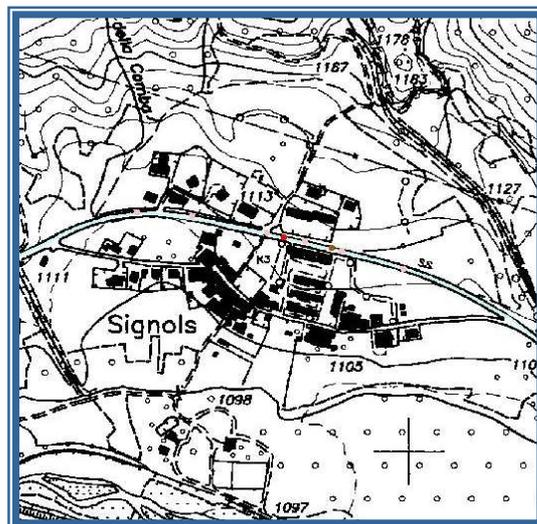


INCIDENTI STRADALI CON COINVOLGIMENTO DI FAUNA SELVATICA IN PIEMONTE



Metodi d'indagine e
caso studio in ambiente montano



Autori del Testo e del Progetto:

Dario Airaudo², Vittorio Bosser-Peverelli¹, Elena Fila-Mauro¹, Cecilia Valeria Frasca², Enrico Rivella³, Davide Vietti³

¹Regione Piemonte – Assessorato Agricoltura, Tutela della fauna e della flora – Direzione Agricoltura

²Regione Piemonte – Assessorato Agricoltura, Tutela della fauna e della flora – Osservatorio regionale sulla fauna selvatica

³Arpa Piemonte Struttura Semplice Valutazione Ambientale (VIA/VAS)

Documentazione fotografica : Dario Airaudo, Enrico Rivella, Davide Vietti ad esclusione di quella espressamente attribuita.

Le foto prive di didascalia relative a incidenti stradali con coinvolgimento di fauna selvatica sono state tratte da siti internet.

Si ringraziano 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 Agricoltura

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

Arpa Piemonte

Area delle attività regionali per l'indirizzo e il coordinamento in materia ambiente.

Struttura Semplice Valutazione Ambientale (VIA/VAS)

Via Pio VII, 9 - 10135 Torino

Tel 011-19680111, fax 011-19680025

e-mail: viavas@arpa.piemonte.it

La presente pubblicazione è scaricabile agli indirizzi:

www.regione.piemonte.it/agri/osserv_faun nella sezione Pubblicazioni

www.arpa.piemonte.it nella sezione Valutazione impatto ambientale

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

Citazione bibliografica consigliata:

Dario Airaudo, Bosser-Peverelli Vittorio, Elena Fila-Mauro, Cecilia Valeria Frasca, Enrico Rivella, Davide Vietti

“Incidenti stradali con coinvolgimento di fauna selvatica in Piemonte” - Regione Piemonte - Torino – 2008

SOMMARIO

1. Introduzione	1
2. Incidenti stradali con coinvolgimento di fauna selvatica in Piemonte e scelta delle aree di studio	2
3. Analisi degli incidenti stradali con selvatici in Comune di Oulx (TO)	6
3.1 Specie coinvolte	7
3.2 Serie temporali	9
3.2.1 <i>Andamento mensile</i>	10
3.2.2 <i>Andamento stagionale</i>	13
3.3 Fasi biologiche	14
4. Modelli ecologici previsionali per l'individuazione dei tratti stradali a maggior rischio di collisione con la fauna selvatica - Elaborazioni, mappe, procedure, analisi predittive per valutare necessità ed efficacia degli interventi	15
4.1 Studio delle caratteristiche dell'habitat come strumento previsionale di individuazione delle aree a rischio di collisione tra la fauna selvatica e gli autoveicoli	16
4.1.1 <i>BIOMOD</i>	17
4.1.1.1 Descrizione della procedura BIOMOD per capriolo (<i>Capreolus capreolus</i>) e cervo (<i>Cervus elaphus</i>)	18
4.1.1.2 Sovrapposizione con la carta degli incidenti e validazione	21
4.1.2 <i>Modello ecologico FRAGM (Connettività ecologica)</i>	23
4.1.2.1 Descrizione procedura	23
4.1.2.2 Risultato ottenuto	25
4.1.3 <i>Rete ecologica dell'area di studio</i>	26
4.1.4 <i>Considerazioni conclusive sull'efficacia dei modelli ecologici</i>	27
4.2 Valutazioni ed ipotesi sul contributo della geomorfologia alla localizzazione delle aree a rischio incidenti	27
4.2.1 <i>Considerazioni</i>	28
5. Caso studio: proposte di mitigazione	30
5.1 Lineamenti ecologici, vegetazionali e faunistici del Comune di Oulx	30
5.1.1 <i>Vegetazione</i>	30
5.1.2 <i>Fauna</i>	33
5.2 Punti di studio e d'intervento sul territorio	34
<i>Macroarea 1: S.S. 335 - Savoulx</i>	38
Tratto S.S. 335, km 4 - Savoulx	38
<i>Macroarea 2: S.S. 335 – Signols, Portetta</i>	43
Tratto S.S. 335, km 3 - Signols	43
Tratto S.S. 335, km 2 – Case Portetta	46
<i>Macroarea 3: S.S. 335 Dir. – Beaume</i>	50
Tratto S.S. 335 Dir., km 1 circa - Beaume	50

<i>Macroarea 4: S.S. 24 – Gad</i>	53
Tratto S.S. 24, km 76-77 – dallo svincolo per Oulx dell'Autostrada A32 fino al ponte sulla Dora in località Pont Ventoux	53
Tratto di strada comunale presso la chiesa di Pont Ventoux	57
Tratto S.S. 24, dal km 77-78 circa, sotto il cavalcavia dell'autostrada, fino a Gad, Le Baite, Pra Vej	61
Tratto strada comunale di servizio per ex-parcheggi olimpici	67
5.3 Monitoraggio	69
6. Bibliografia	69
7. Fonti on-line	70

ALLEGATO I - Analisi della visibilità stradale in relazione agli incidenti con la fauna selvatica in un'area montana

ALLEGATO II - Modelli ecologici BIOMOD e FRAGM, Rete ecologica

1. Introduzione

Il fenomeno degli incidenti stradali che coinvolgono la fauna selvatica ha assunto negli ultimi decenni una rilevanza sempre maggiore, raggiungendo livelli tali da rendere necessari approfondimenti in grado di ottenere dati oggettivi e proposte di interventi specifiche. L'aumento del numero di tali incidenti comporta infatti forti rischi sia per la sicurezza dell'automobilista che per la tutela delle specie selvatiche.

Dal 2003 al 2006 in Regione Piemonte sono stati registrati 3.773 sinistri con fauna selvatica, di cui l'86% ha visto coinvolto un cinghiale o un capriolo (fonte: banca dati faunistica regionale). Gli ungulati rappresentano in totale il 95%. Questo fenomeno è sicuramente collegato all'abbondanza delle popolazioni di tali specie, ma anche a loro peculiarità comportamentali, che li portano, ad esempio, ad effettuare spostamenti nelle ore crepuscolari e notturne, quando si sentono maggiormente sicuri.

Tabella 1.1. Incidenti con ungulati in Regione Piemonte (anni 2003/2006)

SPECIE	2003	2004	2005	2006	Totale complessivo	% sul totale
<i>Cinghiale</i>	402	453	567	446	1868	49,5
<i>Capriolo</i>	195	275	420	487	1377	36,5
<i>Cervo</i>	47	46	74	86	253	6,7
<i>Indeterminato</i>	34	22	80	49	185	4,9
<i>Daino</i>	16	21	18	21	76	2,0
<i>Camoscio</i>	3		5	2	10	0,3
<i>Muflone</i>			2	1	3	0,1
<i>Stambecco</i>		1			1	0,0
Totale	697	818	1166	1092	3773	

A titolo d'esempio, si osserva che nell'arco del solo anno 2005 sono pervenute alla Regione dalle compagnie assicurative le denunce di circa 850 incidenti, con un costo per la Regione di circa 1.175.000 euro.

La redazione del presente documento ha lo scopo di diffondere e approfondire la conoscenza delle tematiche utili alla risoluzione dei conflitti tra viabilità e fauna selvatica, partendo dalla convinzione che il modo per affrontare questa

problematica, estremamente complessa, non può limitarsi al solo risarcimento dei danni, ma, al contrario, è opportuno intervenire per comprendere le cause di tale fenomeno e prevenire i sinistri.

In riferimento alle analisi effettuate dall'Osservatorio regionale sulla fauna selvatica nel territorio del Comune di Oulx relativamente alle aree con la maggiore concentrazione di incidenti stradali con coinvolgimento di fauna

selvatica, è stato condotto, congiuntamente al Settore Valutazione Ambientale (VIAVAS) dell'Arpa Piemonte, lo studio delle reti ecologiche a scala locale. È stata inoltre approfondita la conoscenza degli habitat maggiormente utilizzati dalle specie coinvolte, cui è seguita

l'individuazione delle cause di queste tipologie di sinistri. Lo studio si è concluso con la proposta di interventi strutturali per la soluzione di queste problematiche.

2. Incidenti stradali con coinvolgimento di fauna selvatica in Piemonte e scelta delle aree di studio

L'Osservatorio regionale sulla fauna selvatica ha creato un database che contiene tutte le denunce di sinistri con coinvolgimento di fauna selvatica fatte pervenire alla Regione dalle compagnie assicurative e dai competenti settori provinciali. I dati a disposizione sono relativi agli incidenti stradali per i quali è stata inoltrata una denuncia all'assicurazione e sono di conseguenza esclusi tutti i sinistri che non sono stati denunciati e quelli avvenuti sulla rete autostradale, non rimborsati dalla Regione.

Al fine di conoscerne la distribuzione territoriale, è stata effettuata la georeferenziazione degli incidenti segnalati in Regione Piemonte dal 1998 al 2006.

In figura 2.1 è rappresentato il numero totale di eventi per Comune (dati cumulati 2003-2005).



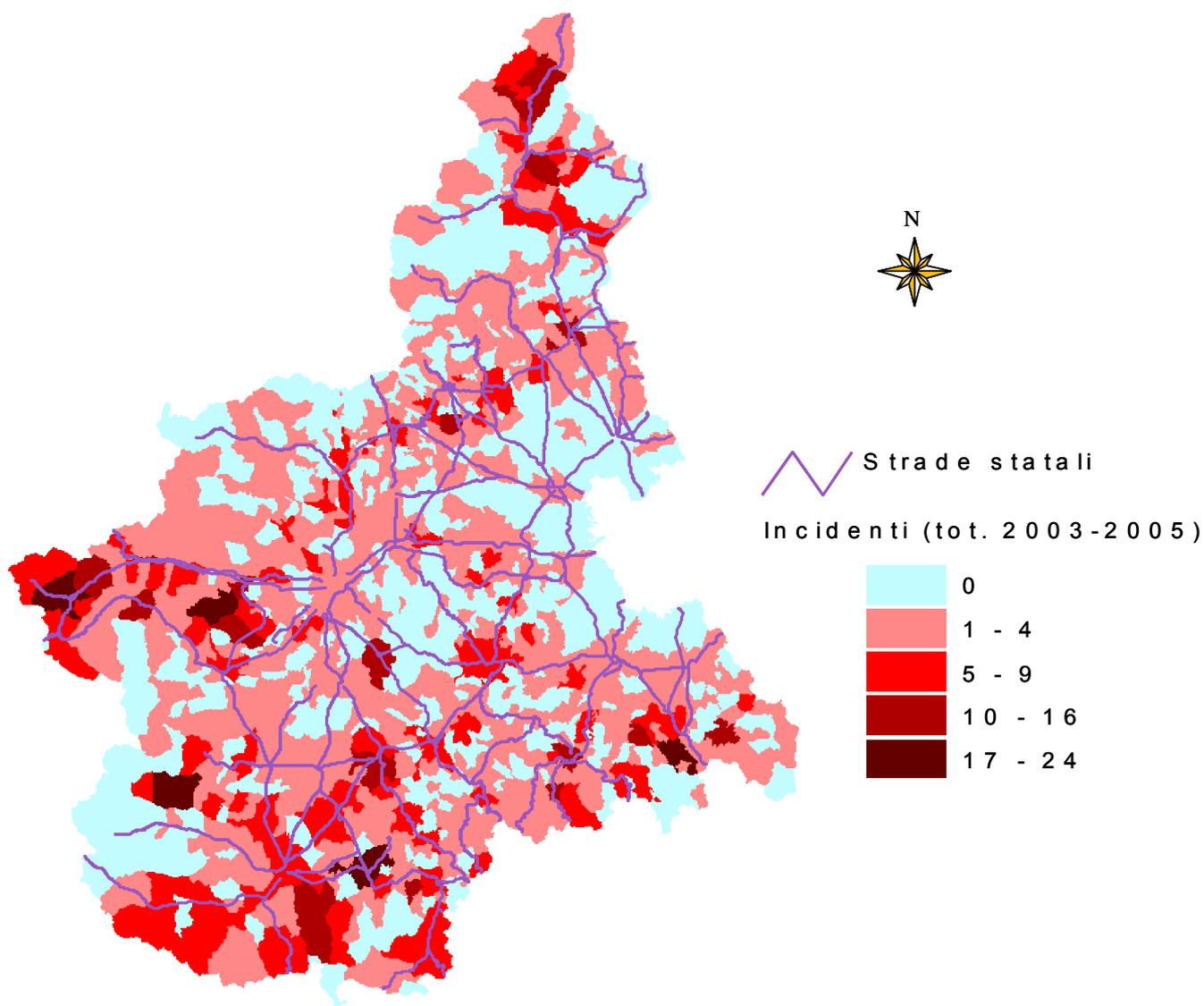


Figura 2.1. Numero di incidenti per Comune (anni 2003 - 2005)

È evidente da questa carta come gli incidenti siano concentrati nelle grandi valli alpine (Valli Susa e Chisone in particolare) e lungo tutta la fascia prealpina, mentre le aree di pianura e le zone alpine meno abitate sono, in generale, meno interessate dal problema.

La specie maggiormente coinvolta è il cinghiale, sebbene assumano importanza anche altri ungulati: il capriolo soprattutto, in misura minore il cervo e il daino (figure 2.2 e 2.3). La

categoria "altro" è sicuramente sottostimata, perché le collisioni con animali non ungulati rimangono spesso sconosciute. L'identità della specie animale coinvolta negli incidenti varia notevolmente nelle diverse province del Piemonte: ad esempio in Provincia di Verbania il cinghiale risulta poco importante, mentre gli eventi sono quasi tutti a carico di cervi e caprioli. Nelle Province di Torino e di Vercelli si sono registrati inoltre incidenti con il coinvolgimento di cervi.

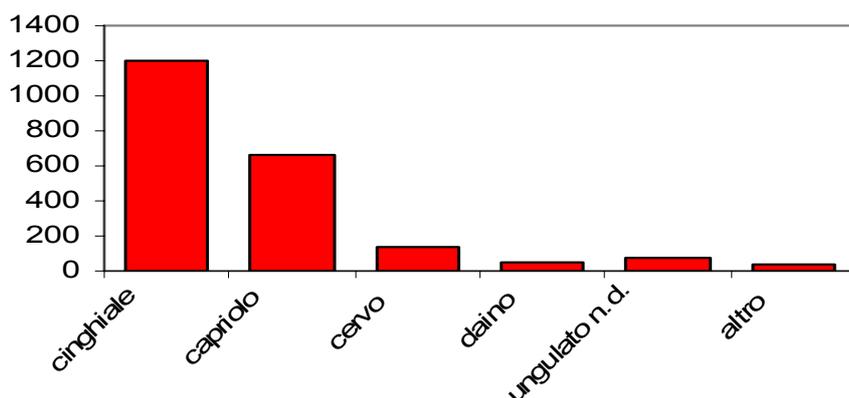


Figura 2.2. Numero totale di eventi (2003-2005) a carico delle diverse specie

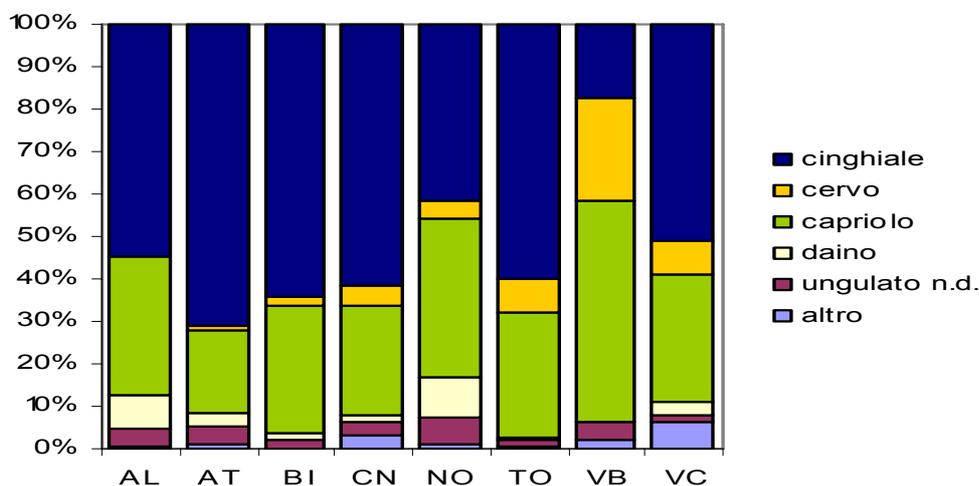


Figura 2.3. Incidenti stradali: ripartizione per specie e per Provincia

Come si può osservare dal grafico in figura 2.4, rapportando il numero di incidenti ai chilometri di strade presenti, la relazione è più o meno lineare: all'aumentare dei chilometri di strada, aumenta anche il numero di sinistri.

Due punti tuttavia sono al di sotto della retta (Biella e Verbania): in questi due casi il numero di eventi ogni 100 km di strada è più alto rispetto all'atteso.

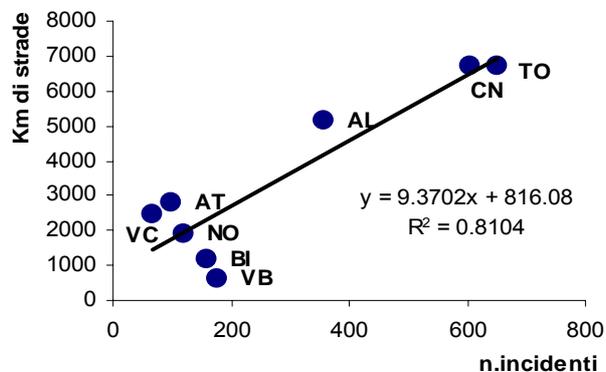


Figura 2.4. Numero di incidenti / 100 km di strada

Raggruppando i dati per tutta la Regione e considerando tutte le specie insieme, si osservano due picchi nella distribuzione mensile degli incidenti (figura 2.5): uno in primavera ed uno in autunno. Esaminando le singole specie, per il capriolo si osserva un picco degli incidenti stradali in primavera (maggio - giugno), quando gli animali si spostano verso i pascoli di fondovalle, e uno in autunno. Anche per il cervo, il numero maggiore d'incidenti si ha in primavera, ma si osserva anche un secondo picco durante il periodo di caccia. Infine per il cinghiale, specie più

stanziale, è presente un unico picco nei mesi di ottobre e novembre, in corrispondenza della stagione venatoria.

I Comuni che hanno registrato il maggior numero di incidenti che hanno coinvolto fauna selvatica ungulata in Piemonte tra il 2003 e il 2006 sono rappresentati nella seguente tabella, da cui si ricava che il territorio comunale maggiormente interessato dal fenomeno è stato quello di Oulx (TO), che proprio per questo motivo è stato scelto come caso studio.

Tabella 2.1. Comuni con il maggior numero di incidenti con ungulati in Regione Piemonte (anni 2003/2006)

COMUNE	2003	2004	2005	2006	Totale complessivo
Oulx	5	13	18	15	51
Salbertrand	5	0	15	22	42
Mondovì	5	9	13	9	36
Cumiana	3	9	7	8	27
Giaveno	5	7	12	2	26
Peveragno	4	6	6	9	25
Alba	3	6	5	10	24
Avigliana	2	6	8	7	23
Premia	5	8	6	4	23
Garessio	7	8	5	2	22
Sampeyre	4	8	6	4	22
Susa	4	5	4	9	22

Una porzione del territorio del Comune di Oulx è già stata oggetto di studio sugli effetti barriera generati dalla S.S. 24 "del Monginevro" nel tratto tra la frazione Moretta di Oulx e Cesana Torinese ("Fauna selvatica ed infrastrutture lineari", 2005). Lo studio si concludeva con dettagliate proposte di intervento, che però ad oggi non hanno ancora trovato un'effettiva realizzazione.

Vista la notevole concentrazione di incidenti nel territorio del Comune di Oulx, per completare l'analisi iniziata nel 2005, l'Osservatorio regionale

sulla fauna selvatica e il Settore Valutazione Ambientale (VIA/VAS) dell'Arpa Piemonte hanno proseguito lo studio, focalizzandosi sui restanti tratti di strada lungo la S.S. 24, la S.S. 335 e la S.P. 214 in cui sono stati registrati numerosi sinistri.

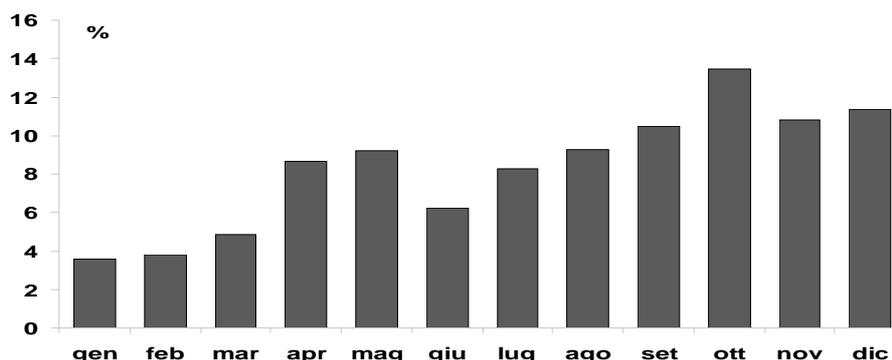


Figura 2.5. Distribuzione mensile dei sinistri stradali

3. Analisi degli incidenti stradali con selvatici in Comune di Oulx (TO)

È stato condotto uno studio statistico sul fenomeno degli incidenti con selvatici nel Comune di Oulx.

I dati analizzati sugli investimenti di animali selvatici nel Comune di Oulx derivano:

- dalle istruttorie relative ai sinistri con la fauna selvatica effettuate dal Servizio Tutela della Fauna e della Flora della Provincia di Torino;
- dall'elenco degli esemplari morti o feriti di fauna selvatica recuperati dagli agenti faunistico-ambientale della Provincia di Torino;
- dalle istruttorie delle richieste di indennizzo ai sensi della legge regionale n. 9/2000.

Nel 2000 la Regione Piemonte ha infatti stipulato un'assicurazione che indennizza parzialmente i danni provocati dall'investimento di ungulati selvatici: pertanto i soggetti che intendono usufruire di questo indennizzo devono presentare un modulo di richiesta corredato da un

verbale di denuncia alla pubblica sicurezza. La presenza di un verbale allegato alla domanda di indennizzo ha permesso di eliminare tutti i record doppi e nel caso di informazioni incomplete è stato possibile integrare le fonti provinciali e regionale per ottenere un dato più attendibile.

Nel caso dei recuperi di fauna selvatica sono stati selezionati solamente i dati direttamente riconducibili ad un sinistro stradale o perché già la causa del rinvenimento indicava un investimento o perché l'animale trovato traumatizzato o morto nei pressi di una strada lasciava supporre che la causa fosse un incidente.

Per ogni sinistro è stato raccolto:

- la data: giorno, mese e anno,
- la località esatta,
- la tipologia e la denominazione stradale,
- la progressiva chilometrica,

- la specie coinvolta (in caso di identificazione incerta si presupponeva una categoria di “indeterminati”),
- la sorte dell'animale (laddove era possibile stabilirla con certezza).

La completezza dell'ultima categoria di dati è sicuramente la più lacunosa in quanto molto spesso omessa nelle richieste di indennizzo.

I dati sono stati analizzati in tre modi differenti per mettere in evidenza eventuali criticità o trend significativi. In primo luogo è stato analizzato il contributo di ogni singola specie in questi eventi per mettere in luce eventuali emergenze.

In secondo luogo è stata analizzata la serie temporale degli eventi per anno, per mese (cumulando gli anni) e per stagione (cumulando gli anni).

Successivamente si è cercato di mettere in evidenza la maggiore o minore intensità di incidenti sulle varie strade interessate da questi eventi sia come evento cumulato di tutte le specie, sia come evento specie-specifico.

Utilizzando poi il dato sull'esatta localizzazione degli incidenti (località), si è cercato di individuare gli eventuali “punti caldi” per ogni singola specie coinvolta, anche correlandole al periodo dell'anno e alle fasi biologiche dell'animale.

3.1 Specie coinvolte

I dati raccolti evidenziano come una grande varietà di specie selvatiche possa cadere vittima della strada, non solo tra quelle terrestri, ma anche tra quelle di uccelli che impattano contro i veicoli durante la caccia o il loro normale volo. Tenendo presente che il numero di piccoli animali

investito è indubbiamente sottostimato a causa di molteplici fattori (tra cui la non indennizzabilità del danno e le piccole dimensioni degli animali che a volte non permettono all'autista di accorgersi dell'investimento, soprattutto se è alla guida di grossi autocarri), si nota che la maggior parte degli incidenti stradali coinvolge gli ungulati (Tabella 3.1).

Tabella 3.1. Totale e percentuale degli eventi per specie (dati minimi certi) (Oulx, anni 1998 – 2006).

SPECIE	Totale	%
<i>assiolo</i>	1	1
<i>astore</i>	1	1
<i>capriolo</i>	98	55
<i>cervo</i>	37	21
<i>cinghiale</i>	2	1
<i>faina</i>	2	1
<i>lepre</i>	3	2
<i>lupo</i>	8	4
<i>riccio</i>	1	1
<i>scoiattolo rosso</i>	1	1
<i>sparviere</i>	1	1
<i>tasso</i>	14	8
<i>volpe</i>	9	5
Totale	178	100

Le specie di ungulati maggiormente presenti in alta Valle di Susa sono essenzialmente cervo, capriolo, cinghiale e, alle quote maggiori, camoscio. Nel fondovalle di Oulx le sole specie presenti sono capriolo, cervo e cinghiale.

La maggior parte degli investimenti di ungulati sono a carico delle due specie di cervidi e solo occasionalmente il cinghiale rimane coinvolto in tali eventi. Quest'ultimo non trova infatti nell'area di studio un ambiente particolarmente adatto alla sua sopravvivenza (Bassano et Al., 1997), pertanto si può ipotizzare che la

sporadicità degli investimenti rifletta una densità di popolazione piuttosto bassa. A confermare questa supposizione ci sono anche i dati sui danneggiamenti alle coltivazioni che hanno interessato una superficie di circa 6,5 ha in totale, con un importo liquidato di circa 3.000 euro.

Il capriolo è coinvolto quasi nel 60% degli eventi, mentre il cervo viene investito meno della metà delle volte rispetto al capriolo (tabella 3.1).

Analizzando il dato ottenuto accorpando tutti gli ungulati in una categoria e il resto della fauna in un'altra, si ottiene la ripartizione percentuale riportata nel grafico 3.1.

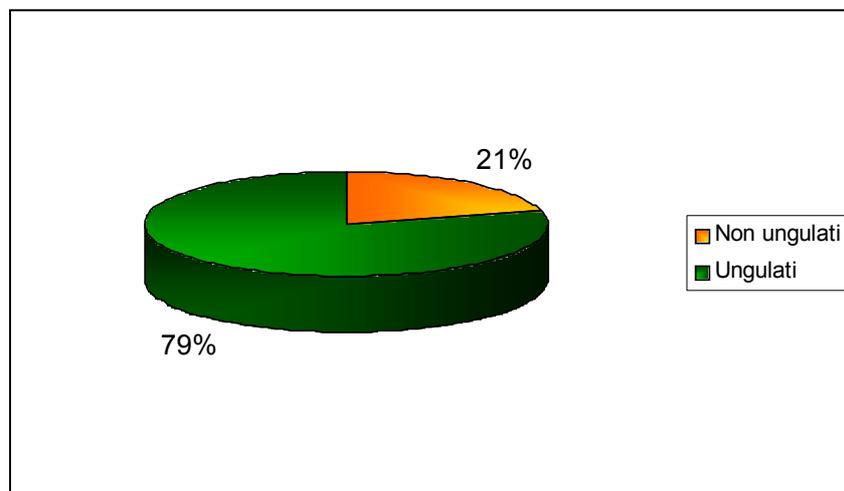


Grafico 3.1. Oulx, ripartizioni percentuali per specie accorpate (N=173).

In totale gli incidenti che coinvolgono gli ungulati rappresentano quasi 80% di tutti gli eventi registrati a partire dal 1998 nel Comune di Oulx, mentre tutte le altre specie non ungulate superano di poco il 20% del totale. Questa differenza è statisticamente significativa ($\chi^2=58,695$, $DF=1$, $N=173$, $p<0.001$).

Tra le specie di ungulati, la maggior parte degli eventi sono a carico di capriolo e cervo, mentre il cinghiale compare in modo del tutto sporadico e con differenze altamente significative ($\chi^2=103,372$, $DF=2$, $N=137$, $p<0.001$). Anche eliminando il dato degli investimenti del cinghiale

si ottengono differenze altamente significative tra cervo e capriolo ($\chi^2=27,563$, $DF=1$, $N=135$, $p<0.001$).

Tra le specie non ungulate le specie sono state accorpate in tre classi: avifauna (assiolo, astore e sparviere), piccoli mammiferi (faina, lepre, scoiattolo e riccio) e grandi mammiferi (tasso, volpe e lupo). Le percentuali di investimento sono nettamente sbilanciate verso i grandi mammiferi (grafico 3.2) con differenze altamente significative ($\chi^2=25,167$, $DF=2$, $N=36$, $p<0.001$).

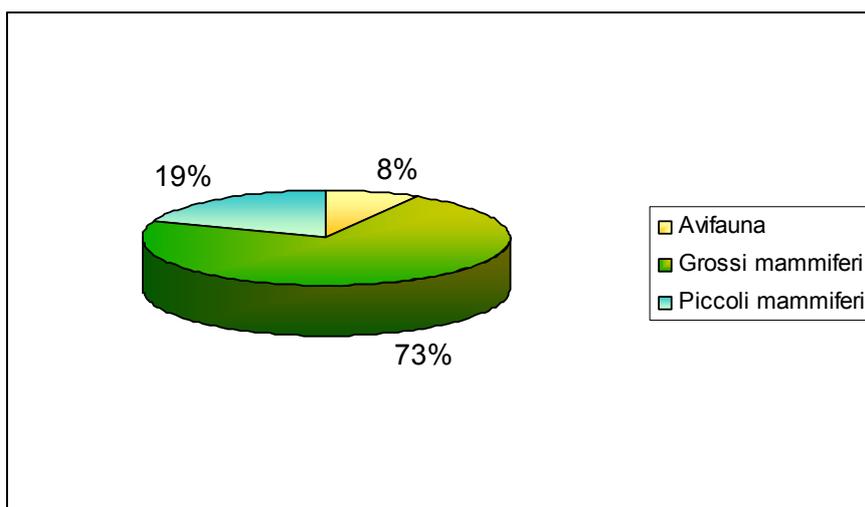


Grafico 3.2. Oulx, ripartizione percentuale degli investimenti per classe di specie non ungulate (N=36).

3.2 Serie temporali

La serie storica è di qualche utilità solamente a partire dall'anno 2000, in quanto prima di questa data nessuno era incentivato a denunciare l'incidente con un animale selvatico per non rischiare di incorrere in eventuali sanzioni. Pertanto i dati antecedenti a questo anno sono

lacunosi ed incompleti e non saranno utilizzati nella presentazione delle serie storiche annuali.

I dati mostrano un deciso e netto incremento degli incidenti a partire dall'anno 2000 fino al 2002 per poi assestarsi su cifre all'incirca uguali negli anni successivi. Questo andamento è sicuramente da mettere in relazione con la stipula dell'assicurazione che ha indotto le persone a denunciare gli investimenti (grafico 3.3).

