

Hur utvärderas faunapassager?

En litteraturstudie om säkra passager för djur över vägar
och hur de utvärderas

SARA SCHRÖDL 2018
MVEK03 EXAMENSARBETE FÖR KANDIDATEXAMEN 15 HP
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET



Hur utvärderas faunapassager?

En litteraturstudie om säkra passager för djur över vägar
och hur de utvärderas

Sara Schrödl

2018



LUNDS
UNIVERSITET

Sara Schrödl

MVEK03 Examensarbete för kandidatexamen 15 hp, Lunds universitet

Intern handledare: Helena Hanson, Centrum för miljö- och klimatforskning
(CEC), Lunds universitet

CEC - Centrum för miljö- och klimatforskning
Lunds universitet
Lund 2018

Abstract

Habitat fragmentation is a common problem in relation with road infrastructure which leads to mortality, isolation of animal populations, and has a negative effect on biodiversity. Animal crossings have been implemented in many countries and are a useful tool to mitigate these problems but they are expensive to build. This thesis explores the methodological approaches used to evaluate how wildlife crossings' functions are evaluated. This was done by reviewing abstracts from a total of 223 peer-reviewed scientific publications. There were a great variety of methods used to evaluate crossing, but cameras was the most commonly used. Many studies used a combination of methods to make up for shortcomings with the single methods, for example, using PIT to make up for cameras inability to identify individuals crossing the passage. The results show that it is important to evaluate the passages and associated structures, like fences, for many factors and not focus on only one. Cameras are a good option for monitoring the use of a passage, but it is key to understand that animals using the passage does not equal a positive effect on their populations. It is therefore important to evaluate how populations are affected and whether they are viable or not. This was done by using Population Viability Analysis, evaluating populations' genetic variation, or evaluate whether the passage allows for gene flow to occur. DNA-analysis is sometimes required for this and can now be done with a more inexpensive and simple method, using hairs from animals, collected in a non-invasive way. It is also important to evaluate the passage both before and after to be able to determine the actual effect the passage has had. But nothing ever stays the same, and the passage should be monitored for longer periods or at regular intervals to make sure a satisfactory effect is sustained.

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	5
Inledning	7
<i>Syfte</i>	9
Metod	11
<i>Litteratursökning</i>	11
<i>Titelgranskning</i>	12
<i>Analysram</i>	13
Resultat	15
<i>Kamera och spåranalys</i>	17
<i>Telemetri och PIT</i>	18
<i>DNA-analys och hårinsamling</i>	19
<i>Viltolyckor</i>	20
<i>Kombinationer</i>	20
<i>Före och efter</i>	22
Diskussion	23
<i>Kamera och spåranalys</i>	23
<i>Telemetri och PIT</i>	24
<i>DNA-analys och hårinsamling</i>	26
<i>Viltolyckor</i>	27
<i>Kombinationer</i>	27
<i>Före och efter</i>	28
Slutsats	29
Tack	31
Referenser	33
Bilaga	39

Inledning

Vägar är viktig infrastruktur i vårt samhälle men innebär problem för djuren. År 2017 var ett rekordår för antalet viltolyckor i Sverige, totalt inträffade 61 282 viltolyckor enligt Nationella viltolycksrådets statistik (Nationella viltolyckosrådet, 2016). Många djur dör i trafiken och viltolyckor är både kostsamma (Winqvist, 2015, Seiler & Folkesson, 2006) och skadliga (Rabe, 2016, Seiler & Folkesson, 2006) för människor. Förlusten av individer kan även påverka djurpopulationer eftersom en del av genpoolen försvinner (Van Manen et al., 2012, Seiler & Folkesson, 2006). Små populationer påverkas mer av denna förlust eftersom deras genpool är mindre (Seiler & Folkesson, 2006).

Vägar förstör och fragmenterar habitat och agerar barriärer för djurs förflyttning i landskapet (Lewis et al., 2011). Detta minskar djurs tillgång på resurser och partner och försämrar därigenom deras chanser att överleva och fortplanta sig (Sawaya et al., 2014).

Barriäreffekten kan uppkomma på flera sätt. Det kan vara fysiskt omöjligt för djuret att korsa vägen eller inte finnas passande habitat i närheten, eller dö när de försöker korsa vägen (Seiler, 2006). Men barriäreffekten kan även uppkomma på grund av djurs beteenden. Jacobson et al. (2016) beskriver fyra beteenden hos djur i förhållande till trafikvolym: att djuret inte påverkas och korsar vägen oavsett mängden trafik, att djuret pausar vid fara och korsar mer sällan vid mer trafik, att djuret springer från faran och undviker vägar vid måttlig och stor mängd trafik, och djur som alltid undviker vägen.

Barriäreffekten leder även till problem på populationsnivån (Seiler & Folkesson, 2006). När nya individer inte tillkommer och lyckas fortplanta sig i populationen, och därigenom skapa genflöde, kan problem som lokalt utdöende förekomma (Hanski et al., 2013, Hanski & Gilpin, 1991), till exempel som ett resultat av inavelsdepression (Saccheri et al., 1998). För att avgöra ifall en population är livskraftig kan man göra olika former av Population Viability Analysis – modeller som avgör ifall populationer har tillräcklig genetiska variationen för att inte utrotas (Van Manen et al., 2012).

Habitatfragmentering och habitatförlust påverkar biodiversitet negativt (Fahrig, 2003). Fahrig (2003) beskriver att mängden tillgängligt habitat är avgörande för bevarandet av arter och därigenom biologisk mångfald. Desto mindre habitatfragmenten är, desto större risk är det för populationer i dessa fragment att dö ut (Hanski et al., 2013).

Populationer behöver inte vara helt isolerade för att problem ska uppstå. Fragmenterade populationer kan vara delvis i kontakt och ha ett utbyte av individer som fortplantar sig, men fragmenteringen kan istället innebära att populationerna avviker från varandra, till exempel vad gäller kön eller individ-täthet (Sawaya et al., 2014) och detta kan påverka deras fortplantning (Saccheri et al., 1998, Richard Frankham, 1998). Om den genetiska variationen är låg, blir populationen beroende av att nya individer tillkommer utifrån för att undvika inavelsdepression (Richard Frankham, 1998, Seiler & Folkeson, 2006) eller för att upprätthålla motståndskraft mot slumpmässigt utdöende (Hanski et al., 2013). Små populationer är även mer hotade av isolering och barriäreffekten än större då deras mindre genpool innebär att dessa effekter har större inverkan (Hanski et al., 2013, Seiler & Folkeson, 2006).

Alla arter påverkas olika mycket av vägar (Seiler & Folkeson, 2006, Sawaya et al., 2014). Till exempel arter med stora hemområde påverkas mer av habitatfragmentering, än arter med små hemområden, då de oftare konfronteras med vägar (Seiler & Folkeson, 2006), och som Seiler & Folkeson (2006) beskriver kan metapopulationer ha subpopulationer som utrotas medan metapopulationen överlever.

Användning av faunapassagen behöver dock inte innebära att genflöde förekommer mellan populationer (Sawaya et al., 2014). Riley et al. (2006) kom fram till att populationer av prärievargar (*Canis latrans*) och lodjur (*Lynx rufus*) korsade vägar, men att genflödet som skapades av detta, var mindre än förväntat – vilket de bedömde berodde på få tillfällen för de individer som korsade vägarna att fortplanta sig.

Det finns flera åtgärder som kan vidtas för att lösa problemen, en åtgärd är faunapassager. Faunapassager har installerats i stora delar av världen (Seiler & Folkeson, 2006), även i Sverige (Seiler & Folkeson, 2006). Faunapassager tillåter djur att korsa vägen på ett säkert sätt, till exempel över ”gröna broar” eller genom tunnlar. Många passager kompletteras med viltstängsel för att hindra att djuren når eller korsar vägen på annan plats än via passagen (Seiler & Folkeson, 2006). Passagens utformning måste även planeras beroende på vilka arter som det är tänkt ska använda den (Seiler & Folkeson, 2006). Till exempel används rep för att tillåta förflyttning av till exempel pungråttor (*Pseudocheirus occidentalis*) (Yokochi & Bencini, 2015), vilket inte kan hjälpa en älg att korsa vägen

Faunapassager är dock dyra att bygga och sköta (Seiler & Folkeson, 2006) och det är därför viktigt att de fungerar och utvärderas. Situationen kan annars förbli densamma eller förvärras genom att populationer som tidigare kunde korsa vägen, blir isolerade ifall stängslen uppfyller sin funktion, och hindrar djuren, men passagen inte uppfyller sin funktion i att främja deras förflyttning över vägen (Seiler & Folkeson, 2006). Men då det finns så många faktorer som påverkas, är utvärderingens utformning problematisk.

Syfte

Syftet med detta arbete är därför att undersöka vilka metoder som finns tillgängliga för att utvärdera funktionen hos faunapassager med hänseende på minskade viltolyckor och säker förflyttning av djur över vägar.

Följande frågeställning kommer besvaras:

1. Vilka är de vanligaste metoderna som används för att utvärdera faunapassager?
2. Vilka är för- och nackdelarna med de olika metoderna?

Metod

För att svara på forskningsfrågorna gjordes en litteraturstudie där tidigare forskning på området sammanställdes och granskades. Studien är avgränsad till utvärderingen av faunapassager.

För att få en uppfattning om vilken sorts material som finns på området gjordes en preliminär litteratursökning i LUB search. De sökslingor som användes var: *wildlife AND crossing*, *wildlife AND cross**, *"wildlife crossing"*, *habitat AND fragmentation*, *"habitat fragmentation"*, *wildlife AND crossing AND Sweden*, *"wildlife crossing" AND Sweden*, och *wildlife AND cross* AND Sweden*.

Litteratursökning

Litteratursökningen genomfördes i Web of Science i april 2018 (alla databaser) och presenteras i tabell 1. Sökningen gjordes på engelska i alla tillgängliga databaser och använde termen "wildlife crossing" och andra variationer av termer för faunapassager, så som "fauna passage" eller "wildlife passage". För att hitta publikationer som nämner passagers funktion och utvärdering och för att avgränsa sökningen, användes termer så som "evaluate" och "assess" i kombination med olika termer för faunapassage (tabell 1). Då älgar och andra hovdjur ofta används som målart för planering och utvärdering av faunapassager (Olsson et al., 2008), användes termer för detta i en sökslinga (tabell 1, sökning E).

Publikationerna från titelgranskningen laddades ner från Web of Science till datorprogrammet Endnote. Det som inkluderades i denna nedladdning var: författare, titel, källa, författar identifieringar, abstrakt (om tillgängliga), antal citeringar, och ISSN/ISBN. Totalt granskades 2 453 publikationer.

Det förekom flera dubletter inom sökningarna och mellan sökningarna. När dubletterna sällades bort sparades alltid dubbletten från den tidigare sökningen.

Table 1: litteratursökning gjord i databasen Web of Science i april 2018.

Tabellen presenterar sökslingorna som användes i litteratursökningen. Antalet träffar i respektive sökning presenteras i kolumnen ”träffar” och det totala antalet presenteras längst ner i tabellen.

DATUM	ID	SÖKSLINGA	TRÄFFAR
2018-04-23	A	wildlife AND crossing* AND evalua* OR wildlife AND crossing* AND assess OR wildlife AND crossing* AND estimate OR wildlife AND crossing* AND determin	771
2018-04-23	B	wildlife AND passage* AND evalua* OR wildlife AND passage* AND assess* OR wildlife AND passage* AND estima* OR wildlife AND passage* AND determin*	1 126
2018-04-24	C	fauna AND passage* AND evalua* OR fauna AND passage* AND assess* OR fauna AND passage* AND estima* OR fauna AND passage* AND determin*	229
2018-04-24	D	eco AND passage*	182
2018-04-24	E	wildlife AND crossing* AND alces OR wildlife AND crossing* AND moose OR wildlife AND crossing* AND elk OR wildlife AND crossing* AND ungulate	207
Totalt:			2 515

Titelgranskning

För de 2 515 träffar, granskades publikationernas titlar utefter uppsatta kriterier.

Första var att titeln skulle innehålla någon term för faunapassage, till exempel “wildlife crossing”, “animal crossing”, “culvert”, “crossing structures”.

Andra kriteriet var att det skulle handla om djurs förflyttning i landskapet, eller vid eller över vägar, och innefattade termer så som ”gap crossing”.

Tredje kriteriet var att det skulle handla om djurs beteende i förhållande till vägar, då detta påverkar passagens funktion.

Fjärde kriteriet var att titeln skulle innehålla termen ”fence” i någon form. Publikationer som beskriver utvärdering av viltstängsel inkluderades eftersom dessa ofta kompletterar faunapassager och har stor betydelse för deras funktion enligt den preliminära litteratursökningen.

Femte kriterat var att det skulle handla om någon annan form av åtgärd för att motverka vägars påverkan på djur och innefattade termer så som ”mitigation”.

Sjätte kriteriet var att det inte skulle handla om faunapassager endast ämnade för fiskar, fåglar, fladdermöss, insekter, och marina djur. Dessa arter inkluderades inte i avgränsningen eftersom deras beteenden och behov skiljer sig för mycket från

landlevande djur; vilket kräver andra former av passager och utvärderingsmetoder, och därför inte anses relevant.

Åttonde kriterat var att det inte skulle handla om växter då dessa inte inkluderades i syftet.

Om titeln inte innehöll något eller några av dessa åtta kriterier, men en publikation ändå verkade relevant, gjordes en enkel granskning av publikationens abstrakt. Detta gjordes för att undvika att exkludera de publikationer vars titlar inte beskriver publikationens innehåll på ett lättöverskådligt sätt.

Analysram

Abstrakten granskades sedan för 404 publikationer vilka inkluderades i urvalet från titelgranskningen. Endast publikationer som är tillgängliga digitalt och har abstrakt, granskades och utav de 404 publikationerna, var åtta inte tillgängliga digitalt och sju har inte abstrakt och inkluderades därför inte i.

Vid granskningen av abstrakten, inkluderades endast de publikationer som uppfyllde tre av de kriterier som användes i titelgranskningen: publikationerna skulle nämna någon form av faunapassage, till exempel “wildlife crossing”, “animal crossing”, “culvert”, “crossing structures”, skulle inte handla om faunapassager endast ämnade för fiskar, fåglar, fladdermöss, insekter, och marina djur, och inte handla om växter.

De 223 publikationer som uppfyllde dessa kriterier infördes sedan i en analysram där analysfrågor besvarades utifrån innehållet i abstrakten. Analysfrågorna presenteras i tabell 2. Ur analysramen extraherades sedan information angående antalet publikationer som beskriver utvärdering av faunapassager och metod för att inhämta data.

Tabell 2: en beskrivning av de analysfrågor som besvarades i analysramen.

Tabellen beskriver de analysfrågor som besvarades med hjälp av publikationernas abstrakt. Samtliga frågor besvarades med ”ja” eller ”nej” och antalet publikationer som svarade ja, respektive nej presenteras i högra kolumnen. För fråga 11 och 16 beskrivs även vilket kriterie, respektive metod som beskrivs i abstrakten.

