



Boombruggen

Synthese van de beschikbare
informatie over passages
voor boombewonende zoogdieren



Tentoonstellingslaan 137 • B-9000 Gent • tel.: 09 225 93 13 • fax: 09 266 17 70
www.econnection.be • info@econnection.be

C OLOFON

UITGEVOERD DOOR



IN OPDRACHT VAN



Projectleider: Dirk Criel (Econnection)

Projectverantwoordelijke: Ben Van der Wijden (Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM) - Afdeling Natuur, Water en Bos)

Auteur: Dirk Criel

Publicatiedatum: juni 2009

Oplage: 5 exemplaren

Deze publicatie is eveneens digitaal beschikbaar als Word-bestand en pdf-file.

B OOMBRUGGEN

Inhoud

1.	Noodzaak van boombruggen	3
2.	Mogelijke doelsoorten	5
3.	Oorsprong van boombruggen	8
4.	Typen boombruggen	11
	4.1. Enkelvoudige boombrug	12
	4.2. Ladderbrug	16
	4.3. Tunnelbrug	19
	4.4. Portaal – boomgoot	20
5.	Aanvullende voorzieningen bij boombruggen	21
	5.1. Anti-predatiesystemen	21
	5.2. Voederplateaus en andere aantrekkingselementen	21
	5.3. Nestkasten	22
	5.4. Aansluitingen en klimstructuren	22
	5.5. Vulsel	23
	5.6. Klimbeveiliging	24
	5.7. Waarschuwingsborden	24
6.	Technische aspecten	25
	6.1. Aard van de constructie	25
	6.2. Ligging	26
	6.3. Materiaalkeuze	28
	6.4. Hoogte	28
	6.5. Lengte	29
	6.6. Montage en onderhoud	30
7.	Veiligheidsaspecten	30
8.	Opvolging	32
	8.1. Monitoringtechnieken	32
	8.2. Resultaten experimenten en monitoring	34
9.	Vergunningen	34
	Literatuurlijst	35
	Samenvatting	39

1. Overzicht boombruggen

1. Enkelvoudige boombrug
2. Ladderbrug
3. Tunnelbrug
4. Portaal - boomgoot

*2. Overzicht “grijze” literatuur**3. Volledige lijst van boombruggen (enkel digitaal)**4. Videodocumentatie boombruggen (enkel digitaal)*

1. Touwbrug - eekhoornbrug Bourget du Lac (Savoie - Frankrijk) (voorziening nr. 46)
2. Touwladder - apenbrug Diani (Kenia) (voorziening nr. 17)
3. Touwladder - brug voor vliegende eekhoorn en andere buideldieren Victoria (Australië) (voorziening nr. 42) - reportage 1
4. Touwladder - brug voor vliegende eekhoorn en andere buideldieren Victoria (Australië) (voorziening nr. 42) - reportage 2

1. Noodzaak van boombruggen

Wegen die bossen doorsnijden, versnipperen het habitat van bosbewonende soorten in hoge mate en kunnen (lokaal) tot het verdwijnen van soorten leiden of een deel van het (potentieel) habitat uitsluiten. Daarnaast leidt het verkeer op boswegen tot aanrijdingen en sterfte van overstekende dieren. Boombewonende dieren hebben het voordeel dat ze zich doorheen de kronen van bomen bewegen, waardoor ze niet genoodzaakt worden om een weg op de begane grond over te steken. Hierdoor worden aanrijdingen vermeden. Voorwaarde is evenwel dat de bomen langs weerszijden van de weg met hun kronen op elkaar aansluiten. Dit is niet altijd en overal het geval, vooral niet op plekken met brede boswegen. In dergelijke gevallen worden deze dieren alsnog genoodzaakt de weg via de begane grond over te steken ofwel stelt de weg een absolute barrière die niet wordt overgestoken en waardoor de dieren van een deel van hun habitat worden afgesloten.



Dreefbomen waarvan de takken tot in de kronen van de bomen aan de overzijde van de weg reiken moeten behouden blijven en worden zonodig op gepaste wijze gesnoeid. (foto Econnection)

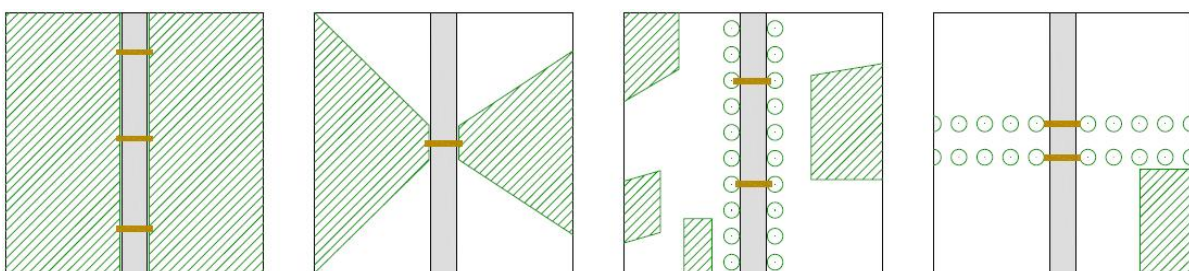
Passages die de mogelijkheid bieden om op enige hoogte de weg over te steken, kunnen hieraan een oplossing geven op plaatsen waar het kronendak van het bos door wegen wordt doorbroken. Op zulke plekken kunnen boombruggen lokaal de kroonverbindingen herstellen. Dit moet echter steeds worden gezien als een noodoplossing, voor wanneer een kroonsluiting niet meer mogelijk is omwille van de breedte van de weg of op zich laten wachten doordat de bomen in de berm nog tot volle wasdom moeten komen. Dieren die de keuze krijgen tussen natuurlijke en kunstmatige verbindingen zullen haast altijd de natuurlijke verbinding verkiezen (o.a. Weston, 2003; Goosem, 2005a). De takkenstructuur van een boom is met geen enkele kunstmatige constructie na te bootsen. In geval van weganaanleg of –verbreding kan door het behoud van bomen, waarvan de kronen ver over de weg

reiken en langs weerszijden van de weg met elkaar in verbinding staan, een natuurlijke boombrug behouden blijven (zie als voorbeeld voorziening nr. 25); ofwel kunnen gericht (snelgroeïende) bomen worden aangeplant die op termijn deze functie vervullen. Bij wegenwerken of andere ingrepen die de bosstructuur doorsnijden (bv. aanleg van pijpleidingen) dient erop gelet te worden om op regelmatige en op een niet te lange afstand van elkaar (bv. om de 100m) bomen over te houden waarvan de kronen op elkaar aansluiten (Thurber & Ayarza, 2005).



Eekhoorn op touwbrug

In de regel heeft het weinig zin om slechts één enkele boombrug te voorzien, tenzij op specifieke knelpunten of op plaatsen waar bossen langs weerszijden op elkaar uitlopen of andere hoog opgaande houtige landschapstructuren met elkaar in verbinding staan (zie onderstaande figuur alsook § ‘Technische aspecten – Situering’).



Enkele mogelijke verbindingen door boombruggen over een weg, op plaatsen waar houtige landschapstructuren met elkaar in verbinding staan (groen gearceerde delen = bos; cirkels= bomenrij; oranje streep = boombrug).

Boombruggen bieden niet altijd de garantie dat dieren van de beoogde soorten niet meer overreden worden - ook al wordt de boombrug regelmatig gebruikt. Een mogelijke oorzaak is het gedrag van dieren tijdens de voortplantingsperiode. Neem als voorbeeld de eekhoorn. Tijdens een “voortplantingsjacht” (mating-chase) wordt een eekhoornwijfje vaak achtervolgd door drie à vier mannetjes, die dan totaal geen rekening houden met wat er rondom hen gebeurt. Hun enige doel is paren met het wijfje. Of ze daarbij een drukke weg moeten overlopen of niet, kan hun weinig schelen,

zolang het maar de kortste weg tot bij het wijfje is. In zulk geval is de kans klein dat de veiligste route - namelijk de boombrug - wordt gebruikt, tenzij het wijfje toevallig de brug gebruikt. Hetzelfde fenomeen is te zien wanneer concurrerende mannetjes achter elkaar aanjagen (schrift. med. *Goedele Verbeylen*).



Behoud van aaneengesloten boomkronen bij de aanleg van een weg of werkstrook. (foto uit Thurber & Ayarza, 2005)

2. Mogelijke doelsoorten

Boombruggen zijn enkel dienstig voor soorten die zich regelmatig verplaatsen doorheen de kronen van bomen en daarbij gebruik maken van het uitgebreide takkennetwerk. De groep van boombewonende zoogdieren is veeleer beperkt. Tot deze groep behoren de volgende inheemse West-Europese diersoorten:

- **Rode eekhoorn** (*Sciurus vulgaris*): In diverse bossen voorkomend maar met een voorkeur voor naaldbos en gemengd bos. Eekhoorns zijn uitzonderlijk goede springers en klimmers die zich snel en behendig voortbewegen doorheen boomkronen. Behalve doorheen bomen verplaatsen eekhoorns zich ook regelmatig over de grond. Tijdens het voortplantingsseizoen evenals in tijden van voedselschaarste worden grote afstanden afgelegd.

- **Boommarter** (*Martes martes*): Uitermate sterk aan bos gebonden soort met een voorkeur voor naaldbos en gemengd bos. Behendige klimmer en in staat om zich snel doorheen boomkronen te verplaatsen. Hij kan daarbij meters verre sprongen maken, o.m. bij het achtervolgen van prooien zoals eekhoorns en relmuizen. Verplaatst zich zowel doorheen de bomen als over de grond en dit vaak over grote(re) afstanden.
- **Hazelmuis** (*Muscardinus avellanarius*): Soort van loofbossen en sterk aangewezen op bosranden of vergelijkbare rand- en overgangssituaties (bv. kapvlakten en houtkanten) met een dichte ondergroei. De soort is zeer beweeglijk en kan goed springen. Veel verplaatsingen gebeuren doorheen bomen en grote open ruimten worden zelden via de grond overgestoken. Legt zelden grote afstanden af.
- **Eikelmuis** (*Eliomys quercinus*): De aanwezigheid van een stenige omgeving evenals van bos en struikgewas is voor deze slaapmuis van groot belang. Ze heeft een uitgesproken voorkeur voor een kleinschalige landschap waarvan ook tuinen en boomgaarden deel uitmaken. Eikelmuisen klimmen goed maar verplaatsen zich vaak over de grond. In de gemeente Aalbeke werd waargenomen hoe een Eikelmuis iedere avond een schuur verliet via de elektriciteitskabels die naar de woning liepen (zie foto; waarneming *Kathy Verschelde*, via schrift. med. *Joeri Cortens*).
- **Relmuis** (*Glis glis*): Soort van oude en gevarieerde bossen bij voorkeur met een goed ontwikkelde onderetage. Ze komen zelden voor in bossen met bomen met een gladde stam zoals naaldbomen en beuk. Het is een goed klimmer die zich hoofdzakelijk in de bomen ophoudt. Legt zelden grote afstanden af.



eekhoorn



boommarter



hazelmuis



eikelmuis



relmuis

Tot nog toe werden boombruggen hoofdzakelijk voor niet Europese zoogdiersoorten zoals buideldieren (Australië, Tasmanië), apen (Afrika, Zuid-Amerika, Centraal-Amerika, Azië) en slaapmuizen (Azië) gebouwd. In Europa was de bouw van boombruggen haast uitsluitend voor eekhoorn bedoeld. Thans krijgt ook de boombrug voor hazelmuis de volle aandacht, voornamelijk in Groot-Brittannië (Bright *et al.*, 2006). Maar ook in Duitsland bestaan plannen om boombruggen voor hazelmuizen te bouwen o.m. in Insel of Rügen en in Baden-Württemberg (mond. med. *Sven Büchner* - Büro für Ökologische Studien; Müller-Stiebs & Büchner, 2005). Enkel in Nederland vormt ook de boommarter de aanleiding voor de bouw van boombruggen, maar tot nog toe zonder enig succes.



Slaapmuizen – zoals deze Eikelmuis - maken vaak gebruik van bestaande draden zoals elektriciteitsdraden om zich te verplaatsen. (foto Kathy Verschelde)

Boomkronen vervullen ook een geleidende functie voor vleermuizen: ze vliegen erlangs of eroverheen en vermijden zo met het verkeer in aanraking te komen. Vooral over bredere wegen kunnen en worden boombruggen ook gebruikt als geleiding voor **vleermuizen** over wegen of zorgen ze ervoor dat vleermuizen op een veilige hoogte de weg oversteken (Rasey, 2006; Brandjes *et al.*, 2006; Bat Conservation Trust, 2007; Limpens & Twisk, 2004; Keeley, in pub.; Sétra, 2008). Dergelijke voorzieningen worden “hop-overs” genoemd. Deze vormen geen onderwerp van deze literatuurstudie, maar het is belangrijk te weten dat een combinatie met een boombrug tot de mogelijkheden behoort.



In Groot-Brittannië wordt met “hop-overs” voor vleermuizen geëxperimenteerd die veel gelijkenis vertonen met boombruggen. Boombruggen kunnen eveneens vleermuizen op een veilige hoogte over drukke wegen geleiden.

3. Oorsprong van boombruggen

Over boombruggen is reeds meer geschreven dan dat er zijn gebouwd; laat staan dat er onderzoek is gebeurd naar de effectiviteit en efficiëntie. Suggesties omtrent de bouw van dergelijke voorziening zitten vaak verborgen in randliteratuur (Scott, 1988; Lyon & Horwich, 1996 – beide geciteerd in Weston, 2003). Uit de bronnenstudie blijkt dat in 1963 voor het eerst een boombrug werd gebouwd te Longview in de Amerikaanse staat Washington (websites van [Roadside America](#) en [City of Longview](#)). Het was een particulier initiatief dat diende om eekhoorns een veilige oversteek te bieden over een drukke weg doorheen een bosrijke wijk van het stadje. Niettegenstaande deze boombrug tot een lokale attractie is uitgegroeid, kende het elders weinig navolging. Inmiddels is ze reeds enkele malen verhuisd en in 1983 werd het originele kunstwerk door een nieuwe en duurzamere brug vervangen.



'Nutty Narrows Bridge' (constructie 12) in de Amerikaanse stad Longview; de eerste boombrug die werd gebouwd al toont de foto het model dat de eerste heeft vervangen

Andere belangrijke initiatieven lieten lang op zich wachten en kwamen tot stand in de (sub)tropische gebieden van Australië, Zuid-Amerika en Afrika, waar de bruggen dienden om de woudbewoners over brede wegen en andere lineaire bosbarrières heen te leiden (Weston, 2001 & 2003). Het werk van de Australische *James Cook University* in North-Queensland werkte daarbij inspirerend (Weston, 2003). De touwconstructies die door de onderzoekers werden bedacht en op verzoek van het *Queensland Department of Main Roads* (QDMR) onder verschillende vormen zijn getest, dienden in eerste instantie om ringstaartbuideldieren (*Pseudocheirus pergrinus*) maar ook andere buideldieren (*Possum* spp.) over de weg te geleiden. In Kenia en Tanzania werd met boombruggen voor Colobusapen geëxperimenteerd waarna enkele succesvolle typen op grotere schaal werden aangelegd. Ook ander apensoorten bleken van de boombruggen gebruik te maken, waaronder zelfs enkele soorten die zich gewoonlijk niet in de hoogte verplaatsen zoals bavianen. Eenzelfde type van constructie wordt bovendien ook met evenveel succes in Brazilië gebruikt voor de passage van kapucijnapen en roodstuitleeuwaapjes over wegen doorheen het regenwoud en ook in Azië (Taiwan) en Midden-Amerika (Mexico en Belize) zijn boombruggen voor apen (o.a. voor spinapen, zwarte brulaap en Taiwanese makaak of Formosamakaak) ontwikkeld.



Voorbeeld van de zogenaamde “colobridge” een boombrug (constructie 17) die in Kenia door de Colobus Trust voor colobusapen werd ontwikkeld. (foto Colobus Trust)

Het waren vooreerst de Britten die in Europa het idee van een boombrug oppikten en in de praktijk omzetten – zij het voor geheel andere soorten, nl. voor rode eekhoorn en hazelmuis. Bonne Nuit op het eiland Jersey werd daarbij de trendsetter. Aanleiding was een windval van meerdere bomen langsheen een weg na een storm in 1987, waardoor het voorheen aaneengesloten kronendak over de weg doorbroken werd en de eekhoornpopulatie gedwongen werd om over de grond de weg te kruisen. Sindsdien zijn er her en der in Groot-Brittannië boombruggen gemaakt, doorgaans onder de vorm van een eenvoudig touw dat over de weg wordt gespannen.



Boommarterbrug over de A12 in het gebied ‘Gelderse Vallei’ nabij Driebergen in Nederland (constructie 2). (foto Econnection)

In andere Europese landen was de interesse voor dit soort oversteekvoorzieningen groot, maar bleven concrete initiatieven grotendeels achterwege en is men in voornemens blijven steken. Pas recent zijn in Frankrijk enkele gelijkaardige boombruggen opgetrokken in de streek van de Savoie nabij Bourget du Lac: de zogenaamde “ecuroducs”. Ook de Nederlanders pikten het idee snel op en opperden verschillende suggesties om (in eerste instantie) eekhoorns over wegen heen te leiden (Akkerman et al., 1989; Van der Linden, 1993; Alleijn, 1998) en enkele ecologen opperden de suggestie om hierbij gebruik te maken van bestaande constructies zoals autowegportalen (Broekhuizen en Müskens, 1998). De vele ideeën werden meermaals gebundeld beschreven door *Hans Bekker* van de overheidsinstantie *Rijkswaterstaat* die bevoegd is voor het wegenbeheer in Nederland (zie o.a. Bekker, 2002 en 2005b), maar tot concrete uitvoeringen is het tot nog toe - op één enkele boomarterbrug over de A12 na - nergens gekomen.

De eerste Europese boombruggen dienden de eekhoornpopulaties veilig te stellen. Pas later werden ook ideeën voor andere soorten naar voor gebracht. Vooral de hazelmuis kreeg daarbij een vooraanstaande plaats, al is men er nog niet uit welke de beste oplossing is voor deze soort. Enkele lieten zich inspireren door het pionierswerk van de Japanner *Shusaka Minato*. Hij bouwde een boombrug voor de Japanse relmuis (*Glirulus japonicus*) en later volgden op andere plaatsen gelijkaardige maar inmiddels aangepaste concepten. Met dit ideeëngoed gingen vooral de Engelsen aan het experimenteren, maar ook de Nederlanders lieten zich voor de bouw van een boomarterbrug hierdoor inspireren.



Boombrug voor Japanse relmuis(constructie 3) (foto Minato)

Waar men in België de mosterd heeft gehaald, is voorlopig onbekend. Bij ons is slechts één enkel voorbeeld uit Antwerpen (Wilrijk) bekend. Daar werd omtrent half de jaren 1990 op initiatief van een onderzoekster van het toenmalige RUCA - *Christel Swinnen* - tussen het Nachtegalenpark en het park Den Brandt over de Van Rijswijcklaan een eenvoudige maar degelijke ladderbrug opgetrokken. Daarnaast zijn er geen initiatieven bekend. Pas recent werd voor het Zoniënwood in het Brussels gewest de bouw van meerdere boombruggen over de Terhulpse steenweg voorgesteld naar aanleiding van een studie over de ontsnipperingsmogelijkheden van de infrastructuurbundel die wordt gevormd door de evenwijdig aan elkaar lopende spoorweg S161 en de Terhulpse steenweg (Econnection, 2008).