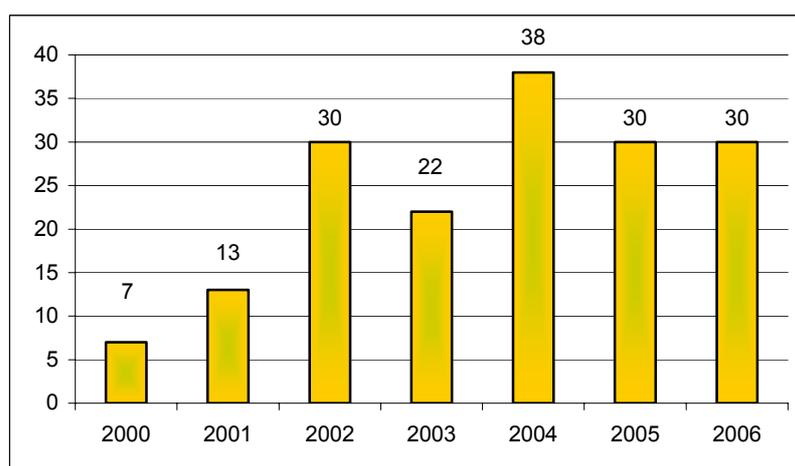


Grafico 3.3. Oulx, serie storica degli investimenti (totali).

Per questo motivo si è deciso di eliminare dalle analisi statistiche tutti gli anni antecedenti al 2002. Eliminando gli anni di "rodaggio", le oscillazioni presenti dovrebbero riflettere in modo

più o meno esatto le reali oscillazioni di eventi accidentali con la fauna selvatica. Il test del Chi-quadro eseguito con questo criterio e con una probabilità attesa uniforme per tutti gli anni ha

prodotto risultati non significativi dimostrando che le differenze tra gli anni sono del tutto casuali ($\chi^2=4,267$, $DF=4$, $N=150$, $p<0,371$).

Separando i dati tra specie di ungulati e non ungulati si ottiene un diverso andamento: il

numero degli investimenti di ungulati sembrerebbe essere in leggera flessione o perlomeno stabile negli anni, mentre le altre specie (non ungulate) mostrano una continua crescita negli anni (grafico 3.4).

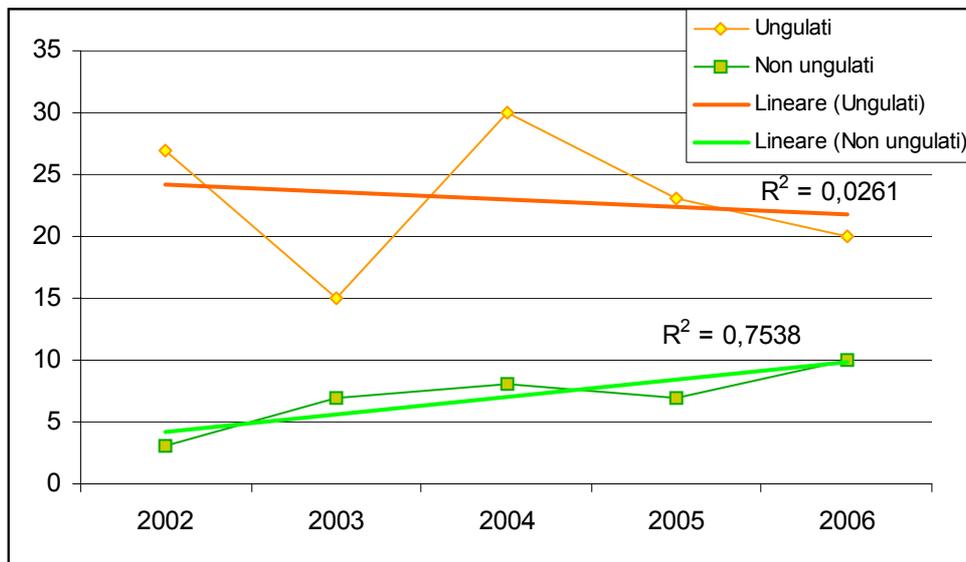


Grafico 3.4. Oulx, andamento annuale degli investimenti per le specie ungulate (cervo, capriolo, cinghiale) e tutte le altre (non ungulate).

3.2.1 Andamento mensile

Analizzando l'andamento mensile degli incidenti tenendo accorpate tutte le specie si

ottiene un andamento piuttosto uniforme durante tutto l'arco dell'anno ($\chi^2=17,907$, $DF=11$, $N=172$, $p=0,084$) come illustrato nel grafico 3.5.

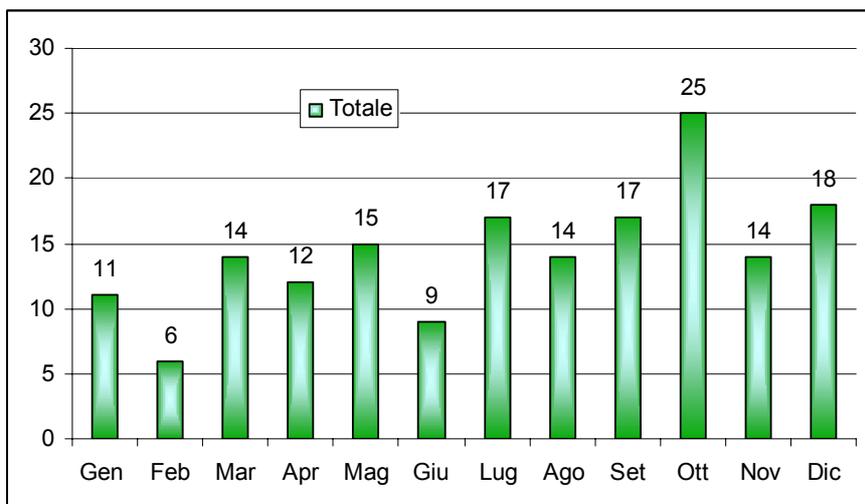


Grafico 3.5. Oulx, totale degli investimenti per mese (anni 1998-2006).

Separando gli investimenti nelle due classi di “ungulati e “non ungulati” si nota un andamento inverso nelle due serie. Le specie di ungulati tendono ad essere investite maggiormente nei

mesi autunnali rispetto a quelli invernali ed estivi, invece quelle di non ungulati sono vittima dei sinistri maggiormente in primavera-estate rispetto all'inverno (grafico 3.6).

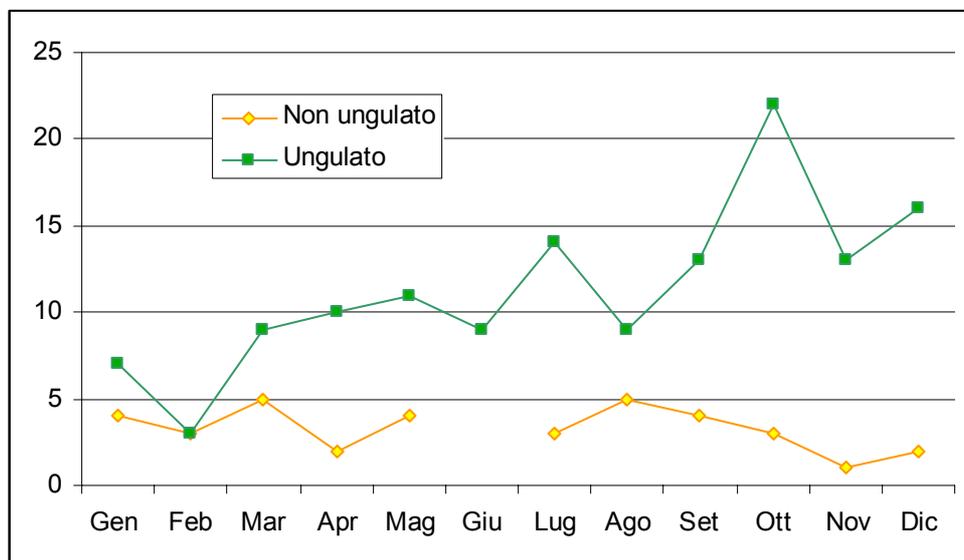


Grafico 3.6. Oulx, totale di investimenti mensili divisi in classi (anni 1998-2006).

Per quanto riguarda gli ungulati, cervo e capriolo sono le due specie che interessano la totalità degli incidenti se si eccettuano due eventi causati dal cinghiale.

Tenendo accorpato il dato di queste due specie si nota immediatamente che il mese di ottobre presenta una frequenza più alta di ogni altro mese (tabella 3.2) e tale differenza risulta essere significativa ($\chi^2=20,209$, $DF=11$, $N=134$, $p=0,043$).

Gli andamenti mensili degli investimenti di queste due specie sono molto differenti: infatti, se si osserva il capriolo, il grafico mostra due picchi annuali, mentre il cervo raggiunge il suo massimo una volta sola durante il mese di ottobre per poi

scemare bruscamente già nel mese di novembre (grafico 3.7).

Tabella 3.2. Frequenze totali e percentuali degli incidenti per mese dei cervidi

Mese	Totale	%
Gen	7	5,22%
Feb	3	2,24%
Mar	9	6,72%
Apr	10	7,46%
Mag	11	8,21%
Giu	9	6,72%
Lug	14	10,45%
Ago	9	6,72%
Set	13	9,70%
Ott	21	15,67%
Nov	13	9,70%
Dic	15	11,19%
Totale	134	100,00%

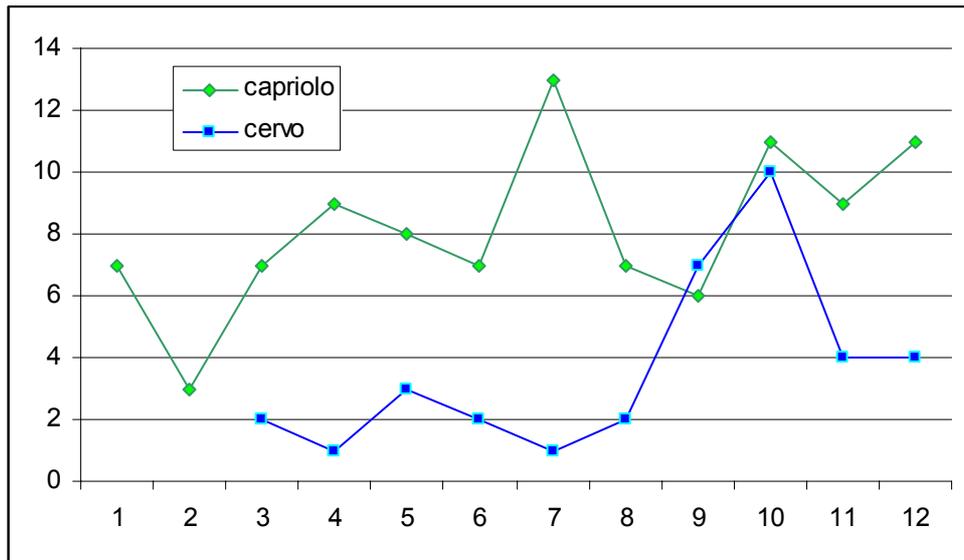


Grafico 3.7. Oulx, andamento mensile degli incidenti per cervo e capriolo (anni 1998-2006).

Scorpendo il dato mensile per le specie di non ungulati si riesce a capire immediatamente il motivo della maggiore frequenza complessiva degli incidenti stradali durante i mesi estivi. I piccoli mammiferi sono presenti tra le vittime degli investimenti solamente nei mesi compresi tra

maggio e settembre e completamente assenti durante il periodo invernale, mentre le specie di dimensioni maggiori presentano una continuità di dati durante tutto l'arco dell'anno con una maggiore prevalenza durante il primo trimestre dell'anno.

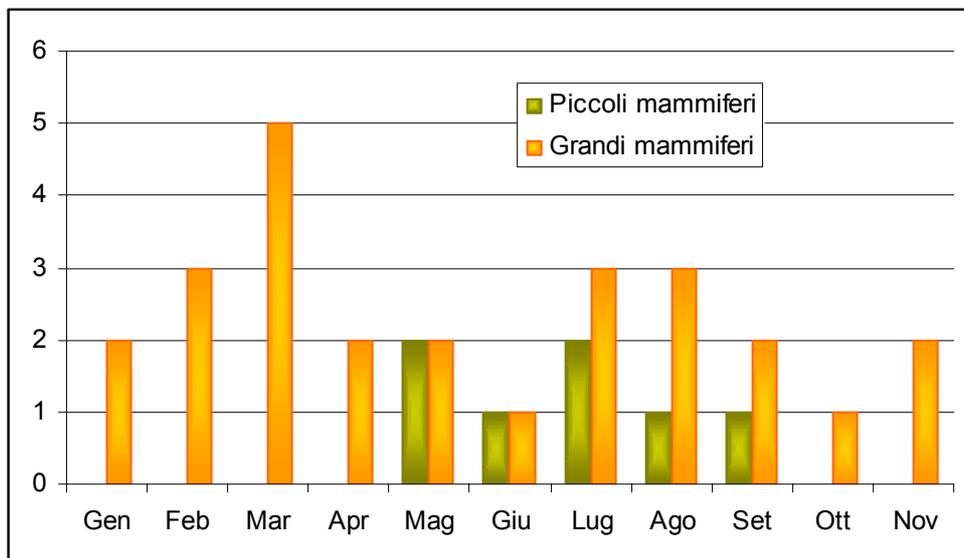


Grafico 3.8: frequenze mensili degli investimenti della fauna non ungulata (anni 1998-2006).

3.2.2 Andamento stagionale

Accorpendo i dati per stagioni (tabella 3.3), si ottengono delle differenze statisticamente

significative tra le frequenze di investimento di cervi e caprioli nelle varie stagioni ($\chi^2=11,872$, $DF=3$, $N=134$, $p<0,08$).

Tabella 3.3. Definizione delle stagioni utilizzate nell'analisi statistica.

Stagione	Mesi
Primavera	marzo, aprile, maggio
Estate	giugno, luglio, agosto
Autunno	settembre, ottobre, novembre
Inverno	dicembre, gennaio, febbraio

Un'ulteriore analisi che è stata compiuta è la verifica delle eventuali differenze che possono intercorrere tra i mesi freddi dell'anno (Novembre-Aprile) e quelli caldi (Maggio-Ottobre). Il risultato

non presenta differenze significative né per la fauna ungulata, né per quella non ungulata, con valori del tutto simili nei due semestri (tabella 3.4 e grafico 3.9).

Tabella 3.4. Frequenze di investimenti nei mesi caldi e freddi nelle due classi.

	Mesi caldi	Mesi Freddi	Totale
Non ungulati	15	21	36
Ungulati	67	69	136
Totale	82	90	172

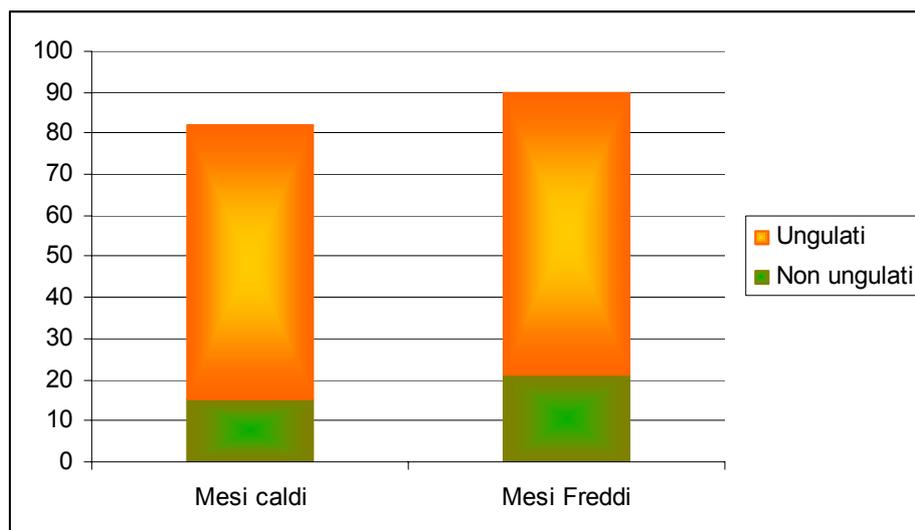


Grafico 3.9. Distribuzione delle frequenze esposte in tabella 3.4.

3.3 Fasi biologiche

Una ulteriore analisi possibile è la comparazione della frequenza degli incidenti con le fasi biologiche fondamentali delle specie considerate. Il periodo degli amori è senz'altro quello che comporta il massimo di mobilità dei cervidi: i maschi si spostano infatti alla ricerca delle femmine (capriolo) o per raggiungere le arene degli amori (cervo) (Mustoni et Al., 2002).

Il periodo degli accoppiamenti, diverso nelle due specie, dovrebbe rappresentare il momento di maggiore rischio di investimento, in quanto la maggiore mobilità li porta più spesso ad attraversare le strade. Per il cervo la stagione degli amori cade nei mesi di settembre-ottobre. Accorpendo gli incidenti accaduti in questi due mesi e confrontandoli con quanto accade durante gli altri 10 mesi, si ottiene un risultato interessante: in soli due mesi avviene lo stesso numero di incidenti che avviene durante tutto il resto dell'anno (17 in settembre-ottobre, 19 nei restanti 10 mesi) (grafico 3.7). Questo dimostra chiaramente che il periodo di massima pericolosità per il cervo è durante la fase degli amori.

Suddividendo l'anno in bimestri (tabella 3.5), badando a mantenere insieme i mesi degli amori, si ottiene una differenza altamente significativa tra il bimestre degli amori e tutti gli altri ($\chi^2=17,889$, $DF=4$, $N=36$, $p=0,001$).

Tabella 3.5. Suddivisione dell'anno in bimestri per il cervo

Bimestre	Mesi
1	16 settembre-15 novembre
2	16 novembre-15 gennaio
3	16 gennaio-15 marzo
4	16 marzo-15 maggio
5	16 maggio-15 luglio
6	16 luglio-15 settembre

Per il capriolo il periodo degli amori cade nei mesi di luglio ed agosto. Accorpendo gli incidenti accaduti in questi due mesi e confrontandoli con quanto accade durante gli altri 10 mesi, a differenza di quanto accade per il cervo, si ottiene una differenza altamente significativa tra il periodo degli amori e tutto il resto dell'anno ($\chi^2=34,327$, $DF=1$, $N=98$, $p<0,001$).

Questo lascia supporre che gli investimenti di caprioli non si concentrino in un periodo circoscritto dell'anno come accade per il cervo, ma che siano distribuiti in modo uniforme durante tutti i dodici mesi. Infatti, suddividendo, l'anno in bimestri (tabella 3.6) e mantenendo il periodo degli amori indiviso, non si ottengono differenze significative tra i vari bimestri.

Tabella 3.6. Suddivisione dell'anno in bimestri per il capriolo.

Bimestre	Mesi
1	Luglio-agosto
2	Agosto-settembre
3	Ottobre-novembre
4	Dicembre-gennaio
5	Febbraio-marzo
6	Aprile-maggio

4. Modelli ecologici previsionali per l'individuazione dei tratti stradali a maggior rischio di collisione con la fauna selvatica - Elaborazioni, mappe, procedure, analisi predittive per valutare necessità ed efficacia degli interventi

Come già accennato, tra le specie coinvolte in sinistri stradali, nel Comune di Oulx rivestono un ruolo preminente, sia come numero di incidenti che come entità dei danni a persone e veicoli, gli ungulati selvatici, in particolare capriolo e cervo.

Per mitigare e/o compensare tali problematiche è necessario condurre un'analisi delle unità ecosistemiche presenti, al fine di effettuare una diagnosi delle cause che hanno potuto originare il sinistro, valutare l'effetto barriera e di frammentazione degli habitat causato dalla rete stradale ed ipotizzare strategie di mitigazione.

Per entrambe le strategie di mitigazione possibili (costruzione di passaggi per la fauna e realizzazione di misure destinate ad impedire l'accesso degli animali alla carreggiata) di fondamentale importanza è la localizzazione dei punti di intervento, che devono essere posti in corrispondenza dei flussi biotici più importanti.

In prima analisi risulta però fondamentale una conoscenza del territorio in grado di definire, nei diversi tratti, il rischio di collisione tramite mappe predittive basate sulle conoscenze eco-morfologiche del territorio, in modo da identificare le situazioni critiche ed essere in grado di facilitare gli interventi specifici.

Nell'ambito di queste valutazioni, Arpa Piemonte ha elaborato una serie di strumenti:

- 1. modello ecologico BIOMOD di idoneità ambientale per singole specie animali** (approfondimento sulle specie che sono maggiormente coinvolte negli incidenti);

- 2. modello ecologico BIOMOD di biodiversità potenziale per gruppi sistematici di specie;**

- 3. modello ecologico FRAGM** per l'analisi della connettività del territorio.

Dall'elaborazione dei risultati derivanti dall'applicazione di questi modelli è possibile individuare i principali elementi che costituiscono la rete ecologica del territorio.

Per una corretta analisi dei tratti stradali maggiormente soggetti agli attraversamenti della fauna selvatica è opportuno riuscire a valutare preventivamente quali, per una serie di condizioni particolarmente favorevoli per la fauna (o sfavorevoli per l'automobilista), sono maggiormente a rischio di collisione. In questo modo si potranno poi svolgere sia un'attività di prevenzione, sia una mitigazione del rischio, attraverso l'attuazione di una serie di interventi mirati, diversificati a seconda del tratto di strada interessato, e volti alla tutela della fauna e alla sicurezza degli automobilisti.

Per poter determinare i tratti stradali a rischio è opportuno conoscere le esigenze e le preferenze ecologiche delle specie maggiormente coinvolte e valutare gli habitat preferiti e le possibilità di spostamento.

Questa operazione è stata resa possibile attraverso l'implementazione di modelli ecologici di "habitat suitability", che sono in grado di individuare le aree maggiormente idonee per le singole specie (o per gruppi di specie), supportati dall'analisi incrociata con i risultati del modello di

connettività ecologica che è in grado di evidenziare le aree permeabili e con un buon grado di connettività ecologica presenti sul territorio.

È infine possibile, attraverso l'analisi incrociata dei diversi modelli, individuare i principali elementi della rete ecologica, in modo da visualizzare i corridoi ecologici che dovrebbero rappresentare le aree di maggior afflusso di specie selvatiche.

Per dare attendibilità ai risultati di questi modelli previsionali è indispensabile un confronto successivo con i dati degli incidenti in modo da verificare l'effettiva relazione tra l'area che si prevede di maggior criticità per il potenziale afflusso delle specie e il numero di incidenti riscontrati.

Le metodologie che hanno portato all'elaborazione dei modelli ecologici previsionali sono sintetizzate nell'allegato 2; per ulteriori approfondimenti metodologici si consiglia la consultazione della pubblicazione "Maffiotti A., Vietti D., Ferrarato M.. Conservation of biodiversity in the alpine lakes. Lakes management tools on a regional and local scale - Interreg III B Alpine Space, Progetto Alplakes - Torino - 2007" (http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Pubblicazioni/Alplakes_conservazionebiodiversita.pdf).

4.1 Studio delle caratteristiche dell'habitat come strumento previsionale di individuazione delle aree a rischio di collisione tra la fauna selvatica e gli autoveicoli

Per la gestione della problematica legata agli incidenti stradali, occorre tenere presente che

gli ungulati necessitano di estesi areali vitali e sono abituati ad utilizzare piste note e ben definite nei loro spostamenti.

Gli animali utilizzano il territorio in cui vivono muovendosi al suo interno per soddisfare le loro esigenze biologiche. Gli spostamenti possono essere lunghi o brevi, dispersi a caso in tutto il territorio o secondo direzioni specifiche (migrazioni) e possono anche creare aggregazioni temporanee di individui che poi si disperdono (periodo degli accoppiamenti). Tutti questi fattori influenzano notevolmente le modalità, le tempistiche e la direzione dei movimenti degli animali. In ambienti con basso livello di antropizzazione la possibilità di movimento degli animali è limitata unicamente da fattori ambientali (es. fiumi); laddove invece la presenza dell'uomo ha influenzato fortemente il territorio, gli abitati e le strade costituiscono delle barriere al libero movimento degli animali.

Le dimensioni dell'animale, l'ampiezza della sua area vitale e la sua motivazione nel superare gli ostacoli possono influire fortemente sull'effetto barriera generato dalla presenza della strada. Oltre alle caratteristiche fisiche della strada (larghezza, presenza di tratti in trincea o in rilevato, di muri, di recinzioni) anche l'intensità del traffico rappresenta un fattore che può aumentare l'effetto barriera. Questa ultima variabile, inoltre, assume un'importanza differente nei diversi momenti del giorno e nei vari periodi dell'anno.

Gli effetti negativi dell'interruzione della continuità ecologica 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.).

È stata effettuata un'analisi sulla base delle preferenze ecologiche delle due specie più

vulnerabili, capriolo e cervo, per comprendere in quali tratti si possono concentrare i movimenti faunistici.

Il capriolo è una specie legata soprattutto ad habitat forestali, caratterizzati da una ricca copertura erbacea e arbustiva, intervallati da spazi aperti; è presente dal livello del mare al limite superiore della vegetazione arborea. Per quanto concerne la struttura sociale, il capriolo ha abitudini solitarie; solo in inverno, quando la disponibilità di risorse è limitata, si possono formare gruppi temporanei. I maschi sono poligami e nel periodo precedente gli amori occupano e difendono territori di 10-25 ettari. Il periodo degli amori si svolge tra metà luglio e metà agosto e le nascite hanno luogo in maggio-giugno. In questo periodo le madri si isolano e i giovani maschi dell'anno precedente si allontanano per colonizzare nuovi territori. Questo ungulato si nutre prevalentemente di vegetali legnosi (intorno al 30% della dieta) e semilegnosi, quali edera, rovo, lampone, sambuco, rosa canina (fino al 60% della dieta in inverno), ma può consumare anche vegetali erbacei e frutti selvatici. Il capriolo possiede una grande adattabilità alimentare, anche se le ridotte dimensioni dello stomaco lo obbligano a cercare alimenti molto energetici, come tutti i brucatori. La specie risente della competizione con cervo e daino per le risorse alimentari, mentre è meno marcata la competizione con muflone e cinghiale (AA.VV., 2006).

Il cervo abita sia ampi spazi aperti sia zone forestali, dal livello del mare al limite della vegetazione arborea, con escursioni altitudinali stagionali più o meno marcate. È una specie sociale e poligama, con struttura di tipo matriarcale basata sul gruppo familiare composto da una femmina adulta, il piccolo e il giovane dell'anno precedente. Per la maggior parte dell'anno i maschi vivono separati dalle femmine,

in gruppi più o meno stabili. Il periodo degli amori ha luogo tra la metà di settembre e la metà di ottobre, la gestazione dura 230-240 giorni e l'allattamento si protrae fino a dicembre-gennaio. La femmina partorisce un unico cerbiatto, già dal secondo anno di vita. I cervi sono una specie erbivora, prevalentemente diurna, che necessita di 10-15 kg di vegetali al giorno; prediligono le specie erbacee, che in genere rappresentano oltre i 2/3 della dieta, ma possono utilizzare anche piante cespugliose ed arboree (ad esempio abete, larice, cembro, faggio, frassino e ginepro), causando localmente danni, anche rilevanti, al patrimonio forestale. Questa specie può competere con gli altri ungulati dove le densità di popolazione raggiungono livelli elevati; le possibili modifiche all'ambiente forestale prodotte dalla specie possono indirettamente danneggiare la fauna del suolo e del sottobosco (AA.VV., 2006).

Come già anticipato, il territorio del Comune di Oulx è quello che, sulla base dei dati raccolti, presenta il numero più elevato di incidenti che coinvolgono la fauna selvatica a livello regionale. Il capriolo ed il cervo sono le due specie maggiormente coinvolte (insieme rappresentano circa il 78% di tutti gli incidenti registrati).

Per questo motivo è stato elaborato il modello ecologico BIOMOD per entrambe le specie, in modo da poter valutare quali siano i tratti a maggior idoneità per l'accesso degli animali alla carreggiata stradale e poter così individuare le aree a maggior rischio di collisione.

4.1.1 BIOMOD

Nel periodo 1998 – 2006, nel Comune di Oulx, su un totale di 192 sinistri, sono stati accertati 112 incidenti che hanno coinvolto il capriolo e 66 che hanno coinvolto il cervo, per i

quali è stata possibile la georeferenziazione che ha permesso di individuare il tratto stradale interessato.

Per comprendere la distribuzione delle due specie sul territorio e i motivi che portano ad una concentrazione così elevata di investimenti in alcuni punti critici, è stato sviluppato il modello ecologico BIOMOD per il capriolo ed il cervo.

4.1.1.1 Descrizione della procedura BIOMOD per capriolo (*Capreolus capreolus*) e cervo (*Cervus elaphus*)

L'elaborazione del modello BIOMOD per il capriolo ed il cervo ha seguito il seguente flusso procedurale:

a) **Analisi affinità specie-habitat** (Base dati – Piani Forestali Territoriali opportunamente rielaborati per lo scopo del lavoro) (Tabella 4.1 e 4.2):

Tabella 4.1. Punteggi di affinità specie/habitat per *Capreolus capreolus* (0 = habitat non idoneo, 1 = habitat ad alta idoneità) (http://www.gisbau.uniroma1.it/materiale/relazioni_specie_habitat/rel543.pdf)

CATEGORIE	COD	CAPRIOLO	CATEGORIE	COD	CAPRIOLO
Abetine	AB	0,70	Peccete	PE	1,00
Aceri-tiglio-frassineti	AF	1,00	Praterie di greto	PG	0,10
Impianti per arboricoltura da legno	AL	0,30	Praterie	PL	0,40
Alneti planiziali e montani	AN	1,00	Pinete di pino montano	PN	0,70
Acque	AQ	0,00	Praterie rupicole	PR	0,70
Arbusteti planiziali collinari e montani	AS	1,00	Pinete di pino silvestre	PS	0,70
Boscaglie pioniere d'invasione	BS	1,00	Prato-pascoli	PT	0,70
Castagneti	CA	1,00	Prati stabili di pianura	PX	0,70
Cespuglieti pascolabili	CB	0,70	Querceti carpineti	QC	1,00
Cerrete	CE	1,00	Querceti di roverella	QR	1,00
Canneti	CN	0,00	Querceti di rovere	QV	1,00
Cespuglieti montani e subalpini	CM	1,00	Robinieti	RB	1,00
Cespuglieti	CP	1,00	Rimboschimenti	RI	1,00
Coltivi abbandonati	CV	1,00	Rocce, macereti, ghiacciai	RM	0,00
Discariche	DI	0,00	Seminativi	SE	0,00
Aree estrattive e discariche	ES	0,00	Saliceti e pioppeti ripari	SP	1,00
Faggete	FA	1,00	Aree urbanizzate	UI	0,00
Frutteti, vigneti, orti e giardini	FV	0,30	Unità di mosaico	UM	1,00
Greti	GR	0,00	Aree verdi di pertinenza di infrastrutture	UV	0,00
Canali artificiali, ferrovie, statali, provinciali	IL	0,00	Viabilità minore	VM	0,00
Lariceti e cembrete	LC	0,70	Zone umide	ZU	0,00
Arbusteti subalpini	OV	0,30	Ghiacciai	GH	0,00
Praterie non utilizzate	PB	0,30	Acque lentiche	AG	0,00

Tabella 4.2. Punteggi di affinità specie/habitat per *Cervus elaphus* (0 = habitat non idoneo, 1 = habitat ad alta idoneità) (http://www.gisbau.uniroma1.it/materiale/relazioni_specie_habitat/rel542.pdf)

CATEGORIE	COD	CERVO	CATEGORIE	COD	CERVO
Abetine	AB	0,70	Peccete	PE	0,70
Aceri-tiglio-frassineti	AF	1,00	Praterie di greto	PG	0,30
Impianti per arboricoltura da legno	AL	0,30	Praterie	PL	1,00
Alneti planiziali e montani	AN	1,00	Pinete di pino montano	PN	0,70

CATEGORIE	COD	CERVO	CATEGORIE	COD	CERVO
Acque	AQ	0,00	Praterie rupicole	PR	1,00
Arbusteti planiziali collinari e montani	AS	0,15	Pinete di pino silvestre	PS	0,70
Boscaglie pioniere d'invasione	BS	0,70	Prato-pascoli	PT	0,30
Castagneti	CA	1,00	Prati stabili di pianura	PX	0,90
Cespuglieti pascolabili	CB	0,90	Quercu-carpineti	QC	1,00
Cerrete	CE	1,00	Querceti di roverella	QR	1,00
Canneti	CN	0,00	Querceti di rovere	QV	1,00
Cespuglieti montani e subalpini	CM	0,70	Robinieti	RB	1,00
Cespuglieti	CP	0,70	Rimboschimenti	RI	0,90
Coltivi abbandonati	CV	0,30	Rocce, macereti, ghiacciai	RM	0,00
Discariche	DI	0,00	Seminativi	SE	0,15
Aree estrattive e discariche	ES	0,00	Saliceti e pioppeti ripari	SP	1,00
Faggete	FA	1,00	Aree urbanizzate	UI	0,00
Frutteti, vigneti, orti e giardini	FV	0,00	Unità di mosaico	UM	0,90
Greti	GR	0,00	Aree verdi di pertinenza di infrastrutture	UV	0,00
Canali artificiali, ferrovie, statali, provinciali	IL	0,00	Viabilità minore	VM	0,00
Lariceti e cembrete	LC	0,70	Zone umide	ZU	0,00
Arbusteti subalpini	OV	0,15	Ghiacciai	GH	0,00
Praterie non utilizzate	PB	1,00	Acque lentiche	AG	0,00

b) **Variabili ambientali:** fattori limitanti di origine naturale inseriti nel modello:

- *Altitudine di presenza della specie:* 0 – 2.200 metri s.l.m. per il capriolo e 0 – 2.500 metri s.l.m. per il cervo; tutte le aree a quote superiori ricadono nella classe “non idoneo”;
- *Pendenza del terreno:* tutte le aree con pendenza del terreno > di 50° ricadono della classe “non idoneo” per entrambe le specie.

c) **Variabili ambientali:** fattori limitanti di natura antropica inseriti nel modello con algoritmi di tipo “Fuzzy”:

- presenza di aree industriali;
- presenza di aree di cava;
- presenza di discariche;
- presenza di strutture sportive.