#	ANALYSFRÅGA	BESKRIVNING	ANTAL
1	Utvärderas passagen?	Publikationen beskriver hur någon form av utvärdering av en eller flera faunapassager.	Ja: 127 Nej: 96
För de 127 publikationer som svarade <i>ja</i> på fråga 1:			
2	Utvärderas användningen?	Faunapassagen/-erna har utvärderats för ifall den användes av djur.	Ja: 105 Nej: 22
3	Utvärderades utformning?	Faunapassagen/-erna har utvärderats för ifall dess utformning tillät djur att använda den.	Ja: 54 Nej: 73
4	Utvärderades viltolyckor	Faunapassagen/-erna har utvärderats för ifall det skett en minskning i viltolyckor.	Ja: 30 Nej: 97
5	Utvärderas genflöde?	Faunapassagen/-erna har utvärderats för genflöde.	Ja: 4 Nej: 123
6	Användes PVA?	Population Viability Analysis (PVA) används för att utvärdera faunapassagen/-erna.	Ja: 5 Nej: 122
7	Utvärderas före och efter?	Faunapassagen/-erna utvärderades före och efter att de installerats.	Ja: 12 Nej: 115
8	Utvärderades något annat?	Faunapassagen/-erna utvärderades för annat än det i fråga 2-7, till exempel faunapassagens placering.	Ja: 62 Nej: 65
9	Beskrivs datainhämtningsmetoden?	Det beskrivs vilken metod som användes för att hämta in data.	Ja: 98 Nej: 29
För de 98 publikationer som svarade <i>ja</i> på fråga 12:			
10	Användes kamera?	Det användes någon form av kamera, till exempel rörelseaktiverad videokamera.	Ja: 53 Nej: 45
11	Användes telemetri?	Den användes någon form av telemetri, till exempel Global Positioning System (GPS).	Ja: 15 Nej: 83
12	Användes spåranalys?	Det genomfördes analys av spår lämnade av djur.	Ja: 27 Nej: 71
13	Användes PIT?	Det användes Passive Integrated Transponder (PIT).	Ja: 8 Nej: 90
14	Beräknades viltolyckor?	Antalet viltolyckor beräknades, till exempel via databaser eller att räkna kadaver längst vägen.	Ja: 30 Nej: 68
15	Samlades hår in?	Hår från djur samlades in.	Ja: 5 Nej: 93
16	Användes en annan metod?	Det användes en annan metod än de i fråga 10-15, till exempel analys av spillning.	Ja: 15 Nej: 83

Resultat

223 publikationer inkluderades i litteraturstudien, och utav dessa beskriver 127 publikationer utvärdering av en eller flera faunapassager. Av dessa, beskriver 96 vilken metod som användes för att inhämta data och de sex vanligaste metoderna presenteras i figur 1 nedan.

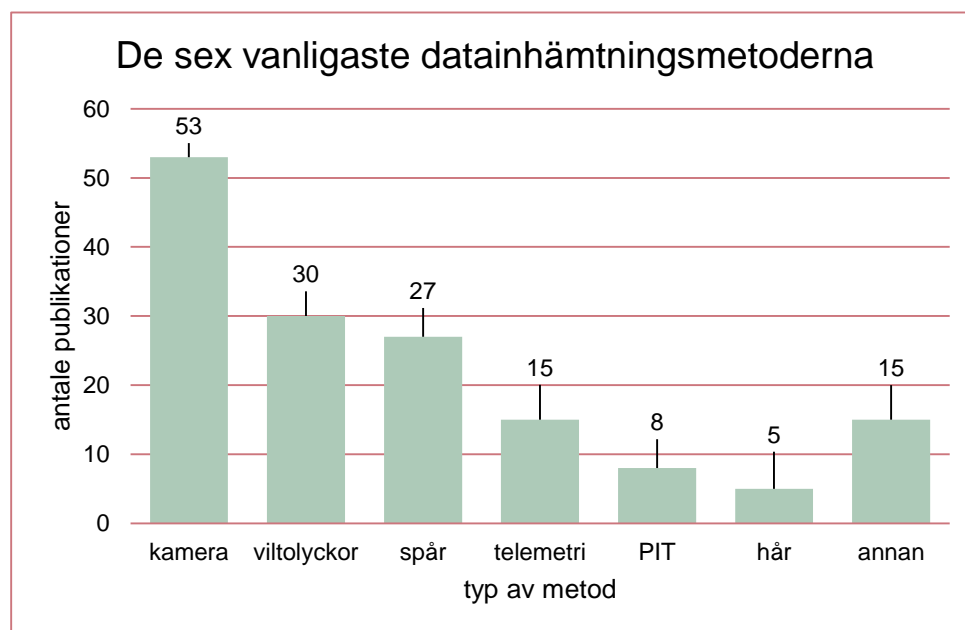
Utvärderingarna gjordes för en eller flera kriterier vilka de vanligaste presenteras i tabell 2 ovan. Användningen av passagen var det som utvärderades mest och beskrivs i 105 publikationer. I 45 publikationer utvärderades huruvida faunapassagers utformning tillät användning av en eller flera arter, till exempel att hjortar använde en, smalare än förväntat, passage (Moeckel, 2014). I 30 publikationer utvärderades huruvida viltolyckor minskat efter att passagen installerats, varav nio endast utvärderade viltolyckor. I fem publikationer användes Population Viability Analysis (härefter PVA) för att utvärdera faunapassager och i fyra utvärderades faunapassager för ifall det förekom genflöde. PVA ger dock antaganden beroende på de variabler som används och till exempel Beaudry et al. (2008) beskriver att deras modell antog att variablerna skulle förbli konstanta i 100 år. Brook et al. (2000) beskriver dock att när de utvärderade PVA:s förutsägbarhet var modellerna mer träffsäkra än kritiker beskrev. Publikationerna som utvärderade PVA och/eller genflöde publicerades 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2012, 2014, och 2018 (van der Grift, 2005, Clevenger, 2006, Olsson et al., 2008, van der Ree et al., 2009, Clevenger & Sawaya, 2010, Van Manen et al., 2012, Polak et al., 2014, Ramalho et al., 2018).

Förflyttning i området runt omkring faunapassagen utvärderades i 11 publikationer. Individens förflyttning är av intresse för att få reda på ifall djuren når passagen från sitt hemområde (Van Manen et al., 2012) eller för att förstå hur djur påverkas av passagen (Olsson et al., 2008) och andra tillhörande strukturer, så som viltstängsel (Gagnon et al., 2015). Passagens placering utvärderades i 16 publikationer och ger information om ifall den är placerad tillräckligt nära lämpliga habitat (Patrick et al., 2010). Utvärdering av placeringen användes också för att avgöra ifall djur nådde passagen (Kusak et al., 2009). Gagnon et al. (2015) beskriver att de använde Global Positioning System (GPS) för att avgöra ifall förflyttningen i området hos hjortdjuret vapiti (*Cervus elaphus nelsoni*) ändrades och hur ofta de använde två faunapassager, efter att viltstängsel byggts högre.

Djurs beteende i förhållande till faunapassager, till exempel ifall djuren är rädda för att använda dem, utvärderades i 11 publikationer. Påverkan från

störningar, till exempel trafikvolym (Dodd et al., 2007), på användningen av passagen eller hur ofta djur korsade vägen, utvärderades i 11 publikationer. Detta är kopplat till beteende men kategoriseras skilt i detta arbete eftersom dessa faktorer kan utvärderas utan att ha data på hur djuren faktiskt beter sig. Till exempel data på hur ofta passagen används och mätningar av mängden trafik (Dodd et al., 2007, Olsson et al., 2008). När på dygnet passagen användes, beskrivs i fyra publikationer och kan ge information om ifall djuren till exempel använder den mer på natten än under dagen (Konnerup et al., 2004).

Att det finns en period för djuren att vänja sig vid passagen och börja använda den, dokumenterades i nio publikationer. Till exempel beskriver Fagart et al. (2016) att användningen ökade med nästan 800 % under de 2 år som de övervakade passagen. Påverkan på användningen beroende på säsong studerades i åtta publikationer och innebär att passagen kan användas mer eller mindre beroende på vilken säsong på året det är (Mata et al., 2009). Yokochi & Bencini (2015) beskriver även hur parningsperioder och väder påverkade användningen, även Morrall et al. (2000) beskriver att väder hade en effekt på användningen.



Figur 1: de sex vanligaste datainhämtningsmetoderna vid utvärdering av faunapassager.

Stapeldiagrammet illustrerar de sex metoder som var vanligast vid utvärdering av faunapassager i de 127 publikationer som beskriver en utvärdering av någon form av faunapassage. Y-ledet beskriver antalet publikationer som använde metoderna, och x-ledet beskriver typen av metod; kamerateknik i någon form (film eller bild); analys av spår lämnade av djur; räkna antalet viltolyckor (till exempel att använda information från databaser eller räkna kadaver längst vägen); telemetri (till exempel Global Positioning System (GPS)); och PIT (teknik som avläser taggar som placerats i kroppen på

djur). Stapeln längst till höger illustrerar de publikationer som nämnde någon annan form av metod än de i övriga staplar.

Kamera och spåranalys

Användning av kameror för att filma eller ta bilder, är den metod som användes mest för att hämta in data. Det beskrivs i 53 publikationer i litteratursökningen (fig. 1) varav det i 15 var den enda metoden. Kameror stör eller inkräktar inte på djuren och användes för att avgöra vilka arter som använder faunapassagen och med vilken frekvens (Ford et al., 2009, Mateus et al., 2011). Kamerorna kan vara rörelseaktiverade och börja filma eller ta bilder när ett djur passerar eller rör sig i närheten av den (Ford et al., 2009). Det finns dock studier som beskriver att funktionen hos rörelseaktiverade kameror inte är helt perfekt; att kameran felaktigt aktiveras eller missar djurs aktivitet – vilket kan leda till en undervärdering av vilka arter som använder passagen och hur ofta (Jumeau et al., 2017). Kameror kan även ge information om tidpunkten för användningen, om djuren använder den i grupper och storleken på dessa grupper, kön och ålder hos individer, och djurs beteende (Mateus et al., 2011). Med kameror är det dock inte möjligt att få information om identifierade individers användning av passagen (Bellis et al., 2013).

26 publikationer beskriver analys av spår från djur för artbestämning (Brandjes et al., 1999) och för att ta reda på med vilken frekvens faunapassagen användes (Guzvica et al., 2014). 10 av dessa publikationer använde endast spåranalys. Men likt kameror, kan spåranalys inte ge information om identifierade individers användning av passagen (Kammerle et al., 2017). Spåranalys kan göras på marken (McCullister & van Manen, 2010), eller på specialgjorda ytor eller plattor som har lämpligt underlag, till exempel sand (Harris et al., 2010) eller bläck (Veenbaas & Brandjes, 2003). Inte heller spåranalys stör djuren (Ford et al., 2009), ett undantag för detta är användningen av bläck, vilket Brandjes et al. (1999) beskriver, var skadligt för vissa arter. Att använda bläck gjorde det dock möjligt att dokumentera och arkivering för senare expertbedömning, vilket inte annars är möjligt. Spåranalys kan även göras i snö vilket gör det möjligt att spåra djurs förflyttning i området (Helldin & Olsson, 2014, Bellis et al., 2013).

Enligt Mateus et al. (2011) visar deras resultat på att spåranalyser var mer kostnadseffektiv än kameror för korta studier, men att kamera var billigare än spåranalys för längre studier; kameror innebär en stor inledande kostnad, då utrustningen måste köpas in, och är 14 gånger dyrare än spåranalys. Men kameror tillåter övervakning året runt, medan spåranalys är känsligare för väder (Mateus et al., 2011) och kräver även mer arbete än kameror (Ford et al., 2009, Helldin & Olsson, 2014). Fortsatt beskriver Mateus et al. (2011) att vid jämförande av detektions-förmågan hos kameror och spåranalys detekterar kameror en större

andel (10 %) av aktiviteten på passagen, än spåranalys gör. Kameror detekterar små djur bättre än spåranalys gör, på grund av deras mindre tassarfötter (Mateus et al., 2011), och aktivitet från olika arter detekteras olika bra av kameror och spåranalys: Ford et al. (2009) beskriver hur prärievarg (*Canis latrans*) och grisslybjörn (*Ursus arctos*) detekterades bättre av rörelseaktiverade kameror, medan hjort (*Odocoileus sp.*) och kronhjort (*Cervus elaphus*) detekterades bättre av spåranalys.

Enligt Mateus et al. (2011) kan kameror och dess högre kostnad, vara berättigat att använda om man: vill studera ett få antal passager, göra längre studier, fokusera på studier av små arter, ifall det är ett stort antal individer i området, eller om det är av intresse att utvärdera djurs beteende. Ford et al. (2009) beskriver också att vid studier längre än ett år, är kameror mer kostnadseffektivt än spåranalys.

Telemetri och PIT

Informationen om identifierade individers användning av faunapassage och information om deras kön och ålder krävs för att avgöra effekter på populationsnivån (Dexter et al., 2016). När man vet vilka individer som korsar vägen kan man bedöma ifall genflödet som dessa kan skapa är tillräckligt för att göra populationen livskraftig (Olsson et al., 2008).

Åtta publikationer använde Passive Integrated Transponder, PIT, för att inhämta information om identifierade individers användning (Soanes et al., 2015). Individer av olika kön och ålder i populationer, förses med PIT-taggar för att kunna få in information om vilka individer som använder passagen och när (Harris et al., 2010, Soanes et al., 2015). Taggarna är lika stora som riskorn och placeras till exempel under huden med en nål (Gibbons & Andrews, 2004). Detta är ett invasivt ingrepp och kräver speciell utbildning av utövaren (Gibbons & Andrews, 2004). En läsare placeras på passagen och aktiverar taggen med ett elektromagnetiskt fält och läser då av och registrerar individen (Soanes et al., 2015). Det finns andra sorters taggar som aktivt sänder ut en signal (Gibbons & Andrews, 2004), men dessa är batteridrivna och därför en bestämd batteritid innan de måste bytas ut. Att PIT inte kräver batterier, och att taggarna sitter kvar inuti djuret, gör det möjligt att utnyttja de märkta individerna även vid framtida studier (Gibbons & Andrews, 2004). Men PIT-taggar kan omlaceras i kroppen på djuret efter ingreppet och kan då bli svåra att avläsa (Gibbons & Andrews, 2004), eller så kan djuret göra sig av med taggen om dess kropp uppfattar den som ett främmande föremål (Gibbons & Andrews, 2004).

Telemetri, till exempel GPS, användes i 15 publikationerna och, liksom PIT, gör det möjligt att avgöra vilka individer som använder passagen (Bellis et al., 2013). I fyra av dessa publikationer, användes endast telemetri för att utvärdera passagen. Individer fångas in och förses med radiosändare som aktivt sänder ut signaler om

var den befinner sig, vilket gör det möjligt att spåra individers förflyttning i landskapet (Gagnon et al., 2015). Telemetri kan även ge information om ifall individer undviker passagen på grund av till exempel mängden trafik (Olsson et al., 2008). Radiosändaren använder dock batterier och är stora, vilket kan göra det svårt att fästa dem på djuret eftersom de måste sitta på ett sätt som inte besvärar eller skadar djuret (Dexter et al., 2016). Radiosändare kan ramla av eller få slut på batterier vilket leder till att de behöver bytas ut (Dexter et al., 2016). Detta innebär en extra kostnad och arbete, men även att djuren än en gång måste fångas in och hanteras (Dexter et al., 2016). Ifall radiosändaren fastnar och hotar djurets liv måste radiosändaren även kunna lossna (Dexter et al., 2016).

Att fånga in och förse djur med radiosändare eller tagg kräver utbildning och bör göras på ett så effektivt sätt som möjligt för att stressa djuret så lite som möjligt (Gibbons & Andrews, 2004). Telemetri och PIT används för målarter, så som älg (*Alces alces*) (Olsson et al., 2008) eller ormar (Colley et al., 2017). Gibbons & Andrews (2004) beskriver att PIT är billigare, och innebär mindre arbete än telemetri, men även att PIT kräver att tagg och läsare måste vara väldigt nära varandra och kommer aldrig kunna användas på så långa avstånd som telemetri tillåter.