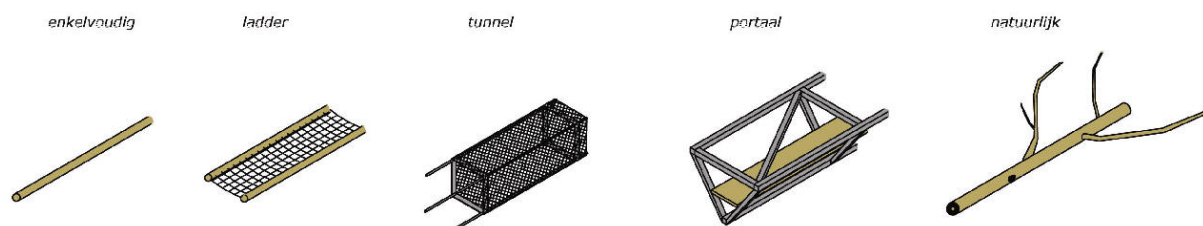


Enkelvoudige boombrug voor eekhoorn ter hoogte van het park Den Brandt in de stad Antwerpen (constructie 1). (foto Econnection)

4. Typen boombruggen

In enkele gevallen worden door dieren voorzieningen gebruikt die niet als boombrug dienst doen. Zo wordt in een veldexcursieverslag van de *Veldwerkgroep* van de *Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming* (VZZ) het gebruik van een bundel telefoonkabels (Ø 2-3 cm; 6-7 meter lang) door relmuizen beschreven (Boshamer et al., 2004). Ook zijn ons verhalen bekend van zwarte ratten die gebruik maken van kabels om zich op een hoogte te verplaatsen (???, pers. observaties auteur) en algemeen bekend is ook het gebruik van scheepstouwen door ratten om zich te verplaatsen tussen schip en wal.

Hierna wordt een overzicht gegeven van de structuren die tot nog toe zijn bedacht om dieren in de hoogte over een weg te geleiden en die onder de noemer “boombrug” kunnen worden gevat. In de regel betreft het een verbinding tussen twee boomkronen maar de verbinding kan ook via tussenconstructies verlopen zoals een aanzitpaal of een voederplek. Uitzonderlijk werd ook van bestaande wegstructuren gebruik gemaakt, waarmee het bos in verbinding werd gesteld (cfr. boomarterportaal Driebergen in Nederland – voorziening nr. 2).



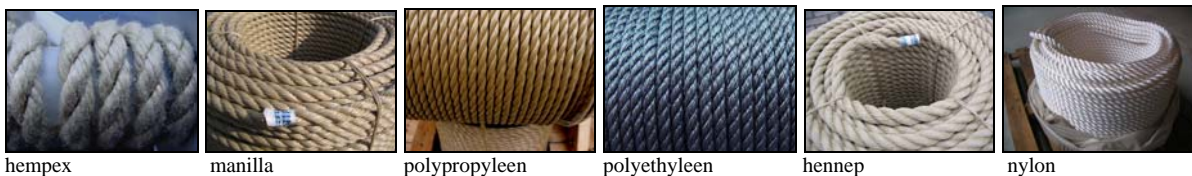
Overzicht van de diverse typen boombruggen.

Verder onderzoek naar het gebruik van deze constructies door dieren kan in de toekomst allicht tot nieuwe inzichten leiden (zie ook hoofdstuk 10). Op basis hiervan kunnen nieuwe constructies worden bedacht en uitgetest zoals touwbruggen voor slaapmuizen die via tunnels en bruggen onder de weg doorleiden (Woods, 2008).

4.1. Enkelvoudige boombrug

4.1a. Touwbrug

De meest eenvoudige boombruggen bestaan uit een gedraaid touw van natuurlijke of kunstmatige vezels, dat strak over de weg wordt gespannen en voldoende dik is om er dieren op een stabiele wijze overheen te laten lopen. In de meeste gevallen wordt hiervoor een armdik scheepstouw (meerkoord, landvast, kabelaring) gebruikt met een dikte die varieert tussen 4cm en 10cm. Materialen die vaak als touwbrug worden gebruikt zijn hennep¹, polypropyleen/polypropeen², polyethyleen/polyetheen³, manilla⁴, nylon/polyamide⁵ en hempex⁶. Er bestaan ook bruikbare touwen waarin bovenstaande materialen gecombineerd worden gebruikt (o.a. polypropeen en polyetheen). Belangrijk is dat de touwen niet teveel uitrekken en dus strak gespannen blijven, rotbestendig en waterafstotend zijn en bij felle lichtinval ook UV-bestendig zijn.



In enkele gevallen worden meerdere touwen om enige afstand evenwijdig aan of op verschillende hoogte van elkaar tussen een houten paalconstructie over een weg gespannen (bv. voorziening nr. 38). Dergelijke brugstructuur biedt de mogelijkheid om er klimplanten overheen te laten groeien. Deze moet dan wel voldoende stevig zijn om het loof te dragen.

Vaak wordt het touw rechtstreeks aan de boom bevestigd. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een verankeringlijn van polyamide doorgaans in combinatie met een stambeschermer, zoals die ook voor boomverzorging worden gebruikt. De lijn moet voldoende rekmargin hebben (20%) zodanig dat de bevestiging zich kan aanpassen aan de groei van de boom en vanaf de grond kan worden gecontroleerd op gebreken of noodzakelijk aanpassingen. Dergelijke verankeringlijnen hebben een witte streng als breukindicator. Bij een belasting van ongeveer 80% van de totale breuksterkte, breekt de witte streng en dit is vanaf de grond goed waar te nemen en vergemakkelijkt de controle. Doorgaans is dergelijke voorziening om de 7 à 9 jaar aan vervanging toe. De boom waaraan de brug wordt verankerd moet uiteraard in goede conditie verkeren en mag geen gebreken vertonen.

¹ Hennep wordt gewonnen uit de stengel van de hennep (*Cannabis sativa*), is lichtbruin van kleur en voelt redelijk zacht aan. Hennep touw is het sterkste natuurlijke touw. Het rot echter snel.

² Polypropyleen is minder sterk dan polyamide of polyester, maar is veel goedkoper en licht. Het kan echter niet tegen UV-licht.

³ Polyethyleen is goedkoop en licht. Het levert een vrij stugge touwsoort op.

⁴ Manilla wordt gewonnen uit de bananenplant (*Musa textilis*), is bruin van kleur en voelt vrij ruw aan. Manilla is sterker dan katoen en zo sterk als hennep maar minder kwetsbaar.

⁵ Polyamide is sterk en slijtvast maar zeer elastisch. Het kan tot 40% meegeven, maar neemt na het weghalen van de spanning zijn oude vorm weer aan. Als het nat verliest het wel 5% tot 25% van zijn kracht.

⁶ Hempex is een gepatenteerd sterk op hennep gelijkend kunsttouw gemaakt van polypropyleen. Vergeleken met echt hennep touw heeft het een hogere breekkracht en een langere levensduur.



Eekhoorn op touwbrug

De touwbrug kan ook aan een bestaande (elektriciteitspaal, telefoonpaal) of nieuw op te trekken houten paal(constructie) worden opgehangen. Dit biedt de mogelijkheid de constructie steviger te verankeren, zonder dat men zich zorgen moet maken over de conditie van de boom waaraan het touw normaliter wordt bevestigd. Nadelig is de noodzaak van een geleidende structuur die de paal met de boomkronen verbindt of extra voorzieningen die het beklimmen van de paal aantrekkelijk en mogelijk maken (bv. ruwe structuur). De paal mag ook niet met chemicaliën behandeld zijn omdat de geur dieren afschrikt. Naar duurzaamheid toe wordt best gebruik gemaakt van geïmpregneerd hout.



Voorbeeld van een touwbrug – in dit geval voor apen.

Enkelvoudige touwbruggen worden inmiddels sedert jaren op grote schaal toegepast in Groot-Brittannië. Het dient hoofdzakelijk voor de bescherming van eekhoorns en het systeem wordt door de Britse wegbeherende overheid als mitigerende maatregel aanbevolen (The Highways Agency, 2001). Het is tot nog toe het goedkoopste systeem.



Voorbeeld van een touwbrug (constructie 2). (foto Econnection)

Voor eekhoorn blijkt het een beproefd systeem, maar volgens *Michael Woods* (2006), die aan de basis ligt van enkele Engelse boombrugconcepten, zijn er geen aanwijzingen dat ook andere dieren, in casu hazelmuizen, gebruik maken van enkelvoudige touwbruggen, zeker niet wanneer ze lange afstanden (> 10m) overbruggen. Hazelmuizen zijn volgens hem te licht om over de touwen heen te klimmen en zouden al bij een lichte bries kunnen worden weggeblazen (cit. *Pat Morris* in *Woods*, 2006). Touwbruggen zouden daarom enkel bruikbaar zijn voor eekhoorn. Door *Minato et al.* (2008) werd evenwel in 2004 met verschillende bouwmaterialen geëxperimenteerd. De bedoeling was na te gaan of slaapmuizen ook van niet-corrosieve, kunstmatige draden gebruik maken om zicht te verplaatsen en te bepalen welke diameter ze daarbij verkiezen. Touwen werden inderdaad door Japanse relmuizen gebruikt waarbij een diameter van 6mm de voorkeur kreeg. De bestudeerde soort is evenwel een stuk groter dan onze Europese hazelmuis.

[Bekijk hier video \(voorziening 46\)](#)

4.1b. Overhangende tak of stam

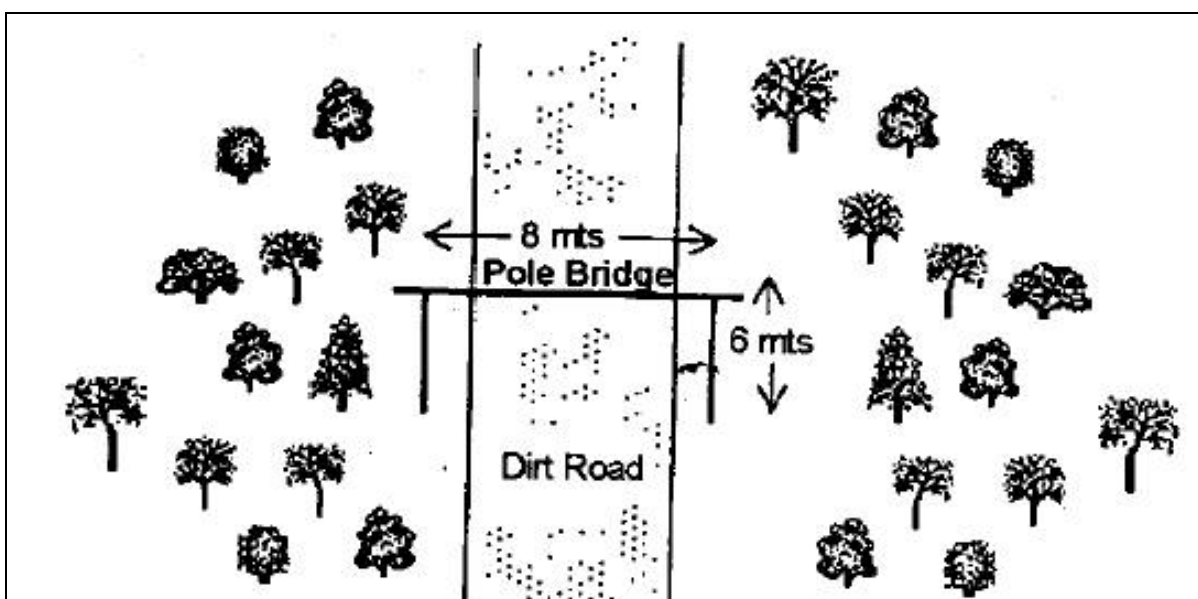
Deze constructie wordt op zich niet als boombrug gebruikt maar wordt als valsysteem voor eekhoorn beschreven (o.a. *Bekker*, 2002) en heeft dezelfde functionaliteit. Het betreft smalle stammetjes die over de weg hangen en die vanaf weerszijden schuin over een smal bospad worden geplaatst. De beschreven voorziening biedt op zich weinig mogelijkheden maar het idee erachter is wel dienstig voor de bouw van tak- en stamconstructies die over een weg heen leiden (zie 4.1c. Paalbrug). Bomen kunnen schuin tegen een andere boom of gelijkaardige constructie worden geplaatst om dieren in de hoogte te geleiden. Vooral bij moeilijk(er) toegankelijk constructies kan dit dienen om dieren (gemakkelijker) toegang te verschaffen tot bestaande constructies over een weg.



Voorbeeld van een klimconstructie die wordt gebruikt voor het vangen van eekhoorns
(foto Michel van Eupen & Eddy Oosterbosch)

4.1c. Paalbrug

Paalbruggen zijn merkwaardig genoeg (nog) niet in Europa beproefd. Het systeem is nochtans erg eenvoudig: twee verticale en goed gefundeerde palen langs weerszijden van de weg waarboven een derde paal, balk of plank horizontaal wordt gemonteerd die de twee palen in de hoogte met elkaar verbindt (Valladares-Padua *et al.*, 1995); afhankelijk van de breedte van de weg moet die centraal bijkomend worden ondersteund (bv. in de middenberm). De bovenconstructie kan ook van een houten goot met een opstaande rand worden voorzien (zie ook 'boomgoot').



Principeschets paalbrug (uit Valladares-Padua *et al.*, 1995)



Voorbeeld van een smalle paalbrug voor eekhoorn d.m.v. een overhangende stam.

4.2. Ladderbrug

4.2a. Touwladder

In het geval van een touwladder worden twee metalen kabels of touwen evenwijdig aan elkaar gespannen en door een net of met sporten met elkaar verbonden. Hiervoor worden dezelfde materialen als voor een enkelvoudige touwbrug gebruikt. Voor de netten kan gebruik worden gemaakt van bestaande netten zoals de klimnetten die vaak in de scheepvaart worden gebruikt of er kan zelf een touwrooster worden tussen gespannen, bijvoorbeeld door een derde touw in een zigzag-vorm afwisselend aan het ene en het andere touw te bevestigen (zie onderstaande figuur). De mazen van het net mogen niet te groot ($< 25\text{cm}$) maar ook niet te klein ($> 3\text{ cm}$) zijn. De breedte van de touwladder varieert maar het loopvlak ligt doorgaans tussen 20 en 50cm. Om te vermijden dat de touwladder gaat doorhangen wordt op regelmatige afstanden tussen de draagkabels een dwarslat bevestigd waaraan het net met een ring kan worden opgehangen.



Voorbeeld van een touwladder met sporten (constructie 47) (foto David Thompson)



*Bevestiging van een kabelnet aan een boom met behulp van een ketting en rubberen banden (constructie 1)
(foto Econnection)*



Voorbeeld van een touwladder met net (constructie 42)

[Bekijk hier video \(voorziening 17\)](#)

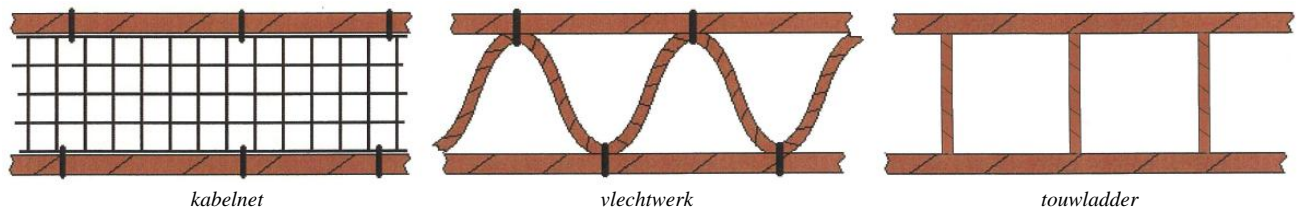
[Bekijk hier video 1 \(voorziening 42\)](#)

[Bekijk hier video 2 \(voorziening 42\)](#)

4.2b. Kabelnet

Een kabelnet volgt hetzelfde principe als een touwladder, met als enig verschil dat een fijnmaziger net van (gegalvaniseerd) metaal of kunststof wordt gebruikt, waarop meestal een loopvlak wordt aangebracht. Dit loopvlak vormt geen aaneengesloten geheel (zoals een plank) maar wordt uit

houtstukken opgebouwd (bv. schorsplaten) die aan het net worden bevestigd, zodoende dat constructie in zijn geheel beweeglijk blijft. In de plaats van boomschors kunnen ook plantaardige vezels, zoals ranken van klimplanten of lichte takken, in het net verweven worden (zie voorziening nr. 3).



Voorbeeld van de twee belangrijkste typen ladderbruggen. (illustratie Northumberland Wildlife Trust)

4.2c. Takkenmat

Van deze constructie is slechts één voorbeeld bekend (voorziening 54). Het betreft een ijl en open weefsel van takken en lianen die met nylonkoorden met elkaar vervlochten zijn tot een soort hangmat. De constructie werkt - voor zover bekend - niet omdat de dieren de constructie blijkbaar niet vertrouwen.



Voorbeeld van een takkenmat (constructie 54)



Voorbeeld van een touwtunnel (constructie 18)

4.3. Tunnelbrug

4.3a. Touwtunnel

Een touwtunnel bestaat uit een tunnelvormig netwerk van touwen die met elkaar verweven zijn of d.m.v. klemmen aan elkaar worden bevestigd. Voor het concept van een touwtunnel werd/wordt gekozen om de dieren, die doorheen de tunnel lopen, af te schermen tegen predatoren. In de praktijk bleek het merendeel van de dieren bovenop de tunnel te lopen waardoor het effect ervan verloren ging/gaat (Goosem, 2005a). Daarom is men in Australië, waar het concept (zie voorziening nr. 18) voor het eerst werd toegepast, inmiddels overgestapt naar touwladders.

4.3b. Kokerbrug

In Engeland wordt geëxperimenteerd met een buisvormige en fijnmazige (250 mm²) draadkoker die op twee stalen kabels rust (Woods, 2006). De kabels zijn verbonden met een telefoonpaal langs weerszijden van de weg. Van daaraf loopt de constructie verder door tot in de boomkronen. De koker is op regelmatige afstanden voorzien van metaalbanden die de koker samenhouden en verstevigen. De buis is binnenin losjes opgevuld met ranken en takken. Bij de constructie worden door *Pat Morris* (commentaar bij Woods, 2006) enkele bedenkingen geuit. Hij suggereert onder meer een kleinere diameter van de koker, hetgeen de constructie een stuk goedkoper maakt. Ook moet worden nagegaan of de constructie niet kan worden opgehangen aan één centrale kabel aan de bovenkant van de koker al dan niet in combinatie met een stormlijn langs weerszijden aan de buitenkant om het geheel te stabiliseren bij harde wind. Met dit gegeven wordt verder geëxperimenteerd door *Ian Stride* (2007) die binnen een omheining 6 tot 8m lange tunnels heeft gebouwd tussen verschillende kooien waarin hazelmuizen gevangen worden gehouden. Deze tunnels worden op hun beurt verbonden met gelijkaardige maar verticaal geplaatste kokers. Binnenin de koker wordt allerlei materiaal gelegd om ook daarvan de effectiviteit te beproeven, meer bepaald een mengeling van levende klimop, kamperfoelie en bosrank. Deze worden vergeleken met kokers zonder enig materiaal. Thans worden deze ook op het terrein beproefd door The Wight Squirrel Project.