La viabilità (autostrade, strade statali, strade provinciali e comunali, ferrovie) non è stata

inserita volutamente nel modello con algoritmi di tipo “Fuzzy”, poiché l’obiettivo del lavoro è conoscere l’habitat preferenziale per la specie nelle aree immediatamente limitrofe alle strade in modo da comprendere le motivazioni del transito sulla carreggiata. Si è ritenuto quindi opportuno visualizzare l’idoneità del territorio a prescindere dall’interferenza generata da una strada, anche se, almeno in parte, la viabilità incide sulla presenza della specie. L’ingombro delle strade è comunque inserito nella categoria di uso del suolo “Viabilità minore”.

d) **Fattori attrattivi**

È stato prodotto un file delle aree ecotonali, abitualmente preferite dalle specie, non inserite direttamente nel modello, ma sovrapposte allo strato cartografico come valore aggiunto all’idoneità ambientale territoriale.

L’elaborazione del modello ha portato ai risultati rappresentati nelle figure 4.1 e 4.2.

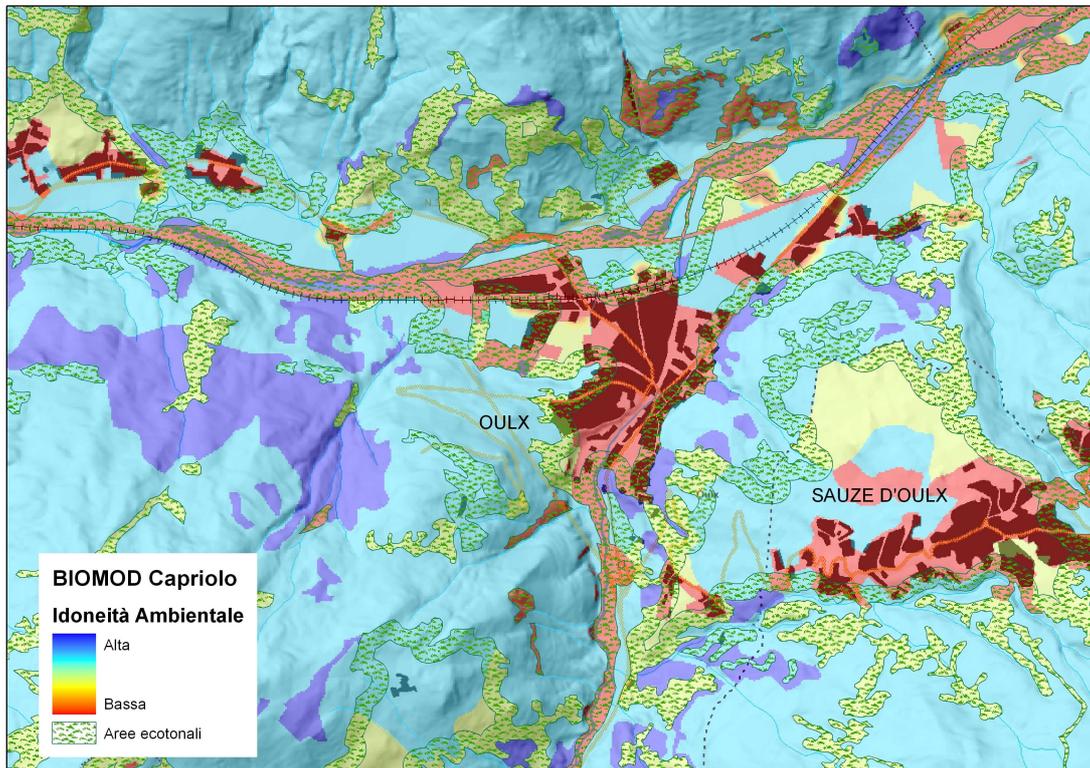


Figura 4.1. BIOMOD per *Capreolus capreolus* nei Comuni di Oulx e Sauze d'Oulx

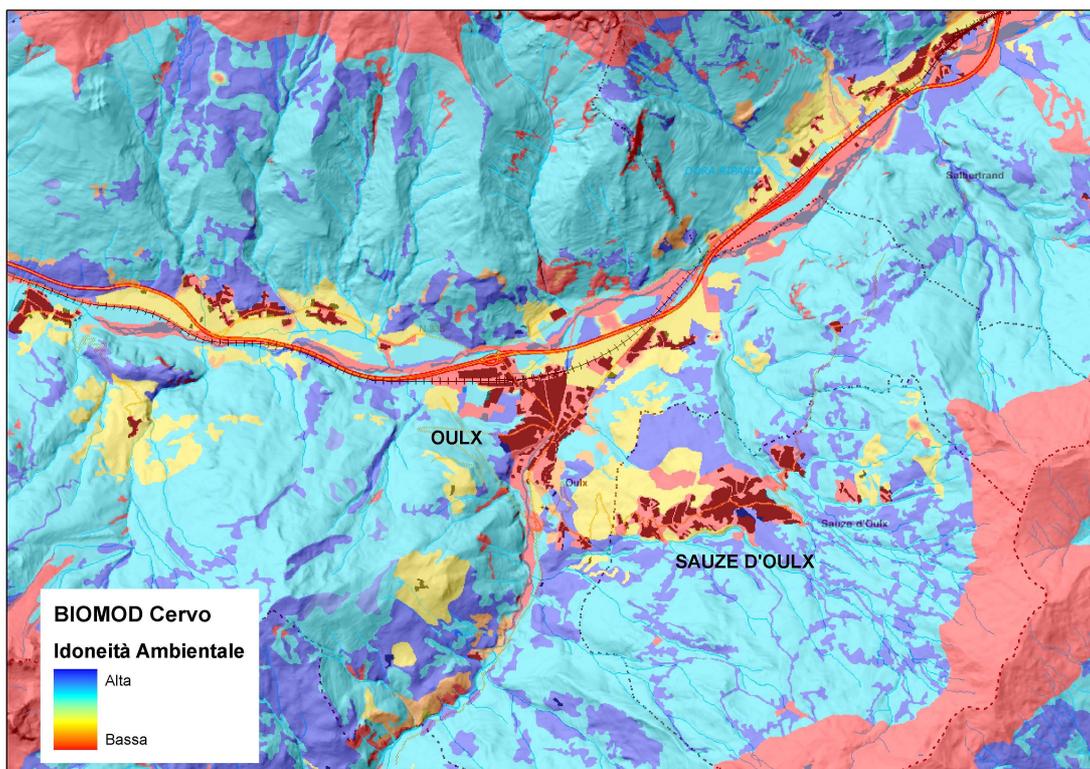


Figura 4.2. BIOMOD per il *Cervus elaphus* nei Comuni di Oulx e Sauze d'Oulx

4.1.1.2 Sovrapposizione con la carta degli incidenti e validazione

Mediante la sovrapposizione dei punti degli incidenti con il modello ecologico BIOMOD si è potuto valutare la distribuzione dei sinistri sulla base dell'idoneità del territorio nel tratto corrispondente, in modo da poter verificare l'attendibilità del modello elaborato. Affinché il dato ottenuto con la modellistica rispecchi la reale distribuzione ed esprima una corretta frequentazione delle aree idonee per la specie, è necessario che i punti incidentati siano ubicati in territori che presentano, almeno da un lato della carreggiata, condizioni di alta idoneità ambientale tali da giustificare la presenza della specie e la possibilità di accesso alla sede stradale. A tal fine si sono utilizzate una serie di macroaree per semplificare la visualizzazione e l'analisi dei dati. Queste aree sono state definite sulla base della densità degli incidenti (vedere paragrafo 5.2)

CAPRIOLO

Osservando i dati complessivi delle 5 macroaree si nota come, dei 62 incidenti rilevati, il 61 % (38 incidenti) sia avvenuto in tratti stradali immersi in una matrice completamente ad alta idoneità ambientale per il capriolo, il 32 % (20) in tratti dove solo un lato della carreggiata presenta habitat ad alta idoneità per la specie, mentre una percentuale non significativa, che corrisponde al 6% (4 sinistri), è avvenuta in tratti stradali non idonei per la specie, anche se in questi casi è stata riscontrata la presenza di una vasta area ad alta idoneità nelle immediate vicinanze.

- **Macroarea 1: S.S. 335 – Savoulx**

Sono stati georiferiti 4 incidenti, di cui il 75% (3) ricade in territorio ad alta idoneità e il 25% (1) ricade in un punto a bassa idoneità ambientale

per il capriolo anche se è immerso in un'ampia area ad alta idoneità.

- **Macroarea 2: S.S. 335 – Signols, Portetta**

Sono stati georiferiti complessivamente 11 sinistri stradali: 9 ricadono in aree ad alta idoneità ambientale per il capriolo da entrambi i lati della carreggiata; 1 incidente ricade in un tratto con un breve tratto di bassa idoneità ambientale da un lato della carreggiata; 1 incidente ricade all'interno di un tratto, nei pressi dell'abitato di Signols, a bassa idoneità ambientale.

- **Macroarea 3: S.S. 335 Dir. – Beaume**

Sono stati georiferiti 5 sinistri con coinvolgimento di fauna selvatica. Tutti ricadono in tratti stradali che presentano alta idoneità ambientale per il capriolo da entrambi i lati della carreggiata.

- **Macroarea 4: S.S. 24 – Gad**

E' stato possibile georiferire 33 sinistri con coinvolgimento di capriolo così suddivisi: 12 ricadono in aree ad alta idoneità da entrambi i lati della carreggiata; 18 ricadono in tratti stradali che presentano alti valori di idoneità da un lato della carreggiata; 3 ricadono in tratti stradali che presentano bassi valori di idoneità ambientale per il capriolo da entrambi i lati della carreggiata (inizio dell'abitato di Oulx), anche se a circa 30 metri si riscontra un'area ad alta idoneità molto vasta.

- **Macroarea 5: S.S. 24, S.P. 214.**

Sono stati georiferiti 9 sinistri, di cui 5 in aree ad alta idoneità ambientale e 4 a media idoneità. Complessivamente il 100% degli incidenti è avvenuto in un tratto stradale circondato da territorio idoneo per la specie.

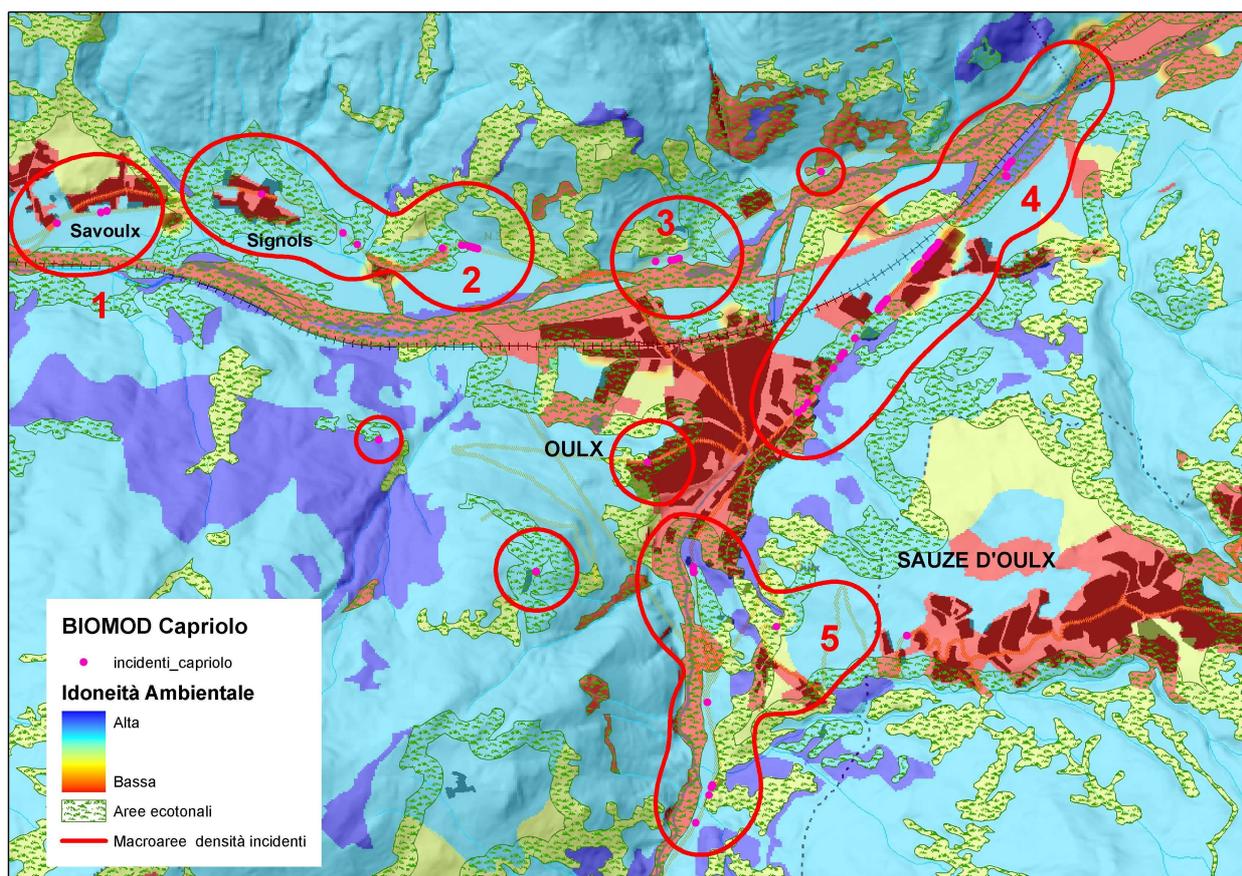


Figura 4.3. Analisi di validazione: raffronto del modello ecologico "BIOMOD capriolo" con i dati degli incidenti

CERVO

- **Macroarea 1: S.S. 335 – Savoulx**

Sono stati georiferiti 5 incidenti, di cui l'80 % (4 sinistri) ricade in territorio a media idoneità, mentre il 20 % (1) ricade in un punto a bassa idoneità ambientale per il cervo anche se è immerso in un'ampia area a media idoneità.

- **Macroarea 2: S.S. 335 – Signols, Portetta**

Sono stati georiferiti complessivamente 7 sinistri stradali: 5 ricadono in aree con grado di idoneità ambientale medio per il cervo da entrambi i lati della carreggiata, mentre 2 incidenti ricadono in un tratto stradale nei pressi dell'abitato di Signols a bassa idoneità ambientale.

- **Macroarea 3: S.S. 335 Dir. – Beaume**

Sono stati georiferiti 2 sinistri con coinvolgimento di fauna selvatica che ricadono in tratti stradali che presentano alta idoneità

ambientale per il cervo da entrambi i lati della carreggiata.

- **Macroarea 4: S.S. 24 – Gad**

Sono stati georiferiti 11 sinistri con coinvolgimento del cervo: 3 ricadono in aree ad alta idoneità da entrambi i lati della carreggiata; 8 ricadono in tratti stradali che presentano un lato della carreggiata a bassa idoneità ambientale, mentre l'altro risulta idoneo.

- **Macroarea 5: S.S. 24, S.P. 214.**

Sono stati georiferiti 8 sinistri, di cui 4 in aree ad alta idoneità ambientale e 2 a media idoneità. Due incidenti ricadono invece in punti caratterizzati da un breve tratto di bassa idoneità ambientale da un lato della carreggiata e di alta idoneità dall'altro.

Osservando i dati complessivi delle 5 macroaree, si nota come, dei 33 sinistri rilevati, il 60,6 % (20 incidenti) sia avvenuto in tratti stradali immersi in una matrice complessivamente idoneo per il cervo, il 33 % (11) in tratti dove solo un lato della carreggiata presenta habitat idoneo per la

specie (alta o media idoneità ambientale), mentre una percentuale non significativa, che corrisponde al 6% (2 sinistri), è avvenuta in tratti stradali non idonei per la specie, anche se in questi casi è stata riscontrata la presenza di una vasta area ad alta idoneità nelle immediate vicinanze.

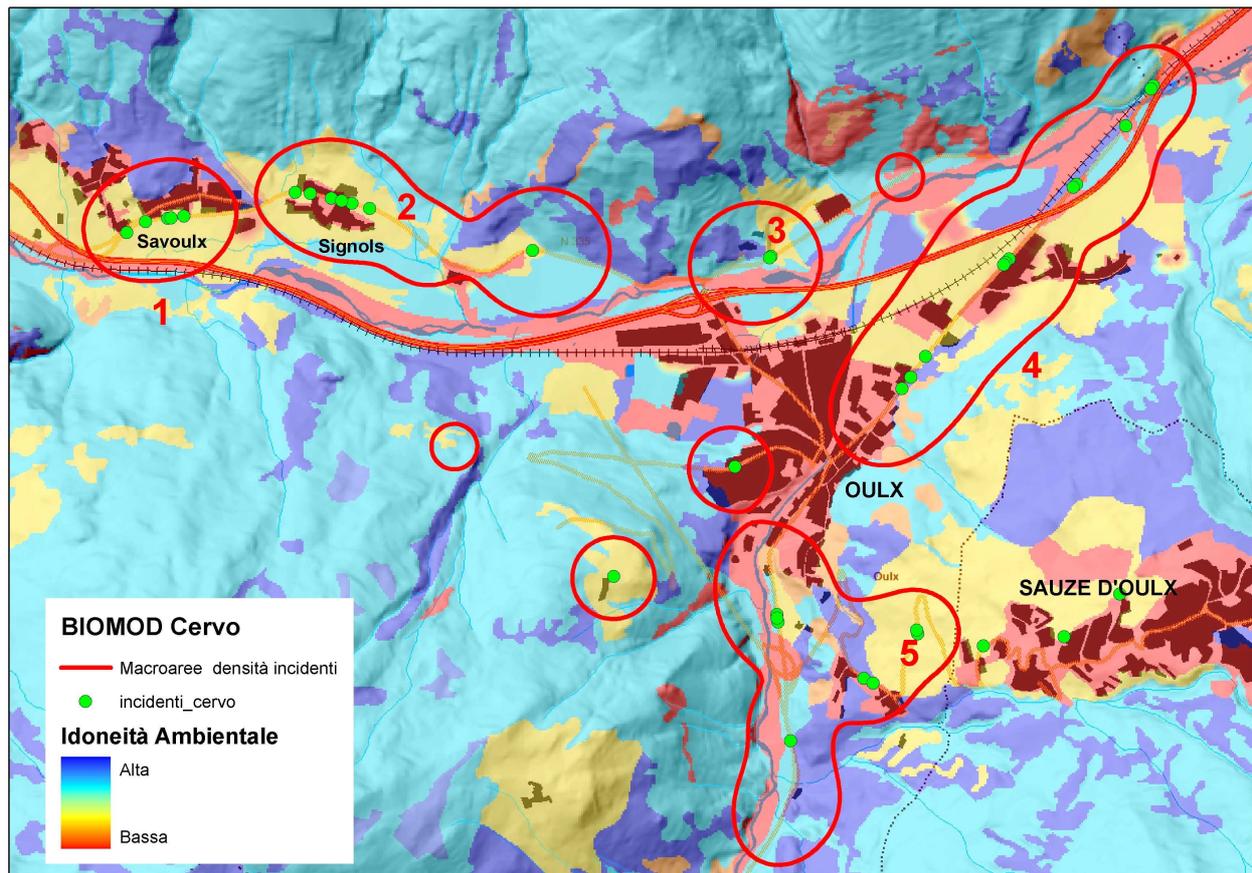


Figura 4.4. Analisi di validazione: raffronto del modello ecologico "BIOMOD cervo" con i dati degli incidenti

4.1.2 Modello ecologico FRAGM (Connettività ecologica)

4.1.2.1 Descrizione della procedura

La prima azione è stata l'adattamento delle basi cartografiche esistenti (costituite per lo più dagli usi e coperture del suolo realizzate nell'ambito della redazione dei Piani Forestali Territoriali della Regione Piemonte) sulla base

delle esigenze del lavoro: si è quindi resa necessaria la revisione delle classi di uso del suolo, accorpandone alcune ed introducendone di nuove, relative in particolar modo ai corpi idrici ed alle infrastrutture lineari (vie di comunicazione e canali artificiali) (tabella 4.3).

La seconda azione è stata invece la scelta degli indicatori ambientali, attraverso la creazione di due "insiemi" di classi d'uso del suolo: il primo contiene tutte le "aree sorgente" (ovvero le zone

naturali o semi-naturali), mentre il secondo è costituito dalle superfici di frizione (le aree interposte alle sorgenti), cioè dalle superfici che rappresentano un ostacolo al passaggio o alla permanenza della teriofauna.

I valori di frizione assegnati alle diverse classi dipendono dal loro grado di permeabilità

ecologica e sono stati tratti in parte dalla letteratura e in parte determinati attraverso la tecnica del “confronto a coppie” (Brooker L., 1999; Patthey P., 2003; Idrisi tutorial, 2001). Il “costo base” è assegnato alle aree sorgente (che rappresentano i punti d’arrivo o di partenza degli spostamenti) ed è pari a 1.

Tabella 4.3. Valore di frizione per i diversi usi del suolo

Tipologia uso del suolo	Sigla categoria PFT corrispondente	Codice CORINE Land Cover	Valore di frizione (cost)
Superfici forestali, cespuglieti, ex-coltivi, praterie e torbiere	UM, SP, RI, RB, QV, QR, QC, PS, PR, PN, PL, PG, PE, PB, OV, LC, FA, CV, CP, CE, CB, CA, BS, AS, AN, AF, AB (SF), TB	311, 312, 313, 321, 322, (323) 324	1
Impianti di arboricoltura da legno	AL, AX, AY, AZ		5
Prati stabili di pianura, prato-pascoli	PT, PX	231, 244	10
Viabilità minore	VM		10
Aree agricole con spazi naturali		243	15
Rocce, greti e macereti	RM, GR	331, 332, 333	20
Zone umide e canneti	CN, ZU	411	40
Frutteti e vigneti (colture legnose)	FV	221, 222	100
Zone agricole eterogenee		241, 242	150
Seminativi	SE	211, 212, 213	200
Acque lotiche (corsi d’acqua)	AQ	511	200
Verde urbano (parchi e infrastrutture)	UV	141, 142	300
Aree estrattive	ES	131, 132, 133	600
Infrastrutture lineari (strade statali, provinciali, ferrovie, canali artificiali e condotte forzate)	IL		1000
Acque lentiche (bacini naturali e artificiali) e ghiacciai	AG, GH	512, 335	10000
Aree urbanizzate (aree urbane, discariche, autostrade)	UI, DI	121, 122, 124, 111, 112	10000

Il valore di frizione attribuito ad ogni classe di uso del suolo è crescente in rapporto all’aumentare del grado di difficoltà incontrato dai mammiferi a permanervi o a muoversi attraverso di esse (sarà dunque massimo per le aree urbane e le principali infrastrutture lineari, quali autostrade e superstrade) e, come evidenziato nella tabella, è compreso in un intervallo che oscilla tra 5 e 10.000 (frizione massima).

I files di input utilizzati dal modello sono relativi alle aree sorgente presenti, alle superfici di frizione, alle infrastrutture lineari e alle pendenze.

La metodologia adottata si basa sulla sovrapposizione e sull’integrazione dei dati (convertiti in formato raster con celle con passo di 10 m) provenienti dai diversi files tramite operazioni appropriate.

Sulla base dei valori assunti dal Cost distance sono state individuate sei classi diverse, riportate nella tabella seguente, che esprimono il livello di connettività naturale di un dato territorio.

Tabella 4.4. Classi di connettività ecologica

Classe	Valore
Alta	0-50
Medio alta	51-200
Media	201-800
Scarsa	801-1000
Molto scarsa	1001-10000
Assente	>10000

4.1.2.2 Risultato ottenuto

L'elaborazione della procedura ha prodotto il risultato visualizzato nella figura seguente, relativa alla **connettività ecologica del territorio ottenuta con il Modello ecologico FRAGM.**

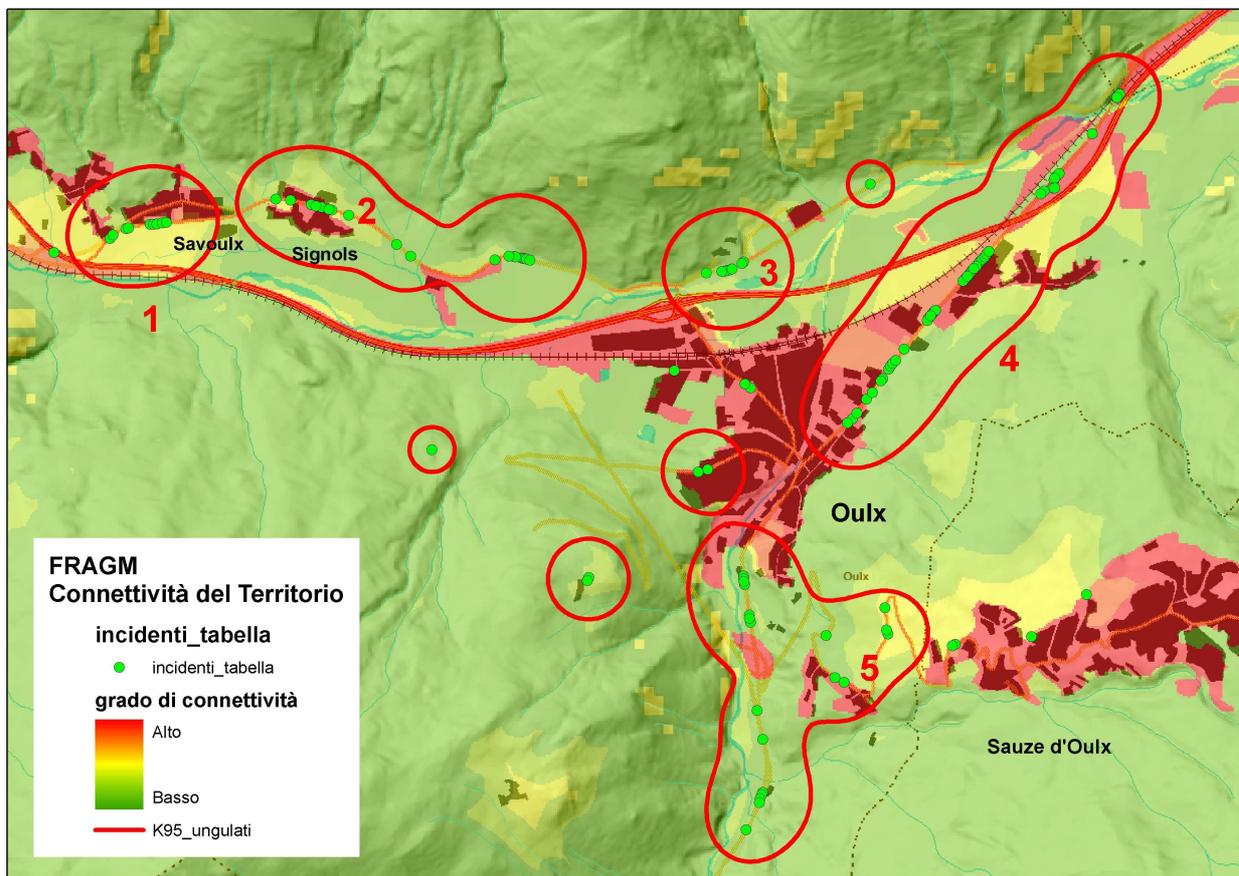


Figura 4.5. Modello ecologico FRAGM – Connettività Ecologica del territorio. Dettaglio dell'area oggetto di approfondimento (Comune di Oulx).

4.1.3 Rete ecologica dell'area di studio

esistente nel territorio oggetto di studio che viene rappresentata nella figura seguente.

Sulla base della metodologia riportata nell'allegato II è stata realizzata la rete ecologica

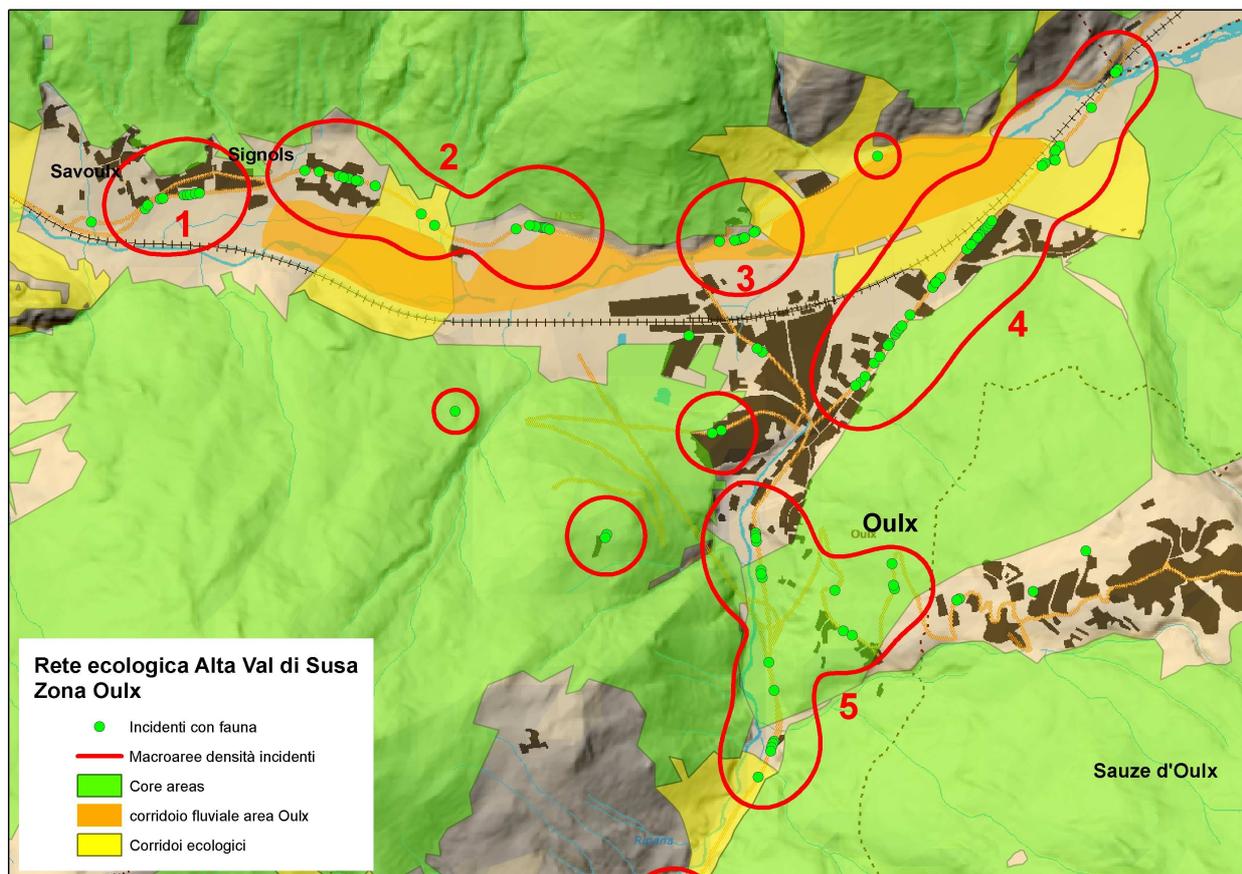


Figura 4.6. Rete ecologica del territorio - Dettaglio dell'area oggetto di approfondimento (Comune di Oulx)

Perché sia possibile mettere in relazione gli incidenti e la rete ecologica e questa raffiguri una situazione assimilabile al reale comportamento delle specie animali, è necessario che le collisioni riscontrate nelle macroaree significative siano ricomprese in tratti stradali posti all'interno di un corridoio ecologico (o nelle immediate vicinanze), oppure siano limitrofe ai confini di una o più core areas (a non più di 200/250 metri circa). È infatti verosimile che i sinistri avvengano in aree esterne alle core areas (lungo le strade) proprio perché, per definizione, queste sono aree in cui le specie vivono senza interferenze antropiche. Per la validazione della rete ecologica, risulta comunque

fondamentale che nelle immediate vicinanze di un punto di collisione sia riscontrata la presenza di un elemento della rete ecologica.