DNA-analys och hårinsamling

Population Viability Analysis, PVA, kan göras på data över identifierade individers användning av passagen (Olsson et al., 2008) och med genetisk data (Ramalho et al., 2018). För att få information om individers genetiska förhållanden används DNA-analys, och det är nu möjligt att göra detta på hår (Clevenger, 2006). Att analysera hår beskrivs i fem publikationer och Clevenger (2006) beskriver att analysera hår är billigare och enklare än tidigare DNA-analys och håret kan samlas in på ett sätt som inte är störande eller inkräktande. Van Manen et al. (2012) beskriver hur de använt så kallade "hårsnaror" som placerats ut i studiens områden under en period av sju veckor. McCollister & van Manen (2010) beskriver att de samlade in hår från björnar som använde två faunapassager och lyckades 90 % av fallen. Insamlingen av hår kan även användas för att avgöra identifierade individers användning och därigenom avgöra ifall det förekommer en demografisk sammanlänkning av populationer och för denna anledning användes hårinsamling i två publikationer (Clevenger & Sawaya, 2010, Sawaya et al., 2013).

DNA-analys kan även ge information om vilka arter som använder passagen (Schroder, 2017) och individers kön (Sawaya et al., 2013). Corlatti et al. (2009) beskriver att information om individers kön kan användas för att analysera genflöde över passager, släktskap mellan individer, och genetisk variation och gendifferentiering inom populationer. När man har information om individers

genetik kan man ta reda på ifall de individer som använder passagen, haft möjlighet att fortplanta sig i de nya populationerna och därigenom förekommit genflöde (Sawaya et al., 2014).

PVA och genflöde används för målarter, likt PIT och telemetri, till exempel älgar (*Alces alces*) (Olsson et al., 2008), eller svartbjörnar (*Ursus americanus*) och grisslybjörnar (*Ursus arctos*) (Clevenger & Sawaya, 2010). DNA-analyser kan även ge information om populationers tillstånd, till exempel ifall det förekommer en inavelsdepression (Saccheri et al., 1998).

Viltolyckor

Genom att beräkna antalet viltolyckor kan man utvärdera ifall viltolyckor minskat efter att faunapassagen installerats. För att beräkna antalet viltolyckor kan man räkna antalet kadaver längst vägar (Deffaci et al., 2016) eller inhämta information från register eller databaser (Jacobson & DeLasaux, 2006). I Sverige kan man få denna information från Nationella viltolycksrådet.

Att beräkna viltolyckor kan även ge information om var viltolyckorna sker, vilket kan hjälpa vid planeringen av var viltstängsel ska installeras eller förbättras (McCollister & van Manen, 2010). Goosem et al. (2006) jämförde även antalet viltolyckor på vägar där faunapassager nyligen installerats med en väg i närheten utan passager; de fann att olyckorna förblev få på vägarna med passager, men ökade på vägen utan.

Utvärdering av viltolyckor ger dock ingen information om ifall passagen används (Olsson & Widen, 2008) eller effekterna på populationsnivå (Seiler & Folkesson, 2006).

Kombinationer

I flera publikationer användes två eller flera metoder i kombination för att utvärdera faunapassager. Fagart et al. (2016) beskriver hur deras användning av kamera för att övervaka passager, bör kompletteras med utvärdering av passagernas påverkan på individ- och populationsnivå. Dexter et al. (2016) beskriver också att användningen av flera metoder som kompletterar varandra är viktigt för att inte missa data om passagernas funktion.

Den vanligaste kombinationen som användes var kamera kombinerat med spåranalys som användes i 6 publikationer (Serronha et al., 2013, Mateus et al., 2011, Mata et al., 2009, Ford et al., 2009, Ng et al., 2004, Wang et al., 2017, Konnerup et al., 2004). Enligt Ford et al. (2009) tillåter kombinationen av dessa två

metoder en bredare och mer säker utvärdering av vilka arter som använder passagen då kamera och spåranalys detekterar olika arter olika bra.

Kombinationerna mellan kamera och telemetri, och kamera och PIT användes av samma anledning. Kamera ger information om både vilka arter som använder passagen och med vilken frekvens (Jumeau et al., 2017) och telemetri och PIT ger information om identifierade individers användning av passagen (Bellis et al., 2013). I tre andra publikationer (Pelletier et al., 2006, Kelly et al., 2013, Chachelle et al., 2016) användes kamera i kombination med telemetri för att samtidigt kunna avgöra flera arters och målarters användningen av passagen.

Ett antal publikationer beskriver hur fler än två metod användes samtidigt. Tre publikationer (Bellis et al., 2013, McCollister & van Manen, 2010, Goosem et al., 2006) använde kombinationen av kamera, spåranalys, och viltolyckor för att få information om vilka arter som använde passagen och hur ofta och hur förekomsten av viltolyckor påverkades av passagen. De som använde flest antal metoder var Van Manen et al. (2012) som använde kamera, telemetri, spåranalys, hår, viltolyckor, och Capture-Mark-Recapture; de använde dessa metoder för att kunna utvärdera hur svartbjörn (*Ursus americanus*) påverkades på individ- och populationsnivå av en motorväg och de faunapassager som fanns för att korsa vägen.

Kamera användes i kombination med andra metoder. I tre publikationer användes det i kombination med viltolyckor för att avgöra användningen av faunapassagen och dess effekt på viltolyckor (Bissonette & Rosa, 2012, Sawyer et al., 2012, Donaldson et al., 2016). I två publikationer (Goldingay et al., 2011, Schroder & Sato, 2017) användes kamera i kombination med insamling av hår för att avgöra vilka arter som använde passagen och för att, inom en målart, ta reda på könet hos de individer som använde den.

Olika kombinationer användes mellan: kamera, telemetri, spåranalys, PIT, och viltolyckor (Baxter-Gilbert et al., 2015, Braden et al., 2008, Colley et al., 2017, Dexter et al., 2016, Markle et al., 2017, Olsson et al., 2008). PIT användes alltid i kombination med spåranalys, telemetri, viltolyckor, och/eller observation, men främst med kamera – vilket beskrivs i tre publikationer (Yokochi & Bencini, 2015, Soanes et al., 2015, Chambers & Bencini, 2015).

Före och efter

13 publikationer beskriver att utvärderingen gjordes före och efter faunapassagen installerats (tabell 2). Att utvärdera före och efter gör det möjligt att se vilken faktisk effektiv passagen haft (Glista et al., 2009). Soanes et al. (2018) fann att genflödet som tidigare var hindrat av vägen, förbättrades på fem år efter att passagen installerats. Ford & Clevenger (2010) undersökte hur interaktioner mellan hovdjur och rovdjur påverkades av installationen av faunapassager och viltstängsel. Detta gjordes med hjälp av information angående var rovdjur hade fällt hovdjur.

I Polen användes inte befintliga faunapassager som planerat och förbättrades därför (Brodziewska, 2006). Brodziewska (2006) utvärderade då hur passagerna användes före och efter att de förbättrades.

Baxter-Gilbert et al. (2015) och Markle et al. (2017) utvärderade hur förekomsten av viltolyckor före och efter att faunapassager och viltstängsel installerats. Båda studierna fann att stängsel måste vara hela för att hindra djuren att nå vägen på andra platser än passagen och att den därför inte användes så mycket som förväntat på grund av otillräckligt eller undermåligt stängsel. Gagnon et al. (2006) studerade användningen av faunapassager före och efter stängsel installerats för att avgöra hur väl dessa vallade djuren till passagerna. McCollister & van Manen (2010) fann att när de jämförde antalet viltolyckor före och efter passager och stängsel installerats, förekom det färre viltolyckor, men att antalet ökade med ökat avstånd från passagerna.

Van Manen et al. (2012) utvärderade före och efter, hur en nybyggd väg med tre tillhörande faunapassager och viltstängsel påverkade svartbjörnar (*Ursus americanus*); till exempel deras hemområden och förflyttning, men även genflödet och populationsstorlek. Braden et al. (2008) studerade också hur hemområden och förflyttning hos vitsvanshjort (*Odocoileus virginianus clavium*) påverkades av installationen av passager och stängsel på en befintlig väg och Ballok et al. (2010) studerade hur förflyttningen hos kronhjort (*Cervus elaphus*) påverkades av en nybyggd väg med tillhörande passager och stängsel.

Olsson & Widen (2008) spårade älgar (*Alces alces*) före, medan, och efter faunapassager och viltstängsel installerades på en befintlig väg för att ta reda på om och var de korsade vägen före och efter installationen. Liknande, studerade Dodd et al. (2007) ifall vapiti (*Cervus elaphus nelsoni*) korsade vägarna och hur detta förändrades när en väg byggts bredare, och passager och stängsel installerats. Dodd et al. använde även denna data för att under byggnationen avgöra var stängsel skulle installeras för att bäst hindra djuren från att nå vägen och valla dem till passagerna.

Diskussion

Då djur kan ta lång tid att vänja sig vid och börja använda faunapassagen (Fagart et al., 2016) och årets säsong också kan påverka användning (Mata et al., 2009), finns det ett behov för att utvärdera den under en längre period. Detta sätter krav på längre perioder av övervakning eftersom man annars kan missa hur mycket eller lite passagen används.

Längre perioder av övervakning gör det möjligt att avgöra ifall det sker förändringar i användningen, så väl positiva som negativa. En positiv förändring är till exempel när djuren använder passagen mer när de vant sig vid den, och en negativ förändring kan vara att rovdjur dödar andra djur som använder den (Harris et al., 2010). Något som också kan förändra användningen är miljöförändringar (Beyer et al., 2013).

Kamera och spåranalys

Kameror är den mest använda metoden för att utvärdera faunapassager (fig. 1). Film och bilder ger data över vilken art, antalet och när en passage används (Mateus et al., 2011) och är heller inte störande eller inskränkande för djuren (Mateus et al., 2011, Ford et al., 2009). Andra fördelar med användning av kamera är att det kan ge information om djurs beteenden, ifall djur använder passagen i grupper, och kön och ålder hos individer (Mateus et al., 2011). Detta möjliggör information om ifall djur är rädda för att använda passagen och när, och vilka individer som använder den. Om man kan avgöra ifall djuren är rädda, och vad det är som i så fall skrämmer djuren, kan man åtgärda detta, till exempel genom att sätta upp ljudbarriärer.

Rörelseaktiverade kameror kan dock missa aktivitet beroende på vilken art som använder passagen (Ford et al., 2009) vilket kan innebära att dess funktion blir felaktigt analyserad. Om man inte lyckas visa att faunapassager används i tillräckligt stor utsträckning, är det möjligt att aktörerna inte vill bygga fler i framtiden eftersom passagerna är så dyra (Seiler & Folkeson, 2006). Aktörer kanske istället väljer att endast installera viltstängsel för att motverka viltolyckor, men att då riskera att populationer isoleras (Olsson et al., 2008).

Spåranalys gör det också möjligt att avgöra vilka arter som använt passagen och med vilken frekvens. Spåranalys kräver dock mer arbete och kan försvåras av vädret (Mateus et al., 2011). Det går heller inte att spara data för att analysera senare

(Brandjes et al., 1999), vilket man kan med kameror. Även om Brandjes et al. (1999) beskriver att spåranalys med bläck innebar en möjlighet för dokumentation och arkivering för senare expertbedömning, så är bläcket dödligt för vissa arter vilket inte gör det till en attraktiv metod att använda. Andra former av spåranalys är dock inte skadliga, störande eller inkräktande på djur (Ford et al., 2009). Men spåranalys kan också, likt kameror, missa aktivitet från vissa arter (Ford et al., 2009) eller felidentifiera arterna som använt passagen (Ford et al., 2009).

Vid kostnads-jämföring mellan användningen av kamera och spåranalys, är spåranalys mer kostnadseffektivt för korta studier då användningen av kamera innebär högre ingångskostnader vid inköpet av utrustning (Brandjes et al., 1999), men vid längre studier är användning av kameror mer kostnadseffektiv (Brandjes et al., 1999). På en faunapassage i Tyskland (Trothe & Herzog, 2014) förekommer det till exempel konstant kameraövervakning. Beroende på vad man är intresserad av att studera, är alltså användning av kamera eller spåranalys olika passande (Mateus et al., 2011, Brandjes et al., 1999) men kan också användas som komplement under delar eller hela studien då de detektera olika arters aktivitet olika bra. Om man vill välja mellan dessa två metoder, bör de därför testas i fält för att göra en bedömning om hur väl den detektera de arter man är intresserad av.

Telemetri och PIT

Telemetri används för att avgöra hur djur rör sig i landskapet och i förhållande till faunapassager och viltstängsel (Gagnon et al., 2015), vilket är viktigt för att kunna avgöra ifall djurs hemområden når passagen eller ifall djuren använder habitaten i närheten av den. Om passagen inte är placerad nära nog kan populationer bli isolerade av stängsel eller fortsatt nå vägen och bli påkörda (McCollister & van Manen, 2010). Detta motverkar passagens önskade effekt, och det är svårt att få denna information på ett tillförlitligt sätt utan att spåra djuren. Även söspårning tillåter delvis spårning, men är säsongsb beroende och kan inte identifiera individer (Helldin & Olsson, 2014, Bellis et al., 2013). Man kan använda information om var viltolyckor sker (McCollister & van Manen, 2010) för att avgöra om det finns tillräckligt med stängslet för att hindra djuren (McCollister & van Manen, 2010), men även att det kan finnas behov av fler passager där viltolyckorna sker (Olsson et al., 2008).

Informationen om identifierade individers användning av passagen, tillåter utvärdering ifall den kan bidra med ett ökat genflöde (Olsson et al., 2008). För att göra denna analys mer tillförlit, bör dock genetiska studier göras för att avgöra ifall individerna som använder passagen lyckats fortplanta sig (Sawaya et al., 2014). Information om identifierade individers användning kan också ge information om vilken demografi det är som använder den (Sawaya et al., 2014). Detta gör det

möjligt att avgöra ifall det till exempel endast är unga hanar som använder passagen, och att de då kanske har sämre möjligheter att fortplanta sig då äldre hanar kan äga alla tillgängliga revir redan (Riley et al., 2006).

PIT gör det också möjligt att få information om identifierade individers användning. PIT är billigare och mindre jobb att använda än telemetri (Wilson et al., 2002), vilket gör det till en attraktivare metod. Dock är utrustningen för PIT ändå dyr och informationen man får är mer begränsad jämfört med kameror och telemetri då det endast ger information om ett fåtal individer och ingen information om hur djur förflyttar sig i landskapet. Både telemetri och PIT kräver att man stör och inkräktar på djuret vilket kan innebära att djuret har sämre överlevnadsförmåga (Dexter et al., 2016). Radiosändare till telemetri är större och svårare att fästa på djuret än PIT-taggar och taggarna förblir dessutom i kroppen och använder inte batterier vilket gör det möjligt att använda dessa även i framtida studier (Gibbons & Andrews, 2004). Radiosändare får dock slut på batteri och måste bytas ut (Dexter et al., 2016) om man vill fortsätta studien. Om man endast vill ha information identifierade individers användning av passagen och inte deras förflyttning är PIT det bättre alternativet.

Både telemetri och PIT används också för målarter, och ger inte någon information angående andra arters användning av passagen (Olsson et al., 2008). Det kan innebära att passagen inte är placerade i landskapet på ett vis som gör dem tillgängliga för andra arter än målarterna (Clevenger et al., 2001) och att detta inte uppmärksammas vid utvärderingen. Passagens funktion bör därför även utvärderas med kamera eller spåranalys för att kunna avgöra om den även tillåter andra arter att korsa vägen säkert. Andra arter kan annars fortsatt påverkas negativt av vägen och andra möjliga konstruktioner så som viltstängsel (Olsson et al., 2008).

Att telemetri och PIT stör och inkräktar på djur (Gibbons & Andrews, 2004) kombinerat med den stora kostnaden (Dexter et al., 2016), och att telemetri och PIT kräver speciell utbildning (Dexter et al., 2016), kan innebära att vissa inte vill eller kan utnyttja dessa metoder för att utföra utvärderingen.

