

Uppföljning av viltets användning av broar vid E4 Sundsvall

– med särskilt fokus på smala broar och mänskliga störningar

Sundsvalls kommun, Västernorrlands län

2021-10-24



Trafikverket

Postadress: Nattviksgatan 6, 871 45 Härnösand

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Uppföljning av viltets användning av broar vid E4 Sundsvall – med särskilt fokus på smala broar och mänskliga störningar

Författare: Huvudförfattare Amanda Raud Westberg, medförfattare Angelia Ellvin

Dokumentdatum: 2021-10-24

Ärendenummer: TRV 2021/115863

Objektsnummer: 83245791

Kontaktperson: Annette Ekman, annette.ekman@trafikverket.se

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning	4
1.1.	Svensk sammanfattning	4
1.2.	English summary	5
2	Inledning	6
2.1.	Barriäreffekter	6
2.2.	Vilken sorts broar föredrar djuren?	7
2.3.	Kostnadseffektivitet: En stor eller flera smala?	8
2.4.	Studieområdet: E4 Sundsvall	8
2.5.	Studiens syfte	9
3	Metod	10
3.1.	Beskrivning av sträckan och broarna	10
3.2.	Kamerabevakning av broarna	13
3.3.	Datahantering	14
3.4.	Effektivitet och relativt effektivitetsindex	14
3.5.	Kostnadsuppskattning	15
4	Resultat	15
4.1.	Övergripande resultat	15
4.2.	Aktivitet i de individuella broarna	17
4.3.	Effektivitetsindex för älg, rådjur och lodjur	19
4.4.	Broarnas sammanslagna funktion – relativt effektivitetsindex	21
4.5.	Kostnadsuppskattning av tre broar	21
4.6.	Övriga observationer	22
5	Diskussion	23
5.1.	Hur ska en ”bra” faunabro se ut?	23
5.2.	Kan barriäreffekterna upphävas med hjälp av smala broar?	26
5.3.	Utvecklingen av älg- och rådjurspopulationen i området	27
5.4.	Viltolyckor	27
5.5.	Kostnadseffektivitet	28
5.6.	Framtida studiemöjligheter	29
6	Slutsatser	29
7	Tack	30
8	Källförteckning	30

1 Sammanfattning

1.1. Svensk sammanfattning

Stora och vältrafikerade vägar innebär oundvikligen en stor inverkan på djur- och naturlivet i närområdet. På grund av höga hastigheter och stort trafikflöde bildar vägen en barriär i landskapet, vilket leder till fragmentering av landskapet, isolering av populationer och ökad dödlighet bland de djur som försöker korsa vägen. För att minimera barriäreffekterna av kan planskilda korsningar över och under barriären spela en viktig roll. Tidigare studier har pekat på att planskilda korsningar för djur bör vara så breda som möjligt för att vara så attraktiva som möjligt för djuren. De generella internationella rekommendationerna har därför varit att bygga denna typ av broar minst 30-40 meter breda. Så breda broar är mycket kostsamma att bygga, och på senare tid har en diskussion börjat föras kring deras kostnadseffektivitet. I denna studie har sju över- och underpassager längs en 8,4 km lång sträcka av E4 Sundsvall bevakats med rörelseutlösta kameror under ett års tid (juli 2020 - juni 2021) för att utvärdera hur djuren använder sig av dem. De består av tre smala överpassager (10-15 meter breda), tre smala underpassager (4-8 meter breda) och en landbro (105 meter bred). De smala passagerna har varit av särskilt intresse att följa upp för att förstå smala broars bidrag till att öka vägars permeabilitet för djur. Studien fokuserade på älg, rådjur och lodjur.

De undersökta broarna hade varierande användning och effektivitet för olika arter, och de exakta anledningarna till dessa skillnader var bitvis svåra att utröna. Slående var dock att alla broar, oavsett utformning, användes av både älg och rådjur, och alla broar bidrog till en ökad permeabilitet. Älgar visade tydlig preferens för överpassager, medan brotyp var av mindre vikt för rådjur och lodjur. Både älgar och rådjur tenderade att föredra något bredare broar, medan lodjur föredrog smalare broar. Mänsklig närvaro i broarna visade sig också ha olika effekt på olika arter. Både bredd och mänsklig närvaro hade starkare effekt på älgar och rådjur i underpassager än i överpassager. Med hjälp av effektivitetsindex och relativt effektavstånd kunde en teoretisk bedömning av vägens permeabilitet för älg, rådjur och lodjur genomföras, som visade att för älg och lodjur har sträckan en hög permeabilitet, vilket visade att barriäreffekten av E4 Sundsvall kunnat upphävas med hjälp av dessa broar. För rådjur var permeabiliteten tillräcklig längs den mellersta och södra delen av sträckan, men bristfällig i den norra delen av sträckan i höjd med Vapeldalen och Hemmanet.

Sammantaget visade resultaten från denna studie att även smala broar med hög mänsklig närvaro används av både klövdjur, lodjur och mindre däggdjur. Dessutom visades att de undersökta broarna tillsammans upphävde barriäreffekterna av E4 längs hela sträckan för älg och lodjur, och längs en stor del av sträckan för rådjur. Att olika arter visade olika preferenser understryker vikten av att bygga olika typer av broar för att nå olika djurgrupper.

1.2. English summary

Large and highly trafficked roads have an inevitable impact on local wildlife populations, i.e. by forming a landscape barrier. Landscape barriers entail fragmentation of natural habitats, genetic and demographic isolation of populations and increased mortality for many different animal species. In order to mitigate these effects, wildlife crossing structures (WCS) can provide safe crossing alternatives, increasing road safety and improving wildlife conservation. Recommendations state that WCS should be at least 30 to 40 meters wide, but because these structures are very costly, their efficiency has been questioned. It has been suggested that narrower WCS could provide higher cost efficiency.

In this study, animal movements in and around seven crossing structures were investigated using camera traps along an 8.4 kilometer long stretch of the national highway E4 south of Sundsvall, in Sweden. Data was collected during one year (July 2020 to June 2021) and focused on moose (*Alces alces*), roe deer (*Capreolus capreolus*) and European lynx (*Lynx lynx*). The seven crossing structures included in the study were three narrow overpasses (10-15 meters), three narrow underpasses (4-8 meters) and one large viaduct (105 meters). All of the narrow overpasses, the viaduct and one of the narrow underpasses were built as WCS and multi-use crossing structures (for both wildlife and human use), while the remaining two narrow underpasses were built mainly for human use. The narrow bridges were of particular interest, as understanding their effectiveness and contribution to animal movements across the barrier could provide valuable insights to the discussion on WCS cost effectiveness.

Although all crossing structures were utilized by moose and roe deer, the crossing structures varied in number of animal crossings and efficiency for different species, and the underlying causes for the variations were unclear. Moose showed strong preference for overpasses, while crossing type was less important for roe deer and lynx. Increasing width affected moose and roe deer positively, while lynx preferred more narrow underpasses. The impact of human presence in the crossing structures differed between structure type and species. Both width and human presence had a stronger effect on moose and roe deer in underpasses than in overpasses. Also, middle-sized mammals such as fox and badger were frequently observed particularly in the narrow underpasses, and appeared to be largely unaffected by human presence. Using effectivity index and relative effective distance, we could show that in theory, the studied crossing structures were effective enough to overcome the barrier effect of the highway for moose and lynx. For roe deer, however, only the mid and southern parts of the stretch were satisfactory, while the bridges in the norther part were not effective enough to reduce the barrier effect of the highway.

Taken together, the results indicate that large and medium-sized mammals can use both large viaducts and narrow crossing structures with moderate human presence. The study provides evidence that narrow crossing structures can contribute to increasing highway permeability for several moose, lynx and to some extent roe deer. The fact that different species showed preference for different crossing structure designs highlights the importance of constructing a wide variety of crossing structures is important to provide safe and efficient crossing opportunities for different species.

2 Inledning

2.1. Barriäreffekter

Stora och vältrafikerade vägar och järnvägar har en stor påverkan på närliggande natur och miljö (Forman 2000). Inte minst påverkas lokala viltpopulationer starkt, främst genom fragmentering av landskapet men även ökande mortalitet till följd av viltolyckor (Jaeger & Fahrig 2004, Rytwinski & Fahrig 2015). Fragmentering av landskapet beror på att vältrafikerade vägar utgör en barriär som begränsar djurens rörelser i landskapet. Vägen kan utgöra både ett fysiskt hinder som djuren inte kan ta sig över, och ett avskräckande hinder som djuren inte vågar ta sig över (Jaeger & Fahrig 2004, Seiler m.fl. 2015). Fragmentering leder till begränsningar av habitatstorlek och -kvalitet (Jaeger & Fahrig 2004, Rytwinski & Fahrig 2015) och har visats ha negativa konsekvenser för däggdjur, fåglar, amfibier och groddjur (Fahrig & Rytwinski 2009) eftersom det hindrar djur att röra sig mellan olika resurser i landskapet och därmed minskar deras möjligheter till nyttjande av dessa resurser (Seiler m.fl. 2015). Dessutom isoleras delar av populationer från varandra, och dessa delpopulationer är mer känsliga för miljöfaktorer än en större, sammanhängande population (Rytwinski & Fahrig 2015). Djurens ökande mortalitet i samband med vältrafikerade vägar är också ett stort problem. Under 2020 rapporterades totalt 61 136 viltolyckor till polisen i Sverige, vilket motsvarar mer än en olycka var åttonde minut (Nationella Viltolycksrådet 2021a). Viltolyckorna har uppskattats kosta samhället över 5 miljarder kronor per år (Gren & Jägerbrand 2019). Användning av viltstängsel för att förhindra passager i plan är en effektiv metod för att minimera viltolyckor, men medför samtidigt att barriäreffekten av vägen ökar (Jaeger & Fahrig 2004).

Som den största beställaren av vägarbeten i Sverige är Trafikverkets roll för att begränsa miljömässiga effekter av infrastruktur avgörande. Trafikverkets miljöarbete styrs bland annat genom de transportpolitiska målen, som till exempel uttrycker att Trafikverket ska arbeta för att Sveriges 16 miljö kvalitetsmål ska uppfyllas (Trafikverket 2020, 2021a, Naturvårdsverket 2021). Dessa har formulerats för att bidra till uppfyllandet av FN:s globala hållbarhetsmål inom Agenda 2030. För att uppnå de transportpolitiska målen finns ett antal riktlinjer som Trafikverket arbetar efter, bland annat Riktlinje landskap (Trafikverket 2019). Riktlinje landskap omfattar vägars och järnvägars samspel med och påverkan på landskapet, med målsättningen att all infrastruktur ska vara landskapsanpassad. Det innebär att landskapets värden och funktioner så långt som möjligt bibehållas och utvecklas, och en del i detta är att minimera barriäreffekterna av vägar. För att åstadkomma detta krävs att vägar har en viss permeabilitet – det vill säga att djuren har möjlighet att korsa på ett säkert sätt. Ett effektivt sätt att uppnå detta är genom planskilda korsningar där djuren kan passera över eller under barriären (Seiler m.fl. 2015), antingen i form av broar med djur som uttalad målgrupp, eller broar byggda för andra syften men som djur ändå kan använda sig av. Trafikverket har i Riktlinje landskap fastställt att alla vägar med mer än 4 000 ÅDT och en hastighetsbegränsning på över 80 km/timme ska ha säkra passagemöjligheter för stora djur, i kombination med viltstängsel. Denna åtgärd ska motverka barriäreffekter, se till att färre djur dödas i trafiken, förbättra säkerheten och minska samhällets omkostnader i samband med viltolyckor. Detta arbete förväntas långsiktigt halvera antalet viltolyckor (Trafikverket 2019, 2020). Begreppet *bro* används hädanefter för alla planskilda korsningar, oavsett om de korsar över eller under barriären. För att skilja på broar som korsar över eller under används begreppen *överpassage* för planskilda korsningar över barriären och *underpassage* för planskilda korsningar under barriären.

2.2. Vilken sorts broar föredrar djuren?

Vid planering och byggnation av säkra passager är det viktigt att förstå hur en optimal bro ska vara utformad för att ha så hög användning som möjligt. Flertalet studier har undersökt detta, och även om vissa studier är motsägelsefulla och många frågetecken kvarstår, har forskningens framsteg inom området bidragit med en ökad förståelse om olika arters preferenser. Många arter verkar till exempel föredra broar som påminner om deras naturliga habitat (Clevenger & Waltho 2005). Det har tidigare framkommit att klövdjur föredrar överpassager framför smala underpassager (Bhardwaj m.fl. 2020, Mysłajek m.fl. 2020, Denneboom m.fl. 2021, Håkansson 2020) medan rovdjur och djur som lever i hålor, som rävar, grävling, björn och uttrar, tycks föredra smala underpassager (Seiler & Olsson 2009, Kintsch & Cramer 2011, Kintsch m.fl. 2020, Mysłajek 2020).