La procedura di validazione ha portato ai seguenti risultati:

- **Macroarea 1: S.S. 335 – Savoulx**
Sono stati riscontrati 9 incidenti ad una distanza compresa tra i 110 e i 190 metri da un elemento della rete ecologica (la core area a monte di Savoulx). Tutti gli incidenti ricadono comunque entro i limiti imposti precedentemente.

- **Macroarea 2: S.S. 335 – Signols, Portetta**

Sono stati riscontrati complessivamente 19 sinistri stradali: il 63% (12 sinistri) ricadono in corrispondenza di un corridoio ecologico o nelle immediate vicinanze di un elemento della rete ecologica (in questo caso a non più di 100 metri dalla core area o dal corridoio ecologico); il 37% (7 sinistri) si trova invece ad una distanza compresa tra i 130 e i 190 metri da un elemento della rete ecologica (la core area a monte di Signols). Tutti gli incidenti ricadono comunque entro i limiti imposti precedentemente.

- **Macroarea 3: S.S. 335 Dir. – Beaume**

Sono stati riscontrati 8 sinistri con coinvolgimento di fauna selvatica che ricadono tutti in tratti stradali all'interno di un corridoio ecologico o nelle immediate vicinanze di un elemento della rete ecologica (in questo caso in un'area a non più di 10 metri dalla core area e da 2 corridoi ecologici). Tutti gli incidenti ricadono quindi entro i limiti imposti precedentemente.

- **Macroarea 4: S.S. 24 – Gad**

Sono stati riscontrati 47 sinistri con coinvolgimento di fauna selvatica: il 94% (44 sinistri) si trova in corrispondenza di un corridoio ecologico o nelle immediate vicinanze di un elemento della rete ecologica (in questo caso a non più di 50 metri dalla core area o dal corridoio ecologico); il 4% (3 sinistri) all'esterno di elementi della rete ecologica e ad una distanza maggiore di 100 metri (tra i 130 e i 180 metri). Tutti gli incidenti ricadono comunque entro i limiti imposti precedentemente.

- **Macroarea 5: S.S. 24, S.P. 214.**

Sono stati riscontrati 21 incidenti, di cui il 57% (12 sinistri) ricade all'interno del corridoio ecologico che percorre il versante di Sauze d'Oulx fino al Gran Bosco di Salbertrand e il 43% è ubicato ad una distanza compresa tra i 40 e i 100

metri dallo stesso corridoio ecologico o dalla core area vicina.

Osservando i dati complessivi delle 5 macroaree, si nota come tutti gli incidenti riscontrati soddisfino i requisiti imposti per la validazione. Pertanto si può affermare che la rete ecologica rappresentata rispecchi il reale assetto ecologico/territoriale e risponda effettivamente alle esigenze delle specie analizzate e alle loro scelte di frequentazione del territorio.

4.1.4 Considerazioni conclusive sull'efficacia dei modelli ecologici

I risultati ottenuti dimostrano come tutti i sinistri con fauna selvatica accertati soddisfano i requisiti precedentemente descritti. I dati relativi ai modelli ecologici e alla rete ecologica rispecchiano quindi la reale situazione territoriale e la dinamica del comportamento delle specie studiate. Risulta pertanto utile avvalersi di queste metodologie nell'ambito delle indagini finalizzate a possedere una conoscenza del territorio relativamente a come questo è utilizzato dalle specie animali anche in assenza di dati diretti (censimenti, ecc.), rendendo possibili valutazioni previsionali volte alla tutela delle specie e alla conservazione delle aree naturali.

4.2 Valutazioni ed ipotesi sul contributo della geomorfologia alla localizzazione delle aree a rischio incidenti

A seguito delle analisi previsionali e delle successive verifiche in campo circa le aree critiche per la presenza di incidenti, risulta di fondamentale importanza una rappresentazione

del fenomeno in grado di rendere comprensibili agli utenti le cause naturali, con particolare riferimento alla morfologia del terreno, che possono aver contribuito a favorire la concentrazione degli animali in determinati punti della strada, aumentando di conseguenza il rischio di collisione.

Per rispondere adeguatamente a questo tipo di esigenza, si è pensato di presentare i risultati con l'utilizzo di visualizzatori 3D che rappresentano dati spaziali tridimensionali. Il software utilizzato permette di integrare differenti tipi di dati spaziali: immagini e modelli digitali del terreno (DTM), livelli vettoriali 2D e 3D georiferiti.

L'utilizzo di questi strumenti consente sia una più facile e diretta comprensione del fenomeno, sia una valutazione circa l'esistenza di una relazione tra morfologia del territorio e concentrazione dei sinistri che coinvolgono la fauna selvatica.

Di seguito sono riportate alcune immagini esemplificative ottenute incrociando i diversi dati relativi a:

- morfologia del territorio,
- ortofoto,
- punti critici desunti dall'analisi kernel,
- visualizzazione della rete ecologica del territorio (core areas e corridoi ecologici).

4.2.1 Considerazioni

Dall'analisi delle immagini si possono ricavare alcune considerazioni interessanti sul rapporto tra morfologia del territorio e movimenti faunistici, attraverso l'individuazione dei punti di maggior rischio di collisione con la fauna, e sull'utilità di strumenti tridimensionali, specialmente in contesti montani.

L'analisi della morfologia territoriale, coniugata alla possibilità di leggere l'uso del suolo e l'antropizzazione del territorio, permette in un certo senso di sostituirsi alla visione dell'animale. Si hanno così a disposizione spunti di interpretazione per le motivazioni o le scelte compiute sulla direzione di movimento, utili per individuare i punti critici con le principali barriere ecologiche.

Passando all'analisi delle risultanze dello studio, la figura G mostra la corrispondenza tra le zone di collisione ed il corridoio ecologico della conca di Oulx. La visione tridimensionale permette di comprendere come, sul versante sinistro, la presenza di grandi core areas coincida con un versante ripido ed in alcuni tratti inaccessibile. L'individuazione del corridoio ecologico corrisponde all'unica area dove le pendenze si addociscono e diventano un motivo di attrazione per gli animali che intendono risalire questo versante per raggiungere le core areas. Passando ad un'analisi più puntuale, il modello tridimensionale evidenzia come le due aree in cui si registrano gli incidenti, poste una al piede del versante sinistro della valle e l'altra in corrispondenza dei punti di raccordo tra conoide alluvionale e pareti rocciose, coincidano con due settori di minore pendenza con abbondanza di stepping stones (piccole macchie, balze terrazzate e vegetate), che sembrerebbero fungere da attrattori dei movimenti in risalita o in discesa degli ungulati.

Il versante destro, che ha un grosso potenziale di attrazione, in quanto è ricco di aree ecotonali e di ampie zone erbose su bassa pendenza, si conferma come l'area a maggior rischio di incidentalità in tutto il territorio comunale di Oulx, a causa della sovrapposizione del grande flusso faunistico con un'intensa urbanizzazione e della presenza di infrastrutture viarie ad alta densità di transito.

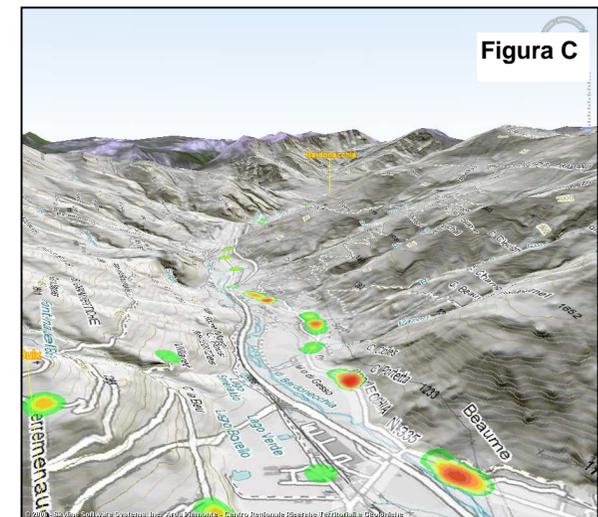
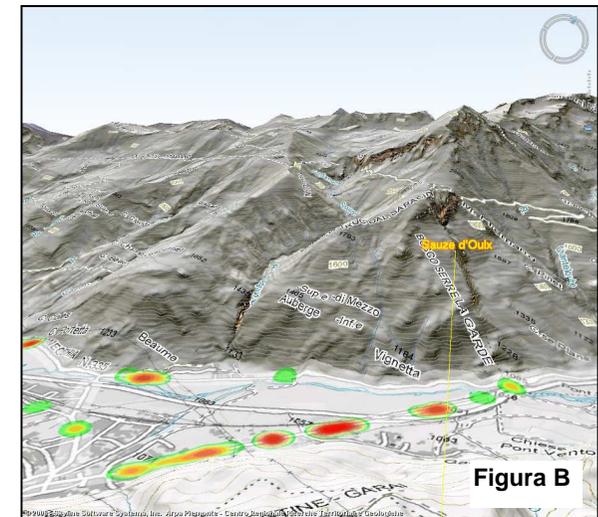
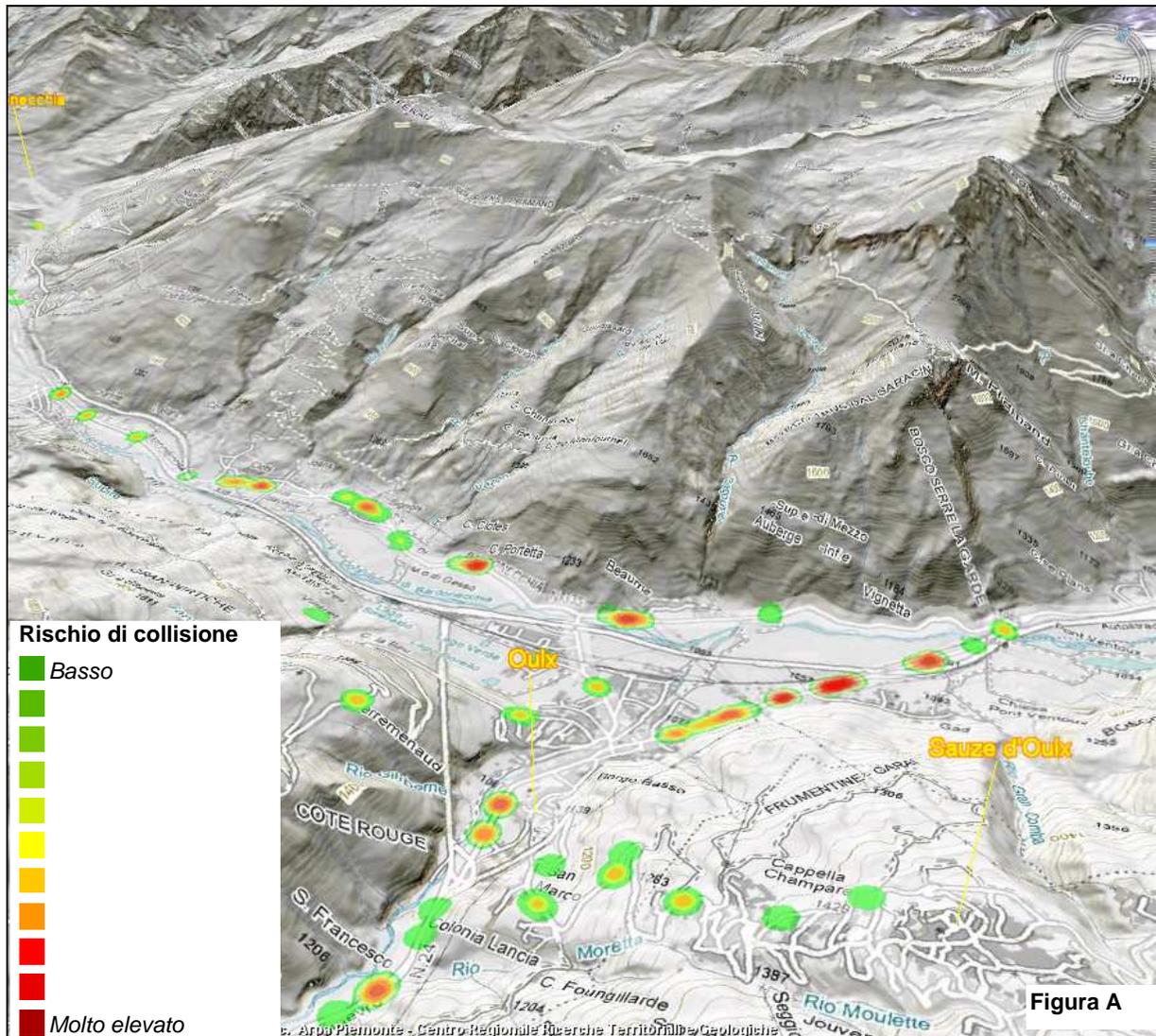
La figura I illustra la situazione in cui la valle si restringe in corrispondenza degli abitati di Signols e di Savoulx. Sui due versanti opposti si estendono grossi e compatti comprensori forestali (core areas) che giungono fino al piede del versante. L'area è caratterizzata inoltre dalla più ampia distesa di bosco ripariale sulla sponda sinistra della Dora, dalla presenza di ampie aree di greto facilmente guadabili dagli animali e dall'assenza di aree urbanizzate, con l'eccezione dei due piccoli abitati. Si tratta quindi di una situazione molto favorevole all'attraversamento della valle, consentito anche dalla presenza lungo il rilevato autostradale di alcuni varchi costituiti da scatolari, tombini e fornici di tipo idraulico, utili, almeno per questo tratto, alla continuità del corridoio ecologico. La visione tridimensionale mostra che gli animali hanno la possibilità di vedere il versante opposto se si trovano in un'area aperta. La corrispondenza dei punti critici di collisione con le strutture morfologiche (impluvi) che guidano il percorso degli animali si evidenzia maggiormente nella visione dal versante sinistro in figura L. In questa figura si può osservare la corrispondenza, sul versante sinistro, di tre aree di collisione con due incisioni non troppo accentuate e con la cresta compresa tra esse, che favoriscono la risalita o la discesa degli animali verso i comprensori boscati posti a quota superiore. Il rischio di collisione è maggiore nel caso dell'impluvio che corrisponde all'abitato di Signols, dove l'effetto barriera è maggiore.

Nella figura N si osserva l'influenza dell'apertura a ventaglio della conoide tra Savoulx e Signols, costituita da ampie radure dolcemente digradanti ai margini del bosco, che

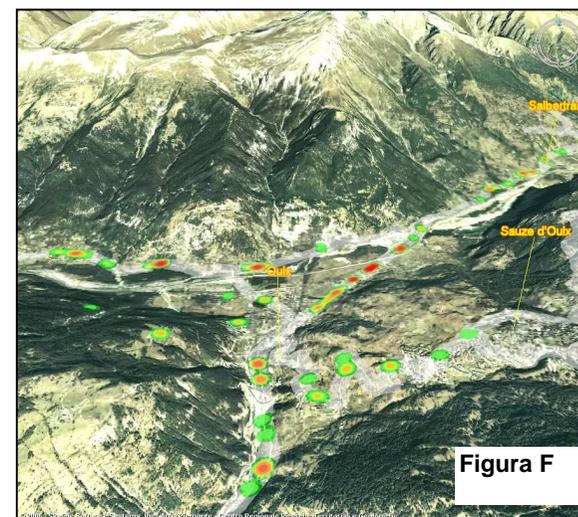
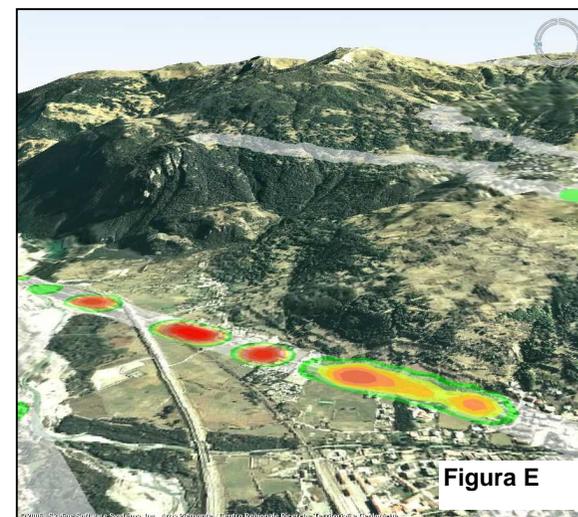
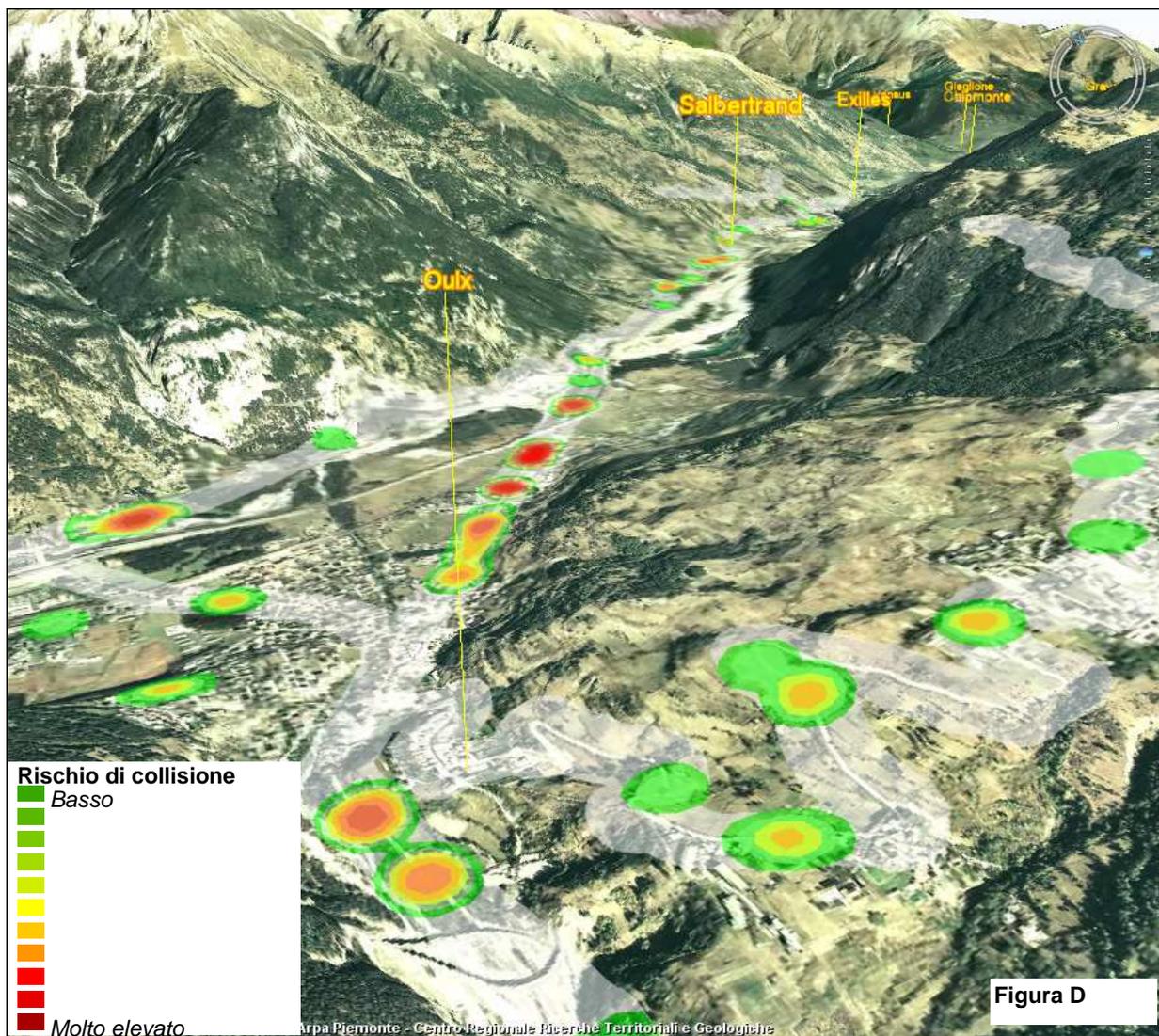
raccomandano una grande riserva alimentare con sufficiente riparo da disturbi antropici, interrotte da piccole balze rocciose che fanno confluire le possibilità di passaggio verso alcuni punti particolari. Sul versante destro opposto, continua la presenza del bosco; la fascia di greto si riduce invece drasticamente, poiché la Dora assume una configurazione incassata. Di conseguenza l'unico varco transitabile è un ponte utilizzabile anche dalla fauna, posto in corrispondenza di un sottopasso autostradale. Sono stati rilevati numerosi segni della presenza animale che confermano una grande frequentazione di questi ambienti. Ci si aspetta quindi un flusso che dal versante sinistro si incanala verso quest'unica possibilità di attraversamento trasversale della valle (e viceversa). La figura tridimensionale illustra come il più alto numero di incidenti avvenga nell'area posta tra l'impluvio boscato in versante sinistro e il ponte sulla Dora.

E' verosimile che gli animali, nei loro spostamenti, siano guidati dalla visione di elementi di riferimento, che innanzi tutto li conducono verso la meta finale dei movimenti per la ricerca di siti di alimentazione o di dispersione in funzione riproduttiva (visione a distanza di grandi complessi boscati, di ampie praterie e pascoli, distanti da aree urbanizzate). Possono inoltre essere guidati da elementi territoriali (quali coperture vegetali, corsi d'acqua, impluvi, creste, zone di stepping stones su aree a pendenze moderate) che offrono all'animale un certo grado di sicurezza nell'attraversamento del territorio, vie di fuga a rapida portata, una struttura guida per il suo tragitto e risorse intermedie di alimentazione.

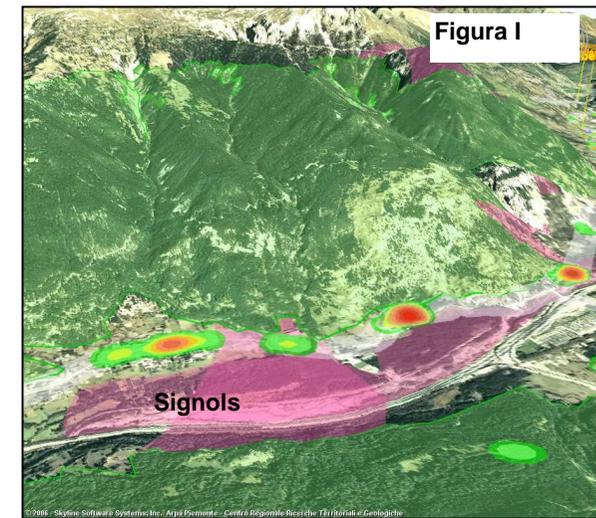
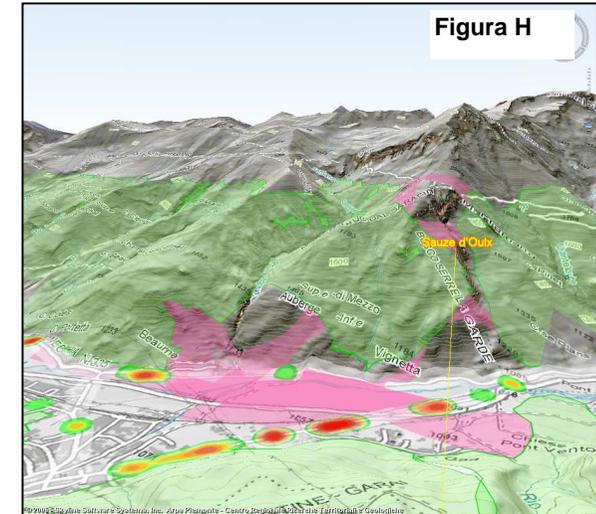
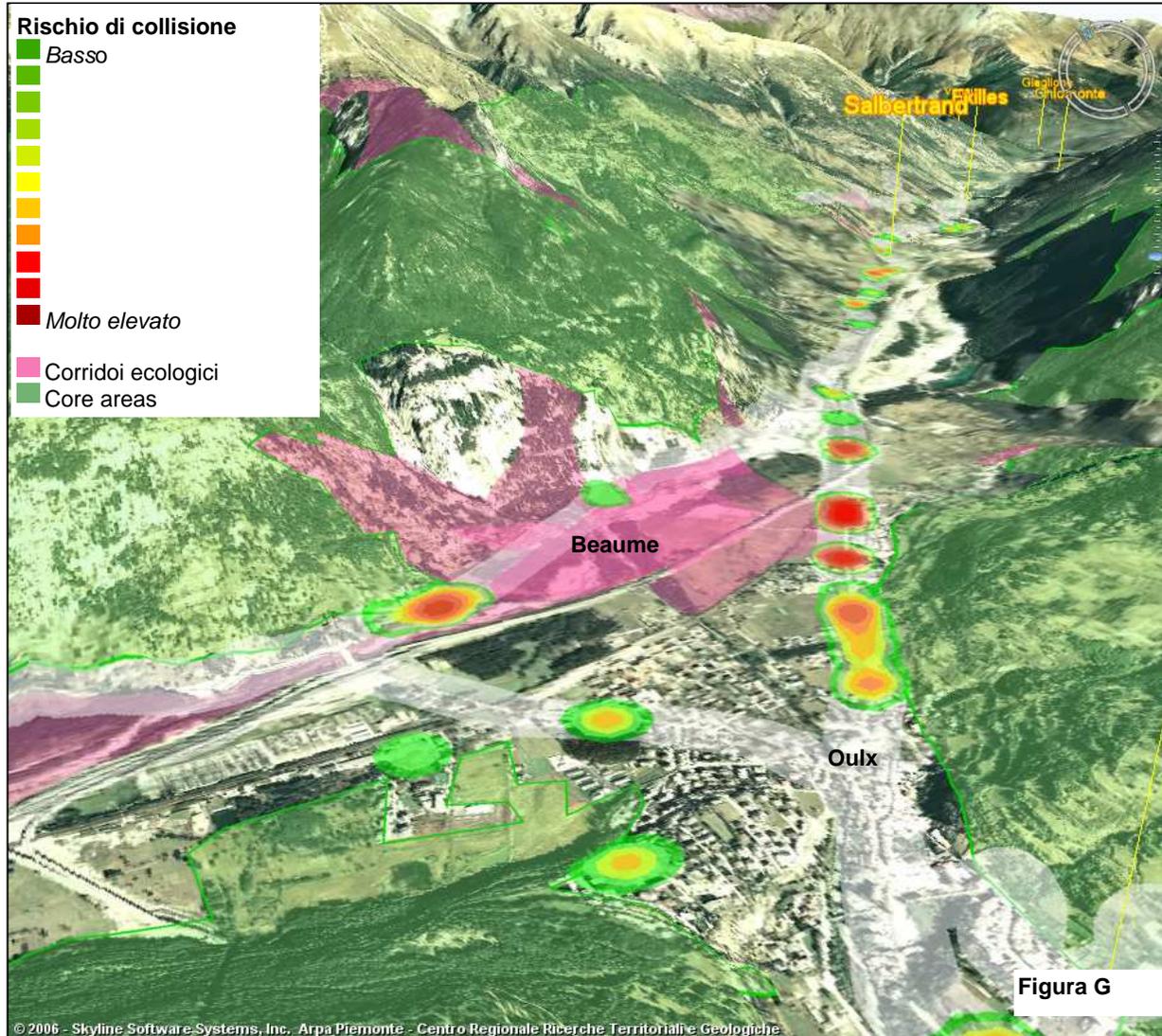
Visualizzazione 3D dell'area di studio (CTR 50 su DTM 10m) con la sovrapposizione delle aree a diverso rischio di collisione con fauna selvatica sulla base dei risultati delle analisi "Kernel density"



Visualizzazione 3D dell'area di studio (ortofoto IT 2000 su DTM 10m) con la sovrapposizione delle aree a diverso rischio di collisione con fauna selvatica sulla base dei risultati delle analisi "Kernel density"

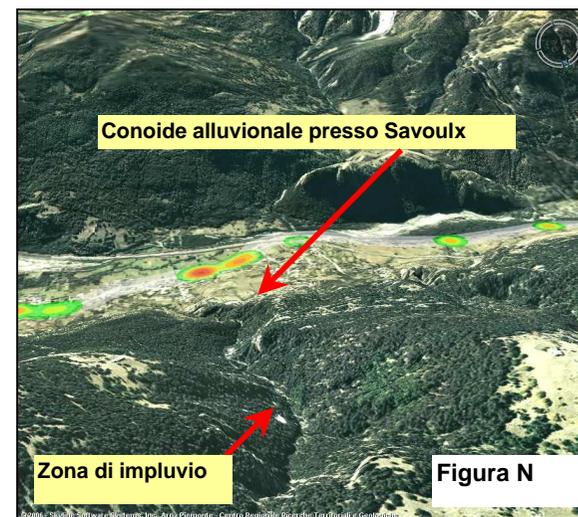
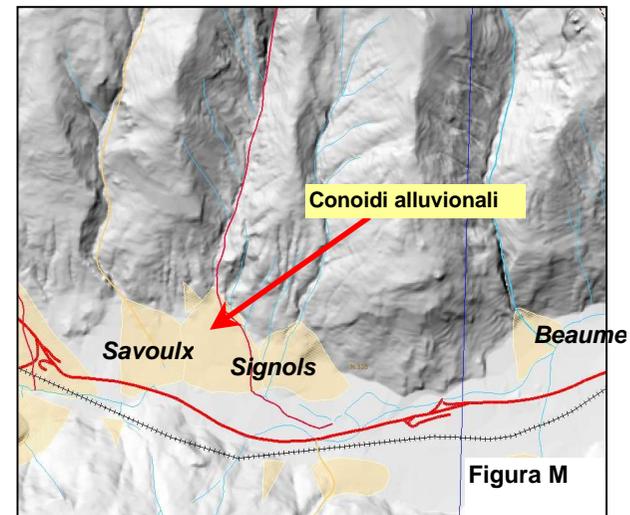
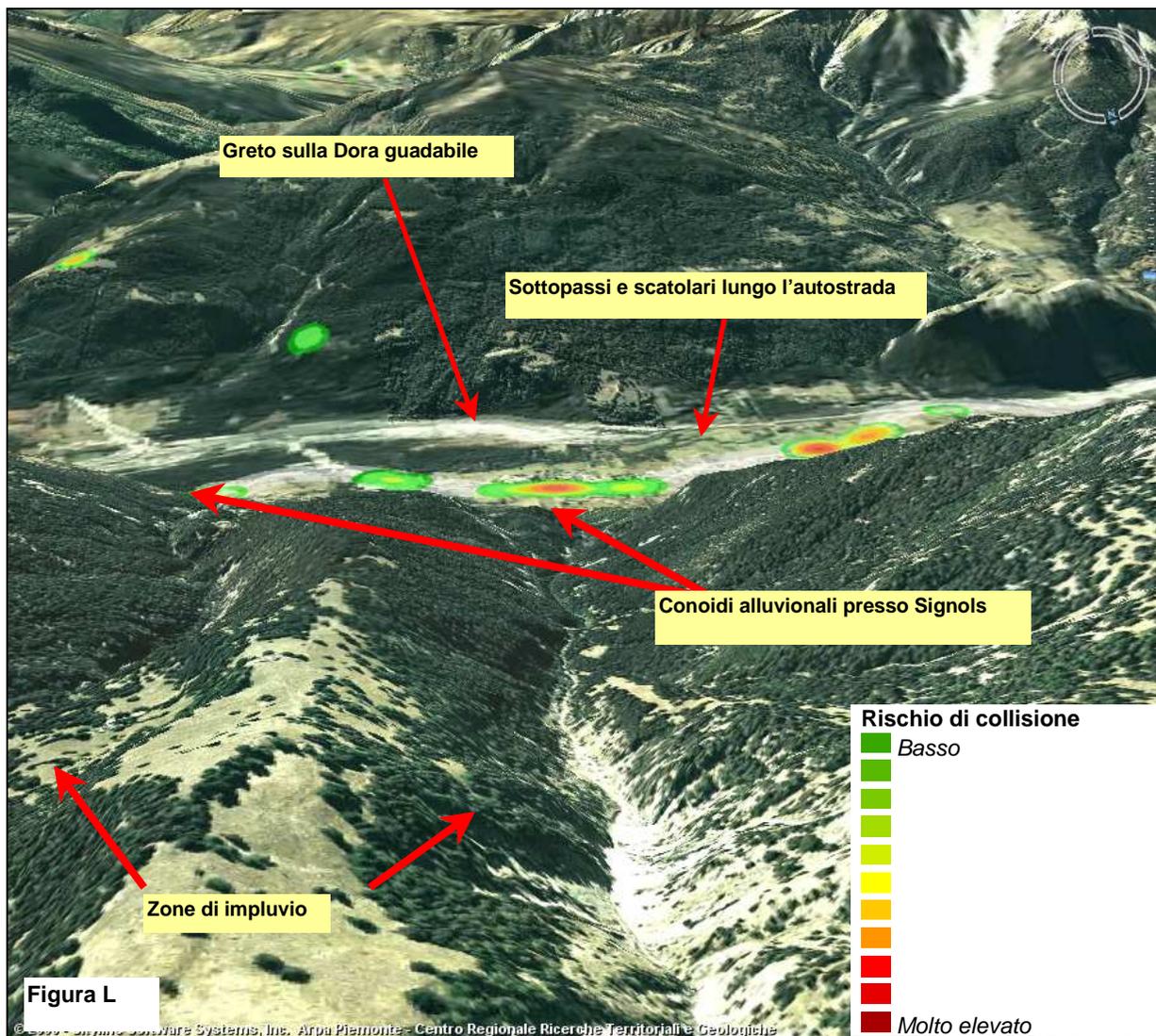