Voorbeeld van een kokerbrug (constructie 39) (foto Goedele Verbeylen)

Minato et al. (2008) experimenteerde in 2005 binnen een omheining met een driehoekige kooivormige passage van draad waarop een aluminium dak werd aangebracht om ijsvorming te voorkomen. Deze diende voor de passage van slaapmuizen en werd ook door hen gebruikt. Vervolgens werd hetzelfde model over een private weg gebouwd. Zowel slaapmuizen als eekhoorns gebruikten de passage. Een verbeterd model (zie voorziening nr. 24) werd vervolgens over een grotere weg aangelegd en van enkele extra's voorzien, waaronder schuilplaatsen onder de vorm van nestkasten, ruimte voor eekhoorns, een touw onderaan voor bosmuizen en een voederplatform. De steunpalen aan de uiteinden van de passage werden met eucalyptusschors omwikkeld om deze ruwer en zodoende ook beter beklimbaar te maken.

4.4. Portaal - boomgoot

Het betreft een aanpassing aan bestaande portalen over wegen die normalerwijze worden gebruikt om signalisatie aan te brengen. Dergelijke portalen kunnen echter ook gericht als boombrug worden gebouwd of volgens het concept van een wegportaal worden aangelegd (zie voorziening nr. 12, waar gebruik werd gemaakt van een aluminium ladder en een houten loopplank).

In Japan zijn op minstens een viertal plaatsen wegportalen ten behoeve van slaapmuizen omgebouwd (zie voorzieningen nr. 3 en 23), waarbij evenwel de oorspronkelijk signalisatiefunctie behouden bleef. Daarvoor werd de constructie met een metalen net omwikkeld om de passage af te schermen tegen mogelijke predatoren en werd onderaan een houten loopplank bevestigd om de constructie 's nachts af te schermen tegen de lichten van voorbijrijdende auto's alsook om een stabiel loopvlak aan te bieden. Binnenin de kooi werden rankvormige takken (van klimop) gelegd waarlangs geklommen kon worden en werden op regelmatige afstanden nestkasten geplaatst als dekking. Aan beide uiteinden zorgden loopplanken voor de aansluiting op de boomkronen. Om de aansluiting te optimaliseren werd rondom enkele snel groeiende bomen aangeplant.



Voorbeeld van een portaal met boomgoot (constructie 2) (foto Econnection)

In Nederland werd een bestaand portaal aangepast ten behoeve van boomarter⁷. Deze zogenaamde “boomarterbrug” bestaat uit een houten goot die op het portaal is geplaatst en de weg dwarst. Door de opstaande kanten van de goot kunnen de dieren er niet van af vallen en hebben ze geen last van de autolichten van voorbij rijdende auto’s. Voor de drainage werden smalle spleten tussen de planken opgehouden. De goot loopt aan beide uiteinden van het portaal door op een horizontale buis die het portaal met een houten peiler verbindt met een platform van waaruit 5 vuistdikke scheepstouwen de verbinding maken met de boomkronen.

De boomarterpassage over de A12 werd geprefabriceerd in een atelier en in twee nachten over de weg geplaatst. In principe is ze onderhoudsvrij en 10 tot 15 jaar houdbaar.

5. Aanvullende voorzieningen bij boombruggen

Behalve aan de constructie van de boombrug op zich, moet ook aandacht worden besteed aan voorzieningen die voor de geleiding naar de boombrug zorgen en die overstekende dieren veilig en efficiënt over de weg geleiden. Tegelijk moeten ze de oversteekvoorziening voor de beoogde soort(en) aantrekkelijk en toegankelijk maken.

5.1. Anti-predatiesystemen

Dieren die van een boombrug gebruik maken, stellen zich vaak bloot aan predatie. Dit is één van de redenen waarom een aantal constructies tunnelvormig worden aangelegd. Enkelvoudige en/of vlakvormige constructies bieden van bovenaf immers geen bescherming. In het geval van een touwladder of een kabelnet kan centraal boven de boombrug en evenwijdig aan de randen een smalle, maar zichtbare kabel worden gespannen om predatie door roofvogels te bemoeilijken en te ontmoedigen.

5.2. Voederplateaus en andere aantrekkingselementen

Om dieren naar de voorziening aan te trekken kan ter hoogte van de brugtoegang een voederplatform worden aangelegd. Dit is een platte plaat waarop voedsel wordt gestrooid. In de regel wordt dit enkel initieel gebruikt en blijft het voederen achterwege van zodra een regelmatig gebruik van de boombrug wordt vastgesteld. Uiteraard zijn ook andere constructies mogelijk om dieren met voedsel te lokken zoals het aanbrengen van voedersilo’s voor eekhoorns.



Zowel natuurlijke als kunstmatige elementen zoals balken/planken of klimplanten kunnen de geleiding naar de boombrug versterken.

⁷ De constructie werd gebouwd door het aannemersbedrijf Gebroeders van Doorn uit Geldermalsen (Nederland). www.vandoorngeldermalsen.nl

Een duurzamere oplossing biedt de aanplanting van vruchtdragende bomen en struiken nabij de toegang tot de boombrug, zoals hazelaar, eik en grove den en diverse soorten besstruiken.

5.3. Nestkasten

In Japan (zie voorzieningen nr. 3 en 23) werden in tunnelvormige boombruggen op wegportalen nestkasten aangebracht die de oversteekplaats voor slaapmuizen aantrekkelijker moesten maken. Deze werden ook effectief aangenomen en leverden zodoende een ecologische meerwaarde op (Minato *et al.*, 2008). Nestkasten kunnen ook in de nabijheid van de voorziening worden aangebracht om dieren aan te trekken, maar ook het behoud en/of inbrengen van dood hout en holle bomen kan dit bevorderen. Velerlei verstoppplaatsen in of nabij de boombrug maken de locatie hoe dan ook aantrekkelijker voor verschillende soorten.



Portaalboombrug voor Japanse relmuis met nestkasten en extra klimvoorzieningen(constructie 3) (foto Minato)

5.4. Aansluitingen en klimstructuren

Niet alle boombruggen sluiten naadloos aan op de beboste omgeving. Om de aansluiting te verbeteren kunnen (snel groeiende) bomen in de nabijheid van de brugtoegangen worden aangeplant. Daarbij moet er echter op worden toegezien dat deze naderhand de boombrug niet kunnen beschadigen, bijvoorbeeld doordat takken er tegenaan gaan schuren of de bomen in de structuur groeien.

Om alsnog een aansluiting te realiseren met de in de nabijheid groeiend bomen wordt de boombrug met touwen of smalle houtconstructies verbonden met de boomkronen. Doorgaans vertrekken meerdere touwen of planken in verschillende richtingen vanaf een aanzitplaats op het uiteinde van de constructie in de richting van de bomen. Uiteraard geldt dit alleen voor grotere constructies en kunnen enkelvoudige touwbruggen beter rechtstreeks met de boomkronen verbonden worden.

Sommige boombruggen eindigen op een steunpaal die tussen de bomen wordt geplaatst. Dergelijke kunnen een grove structuur krijgen door hierin inkepingen te voorzien die de paal beklimbaar maken; ook kunnen ze met een grove schors (bv. van eucalyptus) of een net worden omwikkeld. Ook kunnen inheemse en gebiedseigen klimplanten, zoals klimop, bosrank en kamperfoelie tegen de paal worden aangeplant, zodanig dat deze begroeid raakt. In het geval de constructie voldoende stevig is kan men er ook voor opteren om deze te laten overgroeien met klimplanten.



*Aanzitplaats aan de toegang respectievelijk uitgang van een boomgoot aan een portaalboombrug (constructie 2). Deze staat met verschillende touwen in verbinding met de boomkronen van aangrenzende bomen.
(foto Econnection)*

5.5. Vulsel

Aan bepaalde typen van boombruggen kunnen natuurlijke elementen worden aangebracht die de constructie aantrekkelijker maken. Zo kunnen lichte stukken boomschors(plaat), takken of ranken aan of in de constructie worden bevestigd. Gesloten boombruggen kunnen met diverse materialen luchtig worden opgevuld (o.a. met takken, met ranken van klimop, kamperfoelie en bosrank of met sisal⁸) en in sommige gevallen kunnen deze geheel of gedeeltelijk door klimplanten worden overgroeid. In het laatste geval moet erop worden toegezien dat de constructie niet te zwaar wordt en door de klimplanten naar beneden wordt getrokken.



Schors van eucalyptus.



Kokerbrug (constructie 39) gevuld met ranken en takken.

⁸ Sisal is een tropische vezel die wordt gewonnen uit de bladeren van plantensoorten van het geslacht Agave. De vezel is hygroscopisch, d.w.z. dat het de eigenschap heeft om vocht op te nemen.

5.6. Klimbeveiliging

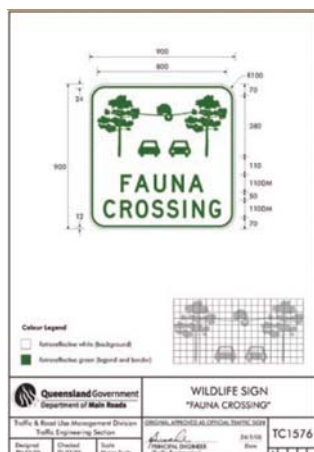
Boombruggen die een lange afstand overspannen, moeten op enkele centrale punten worden ondersteund. In zulke gevallen is het belangrijk dat dieren op deze plaatsen de boombrug niet kunnen verlaten. Daarom wordt onder de boombrug rond de paal die de constructie ondersteunt een kraag van gladde harde plastic of metaalplaat aangebracht die de dieren verhindert om langs de paal naar beneden te klimmen. De kraag wordt lichtjes afgeschuind (<1%) om waterstagnatie te vermijden, maar de dieren mogen er niet af kunnen glijden. Eenzelfde constructie wordt ook aan telefoon- of elektriciteitspalen aangebracht wanneer deze worden gebruikt om een boombrug aan te bevestigen. In dit geval wordt de kraag boven de boombrug op de paal gemonteerd en wordt deze sterker afgeschuind omdat de dieren er zich niet zouden kunnen aan optrekken.



Een kraagconstructie moet dieren ervan weerhouden om de boombrug te verlaten via een ongewenste weg en dwingt hen in de richting van het uiteinde van de boombrug. (foto Pauline Fitzgibbon)

5.7. Waarschuwingsborden

In Australië zijn op enkele plaatsen waarschuwingsborden geplaatst die de aanwezigheid van een boombrug aangeven. Deze hebben vooral een informatieve waarde en dienen minder voor de veiligheid.



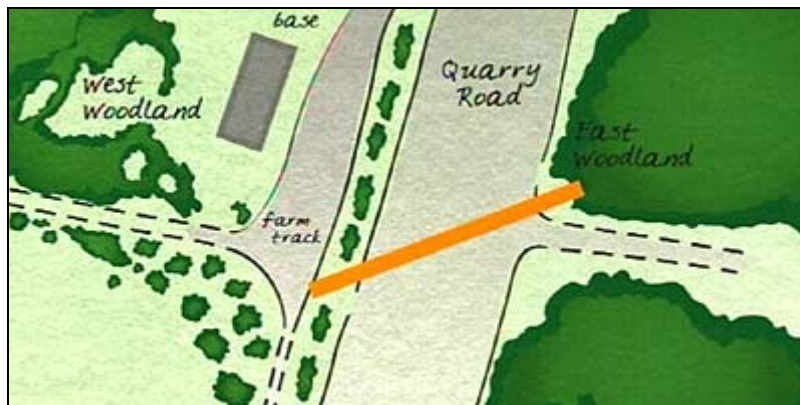
Werktekening (links) en voorbeeld van een waarschuwings- en/of informatiebord nabij een boombrug (rechts).

6. Technische aspecten

Aan de bouw zitten van een boombrug zitten enkele technische aspecten vast die de efficiëntie en werkzaamheid van de constructie moeten garanderen en ervoor zorgen dat de constructie maximaal rendeert.

6.1. Aard van de constructie

De keuze voor een welbepaalde constructie wordt ingegeven door de aard van de weg en de doelsoorten. De te overbruggen afstand, evenals de levenswijze en de manier van verplaatsen van de beoogde diersoorten, kunnen daarbij richtinggevend zijn; maar ook de aansluitingsmogelijkheden op de omgeving kunnen mee bepalend zijn. Ze moet in ieder geval voldoende stabiliteit bieden aan dieren die er overheen lopen. Een eenvoudige constructie volstaat doorgaans op plekken waar de open ruimte tussen de boomkronen beperkt is, maar wanneer grotere afstanden moeten worden overbrugd, zijn stevigere en stabielere constructies te verkiezen. De constructie kan ook worden aangepast aan bestaande voorzieningen of aansluiten op nieuw geplande wegvoorzieningen.



De keuze van de inplantingsplaats(en) moet vooraf goed worden doordacht (constructie 39).

De verschillende constructies die besproken worden, zijn het resultaat van talrijke experimenten met systemen, die naderhand zijn aangepast. Zo werd de touwladder ontworpen nadat werd vastgesteld dat dieren die touwtunnels gebruiken vaak bovenop de tunnel lopen, waardoor de beschermende tunnelwerking nutteloos wordt en dergelijke groots uitgebouwde constructie weinig zin heeft en nodeloos veel kost. Thans wordt ook vastgesteld dat dieren die van touwladders gebruik maken meestal op de touwen langs zij van de ladder lopen en weinig gebruik maken van het tussenliggende touwnet (Magnus *et al.*, 2004). Het net kan zorgt weliswaar voor de nodige stabiliteit, maar mogelijk kan een eenvoudige netconstructie hiervoor volstaan. Uiteindelijk biedt ook een netwerk van enkelvoudige bruggen een goede oplossing. Dieren die behendig zijn en over een goed evenwichtsvermogen beschikken, balanceren immers zonder veel problemen over smalle kabels wanneer deze voldoende strak gespannen zijn en dit vaak over lange afstanden (Magnus, 2006).

Thans wordt nog steeds geëxperimenteerd met uiteenlopende systemen, waaronder enkele nieuwe systemen zoals kokerbruggen (Stride, 2007). Daarbij wordt vooral gezocht naar werkzame maar goedkope systemen die op grotere schaal toepasbaar zijn of waarvan m.a.w. met beperkte financiële middelen meerdere exemplaren over een wegtraject kunnen worden aangelegd. Over enkele grotere soorten zoals de boommarter (maar ook steenmarter) ontbreekt alsnog de nodige informatie om een beproefd concept voor te kunnen stellen.

Algemeen geldt dat een goede en zo nauw mogelijke aansluiting op de natuurlijke omgeving steeds belangrijk is. Daarbij moet er op gelet worden dat de constructie niet kan worden beschadigd, bijvoorbeeld door waiende bomen of vallende of afbrekende takken. Om de efficiëntie te verhogen

moet er ook voor gezorgd worden dat geen of althans zo weinig mogelijk verstoring rond of nabij de boombrug optreedt. Zo is verlichting nabij de boombrug te vermijden en moet ook de inval van licht van voorbijrijdende wagens vermeden of beperkt worden – zeker op drukke(re) wegen. Er dient ook voor gezorgd te worden dat de dieren niet (teveel) worden afgeleid of geneigd zijn een weg te zoeken die wegloopt van de voorziening.

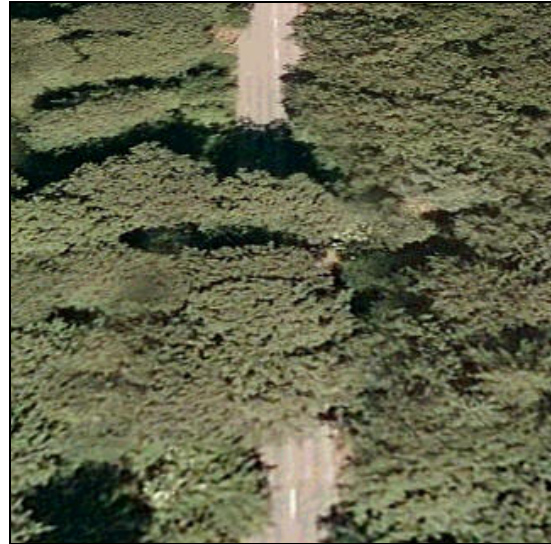


Het systeem van een touwladder (constructie 18) werd ontworpen nadat werd vastgesteld dat buideldieren die van een touwtunnel gebruik maakten hoofdzakelijk bovenop de voorziening liepen.

6.2. Ligging

De aanleg van een boombrug is alleen zinvol op plaatsen met veel bomen zoals in bossen en parken ofwel op plaatsen waar bomen(rijen) als geleidende structuren fungeren, zoals in lanen en dreven, of waar bomenrijen door wegen worden doorsneden.

De keuze van de plaats waar een boombrug best wordt aangelegd, moet grondig worden doordacht. De aanleg gebeurt het best op een plaats waar dieren regelmatig een weg oversteken. Dit is te achterhalen door vooraf de belangrijkste aanrijdingplekken in kaart te brengen ofwel door middel van observatie na te gaan waar dieren regelmatig de weg oversteken. Wanneer dergelijke locaties niet (meteen) te achterhalen zijn of de plaatsen, waar een constructie kan worden aangelegd, beperkt zijn, dan dienen begeleidende maatregelen te worden genomen om de beoogde dieren naar de geplande locatie aan te trekken. Dit kan onder meer door de aanplanting van voedselplanten rondom of nabij de boombrug of door de aanleg van een voedselplek (bv. een voedselplatform) die aansluit op de constructie. Ook het aanbrengen van nestkasten op of rond de boombrug kan de dieren aantrekken (zie ook 'Aanvullende constructies bij boombruggen').