Broarnas dimensioner är en mycket viktig faktor, särskilt för klövdjur (Clevenger & Waltho 2000, Olsson 2007, Seiler & Olsson 2009). Det bör noteras att vid diskussion av broars dimensioner anges hädanefter måtten ur djurens perspektiv när de passerar genom bron. Det innebär till exempel att det som anges som bronns längd motsvarar barriärens bredd. Av broarnas dimensioner verkar bronns bredd ur djurens perspektiv vara avgörande. Bhardwaj m.fl. (2020) visade att älgars och rådjurs användande av underpassager ökade kraftigt i broar bredare än 11,5 meter. Även tidigare studier har visat att både älg och rådjur föredrar bredare broar (Seiler & Olsson 2009, Håkansson 2020). Även längd och för underpassager också höjd har visat sig påverka djurens användning av passagera (Clevenger & Waltho 2000, 2005). För underpassager har det visats att både klövdjur och stora rovdjur föredrar broar med högre öppenhet (ett mått på bronns bredd x höjd / längd) (Clevenger & Waltho 2005, Olsson 2007, Seiler & Olsson 2009).

Förutom broarnas strukturella dimensioner har även andra faktorer visats sig vara viktiga, till exempel närvaron av människor. Studier har pekat på både positiva, neutrala och negativa samband mellan människor och djur (för sammanfattning se van der Ree & van der Grift 2015 och Knufinke m.fl. 2019). Effekten av mänsklig närvaro har även visat sig skilja sig åt mellan olika arter och djurgrupper, där till exempel stora rovdjur är mer negativt påverkade av mänsklig närvaro än vad klövdjur är (Clevenger & Waltho 2000, Denneboom m.fl. 2021). De motsägelsefulla resultaten vad gäller mänskliga störningar tyder på att effekten skiljer sig åt beroende på till exempel olika arters relation till människor samt urbaniseringsgraden i området. Flera studier pekar på att djur kan anpassa sitt aktivitetsmönster för att undvika människor (van der Grift m.fl. 2012, Knufinke m.fl. 2019, Mysłajek m.fl. 2020). Eftersom stora vägar och järnvägar utgör barriärer även för människor kan broar som planeras för både djur och människor öka den samhällsekonomiska nyttan, i och med att bron kan nyttjas av flera målgrupper. Planerad samlokalisering kan till exempel vara broar konstruerade för djur, som kombineras med motionsspår, skogsbilvägar och friluftsleder. Detta har tidigare avråtts (Iuell m.fl. 2003), något som på senare tid har ifrågasatts i avsaknad av enhetliga studier som visar ett tydligt negativt samband mellan människors närvaro och djurens användning av broar (van der Ree & van der Grift 2015). Samlokalisering med människor kan öka den samhällsekonomiska nyttan, och van der Ree & van der Grift (2015) förordar istället att samlokalisering ska anses acceptabelt, men endast bör ske där störningsgraden bedöms som låg. Dessutom rekommenderar de att broar med planerad samlokalisering bör byggas tillräckligt breda för att tillgodose djurens behov, och att människorna ska hållas väl åtskilda från djuren.

Många studier som har undersökt de faktorer som påverkar broarnas användning har visat motsägelsefulla och svårtolkade resultat, vilket tyder på att det finns andra faktorer än

strukturella och mänskliga som spelar roll. Vissa studier har pekat på vikten av broarnas placering i landskapet (exempelvis Andis m.fl. 2017). Till exempel har närhet till bebyggelse visats påverka framförallt stora rovdjur negativt (Clevenger & Waltho 2005). Det har också visats att broar som ligger nära andra broar har ökad användning av rådjur (Bhardwaj m.fl. 2020), medan ingen effekt av avstånd till närmaste alternativa bro har kunnat påvisas för älg (Bhardwaj m.fl. 2020) eller stora däggdjur i Nordamerika (Andis m.fl. 2017). Även det omgivande landskapets karaktär antas kunna påverka framförallt rådjur, som i större utsträckning använder broar där täckningsgraden av skog skiljer sig åt mellan olika sidor av en barriär. Detta antas bero på att rådjuren söker sig mellan olika landskapstyper för olika aktiviteten vid olika tillfällen på dygnet (Bhardwaj m.fl. 2020).

2.3. Kostnadseffektivitet: En stor eller flera smala?

För att nå en så hög användning som möjligt för klövdjur rekommenderas att överpassager ska vara 40-50 meter breda (minimikrav 20 meter breda) (Iuell m.fl. 2003). För stora och medelstora däggdjur rekommenderas att underpassager vara minst 15 meter breda och minst 3-4 meter höga (Iuell m.fl. 2003). Eftersom kostnaden för att bygga en bro styrs, grovt förenklat, av antalet kvadratmeter broplatta (Annette Ekman 2021, personlig kommunikation) är denna typ av breda över- och underpassager mycket kostsamma, vilket leder till att antalet passager som planeras i infrastrukturprojekt ofta begränsas. På senare tid har nyttan av denna typ av broar därför börjat ifrågasättas, och det har föreslagits att det ibland, beroende på lokala omständigheter, kan vara mer fördelaktigt att istället bygga flera smalare broar, än en bred (Helldin 2021). Det har även påvisats att mycket breda överpassager (s.k. ekodukter) må vara effektiva för djuren, men att de är mindre kostnadseffektiva jämfört med smalare alternativ (Sijtsma m.fl. 2020). En stor över- eller underpassage kan vara mycket effektiv i ett heterogent landskap om den placeras där djurens rörelser i landskapet är tätast och det är troligt att en stor andel av målgruppen nås. Det då viktigt att den långsiktiga funktionaliteten kan garanteras, det vill säga att den mänskliga exploateringen kring bron kan begränsas. I förhållanden där landskapet är mer homogent och djurens rörelser är jämt utspridda i omgivningen kan det vara bättre att bygga flera smala broar som sprids ut längs sträckan för att nå flera djurgrupper. Om dessutom den framtida mänskliga utvecklingen kring barriären inte kan styras, kan det vara bättre att sprida ut risken genom att bygga flera smalare broar (Karlsson m.fl. 2017, Helldin 2021). Genom att ta hänsyn till både kostnad och effektivitet, är det möjligt att komma fram till lösningar som är så lönsamma som möjligt ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

2.4. Studieområdet: E4 Sundsvall

Inför nybyggnationen av E4 Sundsvall identifierades den dåvarande sträckan söder om Sundsvall som en bristfällig sträcka. Sträckan var mycket olycksdrabbad och passerade genom bostadsområden och industrier, med signalreglerade korsningar, busshållplatser och övergångsställen. E4 är en viktig förbindelse längs norrlandskusten, och har kring Sundsvall den högsta trafikmängden på E4 norr om Uppsala. Nybyggnationen av sträckan skulle förbättra framkomligheten, trafiksäkerheten och miljön genom att flyttas och byggas om till fyrfilig motorvägssträcka med planskilda korsningar (Trafikverket 2009). Den södra delen av nya E4 Sundsvall öppnade för trafik i november 2014.



Figur 1: De fyra områden (gulmarkerade) söder om Sundsvall som ansågs riskera fragmentering i och med nybyggnationen av E4 Sundsvall. De aktuella områdena kantas i väst av nya E4 (röd, tjock linje) och av gamla E4 i öst (tunnare, röd linje). Kartan är anpassad efter Helldin (2002).

I planeringen konstaterades att den nya E4 skulle medföra betydande barriäreffekter för flera djurarter längs den södra delen av sträckan, mellan Stockvik och Myre. Områdena bedömdes hysa goda populationer av vilt, bland annat älg, skogshare och i vissa områden täta populationer av rådjur. Även lodjur konstaterades i området, samt fast förekomst av rödlistad utter i Ljungan. Vid en analys av potentiella barriäreffekter av den nya vägen identifierades fyra områden som skulle fragmenteras från det större, sammanhängande skogspartiet väster om området (Figur 1). Totalt beräknades den yta som skulle skäras av till runt 800 ha. De enskilda fragmenterade områdena bedömdes bli för små för att bära livskraftiga populationer av rådjur, och för små för att husera ens enstaka älgar och lodjur (Helldin 2002). Det innebär att det primära problemet med barriären inte skulle vara genetisk isolering av enskilda populationer av stora däggdjur, utan snarare begränsning av djurens rörelser mellan resurser i landskapet.

För att mildra barriäreffekten och undvika total fragmentering av dessa områden planerades fyra broar med specifik funktion för djur: tre smala överpassager och en smal underpassage. Dessa planerades som samlokaliserade med mänsklig rekreation. Dessutom planerades fyra landbroar som antogs vara av god nytta för vilt, samt ett antal smala över- och underpassager som utformades för mänsklig användning och utan hänsyn till vilt, men förmodades ändå i viss mån kunna användas av vilt (Trafikverket 2009).

2.5. Studiens syfte

I den här rapporten redovisar vi viltets användning av sju av broarna längs den aktuella sträckan av E4. De undersökta broarna utgörs av över- och underpassager av varierande bredd (ur djurens perspektiv). De inkluderar de fyra broarna som byggdes för vilt, en landbro samt två av broarna för mänsklig användning. Fokusarterna i denna rapport är klövdjur (älg och rådjur) och stora rovdjur (lodjur). Klövdjur utgör en viktig del av den biologiska mångfalden, och har en hög mobilitet med stort arealbehov vilket innebär att de påverkas starkt av barriäreffekter (se sammanfattning i Seiler m.fl. 2015). Viltolyckor med klövvilt har dessutom ofta stora konsekvenser för både djur och människor (Gren & Jägerbrand 2019). Under arbetets gång visade det sig dessutom att ett oväntat stort antal lodjur använde sig av broarna. Även om rovdjur är mindre känsliga gällande broarnas dimensioner (Cleventer & Waltho 2000), påverkas de på grund av sitt stora arealbehov starkt av infrastruktur. Av den anledningen inkluderas även lodjur som fokusart i denna

rapport. Även om rapportens tyngdpunkt ligger på klövvilt och lodjur, presenteras även observationer av andra däggdjur, som räv, grävling och hare.

Vi jämför aktiviteten av olika djurslag vid de olika broarna. Genom att jämföra effektivitetsindex för älg, rådjur och lodjur mellan de olika broarna undersöker vi vilka faktorer som bidrar till broarnas varierande effektivitet (bredd, störningsgrad, över/underpassage). Vi diskuterar även betydelsen av broarnas design i förhållande till placeringen i landskapet. Vidare gör vi ett försök att jämföra tre av broarna ur ett samhälls-ekonomiskt perspektiv, och diskuterar fördelar och nackdelar med smala respektive breda broar för fauna. Vi pekar på hur även smala broar och broar som inte har djur som uttalad målgrupp kan bidra till minskade barriäreffekter och ökad trafiksäkerhet. För att undersöka om dessa broar tillsammans är tillräckliga för att upphäva barriäreffekten av E4 längs den berörda sträckan för älg, rådjur och lodjur används relativt effektavstånd (Seiler m.fl. 2015). Resultaten diskuteras i relation till vilttäthet, populationsbiologi och viltolycksdata.

3 Metod

3.1. Beskrivning av sträckan och broarna

De undersökta broarna finns längs en 8,4 km lång sträcka av E4 mellan Stockvik och Njurundabommen, strax söder om Sundsvall (Figur 2). Sträckan trafikeras av i snitt mellan 8 090 och 12 610 bilar per dygn (mätår 2019), har två filer i vardera riktning, och en hastighetsbegränsning på 110 km/timme (Trafikverket 2021b). Västra sidan av E4 består av stora sammanhängande skogspartier, medan östra sidan består av mindre skogs- och jordbruksmarker, kantade av bebyggelse och begränsade i öster av kusten. Norra delen av sträckan, från Vapledalen till Hemmanet, utgörs av skog med en hög andel äldre skog. Området består framförallt av barrskog, men har bitvis ett stort lövinslag. Längre söderut, mellan Nolby och Njurundabommen har omgivningen en stark jordbrukskaraktär och ett varierat landskap, med inslag av bebyggelse, skog och jordbruksmark. Längs hela sträckan finns viltstängsel på båda sidor om vägen (2,1 meter högt, 15x15 cm nät) med öppningar vid de vägar som ansluter vid trafikplatserna i Stockvik, Nolby och Njurundabommen.

Alla broar längs sträckan finns redovisade i Tabell 1. Broarna uppfördes 2014, i samband med bygget av vägen. De sju kamerabevakade broarna inkluderar tre smala överpassager (22-1634, 22-1631 och 22-1622), en landbro (22-1635) och tre smala underpassager (22-1632, 22-1630 och 22-1625). Broarna skiljer sig åt i både placering i landskapet och design. Broarnas bredd, sedd från djurens perspektiv, är olika. Överpassagernas bredd varierar mellan 10 och 14,8 meter. Underpassagerna varierar mellan 3,5 och 8 meter i fri bredd (6,4-8 meter teoretisk spännvidd). Landbron är 105 meter bred. Alla broar som ingick i studien bevakades under ett års tid (1 juli 2020 till 30 juni 2021), förutom 22-1622 Viltbro Njurundabommen, som bevakades från 17 juli till 20 augusti 2020, och 23 juni till 19 augusti 2021. Utöver de studerade passagerna finns flera alternativa planskilda passager, som inte är uttalade faunabroar men som ändå skulle kunna användas av vilt. Dessa består av fyra smala underpassager (22-1629, 22-1627, 22-1621 och 22-1620) och en smal överpassage (22-1626). Dessutom finns ytterligare två landbroar (22-1623 och 22-1628) och en bro över Ljungan (22-1624) med en mycket bred landremsa, som också erbjuder möjligheter till planskild passage av E4.