Visualizzazione 3D dell'area di studio la con la sovrapposizione delle aree a diverso rischio di collisione con fauna selvatica sulla base dei risultati delle analisi *Kernel density* in relazione alla rete ecologica (*core areas* e corridoi ecologici) del territorio



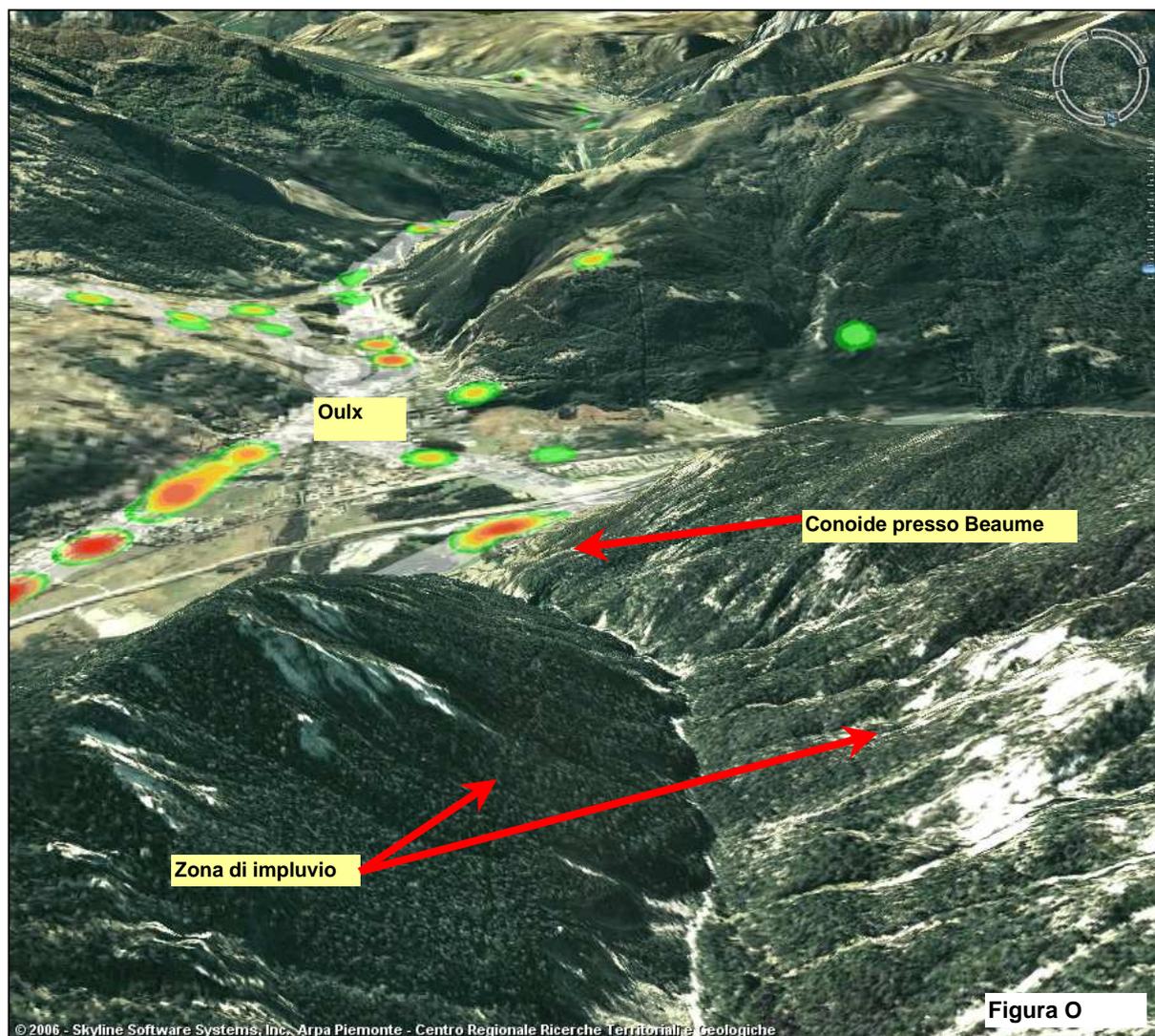
Visualizzazione 3D dell'area di studio (ortofoto IT 2000 su DTM 10m) con la sovrapposizione delle aree a diverso rischio di collisione con fauna selvatica sulla base dei risultati delle analisi "Kernel density"

Dettaglio tratto loc. Signols-Savoulx, aree di conoide



Visualizzazione 3D dell'area di studio (ortofoto IT 2000 su DTM 10m) col la sovrapposizione delle aree a diverso rischio di collisione con la fauna selvatica sulla base dei risultati delle analisi "Kernel density".

Dettaglio zona loc. Beaume, area di conoide



5. Caso studio: proposte di mitigazione

5.1 Lineamenti ecologici, vegetazionali e faunistici del Comune di Oulx

L'abitato di Oulx è ubicato al centro dell'Alta Val di Susa, presso la confluenza tra la Dora Riparia e la Dora di Bardonecchia, collocato alle pendici del monte Cotolivier (2105 m.) e dominato a nord dal monte Seguret (2910 m.)

Dal punto di vista geologico, nel territorio compreso tra i Comuni di Bardonecchia, Cesana Torinese, Claviere, Exilles, Oulx, Salbertrand, Sauze di Cesana, Sauze d'Oulx, Chiomonte, Gravere e Giaglione, la formazione dominante è quella dei calcescisti, estesa su tutto il territorio ad eccezione di limitati affioramenti calcareo-dolomitici e delle rocce cristalline appartenenti al massiccio d'Ambin, incisi dai due solchi vallivi generati dal torrente Dora di Bardonecchia e dal torrente Ripa, che all'altezza di Oulx si uniscono per dare origine al fiume Dora Riparia.

Entrambe le valli hanno un fondovalle ampio e i tributari laterali sono, al contrario, generalmente molto incassati. Il paesaggio delle zone a calcescisti, a causa della loro limitata resistenza agli agenti atmosferici, è caratterizzato da forme tendenzialmente morbide che si contrappongono alle forme più aspre delle pietre verdi ed alla verticalità delle pareti calcareo dolomitiche.

Dal punto di vista climatico, l'Alta Valle Susa è uno dei poli di continentalità della catena alpina;

le precipitazioni sono molto limitate (672 mm ad Oulx a 1121 m s.l.m.) ed il regime pluviometrico è di tipo equinoziale con un massimo assoluto invernale. Secondo la classificazione dell'IPLA tratta da "I Tipi forestali del Piemonte", l'Alta Valle Susa rientra per la quasi totalità nel distretto climatico "endalpico asciutto", caratterizzato da una grande ricchezza vegetazionale. Sono presenti, in popolamenti puri o misti, tutte le conifere dell'arco alpino occidentale: pino cembro, larice, abete rosso, abete bianco, pino silvestre, pino uncinato arboreo e prostrato.

Gli ambienti tipicamente presenti nell'area di interesse sono:

- aree ad alluvioni recenti, con alta variabilità della falda e substrato prevalentemente drenante;
- porzioni di base dei versanti;
- parti mediane dei versanti.

5.1.1 Vegetazione

Come si evince dalla tabella di seguito riportata, i cui valori sono stati tratti dal Piano Forestale Territoriale relativo al Comune di Oulx, le categorie forestali maggiormente rappresentate sono "lariceti e cembrete" e "pinete di pino silvestre", che insieme ricoprono il 50% della superficie totale.

Tabella 5.1. Categorie forestali del comune di Oulx (da "Carta Forestale e delle altre Coperture del Territorio" redatta nell'ambito dei Piani Forestali Territoriali)

Categoria forestale	Ettari	% sul totale
Lariceti e cembrete	2784	27,8
Pinete di pino silvestre	2226	22,2
Rocce e macereti	1425	14,2
Praterie	904	9,0
Prato-pascoli	570	5,7
Praterie non utilizzate	539	5,4
Peccete	389	3,9
Praterie rupicole	369	3,7
Aree urbanizzate, infrastrutture	222	2,2
Pinete di pino uncinato	191	1,9
Greti	90	0,9
Acero-tiglio-frassineti	85	0,8
Arbusteti planiziali, collinari, montani	84	0,8
Rimboschimenti	68	0,7
Alneti planiziali e montani	34	0,3
Abetine	22	0,2
Acque	9	0,1
Aree verdi urbane	6	0,1
Querceti di roverella	1	0,0

Nel territorio del Comune di Oulx sono distinguibili tre tipi di lariceto:

- Lariceto su rodoreto-vaccinieto e su pascolo. I lariceti pascolati e i lariceti con sottobosco pabulare interrotto da arbusti a dominanza di ericacee rappresentano il tipo forestale dominante in Alta Valle Susa; storicamente, infatti, la possibilità di effettuare all'interno dei boschi chiari di larice il pascolo ha favorito il perdurare di formazioni pure di larice, arrivando a prescrivere l'estirpazione della rinnovazione di pino cembro in quanto di ostacolo al pascolo stesso. Al variare delle condizioni stagionali si osserva il diminuire del pascolo di animali domestici, con l'ingresso di individui di abete rosso, abete bianco e

latifoglie mesofile nel piano montano e pino cembro e, molto limitatamente, abete rosso nel piano subalpino. Il mantenimento del larice come specie dominante garantisce al popolamento forestale valori di stabilità molto elevati.

- Larici-cembreto a *Calamagrostis villosa*. I lariceti con presenza di pino cembro all'interno dell'Alta Valle Susa rappresentano, ad esclusione dei versanti esposti a quadranti meridionali dei Comuni di Oulx, Salbertrand, Exilles e Chiomonte, il limite superiore della vegetazione arborea. Il pino cembro é stato limitato dall'uomo in quanto era di ostacolo alla pratica del pascolo in bosco e da questa pratica era a sua volta sfavorito, in quanto facilmente

esposto ai danni del bestiame domestico. Negli anni più recenti, la riduzione del carico del bestiame ha permesso l'espansione del pino cembro all'interno dei lariceti del piano subalpino. Accanto a questo fenomeno bisogna ricordare che il maggiore agente di diffusione del pino cembro è la nocciolaia che, con la deposizione per scopi alimentari di semi di cembro all'interno della cotica erbosa, altrimenti impenetrabile, permette la germinazione del pino cembro.

- Pecceta endalpica a pino silvestre e larice. Si tratta di formazioni miste dominate, al variare delle condizioni stazionali, da abete rosso o larice con pino silvestre, situate nei Comuni di Oulx e Bardonecchia ed in limitate stazioni nel Comune di Cesana. Queste formazioni forestali sono tipicamente forme di transizione. In queste condizioni si sono effettuati interessanti interventi selvicolturali volti a favorire gli individui di avvenire, cercando di garantire possibilità di ingresso alla rinnovazione del larice.

Sono stati inoltre descritti tre tipi di pinete di pino silvestre:

- Pineta endalpica basifila di pino silvestre. Si tratta di pinete esposte a Sud presenti nei Comuni di Oulx e Bardonecchia, con struttura generalmente monoplana, senza difficoltà di rinnovazione naturale. Sono popolamenti molto stabili, soprattutto nei confronti di agenti destabilizzanti esogeni (neve, vento, ungulati selvatici). Queste pinete sono trattate a tagli successivi vista la facilità di insediamento della rinnovazione naturale. Nelle aree dove le limitazioni stazionali sono dovute alla presenza di affioramenti rocciosi (gessoso-solfifero) o laddove il suolo è molto superficiale, i

portamenti non sono buoni e quindi non vengono effettuati prelievi di legname. In questi casi i popolamenti sono lasciati all'evoluzione naturale, salvo limitati interventi di messa in rinnovazione per asportazione di piccoli gruppi.

- Pineta endalpica di greto di pino silvestre. Compresa nel fondovalle tra Bardonecchia ed Oulx e limitate nella loro estensione dai numerosi cantieri realizzati lungo il fondovalle per l'apertura dell'autostrada per il Frejus e per la tangenziale di Oulx, le pinete endalpiche di greto rappresentano relitti delle originarie formazioni forestali planiziali cresciute sulle alluvioni della Dora di Bardonecchia. Gli interventi effettuati nei popolamenti si limitano a diradamenti che, salvaguardando il sottobosco arbustivo, tendono a mantenere elevata la diversità e la complessità floristica, ed a interventi di messa in rinnovazione.

- Pineta endalpica mesoxerofila di pino silvestre. Situata sui versanti Nord nei Comuni di Salbertrand, Oulx e Bardonecchia, la pineta endalpica mesoxerofila di pino silvestre si arricchisce, per le favorevoli condizioni stazionali, con abete rosso, larice e abete bianco. A causa di determinismi edafici, questi popolamenti sono caratterizzati da limitati incrementi e provvigioni ed al loro interno vengono effettuati unicamente interventi che contribuiscano all'aumento della stabilità complessiva del bosco dove questi popolamenti svolgono una funzione protettiva diretta (abitati ed infrastrutture lineari di trasporto).

Praterie, prato-pascoli, praterie non utilizzate e praterie rupicole ricoprono nel loro insieme un'area di 2.382 ettari, pari al 23,8% della

superficie totale del territorio del Comune di Oulx. Queste categorie risultano notevolmente frammentate (la superficie media si aggira intorno ai 10 ettari), contribuendo all'esistenza di notevoli superfici ecotonali, ambienti favorevoli e molto frequentati da diverse specie selvatiche, in particolar modo dagli ungulati (cervo, capriolo).

Decisamente meno rappresentate sono infine le pinete di pino uncinato che, poste generalmente ai limiti superiori delle vegetazione arborea, svolgono un importante ruolo di protezione del territorio; le linee dell'attuale pianificazione forestale ne prevedono il mantenimento ed il miglioramento delle condizioni di stabilità.

5.1.2 Fauna

Nell'area vasta, la grande varietà di ambienti e di specie floristiche presenti costituisce un habitat ideale per una fauna altrettanto ricca. La sola avifauna conta un buon numero di specie nidificanti (circa 80), con un'alta percentuale di quella propriamente alpina. Sono presenti numerosi rapaci, tra i quali l'astore, lo sparviere, la poiana, il gheppio e l'aquila reale (regolarmente nidificante); tra i rapaci notturni, oltre all'allocco, presente alle quote più basse, si trovano anche il gufo reale e, associata alle foreste di abete, la civetta capogrosso che utilizza per la sua nidificazione le cavità scavate dal picchio nero. Nell'area nidificano inoltre tetraonidi, quali la pernice bianca ed il gallo forcello, che, insieme alla coturnice, sono simbolo dell'avifauna alpina; da segnalare la presenza della nocciolaia, strettamente associata sulle Alpi alla presenza del pino cembro, dei cui pinoli si nutre.

Tra i mammiferi sono da ricordare la lepre comune e alpina, lo scoiattolo, la marmotta e molti

altri piccoli roditori, nonché la volpe e i mustelidi (ermellino, donnola, martora, faina e tasso).

Importante è la diffusione di quattro specie di ungulati: il camoscio, da sempre presente in zona; il cinghiale, la cui componente genetica originaria è ormai quasi scomparsa a causa di ibridazioni ed incroci; il cervo e il capriolo, che, a causa dell'assenza per molti decenni di predatori naturali, hanno avuto una vera e propria esplosione demografica, causando a volte anche notevoli danni ai popolamenti forestali tra Oulx e Bardonecchia, sul versante nord, e soprattutto a quelli nella zona di Salbertrand ed Exilles, nelle abetine e nei lariceti sulla testata dei versanti. Programmi di riequilibrio faunistico, consistenti in abbattimenti selettivi e catture per ripopolamenti in altri territori, sono previsti allo scopo di mantenere il giusto equilibrio tra presenza animale e forestale. Un aiuto in tal senso è arrivato dalla ricomparsa del lupo, la cui presenza, accertata e continua a partire dal 1997, è oggetto di tutela e di studio.

Più in particolare, per quanto riguarda il **capriolo** (*Capreolus capreolus*, L.), le attuali popolazioni piemontesi derivano tutte dall'espansione di tre nuclei "storici" (Alta Valle Susa, Ossola ed Alta Langa) e localmente da operazioni di reintroduzione. La specie è ormai presente su gran parte del territorio piemontese e sembra tuttora in espansione, sia numerica che di areale. Nel 2005 in Piemonte la popolazione minima accertata era di circa 13.000 individui; tale numero va considerato indicativo, dato che le sue caratteristiche ecologiche rendono il capriolo particolarmente difficile da censire.

Il **cervo** (*Cervus elaphus*, L.), in seguito a reintroduzioni, introduzioni e in parte colonizzazione spontanea, è attualmente diffuso in buona parte dell'arco alpino piemontese (nel

2005 si è stimata la presenza di circa 4.000 individui in Piemonte, escluse le Aree protette).

5.2 Punti di studio e d'intervento sul territorio

Ai fini di questo studio, i dati relativi ai sinistri stradali con il coinvolgimento di fauna selvatica avvenuti nel territorio del Comune di Oulx sono stati suddivisi in tre classi:

- Non georiferibili (classe 1)
- Parzialmente georiferibili (classe 2)
- Completamente georiferibili (classe 3)

La prima classe raggruppa tutti i dati di investimento in cui le indicazioni della località sono così lacunose da non permetterne la georeferenziazione. Nella seconda classe sono stati raggruppati i dati che portano maggiori indicazioni sulla località, ma non sono ancora georiferibili a causa della mancanza di alcuni elementi di dettaglio. Nella terza classe sono stati inseriti tutti i dati che, oltre a riportare località e strada in cui è avvenuto l'incidente, registrano anche l'indicazione chilometrica. Questi dati possono essere georiferiti in modo piuttosto semplice in un sistema GIS.

Per prima cosa sono stati georiferiti i dati della terza categoria e successivamente sono stati analizzati i dati della seconda classe.

I dati della seconda classe riportavano essenzialmente il dato della località e solo in alcuni casi anche la strada su cui l'investimento si è verificato. Il confronto delle località riportate nel dato e quelle della carta tecnica regionale (CTR 1:10.000) ha permesso di georiferire esattamente la maggior parte dei dati di questa classe. Alcuni di essi riportavano toponimi e località non riscontrabili sulla CTR, ma l'aiuto del Servizio di

vigilanza faunistico-ambientale della Provincia di Torino (nella persona di Aldo Tolosano) ha permesso di identificare i dati dubbi.

I dati della classe 1 sono stati esclusi dallo studio in quanto non georiferibili.

Utilizzando i risultati delle analisi statistiche, sono stati presi in considerazione solamente gli investimenti a danno di ungulati, in quanto maggiormente rappresentativi anche dal punto di vista economico. Dall'insieme dei dati georiferiti sono stati quindi filtrati ed eliminati tutti gli investimenti che hanno interessato fauna non ungulata. Il numero di incidenti che è stato possibile utilizzare nelle analisi geografiche è di 116 su un totale di 173 investimenti totali (67%).

I dati così ottenuti sono stati utilizzati per la definizione delle aree a maggior rischio di incidente tramite procedure geostatistiche (Gaussian Kernel Density).

La funzione di Kernel permette di ottenere la stima della probabilità di un evento sulla base della densità di una serie di dati. In pratica, con questa funzione, è possibile stimare la probabilità che si verifichi un investimento in una data area sulla base della densità degli eventi accertati: tanto più i punti in una data area sono addensati, tanto più è alta la probabilità che un ulteriore punto vada a cadere in quel tratto. Il risultato dell'elaborazione è una serie di isolinee (linee che racchiudono un'area con lo stesso valore di probabilità) che, partendo dal centro di massima densità dei punti, si allargano fino a livello di probabilità 0 (Worton, 1989). Per rendere maggiormente comprensibile il risultato dell'analisi, è stata utilizzata una griglia in cui ad ogni cella veniva associato un determinato valore di densità e successivamente colorato in maniera differente. In questo modo non si identificano più le isolinee di equiprobabilità, ma delle aree, più o meno vaste, a probabilità decrescente. Con

questo metodo si possono costruire delle mappe di rischio che possono essere aggiornate in tempi molto rapidi, semplicemente cambiando la serie di dati utilizzati nel calcolo della funzione di densità.

Nel caso del Comune di Oulx sono state calcolate tre differenti funzioni di densità utilizzando tre serie di dati differenti. La prima (fig. 5.1) è stata calcolata utilizzando il geodatabase completo degli investimenti di ungulati e permette di evidenziare in modo complessivo tutte le aree maggiormente esposte al rischio di collisione con ungulati. La seconda (fig. 5.2) è stata costruita utilizzando unicamente i dati riguardanti il capriolo, mentre la terza utilizza i dati relativi al cervo (fig. 5.3). Queste due ultime mappe permettono di identificare in modo differenziale le aree maggiormente interessate dalle collisioni con ogni singola specie.

Dall'analisi delle immagini si nota immediatamente che, laddove il rischio è

maggiore per il capriolo, è molto inferiore per il cervo. Questo lascia supporre che le scelte dei luoghi di attraversamento sono sostanzialmente differenti, forse anche a causa delle diverse esigenze ecologiche delle due specie.

Tenendo cumulati i dati sugli investimenti (fig. 5.1) si possono comunque individuare alcune aree particolarmente esposte al rischio di collisione (hot-spots). Queste aree sono state individuate in modo più preciso utilizzando l'isolinea del 95% della probabilità di impatto. Le aree identificate in questo modo sono 5 e sono state così denominate:

- **Macroarea 1: S.S. 335 – Savoulx;**
- **Macroarea 2: S.S. 335 – Signols, Portetta;**
- **Macroarea 3: S.S. 335 Dir. – Beaume;**
- **Macroarea 4: S.S. 24 – Gad;**
- **Macroarea 5: S.S. 24, S.P. 214.**

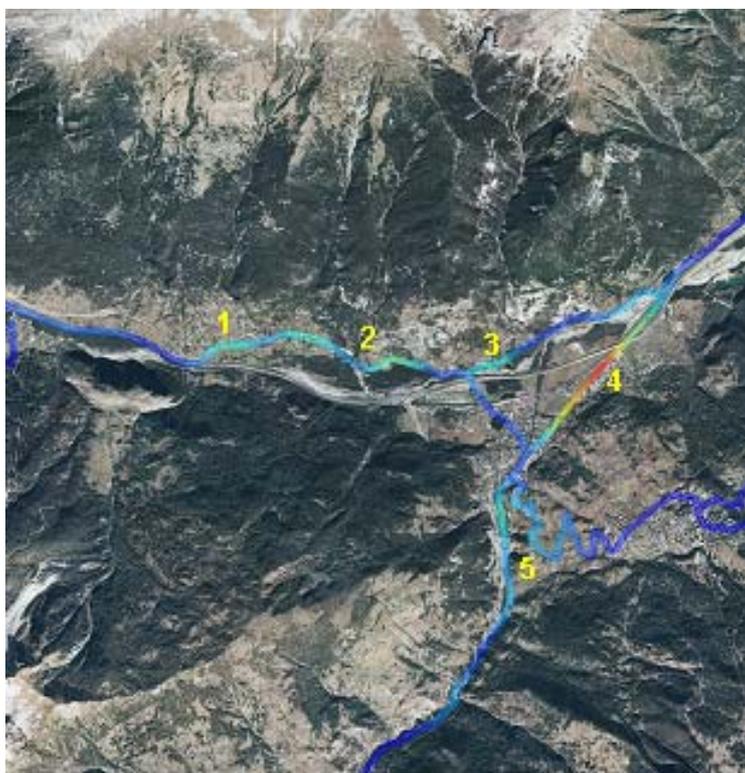


Figura 5.1. Mappa di rischio di impatto con ungulati e individuazione delle Macroaree.

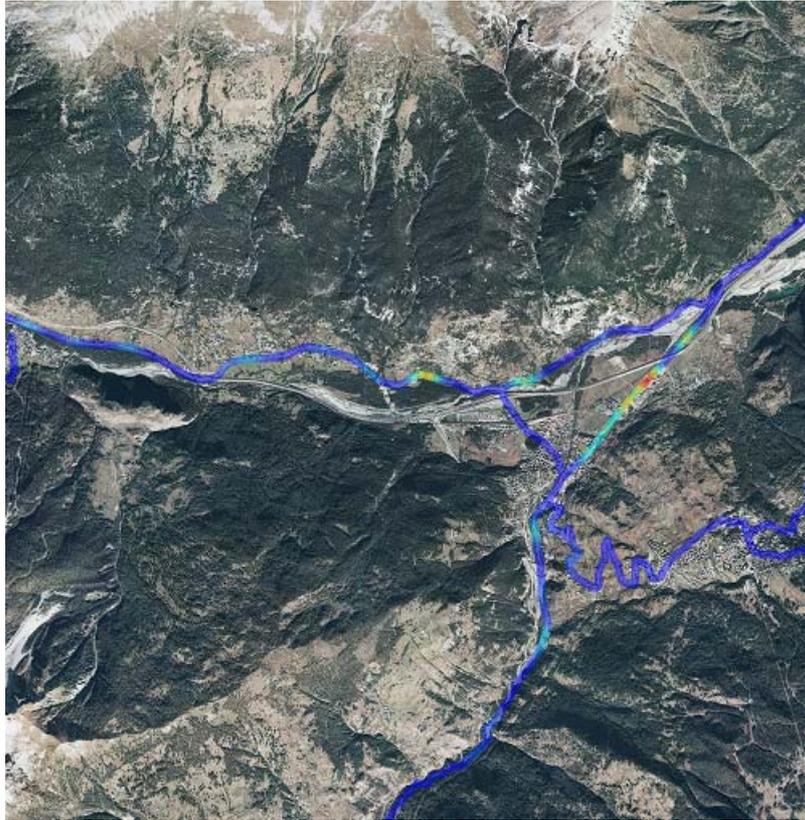


Figura 5.2. Mappa di rischio di impatto con il capriolo.

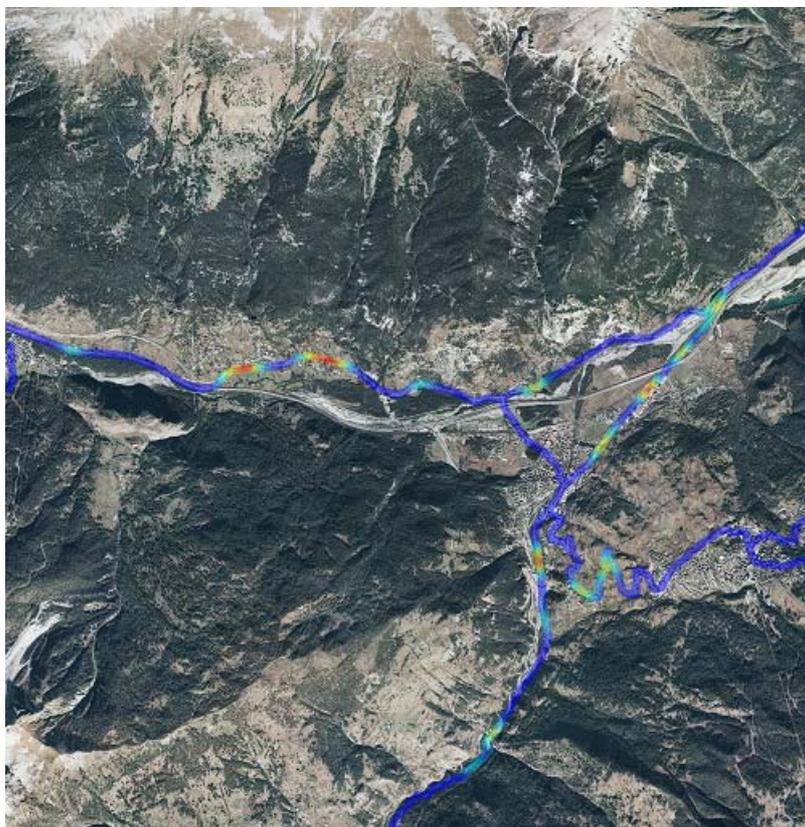


Figura 5.3. Mappa di rischio di impatto con il cervo.

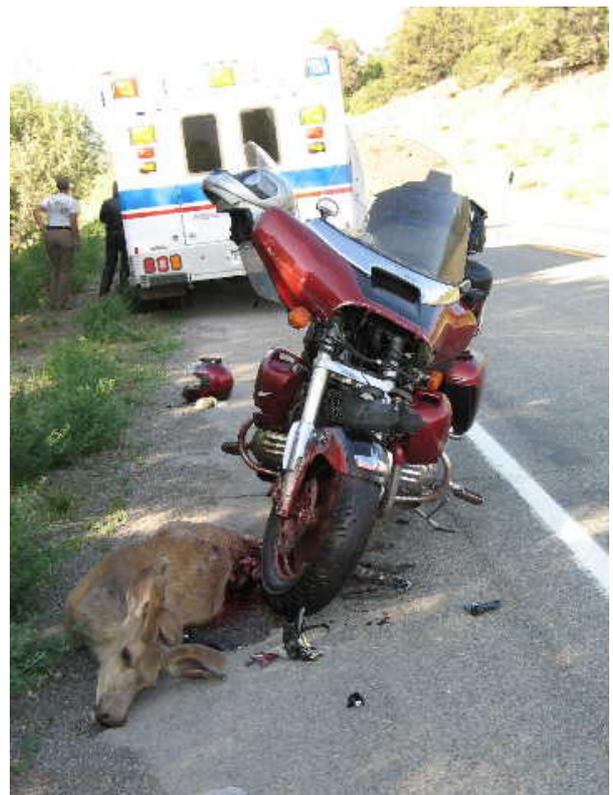
La macroarea 5 è già stata oggetto di studio nell'ambito del volume "Fauna selvatica ed infrastrutture lineari" (Fila-Mauro et Al., 2005).

La scheda di ciascuna area di studio indica il numero e la localizzazione degli incidenti, le caratteristiche ambientali che possono aver favorito la collisione, l'idoneità faunistica dell'area, la presenza di possibili corridoi utilizzati dalla fauna ungulata nei suoi spostamenti. Ogni scheda propone inoltre alcuni interventi volti alla soluzione o alla mitigazione delle problematiche. Per i criteri di realizzazione e le soluzioni tecniche si suggerisce di far riferimento a quanto indicato nel volume "Fauna selvatica ed infrastrutture lineari" (Fila-Mauro et Al., 2005), reperibile presso gli uffici della Direzione regionale Agricoltura e scaricabile on line all'indirizzo www.regione.piemonte.it/agri/pubblicazioni.

Relativamente agli incidenti riscontrati, si osserva che, nella maggior parte dei casi, una delle cause determinanti della collisione è la velocità elevata dei veicoli, che in questa zona spesso transitano con velocità superiori ai limiti attualmente vigenti. In tutti i tratti stradali oggetto di studio sarebbe quindi opportuno prevedere strumenti funzionali al rispetto dei limiti, nel caso questi risultino adeguati, o l'abbassamento degli stessi ove necessario. Il rispetto dei limiti di velocità può essere perseguito soprattutto con sistemi automatici di misurazione della velocità che permettano contestualmente il rilievo dell'infrazione e l'irrogazione della relativa sanzione.