DNA-analys och hårinsamling

Att endast utvärdera djurs användning av faunapassager tar inte i beaktning om det finns en effekt på populations- eller genetisknivå (Sawaya et al., 2014). Detta kan innebära en missvisande bild av dess funktion och kan dölja fortsatta problem och möjligen en förvärrad situation i form av isolering och fortsatt habitat fragmentering (Seiler & Folkesson, 2006).

Möjligheten att göra DNA-analyser på ett billigare och enklare sätt än vad man kunnat tidigare med hjälp av hår (Clevenger, 2006), innebär förmodligen att det kommer bli mer vanligt, än det är för tillfället, att använda dessa metoder för att utvärdera faunapassagers effekter på en genetisknivå (Clevenger, 2006). Som beskrivet ovan, att kunna analysera hur besläktade individer är i en population gör det möjligt att avgöra ifall individer kunnat fortplanta sig på andra sidan och om passagen därigenom möjliggjort genflöde mellan populationer – vilket kan vara avgörande för att göra populationer livskraftiga. Men det gör det även möjligt att avgöra ifall det förekommer en inavelsdepression (Saccheri et al., 1998) eller ifall populationen har tillräckligt hög genetisk variation för att anses livskraftig. Informationen kan då användas för att avgöra ifall passagen inneburit en förbättring och hejdat eller minskat inavelsdepressionen eller ifall andra åtgärder måste vidtas.

PVA görs för målarter och utvärderar inte mångfalden av arter i området (Van Manen et al., 2012), vilket kan innebära att arter eller populationer som har problem med till exempel inavelsdepression inte uppmärksammas. Att endast följa en art kan dock vara befogat om arten är av speciellt intresse, till exempel om den är utrotningshotad. Istället för att lägga resurser på att utvärdera effekter på individ- eller populationsnivå för flera arter kan det då finnas anledning att lägga större andelen av resurserna på att utvärdera denna art, och fokusera resterande resurser på att utvärdera passagens användning av andra arter med billigare metoder, så som spåranalys eller kamera.

PVA använder variabler beroende på inhämtad data och skapar antaganden och kan därför vara missvisande (Brook et al., 2000). Brook et al., (2000) beskriver dock att de var mer tillförlitliga än förväntat. Modeller förbättras även konstant och är ett mycket enklare sätt att utvärdera populationer än att försöka ta prover på alla individer i en populationer med jämna mellanrum, det finns därför en betydande anledning att använda modeller som PVA.

Viltolyckor

Det är viktigt att utvärdera ifall faunapassager bidrar med en minskning av viltolyckor då dessa är kostsamma för samhället (Winquist, 2015, Rabe, 2016, Seiler & Folkesson, 2006) och innebär att djur dör. Då det är relativt enkelt att göra detta, särskilt i Sverige där vi har data över viltolyckor genom Nationella viltolycksrådet, är det alltså bra och enkelt att göra detta vid varje utvärdering.

Man kan även använda viltolyckor som indikationer på att något behöver åtgärdas, till exempel att viltstängsel måste lagas. Om viltolyckor minskat, innebär det att de förlusterna i pengar och skador olyckorna medför, också minskat. Detta gör det enkelt för aktörer att se fördelen med faunapassagen. Det är till exempel mindre uppenbart att se vad människor tjänar på att djur använder passagen.

Nio publikationer använde endast viltolyckor för att utvärdera passagen. Men att utvärdera passagens effekt på viltolyckor ger inte en beskrivning av andra effekter den och/eller anslutna viltstängsel har. Det ger till exempel ingen information om ifall passagen används eller om den haft effekter på populationsnivån och djuren kan till exempel vara mer isolerade än de var från början på grund av viltstängslen (Olsson & Widen, 2008, McCollister & van Manen, 2010).

Om man utvärderar faunapassager för viltolyckor måste utvärderingen därför *alltid* kompletteras av metoder som till exempel kameraövervakning för att ta reda ifall passagen används eller PVA för att ta reda på om populationer är livskraftiga.

Kombinationer

För att komplettera de olika metodernas brister användes kombinationer av metoder i flera publikationer. Kombinationen av kamera och spåranalys var vanligast vilket kompletterar de båda metodernas brister i detektionsförmåga men missar fortfarande information som är viktig för att kunna utvärdera passagens effekter på individ- och populationsnivå.

Kombinationer av kamera/spåranalys med telemetri/PIT (Gagnon et al., 2015, Soanes et al., 2015) användes också, och kan man få en generell bild av passagens användning vad gäller artdiversitet och frekvens, och information om individer från målarter. Telemetri ger även information om individers förflyttning och huruvida faktorer i landskapet hindrar deras användning av passagen, till exempel att de inte når den från sitt hemområde (Seiler & Folkesson, 2006). Även PIT kan ge information om individers användning.

Det är alltså viktigt att använda flera metoder för att kunna utvärdera hela passagens funktion och inte endast delar av dess effekt.

Före och efter

För att ta reda på en åtgärds faktiska effekt krävs det att man kan jämföra situationen före och efter. Det är vanligt att göra detta för antalet viltolyckor (Braden et al., 2008) men det bör även göras för andra faktorer, så som djurs förflyttning i landskapet, genflöde, och hur livskraftiga populationer är. Detta har genomförts för i 13 av publikationerna för olika kriterier, vilket är relativt få och bör göras mer i framtiden.

Om man inte gör en utvärdering före och efter kan det leda till att man tror att passagen uppgett en positiv förändring medan situationen kanske förblir den samma eller förvärras. Till exempel om djur väljer att istället för att använda passagen, förflytta sig långa avstånd och ta sig över vägen på andra, mindre säkra platser (Ballok et al., 2010), kan detta innebära en oönskad förändring som man annars inte kunnat uppfatta om man inte utvärderat deras förflyttning även före passagen installerats.

Slutsats

Målet med faunapassager är att möjliggöra säker förflyttning över vägar för djur för att motverka viltolyckor och habitatfragmenteringens effekter.

För att utreda funktionen hos en faunapassage funktion, måste man först och främst veta ifall den används av djuren för att korsna vägen. Detta kan göras med flera metoder, där den vanligaste är kameror. Kameror ger information om de arter som använder passagen och i vilken utsträckning. Även spåranalys gör detta möjligt men vid långa studier av passagens användning, bör kamera användas då det är billigare än spåranalys för längre studier och kan användas under hela året. Jämfört med spåranalys ger kameror dessutom mer information: om beteenden, kön och ålder på individer, djur i grupper, och vid vilken tidpunkt det skett.

Utvärdering av genflöde och genetisk variation är viktigt och av stor betydelse för att kunna veta ifall faunapassagen åtgärdar de problem som skapas av habitatfragmentering. Men utvärderingar på populationsnivå borde utvidgas till att inkludera målarter för flera djurgrupper än det görs för tillfället då alla arter är olika och situationer där populationer är isolerade och hotade kan annars förbli upptäckta. Tillfällen då det är berättigat att endast utvärdera för en målart, kan vara ifall en art utrotningshotad och är därför av speciellt intresse. Men även i detta fall, bör passagens användning utvärderas för med vilken frekvens och vilka arters som använder den för att kunna avgöra om den används av fler än endast målarten.

Att utvärdera passagen vad gäller antalet viltolyckor är viktigt då det är kostsamt för samhället och innebär att djur dör. Men denna metod utvärdera varken användningen av passagen eller effekter på populationsnivå och bör därför *alltid* kompletteras av andra metoder.

En åtgärds faktiska effekt går endast att utvärdera ifall man utvärderar den före och efter och passagen bör därför utvärderas före och efter, och inte endast för viltolyckor, vilket är vanligt förekommande. Att övervaka passagen under längre tid är också viktigt eftersom många faktorer kan ändras över tid, till exempel att det tar lång tid för djur att vänjer sig vid och använda passagen.

Faunapassager bör därför utvärderas med flera metoder, före och efter installationen, och under lång tid för att avgöra dess fulla effekt. Om passagen inte utvärderas ordentligt kan det innebära att dess funktion undervärderas, vilket kan innebära att aktörer inte vill bygga faunapassager i framtiden då de är dyra. Eller så kan passagens funktion övervärderas och därigenom inte upptäcka att problem fortskrider eller uppstår.

Tack

Jag vill tacka min handledare, Helena Hanson, för hennes råd och stöd under detta arbete. Jag vill även tacka min sambo, familj, och vänner som roade mig samtidigt som de agerade bra bollplank och hjälpte mig att ge form till arbetet. Tack!

Referenser

- Ballok, Z., Nahlik, A. and Tari, T. (2010) 'Effects of Building a Highway and Wildlife Crossings in a Red Deer (*Cervus elaphus*) Habitat in Hungary', *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 6, pp. 67-74.
- Baxter-Gilbert, J. H., Riley, J. L., Lesbarreres, D. and Litzgus, J. D. (2015) 'Mitigating Reptile Road Mortality: Fence Failures Compromise Ecopassage Effectiveness', *Plos One*, 10(3).
- Beaudry, F., deMaynadier, P. G. and Hunter, M. L., Jr. (2008) 'Identifying road mortality threat at multiple spatial scales for semi-aquatic turtles', *Biological Conservation*, 141(10), pp. 2550-2563.
- Bellis, M. A., Griffin, C. R., Warren, P. and Jackson, S. D. (2013) 'Utilizing a multi-technique, multi-taxa approach to monitoring wildlife passageways in southern vermont', *Oecologia Australis*, 17(1), pp. 111-128.
- Beyer, H. L., Ung, R., Murray, D. L. and Fortin, M.-J. (2013) 'Functional responses, seasonal variation and thresholds in behavioural responses of moose to road density', *Journal of Applied Ecology*, 50(2), pp. 286-294.
- Bissonette, J. A. and Rosa, S. (2012) 'An evaluation of a mitigation strategy for deer-vehicle collisions', *Wildlife Biology*, 18(4), pp. 414-423.
- Braden, A. W., Lopez, R. R., Roberts, C. W., Silvy, N. J., Owen, C. B. and Frank, P. A. (2008) 'Florida Key deer *Odocoileus virginianus clavium* underpass use and movements along a highway corridor', *Wildlife Biology*, 14(1), pp. 155-163.
- Brandjes, G. J., Veenbaas, G. and Bekker, G. J. (1999) 'Registrating the use of faunapassages', *Levende Natuur*, 100(1), pp. 6-11.
- Brodziewska, J. (2006) *Wildlife tunnels and fauna bridges in Poland: past, present and future, 1997-2013. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.*
- Brook, B. W., O'Grady, J. J., Chapman, A. P., Burgman, M. A., Akcakaya, H. R. and Frankham, R. (2000) 'Predictive accuracy of population viability analysis in conservation biology', *Nature*, 404(6776), pp. 385-387.
- Chachelle, P. D., Chambers, B. K., Bencini, R. and Maloney, S. K. (2016) 'Western grey kangaroos (*Macropus fuliginosus*) include fauna underpasses in their home range', *Wildlife Research*, 43(1), pp. 13-19.
- Chambers, B. and Bencini, R. (2015) 'Factors affecting the use of fauna underpasses by bandicoots and bobtail lizards', *Animal Conservation*, 18(5), pp. 424-432.

- Clevenger, A. P. (2006) *Science-based approach to adaptive management of the TCH corridor: Canadian Rocky Rocky mountain parks. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.*
- Clevenger, A. P., Chruszcz, B. and Gunson, K. (2001) 'Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals', *Journal of Applied Ecology*, 38(6), pp. 1340-1349.
- Clevenger, A. P. and Sawaya, M. A. (2010) 'Piloting a Non-Invasive Genetic Sampling Method for Evaluating Population-Level Benefits of Wildlife Crossing Structures', *Ecology and Society*, 15(1).
- Colley, M., Lougheed, S. C., Otterbein, K. and Litzgus, J. D. (2017) 'Mitigation reduces road mortality of a threatened rattlesnake', *Wildlife Research*, 44(1), pp. 48-59.
- Corlatti, L., Hacklaender, K. and Frey-Roos, F. (2009) 'Ability of Wildlife Overpasses to Provide Connectivity and Prevent Genetic Isolation', *Conservation Biology*, 23(3), pp. 548-556.
- Deffaci, A. C., da Silva, V. P., Hartmann, M. T. and Hartmann, P. A. (2016) 'Diversity of birds, mammals and reptiles roadkilled in a subtropical forest region in southern Brazil', *Ciencia e Natura*, 38(3), pp. 1205-1216.
- Dexter, C. E., Appleby, R. G., Edgar, J. P., Scott, J. and Jones, D. N. (2016) 'Using complementary remote detection methods for retrofitted eco-passages: a case study for monitoring individual koalas in south-east Queensland', *Wildlife Research*, 43(5), pp. 369-379.
- Dodd, N. L., Gagnon, J. W., Boe, S. and Schweinsburg, R. E. (2007) 'Assessment of elk highway permeability by using Global Positioning System telemetry', *Journal of Wildlife Management*, 71(4), pp. 1107-1117.
- Donaldson, B. M., Kweon, Y.-J. and Lloyd, L. N. (2016) 'Roadside Activity and Behavior of White-Tailed Deer and Other Wildlife near Unfenced Underpasses', *Transportation Research Record*, (2571), pp. 29-38.
- Fagart, S., Heurtebise, C., Quaintenne, G., Jourde, P. and Micol, T. (2016) 'Frequentation of nozzles dedicated to small and medium crossings fauna under two motorways from the west of France. Balance of both first years of tracking by photographic traps', *Revue D Ecologie-La Terre Et La Vie*, 71(1), pp. 82-98.
- Fahrig, L. (2003) 'Effects of habitat fragmentation on biodiversity', *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 34, pp. 487-515.
- Ford, A. T. and Clevenger, A. P. (2010) 'Validity of the Prey-Trap Hypothesis for Carnivore-Ungulate Interactions at Wildlife-Crossing Structures', *Conservation Biology*, 24(6), pp. 1679-1685.
- Ford, A. T., Clevenger, A. P. and Bennett, A. (2009) 'Comparison of Methods of Monitoring Wildlife Crossing-Structures on Highways', *Journal of Wildlife Management*, 73(7), pp. 1213-1222.
- Gagnon, J. W., Loberger, C. D., Sprague, S. C., Ogren, K. S., Boe, S. L. and Schweinsburg, R. E. (2015) 'Cost-effective approach to reducing collisions with elk by fencing between existing highway structures', *Human-Wildlife Interactions*, 9(2), pp. 248-264.

- Gagnon, J. W., Schweinsburg, R. E., Dodd, N. L. and Manzo, A. L. (2006) *Use of video surveillance to assess wildlife behavior and use of wildlife underpasses in Arizona. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.*
- Gibbons, J. W. and Andrews, K. M. (2004) 'PIT tagging: Simple technology at its best', *Bioscience*, 54(5), pp. 447-454.
- Glista, D. J., DeVault, T. L. and DeWoody, J. A. (2009) 'A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways', *Landscape and Urban Planning*, 91(1), pp. 1-7.
- Goldingay, R. L., Taylor, B. D. and Ball, T. (2011) 'Wooden poles can provide habitat connectivity for a gliding mammal', *Australian Mammalogy*, 33(1), pp. 36-43.
- Goosem, M., Weston, N. and Bushnell, S. (2006) *Effectiveness of rope bridge arboreal overpasses and faunal underpasses in providing connectivity for rainforest fauna. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.*
- Guzvica, G., Bosnjak, I., Bielen, A., Babic, D., Radanovic-Guzvica, B. and Sver, L. (2014) 'Comparative Analysis of Three Different Methods for Monitoring the Use of Green Bridges by Wildlife', *Plos One*, 9(8).
- Hanski, I. and Gilpin, M. (1991) 'Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain', *Biological Journal of the Linnean Society*, 42(1/2), pp. 3.
- Hanski, I., Zurita, G. A., Isabel Bellocq, M. and Rybicki, J. (2013) 'Species-fragmented area relationship', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(31), pp. 12715-12720.
- Harris, I. M., Mills, H. R. and Bencini, R. (2010) 'Multiple individual southern brown bandicoots (*Isodon obesulus fusciventer*) and foxes (*Vulpes vulpes*) use underpasses installed at a new highway in Perth, Western Australia', *Wildlife Research*, 37(2), pp. 127-133.
- Helldin, J.-O. and Olsson, M. (2014) *Ekologisk uppföljning av planskilda passager för landlevande däggdjur – principer och metoder för väg och järnväg*, Borlänge: Trafikverket.
- Jacobson, S. L., Bliss-Ketchum, L. L., de Rivera, C. E. and Smith, W. P. (2016) 'A behavior-based framework for assessing barrier effects to wildlife from vehicle traffic volume', *Ecosphere*, 7(4).
- Jacobson, S. L. and DeLasaux, M. (2006) *Sierraville (California) highway 89 stewardship team: ahead of the curve. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.*
- Jumeau, J., Petrod, L. and Handrich, Y. (2017) 'A comparison of camera trap and permanent recording video camera efficiency in wildlife underpasses', *Ecology and Evolution*, 7(18), pp. 7399-7407.
- Kammerle, J.-L., Brieger, F., Kroeschel, M., Hagen, R., Storch, I. and Suchant, R. (2017) 'Temporal patterns in road crossing behaviour in roe deer (*Capreolus capreolus*) at sites with wildlife warning reflectors', *Plos One*, 12(9).