Figur 2: Karta och bilder över de sju kamerabevakade broarna. Överpassager är redovisade till vänster och underpassager till höger. Kartan inkluderar även de åtta broar som inte ingick i studien, markerade med svarta prickar och grå text. Karta modifierad från <https://minkarta.lantmateriet.se/>. Bilder tagna av Amanda Raud Westberg och Pernilla Vesterberg.

Tabell 1: Alla broar längs E4 Sundsvall (Stockvik-Myre), redovisade från norr till söder. Bredd och längd är angivet ur djurens perspektiv vid passage. Kamerauppsättning innebär på vilket sätt kamerorna monterades vid bron; indexuppsättning eller beteenduppsättning. Avstånd till närmaste bro söderut innebär hur långt det är till den närmast liggande bron söderut.

BaT Man nummer	Passagens namn	Typ av passage	Brotyp	Huvudsaklig funktion	Bredd (meter)	Längd (meter)	Höjd (meter)	Uppföljningsperiod	Antal kameror	Kamerauppsättning	Avstånd till närmaste bro söderut (meter)
22-1635-1	Landbro Vapelbäcken	Bred underpassage	Landbro	Vattendrag, rekreation, vilt	105,0 m	21,5 m	Fri höjd: 5,0 m	1 juli 2020 – 30 juni 2021 (365 dagar)	9	Index	1695 m
22-1634-1	Viltbro Hemmanet	Överpassage	Faunabro	Vilt, rekreation	10,0 m	Total brolängd: 53,4 m Bländskydd: 68,0 m	-	1 juli 2020 – 30 juni 2021 (365 dagar)	5	Index	896 m
22-1632-1	Viltport Hemmanet	Smal underpassage	Port med enskild grusväg	Skogsbruk, rekreation och vilt	8,0 m	21,5 m	4,7 m	1 juli 2020 – 30 juni 2021 (365 dagar)	5	Index	1098 m
22-1631-1	Viltbro Nolby	Överpassage	Faunabro	Vilt och rekreation	10,0 m	Total brolängd: 55,7 m Bländskydd: 55,7 m	-	1 juli 2020 – 30 juni 2021 (365 dagar)	5	Index	525 m
22-1630-1	Ridport Nolby	Smal underpassage	Rörbro med ridväg	Rekreation (vilt)	Fri bredd: 4,0 m Teor. spännvidd: 6,4 m	Bottenlängd: 44,4 m	Fri höjd: 4,0 m	1 juli 2020 – 30 juni 2021 (365 dagar)	5	Beteende	435 m
22-1629-1	Port för väg 568	Underpassage	Port, asfalterad allmän väg	Lokal trafik, rekreation	19,0 m	28,0 m	Fri höjd: 4,7 m	-	-	-	250 m
22-1628-1	Landbro Nolby	Bred underpassage	Landbro	Jordbruk, landskapsbild, lokal trafik (vilt)	395,0 m	19,0 m	Fri höjd: 5,0 m	-	-	-	288 m
22-1627-1	Koport Nolby	Smal underpassage	Koport	Jordbruk, rekreation	Fri bredd: 2,3 m Teor. spännvidd 4,4 m	Bottenlängd: 35,0 m	Fri höjd: 3,0 m	-	-	-	109 m
22-1626-1	Bro för Västbovägen	Smal överpassage	Bro med enskild väg	Lokal trafik, rekreation	5,5 m	40,0 m	-	-	-	-	358 m
22-1625-1	Tunnel Sandmovägen	Smal underpassage	Rörbro med enskild grusväg	Lokal trafik, rekreation	Fri bredd: 3,5 m Teor. spännvidd: 6,8 m	Bottenlängd: 38,4 m	Fri höjd: 4,7 m	1 juli 2020 – 30 juni 2021 (365 dagar)	6	Index	906
22-1624-1	Bro över Ljungan	Bred underpassage	Bro	Vattendrag, rekreation, vilt	376,0 m	19,0 m	5,0 m	-	-	-	644 m
22-1623-1	Landbro i Åmon	Bred underpassage	Landbro	Lokal trafik, vattendrag, vilt, rekreation	150,0 m	21,3 m	Fri höjd: 4,7 m	-	-	-	686 m
22-1622-1	Viltbro Njurundabommen	Överpassage	Fauna- och friluftsbros	Vilt, rekreation (elljusspår, skoter)	14,8 m	Total brolängd: 29,1 m Bländskydd: 34,0 m	-	15 juli - 20 aug 2020, 23 juni - 19 aug 2021 (93 dagar)	8	Index	847 m
22-1621-1	Port för väg 555	Underpassage	Port, asfalterad allmän väg	Lokal trafik, rekreation	10,5 m	14,0 m	Fri höjd: 4,8 m	-	-	-	537 m
22-1620-1	Port för GC/skoter	Smal underpassage	Rörbro med GC och skoterled	Rekreation (inkl. skoter)	Fri bredd: 4,0 m Teor. spännvidd: 6,8 m	Bottenlängd: 28,0 m	Fri höjd: 3,4 m	-	-	-	

3.2. Kamerabevakning av broarna

Rörelseutlösta kameror placerades i och kring de sju broarna för att övervaka aktiviteten. Kamerorna var av märket Browning (Spec Ops Advantage Trail Camera modell BTC-BA) och Reconyx (HyperFire Professional IR modell PC900) (Figur 3). Kamerorna har något varierande upptagningsområde och känslighet, och varje bro hade därför endast en av de två kameratyperna. Båda kameramodeller utlöses av rörelser genom passiv infraröd (PIR) rörelsedetektion och kan därmed upptäcka rörelser både dag- och nattetid. Under optimala förhållanden kan rörelser upp till 24,3 (Browning) respektive 30,5 (Reconyx) meter upptäckas av kamerorna. Avståndet påverkas dels av kamerans position och vinkel vid montering, dels av väderförutsättningarna. För Reconyx specificeras att rörelser

främst upptäcks i två horisontella zoner i mitten och nedre delen av bilden (Reconyx 2017, Browning 2018). Utlösningshastigheten sattes till lägsta möjliga (0,3 sekunder för Browning och 0,2 för Reconyx), med tre bilder i rask följd (0,5 s mellan bilderna för Reconyx, 1 s för Browning). Kamerorna placerades på en höjd av 0,5-1,5 meter och fästes i viltstängsel, stolpar, lyktstolpar eller träd. Kamerorna kontrollerades med täta mellanrum under sommarmånaderna 2020 och 2021 (i snitt varannan vecka (3-38 dagar)) för att justera monteringen och röja vegetation. Under vinterhalvåret var kontrollerna glesare (i snitt var tredje månad (43-169 dagar)). Vid samtliga besök kontrollerades kamerornas funktion, samt att minneskortet tömdes och batterierna byttes vid behov.

Vid varje bro placerades en eller två kameror i eller vid sidan av själva bron för att övervaka aktiviteten inne i och genom bron (Figur 3). Dessa kameror benämns härnäst som passagekameror. Dessutom placerades fyra till sex kameror på broarnas utsida i ett så kallat referensområde för att övervaka aktiviteten i området utanför broarna. Dessa benämns i fortsättningen som referenskameror. Referenskamerorna spreds ut så att deras upptagningsområden skulle överlappa så lite som möjligt. I de fall där djurstigar och -spår observerades i nära anslutning till passagen, placerades referenskamerorna för att fånga aktiviteten vid dessa. Det bör noteras att referenskamerorna vid 1630 Ridport Nolby monterades riktade in mot bron för att fånga djurens beteende i området precis utanför passagen, och därmed inte fångade aktiviteter som skedde längre bort (s.k. beteendeuppsättning). Detta kan ha medfört en viss underskattning i aktiviteten utanför passagen. Det bör även noteras att 1635 Landbro Vapelbäcken var så pass bred att fyra



Figur 3: Överst är exempel på viltkameror monterade i fält (Browning (vänster) och Reconyx (höger)). Nederst är ett exempel på indexuppsättning i en underpassage. Mitt i bron finns en passagekamera, och på var sida om E4 finns två referenskameror, som är riktade ut från bron för att observera djur som rör sig i brons närhet.

passagekameror monterades, men på grund av brons bredd och det omgivande landskapet var bron svårbevakad, och bilderna från Vapelbäcken kan inte anses vara en fullständig inventering av djurens rörelser genom bron.

3.3. Datahantering

Alla observationer av större däggdjur (älg, rådjur, lodjur, och björn) registrerades med art, antal djur, datum, tid på dygnet och huruvida individen/individerna genomförde en passage, eller endast observerades i referenskamerorna. Djur som försvann men återkom inom 10 noterades som en enda observation, medan djur som återkom efter 10 minuter eller mer noterades som en ny observation. Det var inte möjligt att identifiera djuren på individnivå, och varje observerat djur behandlades därför som en enhet. Dessutom noterades alla mindre djur, till exempel räv, grävling och hare. För dessa noterades art, antalet djur som observerats, och om de genomförde passage eller endast observerades utanför.

En *passage* definierades som en observationer där ett djur noterades i en eller flera passagekameror eller i minst två referenskameror (en på var sida om bron) på väg i samma riktning noterades. Observationer där djur endast noterats i referenskameror på ena sidan av bron noterades som "utanför". För att enklare kunna jämföra data mellan broarna beräknades antalet passager per vecka, genom att det totala antalet passager delades med det totala antalet dagar som bron hade övervakats (365 dagar för alla utom 1622 Viltbro Njurundabommen, som övervakades 93 dagar) och sedan multiplicerades med sju.

På ett fåtal bilder var det inte möjligt att urskilja art, och dessa noterades som *oidentifierbara*. Detta kan ha medfört ett visst bortfall av data för små eller svårupptäckta arter. Eftersom rapportens fokus rör klövvilt och andra stora däggdjur, antog vi dock detta vara av ringa betydelse för resultaten (se Håkansson 2020, Hofmeester m.fl. 2019).

Kamerornas placering medförde att även mänskliga aktiviteter i och kring broarna fångades. En *mänsklig störning* definierades som en eller flera mänskliga aktiviteter som fångades på minst en referens- eller passagekamera. För varje mänsklig störning noterades störningens tidpunkt, längd, antal, huruvida personen/personerna genomförde passage eller inte och störningens karaktär. Störningarnas karaktär delades in i olika kategorier: människa (till exempel gående, springande eller skidande), hund, häst, cykel, spark, bil, lastbil, traktor, snöskoter, motorcykel/moped, fyrhjuling och övriga motorfordon. Den 10-minutersprincip som utvecklats för djurobservering applicerades även på mänskliga störningar. För tre broar (1632 Viltport Hemmanet, 1630 Ridport Nolby och 1625 Tunnel Sandmovägen) var antalet störningar så stort att det inte var möjligt att registrera alla. För dessa tre broar noterades därför endast de störningar som skedde under den första hela veckan i varje månad. Totalt registrerades därmed störningar för 12 veckor vid dessa broar. Dessa data extrapolerades för att representera ett helt år, genom att antalet mänskliga störningar för en vecka delades med sju, och multiplicerades med antalet dagar i den aktuella månaden. Efter registrering raderades alla bilder på mänskliga störningar för att värna om den personliga integriteten. Alla tomma bilder exkluderades.

3.4. Effektivitet och relativt effektivitetsindex

För älg, rådjur och lodjur beräknades *effektivitetsindex* för de olika broarna. Effektivitetsindex uttrycks i procent och representerar ett mått på hur stor andel av de djur som befinner sig i brons närhet, som faktiskt använder sig av den. Effektivitetsindexet

beräknades därför som antalet djur passerar genom en bro, delat med det totala antalet djur som observerats i och utanför passagen (Cramer 2013, Kintsch m.fl. 2020, Denneboom m.fl. 2021).

Utifrån effektivitetsindex för varje bro beräknades *relativt effektavstånd* för älg, rådjur och lodjur. Det relativa effektavståndet är ett teoretiskt mått som visar hur lång sträcka av vägen som en bro kan upphäva barriäreffekten för en viss art (brons upptagningsområde). En bro med maximal effektivitet antas upphäva barriäreffekten längs en sträcka som motsvarar diametern av artens genomsnittliga hemområde. Ju lägre effektivitet en bro har, desto kortare sträcka kan bron upphäva barriäreffekten. Relativt effektavstånd beräknas därför utifrån effektivitetsindex för en viss bro, multiplicerat med kvadratroten ur respektive arts hemområde (Seiler m.fl. 2015). Kvadratroten ur hemområdet har bestämts till 4 km för älg, 2 km för rådjur (Seiler m.fl. 2015) och 28 km för lodjur (egen beräkning, baserat på Andrén & Liberg 2008). Detta motsvarar 2, 1 och 14 km på var sida om en bro för respektive art. Det bör noteras att för alla tre arter varierar hemområdenas storlek kraftigt beroende på flera faktorer, och att de schablonsiffror som ligger till grund för beräkningarna ska ses som riktvärden, snarare än faktiska gränsvärden.