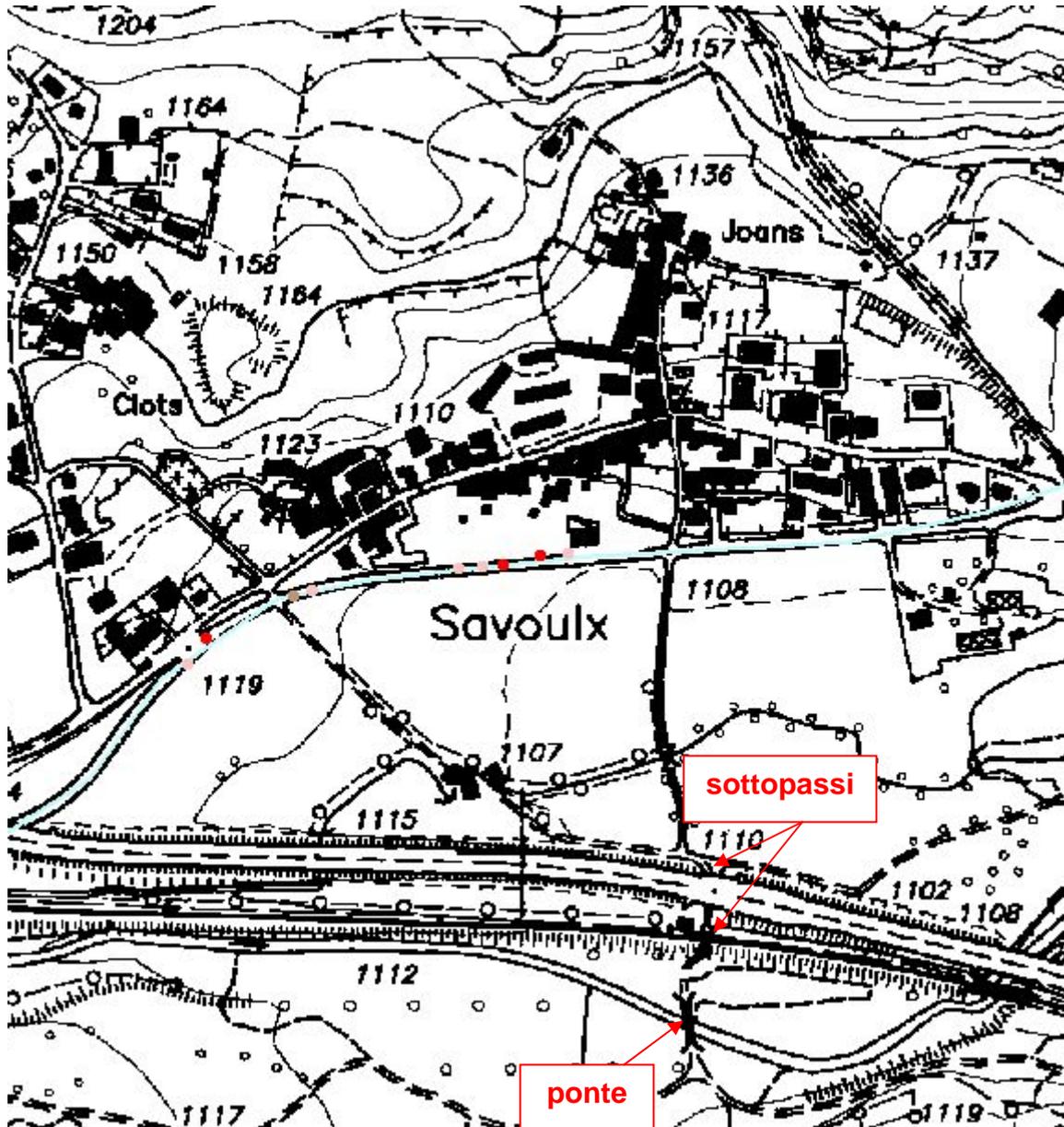
Un altro intervento utile sarebbe quello di rendere maggiormente visibile la segnaletica stradale di pericolo a causa dell'attraversamento di animali selvatici. Ad esempio, l'utilizzo di cartelli resi maggiormente visibili applicando pellicole che aumentano la rifrazione della luce dei fanali può allertare in modo più incisivo l'automobilista, avvisandolo da maggiore distanza dell'ingresso in un tratto di strada pericoloso.

La cartellonistica può essere poi integrata con specifici pannelli informativi recanti informazioni sulla realtà degli incidenti con fauna selvatica nei tratti più critici, che invitino gli automobilisti a procedere con cautela.



Macroarea 1: S.S. 335 - Savoulx

Tratto S.S. 335, km 4 - Savoulx



Carta 1: S.S. 335 – Savoulx

Numero e localizzazione degli incidenti

In questo punto sono stati denunciati 14 sinistri con coinvolgimento di ungulati (11 cervi e 3 caprioli).

Caratteristiche ambientali che possono aver favorito l'incidente

Idoneità faunistica e corridoi probabili

Il tratto interessato, localizzato nei pressi dell'abitato di Savoulx, risulta particolarmente idoneo per la fauna soprattutto nella porzione immediatamente a monte dell'abitato (a nord

della strada). Questa zona è caratterizzata da praterie e pinete di pino silvestre inframmezzate da aree ecotonali che i cervi e i caprioli prediligono. È presumibile un assiduo afflusso degli ungulati anche nelle immediate vicinanze dell'abitato, soprattutto nelle prime ore del giorno e al tramonto (testimoniato dalla

presenza di tracce di passaggio anche nei prati di abitazioni private) con una netta predominanza del cervo rispetto al capriolo.

Il tratto a valle dell'abitato (a sud della strada) è caratterizzato invece dalla presenza di prati e pascoli, con alcune piccole aree boscate nei pressi dell'autostrada.



Foto 1. S.S. 335 – Savoulx: tratto della statale che, da un lato (nord) costeggia l'abitato, mentre dall'altro (sud) è caratterizzato dalla presenza di prati, siepi e gruppi di alberi e arbusti.



Foto 2. S.S. 335 – Savoulx: vista sui prati prospicienti la statale, di fronte all'abitato di Savoulx.



Foto 3. Savoulx: serie di sottopassi che aumentano la permeabilità ecologica della barriera creata da linea ferroviaria e autostrada in quest'area limitrofa al corso della Dora di Bardonecchia.



Foto 4. Savoulx: ponte sulla Dora di Bardonecchia. Questa viabilità è interessata da un traffico automobilistico con bassa frequenza; per contro, il corso della Dora è incassato tra sponde rivestite in scogliere artificiali, che aumentano la velocità della corrente e la portata. Questo ponte potrebbe essere adattato per incentivarne l'utilizzo da parte della fauna selvatica, anche di piccole dimensioni.

Verifiche in campo

In questo punto è presente un sottopasso funzionale all'attraversamento dell'autostrada localizzato in corrispondenza dell'unico ponte sulla Dora, in un tratto di valle in cui il torrente scorre piuttosto incassato e quindi strategico per gli spostamenti della fauna da un versante all'altro. I sopralluoghi in campo hanno confermato il suo effettivo utilizzo da parte della fauna, in quanto sono state osservate tracce di passaggio di ungulati.

Questo sottopasso presenta un'intensità di transito veicolare molto bassa, un'ampiezza superiore o uguale a 5 metri, il piano viabile non asfaltato, inoltre è stato riscontrato il suo effettivo utilizzo come attraversamento faunistico.

A Savoulx in prossimità di Via San Gregorio Magno è presente uno stretto varco funzionale

all'attraversamento dell'abitato che si snoda linearmente lungo la S.S. 335, in corrispondenza del quale sono state rilevate impronte di ungulati. Sul lato opposto della statale è presente una strada campestre (via Del Mulino) che dalla S.S. 335 si spinge verso le aree boscate (seppur di limitata estensione) situate vicino all'autostrada. Questa strada è costeggiata da un filare arboreo che consente una continuità ecologica, seppur minima, per le specie che transitano in questo punto.

Soluzioni proposte

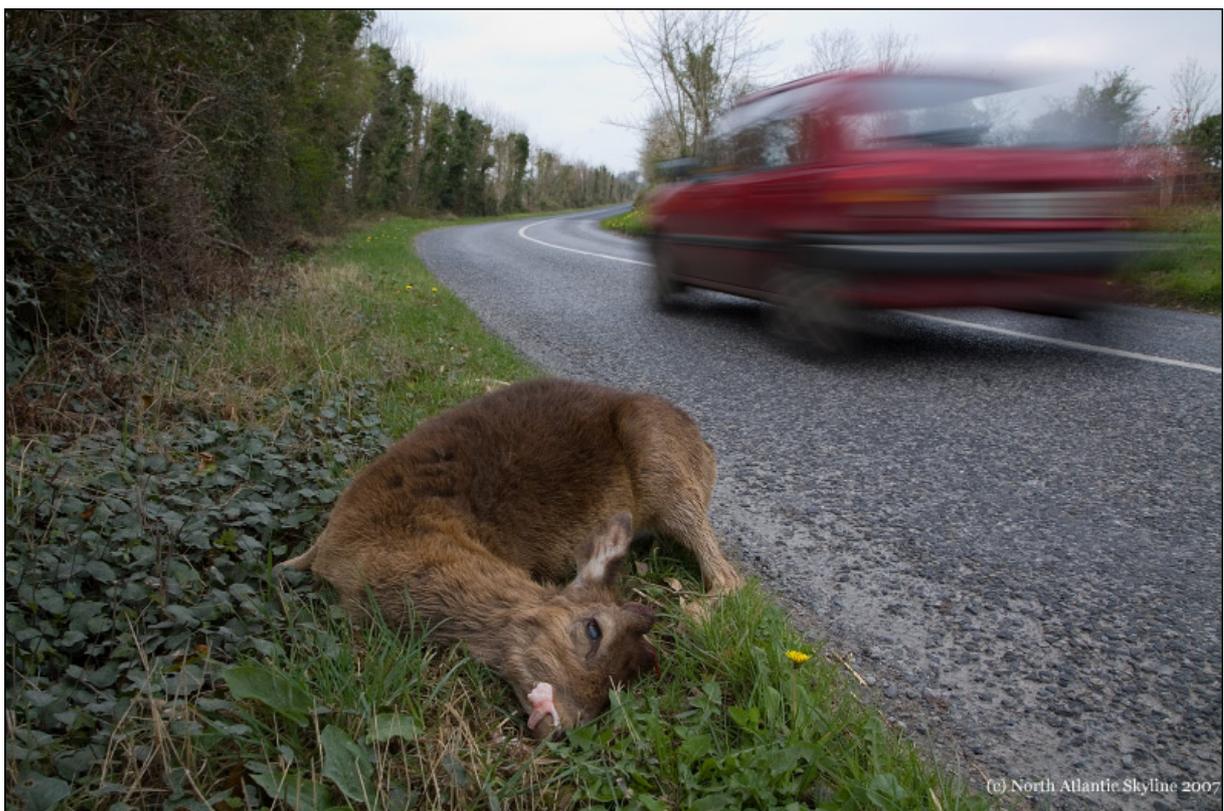
È importante il mantenimento e il potenziamento del sottopasso esistente, sia per motivi di sicurezza stradale, sia per mantenere la connettività ecologica tra i due versanti della valle.

Gli interventi indispensabili per il miglioramento di questo sottopasso, volti a favorire maggiormente il transito della fauna, sono:

- il mantenimento su entrambi i lati della strada delle frange laterali, separate dal resto della carreggiata, coperte di terra vegetale e inerbite almeno nei tratti più vicini all'entrata;
- la creazione di andane realizzate con piccole file di pietrame e legname per incrementare l'uso potenziale anche da parte di animali di piccola taglia;
- la messa a dimora di vegetazione e la manutenzione delle recinzioni già installate, in modo da creare un invito al passaggio della fauna.

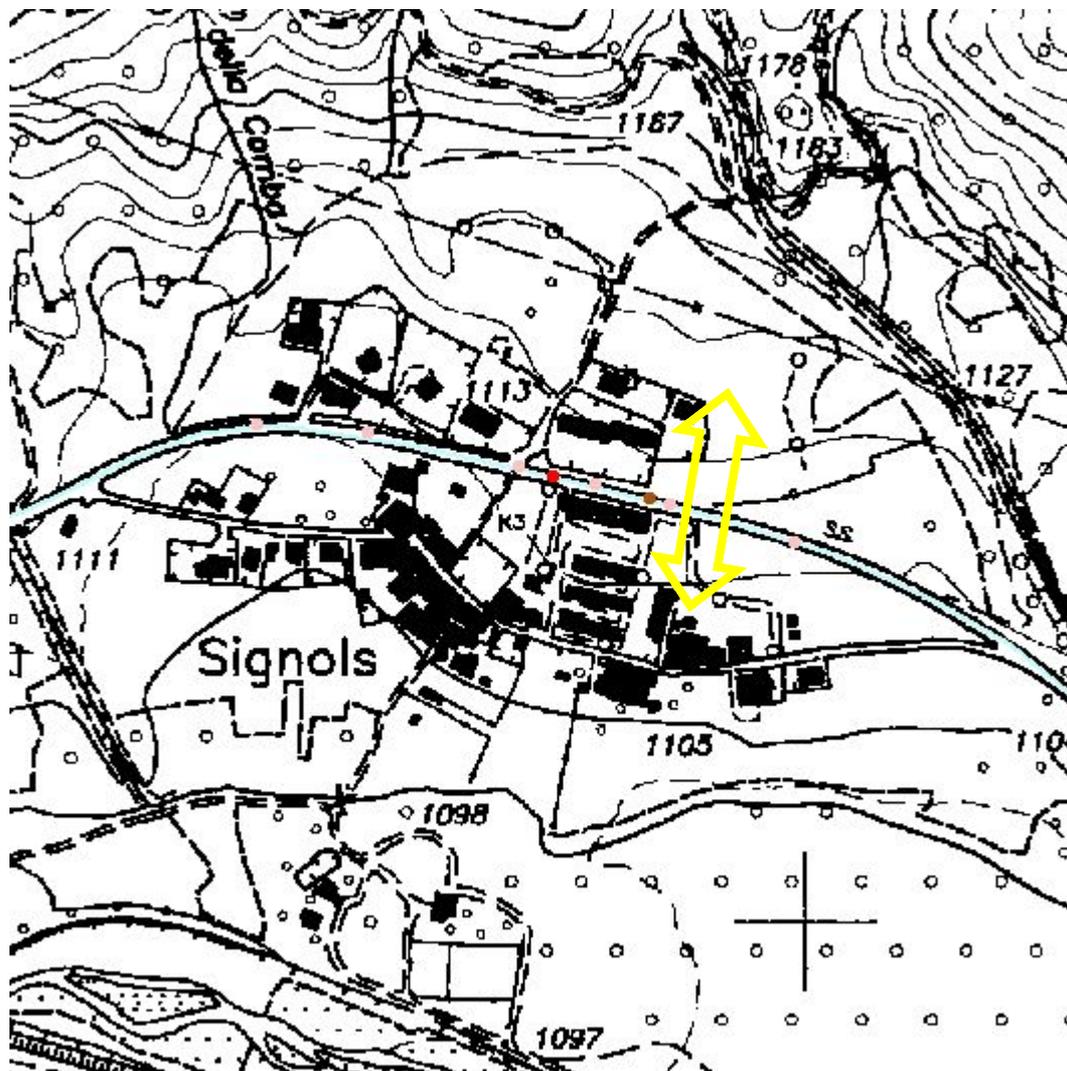
Poiché non esistono altri interventi di mitigazione idonei per questo tratto, è indispensabile agire in prossimità della curva sulla S.S. 335 presso l'incrocio con via San Gregorio Magno per ridurre la velocità degli automobilisti in modo da limitare il rischio di collisione.

Appare inoltre di fondamentale importanza il mantenimento dell'esistente strada campestre di via Del Mulino e del filare arboreo che la costeggia.



Macroarea 2: S.S. 335 – Signols, Portetta

Tratto S.S. 335, km 3 - Signols



Carta 2. S.S. 335 – Signols

Numero e localizzazione degli incidenti

Tra il 2000 e il 2005 in questo punto sono stati denunciati 6 sinistri con coinvolgimento di ungulati.

Gli incidenti avvengono in un tratto di strada in trincea, tra due ripide scarpate di circa 2-3 m di altezza a valle e 4 m a monte. Si può ipotizzare che gli animali vi restino intrappolati e vaghino sulla carreggiata. All'aumentare del tempo di permanenza dell'animale sulla carreggiata, aumenta anche la possibilità di

collisione con un veicolo in transito. (Van Langevelde e Jaarsma, 2004)

Caratteristiche ambientali che possono aver favorito l'incidente

Idoneità faunistica e corridoi probabili

Durante i sopralluoghi effettuati è stata verificata la presenza di un prato a valle dell'unico varco esistente nel costruito che consente di raggiungere il bosco di fondovalle. A monte sono presenti ampi prati che discendono dal versante verso la strada.



Foto 5. S.S. 335 – Signols: tratto in cui la strada è in trincea rispetto al piano di campagna e in cui si propone la realizzazione di un ponte ecologico.



Foto 6. S.S. 335 – Signols: scarpata a lato strada, con segni di passaggio di ungulati.

Verifiche in campo

Sono stati ritrovati dei passaggi a monte della strada seguendo le recinzioni delle ultime case e dei varchi nella vegetazione della scarpata stradale.

Soluzioni proposte

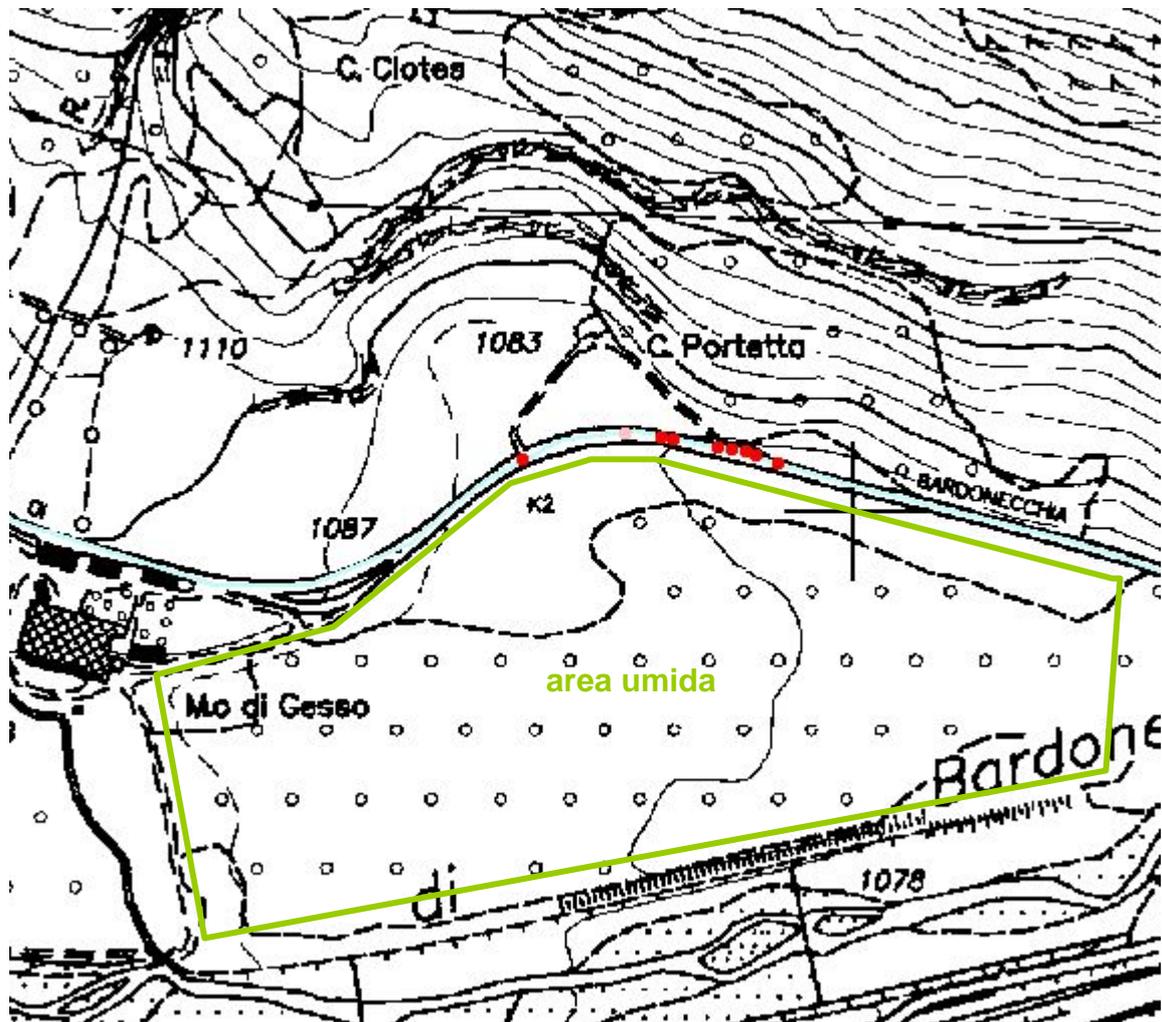
Per limitare il più possibile il rischio di incidenti e garantire uno scambio faunistico efficace per il maggior numero di specie possibile, si suggerisce la costruzione di un sovrappasso ad uso esclusivo della fauna. Per quest'opera, la più onerosa tra quelle proposte, è fondamentale prevedere una buona connessione del passaggio con l'ambiente circostante, da realizzarsi attraverso la semina di specie erbacee e la messa a dimora di esemplari arboreo-arbustivi autoctoni adatti alle condizioni stagionali, sia nella porzione a lato della strada che sul ponte stesso. Le opere a verde necessitano di adeguati piani di

manutenzione (sostituzione delle fallanze, risemine, potature e sfalci), per assicurarne l'attecchimento e mantenere sempre elevata la funzionalità del passaggio. La realizzazione di un'opera di tale rilievo economico deve comunque essere supportata da accurate verifiche inerenti l'inserimento della struttura nel territorio, anche in relazione alla presenza delle abitazioni esistenti, e da ulteriori approfondimenti sui movimenti delle popolazioni di fauna selvatica nell'area.

In questo tratto la presenza di vegetazione arborea e arbustiva molto fitta a ridosso della carreggiata riduce la possibilità degli automobilisti di accorgersi in tempo di animali in procinto di attraversare la strada. Alcuni interventi mirati di taglio della vegetazione potrebbero aumentare la sicurezza del transito.



Tratto S.S. 335, km 2 – Case Portetta



Carta 3: S.S. 335 – C. Portetta

Numero e localizzazione degli incidenti

In questo punto sono stati denunciati 9 sinistri con fauna selvatica in un tratto lungo poco più di 100 metri.

La strada presenta un tratto in curva e poche abitazioni nei pressi. Il traffico, come si è potuto osservare durante i sopralluoghi effettuati, risulta molto veloce essendo favorito dalla scorrevolezza del tratto.

Caratteristiche ambientali che possono aver favorito l'incidente

Idoneità faunistica e corridoi probabili

Le cause di questa elevata concentrazione di incidenti sono da attribuirsi da un lato al fatto che questo tratto di strada risulta a traffico veloce, dall'altro al fatto che l'ambiente circostante presenta un'elevata naturalità, con un'area umida abbastanza estesa e un versante boscato di facile accesso per gli animali. L'area umida presenta una porzione interessata da vegetazione erbacea tipica degli ambienti che periodicamente rimangono

sommersi, quali varie gramineae, orchidacee e canne di palude. Allontanandosi dalla carreggiata e procedendo verso il greto della Dora, si trova un esteso bosco ripariale, composto da pini silvestri e betulle, con varie specie arbustive, quali *Frangula alnus*, *Salix* sp., *Alnus incana*, *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, *Viburnum lantana*; il bosco è funzionalmente connesso ad un tratto di

Dora ad alveo largo facilmente guadabile dagli ungulati. Sono state ritrovate molte tracce lungo le sponde della Dora, in corrispondenza di sottopassi stradali. Gli animali, passata la strada, guadagnano subito il versante boscato.

La notevole presenza di tracce, su entrambi i lati della carreggiata, riscontrate in sede di sopralluogo, dimostra come questo tratto sia utilizzato per il transito da un'area all'altra.



Foto 7. S.S. 335 – C. Portetta: vista della strada statale verso monte. La strada, che attraversa un'area ad alta naturalità, è per buona parte rettilinea e priva di incroci di rilievo; i veicoli procedono normalmente ad elevata velocità.



Foto 8. S.S. 335 – C. Portetta: vista della statale dalla strada sterrata che conduce a Case Portetta; quest'ultima costeggia un versante boscato in cui sono state rilevate numerose tracce di ungulati (orme, sentieramenti, fatte). Dall'altro lato della statale è presente invece un'area umida.



Foto 9. S.S. 335 – C. Portetta: area umida che costeggia la strada statale per circa 1 km di lunghezza. Nell'area umida sono stati osservati segni lasciati dal passaggio di numerosi ungulati, come veri e propri sentieri tracciati attraverso l'erba alta o piccole aree tra gli alberi con vegetazione erbacea schiacciata e deiezioni.

Verifiche in campo

Vi sono chiare tracce di una pista di ungulati nell'area umida che attraversa il tratto in curva.

Verso valle la pista conduce ad una radura in mezzo al bosco, mentre a monte ad un versante boscato che porta subito in quota.

Soluzioni proposte

Per aumentare la sicurezza di questo tratto è necessario intervenire innanzitutto sulla

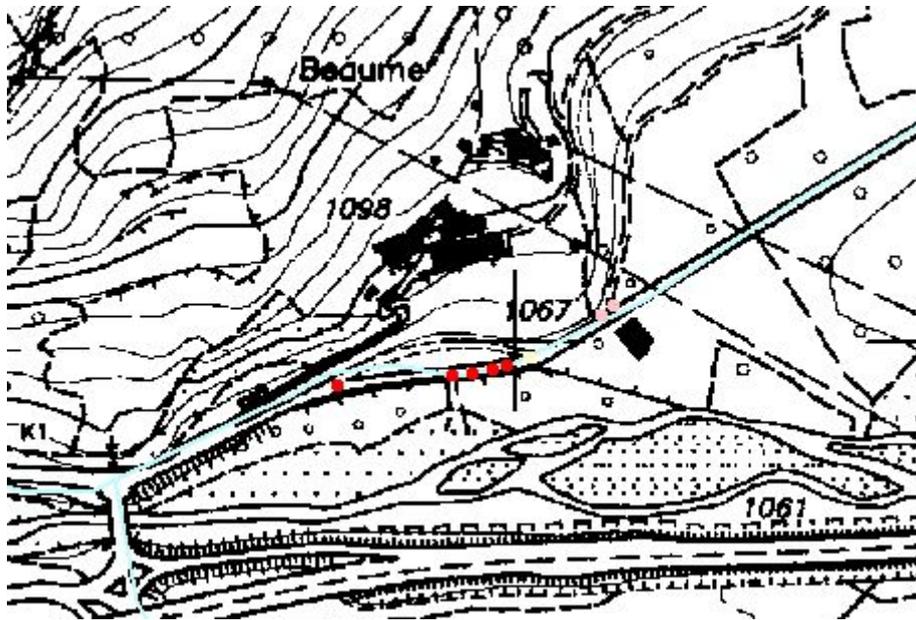
velocità dei veicoli, imponendo un limite di velocità inferiore all'attuale (di 70 km/h) e realizzando dispositivi che invitino alla diminuzione della velocità quali bande trasversali con effetto ottico-acustico.

Si potrebbe inoltre dotare l'area di idonea segnaletica a infrarossi che si attivi avvertendo il guidatore della presenza di un animale nei pressi della carreggiata.



Macroarea 3: S.S. 335 Dir. – Beaume

Tratto S.S. 335 Dir., km 1 circa - Beaume



Carta 4. S.S. 335 Dir. – Beaume

Numero e localizzazione degli incidenti

In questo punto sono stati denunciati 7 sinistri con coinvolgimento di ungulati (5 caprioli e 2 cervi).

Caratteristiche ambientali che possono aver favorito l'incidente

Idoneità faunistica e corridoi probabili

L'area è particolarmente interessata da incidenti, che risultano concentrati soprattutto nei tratti in cui gli automobilisti hanno una visibilità ridotta nei confronti degli animali in

procinto di attraversare la strada, a causa della folta vegetazione presente in prossimità della carreggiata. Il passaggio di alcune linee elettriche quasi perpendicolari alla sede stradale apre un varco nella pineta alluvionale adiacente, ponendo in comunicazione gli ambienti di versante con una zona di guado sulla Dora.

La maggior parte degli incidenti si sono verificati in prossimità della curva in cui è presente uno sperone roccioso che copre la visuale agli automobilisti.



Foto 10. S.S. 335 Dir. – Beaume: in direzione verso valle, immediatamente dopo una leggera curva a sinistra a ridosso di un ripido versante roccioso, la statale attraversa una zona pianeggiante a prati, con gruppi di alberi e arbusti che arrivano a costeggiare la carreggiata. Nelle immediate vicinanze della strada sono state rilevate tracce di ungulati, che percorrono quest'area pianeggiante di collegamento tra i rilievi montuosi e il corso della Dora.



Foto 11. S.S. 335 Dir. – Beaume: area pianeggiante a prati con gruppi di vegetazione arborea tra la statale e il corso della Dora.

Verifiche in campo

Sono state rilevate tracce di passaggio di ungulati lungo la strada campestre a monte della strada statale in prossimità dello sperone roccioso.

Soluzioni proposte

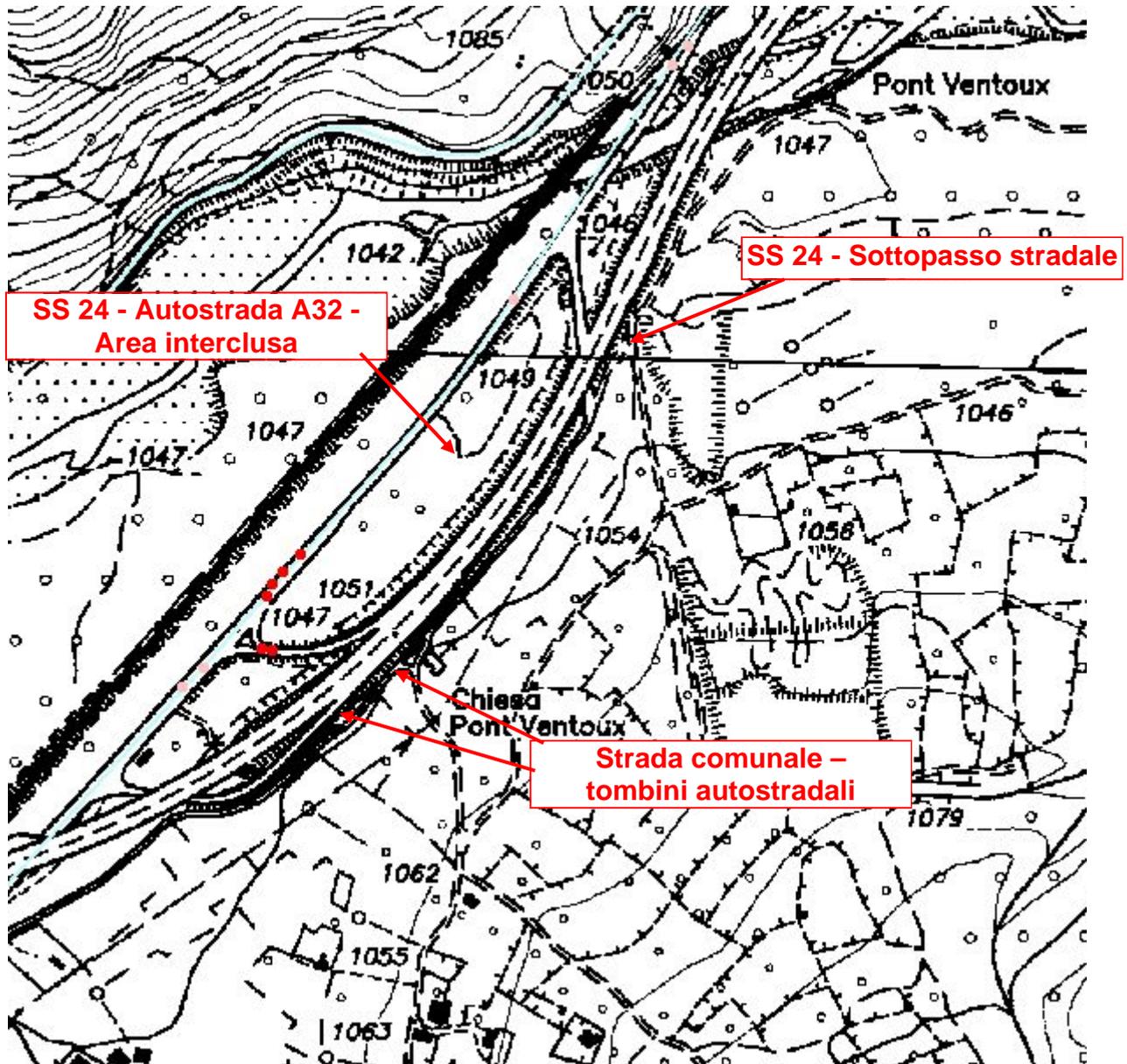
La principale misura di mitigazione consiste nella riduzione significativa della velocità degli autoveicoli provenienti da Bardonecchia.