- Kelly, C. A., Diggins, C. A. and Lawrence, A. J. (2013) 'Crossing Structures Reconnect Federally Endangered Flying Squirrel Populations Divided for 20 Years by Road Barrier', *Wildlife Society Bulletin*, 37(2), pp. 375-379.
- Konnerup, J., Madsen, A. B. and Jorgensen, J. M. (2004) 'Larger mammals' use of a new wildlife overpass at Jyske As, northern Jutland, Denmark', *Flora og Fauna*, 110(2), pp. 49-55.
- Kusak, J., Huber, D., Gomercic, T., Schwaderer, G. and Guzvica, G. (2009) 'The permeability of highway in Gorski kotar (Croatia) for large mammals', *European Journal of Wildlife Research*, 55(1), pp. 7-21.
- Lewis, J. S., Rachlow, J. L., Horne, J. S., Garton, E. O., Wakkinen, W. L., Hayden, J. and Zager, P. (2011) 'Identifying habitat characteristics to predict highway crossing areas for black bears within a human-modified landscape', *Landscape and Urban Planning*, 101(2), pp. 99-107.
- Markle, C. E., Gillingwater, S. D., Levick, R. and Chow-Fraser, P. (2017) 'The True Cost of Partial Fencing: Evaluating Strategies to Reduce Reptile Road Mortality', *Wildlife Society Bulletin*, 41(2), pp. 342-350.
- Mata, C., Hervas, I., Herranz, J., Malo, J. E. and Suarez, F. (2009) 'Seasonal changes in wildlife use of motorway crossing structures and their implication for monitoring programmes', *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 14(7), pp. 447-452.
- Mateus, A. R. A., Grilo, C. and Santos-Reis, M. (2011) 'Surveying drainage culvert use by carnivores: sampling design and cost-benefit analyzes of track-pads vs. video-surveillance methods', *Environmental Monitoring and Assessment*, 181(1-4), pp. 101-109.
- Matos, C., Petrovan, S., Ward, A. I. and Wheeler, P. (2017) 'Facilitating permeability of landscapes impacted by roads for protected amphibians: patterns of movement for the great crested newt', *PeerJ*, 5{Matos, 2017 #7228}.
- McCollister, M. F. and van Manen, F. T. (2010) 'Effectiveness of Wildlife Underpasses and Fencing to Reduce Wildlife-Vehicle Collisions', *Journal of Wildlife Management*, 74(8), pp. 1722-1731.
- Moeckel, R. (2014) 'New results regarding the use of a modified bridge over the federal motorway A13 in the south of the German Federal State of Brandenburg as a crossing aid for wild animals', *Saeugetierkundliche Informationen*, 9(48), pp. 313-329.
- Morrall, J. F., McGuire, T. M. and Trb (2000) 'Sustainable highway development in a national park', *Sustainability and Environmental Concerns in Transportation: Planning and Administration; Energy and Environment: Vol. 1702 Transportation Research Record*, pp. 3-10.
- Nationella viltolyckosrådet, N. (2016) *Diagram över viltolyckor de senaste 5 åren*. Available at: <https://www.viltolycka.se/statistik/viltolyckor-de-senaste-5-aren/> (Accessed: 2018-05-18).
- Ng, S. J., Dole, J. W., Sauvajot, R. M., Riley, S. P. D. and Valone, T. J. (2004) 'Use of highway undercrossings by wildlife in southern California', *Biological Conservation*, 115(3), pp. 499-507.

- Olsson, M. P. O. and Widen, P. (2008) 'Effects of highway fencing and wildlife crossings on moose *Alces alces* movements and space use in southwestern Sweden', *Wildlife Biology*, 14(1), pp. 111-117.
- Olsson, M. P. O., Widen, P. and Larkin, J. L. (2008) 'Effectiveness of a highway overpass to promote landscape connectivity and movement of moose and roe deer in Sweden', *Landscape and Urban Planning*, 85(2), pp. 133-139.
- Patrick, D. A., Schalk, C. M., Gibbs, J. P. and Woltz, H. W. (2010) 'Effective Culvert Placement and Design to Facilitate Passage of Amphibians across Roads', *Journal of Herpetology*, 44(4), pp. 618-626.
- Pelletier, S. K., Carlson, L., Nein, D. and Roy, R. D. (2006) *Railroad crossing structures for spotted turtles: Massachusetts Bay transportation authority-Greenbush rail line wildlife crossing demonstration project. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.*
- Polak, T., Rhodes, J. R., Jones, D. and Possingham, H. P. (2014) 'Optimal planning for mitigating the impacts of roads on wildlife', *Journal of Applied Ecology*, 51(3), pp. 726-734.
- Rabe, M. (2016) *Antalet viltolyckor ökar – även de med dödlig utgång: Teknikens värld.* Available at: <http://teknikensvarld.se/antalet-viltolyckor-okar-aven-de-med-dodlig-utgang-277393/> (Accessed: 2018-05-18).
- Ramalho, C. E., Ottewell, K. M., Chambers, B. K., Yates, C. J., Wilson, B. A., Bencini, R. and Barrett, G. (2018) 'Demographic and genetic viability of a medium-sized ground-dwelling mammal in a fire prone, rapidly urbanizing landscape', *Plos One*, 13(2).
- Richard Frankham, a. (1998) 'Inbreeding and Extinction: Island Populations', *Conservation Biology*, (3), pp. 665.
- Riley, S. P. D., Pollinger, J. P., Sauvajot, R. M., York, E. C., Bromley, C., Fuller, T. K. and Wayne, R. K. (2006) 'A southern California freeway is a physical and social barrier to gene flow in carnivores', *Molecular Ecology*, 15(7), pp. 1733-1741.
- Saccheri, I., Kuussaari, M., Kankare, M., Vikman, P., Fortelius, W. and Hanski, I. (1998) 'Inbreeding and extinction in a butterfly metapopulation', *Nature*, 392(6675), pp. 491-494.
- Sawaya, M. A., Clevenger, A. P. and Kalinowski, S. T. (2013) 'Demographic Connectivity for Ursid Populations at Wildlife Crossing Structures in Banff National Park', *Conservation Biology*, 27(4), pp. 721-730.
- Sawaya, M. A., Kalinowski, S. T. and Clevenger, A. P. (2014) 'Genetic connectivity for two bear species at wildlife crossing structures in Banff National Park', *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 281(1780).
- Sawyer, H., Lebeau, C. and Hart, T. (2012) 'Mitigating Roadway Impacts to Migratory Mule Deer-A Case Study With Underpasses and Continuous Fencing', *Wildlife Society Bulletin*, 36(3), pp. 492-498.
- Schroder, M. and Sato, C. F. (2017) 'An evaluation of small-mammal use of constructed wildlife crossings in ski resorts', *Wildlife Research*, 44(3), pp. 259-268.

- Seiler, A. and Folkesson, L. (2006) *Habitat fragmentation due to transportation infrastructure: COST 341 national state-of-the-art report Sweden* [Rapport], Lindköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut (530A).
- Serronha, A. M., Amaro Mateus, A. R., Eaton, F., Santos-Reis, M. and Grilo, C. (2013) 'Towards effective culvert design: monitoring seasonal use and behavior by Mediterranean mesocarnivores', *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(8), pp. 6235-6246.
- Soanes, K., Taylor, A. C., Sunnucks, P., Vesk, P. A., Cesarini, S. and van der Ree, R. (2018) 'Evaluating the success of wildlife crossing structures using genetic approaches and an experimental design: Lessons from a gliding mammal', *Journal of Applied Ecology*, 55(1), pp. 129-138.
- Soanes, K., Vesk, P. A. and van der Ree, R. (2015) 'Monitoring the use of road-crossing structures by arboreal marsupials: insights gained from motion-triggered cameras and passive integrated transponder (PIT) tags', *Wildlife Research*, 42(3), pp. 241-256.
- Trothe, C. and Herzog, S. (2014) 'Monitoring of animal-activated electronic wildlife-crossing-systems at the federal road B202 (Schleswig-Holstein, Germany)', *Saeugetierkundliche Informationen*, 9(48), pp. 275-280.
- van der Grift, E. A. (2005) 'Defragmentation in the Netherlands: A success story?', *Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society*, 14(2), pp. 144-147.
- van der Ree, R., Heinze, D., McCarthy, M. and Mansergh, I. (2009) 'Wildlife Tunnel Enhances Population Viability', *Ecology and Society*, 14(2).
- Van Manen, F. T., McCollister, M. F., Nicholson, J. M., Thompson, L. M., Kindall, J. L. and Jones, M. D. (2012) 'Short-Term Impacts of a 4-Lane Highway on American Black Bears in Eastern North Carolina', *Wildlife Monographs*, (181), pp. 1-35.
- Wang, Y., Guan, L., Piao, Z., Wang, Z. and Kong, Y. (2017) 'Monitoring wildlife crossing structures along highways in Changbai Mountain, China', *Transportation Research Part D*, 50, pp. 119-128.
- Veenbaas, G. and Brandjes, J. (2003) 'The use of fauna passages underneath bridges at national roads', *Levende Natuur*, 104(4), pp. 156-159.
- Wilson, R. P., Gremillet, D., Syder, J., Kierspel, M. A. M., Garthe, S., Weimerskirch, H., Schafer-Neth, C., Scolaro, J. A., Bost, C. A., Plotz, J. and Nel, D. (2002) 'Remote-sensing systems and seabirds: their use, abuse and potential for measuring marine environmental variables', *Marine Ecology Progress Series*, 228, pp. 241-261.
- Winquist, S. (2015) *Viltolyckor kostar mer än en miljard kronor varje år: SVT nyheter*. Available at: <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/smaland/viltolyckorna-kostar-mer-an-miljard-kronor-varje-ar> (Accessed: 2018-05-18).
- Yokochi, K. and Bencini, R. (2015) 'A remarkably quick habituation and high use of a rope bridge by an endangered marsupial, the western ringtail possum', *Nature Conservation-Bulgaria*, (11), pp. 79-94.

Bilaga

Denna bilaga innehåller en referenslista över de 223 publikationer som inkluderades i detta arbete.

- 'Special section. Ecological effects of roads', (2000) *Conservation Biology*, 14(1), pp. 16-94.
- Adamic, M. and Jerina, K. (2007) 'The impacts of the construction and traffic loading of new Slovenian-Hungarian railway connection in northeastern Slovenia upon the populations of large mammals', *Beitraege zur Jagd- und Wildforschung*, 32, pp. 169-176.
- Alexander, S. M. (2008) 'Snow-tracking and GIS: using multiple species-environment models to determine optimal wildlife crossing sites and evaluate highway mitigation plans on the Trans-Canada Highway', *Canadian Geographer-Geographe Canadien*, 52(2), pp. 169-187.
- Allen, C. H., Parrott, L. and Kyle, C. (2016) 'An individual-based modelling approach to estimate landscape connectivity for bighorn sheep (*Ovis canadensis*)', *Peerj*, 4.
- Allen, T. D. H., Huijser, M. P. and Willey, D. W. (2013) 'Effectiveness of Wildlife Guards at Access Roads', *Wildlife Society Bulletin*, 37(2), pp. 402-408.
- Aresco, M. J. (2005) 'Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a north Florida lake', *Journal of Wildlife Management*, 69(2), pp. 549-560.
- Ascensao, F., Desbiez, A. L. J., Medici, E. P. and Bager, A. (2017) 'Spatial patterns of road mortality of medium-large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil', *Wildlife Research*, 44(2), pp. 135-146.
- Ascensao, F., Grilo, C., LaPoint, S., Tracey, J., Clevenger, A. P. and Santos-Reis, M. (2014) 'Inter-Individual Variability of Stone Marten Behavioral Responses to a Highway', *Plos One*, 9(7).
- Ascensao, F., Mata, C., Malo, J. E., Ruiz-Capillas, P., Silva, C., Silva, A. P., Santos-Reis, M. and Fernandes, C. (2016) 'Disentangle the Causes of the Road Barrier Effect in Small Mammals through Genetic Patterns', *Plos One*, 11(3).
- Ascensao, F. and Mira, A. (2007) 'Factors affecting culvert use by vertebrates along two stretches of road in southern Portugal', *Ecological Research*, 22(1), pp. 57-66.
- Baghli, A. and Thievent, P. (2011) 'OptiFlux: when biological and spatial data are crossed to reduce effects of linear infrastructure on wildlife', in Lata, J.C., Lacroix, G. & Barot, S. (eds.) *Ecological Engineering: From Concepts to Applications*, Paris 2009 *Procedia Environmental Sciences*, pp. 11-15.

- Bain, T. K., Cook, D. G. and Girman, D. J. (2017) 'Evaluating the effects of abiotic and biotic factors on movement through wildlife crossing tunnels during migration of the california tiger salamander, *Ambystoma californiense*', *Herpetological Conservation and Biology*, 12(1), pp. 192-201.
- Balkenhol, N. and Waits, L. P. (2009) 'Molecular road ecology: exploring the potential of genetics for investigating transportation impacts on wildlife', *Molecular Ecology*, 18(20), pp. 4151-4164.
- Ballok, Z., Nahlik, A. and Tari, T. (2010) 'Effects of Building a Highway and Wildlife Crossings in a Red Deer (*Cervus elaphus*) Habitat in Hungary', *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 6, pp. 67-74.
- Barrueto, M., Ford, A. T. and Clevenger, A. P. (2014) 'Anthropogenic effects on activity patterns of wildlife at crossing structures', *Ecosphere*, 5(3).
- Bartzke, G. S., May, R., Solberg, E. J., Rolandsen, C. M. and Roskaft, E. (2015) 'Differential barrier and corridor effects of power lines, roads and rivers on moose (*Alces alces*) movements', *Ecosphere*, 6(4).
- Baxter-Gilbert, J. H., Riley, J. L., Lesbarreres, D. and Litzgus, J. D. (2015) 'Mitigating Reptile Road Mortality: Fence Failures Compromise Ecopassage Effectiveness', *Plos One*, 10(3).
- Beasley, J. C., Grazia, T. E., Johns, P. E. and Mayer, J. J. (2013) 'Habitats associated with vehicle collisions with wild pigs', *Wildlife Research*, 40(8), pp. 654-660.
- Beazley, K. F., Snaith, T. V., MacKinnon, F. and Colville, D. (2004) 'Road density and potential impacts on wildlife species such as American moose in mainland Nova Scotia', *Proceedings of the Nova Scotian Institute of Science*, 42(Part 2), pp. 339-357.
- Bellis, M. A., Griffin, C. R., Warren, P. and Jackson, S. D. (2013) 'Utilizing a multi-technique, multi-taxa approach to monitoring wildlife passageways in southern vermont', *Oecologia Australis*, 17(1), pp. 111-128.
- Ben-Ami, D. and Ramp, D. (2013) 'Impact of roadside habitat on swamp wallaby movement and fitness', *Wildlife Research*, 40(6), pp. 512-522.
- Bergers, P. J. M. and Nieuwenhuizen, W. (1999) 'Viability of hedgehog populations in Central Netherlands', *Lutra*, 42(1), pp. 65-75.
- Bissonette, J. A. and Rosa, S. (2012) 'An evaluation of a mitigation strategy for deer-vehicle collisions', *Wildlife Biology*, 18(4), pp. 414-423.
- Bliss-Ketchum, L. L., de Rivera, C. E., Turner, B. C. and Weisbaum, D. M. (2016) 'The effect of artificial light on wildlife use of a passage structure', *Biological Conservation*, 199, pp. 25-28.
- Bond, A. R. and Jones, D. N. (2008) 'Temporal trends in use of fauna-friendly underpasses and overpasses', *Wildlife Research*, 35(2), pp. 103-112.
- Bond, A. R. F. and Jones, D. N. (2013) 'Roads and macropods: interactions and implications', *Australian Mammalogy*, 36(1), pp. 1-14.
- Boyle, S. P., Litzgus, J. D. and Lesbarreres, D. (2017) 'Comparison of road surveys and circuit theory to predict hotspot locations for implementing road-effect mitigation', *Biodiversity and Conservation*, 26(14), pp. 3445-3463.