3.5. Kostnadsuppskattning

För att exemplifiera olika broars prisbild och jämföra broformningar valdes tre broar ut: två överpassager av varierande längd (1631 Viltbro Nolby och 1622 Viltbro Njurundabommen) och en smal underpassage (1632 Viltport Hemmanet). Utifrån en grov uppskattning av broarnas pris baserat på 2021 års prisnivåer, användes en schabloniserad summa på 35 000 SEK per kvadratmeter bottenplatta (Annette Ekman, personlig kommunikation), vilket innefattade en ungefärlig totalkostnad, inklusive både material- och arbetskostnader. Över- och underpassager styrs av samma faktorer, och har därmed liknande prisbild. Antalet kvadratmeter beräknades utifrån bottenplattans längd multiplicerat med dess bredd. Eftersom 1622 Viltbro Njurundabommen endast kamerabevakats under sommarmånaderna räknades ett separat effektivitetsindex ut baserat på dessa månader för de tre broarna. Detta för att få en mer rättvis jämförelse av de tre broarnas effektivitet i förhållande till prisnivå. Detta baserades på data från den tidsperiod då de tre broarna kamerabevakats samtidigt (2020-07-15-2020-08-18 och 2021-06-26-2021-07-12).

4 Resultat

4.1. Övergripande resultat

Under studieperioden genomfördes totalt 27 691 passager av djur och människor genom de sju studerade broarna (Tabell 2). Av detta var 22 743 människor (82,1 %), 621 stora däggdjur (2,2 %), 2 917 övriga vilda däggdjur (10,5 %), 1 295 tamdjur (4,7 %) (katt och ko), och 87 fåglar (0,3 %). Dessutom noterades 28 (0,01 %) av passagera som oidentifierbara djur, företrädesvis mindre däggdjur. Totalt noterades 12 arter av vilda däggdjur. Tamdjur,

Tabell 2: Detaljerade resultat över antalet observationer av djur och människor. Observationerna är uppdelade på de som genomfört passage ("Genom bron") och de som inte genomfört passage ("Utanför bron"). Broarna är grupperade enligt följande: överpassager (22-1634-1, 22-1632-1 och 22-1622-1), landbro (22-1635-1) och smala underpassager (22-1632-1, 22-1630-1 och 22-1625-1) för att enklare kunna jämföras med resultatfigurerna.

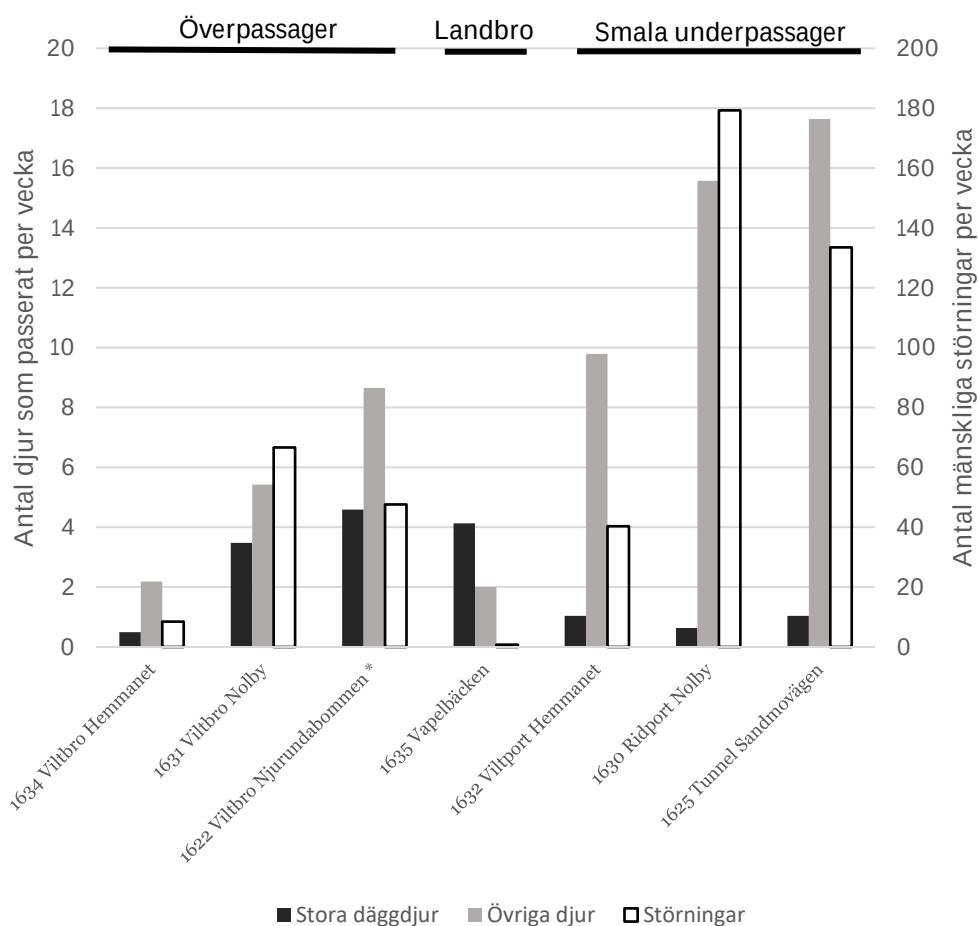
			Älg	Rådjur	Lodjur	Björn	Räv	Grävling	Hare	Utter	Bäver	Ekorre	Skogs- mård	Mus	Mink	Tamkatt	Ko	Fågel	Oident- ifierbara djur	Mänskliga störningar
22-1634-1	Viltbro Hemmanet	Utanför bron	4	36	0	0	88	23	1	0	0	0	0	0	0	10	0	1	8	6
		Genom bron	12	10	3	0	106	5	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	3	2
22-1631-1	Viltbro Nolby	Utanför bron	29	66	1	0	138	81	20	0	0	0	1	0	0	118	0	1	14	2894
		Genom bron	63	101	13	0	173	70	33	0	0	0	0	0	1	54	0	10	7	3390
22-1622-1	Viltbro Njurundabommen	Utanför bron	3	13	0	1	55	8	0	0	0	0	0	0	0	33	0	5	8	69
		Genom bron	16	55	0	0	236	4	0	0	0	0	0	0	0	29	0	7	6	920
22-1635-1	Landbro Vapelbäcken	Utanför bron	20	32	2	0	142	3	0	1	17	1	0	0	0	0	0	27	6	5
		Genom bron	168	41	1	0	92	6	2	2	0	0	0	0	0	1	0	2	2	41
22-1632-1	Viltport Hemmanet	Utanför bron	9	8	1	0	67	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	288
		Genom bron	18	25	10	0	414	74	3	0	0	1	4	2	0	14	0	8	3	2052
22-1630-1	Ridport Nolby	Utanför bron	2	25	0	0	57	82	2	0	0	0	0	0	0	295	0	17	11	1149
		Genom bron	2	22	8	0	576	214	1	1	0	0	0	0	0	733	0	52	5	9119
22-1635-1	Tunnel Sandmovägen	Utanför bron	17	80	0	0	72	5	4	0	0	0	0	0	0	36	0	30	5	240
		Genom bron	12	27	14	0	798	96	2	0	0	1	0	0	0	441	8	5	3	6790
Totalt		Utanför bron	84	260	4	0	619	208	28	1	17	1	1	0	0	492	0	83	54	5502
		Genom bron	291	281	49	0	2395	469	41	3	0	2	4	2	1	1287	8	87	28	27 691

fåglar och oidentifierbara djur exkluderades från analyserna och ingår inte i figurerna nedan. Av de 621 stora däggdjuren som passerade under studietiden var 291 älgar (46,9 %), 281 rådjur (45,2 %) och 49 lodjur (7,9 %) (Tabell 2). Det motsvarar ett snitt på 12,2 tillfällen per vecka då stora däggdjur passerade E4 genom dessa broar (5,7 älgar, 5,5 rådjur och 1,0 lodjur per vecka).

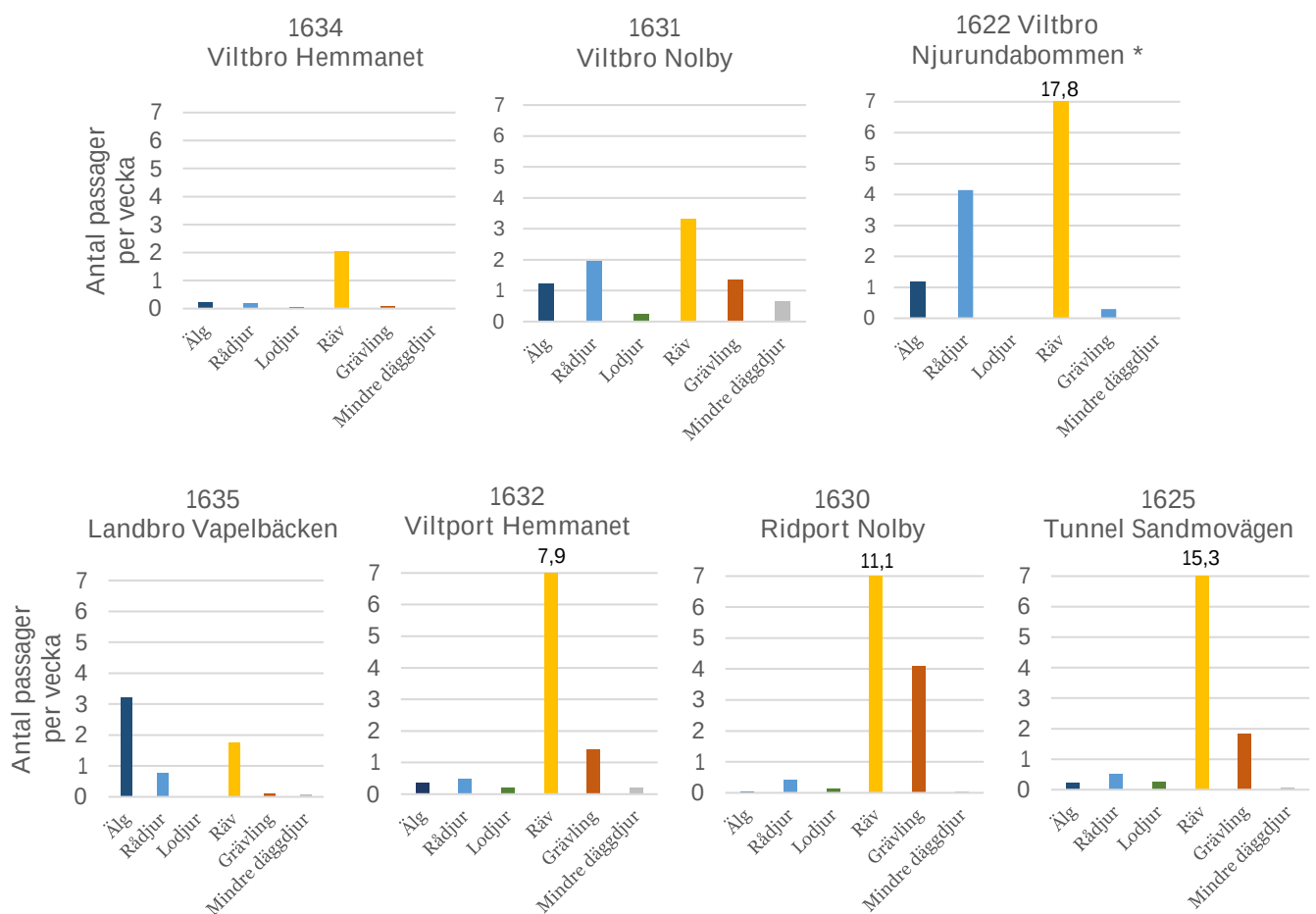
4.2. Aktivitet i de individuella broarna

Det totala antalet passager av stora däggdjur skilde sig starkt åt mellan broarna. Det största antalet noterades i 1635 Landbro Vapelbäcken och i två av överpassagerna (1631 Viltbro Nolby och 1622 Viltbro Njurundabommen) med 4,1, 3,5 respektive 5,3 passager per vecka. Den tredje överpassagen (1634 Viltbro Hemmanet) hade ett lågt antal passager av stora däggdjur (0,5 per vecka). I alla tre smala underpassager var antalet passager av stora däggdjur lågt (0,6-1,0 djur per vecka) (Figur 4).

Älg och rådjur passerade genom alla broar. Antalet passager av älg var störst i 1635 Landbron i Vapelbäcken (3,3 per vecka), och därefter i 1631 Viltbro Nolby (1,2 per vecka)



Figur 4: Stapeldiagram över antalet djur som passerat de olika broarna per vecka på (vänster y-axel) och antal mänskliga störningar per vecka (höger y-axel). Svart stapel representerar stora däggdjur (älg, rådjur och lodjur) och grå stapel alla övriga vilda däggdjur (räv, grävling, hare, utter, ekorre, skogsmård, mus och mink). Vit stapel representerar mänskliga störningar. Notera att de två axlarna har olika skalor och antalet störningar är tiofald större än antalet djur. *1622 Viltbro Njurundabommen har endast undersökts sommartid.