*Het behoud of herstel van de boomkroonaansluiting is de meest efficiënte maatregel om boombewonende dieren veilig over een weg te geleiden - Terhulpsse steenweg (Zoniënwoud)
(fotomanipulatie Econnection op basis van beeld Google Earth)*

Bij de keuze van de inplantingsplaats moet rekening worden gehouden met de ruimtelijke organisatie van een populatie. Voor een goede werking is het noodzakelijk dat de brug valt binnen de home range van één of meerdere dieren. Dit is althans het geval bij eekhoorns (Magris, 2000; Magris & Gurnell, 2002). Dieren die buiten hun home range een weg proberen over te steken zijn doorgaans onvoldoende vertrouwd met de omgeving om van de boombrug gebruik te maken. Mannetjes hebben doorgaans grote, overlappende home ranges en wijfjes kleinere, weinig of niet overlappende home ranges. Een boombrug zal daardoor wel door meerdere mannetjes kunnen gebruikt worden, maar waarschijnlijk maar door één wijfje, namelijk door het wijfje waarvan het territorium grenst aan de boombrug. Daarom heeft het plaatsen van één enkele boombrug over een weg met aan weerszijden honderden meters bos weinig zin. In aaneengesloten bossen zal over regelmatige afstanden - bij voorkeur om de 100 m - een brug moeten worden voorzien. Enkel wanneer het gaat om een verbinding tussen meerdere kleine bosjes, waar doorgaans maar een beperkt aantal dieren vertoeft, kan één enkele boombrug zinvol zijn, vooral wanneer de dieren omwille van voedselgebrek gedwongen worden om regelmatig een weg te kruisen. Behalve de grootte van het bos, kan ook de bomensamenstelling van het bos een rol spelen in het benodigde aantal boombruggen. In loofbos hebben bijvoorbeeld eekhoorns veel grotere home ranges dan in naaldbos, en kunnen de bruggen dus verder uit elkaar geplaatst worden. Daarnaast is er de jaarlijkse variatie in voedselaanbod, met schommelende densiteiten en dus ook wisselende aantallen overstekende dieren tot gevolg. En in een versnipperd gebied, zullen vooral mannetjes veel vaker wegen moeten oversteken, willen ze met meerdere wijfjes kunnen paren. (schrift. med. *Goedele Verbeylen*)

In enkele gevallen kunnen bestaande constructies de aanleiding zijn om op een welbepaalde plaats een boombrug te bouwen. In dergelijke omstandigheden is er weinig keuze, tenzij de reeds aanwezige constructie op eenvoudige wijze kan worden verplaatst. Dit is echter zelden het geval. Nieuwe constructies over een weg, zoals de bouw van wegportaal, een voetgangersbrug, een kabelgoot of een andere overspanning, kunnen de aanleiding zijn om tegelijk een boombrug te bouwen en beide te combineren. In dergelijk geval is steeds te overwegen of de geplande constructie ook op een ecologisch meer rendabele locatie kan worden aangelegd. Dit vereist een regelmatige gegevensuitwisseling tussen ecologische beleidsmakers en wegbeheerders, waarbij elk bouwplan wordt geëvalueerd op mogelijke ecologische, ruimtelijke of landschappelijke meerwaarden.

Er is nog enige discussie omtrent de noodzaak of de boombrug moet worden afgeschermd tegen predatoren of niet. Vooral roofvogels herkennen vrij snel de plekken waar regelmatig prooien kunnen gevonden worden. Wanneer ze zich op boombruggen toespitsen, kan de efficiëntie van de constructie

aanzienlijk verminderen. Aan dit probleem kan worden verholpen door de constructie bovenaan af te schermen; hiervoor zijn reeds verschillende systemen bedacht. Maar ook de gespreide aanleg van meerdere constructies over een weg en een natuurlijke inkapseling van de voorziening kan aan de predatiedruk verhelpen.



In grote aaneengesloten bossen die door een weg doorsneden worden, is het wenselijk om meerdere boombruggen (constructie 18) op regelmatige afstanden van elkaar te voorzien. (foto Birgit Kuehn)

6.3. Materiaalkeuze

Om een langdurige functionaliteit te waarborgen wordt steeds gewerkt met duurzame materialen. Dit zijn stevige materialen die niet alleen gure weersomstandigheden doorstaan, zoals wind, vorst, sneeuw en regen, maar ook UV-bestendig zijn wanneer ze langdurig aan zonlicht worden blootgesteld. De oppervlakken waarop dieren moeten lopen moeten ook steeds voldoende grip bieden en mogen niet door mosvorming tot gladheid leiden. Het gebruik van geïmpregneerd hout moet vermeden worden, omdat alleen al de geur afstotend werkt voor dieren. Bij gebruik van hout is het beter te werken met thermisch behandeld of geplatoniseerd hout⁹.

Voor touwen en netten wordt vaak gebruik gemaakt van kunstvezels omdat deze doorgaans sterker en niet rotten. Daartegenover staat ze iets minder grip bieden doordat ze stugger en gladder zijn.

6.4. Hoogte

De boombrug moet steeds op een voldoende hoogte worden aangelegd; dit om te voorkomen dat hoge voertuigen, zoals vrachtwagens, er tegenaan rijden en de constructie meetrokken. De hoogte is daarom sterk afhankelijk van het verkeersgebruik en kon overeenkomstig hiermee variëren. In de regel wordt een minimale hoogte van 6m boven de rijbaan voorgesteld. Dit is 1,5 m hoger dan de minimale

⁹ Gewoon thermisch behandeld hout wordt onder hoge druk verhit, vervolgens gedroogd en tenslotte in droge toestand verhit. In tegenstelling tot vele andere veredelingsprocessen, wordt het hout tijdens het platoniseren onder lagere temperaturen verhit, waardoor de waardevolle celstructuur van het hout intact blijft. Platoniseren is m.a.w. een vorm van thermische veredeling, waarbij houten balken onder hoge druk gestoomd en gebakken worden, waardoor het de eigenschappen van hardhout verkrijgt. Plato-hout (Providing Lasting Advanced Timber Option) wordt op de markt gebracht door het Nederlandse bedrijf 'Plato Wood Products' uit Arnhem.

veiligheidshoogte voor onderdoorgangen van 4,5 m voor vrachtverkeer¹⁰. Bij de montage van bepaalde boombruggen, zoals de enkelvoudige touwbrug, moet rekening worden gehouden met een doorzakhooft van een tweetal meters bij het aanbrengen van het touw aan aangrenzende bomen.



Hoogte en lengte worden bepaald door de verkeerssituatie en de afstand tot dichtstbijzijnde opgaande begroeiing. De brug (constructie 17) mag het verkeer niet hinderen en de bomenrand bevindt zich zo dicht mogelijk bij de straatrand. (foto Colobus Trust)

6.5. Lengte

De lengte van een boombrug is afhankelijk van de te overbruggen afstand en kent in principe geen beperkingen. Er zijn boombruggen gebouwd die afstanden van meer dan 70m overbruggen (Goosem, 2005a). De stabiliteit verminderd evenwel naargelang de afstand groter wordt en daarom wordt bij grote afstanden doorgaans gewerkt met extra steunpalen die de constructie centraal ondersteunen. In dergelijke gevallen kunnen evenwel dieren, die de boombrug gebruiken, in de verleiding komen om onderweg de boombrug af te dalen. Daarom moeten op deze plaatsen voorzieningen worden aangebracht die de dieren verhinderen van de tussenliggende constructie gebruik te maken om de boombrug te verlaten. Dit kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van een gladde, breed uitstaande, ronde en eventueel iets naar beneden hellende metaalkraag (zie § “Aanvullende constructies bij boombruggen - Klimbeveiliging”).

Langgerekte constructies zijn ook sterk onderhevig aan de wind. Daarom worden ze best op een windluwe locatie aangelegd. Wanneer dit niet mogelijk is dan moet de boombrug met zijdelingse strak gespannen kabels of touwen worden gestabiliseerd.

¹⁰ Overeenkomstig de Eurorichtlijn 85/3 die eveneens in de Belgische wetgeving werd omgezet, mag de maximale hoogte van een vrachtwagen 4m bedragen.

6.6. Montage en onderhoud

De bouw van grote(re) boombruggen over drukke wegen gebeurt in de regel buiten de bouwplaats omdat de montage ter plaatse teveel tijd in beslag neemt en onnodig het verkeer zou stremmen. Eenvoudige constructies, zoals touwbruggen, daarentegen kunnen mits enige voorbereiding snel en efficiënt worden aangebracht. Vaak vormen de veiligheidsmaatregelen die moeten genomen worden bij de montage van de boombrug een belangrijke kostenpost. Bij de aanleg wordt meestal gewerkt met een hoogwerker maar voor touwbruggen worden ook boomverzorgers ingezet die in de bomen klimmen om de touwen te bevestigen.



De geprefabriceerde stukken van een boombrug (constructie 2) worden doorgaans met behulp van een hoogwerker op de locatie aangebracht. (foto Van Doorn)

Een regelmatige inspectie van de constructie moet ervoor zorgen dat de boombrug optimaal functioneert en blijft functioneren en dient er ook voor te zorgen dat zowel de veiligheid van de dieren die brug gebruiken als de veiligheid van de weggebruiker gegarandeerd blijft (zie § ‘Veiligheidsaspecten’). Noodzakelijke herstellingen moeten zo snel mogelijk worden uitgevoerd.

Het onderhoud beperkt zich doorgaans tot het vrijhouden van het loopvlak van de boombrug en het verwijderen van hinderlijke elementen of elementen die de boombrug beschadigen of dreigen te beschadigen. Doorgaans beperkt zich dit tot het verwijderen van bladval op de brug en het snoeien van takken van bomen die tegen de brug schuren.

Een duurzame boombrug dient zonder ernstig ingrijpen minimum 10 tot 15 jaar mee te gaan, zeker wanneer het grotere voorzieningen betreft. In het geval van een enkelvoudige touwboombrug is vervanging op kortere termijn noodzakelijk (doorgaans om 7 à 9 jaar) maar meestal is dit werk eenvoudig en geenszins duur.

7. Veiligheidsaspecten

Het hangt sterk af van het wegtype (breedte, verkeersdruk) welke maatregelen moeten genomen worden om de veiligheid van de boombrug te garanderen. Algemeen geldt dat de boombrug - van

welk type ook - stevig verankerd moet worden en aan extreme weersomstandigheden moet kunnen weerstaan - voornamelijk aan wind. Dit is een reden om - meestal in het geval van grotere constructies - de constructie niet rechtstreeks aan de bomen te bevestigen maar aan palen die verankerd worden in fundamenteën. Ook sneeuwophoping en ijsvorming op de constructies moeten vermeden worden. Dit is één van de redenen waarop een grofmaziger net veiliger is dan een fijnmaziger. Vooral wanneer een grote(re) wegbreedte (> 6m) moet worden overbrugd moet in een voldoende solide constructie worden voorzien omdat dan vaak de beschuttende werking van de bomenrand verminderd of wegvalt.



Bevestiging van een boombrug aan gefundeerde palen verhoogt de veiligheid omdat deze steviger zijn en de kans op gebreken quasi uitgesloten is. Dit in tegenstelling tot een bomen die levende materie is en onderhevig aan gebreken. (foto Pauline Fitzgibbon)

Ook aan de dieren die van de constructie gebruik maken moet enige zekerheid geboden worden. Zo mogen de dieren er niet kunnen afvallen, zodat de constructie niet alleen voldoende houvast moet bieden maar ook geen noemenswaardige hindernissen mag stellen. Dergelijke veiligheidsgarantie verzekert ook de veiligheid van de weggebruiker, want een dier dat onverwacht naar beneden dondert of onderweg voedsel verliest, kan tot ongevallen leiden. Vooral op drukke verkeerswegen, waarop vaak snel gereden wordt, moet hieraan de nodige aandacht worden besteed. De dieren mogen onderweg ook niet in de verleiding komen om de boombrug af te dalen, bijvoorbeeld omdat ze een verticale geleidende constructie - in een middenberm - tegenkomen. Om dezelfde reden moet ook in goede aansluiting van de boombrug op de omliggende vegetatie worden voorzien. Daarom eindigt de constructie best op enige afstand van de wegberm. Zonodig moeten gevaarlijk elementen (bv. hoogspanningsleidingen of andere elektriciteitsvoorzieningen) die voor de dieren via de boombrug bereikbaar zijn, worden afgeschermd (zie § “Aanvullende constructies bij boombruggen - Klimbeveiliging”).

De boombrug moet eveneens tegen vandalisme worden afgeschermd en mag geen aanleiding geven tot roekeloos gedrag door mensen, die omwille van overmoed of om welke andere reden dan ook, proberen langsheen dergelijke constructie een weg over te steken.

Een regelmatige controle van de boombrug draagt eveneens bij tot de veiligheid. Afhankelijk van de gebruikte materialen moet na verloop van tijd met beschadiging en aftakeling rekening worden gehouden. Daarom is het belangrijk duurzame materialen te gebruiken en/of de brug op een min of meer tegen weersomstandigheden beschermde plaats te bouwen. Ook moet een controle plaatsvinden

op loszittende onderdelen of de aanwezigheid van voorwerpen die vanuit de omgeving op de boombrug zijn terechtgekomen, zoals takken.

Omdat losliggende of –zittende elementen op de weg kunnen terechtkomen wordt het aanbrengen van onderdelen die het gebruik bevorderen maar kunnen loskomen (bv. boomschors, ranken, takken), vermeden. Beter is het ervoor te zorgen dat ze stevig verankerd zitten.

De constructie mag in geen enkel geval het wegverkeer bemoeilijken. D.w.z. dat de constructie op een voldoende hoogte moet worden aangebracht om te vermijden dat vrachtwagens ertegenaan rijden. Om dezelfde reden worden eventuele steunpalen een eind van de weg af geplaatst. Een slecht gebouwde boombrug heeft in het verleden reeds tot dodelijke slachtoffers onder weggebruikers geleid (Bat Conservation Trust, 2007).

Tenslotte mag de brug de voorbijrijdende automobilist niet afleiden. Daarom wordt ze het best uit het zicht onttrokken of wordt ervoor gezorgd dat de aandacht van de automobilist niet door een overstekend dier wordt getrokken.

8. Opvolging

8.1. Monitoringtechnieken

Na de bouw van een boombrug is het belangrijk te weten of de voorziening (voldoende) werkt en welke soorten er gebruik van maken. In veel gevallen beperkt dergelijk onderzoek zich tot de registratie van een gebruik en levert dit geen uitsluitsel over de efficiëntie en effectiviteit van de voorziening. Om dit te beoordelen, is niet alleen een registratie van het aantal passages over de voorziening maar ook over het geheel van de weg noodzakelijk. Gericht onderzoek is nodig om te achterhalen of en in welke mate hiermee verkeersslachtoffers worden voorkomen en een populatie-uitwisseling hersteld dan wel bevorderd wordt. Dit gebeurt echter zelden (van Ree *et al.*, 2007). Het feit dat er plaatselijk minder dieren overreden worden door het plaatsen van een boombrug, betekent nog niet dat dit enige impact heeft op de gehele populatie. Immers niet alleen het aantal overreden dieren van een soort is van belang, maar ook het geslacht en de leeftijd van de dieren. Alles wijst erop dat de veel mobielere mannetjes - die een grotere home range bezetten en met zoveel mogelijk wijfjes proberen te paren - vaker een weg oversteken dan wijfjes en dus ook sneller overreden kunnen worden. In een groot, aaneengesloten bos zullen er waarschijnlijk altijd voldoende mannetjes overblijven om het voortbestaan van de populatie te verzekeren, vooral omdat bij de beoogde soorten één mannetje voldoende is om meerdere wijfjes zwanger te maken. In een zeer kleine en versnipperde populatie daarentegen zal de impact waarschijnlijk veel groter zijn. Hier bestaat sowieso al een grote kans dat door toeval een of beide geslachten uitsterft, waarna evenwel terug kolonisatie kan optreden als het bos niet te geïsoleerd ligt. Zo werd in het geïsoleerde Nachtegalenpark in Wilrijk - waar een boombrug voor eekhoorn hangt - eind jaren '80 een eekhoornpopulatie geïntroduceerd. In de eerste jaren was de introductie niet geslaagd door sterfte en (niet-succesvolle) emigratie, waardoor op een bepaald moment geen mannetjes meer aanwezig waren. Een nieuwe introductie van mannetjes leidde hier uiteindelijk wel tot een voldoende grote, levensvatbare populatie. Doordat een opvolging van de boombrug achterwege bleef is onbekend of de brug hierin een effectieve rol heeft gespeeld. Belangrijk is immers niet alleen te weten of de boombrug gebruikt wordt - hetgeen in dit geval effectief zo is - maar ook hoeveel en welke eekhoorns de brug gebruiken alsook hoeveel en welke eekhoorns de weg overlopen zonder gebruik te maken van de brug en daarbij vast te stellen of dit gebruik al dan niet een invloed heeft op de grootte en overleving van de populatie. (schrift. med. *Goedele Verbeylen*)



Gebruik van een infraroodcamera voor monitoring van een boombrug.

Om het gebruik van de voorzieningen na te gaan, zijn er verschillende technieken beschikbaar, waaronder:

- *Directe observatie* Rechtstreekse waarneming van soorten al dan niet met behulp van een verrekijker. Tijdens nachtobservaties wordt gebruik gemaakt van een lichtbron (30 W) die van een roodfilter is voorzien.
- *Verzamelen van uitwerpselen* Daarvoor wordt een fijnmazig en voldoende breed net onderaan een touwtunnel of onder een aanzitplaats bij de brugtoegang gespannen. Hierin worden de uitwerpselen en haren van zich krabbende dieren opgevangen. In het geval van een touwladder kan deze techniek niet worden gebruikt en wordt gewerkt met trechters van fijnmazige gaasdraad die in verbinding staan met een collector van lichte PVC onderaan de ladder.
- *Haarvallen* Al naargelang de aard van de constructie worden tweezijdige kleefstroken aangebracht waarin haren van dieren blijven plakken. Dit kan o.m. op het loopoppervlak of langsheen de wanden worden aangebracht. Zonodig worden de dieren doorheen een vernauwing geforceerd, zodat ze verplicht zijn om tegen de kleefband aan te schuren.
- *Fotografie* Gebruik van door een bewegingsgevoelige cel aangestuurde (infrarood- of video)camera die doorgaans aan het uiteinde van de boombrug wordt opgesteld.

Het kan enige tijd duren alvorens een boombrug in gebruik wordt genomen of door de beoogde soorten wordt gevonden of aanvaard. Monitoring van boombruggen kan daarom best in een later stadium plaatsvinden; dit is ten vroegste een half jaar na aanleg.



Verder onderzoek kan ertoe leiden om nieuwe geleidingssystemen te bedenken zoals deze touwbrug die dieren vanaf een bosrand naar een tunnel onder de weg geleid. (foto Jonathan Munro)

8.2. Resultaten experimenten en monitoring

Diverse systemen werden inmiddels beproefd, maar slechts weinigen werden langdurig of op het gepaste tijdstip en met geschikte middelen opgevolgd. Daardoor zijn er slechts weinig gegevens omtrent de werking van de hier beschreven boombruggen bekend. Vooral wat de Europese toepassingen betreft zijn er geen of enkel partiële gegevens bekend. Doorgaans geven die weinig uitsluitend omtrent de aspecten die beslissend zijn voor de goede werking. Daardoor beperkt het onderzoeksresultaat zich vaak bij de vaststelling dat bepaalde dieren al dan niet van de voorziening gebruik maken, zonder iets te weten over het hoe en waarom.

9. Vergunningen

Boombruggen mogen niet zondermeer over een weg worden gehangen. Dit wil zeggen dat de toestemming is vereist van de wegbeheerder. Een stedenbouwkundige vergunning is evenwel niet verplicht zolang het om eenvoudige constructies gaat tot en met portieken (med. *Willy Van Wallegem* - afdeling Elektriciteit en Mechanica EMG - via schrift. med. *Marleen Moelants*, Agentschap Wegen en Verkeer). Dergelijke constructies worden aanzien als straatmeubilair.