- Braden, A. W., Lopez, R. R., Roberts, C. W., Silvy, N. J., Owen, C. B. and Frank, P. A. (2008) 'Florida Key deer *Odocoileus virginianus clavium* underpass use and movements along a highway corridor', *Wildlife Biology*, 14(1), pp. 155-163.
- Braden, A. W., Lopez, R. R., Roberts, C. W., Silvy, N. J., Owen, C. B., Frank, P. A. and Davis, D. S. (2006) Evaluation of a highway improvement project on Florida Key deer. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Brandjes, G. J., Veenbaas, G. and Bekker, G. J. (1999) 'Registrating the use of faunapassages', *Levende Natuur*, 100(1), pp. 6-11.
- Brodziewska, J. (2006) Wildlife tunnels and fauna bridges in Poland: past, present and future, 1997-2013. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Broekhuizen, S. and Derckx, H. (1996) 'Passages for badgers and their efficacy', *Zeitschrift Fur Jagdwissenschaft*, 42(2), pp. 134-142.
- Bruinderink, G. and Hazebroek, E. (1996) 'Ungulate traffic collisions in Europe', *Conservation Biology*, 10(4), pp. 1059-1067.
- Cain, A. T., Tuovila, V. R., Hewitt, D. G. and Tewes, M. E. (2003) 'Effects of a highway and mitigation projects on bobcats in Southern Texas', *Biological Conservation*, 114(2), pp. 189-197.
- Candrea-Grigoras, A. (2016) 'Importance of ecological corridors in designing ecoducts', *Revista de Silvicultura si Cinegetica*, 21(39), pp. 110-113.
- Carey, M. (2006) Small mammals: addressing habitat fragmentation impacts from construction of a new highway. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Cervantes-Huerta, R., Escobar, F., Hector Garcia-Chavez, J. and Gonzalez-Romero, A. (2017) 'Vertebrate roadkills in three road types in the central mountainous region of veracruz, mexico', *Acta Zoologica Mexicana Nueva Serie*, 33(3), pp. 472-481.
- Chachelle, P. D., Chambers, B. K., Bencini, R. and Maloney, S. K. (2016) 'Western grey kangaroos (*Macropus fuliginosus*) include fauna underpasses in their home range', *Wildlife Research*, 43(1), pp. 13-19.
- Chambers, B. and Bencini, R. (2015) 'Factors affecting the use of fauna underpasses by bandicoots and bobtail lizards', *Animal Conservation*, 18(5), pp. 424-432.
- Cibot, M., Bortolamiol, S., Seguya, A. and Krief, S. (2015) 'Chimpanzees facing a dangerous situation: A high-traffic asphalted road in the Sebitoli area of Kibale National Park, Uganda', *American Journal of Primatology*, 77(8), pp. 890-900.
- Clevenger, A. P. (2005) 'Conservation value of wildlife crossings: Measures of performance and research directions', *Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society*, 14(2), pp. 124-129.
- Clevenger, A. P. (2006) Science-based approach to adaptive management of the TCH corridor: Canadian Rocky Rocky mountain parks. On the road to stewardship.

International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.

- Clevenger, A. P. (2012) 'Mitigating Continental-Scale Bottlenecks: How Small-Scale Highway Mitigation Has Large-Scale Impacts', *Ecological Restoration*, 30(4), pp. 300-307.
- Clevenger, A. P., Chruszcz, B. and Gunson, K. (2001) 'Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals', *Journal of Applied Ecology*, 38(6), pp. 1340-1349.
- Clevenger, A. P. and Sawaya, M. A. (2010) 'Piloting a Non-Invasive Genetic Sampling Method for Evaluating Population-Level Benefits of Wildlife Crossing Structures', *Ecology and Society*, 15(1).
- Clevenger, A. P. and Waltho, N. (2000) 'Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada', *Conservation Biology*, 14(1), pp. 47-56.
- Clevenger, A. P. and Waltho, N. (2005) 'Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals', *Biological Conservation*, 121(3), pp. 453-464.
- Clevenger, A. P., Wierzchowski, J., Chruszcz, B. and Gunson, K. (2002) 'GIS-generated, expert-based models for identifying wildlife habitat linkages and planning mitigation passages', *Conservation Biology*, 16(2), pp. 503-514.
- Clevenger, A. P., Wierzchowski, J. and Waltho, N. (2002) Planning and performance of wildlife crossing structures in a major transportation corridor. Seventh International Symposium on Environmental Concerns in Rights-of-Way-Management.
- Coe, P. K., Nielson, R. M., Jackson, D. H., Cupples, J. B., Seidel, N. E., Johnson, B. K., Gregory, S. C., Bjornstrom, G. A., Larkins, A. N. and Speten, D. A. (2015) 'Identifying Migration Corridors of Mule Deer Threatened by Highway Development', *Wildlife Society Bulletin*, 39(2), pp. 256-267.
- Coelho, I. P., Kindel, A. and Coelho, A. V. P. (2008) 'Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil', *European Journal of Wildlife Research*, 54(4), pp. 689-699.
- Colley, M., Lougheed, S. C., Otterbein, K. and Litzgus, J. D. (2017) 'Mitigation reduces road mortality of a threatened rattlesnake', *Wildlife Research*, 44(1), pp. 48-59.
- Cook, S., Bittner, J. and Adams, T. (2010) 'Developing an Asset Management Tool to Collect and Track Commitments on Environmental Mitigation Features', *Transportation Research Record*, (2160), pp. 21-28.
- Corlatti, L., Hacklaender, K. and Frey-Roos, F. (2009) 'Ability of Wildlife Overpasses to Provide Connectivity and Prevent Genetic Isolation', *Conservation Biology*, 23(3), pp. 548-556.
- Cramer, P. C. and Bissonette, J. A. (2006) Wildlife crossings in North America: the state of the science and practice. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.

- Crawford, B. A., Moore, C. T., Norton, T. M. and Maerz, J. C. (2017) 'Mitigating road mortality of diamond-backed terrapins (*Malaclemys terrapin*) with hybrid barriers at crossing hot spots', *Herpetological Conservation and Biology*, 12(1), pp. 202-211.
- Crook, N., Cairns, S. C. and Vernes, K. (2013) 'Bare-nosed wombats (*Vombatus ursinus*) use drainage culverts to cross roads', *Australian Mammalogy*, 35(1), pp. 23-29.
- Cushman, S. A., Lewis, J. S. and Landguth, E. L. (2013) 'Evaluating the intersection of a regional wildlife connectivity network with highways', *Movement ecology*, 1(1), pp. 12-12.
- D'Amico, M., Clevenger, A. P., Roman, J. and Revilla, E. (2015) 'General versus specific surveys: Estimating the suitability of different road-crossing structures for small mammals', *Journal of Wildlife Management*, 79(5), pp. 854-860.
- de Freitas, C. H., Justino, C. S. and Setz, E. Z. F. (2014) 'Road-kills of the giant anteater in south-eastern Brazil: 10 years monitoring spatial and temporal determinants', *Wildlife Research*, 41(8), pp. 673-680.
- De Montis, A., Ledda, A., Ortega, E., Martin, B. and Serra, V. (2018) 'Landscape planning and defragmentation measures: an assessment of costs and critical issues', *Land Use Policy*, 72, pp. 313-324.
- Dematteo, K. E., Rinas, M. A., Sede, M. M., Davenport, B., Arguelles, C. F., Lovett, K. and Parker, P. G. (2009) 'Detection Dogs: An Effective Technique for Bush Dog Surveys', *Journal of Wildlife Management*, 73(8), pp. 1436-1440.
- Dexter, C. E., Appleby, R. G., Edgar, J. P., Scott, J. and Jones, D. N. (2016) 'Using complementary remote detection methods for retrofitted eco-passages: a case study for monitoring individual koalas in south-east Queensland', *Wildlife Research*, 43(5), pp. 369-379.
- Dexter, C. E., Appleby, R. G., Scott, J., Edgar, J. P. and Jones, D. N. (2018) 'Individuals matter: predicting koala road crossing behaviour in south-east Queensland', *Australian Mammalogy*, 40(1), pp. 67-75.
- Dodd, N. L., Boe, S., Schweinsburg, R. E. and Gagnon, J. W. (2006) Wildlife-vehicle collisions prevention and reduction strategies: characteristics of elk-vehicle collisions and comparison to GPS-determined highway crossing patterns. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Dodd, N. L. and Gagnon, J. W. (2011) 'Influence of Underpasses and Traffic on White-Tailed Deer Highway Permeability', *Wildlife Society Bulletin*, 35(3), pp. 270-281.
- Dodd, N. L., Gagnon, J. W., Boe, S. and Schweinsburg, R. E. (2007) 'Assessment of elk highway permeability by using Global Positioning System telemetry', *Journal of Wildlife Management*, 71(4), pp. 1107-1117.
- Dodd, N. L., Gagnon, J. W., Manzo, A. L. and Schweinsburg, R. E. (2007) 'Video surveillance to assess highway underpass use by elk in Arizona', *Journal of Wildlife Management*, 71(2), pp. 637-645.
- Donaldson, B. (2007) 'Use of highway underpasses by large mammals and other wildlife in Virginia - Factors influencing their effectiveness', *Transportation Research Record*, (2011), pp. 157-164.

- Donaldson, B. M. (2006) Use of highway underpasses by large mammals and other wildlife in Virginia and factors influencing their effectiveness. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Donaldson, B. M., Kweon, Y.-J. and Lloyd, L. N. (2016) 'Roadside Activity and Behavior of White-Tailed Deer and Other Wildlife near Unfenced Underpasses', *Transportation Research Record*, (2571), pp. 29-38.
- Downs, J., Horner, M., Loraamm, R., Anderson, J., Kim, H. and Onorato, D. (2014) 'Strategically Locating Wildlife Crossing Structures for Florida Panthers Using Maximal Covering Approaches', *Transactions in Gis*, 18(1), pp. 46-65.
- Ernst, R. D. and Quinlan, R. W. (2006) 'Rattlers and people: conserving rattlesnakes in Lethbridge', *Alberta Species at Risk Report*, 109, pp. 1-36.
- Fagart, S., Heurtebise, C., Quaintenne, G., Jourde, P. and Micol, T. (2016) 'Frequentation of nozzles dedicated to small and medium crossings fauna under two motorways from the west of france. Balance of both first years of tracking by photographic traps', *Revue D Ecologie-La Terre Et La Vie*, 71(1), pp. 82-98.
- Farrell, J. E., Irby, L. R. and McGowen, P. T. (2002) 'Strategies for ungulate-vehicle collision mitigation', *Intermountain Journal of Sciences*, 8(1), pp. 1-18.
- Ford, A. T., Barrueto, M. and Clevenger, A. P. (2017) 'Road Mitigation Is a Demographic Filter for Grizzly Bears', *Wildlife Society Bulletin*, 41(4), pp. 712-719.
- Ford, A. T. and Clevenger, A. P. (2010) 'Validity of the Prey-Trap Hypothesis for Carnivore-Ungulate Interactions at Wildlife-Crossing Structures', *Conservation Biology*, 24(6), pp. 1679-1685.
- Ford, A. T., Clevenger, A. P. and Bennett, A. (2009) 'Comparison of Methods of Monitoring Wildlife Crossing-Structures on Highways', *Journal of Wildlife Management*, 73(7), pp. 1213-1222.
- Forman, R. T. T. (2000) 'Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States', *Conservation Biology*, 14(1), pp. 31-35.
- Forman, R. T. T. and Alexander, L. E. (1998) 'Roads and their major ecological effects', *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, pp. 207-+.
- France, C. T. d. G. R. d. E. e. d. F. (1978) 'Motorways and large game animals', *Note Technique, Groupement Technique Forestier, Centre Technique du Genie Rural, des Eaux et des Forets*, (42), pp. 41 pp.-41 pp.
- Gagnon, J. W., Dodd, N. L., Ogren, K. S. and Schweinsburg, R. E. (2011) 'Factors Associated With Use of Wildlife Underpasses and Importance of Long-Term Monitoring', *Journal of Wildlife Management*, 75(6), pp. 221477-1487.
- Gagnon, J. W., Loberger, C. D., Sprague, S. C., Ogren, K. S., Boe, S. L. and Schweinsburg, R. E. (2015) 'Cost-effective approach to reducing collisions with elk by fencing between existing highway structures', *Human-Wildlife Interactions*, 9(2), pp. 248-264.
- Gagnon, J. W., Schweinsburg, R. E., Dodd, N. L. and Manzo, A. L. (2006) Use of video surveillance to assess wildlife behavior and use of wildlife underpasses in Arizona. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.

- Gagnon, J. W., Theimer, T. C., Dodd, N. L., Boe, S. and Schweinsburg, R. E. (2007) 'Traffic volume alters elk distribution and highway crossings in Arizona', *Journal of Wildlife Management*, 71(7), pp. 2318-2323.
- Gagnon, J. W., Theimer, T. C., Dodd, N. L., Manzo, A. L. and Schweinsburg, R. E. (2007) 'Effects of traffic on elk use of wildlife underpasses in Arizona', *Journal of Wildlife Management*, 71(7), pp. 2324-2328.
- Garcia-Sanchez, A.-J., Garcia-Sanchez, F., Losilla, F., Kulakowski, P., Garcia-Haro, J., Rodriguez, A., Lopez-Bao, J.-V. and Palomares, F. (2010) 'Wireless Sensor Network Deployment for Monitoring Wildlife Passages', *Sensors*, 10(8), pp. 7236-7262.
- Garrett, L. C. and Conway, G. A. (1998) 'Urban encroachment on the wilderness: moose-vehicle collisions in Anchorage, Alaska, 1991-1995', *International journal of circumpolar health*, 57 Suppl 1, pp. 527-31.
- Glista, D. J., DeVault, T. L. and DeWoody, J. A. (2009) 'A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways', *Landscape and Urban Planning*, 91(1), pp. 1-7.
- Gloyne, C. C. and Clevenger, A. P. (2001) 'Cougar Puma concolor use of wildlife crossing structures on the Trans-Canada highway in Banff National Park, Alberta', *Wildlife Biology*, 7(2), pp. 117-124.
- Goldingay, R. L., Rohweder, D. and Taylor, B. D. (2013) 'Will arboreal mammals use rope-bridges across a highway in eastern Australia?', *Australian Mammalogy*, 35(1), pp. 30-38.
- Goldingay, R. L. and Taylor, B. D. (2017) 'Targeted field testing of wildlife road-crossing structures: koalas and canopy rope-bridges', *Australian Mammalogy*, 39(1), pp. 100-104.
- Goldingay, R. L., Taylor, B. D. and Ball, T. (2011) 'Wooden poles can provide habitat connectivity for a gliding mammal', *Australian Mammalogy*, 33(1), pp. 36-43.
- Goosem, M., Weston, N. and Bushnell, S. (2006) Effectiveness of rope bridge arboreal overpasses and faunal underpasses in providing connectivity for rainforest fauna. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Graves, T. A., Farley, S. and Servheen, C. (2006) 'Frequency and distribution of highway crossings by Kenai Peninsula brown bears', *Wildlife Society Bulletin*, 34(3), pp. 800-808.
- Grilo, C., Bissonette, J. A. and Santos-Reis, M. (2008) 'Response of carnivores to existing highway culverts and underpasses: implications for road planning and mitigation', *Biodiversity and Conservation*, 17(7), pp. 1685-1699.
- Gulci, S. and Akay, A. E. (2015) 'Assessment of ecological passages along road networks within the Mediterranean forest using GIS-based multi criteria evaluation approach', *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(12).
- Gulci, S. and Akay, A. E. (2016) 'Using thermal infrared imagery produced by unmanned air vehicles to evaluate locations of ecological road structures', *Journal of the Faculty of Forestry-Istanbul University*, 66(2), pp. 698-709.