Figur 5: Stapeldiagram över antalet djur som passerat respektive bro per vecka. Den översta raden består av överpassager, medan den under visar underpassager. I kategorin mindre däggdjur ingår hare, utter, ekorre, mård, mus och mink. Antalet rävar per vecka var i 1622 Viltbro Njurundabommen, 1632 Viltport Hemmanet, 1630 Ridport Nolby och 1625 Tunnel Sandmobägen så stort att de överskrider grafernas övre gräns. Det exakta antalet rävar som passerat per vecka finns angivet vid varje berörd stapel. *1622 Viltbro Njurundabommen har endast undersökts sommartid.

och 1622 Viltbro Njurundabommen (1, 2 per vecka) (Figur 5). Antalet passager av rådjur var störst i 1622 Viltbro Njurundabommen (4,1 per vecka) och därefter i 1631 Viltbro Nolby (1,9 per vecka). Antalet passager av älgar och rådjur var lägre i de smala underpassagerna än i överpassagerna, bortsett från 1634 Viltbro Hemmanet som hade mycket låga passager av älg och rådjur. Lodjur var fåtaliga, men observerades passera genom alla broar utom 1622 Viltbro Njurundabommen (Figur 5). Vid denna bro observerades dock vid ett tillfälle en björn, vilket innebär att stora rovdjur noterades i eller i närheten av alla studerade broar. Björnen gjorde dock ingen ansats till att använda bron för att genomföra passage, utan observerades endast i en av referenskamerorna.

Det observerades även ett stort antal passager av övriga djur i alla broar. Detta var särskilt påtagligt i de tre underpassagerna, där antalet passager av övriga djur var mer än tio gånger så stort som för större däggdjur (Figur 4). Dessa utgjordes till största del av räv, som var det vanligaste djuret i alla broar utom 1635 Landbro Vapelbäcken (Figur 5). Vid varje bro noterades att en stor andel av rävpasagerna troligen utgjordes av ett fåtal individer som använde broarna mycket frekvent, ofta ensamma men även i mindre familjegrupper. Flera av rävarna observerades med föda i munnen, vilket indikerar att broarna användes som en del i ett födosöksområde. I alla tre smala underpassager var grävling det näst mest vanliga

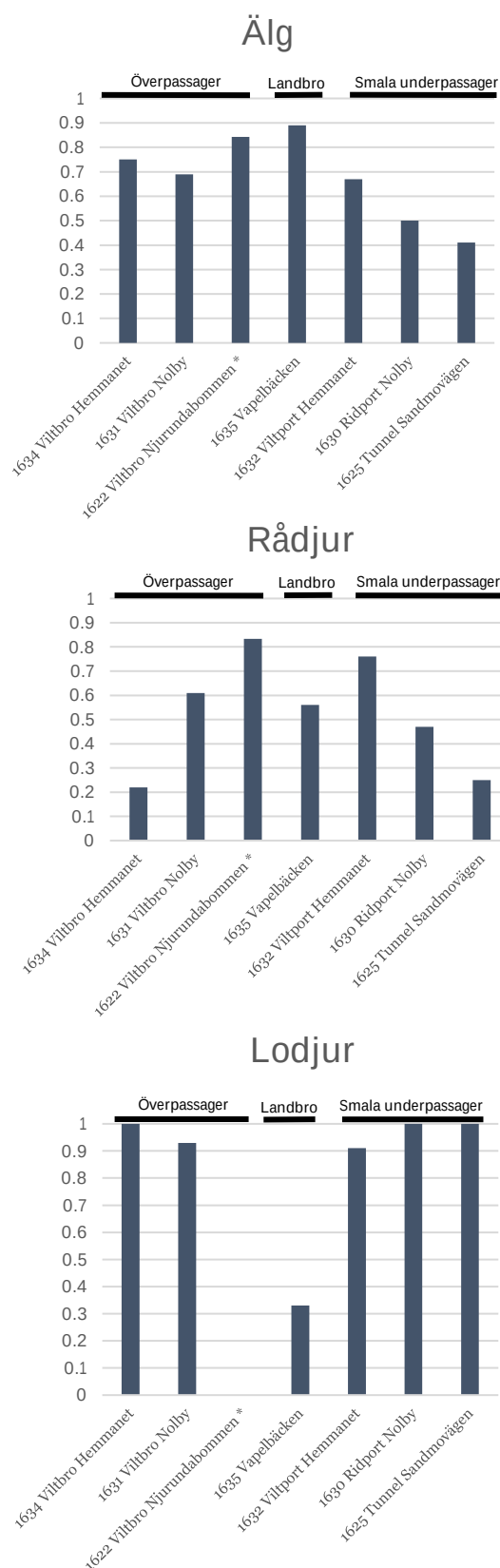
djuret. Grävlingarna rörde sig främst nattetid genom passagerna, och var frånvarande från passagerna under vintermånaderna. Hare sågs passera genom broarna totalt 41 gånger under studiens gång (Tabell 2). En klar majoritet (33 stycken) av dessa passerade genom 1631 Viltbro Nolby. Vid de andra två överpassagerna observerades inga harar, medan de tre smala underpassagerna och landbron hade mellan en och tre harobservationer.

Det totala antalet mänskliga störningar varierade kraftigt mellan broarna (Figur 4). Störningsgraden var mycket hög i två av de smala underpassagerna (1630 Ridport Nolby och 1625 Tunnel Sandmovägen) med nästan 180 och 140 störningar per vecka. Dessa två var de två underpassager som inte uttryckligen konstruerats för vilt. I alla övriga passager var antalet störningar mindre än 70 störningar per vecka. Antalet störningar i 1635 Landbro Vapelbäcken var mycket lågt (0,8 per vecka). En dryg tredjedel av dessa utgjordes av oss Trafikverkare som utförde kameraunderhåll.

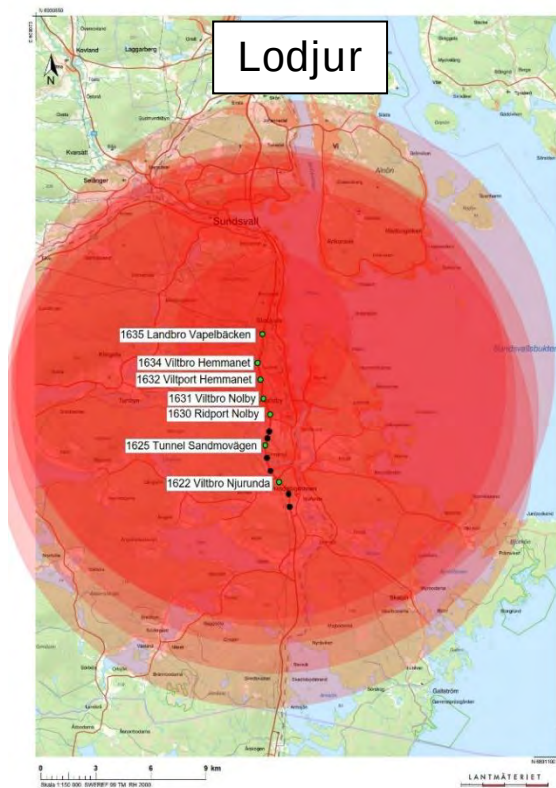
4.3. Effektivitetsindex för älg, rådjur och lodjur

Snittet för den beräknade effektiviteten av alla studerade broar var högst för lodjur (0,92). Älg (0,77) hade generellt ett högre effektivitetsindex än rådjur (0,48). Vad gäller de individuella broarna visade det beräknade effektivitetsindexet för älg att 1635 Landbro Vapelbäcken hade högst effektivitet (0,89) tätt följt av alla tre överpassager (0,69-0,84). Dessa hade en högre effektivitet än de tre smala underpassagerna (0,41-0,67) (Figur 6).

För rådjur var mönstret mer diffust. 1635 Landbro Vapelbäcken hade förhållandevis låg effektivitet (0,56). Högst effektivitet observerades i 1622 Viltbro Njurundabommen (0,81) och 1632 Viltport Hemmanet (0,76). Lågst effektivitet



Figur 6: Effektivitetsindex för älg, rådjur och lodjur för respektive bro. Broarna är grupperade efter överpassager, landbron och smala underpassager. *Data för 1622 Njurundabommen har endast undersökts sommartid.



Figur 7: Relativ effektivitetsindex för älg (uppe till vänster), rådjur (uppe till höger) och lodjur (nere till vänster). Det relativa effektivitetsindexet är beräknat utifrån effektivitetsindexet för varje bro och art, multiplicerat med kvadratroten ur det genomsnittliga hemområdet för var art. Effektivitetsindexet illustreras endast för de kamerabevakade broarna. Om övriga över, underpassager och landbroar skulle läggas till skulle täckningsgraden bli högre. *Data för 1622 Njurundabommen har endast undersökts sommartid

observerades i 1634 Viltbro Hemmanet (0,22) och 1625 Tunnel Sandmovägen (0,25) (Figur 6).

Vad gäller lodjur var effektiviteten hög för fem av de sex broar där lodjur observerats (över 0,9), men låg i 1635 Landbro Vapelbäcken (0,33). I 1622 observerades inget lodjur och effektivitetsindex har därför inte kunnat beräknas (Figur 6).

Av de fall där djuren endast observerades utanför broarna, var det en stor andel av både älgarna och rådjuren som rörde sig längs med E4 eller uppehöll sig utanför broarna utan att göra någon ansats till att passera. Ett antal tillfällen noterades dock då både älgar och rådjur närmade sig bron med ansats att passera, men som uppenbart skrämdes och vänt.

4.4. Broarnas sammanslagna funktion – relativt effektivitetsindex

För älg visade det relativa effektavståndet (Figur 7) att de studerade broarna tillsammans täckte in hela den studerade vägsträckan, och att dessa broar därmed i teorin tillsammans upphäver barriäreffekten för älg.

För rådjuren var bilden inte densamma (Figur 7). Broarna mellan 1634 Viltbro Hemmanet och 1630 Ridport Nolby var tillräckligt effektiva och nära varandra för att barriäreffekten skulle upphävas längs sträckan mellan dessa. Däremot uppstod ett glapp mellan 1635 Landbro Vapelbäcken och 1634 Viltbro Hemmanet, mellan 1630 Ridport Nolby och 1625 Tunnel Sandmovägen, samt mellan 1625 Tunnel Sandmovägen och 1622 Viltbro Njurundabommen. Det bör dock noteras att längs den södra delen av sträckan finns det fyra möjliga alternativa passager mellan 1630 Ridport Nolby och 1625 Tunnel Sandmovägen (två broar för enskild/allmän väg, en koport och en landbro), och två mellan 1625 och 1622 (två landbroar). Mellan 1635 och 1634 finns inga alternativa passagemöjligheter.

Vad gäller lodjur (Figur 7) är deras hemområde betydligt större än älgars och rådjurs. Detta, i kombination med den mycket höga effektiviteten för flera passager, innebär att det relativa effektavståndet med god marginal täcker in hela den aktuella sträckan av E4. Området som täcks in av de studerade passagerna sträcker sig från Birsta i norr till länsgränsen mot Gävleborg/Hälsingland i söder, en sträcka på totalt drygt 30 km.

4.5. Kostnadsuppskattning av tre broar

De grovt uppskattade kostnaderna för tre av broarna visade att överpassagen 1631 Viltbro Nolby, som var den längsta bron, hade den högsta schablonkostnaden (ca 15 miljoner SEK) (Tabell 3). Den andra överpassagen, 1622 Viltbro Njurundabommen, var bredare (14,8 m sett ur djurens perspektiv, jämfört med 10 m för 1631 Viltbro Nolby,) men hade trots detta en lägre schablonkostnad (ca 11 miljoner SEK), i och med att broplattans längd var kortare. Underpassagen 1632 Viltport Hemmanet hade den lägsta schablonkostnaden (ca 9 miljoner SEK), men hade också den smalaste passage för djur (8 m, sett ur djurens perspektiv). Att schablonkostnaderna styrs av broplattans yta innebär att huruvida en bro är en över- eller underpassage inte behöver spela någon roll för den slutliga kostnaden när det gäller smala passager, utan påverkas mer av andra faktorer som markstöd. Vad gäller antalet djurpassager under sommarmånaderna 2020 och 2021 var antalet älgar och rådjur störst vid 1622 Viltbro Njurundabommen, men effektiviteten var inte särskilt mycket högre vid den bron jämfört med de andra två.

Tabell 3: Storlek och kostnadsuppskattning baserat på schabloniserade prisuppgifter enligt 2021 års prisnivå för två överpassager (1631 Viltbro Nolby och 1622 Viltbro Njurundabommen) samt en underpassage (1632 Viltport Hemmanet). Dessutom är antalet älgar, rådjur och lodjur som passerade genom de tre broarna angivet, samt effektiviteten för de tre arterna. Djurpassagerna och effektiviteten är beräknad utifrån den tidsperiod då alla tre broar bevakades samtidigt (2020-07-15 till 2020-08-18 och 2021-06-26 till 2021-07-12).