Literatuurlijst boombruggen

Onderstaande literatuurlijst omvat niet alleen de publicaties waarnaar in de tekst verwezen wordt maar eveneens de publicaties waarin boombruggen als item worden vermeld (zie aanduiding *). Daarnaast is ook een referentielijst van artikels uit tijdschriften, kranten en websites met verwijzingen naar boombruggen opgemaakt.

Akkerman, S., Canters, K., Bogogert, D. & Hosper, H. (1989): *Verstrengeling; een nadere uitwerking van een natuur- en landschapsonwerp voor de regio Hulshorst*. Rapport nr. 75. Institute of Environmental Sciences – Universiteit Leiden.

Alleijn, F., van der Linden, P., Vink, H. & Wijsman, H. (1998): *Boommarters blijven in de noordelijke Utrechtse Heuvelrug en in het Gooi*. Goois Natuurreservaat e.a. – Hilversum.

Bat Conservation Trust (2007): *BCT Mitigation Conference Proceedings - Wire bridges*. University of Leicester 25-26 april 2007. Bat Conservation Trust . p.109-111.

Bekker, H. (2002): *Lopen op hoogte. Hoe steken in bomen levende zoogdieren wegen over?* Zoogdier 13 (4). p.3-8.

Bekker, H. (2005a): *Lopen op hoogte nu mogelijk*. Zoogdier 16 (2). p.13-15.

Bekker, H. (2005b): *Taking the high road: treetop bridges for arboreal mammals*. On the road to stewardship – Wildlife impacts and conservation solutions. Proceedings ICOET 2005 – chapter 8: Small mammals. p.323-323e.

Bekker, H., van der Grift, E.A. (2005): *Versnippering: een wereldwijd probleem*. Groen 61(10): p.32-34. *

Bennet, A.F. (1998): *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. IUCN Gland, Cambridge. *

Boshamer, J., van der Wal, A. & Thomassen, E. (Editors) (2004): *Mammal Survey Rakitovec, Slovenia*. Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming, Arnhem. p.42.

Brandjes, G.J., van Vliet, F., Sips, H.J.J. & van Beurden, R. (2006): *Monitoring gebruik faunapassages Rijkswaterstaat Utrecht. Onderzoek boommarterbrug (A12) en Ecoduct Leusderheide (A28)*. Bureau Waardenburg, Culemborg i.o. Rijkswaterstaat, Utrecht.

Bright, P., Morris, P., & Mitchell-Jones, T. (2006): *The dormouse conservation handbook*. Second edition. English Nature, Peterborough.

Broekhuizen, S. & Müskens, G.J.D.M. (1998): *Nieuwe kansen voor de boommarter?* Zoogdier 9 (1). p.18-20.

Econnection (2008): *Haalbaarheidsstudie betreffende de verbinding van de delen van het Zoniënwoud die van elkaar gescheiden zijn door de Terhulpe steenweg en de spoorlijn 161 Brussel – Luxemburg*. Onderzoeksrapport opgemaakt i.o. Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM), Brussel.

Goosem, M. (2005a): *Effectiveness of rope bridge arboreal overpasses and faunal underpasses in providing connectivity for rainforest fauna*. On the road to stewardship – Wildlife impacts and conservation solutions. Proceedings ICOET 2005 – chapter 8: Small mammals. p.304-316.

Goosem, M. (2005b): *Wildlife Surveillance Assessment Compton Road Upgrade 2005: Review of Contemporary Remote and Direct Surveillance Options for Monitoring*. Report to the Brisbane City Council – Cairns. Cooperative Research Centre for Tropical Rainforest Ecology and Management, Rainforest CRC. *

Goosem, M. & Turton, S. (2000): *Impacts of roads and powerlines on the wet tropics of Queensland world heritage area*. James Cook University, Cairns - Wet Tropics Management Authority and Rainforest CRC. *

Goosem, M., Weston, N. & Bushnell, S. (2006): *Effectiveness of rope bridge arboreal overpasses and faunal underpasses in providing connectivity for rainforest fauna*. In: **Irwin, C.L., Garrett, P. & McDermott, K.P.** (2006): *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment - North Carolina State University, Raleigh. p.304-316. *

The Highways Agency (2001): *Nature Conservation Management Advice in Relation to Dormice*. In: **The Highways Agency** (2001): *Design Manual for Roads and Bridges*. London, Edinburgh, Cardiff, Belfast: The Highways Agency, The Scottish Executive Development Department, The National Assembly for Wales, Department for Regional Development.

Keeley, A.T.H. (in pub.): *Mitigating the effects of roadways on bats*.

Koutstaal J. (2005): *Faunapassages: verbindingen tussen groene wegen*. Tuin en landschap 7 (5): p.40-41. *

Kruidering, A.M., Veenbaas, G., Kleijberg, R., Koot, G., Rosloot, Y., & van Jaarsveld, E. (2005): *Leidraad faunavoorzieningen bij wegen*. DWW-2005-002. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde. p.120-123. *

Limpens, H. & Twisk, P. (2004): *Met vleermuizen overweg*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) en Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming (VZZ).

Luell, B., Bekker., H.G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G. & Hicks, C. (2003): *Wildlife and Traffic. A European handbook for identifying conflicts and designing solutions*. COST 341 - Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure. KNNV Publishers, Brussels. *

Luell, B., Bekker., H.G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G. & Hicks, C. (2007): *Faune et Trafic. Manuel européen d'identification des conflits et de conception de solutions*. Rapport COST 341 - Fragmentation des habitats due aux infrastructures de transport. KNNV Publishers, Bruxelles. *

Lyon, J. & Horwich, R.H. (1996): *Modification in tropical forest patches for wildlife protection and community conservation in Belize*. In: **Schelhas, J. & Greenberg, R. (ed.)** (1996): *Forest patches in tropical landscapes*. Island Press, Washington.

Magnus, Z. (2006): *Wildlife Roadkill Mitigation Information Kit. A guide for local government and land managers*. Sustainable Living Tasmania, Tasmania.

Magnus, Z., Kriwoken, L.K., Mooney, N.J. & Jones, M.E. (2004): *Reducing the Incidence of Wildlife Roadkill. Improving the visitor experience in Tasmania*. CRC Sustainable Tourism, Tasmania.*

Magris, L. (2000): *Squirrel Rope Bridges on Jersey*. Environmental Services Unit, State of Jersey Planning and Environment, 4/2000.

Magris, L. & Gurnell, J. (2002): *Population ecology of the red squirrel (Sciurus vulgaris) in a fragmented woodland ecosystem on the Island of Jersey, Channel Islands.* Journal of Zoology 256 (1). p.99-112.

Minato S., Iwabuchi M., Aiba H., Sato Y., Sechihara J., Otake K., Okada M., Iwamoto K., Oda S., Kobayashi H. & Wakabayashi C. (2008): *Demonstration and research of animal pathways over roads for arboreal animals.* 7th International Dormouse Conference. September 2008. p.30-31.

Ministerio de Medio Ambiente (2006): *Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte.* Número 1. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. *

Müller-Stiess, H. & Büchner, S. (2005): *Examples of eco or green bridges for dormice in Germany.* 6th International Conference on Dormice (Gliridae), Siedlce (Poland), september 20-24, 2005.

Queensland Department of Main Roads (2000): *Fauna sensitive road design. Past and existing practices.* Volume 1. Queensland Department of Main Roads, Planning, Design and Environment Division. p.29-46. ([online versie](#)) *

Rainforest CRC (2002): *Why did the ringtail cross the road?* April 2002. *

Rainforest CRC (2005): *High ambitions. More Canopy Bridges for the Wet Tropics.* September 2005. p.6. *

Rasey, A. (2006): *Best practice in enhancement of highway design for bats.* Highways Agency Report.

Scott, K. (1988): *R.C.S. President visits North Queensland.* Liane 29. p.27.

Sétra (2008) : *Routes et chiroptères – État des connaissances.* Sétra.

Stride, I. (2007): *PTES-funded dormouse bridge study.* The Dormouse Monitor - autumn 2007. p.4.

Thurber, M. & Ayarza, P. (2005): *Canopy Bridges along a Rainforest Pipeline in Ecuador.* SPE Asia Pacific Health, Safety and Environment Conference in Kuala Lumpur, Richardson.

Valladares-Padua, C., Cullen, L. & Padua, S. (1995): *A pole bridge to avoid primate road kills.* Neotropical Primates 3 (1). p.13-15.

van der Linden, P. (1993): *Gooise ecologische infrastructuur.* Milieufederatie Noord-Holland, Zaandam.

Van Ree, R., Gulle, N., Holland, K., van Grift, E., Mata, C. & Suarez, F. (2007): *Overcoming the barrier effect of roads. How effective are mitigation strategies?* Bridging the gaps, Naturally. p.423-431.

Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming (2006): *De Boomarter in de Gelderse vallei. Met uw hulp blijft ie.* Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming (VZZ), Arnhem. *

Weston, N. (2001): *Bridging the rainforest gap.* Wildlife – Australian Magazine. p.16-19.

Weston, N.G. (2003): *The provision of canopy bridges to reduce the effects of linear barriers on arboreal mammals in the Wet Tropics of north-eastern Queensland*. M.Sc. thesis, James Cook University, Cairns.

Wieczorek, P., Byrtek, P., Sulek, P., Nowakowski, W. & Dabrowski, R. (2005): *The project of protection of Dormice in the Complex of Jura Landscape Parks (S.Poland)*. 6th International Conference on Dormice (Gliridae), Siedlce (Poland), september 20-24, 2005. *

Woods, M. (2006): *Dormouse bridge, Sommerset*. The Dormouse Monitor - autumn 2006. p.7.

Woods, M. (2008): *Dormouse ecology and mitigation*. Proof of evidence on behalf of the White Horse Alliance. Public inquiry into the A350 Westbury bypass 2008.

Samenvatting

Noodzaak van boombruggen en beoogde soorten

Om de impact van verkeer en verkeersinfrastructuur te milderen zijn reeds tal van oversteekvoorzieningen bedacht. Deze zijn vooral afgestemd op soorten die zich over de grond verplaatsen. Boombewonende dieren hebben het voordeel dat ze zich doorheen de kronen van bomen bewegen, waardoor ze niet genoodzaakt zijn om een weg op de begane grond over te steken. Hierdoor worden aanrijdingen vermeden. Voorwaarde is evenwel dat de bomen langs weerszijden van de weg met hun kronen op elkaar aansluiten. Dit is niet altijd en overal het geval. Voor dergelijke gevallen zijn constructies bedacht die de verbinding tussen de bomen herstellen: de zogenaamde "boombruggen". Boombruggen zijn enkel dienstig voor soorten die zich regelmatig verplaatsen doorheen de kronen van bomen en daarbij gebruik maken van het uitgebreide takkennetwerk. Deze groep van boombewonende zoogdieren beperkt zich in ons land tot eekhoorn, boomarter en de drie soorten slaapmuizen - hazelmuis, eikelmuis en relmuis.

Boombruggen garanderen niet altijd dat dieren van de beoogde soorten niet meer overreden worden ook al wordt de boombrug door hen gebruikt. Er zijn steeds omstandigheden waarbij de dieren alsnog rechtstreeks de weg oversteken, zoals in het geval dat ze door een soortgenoot of predator worden achternagezeten.

Dieren die de keuze krijgen verkiezen haast altijd een natuurlijke verbinding. De takkenstructuur van een boom is met geen enkele kunstmatige constructie na te bootsen. In geval van wegeaanleg of – verbreding kan door het behoud van bomen, waarvan de kronen ver over de weg reiken en langs weerszijden van de weg met elkaar in verbinding staan, een natuurlijke boombrug behouden blijven; ofwel kunnen gericht (snelgroeïende) bomen worden aangeplant die op termijn deze functie vervullen.

In de regel heeft het weinig zin om slechts één enkele boombrug te voorzien, tenzij op specifieke knelpunten of op plaatsen waar bossen langs weerszijden op elkaar uitlopen of andere hoog opgaande houtige landschapstructuren met elkaar in verbinding staan. Over wegen die bossen doorsnijden worden daarom beter meerdere boombruggen op regelmatige afstanden van elkaar over de weg gelegd.

Oorsprong van boombruggen en mogelijke typen

Boombruggen vinden hun oorsprong in landen ver buiten Europa. De eerste werd in 1963 gebouwd voor eekhoorn in de Amerikaanse staat Washington. De huidige concepten ontstonden in Australië voor buideldieren, in Afrika, Zuid-Amerika, Centraal-Amerika en Azië voor apen en in Azië voor slaapmuizen. In Europa was de bouw van boombruggen haast uitsluitend voor eekhoorn bedoeld. Thans krijgt ook de boombrug voor hazelmuis de volle aandacht, voornamelijk in Groot-Brittannië, terwijl in Nederland voor het eerst een boombrug voor boomarter is aangelegd.

Er zijn tal van structuren bedacht om dieren in de hoogte over een weg te geleiden. Ze hebben allemaal een loopstructuur gemeen waarlangs de dieren veilig en ongestoord de weg kunnen oversteken. Het verschil zit in de materialen waarmee de brug wordt gebouwd alsook in de aard van de constructie.

Er kunnen drie typen worden onderscheiden, met elk drie subtypen, nl.:

1. *Enkelvoudig boombrug* (touwbrug - overhangende tak of stam - paalbrug)

- A. De touwbrug is de meest eenvoudige boombrug en bestaat uit een gedraaid touw van natuurlijke of kunstmatige vezels, dat strak over de weg wordt gespannen en voldoende dik is om er dieren op een stabiele wijze overheen te laten lopen. Eventueel kan ook een bundel van touwen worden gebruikt die evenwijdig en op een korte afstand van elkaar lopen.

- B. Een overhangende tak of stam kan eveneens als verbinding dienen. Deze constructie werd op zich nog niet als boombrug getest maar werd reeds voor jachtdoeleinden met succes ingezet.
- C. Ook de paalbrug die op voormeld systeem voortbouwt werd (nog) niet in Europa beproefd. Het systeem is nochtans erg eenvoudig: twee verticale palen langs weerszijden van de weg waarboven een derde paal, balk of plank horizontaal wordt gemonteerd en die de twee palen in de hoogte met elkaar verbindt.

2. *Ladderbrug* (touwladder – kabelnet – takkenmat)

- A. In het geval van een touwladder worden twee metalen kabels of touwen evenwijdig aan elkaar gespannen en door een net of met sporten met elkaar verbonden. Hiervoor worden dezelfde materialen als voor een enkelvoudige touwbrug gebruikt.
- B. Een kabelnet volgt hetzelfde principe, met als enig verschil dat een fijnmaziger net van (gegalvaniseerd) metaal of kunststof wordt gebruikt, waarop meestal een loopvlak wordt aangebracht.
- C. De takkenmat vormt een ijl en open weefsel van takken en lianen die met nylonkoorden met elkaar vervlochten zijn tot een soort hangmat.

3. *Tunnelbrug* (touw-tunnel – kokerbrug - portaal / boomgoot)

- A. Een touw-tunnel bestaat uit een tunnelvormig netwerk van touwen die met elkaar verbonden zijn. Voor het concept werd/wordt gekozen om de dieren, die doorheen de tunnel lopen, af te schermen tegen predatoren. In de praktijk blijkt het merendeel van de dieren echter bovenop de tunnel te lopen.
- B. Momenteel wordt geëxperimenteerd met een buisvormige en fijnmazige (250 mm²) draadkoker die op twee stalen kabels rust en waar de dieren doorheen kunnen lopen. De kabels zijn verbonden met een telefoonpaal langs weerszijden van de weg.
- C. Het portaal betreft een aanpassing en/of inrichting van bestaande portalen over wegen die normalerwijze worden gebruikt om signalisatie aan te brengen. Dergelijke portalen kunnen echter ook gericht als boombrug worden gebouwd. In sommige gevallen wordt hierin een houten goot gelegd die als loopvlak dienst doet. Dergelijke goot kan echter ook op zich als boombrug dienstdoen.

Aanvullende voorzieningen

Bij de boombruggen behoren ook enkele voorzieningen die de goede werking ervan moeten ondersteunen, zoals:

- voorzieningen die predatie moeten voorkomen of bemoeilijken;
- voederplateaus en andere elementen die de dieren naar de voorziening lokken;
- nestkasten en verstoppplaatsen die de constructie in het leefgebied integreren en als verblijfplaats aantrekkelijk maken;
- aansluitingen en klimstructuren die de verbinding van de constructie met de boomkronen maken;
- elementen die de constructie een natuurlijk(er) uitzicht geven;
- klimbeveiliging die de dieren verhinderen om de constructie te verlaten op plaatsen waar dit ongewenst is;
- waarschuwingsborden die de aanwezigheid van een boombrug aangeven.

Technische aspecten

Ook zijn er enkele technische aspecten die een goede werking moeten verzekeren, zoals:

1. Aard van de constructie

De keuze voor een welbepaalde constructie wordt ingegeven door de aard van de weg en de doelsoorten. De te overbruggen afstand evenals de leefwijze van de beoogde diersoorten kunnen daarbij richtinggevend zijn, maar ook de aansluitingsmogelijkheden op de omgeving kunnen mee

bepalend zijn. De constructie moet steeds voldoende stabiliteit bieden aan dieren die er overheen lopen en moet een vlotte en veilige doorgang bieden.

2. Ligging

De aanleg van een boombrug is enkel zinvol op plaatsen met veel bomen ofwel op plaatsen waar bomen(rijen) als geleidende structuren fungeren of door wegen worden doorsneden. De keuze van de plaats waar een boombrug wordt aangelegd, moet vooraf grondig worden doordacht. De aanleg gebeurt het best op een plaats waar dieren regelmatig een weg oversteken en houdt rekening met de ruimtelijke organisatie van een populatie.

3. Materiaalkeuze

Het gebruik van duurzame materialen moet een langdurige functionaliteit waarborgen. Het betreft stevige materialen die niet alleen gure weersomstandigheden doorstaan maar ook UV-bestendig zijn.

4. Hoogte

De boombrug moet steeds op een voldoende hoogte worden aangelegd om te voorkomen dat hoge voertuigen er tegenaan rijden en de constructie meetrekken.

5. Lengte

De lengte van een boombrug is afhankelijk van de te overbruggen afstand en kent in principe geen beperkingen. De stabiliteit verminderd evenwel naargelang de afstand groter wordt en daarom wordt over grote afstanden gewerkt met extra steunpalen.

6. Montage en onderhoud

De bouw van grote(re) boombruggen gebeurt in de regel buiten de bouwplaats omdat de montage ter plaatse teveel tijd in beslag neemt en onnodig het verkeer zou stremmen. Eenvoudige constructies, zoals touwbruggen, daarentegen kunnen mits enige voorbereiding snel en efficiënt worden aangebracht. Het onderhoud achteraf is eveneens erg belangrijk voor de efficiëntie.

7. Veiligheidsaspecten

Algemeen geldt dat boombruggen stevig verankerd moeten worden en aan extreme weersomstandigheden moeten weerstaan. Een regelmatige controle van de boombrug draagt tot de veiligheid bij. Gevaarlijke situaties moeten vermeden worden en dit niet alleen voor de weggebruikers maar evenzeer voor de dieren die de constructie gebruiken. De constructie mag in geen enkel geval het wegverkeer of het gebruik bemoeilijken ofwel de voorbijrijdende automobilist of de gebruiker afleiden.