- Gulsby, W. D., Stull, D. W., Gallagher, G. R., Osborn, D. A., Warren, R. J., Miller, K. V. and Tannenbaum, L. V. (2011) 'Movements and Home Ranges of White-Tailed Deer in Response to Roadside Fences', *Wildlife Society Bulletin*, 35(3), pp. 282-290.
- Gurrutxaga, M., Lozano, P. J. and Del Barrio, G. (2010) 'Assessing Highway Permeability for the Restoration of Landscape Connectivity between Protected Areas in the Basque Country, Northern Spain', *Landscape Research*, 35(5), pp. 529-550.
- Gurrutxaga, M. and Saura, S. (2014) 'Prioritizing highway defragmentation locations for restoring landscape connectivity', *Environmental Conservation*, 41(2), pp. 157-164.
- Guter, A., Dolev, A., Saltz, D. and Kronfeld-Schor, N. (2005) 'Temporal and spatial influences on road mortality in otters: Conservation implications', *Israel Journal of Zoology*, 51(3), pp. 199-207.
- Guzvica, G., Bosnjak, I., Bielen, A., Babic, D., Radanovic-Guzvica, B. and Sver, L. (2014) 'Comparative Analysis of Three Different Methods for Monitoring the Use of Green Bridges by Wildlife', *Plos One*, 9(8).
- Harris, I. M., Mills, H. R. and Bencini, R. (2010) 'Multiple individual southern brown bandicoots (*Isoodon obesulus fusciventer*) and foxes (*Vulpes vulpes*) use underpasses installed at a new highway in Perth, Western Australia', *Wildlife Research*, 37(2), pp. 127-133.
- Hibbitts, T. J., Fitzgerald, L. A., Walkup, D. K. and Ryberg, W. A. (2017) 'Why didn't the lizard cross the road? Dunes sagebrush lizards exhibit road-avoidance behaviour', *Wildlife Research*, 44(3), pp. 194-199.
- Hlavac, V. (2005) 'Increasing permeability of the Czech road network for large mammals', *Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society*, 14(2), pp. 175-177.
- Holzgang, O., Righetti, A. and Pfister, H. P. (2005) 'Swiss wildlife corridors on paper, imagined and in the countryside', *Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society*, 14(2), pp. 148-151.
- Huber, P. R., Thorne, J. H., Roth, N. E. and McCoy, M. M. (2011) 'Assessing Ecological Condition, Vulnerability, and Restorability of a Conservation Network Under Alternative Urban Growth Policies', *Natural Areas Journal*, 31(3), pp. 234-245.
- Huck, M., Jedrzejewski, W., Borowik, T., Milosz-Cielma, M., Schmidt, K., Jedrzejewska, B., Nowak, S. and Myslajek, R. W. (2010) 'Habitat suitability, corridors and dispersal barriers for large carnivores in Poland', *Acta Theriologica*, 55(2), pp. 177-192.
- Huh, Y.-s., Hur, Y.-a., Yoon, S.-y., Widawati, E. and Son, Y.-h. (2015) 'Challenges and Tasks of Ecobridges in Seoul Based on the Ecobridge-use Behavior Survey In the Case of Ecobridges in Dongjak-gu and Gwanak-gu', *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 3(1), pp. 39-+.
- Huijser, M. P. (2000) Life on the edge. Hedgehog traffic victims and mitigation strategies in an anthropogenic landscape. Life on the edge: hedgehog traffic victims and mitigation strategies in an anthropogenic landscape.
- Huijser, M. P., Abra, F. D. and Duffield, J. W. (2013) 'Mammal road mortality and cost-benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in sao paulo state, brazil', *Oecologia Australis*, 17(1), pp. 129-146.

- Huijser, M. P., Fairbank, E. R., Camel-Means, W., Graham, J., Watson, V., Basting, P. and Becker, D. (2016) 'Effectiveness of short sections of wildlife fencing and crossing structures along highways in reducing wildlife-vehicle collisions and providing safe crossing opportunities for large mammals', *Biological Conservation*, 197, pp. 61-68.
- Iglesias, C., Mata, C. and Malo, J. E. (2012) 'The Influence of Traffic Noise on Vertebrate Road Crossing Through Underpasses', *Ambio*, 41(2), pp. 193-201.
- Iosif, R. (2012) 'Railroad-associated mortality hot spots for a population of Romanian Hermann's tortoise (*Testudo hermanni boettgeri*): a gravity model for railroad-segment analysis', in PatruStupariu, I., Patroescu, M., Ioja, C.I. & Rozyłowicz, L. (eds.) 2011 International Conference of Environment-Landscape-European Identity *Procedia Environmental Sciences*, pp. 123-131.
- Iosif, R., Rozyłowicz, L. and Popescu, V. D. (2013) 'Modeling road mortality hotspots of Eastern Hermann's tortoise in Romania', *Amphibia-Reptilia*, 34(2), pp. 163-172.
- Jacobson, S. L. and DeLasaux, M. (2006) Sierraville (California) highway 89 stewardship team: ahead of the curve. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Jaeger, J. (2006) 'How do measures intended to reduce the impacts of roads and traffic affect animal populations?', *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 38(10-11), pp. 323-329.
- Jones, D. N., Bakker, M., Bichet, O., Coutts, R. and Wearing, T. (2011) 'Restoring habitat connectivity over the road: vegetation on a fauna land-bridge in south-east Queensland', *Ecological Management & Restoration*, 12(1), pp. 76-79.
- Jumeau, J., Petrod, L. and Handrich, Y. (2017) 'A comparison of camera trap and permanent recording video camera efficiency in wildlife underpasses', *Ecology and Evolution*, 7(18), pp. 7399-7407.
- Kaphegyi, T. A. M., Dees, M., Zlatanova, D., Ueffing, C., Dutsov, A. and Kaphegyi, U. (2013) 'Rapid assessment of linear transport infrastructure in relation to the impact on landscape continuity for large ranging mammals', *Biodiversity and Conservation*, 22(1), pp. 153-168.
- Karlson, M., Seiler, A. and Mortberg, U. (2017) 'The effect of fauna passages and landscape characteristics on barrier mitigation success', *Ecological Engineering*, 105, pp. 211-220.
- Kelly, C. A., Diggins, C. A. and Lawrence, A. J. (2013) 'Crossing Structures Reconnect Federally Endangered Flying Squirrel Populations Divided for 20 Years by Road Barrier', *Wildlife Society Bulletin*, 37(2), pp. 375-379.
- Kintsch, J. (2006) Linking Colorado's landscapes. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Klar, N., Herrmann, M. and Kramer-Schadt, S. (2006) 'Effects of roads on a founder population of lynx in the biosphere reserve "Pralzerwald-Vosges du Nord" - A model as planning tool', *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 38(10-11), pp. 330-337.
- Kleist, A. M., Lancia, R. A. and Doerr, P. D. (2007) 'Using video surveillance to estimate wildlife use of a highway underpass', *Journal of Wildlife Management*, 71(8), pp. 2792-2800.

- Knapp, K. K. and Trb (2005) 'Crash reduction factors for deer-vehicle crash countermeasures: State of the knowledge and suggested safety research needs', *Statistical Methods; Highway Safety Data, Analysis, and Evaluation; Occupant Protection; Systematic Reviews and Meta-Analysis: Vol. 1908 Transportation Research Record*, pp. 172-179.
- Konnerup, J., Madsen, A. B. and Jorgensen, J. M. (2004) 'Larger mammals' use of a new wildlife overpass at Jyske As, northern Jutland, Denmark', *Flora og Fauna*, 110(2), pp. 49-55.
- Krauze-Gryz, D. and Gryz, J. (2016) 'Evaluation of a new wildlife overpass on S7 expressway (central Poland)', *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, Forestry and Wood Technology*, (94), pp. 224-230.
- Krawchuk, A., Larsen, K. W., Weir, R. D. and Davis, H. (2005) 'Passage through a small drainage culvert by Mule Deer, *Odocoileus hemionus*, and other mammals', *Canadian Field-Naturalist*, 119(2), pp. 296-298.
- Kusak, J., Huber, D., Gomercic, T., Schwaderer, G. and Guzvica, G. (2009) 'The permeability of highway in Gorski kotar (Croatia) for large mammals', *European Journal of Wildlife Research*, 55(1), pp. 7-21.
- Lee, N., Bae, I., 박상수 and 이충기 (2016) 'Contingent Valuation of Wildlife-Vehicle Collision Prevention Projects', *Journal of Environmental Impact Assessment*, 25(1), pp. 1-14.
- Loro, M., Ortega, E., Arce, R. M. and Geneletti, D. (2015) 'Ecological connectivity analysis to reduce the barrier effect of roads. An innovative graph-theory approach to define wildlife corridors with multiple paths and without bottlenecks', *Landscape and Urban Planning*, 139, pp. 149-162.
- Lotz, M. A., Land, E. D. and Johnson, K. G. (1997) Evaluation and use of precast wildlife crossings by Florida wildlife. *Proceedings of the Fifty-First Annual Conference - Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*.
- Lustrat, P. (1998) 'A study of a crossing of a country road by a population of common toad (*Bufo bufo*, Linne, 1758)', *Bievre*, 15(0), pp. 29-37.
- Madsen, A. B. (1996) 'Otter *Lutra lutra* mortality in relation to traffic, and experience with newly established fauna passages at existing road bridges', *Lutra*, 39(2), pp. 76-88.
- Malo, J. E., Hervas, I., Herranz, J., Mata, C. and Suarez, F. (2006) How many days to monitor a wildlife passage? Species detection patterns and the estimation of the vertebrate fauna using crossing structures a motorway. On the road to stewardship. *International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings*, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Malo, J. E., Suarez, F. and Diez, A. (2004) 'Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models?', *Journal of Applied Ecology*, 41(4), pp. 701-710.
- Markle, C. E., Gillingwater, S. D., Levick, R. and Chow-Fraser, P. (2017) 'The True Cost of Partial Fencing: Evaluating Strategies to Reduce Reptile Road Mortality', *Wildlife Society Bulletin*, 41(2), pp. 342-350.

- Markolt, F., Szemethy, L., Lehoczki, R. and Heltai, M. (2012) 'Spatial and temporal evaluation of wildlife-vehicle collisions along the M3 Highway in Hungary', *North-Western Journal of Zoology*, 8(2), pp. 414-425.
- Martinez-Freiria, F. and Brito, J. C. (2012) 'Quantification of road mortality for amphibians and reptiles in Hoces del Alto Ebro y Rudron Natural Park in 2005', *Basic and Applied Herpetology*, 26, pp. 33-42.
- Martinig, A. R. (2017) 'Habitat Suitability Modeling for Mink Passage Activity: A Cautionary Tale', *Journal of Wildlife Management*, 81(8), pp. 1439-1448.
- Martinig, A. R. and Belanger-Smith, K. (2016) 'Factors influencing the discovery and use of wildlife passages for small fauna', *Journal of Applied Ecology*, 53(3), pp. 825-836.
- Mastro, L. L., Conover, M. R. and Frey, S. N. (2008) 'Deer-vehicle collision prevention techniques', *Human-Wildlife Conflicts*, 2(1), pp. 80-92.
- Mata, C., Hervas, I., Herranz, J., Malo, J. E. and Suarez, F. (2009) 'Seasonal changes in wildlife use of motorway crossing structures and their implication for monitoring programmes', *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 14(7), pp. 447-452.
- Mata, C., Hervas, I., Herranz, J., Suarez, F. and Malo, J. E. (2005) 'Complementary use by vertebrates of crossing structures along a fenced Spanish motorway', *Biological Conservation*, 124(3), pp. 397-405.
- Mata, C., Hervas, I., Herranz, J., Suarez, F. and Malo, J. E. (2008) 'Are motorway wildlife passages worth building? Vertebrate use of road-crossing structures on a Spanish motorway', *Journal of Environmental Management*, 88(3), pp. 407-415.
- Mateus, A. R. A., Grilo, C. and Santos-Reis, M. (2011) 'Surveying drainage culvert use by carnivores: sampling design and cost-benefit analyzes of track-pads vs. video-surveillance methods', *Environmental Monitoring and Assessment*, 181(1-4), pp. 101-109.
- Matos, C., Petrovan, S., Ward, A. I. and Wheeler, P. (2017) 'Facilitating permeability of landscapes impacted by roads for protected amphibians: patterns of movement for the great crested newt', *Peerj*, 5(Matoss et al., 2017).
- McClure, M. L., Dickson, B. G. and Nicholson, K. L. (2017) 'Modeling connectivity to identify current and future anthropogenic barriers to movement of large carnivores: A case study in the American Southwest', *Ecology and Evolution*, 7(11), pp. 3762-3772.
- McCollister, M. F. and van Manen, F. T. (2010) 'Effectiveness of Wildlife Underpasses and Fencing to Reduce Wildlife-Vehicle Collisions', *Journal of Wildlife Management*, 74(8), pp. 1722-1731.
- McDonald, W. and St Clair, C. C. (2004) 'Elements that promote highway crossing structure use by small mammals in Banff National Park', *Journal of Applied Ecology*, 41(1), pp. 82-93.
- McGuire, T. M. and Morrall, J. F. (2000) 'Strategic highway improvements to minimize environmental impacts within the Canadian Rocky Mountain National Parks', *Canadian Journal of Civil Engineering*, 27(3), pp. 523-532.
- McGuire, T. M. and Morrall, J. F. (2002) Highway improvements to minimize environmental impacts within the Canadian Rocky Mountain National Parks. Seventh

International Symposium on Environmental Concerns in Rights-of-Way-Management.