		1631 Viltbro Nolby	1622 Viltbro Njurundabommen	1632 Viltport Hemmanet
Bottenplattans längd		44 m	22 m	21,5 m
Bottenplattans bredd		10 m	14,8 m	11,5 m
Antal m ² broplatta		440 m ²	325,6 m ²	247,3 m ²
Schablonkostnad för bron		15 400 000 SEK	11 396 000 SEK	8 654 000 SEK
Älg	Antal (genom)	5	16	1
	Effektivitet	1,0	0,84	1,0
Rådjur	Antal (genom)	6	45	7
	Effektivitet	0,55	0,83	0,88
Lodjur	Antal (genom)	2	0	0
	Effektivitet	1,0	-	-

4.6. Övriga observationer

Utöver de djurgrupper som presenterats ovan, gjordes flera intressanta observationer. Bäver observerades vid 17 tillfällen vid 1635 Landbro Vapelbäcken under några dagar i april och maj 2021, men sågs aldrig passera genom landbron (Tabell 2). I 1635 Landbro Vapelbäcken observerades även utter passera genom landbron vid två tillfällen. Utter sågs också passera 1630 Ridport Nolby en gång i oktober 2020. Vid spridda tillfällen gjordes ett fåtal observationer av skogsmård (fyra tillfällen), ekorre (två tillfällen), mus (två tillfällen) och mink (ett tillfälle). Då dessa däggdjur är små, är det rimligt att anta att de inte alltid triggat de rörelseutlösa kamerorna, och att dessa spridda observationer inte bör ses som någon inventering av dessa mindre däggdjur, utan som en indikation på att även små däggdjur använder broarna. Alla identifierade mindre däggdjur som genomför passage är inkluderade som "Övriga mindre däggdjur" i analysen ovan.

Tamkatter utgjorde totalt sett en mycket stor andel av de djur som passerade (26,6 %). I vissa broar, som 1630 Ridport Nolby och 1625 Tunnel Sandmovägen var detta extra påtagligt, då tamkatter utgjorde 31,3 respektive 45,4 % av det totala antalet djur som passerade. Dessa utgjordes till största del av ett fåtal individer som nyttjade broarna intensivt. Dessutom observerades vid ett tillfälle åtta ensamma kor passera 1625 Tunnel Sandmovägen.

Fåglar observerades vid alla broar, men använde oftast inte broarna för dess syfte, även om de uppehöll sig både i och utanför broarna. Vid enstaka tillfällen var det dock tydligt att bron användes för dess syfte. Till exempel observerades hela sjöfågelfamiljer (gräsand och knipa) passera genom 1630 Ridport Nolby vid tre tillfällen. Övriga fågelarter som kunde identifieras var bland annat kråka, kaja, björktrast, blåmes, gråhäger och forsärla.

I flera fall noterades familjegrupper (bland annat älg, rådjur, lodjur och räv), där en hona passerade följd av en eller flera ungar. Detta tyder på en viss kunskapsöverföring mellan generationer.



Figur 8: Övre raden: Älgko med två kalvar som korsar 1622 Viltbro Njurunda (till vänster) och utter vid 1635 Landbro Vapelbäcken. Nedre raden: Lodge som passerar vid 1631 Viltbro Nolby och ett rådjur som passerar vid 1634 Viltbro Hemmanet.

5 Diskussion

5.1. Hur ska en "bra" faunabro se ut?

Resultaten från broarna visar att både antal djur och effektivitetsindex varierar kraftigt mellan broarna, och att det var svårt att hitta entydiga mönster för samtliga arter både vad gäller strukturella faktorer och störningsgrad.

Älgar visade en tydlig preferens för överpassager och landbron i Vapelbäcken, med hög effektivitet i alla, och stort antal i de flesta. Detta stämmer med tidigare studier som visat att klövdjur föredrar överpassager (Mysłajek m.fl. 2020, Denneboom m.fl. 2021, Håkansson 2020) och stora underpassager (Clevenger & Waltho 2005, Olsson 2007, Seiler & Olsson 2009). Av överpassagerna var två smala (10 meter) och en något bredare (14,8 meter). Den bredare (1622 Viltbro Njurundabommen) hade visserligen något fler älgar än de smalare, men effektiviteten för var hög för alla tre, vilket visar att både medelsmala och smala överpassager kan fungera bra för älgar. De tre smala underpassagerna hade en generellt sett låg effektivitet för älg och ett mycket lågt antal älgar. Alla tre smala underpassager var smalare än 11,5 meter, en bredd som tidigare identifierats som avgörande för klövdjurs användning av underpassager (Bhardwaj m.fl. 2020). Den underpassage med högst effektivitet för älg (1632 Viltport Hemmanet) var något bredare än de andra två (8 meter), och hade dessutom lägst störningsgrad av underpassagerna (ca 40 störningar/vecka). Detta indikerar att både bredden och störningsgraden kan påverka effektiviteten för älgar i underpassager, även om det är svårt att skilja på effekten av de två. Vad gäller störningsgraden i överpassagerna pekar resultaten på att störningsgraden inte är lika viktig

som i underpassager, då även överpassager med måttlig störning (ca 40-70 störningar/vecka) kan ha en mycket hög effektivitet för älg. Det har tidigare visats att djur kan anpassa sitt aktivitetsmönster för att undvika människor (van der Grift m.fl. 2012, Knufinke m.fl. 2019, Mysłajek m.fl. 2020), vilket kan vara en anledning till detta. Fortsatta studier med djupare analys av dygnsaktiviteten för djur och människor i dessa broar skulle bidra med värdefulla insikter kring detta. Sammantaget indikerar resultaten att av de studerade broarna föredrar älgar överpassager och breda underpassager, och i andra hand något bredare underpassager med lägre grad av störning. Både bredd och graden av störning verkar vara av större betydelse i underpassager än i överpassager.

Rådjurens preferenser var mer diffusa. Till antalet var de generellt sett fler i 1635 Landbro Vapelbäcken och överpassagerna än i de smala underpassagerna, men antalet rådjur skiljde sig kraftigt åt mellan olika överpassager. Effektiviteten för rådjur varierade starkt mellan olika broar oberoende av huruvida de var över- eller underpassager. Detta antyder att bland de studerade broarna är brotyp inte en avgörande faktor för rådjur, trots tidigare studier som pekat på överpassagers överlägsenhet för klövdjur, däribland rådjur (Håkansson 2020). För både över- och underpassager verkar bredd vara en viktig faktor för rådjur, då de bredaste i vardera kategori (1622 Viltbro Njurundabommen: 14,8 m och 1632 Viltport Hemmanet: 8 m) hade den högsta effektiviteten bland rådjur. Breddens avgörande roll för rådjur stämmer in med tidigare forskning om klövdjur (Clevenger & Waltho 2000, Olsson 2007, Seiler & Olsson 2009). Den mycket höga störningsgraden i de två smalaste underpassagerna (1630 Ridport Nolby och 1625 Tunnel Sandmovägen) kan ha föranlett den låga effektiviteten och låga antalet rådjur i dessa passager, precis som för älg. Bland överpassagerna verkar störningsgraden dock inte vara av samma vikt, eftersom de två mest störda hade flest antal rådjur och dessutom högst effektivitet. Att 1635 Landbro Vapelbäcken hade en lägre effektivitet och lägre användningsgrad än flera andra passager tyder på att denna landbro inte är optimal för rådjur, vilket stod i kontrast till älgarnas uppenbara preferens för denna bro, och tidigare forskning som pekar på att broar av det slaget borde vara bra även för rådjur (Olsson 2007; Seiler & Olsson 2009; Håkansson 2020). Tidigare studier har visat att effektiviteten för rådjur minskar om det är långt till alternativa passagemöjligheter (Bhardwaj m.fl. 2020) vilket skulle kunna vara en bidragande orsak till den låga effektiviteten för rådjur i 1635 Landbro Vapelbäcken, då denna är den mest avskilda bron, med över 1,5 km till närmaste bro. Det är också möjligt att antalet rådjur som rör sig i området kring landbron är mindre än antalet älgar, vilket skulle förklara det lägre antalet rådjur, men det förklarar inte den låga effektiviteten. Eftersom endast en landbro inkluderades i studien bör dock inga större slutsatser dras utifrån detta. Sammanfattningsvis uppvisade rådjur ett mer diffust mönster än älg, utan tydlig preferens för brotyp, men med en viss tendens mot att föredra något bredare passager. I underpassager verkar störningsgraden vara av större betydelse än i överpassager.

Lodjur, som var det vanligaste stora rovdjuret, hade hög effektivitet i både över- och underpassager, förutom 1622 Viltbro Njurundabommen där de inte observerats alls. De var generellt sett fler i underpassagerna, men visade ingen tydlig preferens för någon brotyp. Den generellt sett höga effektiviteten stämmer in med tidigare studier av den amerikanska arten rödlo (*Lynx rufus*) (Kintsch m.fl. 2020). Den otydliga preferensen för brotyp har noterats även av Cramer m.fl. (2013), där rödlo observerades i både över- och underpassager, medan andra studier har visat att både rödlo (Kintsch m.fl. 2020) och europeiskt lodjur (Dobrescu & Kajanus 2014) föredrar underpassager. Bredd var inte en viktig faktor för lodjur, som snarare verkade föredra smala passager framför breda, tydligt i att de två bredaste, 1635 Landbro Vapelbäcken och 1622 Viltbro Njurundabommen hade minst antal lodjur. Detta stämmer med tidigare forskning om rovdjur, som har visats

föredra mindre underpassager (Clevenger & Waltho 2005). Den mycket låga effektiviteten för lodjur i 1635 Landbro Vapelbäcken kan antyda att rovdjur undviker stora underpassager. Mer troligt är dock att den låga effektiviteten berodde på kamerauppsättningen, som inte kunde täcka hela passagen och därmed antagligen missat fler passager än övriga broar, vilket kan ha gett ett skevt resultat (Hofmeester m.fl. 2019). Inte heller mänsklig störningsgrad verkade vara avgörande för lodjur, då inget tydligt mönster kunde urskiljas vilket motsäger tidigare forskning som visat att rovdjur påverkas negativt av högre störningsgrad (Clevenger & Waltho 2000, Denneboom m.fl. 2020). Sammantaget hade lodjur en mycket hög effektivitet i vissa smala över- och underpassager, och verkade inte påverkas vare sig positivt eller negativt av störningsgrad. Trots att inga lodjur observerades vid 1622 Viltbro Njurundabommen, var detta den enda bro där björn observerades. Björnen gjorde visserligen ingen ansats att ta sig över bron, men dess närvaro vid bron indikerar att området ändå är av intresse för större rovdjur. Björnen noterades en av de sista dagarna kamerorna satt uppe, varför ytterligare kamerabevakning av bron skulle kunna ge mer information kring om denna passagertyp nyttjas av björn eller inte.

Att resultaten från denna studie delvis skiljer sig från tidigare studier pekar på att det finns andra faktorer än broarnas dimensioner och brotyp som spelar in, som till exempel broarnas placering i landskapet. Ett tydligt exempel på detta är 1634 Viltbro Hemmanet, som hade anmärkningsvärt låg användning av älg och rådjur, och låg effektivitet för rådjur. Den hade samma dimensioner som 1631 Viltbro Nolby men betydligt lägre störningsgrad mätt som mänsklig aktivitet i bron. Broarna ligger knappt två kilometer från varandra och på båda sidor om båda passager finns sammanhängande skogsområden. Trots dessa likheter hade 1631 Viltbro Nolby betydligt bättre resultat för både älg och rådjur. Den stora skillnaden i det omgivande landskapet är dock att 1634 Viltbro Hemmanet ligger i direkt anslutning till en bergtäkt på östra sidan av bron, vilket kan ha påverkat antalet djur som använder bron. Det är dock värt att notera att broarnas användning i förhållande till landskapet är svåra att förutspå i planeringsskedet. Till exempel antyds i en tidig miljöanalys att landbron i Vapelbäcken på grund av sitt läge nära både industriområde och trafikplats skulle ha tveksamt värde som viltpassage (Helldin 2002, Trafikverket 2009). Resultaten från studien visar dock att denna passage är den mest effektiva och frekventerade bron för älgar, då nära hälften av det totala antalet älgar observerades i Vapelbäcken. Värt att notera är dock att skogspartiet på den östra sidan om landbron i Vapelbäcken är mycket litet och avgränsas av ett industriområde, och landbron binder därmed inte ihop några värdefulla skogsområden. Det innebär att trots den höga effektiviteten och användningen av landbron är brons värde som ekologisk korridor tveksamt.

Alla broar utom 1635 Landbro Vapelbäcken dominerades av räv, som var särskild mångtaliga i de tre smala underpassagerna. I alla tre smala underpassager var grävling dessutom den näst vanligaste arten. Rävar och grävlingars preferens för smala underpassager stämmer överens med tidigare forskning som var visat att djur som lever i hålor, däribland räv och grävling, föredrar underpassager (bl.a. Seiler & Olsson 2009, Kintsch m.fl. 2020, Myslajek 2020). Av de smala underpassagerna var passager av både räv och grävling flest i de två som inte uttryckligen byggts för vilt (1630 Ridport Nolby och 1625 Tunnel Sandmovägen). Dessa två var både smalare och hade högre grad av mänsklig störning än den tredje smala underpassagen, vilket tyder på att varken smalare broar eller högre störningsgrad verkar påverka dessa arter negativt. Att räv var den vanligaste arten även i de tre smala överpassagerna visar också att räv inte undviker överpassager, utan kan använda även dessa flitigt.