Opvolging

Na de bouw van een boombrug is het belangrijk te weten of de voorziening (voldoende) werkt en welke soorten er gebruik van maken. Daarvoor bestaan verschillende monitoringtechnieken ter beschikking waaronder directe observatie, het verzamelen van uitwerpselen, het gebruik van haarvallen, (infrarood-) fotografie en/of (video)camera. Om de efficiëntie en effectiviteit te kunnen beoordelen, is niet alleen een registratie van het aantal passages over de voorziening maar ook over het geheel van de weg noodzakelijk. Gerichter onderzoek is nodig om te achterhalen of en in welke mate hiermee verkeerslactoffers worden voorkomen en een populatie-uitwisseling hersteld dan wel bevorderd wordt.

Bijlagen

Bijlage 1. Overzicht boombruggen

1. Enkelvoudig boombrug
2. Ladderbrug
3. Tunnelbrug
4. Portaal - boomgoot

Bijlage 2. Overzicht “grijze” literatuur

Bijlage 3. Volledige lijst van boombruggen (enkel digitaal)

Bijlage 4. Videodocumentatie boombruggen (enkel digitaal)

1. Touwbrug - eekhoornbrug Bourget du Lac (Savoie - Frankrijk) (voorziening nr. 46)
2. Touwladder - apenbrug Diani (Kenia) (voorziening nr. 17)
3. Touwladder - brug voor vliegende eekhoorn en andere buideldieren Victoria (Australië) (voorziening nr. 42) - reportage 1
4. Touwladder - brug voor vliegende eekhoorn en andere buideldieren Victoria (Australië) (voorziening nr. 42) - reportage 2

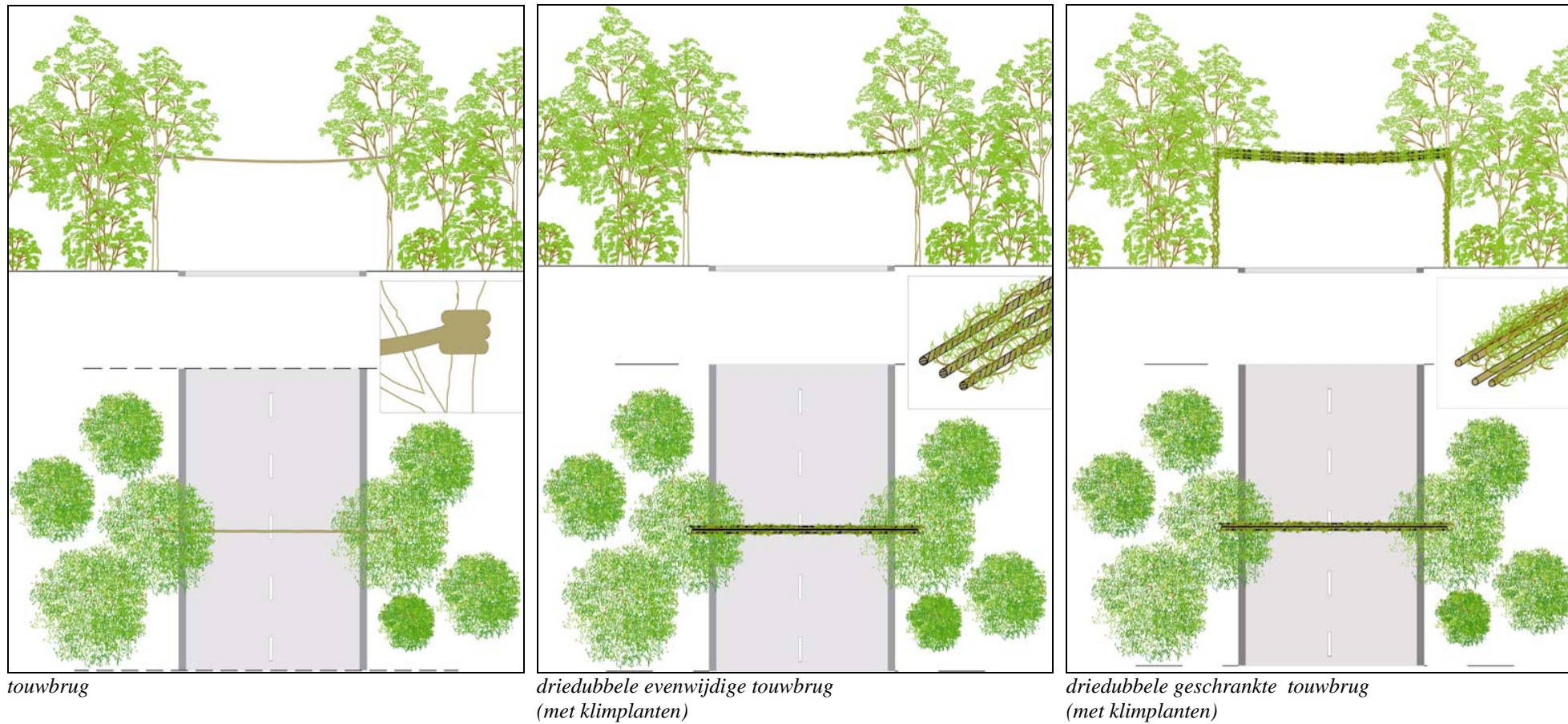
Bijlage 1. Overzicht boombruggen

Bijlage 2. Overzicht “grijze” literatuur

Overzicht van persberichten en kleine artikels betreffende boombruggen.

Bijlage 1. Overzicht boombruggen

1. ENKELVOUDIG BOOMBRUG

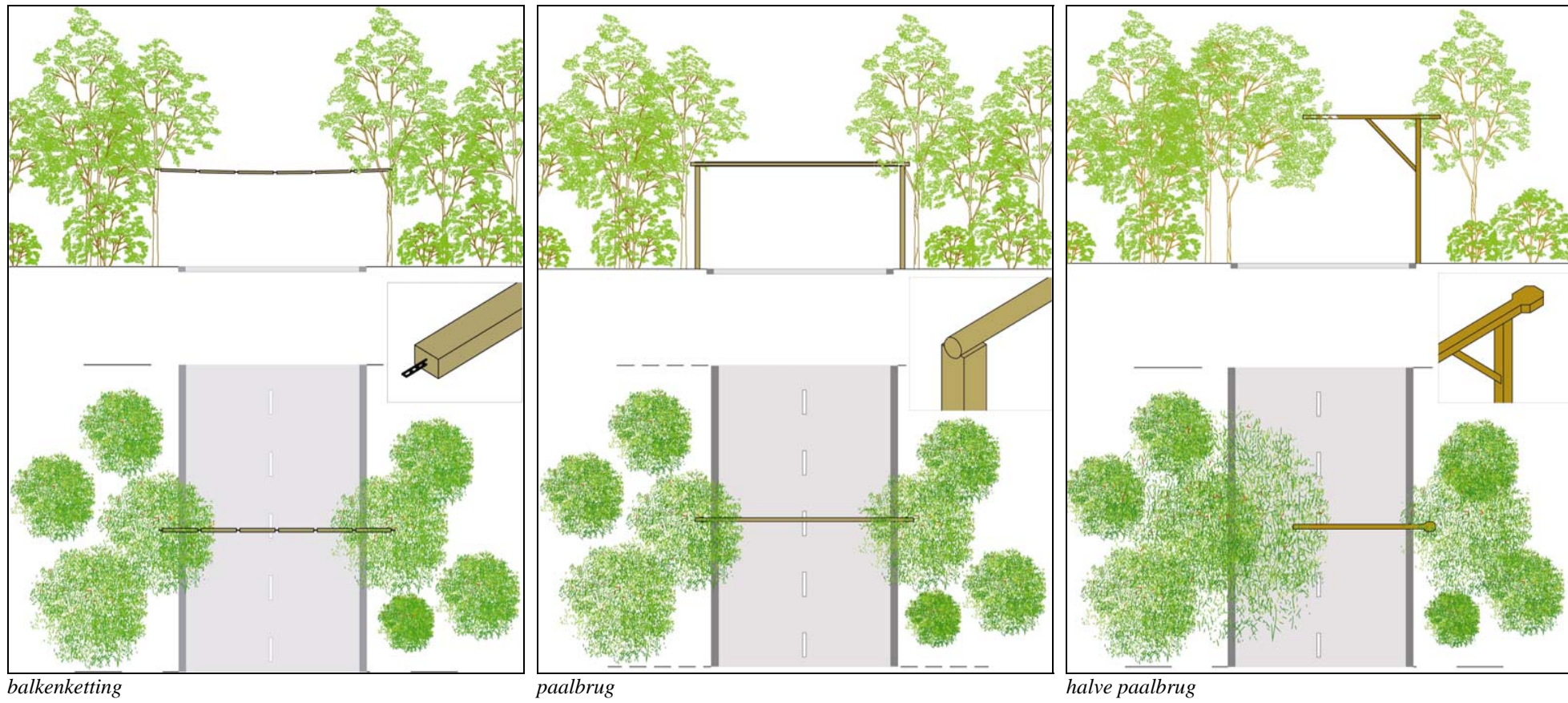


type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat	
I. ENKELVOUDIG BOOMBRUG								
IA.	TOUWBRUG	4	nylon touw	eekhoorn	Bonne Nuit (Jersey – Groot-Brittannië)	10 cm dik nylon scheepstouw gespannen over 6,5m brede weg en dit over een afstand van respectievelijk 6,5 m (1987) en 9,5 m (1995).	nee	De eerste touwbrug was succesvol en werd reeds na enkele weken door zowel volwassen als jonge dieren gebruikt. De tweede brug was minder succesvol, vermits de dieren alsnog in de nabijheid van de brug de weg over de grond overstaken. Een mogelijke verklaring voor het succes van de ene boombrug is de ligging ervan in de home range van meerdere eekhoorns.
		8		eekhoorn	Cumbria (Groot-Brittannië)		nee	Geen informatie.

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
	9	touw	eekhoorn	Ryde (Wight – Groot-Brittannië)	5 cm dik scheepstouw over een afstand van respectievelijk 13 m (1996) en ? m (200?). Langs weerszijden van de brug werd een voederplaats aangelegd om eekhoorns aan te lokken.	nee	Het duurde eventjes vooraleer de brug door de eekhoorns werd aangenomen, maar ondertussen wordt deze goed gebruikt. Over de tweede brug die pas later werd aangelegd zijn voorlopig geen gegevens bekend.
	10	touw	eekhoorn	Morpeth (Northumberland - Groot-Brittannië)		nee	
	11	touw	eekhoorn	Glenmore Forest Park (Schotland - Groot-Brittannië)		nee	
	15	touw	hazelmuis	Brandon wood (Warwickshire – Groot-Brittannië)	15m lang touw gespannen over weg op een hoogte van 6m. Bedoeling is dat (een deel van) het touw overgroeit geraakt met kamperfoelie	nee	Tenminste één hazelmuis werd gezien die gebruik maakte van de brug.
	16	touw	apen	Mombassa (Kenia)	Henneptouw van 8cm dik en 12m lang, gespannen over een weg op een hoogte van 6m.	nee	Diverse zichtwaarnemingen.
	20	touw	eekhoorn	Turriff (Aberdeenshire - Groot-Brittannië)		nee	
	21	touw	ringstaartbuideldieren	Kingborough (Tasmanië)	12mm dik, dubbel geweven scheepstouw dat tussen twee bestaande telefoonpalen en/of bomen wordt gespannen. Het touw wordt aan de uiteinden samengesmolten om uitrafelen te voorkomen en wordt met een beschermhuls aan de bomen gebonden om de stammen niet te beschadigen. Aan de palen werden de touwen bevestigd aan oogvijzen die in de paal werden gedraaid. Om te voorkomen dat de dieren hogerop in de elektriciteitspaal zouden klimmen werd t.h.v. de touwaansluiting een kraag van metaalplaat aangebracht. Voor 5 voorzieningen werd in totaal 200m touw gebruikt. Twee bruggen werden op 100m van elkaar over de weg gespannen terwijl drie andere dienden om een kruispunt tussen twee wegen te overbruggen.	ja	Beperkte opvolging (twee avondobservaties), waarbij de beoogde soorten weliswaar werden gezien in de bomen waaraan de boombrug was vastgemaakt maar waarbij geen van de dieren de brug gebruikte.
	26	touw	eekhoorn	Cragside, Coquetdale (Groot-Brittannië)	10m lang touw over weg	nee	Onbekend
	28	touw	eekhoorn	Loch Lomond & Trossachs National Park, Leeds (Groot-Brittannië)	Touw; 2 plaatsen. Aan de toegangen werden voedselplekken aangelegd.	ja	Monitoring met behulp van camera's. Effectief gebruik door eekhoorn; locatie blijkt echter van groot belang.
	29	touw	eekhoorn	Aberdeen (Groot-Brittannië)	Dik touw gespannen over viervaksbaan. Rondom werden bomen aangeplant.	nee	Onbekend.

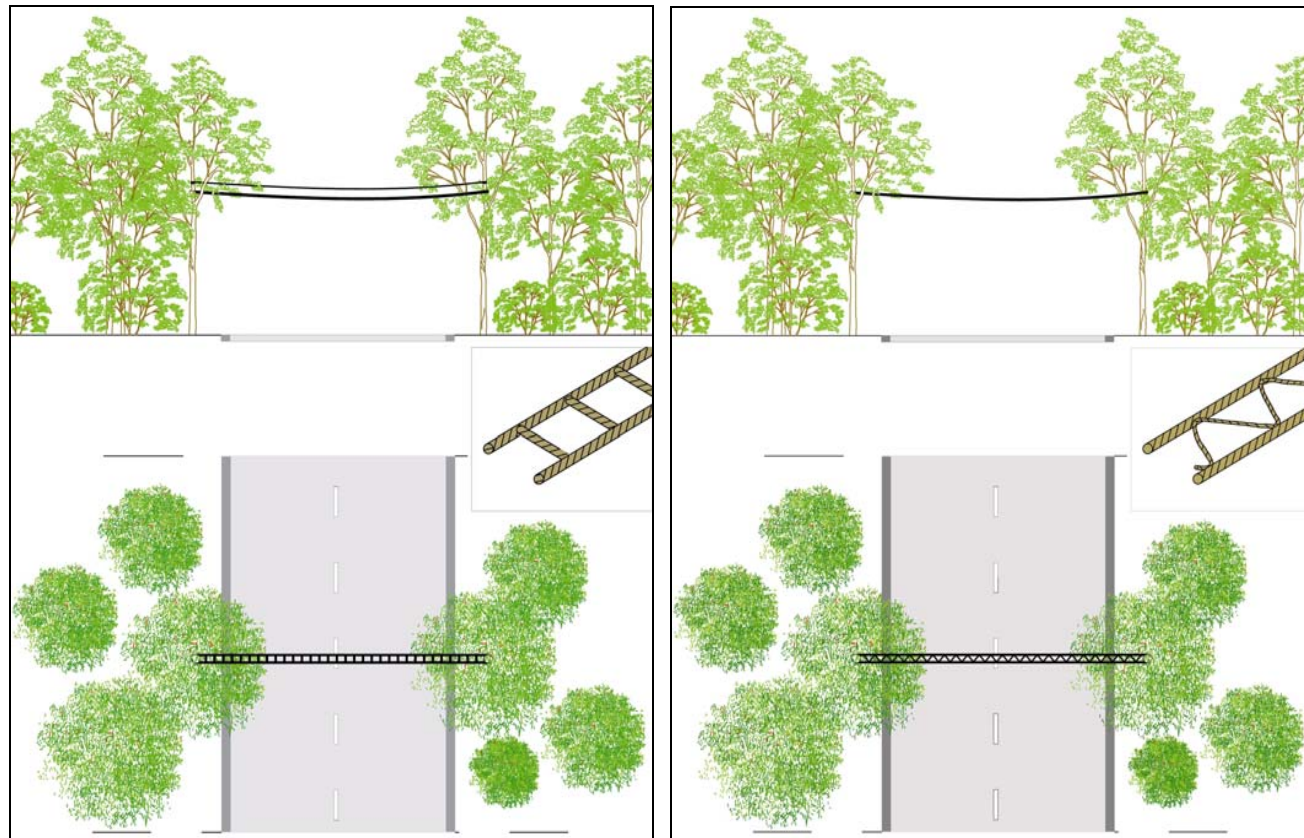
type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
	30	touw	eekhoorn	Arbroath (Groot-Brittannië)	2cm dik touw tussen twee bomen gespannen op een hoogte van 7m boven de rijbaan en dit over een afstand van 17m.	nee	Onbekend.
	31	touw	eekhoorn	streek Templeton (Groot-Brittannië)		nee	
	32	touw	eekhoorn	Banchory (Groot-Brittannië)		nee	
	33	touw	eekhoorn	Torphins (Groot-Brittannië)		nee	
	35	touw	eekhoorn	Aboyne (Groot-Brittannië)	Gepland.	nee	
	36	touw	eekhoorn	Ellon (Aberdeenshire - Groot-Brittannië)		nee	
	37	touw	eekhoorn	Anglesey (Groot-Brittannië)	Gepland.	nee	
	40	touw	eekhoorn	Ince Blundell, nabij Formby (Merseyside - Groot-Brittannië)		ja	
	43	touw	eekhoorn	Dundee (Groot-Brittannië)	Dik touw, gespannen tussen twee bomen over een afstand van 12m.	nee	Onbekend.
	44	touw	eekhoorn	Dundee (Groot-Brittannië)	Dik touw, gespannen tussen twee bomen over een afstand van 12m.	nee	Onbekend.
	45	touw	eekhoorn	Yarmouth (Wight - Groot-Brittannië)		nee	Onbekend.
	46	touw	eekhoorn	Bourget du Lac (Savoie - Frankrijk)	Onder elkaar gebonden dik en dun touw, gespannen tussen twee bomen op 6m hoogte boven de rijbaan en over een afstand van 40 à 50m. Aan de uiteinden hangt het onderste dunne(re) touw in een lus met knopen.	ja	Gedocumenteerd gebruik. Bekijk hier video (voorziening 46)

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat	
1. ENKELVOUDIG BOOMBRUG								
1B.	TAKKENBRUG	13	boomtak en -stam	eekhoorn	Dakbong (Sehang – Zuid-Laos)	Takken/dunne stammetjes die vanaf de beide wegzijden schuin over de weg worden opgesteld en bovenaan elkaar kruisen.	ja	Beschreven als valsysteem en als dusdanig succesvol voor de vangst van eekhoorns, althans op smalle boswegen.



type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat	
1. ENKELVOUDIG BOOMBRUG								
1C.	PAALBRUG	53	hout	apen	São Paulo (Brazilië)	Ronde, verticaal geplaatste houten palen waar bovenop - horizontaal - een derde houten paal is gelegd op een hoogte van 6m.	nee	De brug werd onmiddellijk na voltooiing door de beoogde soorten gebruikt.