Un'ulteriore proposta consiste nell'apertura della visuale prevedendo il taglio della vegetazione arborea ed arbustiva per una fascia larga 6 m, nei tratti in cui la morfologia del terreno lo rende possibile.



Macroarea 4: S.S. 24 – Gad

Tratto S.S. 24, km 76-77 – dallo svincolo per Oulx dell'Autostrada A32 fino al ponte sulla Dora in località Pont Ventoux.



Carta 5. S.S. 24 - Svincolo autostradale

Numero e localizzazione degli incidenti

In questo tratto sono stati denunciati 11 incidenti con coinvolgimento di fauna selvatica (5 cervi e 6 caprioli).

Caratteristiche ambientali che possono aver favorito l'incidente

Idoneità faunistica e corridoi probabili

Il tratto stradale in oggetto è rettilineo, è interessato da traffico veloce e il territorio circostante è particolarmente idoneo agli

ungulati. È infatti presente una vegetazione mista, con alternanza di aree a prevalenza di alberi ad alto fusto e di aree a vegetazione erbaceo-arbustiva.

Si rileva la presenza di un'area interclusa tra la statale e l'autostrada con presenza di cumuli di materiale di riporto ad uno stadio di ricolonizzazione avanzata con residui dell'originario bosco planiziale di pino silvestre.



Foto 12. S.S. 24 – Autostrada A32 – Area interclusa: vista della SS 24 dai cumuli di terreno di riporto depositati nell'area interclusa, di cui si propone la rimozione per aumentare la visibilità per fauna e automobilisti.



Foto 13. S.S. 24 – Autostrada A32 – Area interclusa: la visibilità dalla strada della fascia oltre il guard-rail è limitata dalla presenza di alberi e arbusti a ridosso della carreggiata.



Foto 14. S.S. 24 – Autostrada A32 – Area interclusa: la vegetazione nella porzione centrale dell'area è costituita da un prato e da gruppi di arbusti e alberi (soprattutto latifoglie) o giovani piante isolate cresciuti spontaneamente; più verso valle, è presente una formazione mista di pino silvestre e latifoglie, probabilmente un relitto del bosco originario.

Verifiche in campo

In questo tratto la strada è fiancheggiata da un guardrail, che da un lato nasconde all'automobilista la vista dell'animale e dall'altro obbliga gli ungulati all'utilizzo dei pochi varchi esistenti col rischio di rimanere a lungo intrappolati nella sede stradale, aumentando così la possibilità di collisioni. Questo fenomeno è particolarmente accentuato in corrispondenza dell'area interclusa per la presenza di un alto cumulo di materiale di riporto ormai ricolonizzato da una folta vegetazione.

Soluzioni proposte

L'area interclusa tra l'autostrada e la S.S. 24, localizzata indicativamente all'altezza del km 77, può essere sistemata spianando i cumuli posti a ridosso della carreggiata della statale, per permettere una migliore visuale agli

automobilisti e agli animali in procinto di attraversare. Si potrebbe valutare la possibilità di intervenire con il taglio della vegetazione arbustiva a lato strada, in modo da liberare una fascia di larghezza pari a 6 m e migliorare la visibilità per gli automobilisti, mantenendo però un nucleo di vegetazione arborea al centro dell'area interclusa, per fornire riparo agli animali.

Per aumentare la sicurezza dell'area è inoltre necessario intervenire sulla velocità di transito dei veicoli sulla S.S. 24, imponendo un limite di velocità inferiore all'attuale e realizzando una serie di dossi artificiali.

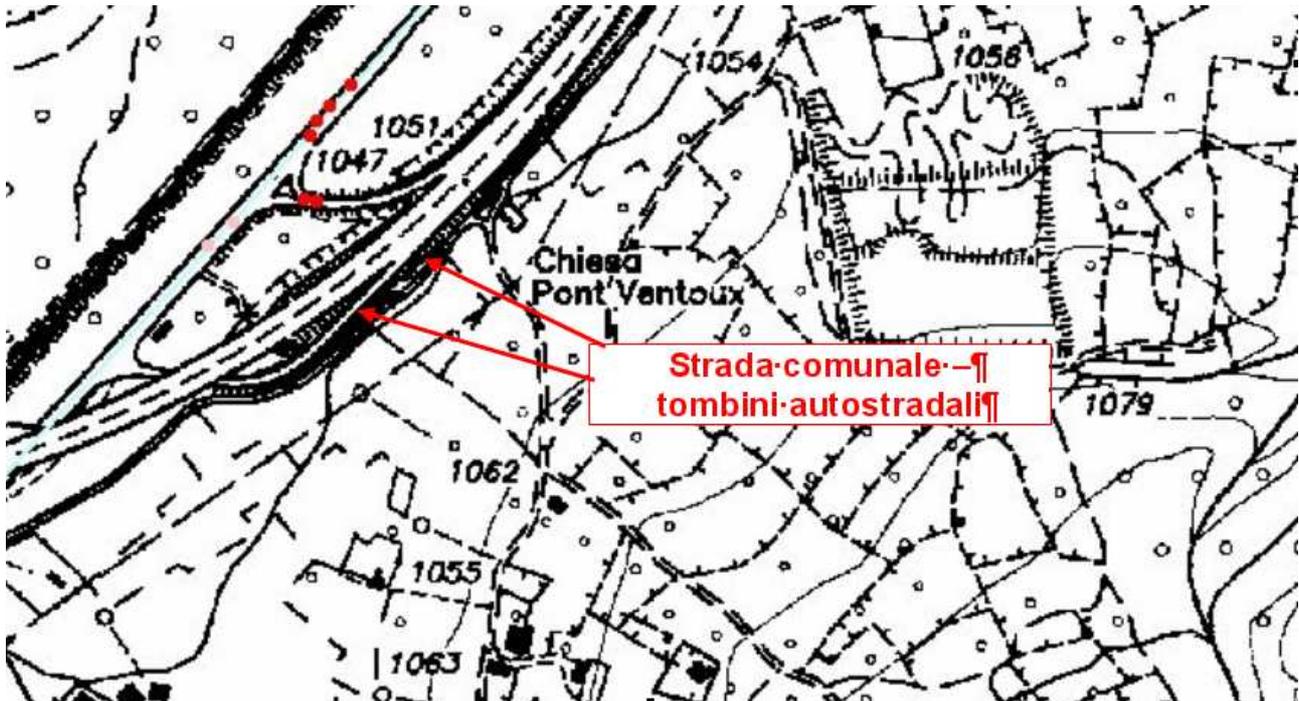
Si potrebbe dotare l'area di idonea segnaletica a infrarossi che si attivi avvertendo il guidatore della presenza di un animale nei pressi della carreggiata.

Tali interventi sulla carreggiata della S.S. 24 dovrebbero trovare applicazione in tutto il tratto compreso tra il ponte sulla Dora e lo svincolo autostradale, vista la distribuzione e l'elevato numero di incidenti in questo tratto stradale.

In prossimità del ponte sul fiume Dora, è presente un sottopasso che permette il passaggio dei veicoli al di sotto del rilevato autostradale. Tale sottopasso è a fondo sterrato ed è già utilizzato dalla fauna per superare la barriera generata dall'autostrada A32, come testimoniato dalla presenza di tracce e fatte di selvatico. Per il migliorare ulteriormente la vocazione di tale passaggio, è necessario:

- mantenere su entrambi i lati della strada delle frange laterali, separate dal resto della carreggiata, coperte di terra vegetale e inerbite almeno nei tratti più vicini all'entrata;
- incrementare l'uso potenziale anche da parte di animali di piccola taglia creando andane realizzate con piccole file di pietrame e legname;
- creare un invito al passaggio mediante la messa a dimora di vegetazione e la manutenzione delle recinzioni già installate.

Tratto di strada comunale presso la chiesa di Pont Ventoux



Carta 6. Strada comunale presso la chiesa di Pont Ventoux

Numero e localizzazione degli incidenti

In questo tratto di strada non sono rilevati ad oggi incidenti con ungulati. Gli interventi proposti mirano a diminuire l'effetto barriera generato dal rilevato autostradale.

Caratteristiche ambientali che possono aver favorito l'incidente

Idoneità faunistica e corridoi probabili

L'area presenta un prato con un buon grado di naturalità ed è collegata senza soluzioni di continuità ai versanti boscati in destra

orografica. La fauna selvatica, spostandosi dai versanti verso le aree pianeggianti in prossimità della Dora di Bardonecchia, incontra, in una fascia di poche centinaia di metri, gli ostacoli generati dall'autostrada A32, dalla S.S. 24 e dalla linea ferroviaria.



Foto 15. Strada comunale – Tombini autostradali: ingresso di un tombino. La recinzione installata dai gestori dell'autostrada A32 appare in buone condizioni e deve essere mantenuta anche in seguito al proposto ampliamento dei tombini



Foto 16. Strada comunale – Tombini autostradali: vista dell'interno del tombino. Le ridotte dimensioni permettono appena di intravedere l'uscita, sul basamento sono abbandonati materiali di scarto e, in caso di piogge abbondanti, il pavimento rimane completamente sommerso; tutte queste caratteristiche disincentivano l'uso da parte di animali anche di piccola taglia.



Foto 17. Strada comunale – Tombini autostradali: vista dall'uscita sud-est del tombino. Gli animali, appena usciti dal passaggio, possono trovare facilmente riparo tra la vegetazione circostante.



Foto 18. Strada comunale – Tombini autostradali: vista di un tombino da un prato nelle vicinanze. L'apertura appare poco visibile.



Foto 19. Strada comunale – Tombini autostradali: vista dall'uscita sud-ovest del tombino.

Verifiche in campo

Le ridotte dimensioni dei tombini esistenti nel rilevato autostradale permettono appena di intravedere l'uscita, sul pavimento sono abbandonati materiali di scarto e, in caso di piogge abbondanti, la superficie di calpestio rimane completamente sommersa. Tutte queste caratteristiche disincentivano l'uso da parte di animali anche di piccola taglia.

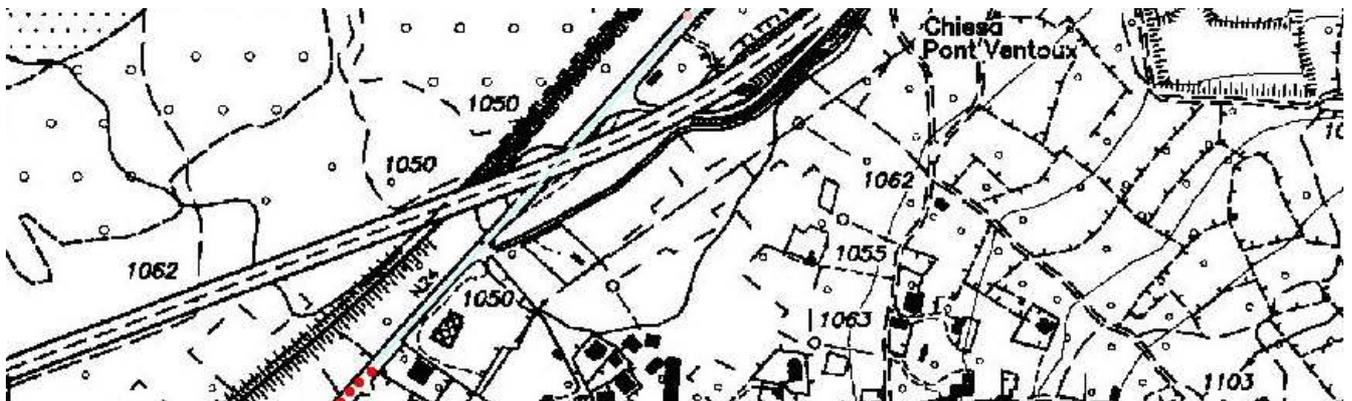
Soluzioni proposte

Si propone la sistemazione di alcuni tombini che sono di proprietà della SITAF.

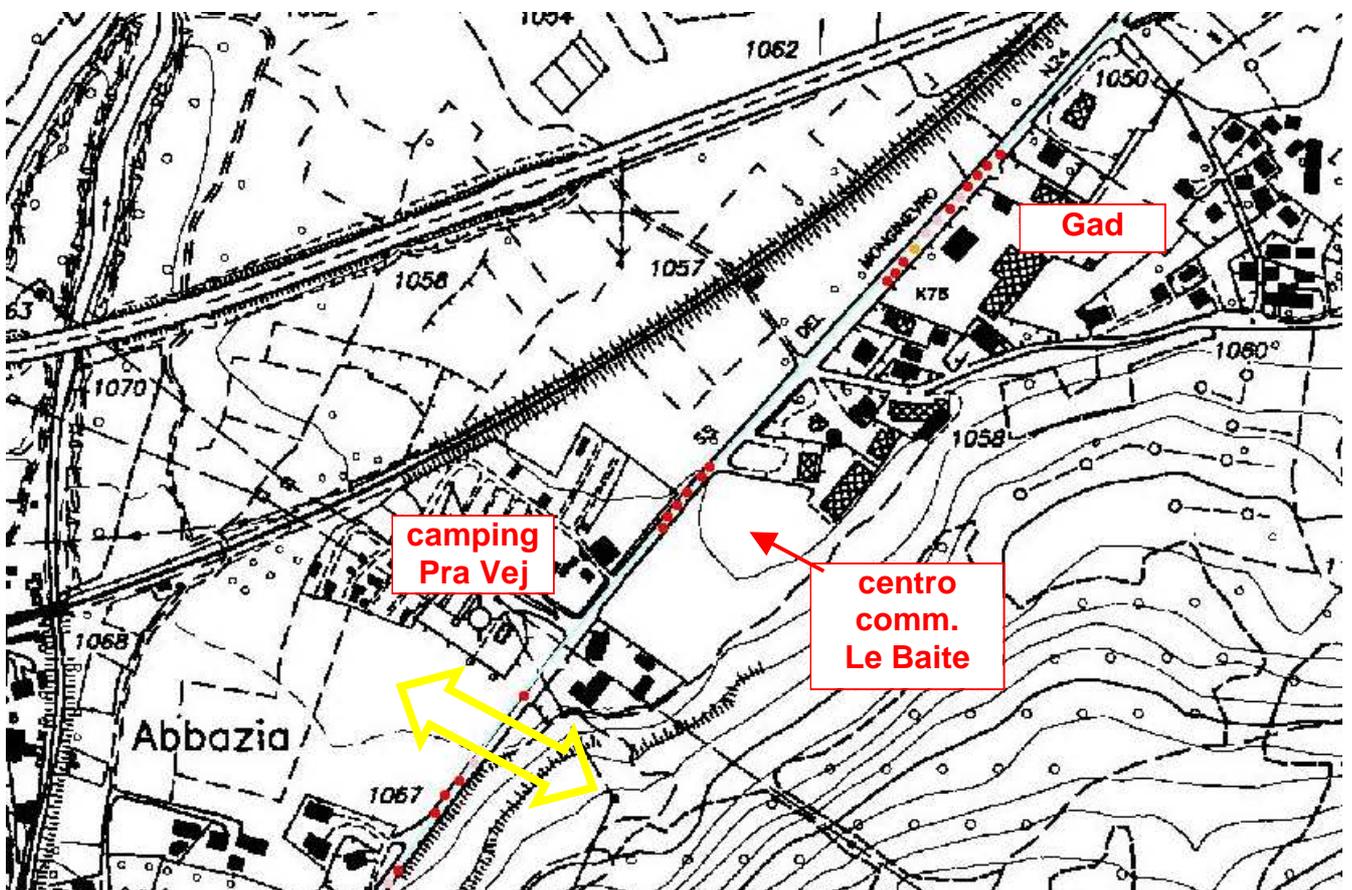
Il passaggio della fauna può essere favorito realizzando le seguenti modifiche:

- incrementare le dimensioni della struttura fino ad un'ampiezza minima di 7 metri e un'altezza di 3,5 - 4 m, per permettere ai selvatici di vedere chiaramente l'uscita;
- assicurare l'accesso al passaggio eliminando i materiali che ne ostruiscono l'apertura;
- rimuovere periodicamente dalla superficie di calpestio eventuali materiali abbandonati che possono impedire o sfavorire la percorrenza del passaggio da parte dell'animale o causargli ferite;
- conservare una frangia laterale che si mantenga asciutta anche in presenza di acque di scolo, canalizzando l'acqua su di un lato o realizzando una piattaforma di cemento o di legno, di ampiezza minima di 1 m, sopraelevata rispetto al livello di base della struttura in funzione delle portate massime previste.

Tratto S.S. 24, dal km 77-78 circa, sotto il cavalcavia dell'autostrada, fino a Gad, Le Baite, Pra Vej



Carta 7a: S.S. 24 – Cavalcavia autostradale



Carta 7b: S.S. 24 - Gad, centro commerciale Le Baite, camping Pra Vej

Numero e localizzazione degli incidenti

Tra il 2000 e il 2006 sono stati denunciati 34 sinistri (28 caprioli e 2 cervi) con una densità di 17 incidenti al chilometro.

Caratteristiche ambientali che possono aver favorito l'incidente

Idoneità faunistica e corridoi probabili

Il versante a monte risulta molto vocato per il capriolo come suggeriscono le grandi estensioni di aree ecotonali ancora libere da

edificato. La densità di edifici è ancora sufficientemente bassa da non scoraggiare l'accesso degli animali sulla carreggiata durante gli spostamenti dal versante alle aree naturali nei pressi della Dora Riparia e viceversa.

Sul lato sud-est della strada si concentra una certa densità di edifici, la maggior parte a destinazione industriale o commerciale, che occupano il territorio a scacchiera, intervallati a prati sfalciati e siepi di alberi e arbusti. Questi elementi naturali stanno però scomparendo a causa della nuova edificazione che sta creando una conurbazione quasi continua. E' importante mantenere in questa fascia la possibilità di spostamenti per gli animali, per non comprometterne definitivamente la

continuità ecologica; sarebbe quindi opportuno che il Piano Regolatore Generale Comunale prendesse atto dell'importanza di questa zona ponendo dei limiti all'espansione dell'edificato e alla realizzazione di nuove infrastrutture.

In tale ambiente, gli animali tendono a spostarsi, in quanto la residua naturalità è fonte di nutrimento e di riparo. Quando però i selvatici tentano di attraversare la strada, vengono spesso sorpresi dall'arrivo improvviso dei veicoli, che in questo tratto, rettilineo e poco frequentato da pedoni, transitano a velocità sostenuta, superiore al limite imposto di 50 km/h. Nemmeno la presenza di illuminazione stradale sembra aiutare ad evitare le collisioni.



Foto 20. S.S. 24 - Cavalcavia autostradale: vista dalla strada comunale nei pressi della chiesetta di Pont Ventoux. Non vi sono particolari ostacoli fisici al passaggio degli animali, che trovano riparo nella vegetazione a lato strada prima di attraversare la S.S. 24 al di sotto del cavalcavia autostradale. In questo tratto si propone di intervenire aumentando la visibilità a lato strada e limitando la velocità di percorrenza dei veicoli.



Foto 21. S.S. 24 - Cavalcavia autostradale: vista dal versante nei pressi della Frazione Gad. L'autostrada e la S.S. 24 in questo tratto attraversano una porzione di territorio con una buona naturalità, che si interrompe a ridosso delle prime abitazioni di Gad.



Foto 22. S.S. 24 - Gad, centro commerciale Le Baite, camping Pra Vej: vista dal versante nei pressi di Frazione Gad. L'area appare ormai diffusamente edificata lungo il lato sud-est della strada, mentre l'altro lato presenta una maggiore estensione di prati con siepi di alberi e arbusti. Tutto il tratto potrebbe essere dotato di segnaletica che allerti i guidatori della presenza di fauna selvatica in prossimità della carreggiata, nonché di sistemi per far diminuire la velocità di percorrenza dei veicoli (dossi artificiali, semafori collegati al controllo di velocità, ecc.).



Foto 23. S.S. 24 - Gad, centro commerciale Le Baite, camping Pra Vej: prato in prossimità del centro commerciale. Le superfici naturali alternate agli edifici creano dei corridoi obbligati per la fauna che tenta di spostarsi dai versanti retrostanti la Frazione di Gad alle radure e ai boschi sul lato nord-ovest della S.S. 24 e viceversa. Gli animali sono costretti ad utilizzare passaggi di poche centinaia di metri d'ampiezza, che intersecano la statale in punti ben individuabili. Una diminuzione della velocità di transito dei veicoli pare consigliabile in questi tratti.



Foto 24. S.S. 24 - Gad, centro commerciale Le Baite, camping Pra Vej: vista dal campeggio, in direzione verso il centro di Oulx. Anche in questo tratto è presente un'area naturale di discreta superficie, che trova prosecuzione dal lato opposto della statale. La presenza del versante suggerisce la realizzazione di un ponte ecologico (freccia gialla sulla carta 3), che permetterebbe il transito degli animali da e verso l'area prativa lungo il lato nord-ovest della S.S. 24, ricucendo la continuità ecologica dell'area dai versanti di Gad fino alle rive della Dora (vedi foto 25-26).



Foto 25. S.S. 24 - Gad, centro commerciale Le Baite, camping Pra Vej: vista dal versante in prossimità del campeggio. Ci si può immedesimare nel punto di vista di un animale in procinto di attraversare la strada statale. Da questo punto potrebbe essere predisposto il ponte ecologico descritto in foto 24.



Foto 26. S.S. 24 - Gad, centro commerciale Le Baite, camping Pra Vej: punto di collocazione del ponte ecologico descritto in foto 24.

Verifiche in campo

In tutta l'area circostante sono stati rilevati molti segni indiretti di presenza di ungulati (piste, fatte, tracce di passaggio). La recente costruzione di un incrocio a rotatoria all'incirca a metà del tratto contribuisce sicuramente ad una diminuzione della velocità di percorrenza dei veicoli.

Soluzioni proposte

Per aumentare la sicurezza del tratto nei pressi del cavalcavia dell'autostrada è necessario intervenire sulla velocità di transito dei veicoli, imponendo un limite di velocità inferiore all'attuale e realizzando una serie di dossi artificiali.

Si potrebbe dotare l'area di idonea segnaletica a infrarossi che si attivi avvertendo il guidatore della presenza di un animale nei pressi della carreggiata.

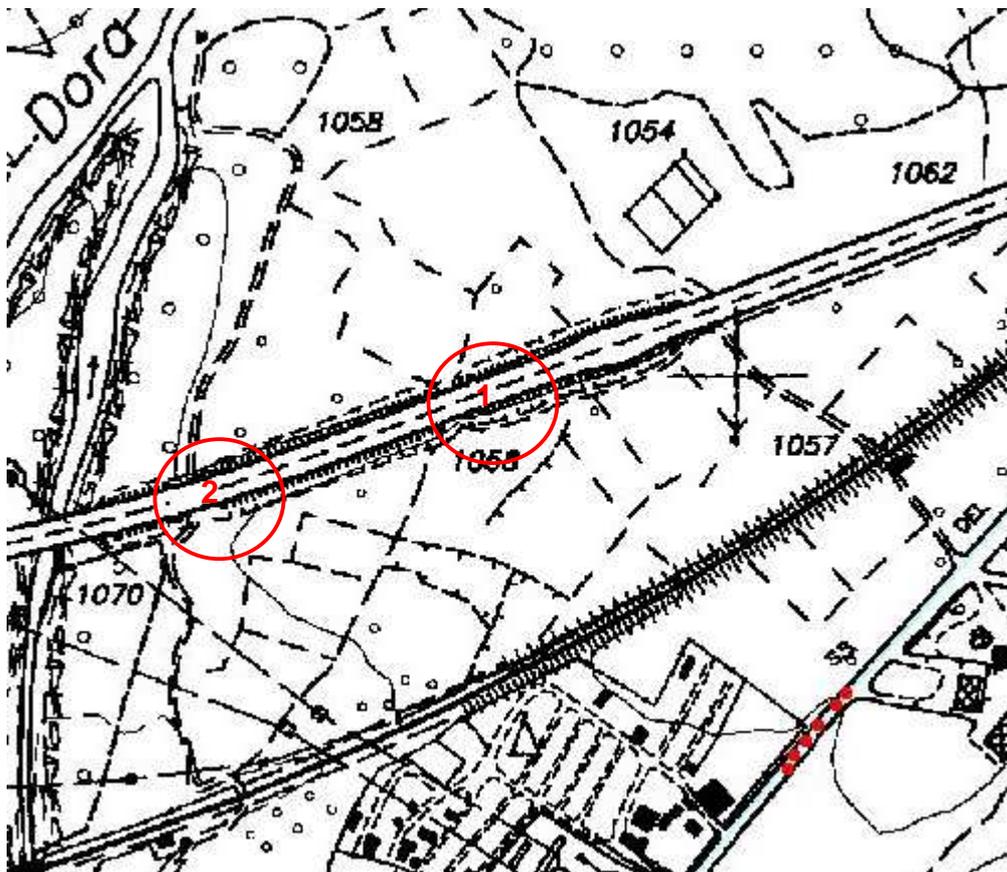
Nel tratto tra Gad e il campeggio Prà Vej (corso Torino 141) sarebbe opportuno prevedere misure in grado di dissuadere l'animale dall'attraversare la strada all'avvicinarsi di un veicolo (dissuasori ottici riflettenti), abbinati a segnalazioni luminose che si attivino avvertendo l'automobilista della

presenza di un selvatico nelle prossimità della carreggiata (sensori a infrarossi collegati a segnaletica verticale).

Qualora si rilevasse il permanere del superamento dei limiti di velocità, si suggerisce di installare nel tratto interessato un semaforo dotato di "limitatore di velocità", ovvero di un sistema che rileva la velocità del veicolo e, in caso di superamento dei 50 km/h, fa scattare il rosso.

Alla progressiva km 79, presso il campeggio Pra Vej, nelle aree limitrofe alla carreggiata durante i sopralluoghi sono state riscontrate varie tracce che indicano un intenso afflusso di selvatici. Vista l'esistenza da entrambe i lati della strada di aree naturali, caratterizzate dalla presenza di prati sfalciati e di fasce arboreo-arbustive, l'area si potrebbe prestare alla realizzazione di un sovrappasso ad esclusivo uso faunistico. La realizzazione di un'opera di tale rilievo economico deve comunque essere supportata da preventivi e approfonditi studi sulla presenza e sui movimenti delle popolazioni di fauna selvatica nell'area.

Tratto strada comunale di servizio per ex-parcheggi olimpici



Carta 8. Area ex-parcheggi olimpici – sottopassi autostradali. N°1: sottopasso privo di viabilità già definita, con fondo inerbato in modo discontinuo. N°2: sottopasso con viabilità asfaltata di recente realizzazione.

Numero e localizzazione degli incidenti

In questo tratto di strada non sono rilevati ad oggi incidenti con ungulati. Gli interventi proposti sono mirati all'aumento della connettività ecologica in un tratto attualmente poco permeabile per la presenza del rilevato autostradale.

Caratteristiche ambientali che possono aver favorito l'incidente

Idoneità faunistica e corridoi probabili

Sono presenti 2 sottopassi autostradali. Il primo privo di viabilità già definita, con fondo

inerbito in modo discontinuo e il secondo con viabilità asfaltata di recente realizzazione.

Verifiche in campo

Il primo sottopasso, pur rappresentando potenzialmente un utile passaggio per favorire la permeabilità ecologica del rilevato autostradale, anche grazie alla sua ampiezza superiore ai 5 metri, presenta un'intensità di transito praticamente nulla. Le sue caratteristiche possono essere migliorate con piccoli, ma mirati interventi che ne aumentino la fruibilità anche nei confronti dei piccoli mammiferi e dei rettili.



Foto 27. Area ex-parcheggi olimpici – sottopass autostradale: vista del sottopasso privo di viabilità definita (n°1).



Foto 28. Area ex-parcheggi olimpici – sottopassi autostradali: il sottopasso n°1 rappresenta un utile p assaggio per favorire la permeabilità ecologica del rilevato autostradale. Le sue caratteristiche possono essere migliorate con piccoli ma mirati interventi che ne aumentino la fruibilità anche per i mammiferi di taglia minore ed i rettili.

Soluzioni proposte

Gli interventi indispensabili per l'adattamento del sottopasso sterrato sono:

- il mantenimento su entrambi i lati della strada delle frange laterali, separate dal resto della carreggiata, coperte di terra vegetale e inerbite almeno nei tratti più vicini all'entrata;
- la creazione di andane realizzate con piccole file di pietrame e legname per incrementare l'uso potenziale anche da parte di animali di piccola taglia;
- la messa a dimora di vegetazione e la manutenzione delle recinzioni già installate in modo da creare un invito al passaggio della fauna.

Anche nell'eventualità di futuri interventi edilizi nell'area, sarà necessario mantenere la funzionalità di questi passaggi, per evitare di creare un effetto barriera tra i prati a sud e quelli a nord dell'autostrada.

Non sembra invece utile adattare il sottopasso asfaltato all'utilizzo da parte della fauna selvatica, in quanto nelle vicinanze è presente un ponte sulla Dora di Bardonecchia che rende permeabile il rilevato autostradale.

5.3 Monitoraggio

Per determinare l'efficacia delle misure applicate è auspicabile un periodo di monitoraggio per verificare l'effettivo utilizzo dei passaggi, con controllo delle orme o con strumentazione fotografica collegata a fotocellule all'infrarosso, da effettuare per un periodo di almeno tre anni, poiché la fauna richiede un periodo di adattamento nei confronti dei nuovi passaggi e dei dissuasori. Tale monitoraggio deve sempre

essere accompagnato da un censimento periodico delle collisioni con i veicoli, permettendo un raffronto tra l'atteso e i risultati realmente ottenuti nell'area.

6. Bibliografia

APAT, Reti Ecologiche a scala locale: lineamenti ed indicazioni generali, 2003.

AA.VV., 2006. "Fauna selvatica e attività antropiche: una convivenza possibile", Atti del convegno – Torino 3 aprile 2006. www.regione.piemonte.it/agri/pubblicazioni

AA.VV., 2007. "La nostra fauna – gli ungulati selvatici" - Regione Piemonte, Assessorato Agricoltura, Tutela della fauna e della flora, Direzione Territorio rurale, Osservatorio regionale sulla fauna selvatica – Torino. www.regione.piemonte.it/agri/pubblicazioni

Bassano B., Boano G., Meneguz P.G., Mussa P.P., Rossi L. (a cura di), 1997. I selvatici delle alpi piemontesi. *Biologia e Gestione*.- EDA.

Boitani L., Corsi F., Falcucci A., Marzetti I., Masi M., Montemaggiori A., Ottavini D., Reggiani G., Rondinini C., Rete ecologica nazionale. Un approccio alla Conservazione dei vertebrati italiani, Università di Roma "la Sapienza" Dip. di Biologia Animale e dell'Uomo, 2002.

Brooker L., Brooker M., and Cale P. 1999. Animal dispersal in fragmented habitat: measuring habitat connectivity, corridor use, and dispersal mortality. *Conservation ecology* 3(1).

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.

Duprè E., Distribuzione potenziale del lupo (*Canis lupus*) in Italia e modelli di espansione dell'areale: un approccio multivariato sviluppato attraverso il GIS. Tesi di Dottorato di Biologia animale. Università degli Studi di Roma "La Sapienza", 1996.

Fila-Mauro E., Maffiotti A., Pompilio L., Rivella E., Vietti D., 2005. "Fauna selvatica ed infrastrutture lineari – Indicazioni per la progettazione di misure di mitigazione degli impatti delle infrastrutture lineari di trasporto sulla fauna selvatica", – Regione Piemonte, Torino. www.regione.piemonte.it/agri/pubblicazioni

Hausser J., Chessel D., Perrin N., Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecological Society of America*, 2002.

Helfer V., Métral F. and A. Hirzel, Construction de cartes d'habitat potentiel: Comparaison et évaluation de l'ENFA et du GLM à l'aide d'une espèce virtuelle: le Marsupilami. Certificate. University of Lausanne. PDF. Contact V. Helfer and F. Métral.

Hirzel A., When GIS come to life. Linking landscape- and population ecology for large population management modelling: the case of Ibex (*Capra ibex*) in Switzerland. Institute of Ecology, Laboratory for Conservation Biology. University of Lausanne.

Hirzel A.H., Helfer V., Métral F., Assessing habitat-suitability models with a virtual species. *Ecological Modelling*, 2001.