Det var anmärkningsvärt få passager av hare under studiens gång. Endast i en bro, 1631 Viltbro Nolby, var antalet harar något större. Tidigare studier har visat på ett stort antal harar i flera olika sorters olika broar i både norra och södra Sverige, där antalet harar i vissa broar var i paritet med eller till och med fler än antalet rävar och grävlingar (Håkansson 2020, J-O Helldin, personlig kommunikation). Detta antyder att harar generellt sett inte undviker broar, och anledningen till de fåtaliga hararna i den här studien är oklar. Att antalet passager av harar är lågt längs i princip hela sträckan indikerar att antalet harar i området är lågt. En möjlig förklaring till hararnas frånvaro kan ligga i att harar är ett bytesdjur, som jagas framförallt av räv (Dahl 2005), men även av lodjur (Jägareförbundet 2012). Det stora antalet rävar som noterats i broarna, samt förekomst av lodjur, skulle kunna tyda på att jakttrycket på hare är högt i området, och att harpopulationen antingen är begränsad, eller att harar undviker broarna då dessa används flitigt av deras predatorer. Det har även visats att harars spridning är låg (Dahl 2005) och områden som tömts på skogshare kan stå tomma länge, även om det är områden som passar harar. Eftersom harpopulationers storlek kan fluktuera kraftigt mellan olika år, är det också möjligt att antalet harar i närområdet var lågt under den tidsperiod då studien genomfördes. Vidare har harars användning av faunabroar har tidigare visats påverkas negativt av mänsklig närvaro (Håkansson 2020), och den höga graden av störning i flera av broarna i den här studien skulle kunna förklara en del av hararnas frånvaro, även om det inte går att dra några slutsatser kring detta utifrån de få harobservationerna.

5.2. Kan barriäreffekterna upphävas med hjälp av smala broar?

Det beräknade relativa effektavståndet visade att för älg och lodjur är de bevakade broarnas effektivitet och täthet tillräcklig för att upphäva barriäreffekten av E4 längs hela sträckan. För rådjur kunde inte hela sträckan täckas in med de bevakade broarna på grund av de glapp som uppstår mellan flera av broarna. Längs den södra delen av sträckan finns dock flera alternativa broar. Dessa består dels av breda och höga landbroar, som antas ha en hög effektivitet (Clevenger & Waltho 2005, Olsson 2007, Seiler & Olsson 2009), och smala broar vars effektivitet är mindre säker. En tidigare studie har visat att både älgar och rådjur kan använda sig av smala underpassager som inte är avsedda för vilt, och att denna typ av passager inte bör bortses ifrån när man ser till vägars permeabilitet (Bhardwaj m.fl. 2020). Det är därför troligt att den sammanslagna funktionen av de studerade passagerna och de icke studerade kan överbygga barriäreffekten längs hela sträckan även för rådjur, förutom i den norra delen av sträckan, mellan 1635 Landbro Vapelbäcken och 1634 Viltbro Hemmanet, där inga alternativa passagemöjligheter finns.

I en tidig miljöanalys identifierades fyra områden som riskerade isolering från större sammanhängande skogsområden i och med bygget av nya E4 (Figur 1). Alla fyra områden bedömdes bli för små för att bära livskraftiga populationer av rådjur, och för små för att husera ens enstaka älgar och lodjur. Som resultat av detta förväntades flera arter minska eller försvinna helt längs delar av sträckan om inga åtgärder vidtogs (Helldin 2002). Flera av de studerade broarna utformades för att minimera barriäreffekten av den nya vägen och öka chanserna för livskraftiga populationer längs sträckan. Resultaten från den här studien visade att permeabiliteten i dagsläget är tillräckligt för älg och lodjur längs hela sträckan, och antagligen för rådjur längs nästan hela sträckan. Detta tyder på att genom att anlägga fler passager lyckades man minska problemet med fragmentering längs sträckan.

Vid användning av effektivitetsindex och relativt effektavstånd är det viktigt att komma ihåg att båda är generaliserade mått, som används som försök att beskriva verkligheten.

Effektivitetsindex kan till exempel påverkas av hur stort referensområdet är, och hur kamerorna är monterade och vad de fångar. Vid mycket stora broar, som till exempel 1635 Landbro Vapelbäcken, är det till exempel troligt att inte alla djur som vistas i och kring passagen har kunnat fångas på bild. Effektivitetsindexet tar heller inte hänsyn till beteendet hos de djur som vistas i referensområdet men inte passerar genom bron, och det går därför inte att urskilja om en låg effektivitet beror på att en stor andel av djuren närmar sig bron med avsikt att passera men avskräcks på grund av brons utformning, eller endast passerar förbi bron utan intention att gå genom, något som noterades vid genomgången av bilderna. Försök att skilja på dessa två har gjorts av bland andra Cramer m.fl. (2013), som visade att ungefär en tredjedel av de observationer av åsnehjort som inte passerade genom broarna utgjordes av djur som inte till synes hade för avsikt att passera genom broarna, utan endast vistades i närheten av dem. Vi gjorde ett försök till detta inom denna studie men valde att avbryta då vi ansåg osäkerheten vara för hög.

Effektivitetsindexet ligger till grund för beräkningen av det relativa effektavståndet. Det är ett generaliserat mått för att beskriva hur broar kan upphäva barriäreffekten, som baseras på broarnas effektivitet och de olika arternas hemområde. Uppskattningen av hemområdets storlek för de olika arterna är mycket svår, då hemområdets storlek varierar kraftigt mellan olika individer inom en art, beroende på flera olika faktorer, till exempel kön och födotillgång (Andrén & Liberg 2008). Denna osäkerhet leder till att det relativa effektavståndet bör tolkas som en indikation på hur den egentliga situationen ser ut, och inte ett facit för hur broarna upphäver barriäreffekten.

5.3. Utvecklingen av älg- och rådjurspopulationen i området

Uppskattningar av utvecklingen av älg- och rådjurspopulationernas storlekar längs sträckan sedan öppnandet är vanskliga, men enligt senare älginventeringar (2017 och 2021) varierar älgstammen i området mellan 4,2 och 6,1 älgar per 1000 ha (Jägareförbundet Mitt 2017, 2021, Länsstyrelsen Jämtland 2019). Rådjurspopulationen fluktuerar mellan 3,4 och 9,9 rådjur per 1000 ha, med lokala toppar på upp till 15 rådjur per 1000 ha vid Kvissleby (Jägareförbundet Mitt 2017). Antalet lodjur som observerats i området är mycket lågt (Rovbase 2021). Innan bygget av nya E4 Sundsvall påbörjades uppskattades att norra delen av sträckan (Hemmanet, Vapledalen och Svartvik) hyste goda populationer av älg, och i låglänta och bebyggda områden även rådjur. Längre söderut, mellan Nolby och Myre, bedömdes rådjurspopulationen som tät, och att älg förekom tidvis i skogspartierna (Helldin 2002). Detta antyder att viltpopulationerna har fortsatt hålla relativt god täthet, trots den nya vägen. De ungefärliga storleksordningarna av viltpopulationerna i området reflekteras i observationerna i passagerna, där rådjur generellt sett var vanligast men fluktuerade kraftigt mellan passager, älgar var näst vanligast och lodjur var ovanliga. Det totala antalet älgar och rådjur som passerade broarna var ungefär lika stort.

5.4. Viltolyckor

Förutom att minimera barriäreffekterna av den nya vägen, var förhoppningen att broarna tillsammans med omfattande stängsling skulle leda till mycket få viltolyckor längs sträckan (Trafikverket 2020). Sedan sträckan öppnade 2014 har endast ett fåtal viltolyckor med älg inträffat och ett mindre antal med rådjur, medan inga olyckor har skett med lodjur eller andra stora däggdjur (Nationella viltolycksrådet 2021b). Jämfört med andra sträckor längs E4 inom länet har sträckan färre viltolyckor (ex Njurunda-Myre, norra Sundsvall i höjd med

Birsta och kring Timrå). Dessa sträckor har dock en lägre grad av stängsel, vilket påverkar statistiken (Trafikverket 2021c).

Även om sträckan har relativt få rapporterade viltolyckor, finns det flera andra sträckor i länet med lika omfattande stängsling och mycket få viltolyckor, till exempel mellan Ålandsbro och Höga kusten-bron (Trafikverket 2021c). I en studie av barriäreffekten av denna sträcka (Seiler m.fl. 2003) visades dock att älgar ackumulerades på västra sidan av E4 under de första vintrarna efter öppningen av denna sträcka (1998-2000). Detta medförde bland annat omfattande skador på skogen på västra sidan. De två underpassager som konstruerats uttryckligen för älg hade mycket få korsande älgar (1,6 per månad). Resultaten antyder att den omfattande stängslingen visserligen minskade antalet viltolyckor, men samtidigt utgjorde en stark barriär för älgarna i området. Resultaten som presenteras i den här studien pekar istället på att stängslingen i kombination med flera broar med hög effektivitet tillsammans kan bidra till ett lågt antal viltolyckor, samtidigt som vägen har en hög permeabilitet.

Sammantaget pekar resultaten från det relativa effektavståndet, vilttäthetsdata och viltolycksstatistik på att de studerade passagerna tillsammans bidrar till minskade barriäreffekter och ökad trafiksäkerhet längs sträckan.

5.5. Kostnadseffektivitet

Många förespråkar att faunabroar ska vara så breda som möjligt för att uppnå en så hög effektivitet som möjligt (rekommenderas i bl.a. Iuell m.fl. 2003). Detta har på senare tid börjat ifrågasättas ur ett samhällsekonomiskt perspektiv (Karlsson 2017, Sijtsma m.fl. 2020, Helldin 2021). Här har vi visat att smala broar kan vara tillräckliga för att upphäva barriäreffekten för flera arter, något som visar på att smala broar fyller en viktig funktion för att öka barriärers permeabilitet.

I den schabloniserade prisjämförelsen i denna studie varierade priset på broarna från ca 9 till 15 miljoner SEK. Även om underpassagen 1632 Viltport Nolby var billigast, var skillnaden mot 1622 Viltbro Njurundabommen så liten att det inte går att avgöra att överpassager per automatik är dyrare än underpassager.

Den schabloniserade prisuppskattningen innebär att priset på en bro styrs av broplattans storlek, och både bredden och längden är avgörande för det slutgiltiga priset. Att schablonpriset på 1631 Viltbro Nolby och 1622 Viltbro Njurundabommen skiljde sig kraftigt åt beror främst på att bottenplattornas längd var olika. Broplattans längd beror i sin tur på dels vägens bredd, dels vilket terrängstöd som finns i anslutning till bron. Eftersom vägbredden var ungefär densamma vid de två överpassagerna var terrängstödet den avgörande faktorn för överpassagernas slutliga längd. Med ett gott terrängstöd, som 1622 Viltbro Njurundabommen, kan broplattans längd förkortas, vilket bidrar till en minskad kostnad. Genom att ta hänsyn till terrängstödet och redan i planeringsstadiet lokalisera optimala placeringar för faunabroar kan alltså priset sänkas. Det är därmed viktigt att ta hänsyn till landskapet både ur ett djur- och byggnadsperspektiv vid planering av broar.

Vad gäller effektiviteten och antalet djurpassager för tre av broarna var effektiviteten jämn och hög ($>0,8$) för alla broar och alla djur, förutom rådjur vid 1631 Viltbro Nolby där effektiviteten var lägre. På grund av det låga antalet djurpassager under sommarmånaderna är det dock svårt att dra några slutsatser om broarnas effektivitet under den begränsade studietiden. Vad gäller det faktiska antalet djur som passerade fanns det däremot stora skillnader mellan broarna då 1622 Viltbro Njurundabommen med god marginal hade det

största antalet älgar och rådjur som passerat. Det är möjligt att detta reflekterar ett högt antal älgar och rådjur i den direkta omgivningen, men det kan också tyda på att denna bro, som var något bredare än de andra två, var mer inbjudande för älgar och rådjur att korsa (Bhardwaj m.fl. 2020; Håkansson 2020). I och med det låga antalet djurpassager i 1631 Viltbro Nolby och 1632 Viltport Hemmanet är slutsatser om brobredd i förhållande till kostnad och effektivitet svåra att dra. En djupare kostnadsanalys med fler broar av varierande bredd under en längre period skulle kunna bidra med flera viktiga insikter inom området.

En annan aspekt av kostnadseffektivitet och samhällsnytta är planerad samlokalisering med människor. Resultaten från denna studie antyder att den mänskliga störningsgraden visserligen påverkar älgars och rådjurs användning av smala underpassager, men att störningsgraden har mindre betydelse i överpassager för båda arter. Detta innebär att en viss grad av mänsklig närvaro i broarna går att tolerera, framförallt i överpassager, vilket ytterligare ökar samhällsnyttan och kostnadseffektiviteten. Ett exempel på detta är just överpassagen 1622 Viltbro Njurundabommen, som har en mycket låg kostnad tack vare gott terrängstöd, och en hög användning av rådjur och älg, trots att även människor nyttjar bron i och med det elljusspår som korsar bron.