- Mimet, A., Clauzel, C. and Foltete, J.-C. (2016) 'Locating wildlife crossings for multispecies connectivity across linear infrastructures', *Landscape Ecology*, 31(9), pp. 1955-1973.
- Miotto, R. A., Cervini, M., Figueiredo, M. G., Begotti, R. A. and Galetti, P. M., Jr. (2011) 'Genetic diversity and population structure of pumas (*Puma concolor*) in southeastern Brazil: implications for conservation in a human-dominated landscape', *Conservation Genetics*, 12(6), pp. 1447-1455.
- Moeckel, R. (2014) 'New results regarding the use of a modified bridge over the federal motorway A13 in the south of the German Federal State of Brandenburg as a crossing aid for wild animals', *Saeugetierkundliche Informationen*, 9(48), pp. 313-329.
- Mohammadi, A. and Kaboli, M. (2016) 'Evaluating wildlife-vehicle collision hotspots using kernel-based estimation: a focus on the endangered Asiatic cheetah in central Iran', *Human-Wildlife Interactions*, 10(1), pp. 103-109.
- Morrall, J. F., McGuire, T. M. and Trb (2000) 'Sustainable highway development in a national park', *Sustainability and Environmental Concerns in Transportation: Planning and Administration; Energy and Environment: Vol. 1702 Transportation Research Record*, pp. 3-10.
- Mountrakis, G. and Gunson, K. (2009) 'Multi-scale spatiotemporal analyses of moose-vehicle collisions: a case study in northern Vermont', *International Journal of Geographical Information Science*, 23(11), pp. 1389-1412.
- Ng, S. J., Dole, J. W., Sauvajot, R. M., Riley, S. P. D. and Valone, T. J. (2004) 'Use of highway undercrossings by wildlife in southern California', *Biological Conservation*, 115(3), pp. 499-507.
- Niemi, M. (2016) 'Animal-vehicle collisions - from knowledge to mitigation', *Dissertationes Forestales*, (213), pp. 35 pp.-35 pp.
- Noss, R. F. (2007) *Focal Species for Determining Connectivity Requirements in Conservation Planning. Managing and Designing Landscapes for Conservation: Moving from Perspectives to Principles.*
- Olbrich, P. (1984) 'Study of the effectiveness of game warning reflectors and the suitability of game passages', *Zeitschrift Fur Jagdwissenschaft*, 30(2), pp. 101-116.
- Olsson, M. P. O. and Widen, P. (2008) 'Effects of highway fencing and wildlife crossings on moose *Alces alces* movements and space use in southwestern Sweden', *Wildlife Biology*, 14(1), pp. 111-117.
- Olsson, M. P. O., Widen, P. and Larkin, J. L. (2008) 'Effectiveness of a highway overpass to promote landscape connectivity and movement of moose and roe deer in Sweden', *Landscape and Urban Planning*, 85(2), pp. 133-139.
- Pagnucco, K. S., Paszkowski, C. A. and Scrimgeour, G. J. (2011) 'Using cameras to monitor tunnel use by long-toed salamanders (*Ambystoma macrodactylum*): An informative, cost-efficient technique', *Herpetological Conservation and Biology*, 6(2), pp. 277-286.

- Parker, I. D., Lopez, R. R., Silvy, N. J., Davis, D. S. and Owen, C. B. (2011) 'Long-Term Effectiveness of US 1 Crossing Project in Reducing Florida Key Deer Mortality', *Wildlife Society Bulletin*, 35(3), pp. 296-302.
- Patrick, D. A., Schalk, C. M., Gibbs, J. P. and Woltz, H. W. (2010) 'Effective Culvert Placement and Design to Facilitate Passage of Amphibians across Roads', *Journal of Herpetology*, 44(4), pp. 618-626.
- Pelletier, S. K., Carlson, L., Nein, D. and Roy, R. D. (2006) Railroad crossing structures for spotted turtles: Massachusetts Bay transportation authority-Greenbush rail line wildlife crossing demonstration project. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Polak, T., Rhodes, J. R., Jones, D. and Possingham, H. P. (2014) 'Optimal planning for mitigating the impacts of roads on wildlife', *Journal of Applied Ecology*, 51(3), pp. 726-734.
- Pragatheesh, A. and Rajvanshi, A. (2013) 'Spatial patterns and factors influencing the mortality of snakes on the national highway-7 along pench tiger reserve, madhya pradesh, india', *Oecologia Australis*, 17(1), pp. 20-35.
- Ramalho, C. E., Ottewell, K. M., Chambers, B. K., Yates, C. J., Wilson, B. A., Bencini, R. and Barrett, G. (2018) 'Demographic and genetic viability of a medium-sized ground-dwelling mammal in a fire prone, rapidly urbanizing landscape', *Plos One*, 13(2).
- Renard, M., Visser, A. A., de Boer, F. and van Wieren, S. E. (2008) 'The use of the 'Woeste Hoeve' wildlife overpass by mammals', *Lutra*, 51(1), pp. 5-16.
- Rho, P. (2015) 'Using habitat suitability model for the wild boar (*Sus scrofa* Linnaeus) to select wildlife passage sites in extensively disturbed temperate forests', *Journal of Ecology and Environment*, 38(2), pp. 163-173.
- Rho, P., 이진영 and 이장원 (2010) 'Using AHP to Analyze the Evaluation Factors Related to Wildlife Passage Management', *Korean Journal of Environment and Ecology*, 24(6), pp. 763-771.
- Rodriguez, A., Crema, G. and Delibes, M. (1996) 'Use of non-wildlife passages across a high speed railway by terrestrial vertebrates', *Journal of Applied Ecology*, 33(6), pp. 1527-1540.
- Roe, J. H., Gibson, J. and Kingsbury, B. A. (2006) 'Beyond the wetland border: Estimating the impact of roads for two species of water snakes', *Biological Conservation*, 130(2), pp. 161-168.
- Roedenbeck, I. A. J. J. (2006) 'Towards landscape-scale research in road ecology', *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 38(10/11), pp. 297-356.
- Rytwinski, T., Soanes, K., Jaeger, J. A. G., Fahrig, L., Findlay, C. S., Houlahan, J., van der Ree, R. and van der Grift, E. A. (2016) 'How Effective Is Road Mitigation at Reducing Road-Kill? A Meta-Analysis', *Plos One*, 11(11).
- Rytwinski, T., van der Ree, R., Cunnington, G. M., Fahrig, L., Findlay, C. S., Houlahan, J., Jaeger, J. A. G., Soanes, K. and van der Grift, E. A. (2015) 'Experimental study designs to improve the evaluation of road mitigation measures for wildlife', *Journal of Environmental Management*, 154, pp. 48-64.

- Santini, L., Saura, S. and Rondinini, C. (2016) 'A Composite Network Approach for Assessing Multi-Species Connectivity: An Application to Road Defragmentation Prioritisation', *Plos One*, 11(10).
- Sawaya, M. A., Clevenger, A. P. and Kalinowski, S. T. (2013) 'Demographic Connectivity for Ursid Populations at Wildlife Crossing Structures in Banff National Park', *Conservation Biology*, 27(4), pp. 721-730.
- Sawaya, M. A., Kalinowski, S. T. and Clevenger, A. P. (2014) 'Genetic connectivity for two bear species at wildlife crossing structures in Banff National Park', *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 281(1780).
- Sawyer, H., Lebeau, C. and Hart, T. (2012) 'Mitigating Roadway Impacts to Migratory Mule Deer-A Case Study With Underpasses and Continuous Fencing', *Wildlife Society Bulletin*, 36(3), pp. 492-498.
- Sawyer, H., Rodgers, P. A. and Hart, T. (2016) 'Pronghorn and Mule Deer Use of Underpasses and Overpasses along US Highway 191', *Wildlife Society Bulletin*, 40(2), pp. 211-216.
- Schroder, M. and Sato, C. F. (2017) 'An evaluation of small-mammal use of constructed wildlife crossings in ski resorts', *Wildlife Research*, 44(3), pp. 259-268.
- Schulze, C. (2007) 'Landscape bridges for the movement of red deer (*Cervus elaphus* L.) over the planned BAB 14 Magdeburg - Schwerin in Colbitz-Letzlinger Heide.', *Beitraege zur Jagd- und Wildforschung*, 32, pp. 199-210.
- Schuster, R., Omer, H. R. and Germain, R. R. (2013) 'Using multi-scale distribution and movement effects along a montane highway to identify optimal crossing locations for a large-bodied mammal community', *PeerJ*, 1.
- Seidler, R. G., Long, R. A., Berger, J., Bergen, S. and Beckmann, J. P. (2015) 'Identifying impediments to long-distance mammal migrations', *Conservation Biology*, 29(1), pp. 99-109.
- Seiler, A. (2004) 'Trends and spatial patterns in ungulate-vehicle collisions in Sweden', *Wildlife Biology*, 10(4), pp. 301-313.
- Serronha, A. M., Amaro Mateus, A. R., Eaton, F., Santos-Reis, M. and Grilo, C. (2013) 'Towards effective culvert design: monitoring seasonal use and behavior by Mediterranean mesocarnivores', *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(8), pp. 6235-6246.
- Shilling, F. and Girvetz, E. (2007) 'Physical and financial barriers to implementing a nature reserve network in the Sierra Nevada, California, USA', *Landscape and Urban Planning*, 80(1-2), pp. 165-172.
- Simpson, N. O., Stewart, K. M., Schroeder, C., Cox, M., Huebner, K. and Wasley, T. (2016) 'Overpasses and Underpasses: Effectiveness of Crossing Structures for Migratory Ungulates', *Journal of Wildlife Management*, 80(8), pp. 1370-1378.
- Singer, F. J. (1978) 'Behavior of mountain goats in relation to united-states highway 2, glacier-national-park, montana', *Journal of Wildlife Management*, 42(3), pp. 591-597.
- Smit, G. F. J. and Meijer, A. J. M. (1999) 'Experience with the counting of animal road casualties', *Lutra*, 42(1), pp. 25-34.

- Smith, D. J. (2012) 'Determining Location and Design of Cost-Effective Wildlife Crossing Structures Along US-64 in North Carolina', *Transportation Research Record*, (2270), pp. 31-38.
- Soanes, K., Taylor, A. C., Sunnucks, P., Vesk, P. A., Cesarini, S. and van der Ree, R. (2018) 'Evaluating the success of wildlife crossing structures using genetic approaches and an experimental design: Lessons from a gliding mammal', *Journal of Applied Ecology*, 55(1), pp. 129-138.
- Soanes, K., Vesk, P. A. and van der Ree, R. (2015) 'Monitoring the use of road-crossing structures by arboreal marsupials: insights gained from motion-triggered cameras and passive integrated transponder (PIT) tags', *Wildlife Research*, 42(3), pp. 241-256.
- Sparks, J. L., Jr. and Gates, J. E. (2012) 'An investigation into the use of road drainage structures by wildlife in Maryland, USA', *Human-Wildlife Interactions*, 6(2), pp. 311-326.
- Sparks, J. L., Jr. and Gates, J. E. (2017) 'Seasonal and regional animal use of drainage structures to cross under roadways', *Human-Wildlife Interactions*, 11(2), pp. 182-191.
- Srbek-Araujo, A. C., Mendes, S. L. and Chiarello, A. G. (2015) 'Jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) roadkill in Brazilian Atlantic Forest and implications for species conservation', *Brazilian Journal of Biology*, 75(3), pp. 581-586.
- Taylor, B. D. and Goldingay, R. L. (2009) 'Can Road-Crossing Structures Improve Population Viability of an Urban Gliding Mammal?', *Ecology and Society*, 14(2).
- Teixeira, F. Z., Printes, R. C., Godoy Fagundes, J. C., Alonso, A. C. and Kindel, A. (2013) 'Canopy bridges as road overpasses for wildlife in urban fragmented landscapes', *Biota Neotropica*, 13(1), pp. 117-123.
- Thievent, P. (2006) OptiFlux: a tool for measuring wild animal population fluxes for the optimization of road infrastructures. On the road to stewardship. International Conference on Ecology and Transportation 2005 Proceedings, August 29 - September 2, 2005, San Diego, California.
- Tost, D., Siebert, U. and Sodeikat, G. (2014) 'Is the motorway BAB 2 an insuperable barrier for wildcats (*Felis silvestris silvestris*) in the region of Braunschweig? - An analysis of traversability', *Saeugetierkundliche Informationen*, 9(48), pp. 289-303.
- van der Grift, E. A. (2005) 'Defragmentation in the Netherlands: A success story?', *Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society*, 14(2), pp. 144-147.
- van der Grift, E. A., van der Ree, R., Fahrig, L., Findlay, S., Houlahan, J., Jaeger, J. A. G., Klar, N., Madrinan, L. F. and Olson, L. (2013) 'Evaluating the effectiveness of road mitigation measures', *Biodiversity and Conservation*, 22(2), pp. 425-448.
- van der Ree, R., Heinze, D., McCarthy, M. and Mansergh, I. (2009) 'Wildlife Tunnel Enhances Population Viability', *Ecology and Society*, 14(2).
- van Langevelde, F. and Jaarsma, C. F. (2004) 'Using traffic flow theory to model traffic mortality in mammals', *Landscape Ecology*, 19(8), pp. 895-907.
- Van Manen, F. T., McCollister, M. F., Nicholson, J. M., Thompson, L. M., Kindall, J. L. and Jones, M. D. (2012) 'Short-Term Impacts of a 4-Lane Highway on American Black Bears in Eastern North Carolina', *Wildlife Monographs*, (181), pp. 1-35.

- van Vuurde, M. R. and van der Grift, E. A. (2005) 'The effects of landscape attributes on the use of small wildlife underpasses by weasel (*Mustela nivalis*) and stoat (*Mustela erminea*)', *Lutra*, 48(2), pp. 91-108.
- Wang, Y., Guan, L., Piao, Z., Wang, Z. and Kong, Y. (2017) 'Monitoring wildlife crossing structures along highways in Changbai Mountain, China', *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 50, pp. 119-128.
- Wang, Y., Piao, Z. J., Guan, L., Wang, X. Y., Kong, Y. P. and Chen, J. (2013) 'Road mortalities of vertebrate species on Ring Changbai Mountain Scenic Highway, Jilin Province, China', *North-Western Journal of Zoology*, 9(2), pp. 399-409.
- Vanthomme, H., Kolowski, J., Nzamba, B. S. and Alonso, A. (2015) 'Hypothesis-driven and field-validated method to prioritize fragmentation mitigation efforts in road projects', *Ecological Applications*, 25(7), pp. 2035-2046.
- Veenbaas, G. and Brandjes, J. (2003) 'The use of fauna passages underneath bridges at national roads', *Levende Natuur*, 104(4), pp. 156-159.
- Woess, M., Grillmayer, R. and Voelk, F. H. (2002) 'Green bridges and Wildlife Corridors in Austria', *Zeitschrift Fur Jagdwissenschaft*, 48, pp. 25-32.
- Woo, D. G., Park, C.-H., 박종준 and 오대현 (2012) 'Site Selection of Wildlife Passage for Leopard Cat in Urban Area using Space Syntax', *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 40(1), pp. 92-99.
- Xia, L., Yang, Q., Li, Z., Wu, Y. and Feng, Z. (2007) 'The effect of the Qinghai-Tibet railway on the migration of Tibetan antelope *Pantholops hodgsonii* in Hoh-xil National Nature Reserve, China', *Oryx*, 41(3), pp. 352-357.
- Yin, B.-F., Huai, H.-Y., Zhang, Y.-L., Zhou, L. and Wei, W.-H. (2006) 'Influence of Qinghai-Tibetan railway and highway on wild animal's activity', *Acta Ecologica Sinica*, 26(12), pp. 3917-3923.
- Yokochi, K. and Bencini, R. (2015) 'A remarkably quick habituation and high use of a rope bridge by an endangered marsupial, the western ringtail possum', *Nature Conservation-Bulgaria*, (11), pp. 79-94.
- Yu, X., Zhou, Y., Xu, W. and Xie, Z. (2015) 'Principle and technical parameters for designing wildlife crossings on tourism roads in protected areas', *Biodiversity Science*, 23(6), pp. 824-829.
- Zhou, Y.-b., Xu, W.-t., Zhao, C.-m., Shen, G.-z., Xiong, G.-m., Fan, D.-y. and Xie, Z.-q. (2017) 'Feasibility and technical design for enhancing habitat connectivity across two separated components in Shennongjia World Natural Heritage Site, China', *Shengtaixue Zazhi*, 36(10), pp. 2988-2996.



LUNDS
UNIVERSITET

WWW.CEC.LU.SE
WWW.LU.SE

Lunds universitet

Miljövetenskaplig utbildning
Centrum för miljö- och
klimatforskning
Ekologihuset
223 62 Lund