la définition des facteurs fonctionnels des écosystèmes, Compte-rendu de la journée technique AFIE sur les indicateurs écologiques: Des outils pour la définition de projets et de politiques, Amiens, juin 1998.
- Berthoud G., Müller S., Installations de protection pour les batraciens. Efficacité et effets secondaires, Comm. rech. const. routes, Rapport final, Mandat 48/77, 1984.
- Berthoud G., Müller S., Amphibien – Schutzanlagen: Wirksamkeit und Nebeneffekte, Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftsplege Bad, Württ. 41, 1987.
- Boitani L., Rete ecologica nazionale e conservazione della biodiversità, 2000.
- Bologna G. (a cura di), Italia capace di futuro, Editrice Missionaria Italiana, Bologna, 2000.
- Bulgarini F., Calvario E., Fraticelli F., Petretti F., Sarrocco S., Libro rosso degli animali d'Italia, 1998.
- Bushman R., Vinek J. e McCaig E., Development of a Warning System for the Reduction of Animal/Vehicle Collisions, 2001. Rapporto tecnico preparato per International Road Dynamics Inc., 2001.
- CEDPPN (Centro Europeo di Documentazione sulla Pianificazione dei Parchi Naturali), Ricerca europea sulla pianificazione dei Parchi naturali, Politecnico di Torino, 1996.
- Chatelain C., Gautier L., Spichiger R., Application du SIG IVOIRE à la distribution potentielle des espèces en fonction des facteurs écologiques. In: Plant systematics and phytogeography for understanding of african biodiversity. Systematics and Geography of Plants 71(2), Ed. Robbrecht E, J. Degreef & I. Friis, Bruxelles, 2002.
- Cecchi A., Interventi ambientali e strutture ingegneristiche per la prevenzione di incidenti stradali causati dalla fauna selvatica, Risorsa fauna, 5/99, 1999.
- Cecchi A. e Montoni C., Individuazione e monitoraggio dei punti storici di passaggio della fauna selvatica sulla strada provinciale n. 26 e sperimentazione di sistemi di dissuasione. Relazione finale: tre anni di sperimentazione lungo un tratto della strada provinciale n° 26 "Via Lavino". Relazione non pubblicata, 2004.
- Conferenza di Stoccolma sull'Ambiente Umano, 1972.
- De Marchi A., Rossi O., La carta ecologica: concetti metodi e proposte, 1989.
- Dinetti M., Infrastrutture ecologiche - Manuale pratico per progettare e costruire le opere urbane ed extraurbane nel rispetto della conservazione della biodiversità, Il verde editoriale, settembre 2000.
- Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni. Ufficio federale delle strade. Gruppo di studio fauna/traffico, Interactions entre les réseaux de la faune et des voies de circulation, dicembre 2000.
- Dipartimento federale svizzero per i trasporti, le comunicazioni e l'energia, La sicurezza della fauna e il traffico stradale. Ambiente risorse salute, In Provincia di Modena, Atti del convegno e tavolo aperto su fauna e viabilità, Modena, 2000.
- Direttiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente la "Valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente".
- ECONAT, Adaptation pour la faune de la position des clôtures le long des autoroutes, Concept paysage Suisse, Idée spécifique 6.14. OFEFP, Berne, 1998.
- European Union COST 341, Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. European Commission Action 341 on "Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure", 2003.
- Ferri M. e Manni A. O., Esperienze della provincia di Modena nella prevenzione degli incidenti tra automezzi e ungulati. Abstracts del Convegno "Infrastrutture viarie e biodiversità. Impatti ambientali e soluzioni di mitigazione.", Pisa, 25/11/2004.

- Forman R. T. T., Godron M., *Landscape Ecology*, New York, 1986.
- Franco D., *Paesaggio, reti ecologiche ed agroforestazione*, febbraio 2000.
- Groppali R., Fanfani A., Pavan M., *Aspetti della copertura forestale, della flora e della fauna nel paesaggio naturalistico dell'Italia meridionale e insulare*. Ministero Agricoltura e Foreste, Roma, Collana Verde, 1983.
- Guccione M., Bajo N., Baldi A., *Reti ecologiche a scala locale: lineamenti ed indicazioni generali*, APAT – Agenzia per la Protezione dell'ambiente e per i Servizi Tecnici, 2003.
- Huijser M.P. e McGowen P.T., *Overview of animal detection and animal warning systems in North America and Europe*. Pages 368-382 in: C.L. Irwin, P. Garrett, and K.P. McDermott (eds.). 2003. *Proceedings of the International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. Accesso via internet. URL: <http://www.itre.ncsu.edu/cte/icoet/03proceedings.html>.
- IPLA, documento di supporto, *Manuale per la pianificazione multifunzionale della viabilità silvo-pastorale*.
- Lehnert M.E. and Bissonette J.A., *Effectiveness of highways crosswalk structures in reducing deer-vehicle collisions*, *Wildlife Society Bulletin* 25, 809-818, 1997.
- Maffiotti A., *Fauna e infrastrutture antropiche*, *ArpaInforma* n. 4 settembre-ottobre 2004.
- Montacchini F., Caramiello-Lomagno R., Forneris G., Piervittori R., *Carta della vegetazione della valle di Susa ed evidenziazione dell'influsso antropico*, Istituto ed Orto Botanico dell'Università di Torino.
- Pignatti S., *Ecologia del Paesaggio*, UTET, Torino, 1994.
- Pignatti S., *I piani vegetazionali in Italia*, *Giorn. Bot. Ital.*, 1980.
- Reggiani G., Boitani L., Amori G., *I contenuti ecologici di una rete ecologica*. Atti del convegno "Reti ecologiche azioni locali di gestione territoriale per la conservazione dell'ambiente". Centro Studi Valeri Giacobini, Gargnano 12-13 Ottobre 2000.
- Rosell C., Velasco Rivas José M., *Manual de prevenció i correcció dels impactes de les infraestructures viàries sobre la fauna*, Documents dels Quaderns de medi ambient n. 4, Generalitat de Catalunya – Departament de Medi Ambient, 1999.
- Rivella E., *Progettazione degli interventi di inserimento ambientale*, Cap. IV, *Edilizia per l'ambiente e l'agricoltura*, UTET Scienze Tecniche, Torino, in corso di pubblicazione.
- Staines B.W., Langbein J. e Putman R.J., *Road Traffic Accidents and Deer in Scotland*, Report to the Deer Commission, Scotland, 2001.
- Toschi, A., *Mammalia (Lagomorpha, Rodentia, Carnivora, Ungulata, Cetacea)*. *Fauna d'Italia II*, Calderoni ed., Bologna, 1965.
- Wilson E.O., *The diversity of life*. Belknap, Cambridge, Massachusetts, USA, 1992.
- Zangheri P., Pasa A., *Piccola fauna italiana. Uccelli e Mammiferi*, Martello ed., 1969.