Idrisi tutorial, release 2, May 2001

Jaeger J.A.G., Bowman J., Brennan J., Fahrig L., Bert D., Bouchard J., Charbonneau N., Frank K., Gruber B., von Toschanowitz K.T., 2005. Predicting when animal population are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behaviour. *Ecological Modelling*, 185: 329-348.

Maffiotti A., Vietti D., Ferrarato M.. Conservation of biodiversity in the alpine lakes. Lakes management tools on a regional and local scale - Interreg IIIB Alpine Space, Progetto Alplakes - Torino – 2007"

Mustoni A., Pedrotti L., Zanon E., Tosi G., 2002. Ungulati delle Alpi. Nitida Immagine Editrice, Cles (TN).

Patthey P., "Habitat and corridor selection of an expanding red deer (*Cervus elaphus*) population, Thèse de doctorat, Université de Lausanne - 2003.

Sieler A., 2005. Predicting location of moose-vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 42: 371-382.

Van Langevelde F., Jaarsma C.F., 2004. Using traffic flow theory to model traffic mortality in mammals. *Landscape Ecology*, 19: 895-907.

Worton B.J., 1989. Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home Range Studies. *Ecology*, 70 (1): 164-168.

7. Fonti on-line

<http://it.wikipedia.org>

<http://www.cfavs.it/index.html>

<http://www.parks.it/parco.gran.bosco.salbertrand>



ALLEGATI

ALLEGATO I

Analisi della visibilità stradale in relazione agli incidenti con la fauna selvatica in un'area montana

Introduzione

L'atto di guidare un autoveicolo è un'azione complessa che implica da parte del conducente una continua risposta a stimoli esterni per mantenere il veicolo in un assetto di marcia corretto.

Reagire ad un ostacolo che si para davanti al conducente implica quindi una serie di reazioni importanti che iniziano nel momento in cui il guidatore vede l'ostacolo (Taggi e Maturano, 2003).

In questo senso la visibilità diventa un elemento importantissimo nella prevenzione degli incidenti. Infatti, tanto prima viene percepito un ostacolo sulla strada, tanto prima inizia quella catena di eventi che porta il conducente ad evitarlo.

Un problema che sempre più affligge la sicurezza stradale in tutto il mondo sono gli incidenti con coinvolgimento di fauna selvatica. Questi eventi, oltre a seguire la dinamica generale appena illustrata, sono affetti da una serie di variabili locali che rendono pressoché impossibile applicare uno schema generale ad ogni singola situazione senza le dovute cautele.

In questi ultimi anni si è assistito ad un proliferare di studi e di modelli che descrivono questi eventi sia a livello locale che per aree più ampie, ma quasi tutti questi lavori considerano solamente una componente del problema: gli animali (Carey, 2001; Dodd et Al., 2005; Inbar et

Al., 2002; Jackson, 2000; ITC-irst, 2003; Jaeger e Fahrig, 2004; Jaeger et Al., 2005; Ruediger et Al., 2005; Seiler, 2005; Shelley, 2005).

La possibilità di vedere l'animale a bordo strada o in avvicinamento alla sede stradale raramente viene considerata come elemento importante nella pianificazione degli interventi di mitigazione di questo fenomeno (Clevenger et Al., 2003), anche se uno studio statunitense mette bene in evidenza che, quando un conducente vede un animale selvatico a bordo strada, rallenta fino a 15 Km/h (Marcoux, 2005).

L'entità di questo rallentamento ha delle importanti ripercussioni sullo spazio di arresto del veicolo, che si riduce notevolmente. Infatti, lo spazio di arresto è una funzione della velocità al quadrato.

A titolo di esempio, se un autoveicolo deve fermarsi su una strada mediamente aderente partendo da una velocità di 70 Km/h impiega 51 m, mentre utilizza solamente 34,7 m se viaggia a 55 Km/h.

La possibilità di utilizzare i sistemi GIS per creare delle mappe di visibilità in modo semplice e veloce e la loro integrazione in un sistema più vasto di analisi del territorio permette di acquisire un ulteriore elemento di valutazione nella progettazione di interventi su strade già esistenti o di nuova realizzazione.

Area di studio

L'abitato di Oulx è ubicato al centro dell'Alta Val di Susa, presso la confluenza tra la Dora Riparia e la Dora di Bardonecchia, collocato alle pendici del monte Cotelivier (2.105 m) e dominato a nord dal monte Seguret (2.910 m).

Dal punto di vista geologico, nel territorio compreso tra i Comuni di Bardonecchia, Cesana Torinese, Claviere, Exilles, Oulx, Salbertrand, Sauze di Cesana, Sauze d'Oulx, Chiomonte, Gravere e Giaglione, la formazione dominante è quella dei calcescisti, estesa su tutto il territorio ad eccezione di limitati affioramenti calcareo-dolomitici e delle rocce cristalline appartenenti al massiccio d'Ambin, incisi dai due solchi vallivi generati dal torrente Dora di Bardonecchia e dal torrente Ripa, che all'altezza di Oulx si uniscono per dare origine al fiume Dora Riparia.

Entrambe le valli hanno un fondovalle ampio e i tributari laterali sono, al contrario, generalmente molto incassati. Il paesaggio delle zone a calcescisti, a causa della loro limitata resistenza agli agenti atmosferici, è caratterizzato da forme tendenzialmente morbide che si contrappongono alle forme più aspre delle pietre verdi ed alla verticalità delle pareti calcareo dolomitiche.

Dal punto di vista climatico, l'Alta Valle Susa è uno dei poli di continentalità della catena alpina; le precipitazioni sono molto limitate (672 mm ad Oulx a 1.121 m s.l.m.) ed il regime pluviometrico è di tipo equinoziale con un massimo assoluto invernale.

Secondo la classificazione dell'IPLA tratta da "I Tipi forestali del Piemonte" (2004), l'Alta

Valle Susa rientra per la quasi totalità nel distretto climatico "endalpico asciutto", caratterizzato da una grande ricchezza vegetazionale.

Sono presenti, in popolamenti puri o misti, tutte le conifere dell'arco alpino occidentale: pino cembro, larice, abete rosso, abete bianco, pino silvestre, pino uncinato arboreo e prostrato.

Come si evince dalla tabella di seguito riportata, i cui valori sono stati tratti dal Piano Forestale Territoriale relativo al Comune di Oulx, le categorie forestali maggiormente rappresentate sono "lariceti e cembrete" e "pinete di pino silvestre", che insieme ricoprono il 50% della superficie totale (tabella 1).

Praterie, prato-pascoli, praterie non utilizzate e praterie rupicole ricoprono nel loro insieme un'area di 2.382 ettari, pari al 23,8% della superficie totale del territorio del Comune di Oulx.

Queste categorie risultano notevolmente frammentate (la superficie media si aggira intorno ai 10 ettari), contribuendo all'esistenza di notevoli superfici ecotonali, ambienti favorevoli e molto frequentati da diverse specie selvatiche, in particolar modo da cervo e capriolo.

Dal punto di vista della viabilità, la zona di Oulx è attraversata da tre importanti arterie stradali: la S.S. 24 verso il colle del Monginevro, la S.S. 335 che si dirama dalla precedente in direzione della conca di Bardonecchia e del colle del Frejus e l'autostrada A 32 (non considerata nello studio).

In aggiunta a queste tre importanti arterie stradali che percorrono l'asse vallivo, esiste anche la S.P. 214 che si dirama dalla S.S. 24 all'interno dell'abitato di Oulx e risale il versante orografico destro della valle fino al paese di Sauze d'Oulx.

Tabella 1. Categorie forestali del comune di Oulx (da "Carta Forestale e delle altre Coperture del Territorio" redatta nell'ambito dei Piani Forestali Territoriali).

Categoria forestale	Superficie (Ha)	% sul totale
Lariceti e cembrete	2784	27,8
Pinete di pino silvestre	2226	22,2
Rocce e macereti	1425	14,2
Praterie	904	9,0
Prato-pascoli	570	5,7
Praterie non utilizzate	539	5,4
Peccete	389	3,9
Praterie rupicole	369	3,7
Aree urbanizzate, infrastrutture	222	2,2
Pinete di pino uncinato	191	1,9
Greti	90	0,9
Acero-tiglio-frassineti	85	0,8
Arbusteti planiziali, collinari, montani	84	0,8
Rimboschimenti	68	0,7
Alneti planiziali e montani	34	0,3
Abetine	22	0,2
Acque	9	0,1
Aree verdi urbane	6	0,1
Querceti di roverella	1	0,0

Materiali e metodi

Lo studio intende valutare l'effetto della visibilità stradale e dei suoi immediati intorni sulla localizzazione degli investimenti della fauna selvatica.

Le strade dell'area di studio sono state divise in quattro diversi segmenti (tabella 2) ed è stata eliminata l'area dell'abitato di Oulx in quanto non interessata, se non saltuariamente, da investimenti di fauna selvatica.

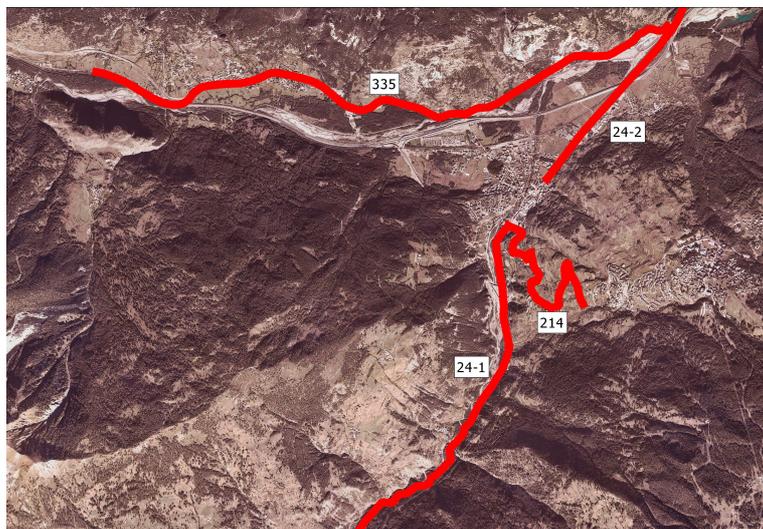


Figura 1. Cartografia con delimitazione dei 4 tratti stradali

Tabella 2. Suddivisione delle strade in tratti nell'area di studio.

Tratto stradale	Lunghezza (m)	Numero incidenti	Incidenti/Km
S.S. 335	9612,05	40	4
S.S. 24_1	3439,27	18	5
S.S. 24_2	2438,33	45	18
S.P. 214	2634,97	5	2

Per ogni segmento sono stati fissati una serie di punti di controllo ogni 100 metri. Successivamente è stata calcolata la visibilità di ogni singolo punto e sommata a quella degli altri punti dello stesso segmento.

Per il calcolo di questi parametri sono stati utilizzati:

1. il reticolo delle strade statali e provinciali della Regione Piemonte;
2. il modello digitale del terreno (DTM) con una risoluzione di 10 m;
3. il Piano Forestale Territoriale (PFT) della Regione Piemonte (limitato all'area di studio).

Tutti questi set di dati sono stati forniti dai relativi uffici dell'amministrazione pubblica, corretti ed aggiornati utilizzando una serie di foto aeree della zona di studio, risalenti al 2001, per correggere eventuali errori del percorso delle strade e del PFT.

Il set di punti di controllo può essere generato automaticamente da un sistema GIS o CAD. In questo caso è stato utilizzato il software

QGIS, che integrato possiede anche il programma GRASS. In quest'ultimo esiste una funzione (*v.to.points*) che permette di generare una serie di punti equispaziati sulla base di una mappa vettoriale di riferimento.

Il PFT presenta sia tutte le tipologie di vegetazione presenti nell'area di studio, sia le aree edificate. A queste informazioni è stato aggiunto il dato relativo all'altezza media della vegetazione secondo quanto riportato nella tabella 3. Per le aree edificate è stata scelta, arbitrariamente, l'altezza media di 20 m. Il file vettoriale così aggiornato è stato convertito in DTM e sommato a quello fornito dall'amministrazione. In questo modo si è ottenuto un modello digitale del terreno che, oltre a tenere conto della morfologia dell'area di studio, rappresentasse anche le altezze della vegetazione. Questo parametro è importante in quanto permette di valutare quanto la vegetazione e la morfologia del territorio interagiscano nel limitare o estendere il campo della visibilità di un conducente (figura 1). La mappa così ottenuta è stata utilizzata come base per l'analisi della visibilità.

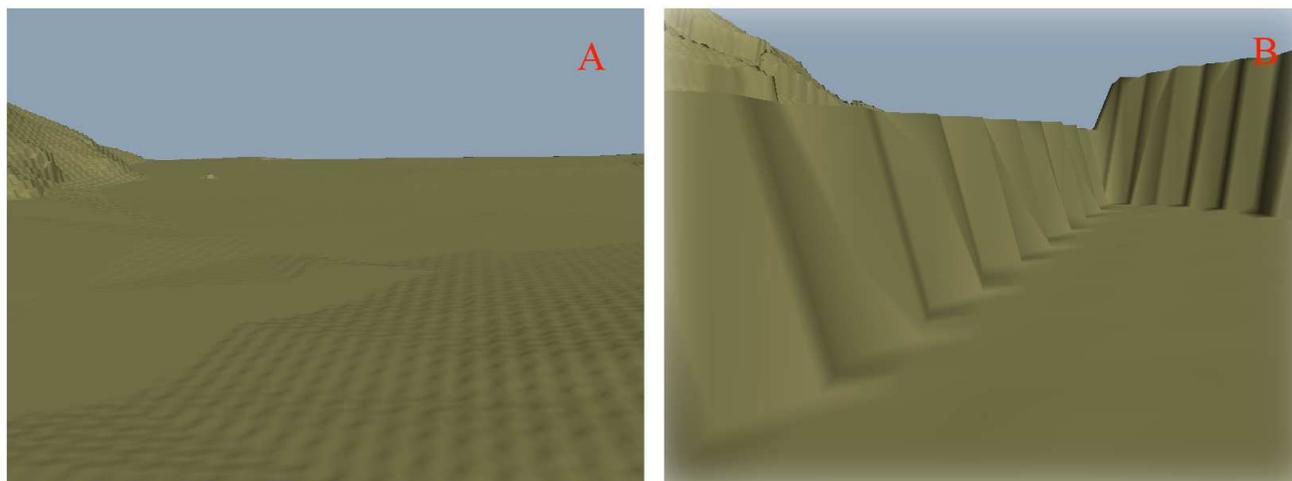


Figura 2. Differenza di visibilità considerando solamente gli aspetti morfologici del terreno (A) e anche quelli vegetazionali (B). L'immagine è stata creata ponendo l'osservatore sempre nella stessa posizione.

Tabella 3. Altezza delle componenti del PFT per creare il DTM della vegetazione (fonte: "Alberi e arbusti", IPLA S.p.A., Torino 2002)

Categoria forestale	Superficie (Ha)	Altezza (m)
Lariceti e cembrete	2784	30
Pinete di pino silvestre	2226	30
Rocce e macereti	1425	0
Praterie	904	0
Prato-pascoli	570	0
Praterie non utilizzate	539	0
Peccete	389	40
Praterie rupicole	369	0
Aree urbanizzate, infrastrutture	222	20
Pinete di pino uncinato	191	20
Greti	90	0
Acero-tiglio-frassineti	85	30
Arbusteti planiziali, collinari, montani	84	3
Rimboschimenti	68	15
Alneti planiziali e montani	34	5
Abetine	22	40
Acque	9	0
Aree verdi urbane	6	0
Querceti di roverella	1	15

Il GIS GRASS ha incorporato una funzione (*r.los*) che permette di analizzare la visibilità di una certa porzione di territorio sulla base della

posizione dell'osservatore, della sua altezza rispetto al terreno e della profondità del suo orizzonte.

Il risultato di questa analisi è una mappa raster che per ogni pixel fornisce un valore nullo se invisibile per l'osservatore, oppure il valore dell'angolo verticale per cui il pixel è visibile. L'angolo verticale è semplicemente l'inclinazione dello sguardo dell'osservatore e parte da un valore zero per l'osservatore che guarda il terreno immediatamente ai suoi piedi per raggiungere il valore 180° quando lo sguardo è completamente rivolto al cielo soprastante. Questo dato, per ogni punto di controllo, è stato convertito in una variabile binaria (0, 1) dove il valore 0 è associato a tutti i pixel della mappa che risultano invisibili, mentre il valore 1 corrisponde alle aree visibili.

Ogni singola mappa, così riclassificata, è stata sommata alle altre per ottenere il risultato finale di una singola mappa per segmento stradale che rappresenta la visibilità globale della strada. La mappa finale ha associato ad ogni pixel un valore che rappresenta il numero di punti di controllo da cui quella specifica cella è visibile. In pratica, tanto più è alto il valore associato al pixel, tanto più questo è visibile.

Dato il numero piuttosto elevato dei punti di controllo (202) è stato necessario redigere uno script che rendesse automatica tutta la procedura di calcolo.

Lo script

La procedura di calcolo per le mappe di visibilità comporta l'utilizzo di diversi moduli di calcolo già presenti in GRASS, quali il modulo *r.los* per calcolare la visibilità da ogni singolo punto e il modulo *r.mapcalc* per riclassificare le mappe dei singoli punti e per sommarle tra loro.

Visto il numero di punti di controllo su cui applicare la procedura è stato necessario

realizzare uno script che rendesse automatica e ripetitiva tutta la procedura.

Lo script ricalca la logica di altri analoghi (Miorelli et Al, 2006) e deriva dalla modifica di una procedura molto più semplice scritta da Paolo Craveri (2007). In primo luogo questo script legge il file dei punti di controllo e ne estrae le coordinate per inserirle nel modulo *r.los*. Questo calcola la mappa per quel punto sulla base degli ulteriori parametri inseriti (altezza dell'osservatore e profondità dell'orizzonte). La mappa risultante viene riclassificata con il modulo *r.mapcalc* (che permette tutta una serie di calcoli algebrici e logici su mappe raster) e sommata alle altre reiterando il modulo appena descritto con una funzione differente. Infine vengono cancellate, volta per volta, tutte le mappe intermedie per mantenere solo quella che illustra il risultato finale.

Al fondo del presente allegato è riportato lo script in forma completa.

Risultati

Per ogni segmento è stata creata una mappa della visibilità della strada e del suo immediato intorno partendo dal presupposto che l'altezza del conducente del veicolo fosse pari a 1,50 m e la profondità del suo orizzonte fosse di 250 m. L'analisi separata dei vari tratti stradali è stata necessaria per evitare che il risultato finale per un segmento fosse influenzato dal fatto che questo fosse visibile da uno o più punti di controllo propri di un'altra strada. Questo evento aumenterebbe infatti in modo artificioso la visibilità del segmento stradale.

Per ogni segmento sono stati sovrapposti alla mappa di visibilità gli investimenti relativi a quel tratto di strada (figura 2).

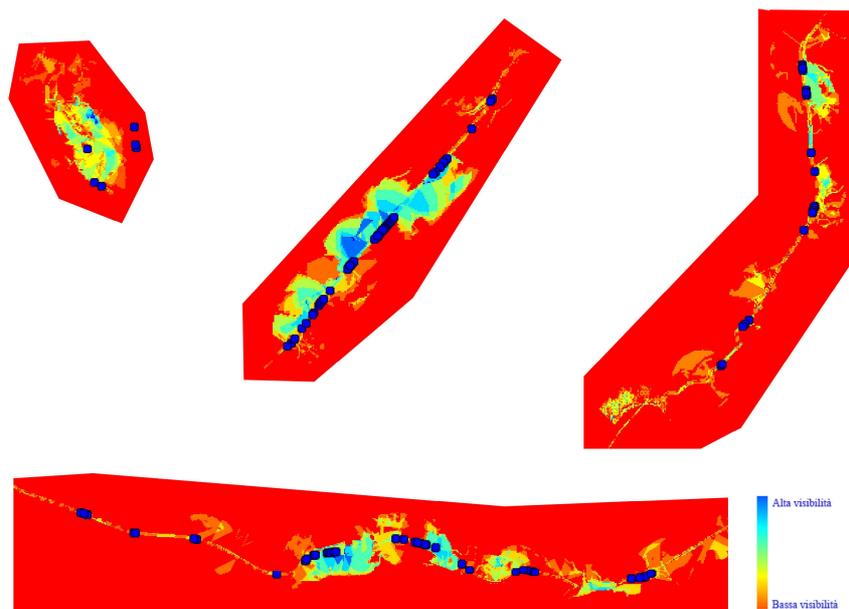


Figura 3. Mappe di visibilità dei vari tratti stradali considerati nello studio. In blu le localizzazioni degli incidenti.

Per avere un quadro generale delle visibilità in tutta l'area di studio le mappe di ogni singolo segmento stradale sono state unite tra loro in un'unica mappa e sovrapposte all'immagine aerea del territorio considerato (figura 3).

Gli incidenti sono maggiormente concentrati in quelle aree che sono caratterizzate da una scarsa visibilità su almeno uno dei due lati della strada, anche se il lato opposto è caratterizzato

da una visibilità ottimale. Sicuramente i tratti con la maggiore intensità di incidenti sono quelli che rappresentano le aree di corridoio ecologico che intersecano tratti stradali con visibilità ridotta. Le aree edificate, almeno quelle di ridotte dimensioni, sembrano essere maggiormente interessate dagli investimenti rispetto ad aree complessivamente meno visibili, ma che attraversano aree a maggiore naturalità (figura 4).

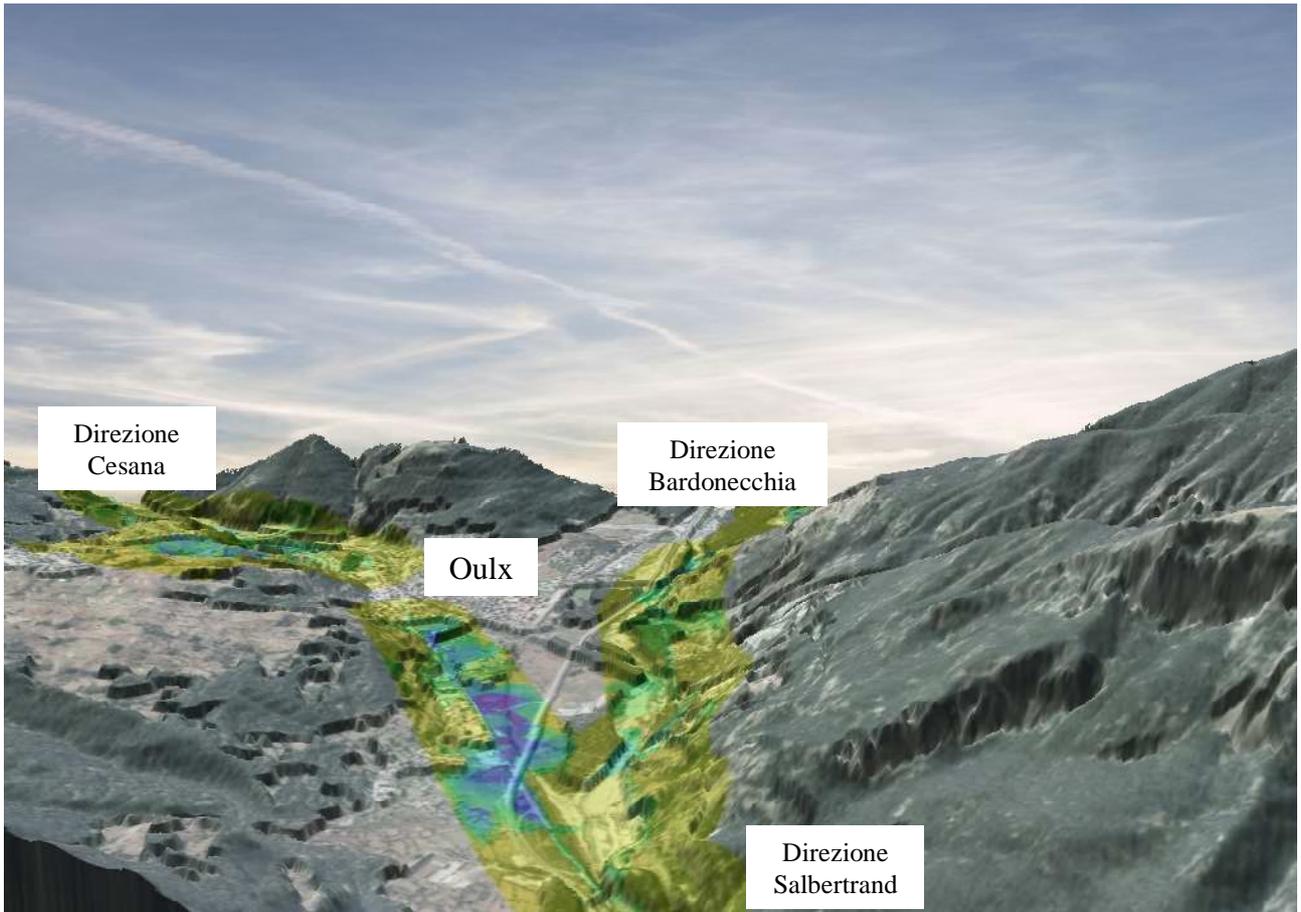


Figura 4. Visione d'insieme del modello di visibilità stradale (in giallo le aree meno visibili e in blu quelle più visibili).

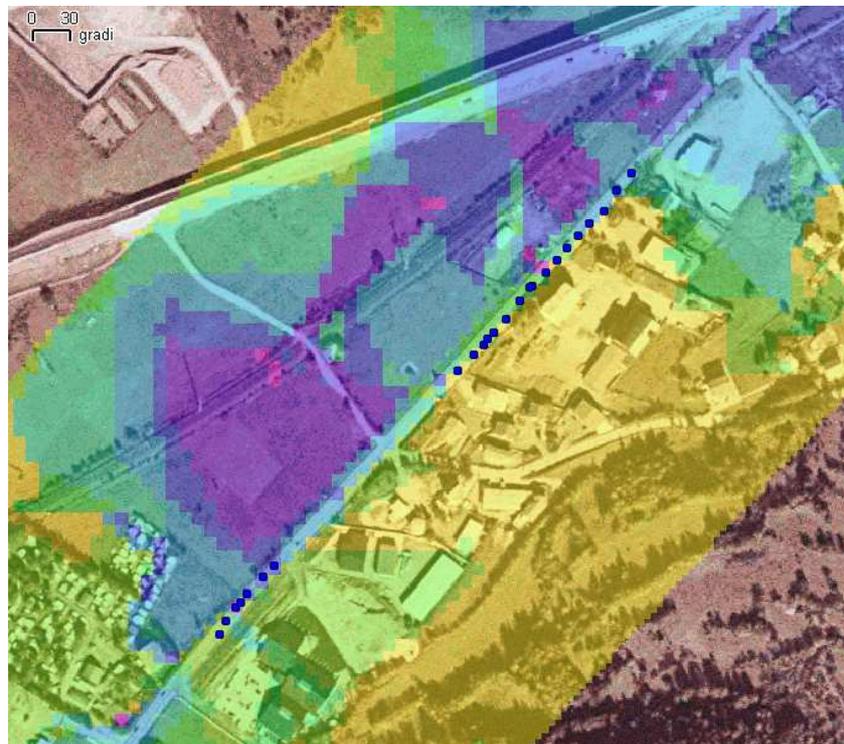


Figura 5. Dettaglio di un'area esemplificativa con un alto numero di incidenti che presenta un lato stradale con bassa o nulla visibilità (in giallo) ed uno ad alta visibilità (blu-viola) in prossimità di un'area edificata.

Conclusioni

L'utilizzo della funzione *r.los* di GRASS, associata ad uno o più script che rendono ripetitive ed automatiche le varie funzioni di calcolo, è uno strumento potente per indagare i fattori che influenzano la distribuzione degli investimenti della fauna selvatica.

Infatti, aree di corridoio ecologico associate a tratti stradali caratterizzati da zone a bassa visibilità da parte di un guidatore sono maggiormente soggette a questi eventi rispetto ad aree equivalenti caratterizzate da una migliore visibilità. Particolarmente interessante è il risultato per cui le aree edificate di modesta entità rappresentano un rischio maggiore rispetto ad aree boscate attraversate da una strada.

Probabilmente la presenza di aree antropizzate genera nel guidatore la falsa percezione di un'assenza di rischio d'investimento in queste zone, in quanto immagina che gli animali selvatici non le frequentino anche se ciò non è vero soprattutto per il capriolo (Mustoni et Al., 2002) (figura 6), mentre nell'attraversare un bosco la sua attenzione è maggiormente indirizzata ad evitare questo rischio. Questa, però,

è una semplice ipotesi che deve essere attentamente valutata ed approfondita.

La possibilità di identificare, insieme anche ad altri studi quali la modellistica ecologica, le aree che soggiacciono a maggiori rischi di incidenti con la fauna a causa della loro vocazionalità e della loro scarsa visibilità rappresenta uno strumento importante per definire e progettare misure tese a mitigare questo fenomeno. Sicuramente una delle strategie di più facile realizzazione, sia logisticamente, sia economicamente, è quella di ridurre il limite di velocità delle aree ad alta vocazionalità ad un livello compatibile con la visibilità della strada.

La riduzione del limite di velocità, infatti, permette tempi e spazi di frenata più brevi, permettendo all'automobilista e all'animale di evitare l'impatto. Il limite di velocità deve essere attentamente valutato sulla base della visibilità, in modo tale che lo spazio di frenata sia al massimo uguale all'orizzonte visivo del guidatore. In questo modo l'automobilista che percorre la strada alla velocità consentita ha il tempo di vedere l'eventuale ostacolo che si para sulla strada e di reagire in modo da arrestare il veicolo o da evitare l'ostacolo in sicurezza.



Figura 6. Un capriolo sosta nel cortile di un'abitazione a Bousson di Cesana (TO) (foto: Ramona Viterbi)

Bibliografia

- Carey M., 2001. Addressing wildlife mortality on highways in Washington. ICOET 2001 Proceeding: 605-610.
- Clevenger A.P., Chruszcz B., Gunson K.E., 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109: 15-26.
- Dodd L.N., Gagnon J.W., Boe S., Schweinsburg R.E., 2005. Wildlife-Vehicle Collision. Prevention and Recution Strategies. ICOET 2005 Proceedings: 461-476.
- Inbar M., Shanas U., Izhaki I., 2002. Characterization of road accidents in Israel involving large mammals. *Israel Journal of Zoology*, 48: 197-206.
- Jackson S.D., 2000. Overview of Trasportation Impacts on Wildlife Movement and population. Pp:7-20. In: Messmer T.A. and West B. (eds). *Wildlife and Highways: Seeking solutions to an Ecological and Socio-economics Dilemma*. The Wildlife Society.
- ITC-irst, 2003. Analisi degli strumenti di prevenzione degli incidenti stradali con fauna selvatica lungo la rete stradale della Provincia di Trento. Provincia Autonoma di Trento – Servizio Gestione Strade.
- Jaeger J.A.G., Fahrig L., 2004. Effects of Road Fencing on Population Persistence. *Conservation Biology*, 18: 1651-1657.

Jaeger J.A.G., Bowman J., Brennan J., Fahrig L., Bert D., Bouchard J., Charbonneau N., Frank K., Gruber B., Tluk von Toschanowitz K., 2005. Predicting when animal population are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behaviour. *Ecological Modelling*, 185: 329-348.

Marcoux A., 2005. Deer-vehicle collisions: an understanding of accident characteristics and drivers' attitudes, awareness, and involvement. Master of Science Thesis. Departement of Fisheries and Wildlife.

Miorelli E., Zatelli P., 2006. Landascape relevance analysis with GRASS. *Geomantic Workbooks*, 6.

Mustoni A., Pedrotti L., Zanon E., Tosi G., 2002. Ungulati delle Alpi. Nitida Immagine Editrice, Cles (TN).

Ruediger W.C., Wall K., Wall R., 2005. Effects of highways on elk (*Cervus elaphus*) habitat in the Western United States and proposed mitigation approaches. *ICOET 2005 Proceedings*: 269-278.

Seiler A., 2005. Predicting lotation of moose-veiche collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 42: 371-382.

Alexander S.M., Waters N., Paquet P.C., 2005. Traffic volume and highway permeability for a mammalian community in the Canadian Rocky Mountains. *The Canadian Geographer*, 49: 321-331.

Taggi F., Maturano P., 2003. La percezione del rischio e il rischio della percezione: il caso della sicurezza stradale. Pp: 355-362. In: Taggi F. (a cura di): *Aspetti sanitari della sicurezza stradale (Pregetto Datis – Il Rapporto)*. Istituto Superiore di Sanità. Roma.