5.6. Framtida studiemöjligheter

Flera intressanta frågeställningar kvarstår, bland annat gällande djurens och människornas aktivitetsmönster i broarna, för att förstå om djuren i broar med hög störningsgrad anpassar sitt rörelsemönster för att undvika människor. En annan aspekt för att förstå de faktorer som bidrar till broarnas effektivitet vore att studera beteendet hos de djur som valde att inte genomföra passage för att skilja på de djur som försökte passera men inte lyckades, och de djur som endast befann sig i bronns närområde utan avsikt att passera. Ett sådant försök påbörjades under denna studie gång men fick avbrytas på grund av svårtolkade bilder. Genom att utgå från ett mindre urval av lämpliga bilder skulle en framtida studie förmodligen vara möjlig, och skulle kunna bidra med värdefulla insikter i broarnas funktion. Vidare innebär det begränsade antalet broar som inkluderades i den här studien att slutsatsernas omfattning också var begränsade. Det vore därför av stort intresse att inkludera dessa broar i ett större sammanhang, något som är planerat att genomföras inom ramen för forskningsprojektet TRIEKOL. Med ett större och mer varierat underlag skulle en dylik studie kunna ge flera värdefulla insikter om faunabroars optimala utformning.

6 Slutsatser

Trots studiens begränsningar i form av endast ett mindre antal studerade broar och frånvaron av statistiska analyser, kunde vissa mönster utrönas. De undersökta broarna hade varierande användning och effektivitet för olika arter, och de exakta anledningarna till dessa skillnader var bitvis svåra att utröna. De motstridiga resultaten för olika arter understryker vikten av att bygga en variation av olika typer av broar för att nå olika djurgrupper. Resultaten avslöjade att smala över- och underpassager kan ha en hög effektivitet och ett stort relativt effektavstånd för både älg, rådjur och lodjur. Den sammanslagna effekten av de studerade broarna innebär en tillräckligt hög permeabilitet av E4 Sundsvall för älg och lodjur, vilket visar att barriäreffekten har kunnat upphävas med hjälp av dessa broar. För rådjur var permeabiliteten tillräcklig längs den mellersta och södra delen av sträckan, men

bristfällig i den norra delen. Smala faunabroar bör inkluderas som en möjlig lösning för att minska barriäreffekter på landskapsnivå.

För att optimera planering och byggnation av framtida faunabroar borde målsättningen vara att utgå från landskapets förutsättningar för att hitta lämpliga platser att placera broar på, både ur djurens perspektiv men även för bästa möjliga terrängstöd. De planerade broarna borde inkludera både över- och underpassager för att nå olika målarter. Genom broarnas dimensioner kan deras effektivitet och därmed relativa effektaavstånd uppskattas, vilket ger en uppfattning om hur tätt broarna behöver placeras för att uppnå en tillfredsställande permeabilitet. Vid uppskattning av barriärers permeabilitet är det viktigt att inte bortse från alternativa passagemöjligheter i form av broar med andra syften än för vilt, då flera studier (inklusive denna) visar att dessa kan vara till nytta för flera olika arter och bidrar därmed till att upphäva barriäreffekterna. Denna ansats skulle förmodligen kunna leda till kostnadseffektiva lösningar, som tillsammans bidrar till en ökad permeabilitet i landskapet.

7 Tack

Ett stort tack till våra handledare Annette Ekman på Trafikverket i Härnösand och J-O Helldin på SLU Centrum för biologisk mångfald. Utan ert outtröttliga stöd, vägledning och uppmuntran skulle genomförandet av detta projekt inte varit möjligt. Ett särskilt tack riktas till Pernilla Vesterberg, som under sommaren 2020 sommarjobbade på Trafikverket i Härnösand med att sätta upp kamerorna, samla in de första bilderna och sammanställa en tidig rapport. Uppsättning av kamerorna skedde under handledning av Emma Håkansson vid EnviroPlanning AB, som ska ha ett varmt tack för att ha delat med sig av sin gedigna kunskap inom området. Vidare vill vi även tacka Mattias Olsson vid EnviroPlanning AB för värdefulla inspel och tips under arbetets gång.

8 Källförteckning

- Andis, A.Z., Huijser, M.P., Broberg, L. 2017. Performance of arch-style road crossing structures from relative movement rates of large mammals. *Frontiers in Ecology and Evolution* 5: 122.
- Andrén, H. Liberg, O. 2008. Slutrapport – Lodjursprojektet. Naturvårdsverket 802-0262-07.
- Bhardwaj, M., Olsson, M., Seiler, A. 2020. Ungulate use of non-wildlife underpasses. *Journal of Environmental Management* 273: 111095.
- Browning. 2018. Specs ops Advantage BTC-8A Instruction Manual.
- Clevenger, A.P., Waltho, N. 2000. Factors Influencing the Effectiveness of Wildlife Underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation biology* 14(1):47-56.
- Clevenger AP, Waltho N. 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological Conservation* 121: 453–464.

- Cramer, P. 2013. Design recommendations from five years of wildlife crossing research across Utah. Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013). 23-27 juni 2013. Scottsdale, Arizona, U.S.A.
- Dahl, F. 2005. Life and Death of the Mountain Hare in the Boreal Forest of Sweden. Doktorsavhandling. Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). 2005:48.
- Denneboom, D., Bar-Massada, A., Schwartz, A. 2021. Factors affecting usage of crossing structures by wildlife – A systematic review and meta-analysis. Science of the Total Environment 777: 146061.
- Dobrescu, B., Kajanus, M. 2014. Road crossing structure suitability for dispersal of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the Western Harz region, Germany. Final thesis. Hogeschool Van Hall Larenstein (VHL). 59400.
- Fahrig, L., Rytwinski, T. 2009. Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. Ecology and Society 14: art21.
- Forman, R.T.T. 2000. Estimate of the Area Affected Ecologically by the Road System in the United States. Conservation Biology 14: 31–35.
- Gren, I-M, Jägerbrand, A. 2019. Calculating the costs of animal-vehicle accidents involving ungulates in Sweden. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 70:112-122.
- Helldin, J-O. 2002. Komplettering av tillåtlighetsansökan till regeringen E4 Sundsvall. Diarienummer PP20A 2001:4039.
- Helldin, J-O. 2021. The SLOSS dilemma of road ecology: Are several small wildlife crossing structures better than a single large? Forum paper. ARPHA preprints <https://preprints.arphahub.com/article/73752>
- Hofmeester, T.R., Cromsigt, J.P.G.M., Odden, J., Andrén, H., Kindberg, J., Linnell, J.D.C. 2019. Framing pictures: A conceptual framework to identify and correct for biases in detection probability of camera traps enabling multi-species comparison. Ecology and Evolution 9: 2320–2336.
- Håkansson, E. 2020. Effectivity of road and railway crossing structures for wild mammals. Masteruppsats. Göteborgs universitet 2020.
- Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlavác, V., Keller, V.B., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløv, N., Wandall, B. (red.) 2003. Wildlife and traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions.
- Jaeger, J.A.G., Fahrig, L. 2004. Effects of road fencing on population persistence: effects of road fencing on population persistence. Conservation Biology 18: 1651–1657.
- Jägareförbundet. 2012. Skogshare – Population. <https://jagareforbundet.se/vilt/vilt-vetande2/artpresentation/daggdjur/skogshare/hare-population/> Hämtad 2021-09-28.
- Jägareförbundet Mitt. 2017. Resultat av spillningsinventering av älg och rådjur inom Strömsbruk ÄFO.
- Jägareförbundet Mitt. 2021. Resultat av spillningsinventering av älg och rådjur inom Norra Hälsninglands ÄFO.
- Karlson, M., Seiler, A., Mörtberg, U. 2017. The effect of fauna passages and landscape characteristics on barrier mitigation success. Ecological Engineering 105: 211–220.
- Kintsch, J., Cramer, P. 2011. Permeability of existing structures for terrestrial wildlife: developing a passage assessment system. Washington State Department of Transportation (WSDOT) Research Report No. WA-RD 777.1.

- Kintsch, J., Cramer, P., Singer, P., Cowardin, M., Phelan, J. 2020. State highway 9 wildlife crossings monitoring – year 4 progress report (December 2015 through April 2019). Colorado Department of Transportation. 115:01.
- Knufinke, J.F., Helldin, J-O., Bhardwaj, M., Olsson, M. 2019. Temporal patterns of humans and ungulates at bridges. TRIEKOL report 30 Dec 2019.
- Länsstyrelsen Jämtland. 2019. Fastställande av älgskötselplan för 22-81-08-023-Ä. Dnr: 218-5413-2019.
- Mysłajek, R.W., Olkowska, E., Wronka-Tomulewicz, M., Nowak, S. 2020. Mammal use of wildlife crossing structures along a new motorway in an area recently recolonized by wolves. *European Journal of Wildlife Research* 66: 79.
- Nationella viltolycksrådet. 2021a. Viltolyckor de senaste 5 åren.
<https://www.viltolycka.se/statistik/viltolyckor-de-senaste-5-aren/> Hämtad 2021-09-02.
- Nationella viltolycksrådet. 2021b. Här händer viltolyckorna där du bor (Västernorrlands län, Sundsvalls kommun, 2014-2021). <https://www.viltolycka.se/statistik/har-hander-viltolyckorna/> Hämtad 2021-09-12.
- Naturvårdsverket. 2021. Sveriges miljömål. Hämtad
<https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/> Hämtad 2021-09-08.
- Olsson, M. 2007. The use of highway crossings to maintain landscape connectivity for moose and roe deer. Doktorsavhandling. Karlstads universitet. 2007:16.
- Reconyx. 2017. Hyperfire high performance cameras instruction manual.
- Rovbase. 2021. Lodjursobservationer.
<https://rovbase.se/filter?Carnivore=3&CarnivoreDamage=1,2,3,4,5&Evaluation=1,2,3&FromDate=1900-02-01&Observation=1,2,3,12,11&Offspring=false&ToDate=2021-09-21> Hämtad 2021-09-14.
- Rytwinski, T., Fahrig, L. 2015. The Impacts of Roads and Traffic on Terrestrial Animal Populations. Ur: van der Ree, R., Smith, D.J. & Grilo, C. (red.). *Handbook of Road Ecology*. S 237-246. John Wiley & Sons, West Sussex, Storbritannien.
DOI:10.1002/9781118568170.ch28
- Seiler, A., Cederlund, G., Jernelid, H., Grängstedt, P., Ringaby, E. 2003. The barrier effect of highway E4 on migratory moose (*Alces alces*) in the High Coast area, Sweden. IENE conference on "Habitat fragmentation due to Transportation infrastructure". 13-14 november 2003. Bryssel, Belgien (s. 17).
- Seiler, A., Olsson, M. 2009. Are non-wildlife underpasses effective passages for wildlife? International Conference on Ecology & Transportation. 13-17 september 2009. Duluth, Minnesota, U.S.A.
- Seiler, A., Olsson, M., Lindqvist, M. 2015. Analys av infrastrukturens permeabilitet för klövdjur. TDOK 2015:254.
- Sijtsma, F.J., van der Veen, E., van Hinsberg, A., Pouwels, R., Bekker, R., van Dijk, R.E., Grutters, M., Klaassen, R., Krijn, M., Mouissie, M., Wymenga, E. 2020. Ecological impact and cost-effectiveness of wildlife crossings in a highly fragmented landscape: a multi-method approach. *Landscape Ecology* 35: 1701–1720.
- Trafikverket. 2009. Arbetsplan E4 Sundsvall, delen Myre-Stockvik, Miljökonsekvensbeskrivning. Diarienummer TRV 2010/13401 A och VV 2009/38240 A.
- Trafikverket. 2019. Riktlinje landskap. TDOK 2015:0323.

Trafikverket. 2020. Trafikverkets miljörapport 2019. Publikationsnummer 2020:077

Trafikverket. 2021a. Transportpolitiska mål. <https://www.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet/2020-i-korthet/transportpolitiska-mal/> Hämtad 2021-09-08.

Trafikverket. 2021b. Webbaserade trafikflödeskartor.
<http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation> Hämtad 2021-08-19

Trafikverket. 2021c. Viltolyckskarta Västernorrlands län 2016-2020, All klövvilt.

van der Grift, E.A., Ottburg, F., Pouwels, R. & Dirksen, J. 2012. Multiuse Overpasses: Does human use impact the use by wildlife?. International Conference on Ecology & Transportation (ICOET 2011). 21-25 augusti 2011. Seattle, Washington, U.S.A.

van der Ree, R., van der Grift, E.A. 2015. Recreational co-use of wildlife crossing structures. Ur: van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (red.). Handbook of Road Ecology, s. 184–189. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, Storbritannien.



Trafikverket, Härnösand. Nattviksgatan 6, 871 45 Härnösand.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se