2. LADDERBRUG

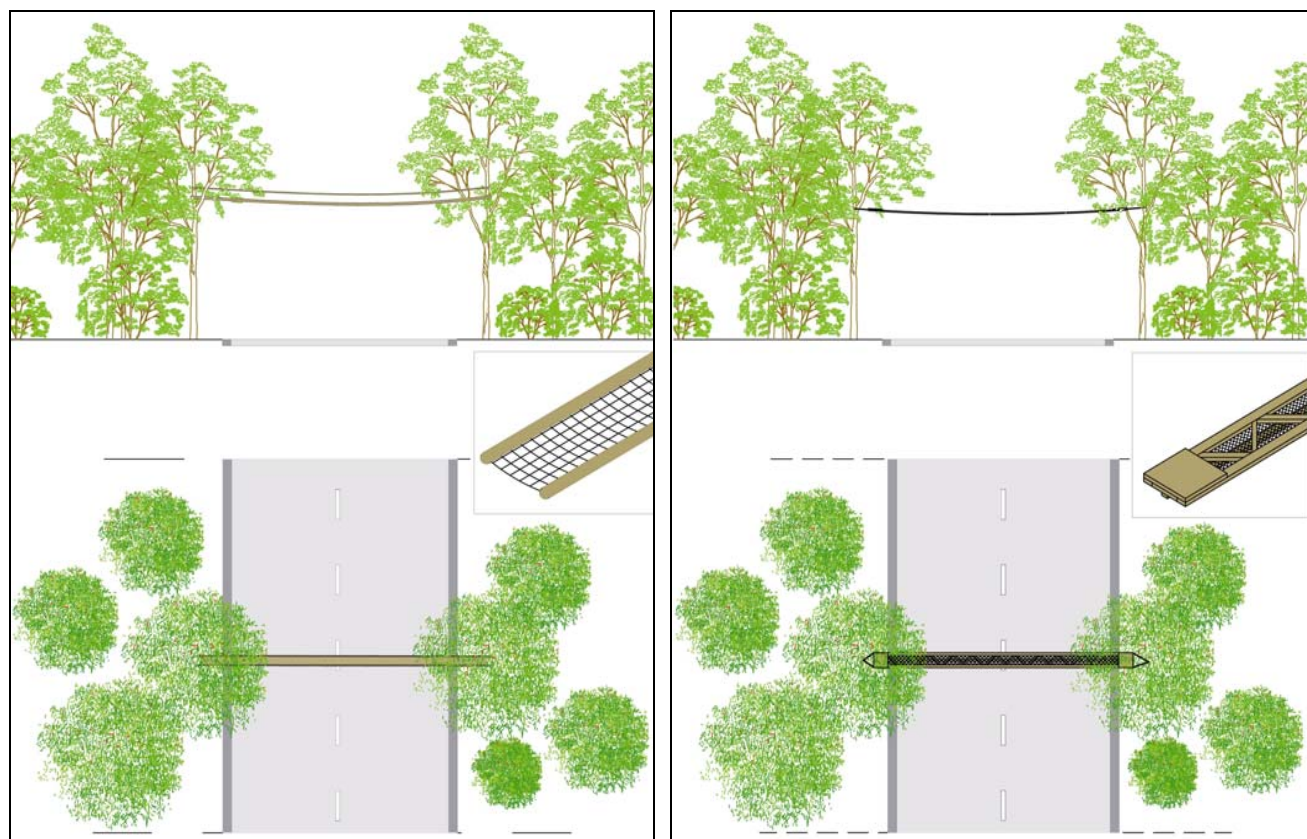


touwladder met rechte sporten

touwladder met zigzaggende sporten

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
2. LADDERBRUG							
2A.	TOUWLADDER	6	touw		Clwyd (North Wales - Groot-Brittannië)	nee	
		17	staalkabel/PVC/rubber	apen	Diani (Kenia)	ja	Behalve door colobusapen wordt de brug ook door veel andere apensoorten gebruikt, waaronder ook makaken en bavianen - soorten die zich minder gauw in de hoogte voortbewegen. (zie voor voorgeschiedenis onder 2B. Kabelnet) Bekijk hier video (voorziening 17)

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
					van de weg tussen de bomen wordt geplaatst. Aan beide uiteinden wordt een platform aangelegd waarop de dieren voedsel vinden en kunnen rusten. De brug hangt ongeveer 8m boven de weg.		
	38	staakabel-touw	hazelmuis	Bolnore Village/Haywards Heath (West-Sussex - Groot-Brittannië)	Zestal evenwijdig aan elkaar gespannen, met staal versterkte, touwen op ongeveer 5,5m hoogte, verbonden met een paalconstructie langs weerszijden van de weg en van waaruit de touwen uitwaaiëren in de boomkronen. Tussenin zitten ranken van klimplanten vervlochten.	ja	Onbekend.
	34	touw	eekhoorn	Gight Woods (tussen Methlick en Fyvie - Groot-Brittannië)	Twee parallelle touwen waartussen in een zigzag een derde touw is vastgemaakt.	nee	Intensief gebruik door eekhoorns. Voor het systeem werd gekozen nadat elders was vastgesteld dat een gelijktijdige passage van twee dieren over eenzelfde koord problemen gaf. Dit systeem maakt de gelijktijdige passage van twee eekhoorns mogelijk.
	42	touw	vliegende eekhoorn	Victoria (Australië)	Dik touwnet dat bevestigd wordt tussen twee parallelle touwen die langs weerszijden verbonden zijn aan een paal en dit over een afstand van 70m.	ja	Gebruik door de beoogde vliegende eekhoorn bleef tot nog toe uit; daarentegen maken tal van andere diersoorten wel gebruik van de brug, waaronder vooral ringstaartbuideldieren. Er werden ook veel gedeeltelijke passages, waarbij de dieren de brug opgaan maar uiteindelijk teruglopen, vastgesteld. Bekijk hier video 1 (voorziening 42) Bekijk hier video 2 (voorziening 42)
	47	touw		Brisbane (Queensland - Australië)	60m lange touwladder met sporten	nee	Geen opvolging.
	48	touw	apen	Zanzibar (eiland) (Tanzania)		nee	
	49	touw	eekhoorn	Ryde (Wight - Groot-Brittannië)		nee	
	50	touw	eekhoorn	Foyers (Groot-Brittannië)		nee	
	56	touw	apen	Nantow (Taiwan)		nee	

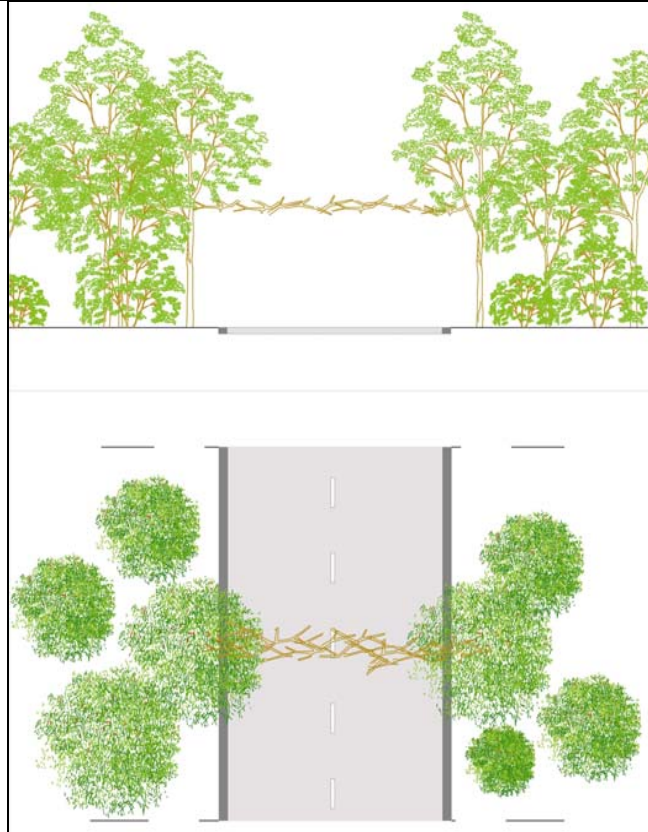


soepel kabelnet

kabelnet in frame

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat	
2. LADDERBRUG								
2B.	KABELNET	1	staalkabel	eekhoorn	Antwerpen (Wilrijk - België)	Paralleel aan elkaar bevestigde staalkabels – naar schatting 30cm van elkaar – en verbonden met een net, waartussen enkele takken vervlochten zitten.	ja	De brug wordt regelmatig door overstekende eekhoorns gebruikt. Vooral tijdens de paartijd wordt opgemerkt dat (vluchtende) eekhoorns alsnog over de grond de weg oversteken.
		14	staalkabel	eekhoorn	onbekend (Japan)	2 strak en op een afstand van 30 cm evenwijdig aan elkaar gespannen staalkabels waartussen een net werd aangebracht waarop bovenaan schorsstukken werden bevestigd als loopvlak (ongeveer 20 cm breed). Om de dieren te beschermen tegen predatie werd boven de constructie een beschermende draad gespannen. De lengte bedraagt ongeveer 28m en de constructie hangt 5m boven de weg.	nee	Intensief gebruik door eekhoorns.
		17	staalkabel/PVC/rubber	apen	Diani (Kenia)	De eerste constructies werden geheel uit natuurlijke materialen gemaakt (sisal-touwen versterkt met ijzerdraad en bamboeranken) en werden rechtstreeks vastgemaakt aan de bomen. Dergelijke constructie bleek echter weinig duurzaam en rotte snel weg. Daarom werd een nieuwe, duurzamere	nee	

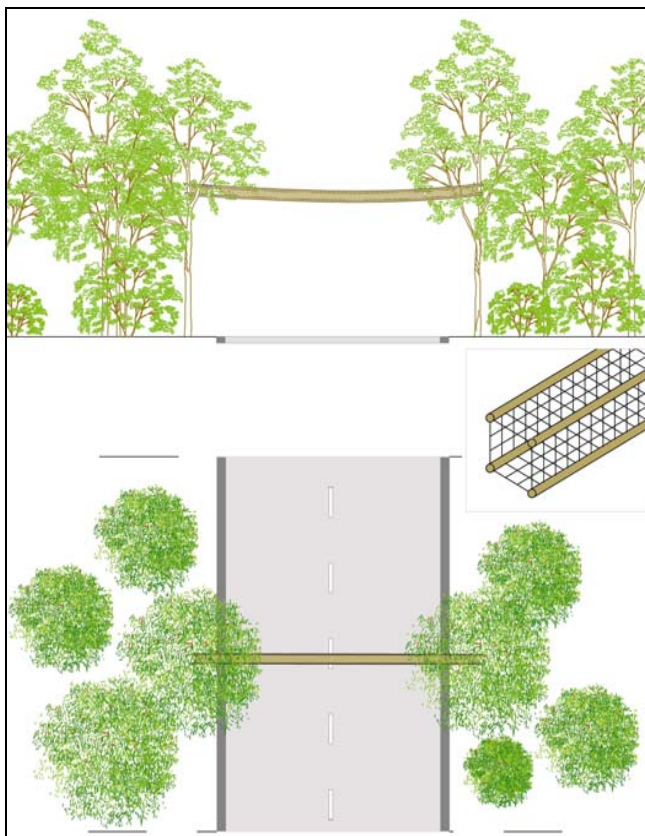
type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
					constructie ontworpen (zie onder 2A. <i>Touwladder</i>)		



takkenmat

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat	
2. LADDERBRUG								
2C.	TAKKENMAT	54	touw/takken	apen	Punta Laguna (Mexico)	Weefsel van takken en lianen die met nylonkoorden met elkaar vervlochten zijn tot een hangmat.	ja	Werkt niet, mogelijk omdat de dieren de constructie niet vertrouwen.

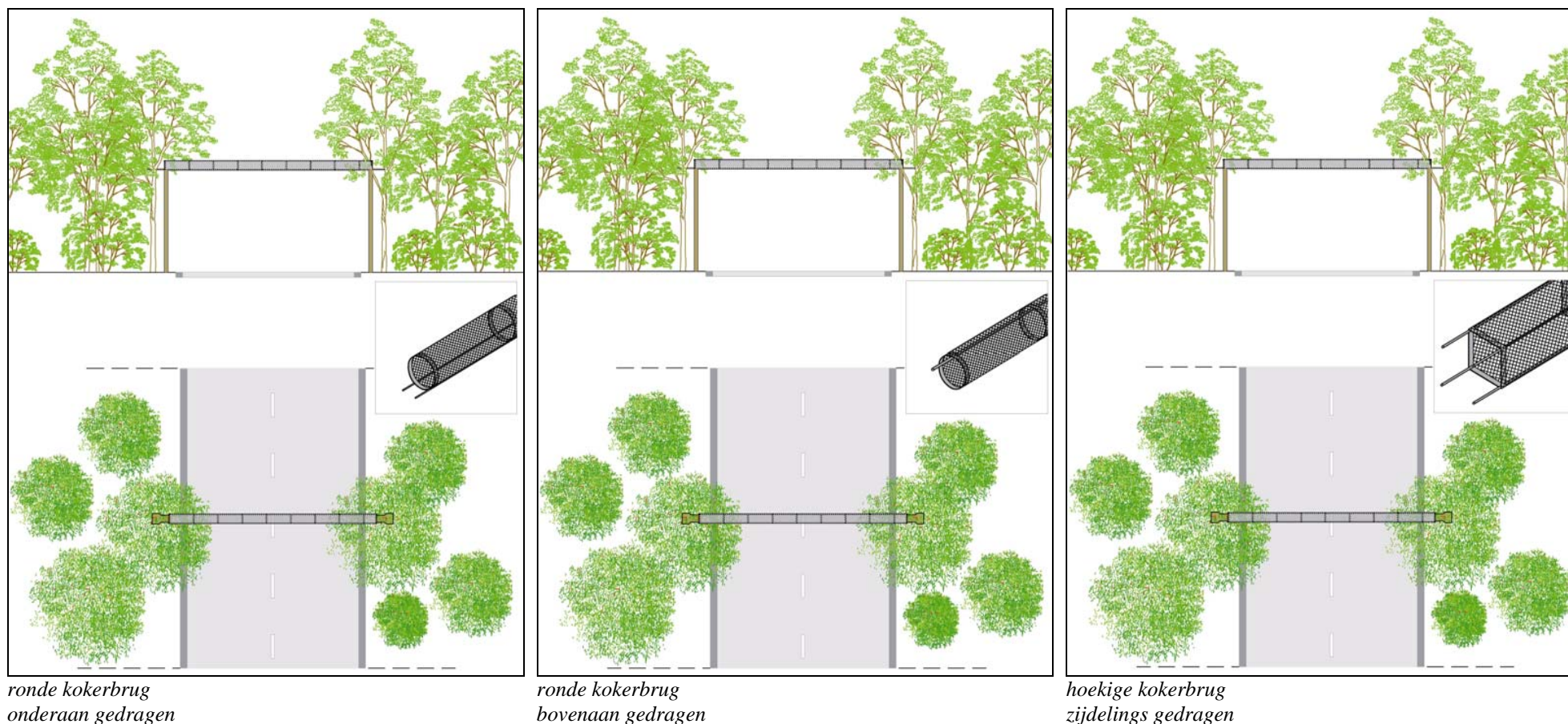
3. TUNNELBRUG



touwtunnel

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
3. TUNNELBRUG							
3A. TOUWTUNNEL	18	touw	buideldieren	Cairns (Queensland - Australië)	Respectievelijk 6 en 10 m lange touwtunnel over een 7m brede weg op een hoogte van 7m. De 50cm brede touwwanden vormen een vierkantige tunnel waarvan de grote mazen met plasticen klemmen werden samengehouden. De wanden zijn gemaakt van 1cm dikke, UV-bestendige polyethyleendraad. De tunnel wordt strak aan een houten paal gespannen die tussen de bomen is opgesteld. Vanaf de palen leiden verschillende dikke touwen naar de boomkronen. De gehele overspanning meet 14m. Voor het tunneltype werd gekozen om de dieren tegen predatie af te screenen.	ja	
	22	touw	buideldieren	Cairns	Zie voorziening nr. 18.	nee	Zie voorziening nr. 18.

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
				(Queensland - Australië)			
	52	touw	buideldieren	Newcastle (Queensland - Australië)	Zie 18 - lengte 70m	nee	



ronde kokerbrug
onderaan gedragen

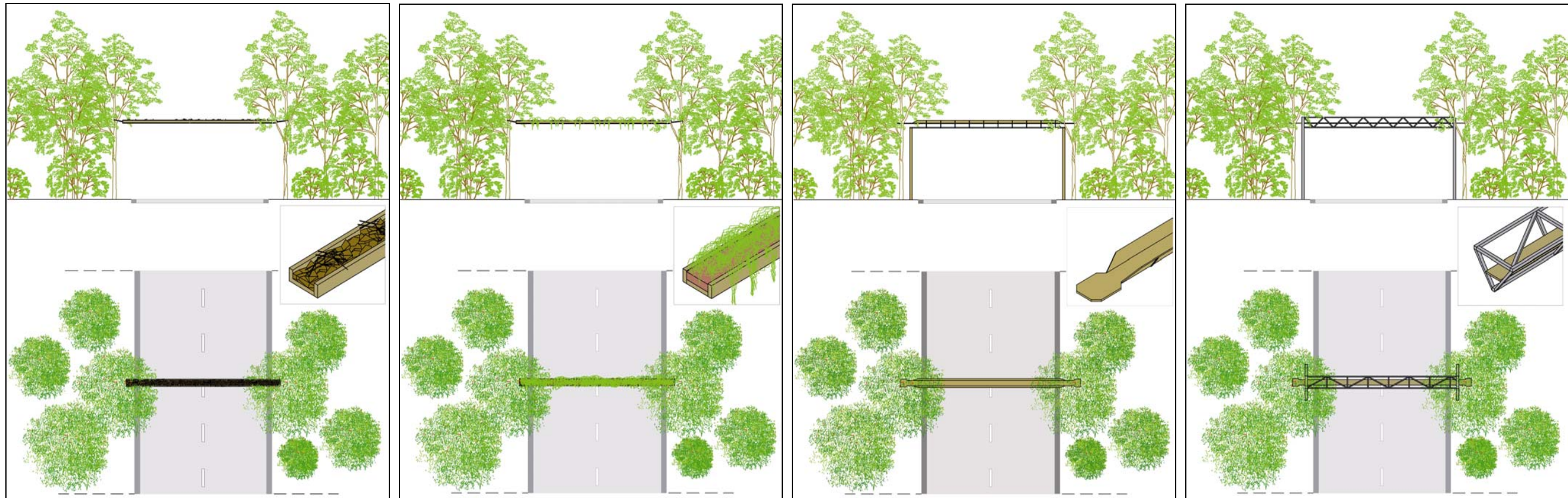
ronde kokerbrug
bovenaan gedragen

hoekige kokerbrug
zijdelings gedragen

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
3. TUNNELBRUG							
3B. KOKERBRUG	24	metaaldraad	slaapmuizen; eekhoorn; bosmuis	Hokuto City (Japan)	Driehoekige aluminium frame (zijden van 25cm) aan elkaar bevestigd met ijzerdraad; kooivormige draadconstructie waarboven een aluminium dak is aangebracht dat ijsvorming moet voorkomen. De bodem is voorzien van een geweven net. Een verbeterd model werd van enkele extra's voorzien, waaronder schuilplaatsen, ruimte voor eekhoorns, een touw onderaan voor bosmuizen en een voederplatform. De steunpalen aan de uiteinden van de passage werden met eucalyptusschors omwikkeld.	nee	Deze brug dient voor de passage van slaapmuizen en wordt ook door hen gebruikt. De constructie werd reeds na één maand aangenomen en op amper 2 maanden tijd werden niet minder dan 856 passages vastgesteld van slaapmuizen. Ook Japanse bosmuizen en eekhoorns gebruiken de passage.
	27	metaaldraad	hazelmuis	Wildwood (Kent - Groot-Brittannië)	Experimenteel concept van metalen gaasdraad. Er werden twee typen met een verschillende diameter ontworpen en van elk werd één exemplaar gevuld met sisal terwijl het ander leeg bleef. De tunnels overbruggen een afstand tussen 6 en 8m en hangen 7,5m hoog.	nee	Monitoring was gericht op verschillen in gebruiksvoorkeur tussen mannetjes en wijfjes. De lege tunnels werden geprefereerd door mannetjes en omgekeerd; één van de wijfjes maakte zelfs een nest in de koker met het aangeboden materiaal.
	39	metaaldraad	hazelmuis	Cheddar/Shipham (Somerset - Groot-Brittannië)	Buisvormige draadkoker die op twee stalen kabels rust die met een telefoonpaal langs weerszijden van de	ja	Het concept werd ontwikkeld naar aanleiding van een televisieserie op Channel 4 ('Wild thing I love you') en

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
					weg verbonden zijn en die van daaraf verder doorlopen tot in de boomkronen. De koker wordt met metaalbanden op regelmatige afstanden samengehouden en versterkt. De buis is binnenin losjes opgevuld met ranken en takken.		beantwoorde slechts gedeeltelijk aan het voorgestelde concept. Naar aanleiding hiervan zijn enkele bedenkingen en alternatieven geformuleerd (zie rapport). Het is bekend dat hazelmuizen naar de passage toelopen maar er waren in de herfst van 2006 nog geen aanwijzingen omtrent een effectief gebruik.

4. PORTAAL / BOOMGOOT



boomgoot zonder opstaande rand
gevuld met boomschors

boomgoot zonder opstaande rand
begroeid met klimplanten

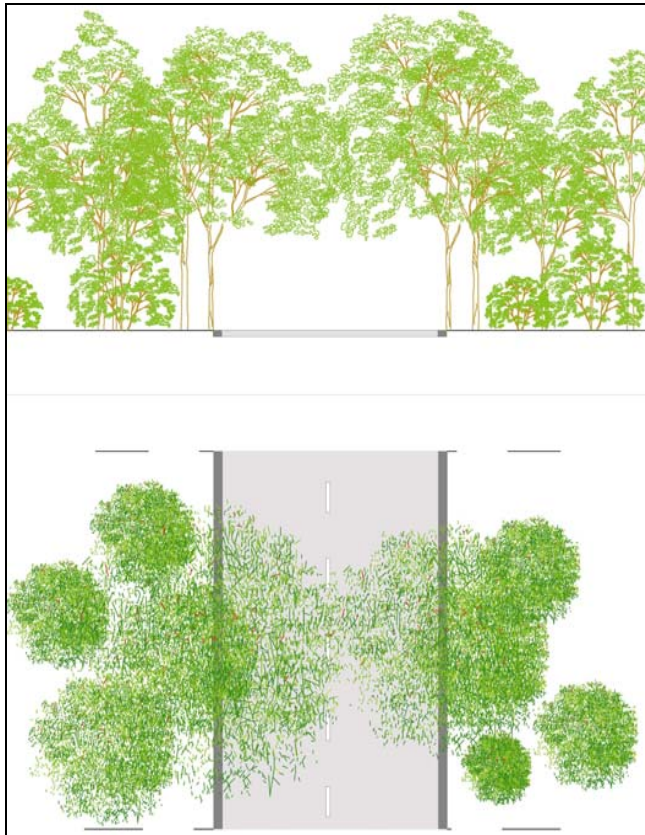
boomgoot met opstaande rand

portaal

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat	
4. PORTAAL / BOOMGOOT								
4A.	PORTAAL / BOOMGOOT	2	staal/hout	boomarter eekhoorn	Driebergen (Nederland)	Houten constructie bevestigd op onderzijde van een bestaand metalen autosnelwegportaal dat gevormd wordt door een driehoekig traliewerk van buizen. De opbouwconstructie zelf bestaat uit een houten goot die is opgebouwd uit een loopvlak en twee schuin opstaande wanden van onbehandeld – 4cm dik – dennenhout. Voor de drainage werden smalle spleten tussen de planken opgehouden. Aan beide uiteinden van het portaal werd een horizontale buis als steunelement aangebracht. Deze buis rust op een stevige, dikke paal en dient om de verbinding tot in het bos door te trekken.	ja	Kortstondige monitoring kort na de aanleg. Er werd (nog) geen gebruik door boomarter noch door enige andere diersoort vastgesteld. Wel gebruiken vleermuizen (grootte dwergvleermuis) de brug als geleidend object om de autosnelweg over te steken

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
					De loopgoot wordt er bovenop gemonteerd en staat in verbinding met een breder platform dat tot in de boomzone reikt en van waaruit 5 vuistdikke scheepstouwen de verbinding maken met de boomkronen.		
	3	staal/hout	Japanse relmuis		In een bestaand stalen, kooiachtig wegportaal van ongeveer 2x2 m werd een houten vloer gelegd om een begaanbaar loopvlak aan te bieden en om een scherm tegen de lichten van voorbijrijdende auto's te vormen. Rondom werd een draadnet aangebracht als bescherming tegen predatie door uilen. Binnenin werden rankvormige takken gelegd waarlangs geklommen kon worden en werden op regelmatige afstanden nestkasten geplaatst als dekking. Aan beide uiteinden zorgden loopplanken voor de aansluiting op de boomkronen. Om deze aansluiting te optimaliseren werd rondom enkele snel groeiende bomen aangeplant.	ja	De passage wordt regelmatig door relmuizen gebruikt.
	12	aluminium/hout	eekhoorn	Long View - R.A. Long Park (Verenigde Staten)	Opgehangen op een hoogte van 6m boven rijweg. Ze werd gebouwd van enkele oude, lange brandweertladders in aluminium en een houten loopplank. In 1983 werd de brug - na een gebruik van 20 jaar - door een nieuwe vervangen; de brug moest tussendoor worden verplaatst omdat één van de bomen waaraan de brug was opgehangen moest worden gekapt.	ja	De brug werd snel door eekhoorn aangenomen en eekhoorns maakt er nog steeds regelmatig gebruik van.
	23	staal/hout	slaapmuizen; eekhoorn; bosmuis	Kiyosato (Takane-Cho, Hokuto, Yamanashi – Japan)	Een bestaande portaalstructuur over een tolweg werd met een metalen net overspannen om de brug af te schermen tegen predatoren. Op de bodem is een houten vloer gelegd om de overgang 's nachts af te schermen tegen autolichten. Binnenin is een vlechtwerk van klimopraken aangebracht evenals nestkasten die dienen als schuilplaats. Aan de uiteinden zijn in de nabijheid van de passage bomen aangeplant die met houten structuren verbonden zijn met de passage.	nee	Gebruik door slaapmuizen alsook door eekhoorn; slaapmuizen maar evenzeer Japanse bosmuizen en Japanse koolmezen gebruiken de nestkasten.

0. BOOMKRONEN



aaneensluitende boomkronen

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
0. BOOMKRONEN							
BOOMKROON	25	nvt	apen	Eden-Yuturi (Ecuador)	Bij de aanleg van een pijplijn doorheen een regenwoud werd ervoor gezorgd om binnen de werkzone op verschillende plaatsen vernauwingen te behouden waarbij de boomkronen op verschillende plaatsen aaneengesloten bleven en verdere bewegingen van dieren doorheen de bomen toelieten. De zones bestaan uit 40m lange stukken waar de rooizone tot een breedte van 7m werd beperkt, zodanig dat de boomkronen met elkaar in verbinding bleven. De afstand tussen elke passage was ongeveer 1,8km ofwel de afstand die de betrokken soorten op één à twee dagen kunnen afleggen. De plekken werden vooraf zorgvuldig uitgekozen in functie	ja	Een achttal soorten apen maakten gebruik van de boombruggen tijdens de bouwwerken.

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
					<p>van een goede kroonaansluiting en enkel kleine bomen met een stamdiameter van 20cm werden op deze plekken gerooid. Tijdens de werken werd de bodem in de doorgangszone beschermd met een laag van geotextiel, steenslag en grond.</p>		

type	ref.	materiaal	doelsoorten	locaties	beschrijving	foto	resultaat
0. ONBEKEND							
0A.	5			Glasgow (Groot-Brittannië)		nee	Vermoedelijk verdwenen na sluiting dierentuin in 2003.
	9			Durham (Groot-Brittannië)		nee	Geen informatie.
	19	staal/aluminium	ringstaartbuideldieren	Allambie Heights, Sydney (Australië)	Kabelstreng in aluminiumbuis.	nee	Geen informatie.
	41		hazelmuis	Powys (Groot-Brittannië)		nee	Geen informatie.
	51			Hobart regio (Tasmanië)		nee	Geen informatie.
	55		apen	(Belize)		nee	Geen informatie.

Titel	Auteur	Bron	Website	Ref. voorziening
De groene wereldstad aan zee is niet zo groen als het lijkt	<i>Schmit, H.</i>	Opinie Centraal, vrijdag 16/5/2008		-
Traffic diverted for squirrel gliders' own overpass	<i>Blair, S.</i>	Monash University, 22/6/2007	http://www.monash.edu.au/news/june07-overpass.html	-
Squirrel Bridges and Road Warning Signs	<i>Save our Squirrels</i>	Save our Squirrels, c/o Northumberland Wildlife Trust, Gosforth	www.saveoursquirrels.org.uk Squirrel_signs_and_bridges.pdf	-
Early success in protecting native animals from roads and traffic	<i>Van der Ree, R.</i>	Australian Research Centre for Urban Ecology, 4/6/2008	http://uninews.unimelb.edu.au/articleid_5217.html	-
Squirrell Tubes - A Labyrinthine network	<i>Zircon</i>	Zircon, 19/9/2002	www.halfbakery.com/idea/squirrel_20Tubes	-
Towards sustainable roads and powerlines		Rainforest CRC	http://www.jcu.edu.au/rainforest/publications/iucn_brochure_2.pdf iucn_brochure_2.pdf	-
Brug voor lenige bosbewoner		Reformatorisch dagblad Spectrum 22/11/2005	http://www.oogvoornatuur.com/media/22112005%20-%20boommarter.pdf	2
For dormice, a bridge to reach safety		The Asahi Shimbun 11/7/2007	http://www.keep.or.jp/FORESTERS/download/20071120eiji.pdf 20071120eiji.pdf	3
Bonne Nuit Bay Red Squirrels	<i>Romeril, Gary</i>	L'Etaile du Nord, issue 10/12/2006	http://www.parish.gov.je/upload_docs/47712-1551172262007.pdf	4
Red squirrel project		Biodiversity conference 27/5/2004		9
Squirrel ropes face the axe over costs		Southern Daily Echo, 9/5/2002	http://archive.dailyecho.co.uk/2002/5/9/64861.html	9/45
Rope bridges help for squirrels		BBC News	http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/tyne/4434639.stm	10
Rope Lifeline for Red Squirrels	<i>Forestry Commission</i>	News release 12/2/2002	www.forestry.gov.uk/newsrele.nsf/A11ByUNID/...	11
Nutty Narrows - Squirrel Bridge		Roadside America	http://www.roadsideamerica.com/story/9781	12
The Nutty Narrows Bridge		City of Longview	http://www.mylongview.com/living/NuttyNarrows.html	12

The high and mighty mouse		Express 15/11/200	http://www.lhi.org.uk/docs/wjgr_Newspaper_Clippings.pdf wjgr_Newspaper_Clippings.pdf	15
How to built a colobridge		Friends of the Colobus Trust website	http://www.colobustrust.org/programmes/colobridges_howto_plain.html	17
The Use of Elevated Road-Spanning Ladders by Primates in Diani, Kenya	<i>Joseph N. Kirathe & Luke T.W. Parry</i>	(Friends of the) Colobus Trust website	http://www.colobustrust.org/programmes/colobridges_report.html	17
Colobridges		Friends of the Colobus Trust website	http://www.colobustrust.org/programmes/colobridges.html http://www.colobustrust.org/programmes/colobridges_gallery.html	17
When to see a Monkey using a Colobridge		Colobus Update 7/2003	http://www.colobustrust.org/update/Colobus_Update_July_2003.pdf Colobus_Update_July_2003.pdf	17
How did glider cross the road	<i>Weston, N.</i>	Queensland Glider Network News, no.4, 2/2007	http://www.wildlife.org.au/qgn4.pdf How did glider cross the road.pdf	18
Bridge stops squirrel road deaths		BBC News, 12/10/2005	http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/tyne/4335000.stm	26
Why did the squirrel cross the road?		persbericht University of Leeds 28/8/2008	http://www.leeds.ac.uk/media/press_releases/current/squirrel.htm	28
Why did the squirrel cross the road?		University of Leeds - Faculty of Biological Sciences	www.fbs.leeds.ac.uk/research/bulletin/index.php?id=1036 www.leeds.ac.uk/media/press_releases/current/squirrel.htm	28
Ythan Squirrels take the high rope home	<i>Forestry Commission</i>		http://www.forestry.gov.uk/newsrele.nsf/AllByUNID/9FE0BCB5221CAD9780256DE2005B2A3E	29
Safer crossing for Fyvie's Squirrels		Grampian Squirrel Group	http://www.grampiansquirrelgroup.co.uk/news/show_news.php	29
Squirrel rope bridge plan		Evening Telegraph – 3/10/2006	http://www.eveningtelegraph.co.uk/output/2006/10/03/story8823879t0.shtm	30
Squirrel rope bridge for Angus		Red squirrels in Tayside Newsletter issue 2 – 2/2007	Squirrel_Newsletter2.pdf	30
Squirrel Rope Bridge A933 Forfar Road at the Walled Garden/woodside House, Rosely, by Arbroath. Report	<i>Lowson, E.S.</i>	Angus Council, Infrastructure Services Committee, 5/10/2006	Squirrel Rope Bridge A933.pdf	30

no 1207/06				
Call for squirrel safety bridge		BBC News, 4/10/2006	http://newsvote.bbc.co.uk/mpapps/pagetools/print/news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/scotland/tayside_and_central/5405574.stm	30/31
About us		Grampian Squirrel Group	http://www.grampiansquirrelgroup.co.uk/red_squirrels_about_us.htm	32/33
And Finally... The haves and the have nuts		The Forum issue 9 – 11/2003 / Scottish Biodiversity Forum	Forum_issue9.pdf	34
Tails across the riverbank		Northern Lights N°24 spring 2004 / Scottish Natural Heritage – Grampian area	GrampianNorthernLights24.pdf & NL2004.pdf	34
Rope bridge rescue for Anglesey red squirrels	<i>Hughes, Owen R.</i>	Daily Post, 26/08/2008	http://www.dailypost.co.uk/news/north-wales-news/2008/08/26/rope-bridge-rescue-for-anglesey-red-squirrels-55578-21601900/	37
Rope bridge for dormice		BBC News, 5/6/2008	http://www.bbc.co.uk/southerncounties/content/articles/2008/06/05/dormouse_feature.shtml	38
Wildlife matters at Haywards Heath		BTP Bulletin autumn 2002	BTP Bulletin_autumn_2002.pdf	38
Rope bridge offers mice a lifeline		The Argus – archive, 9/5/2003	http://archive.theargus.co.uk/2003/5/9/134766.html	38
Rope bridge for dormice	<i>BBC News</i>	BBC News, 11/05/2003	http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/southern_counties/3017959.stm	38
Design principles		3/2007 - West Sussex Design Commission	Dormouse bridge_Haywards Heath.pdf	38
Dormouse bridge, Sommerset	<i>Woods, Michael</i>	The Dormouse Monitor - autumn 2006	http://www.wiltshire.gov.uk/macnn6/westbury-bypass-inquiry-rebuttal-jones.pdf	39
Week Six – Dormice		Channel 4	http://www.channel4.com/science/microsites/W/wild_thing/programmes_6.html	39
His 'n hers tunnels help dormice beat fear for crossing road	<i>Smith, Lewis</i>	Timesonline, 4/10/2008	http://www.timesonline.co.uk/tol/news/environment/article4878401.ece	40
PTES-funded dormouse bridge study	<i>Stride, Ian</i>	The Dormouse Monitor - autumn 2007	http://www.wiltshire.gov.uk/macnn6/westbury-bypass-inquiry-rebuttal-jones.pdf	40
Rope bridge for wildlife successful		Science Alert – 5/6/2008	http://www.sciencealert.com.au/news/20080506-17441.html	42
Early success in protecting		persbericht University of	http://uninews.unimelb.edu.au/news/5217/	42

native animals from roads and traffic		Melbourne - 4/6/2008		
ARCUE Scientists Close Hume Highway		Urban Spotline - Australian Research Centre for Urban Ecology (ARCUE)	http://arcue.botany.unimelb.edu.au/files/urban_spotlight/US7_Feb2008.pdf US7_Feb2008.pdf	42
Wildlife on the high rope		The Guardian weekly – 9/9/2008	http://www.guardianweekly.co.uk/?page=editorial&id=717&catID=4	42
Bridging the wildlife gap	<i>Gray, Darren</i>	The Age - 11/06/2008	http://www.theage.com.au/national/bridging-the-wildlife-gap-20080610-20lv.html?page=-1	42
Wildlife take to the ‘high’ road	<i>Cooper, Dani</i>	Catalyst–ABC Science - 13/06/2008	http://abcclassics.com/science/articles/2008/06/13/2270439.htm?site=catalyst&topic=latest	42
Wildlife take to the ‘high’ road	<i>Cooper, Dani</i>	ABC Science Online - 14/06/2008	http://www.abc.net.au/news/stories/2008/06/14/2274742.htm?section=australia	42
Animal overpasses	<i>Hannink, Nerissa</i>	The University of Melbourne Voice Vol. 1, No. 9 - 23/7/2007	http://uninews.unimelb.edu.au/news/4368/	42
Hume traffic diverted for threatened squirrel glider’ own overpass		persbericht University of Melbourne - 22/6/2008	http://uninews.unimelb.edu.au/news/4354/	42
Squirrel gliders		Sew Green – blog - 28/6/2007	http://sewgreen.blogspot.com/2007/06/squirrel-glid.html	42
Treetop monkey bridge		greenmuseum.org, 15/3/2003, website	http://www.greenmuseum.org/c/ecovention/monkey.html	54
Rope bridge gives monkeys safe passage		CNN interactive – Associated Press 8/5/1998	http://www.cnn.com/EARTH/9805/08/taiwan.monkeys.ap/	56
Rope bridge helps save squirrels		BBC-Newsround 1/3/2004	http://news.bbc.co.uk/cbbcnews/hi/animals/newsid_3523000/3523805.stm	57