

Ontsnippering van de N525 – Natuurbrug versus faunatunnel

E.A. van der Grift

16 maart 2023

Inleiding

De N525, een provinciale weg tussen Hilversum en Laren, vormt een barrière tussen enkele grote bos- en heideterreinen in het centrale deel van het Gooi. Dit betreft aan de noordzijde van de weg de Bussummer- en Westerheide en aan de zuidzijde de Zuiderheide en het Laarder Wasmeer. De provincie Noord-Holland is voornemens om deze verkeersweg te ‘ontsnipperen’ door de aanleg van een natuurverbinding. Deze natuurverbinding bij de N525 moet het mogelijk maken dat diersoorten vrijelijk tussen de natuurgebieden aan weerszijden van de weg kunnen bewegen zonder het risico te lopen om te worden aangereden. In dit kader verkent de provincie Noord-Holland momenteel, samen met de gemeenten Hilversum en Laren en het Goois Natuurreservaat, hoe de natuurverbinding vorm moet krijgen. In 2023 wordt gestart met de uitwerking van een schetsontwerp naar een definitief ontwerp. Naar verwachting wordt de natuurverbinding in 2025 gerealiseerd.

In 2017 heeft de provincie Noord-Holland aan Wageningen Environmental Research (WENR) gevraagd een ontsnipperingsplan op te stellen voor de N525 (Van der Grift, 2017). In dit plan zijn naast een voorkeurslocatie voor de natuurverbinding, diverse ontwerpen voor een faunapassage verkend en beoordeeld op hun geschiktheid. Uitgangspunt voor de beoordeling vormde een set van doelsoorten voor de natuurverbinding en de eisen die deze doelsoorten aan een dergelijke verbinding stellen. Een natuurbrug is in deze studie aangewezen als voorkeursvariant voor een faunapassage bij de N525. Een natuurbrug is als ‘geschikt’ beoordeeld voor alle doelsoorten. Voor onderdoorgangen, zoals een viaduct of grote faunatunnel, geldt dat niet: de verwachting is dat een deel van doelsoorten hier geen of slechts in zeer beperkte mate gebruik van zal maken.

Naar aanleiding van deze conclusies en overleg over mogelijke ontwerpen met betrokkenen in de omgeving wil de provincie Noord-Holland meer inzicht krijgen in de ecologische functionaliteit van een natuurbrug versus die van een faunatunnel bij de N525. In deze notitie zijn daarom de verwachte verschillen in ecologische functionaliteit op een rij gezet. Daarbij is primair gebruik gemaakt van de in 2021 gepubliceerde *Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur* (Smulders et al., 2021), waarin de mate van gebruik van de diverse typen faunapassages door de diverse soortgroepen is onderzocht. Vervolgens is verkend wat dit, per soortgroep, betekent voor de functionaliteit van de natuurverbinding bij de N525 als niet een natuurbrug maar een grote faunatunnel wordt aangelegd. Hierbij is, waar mogelijk, informatie betrokken uit (recente) Nederlandse studies waarin het gebruik van bestaande grote faunatunnels door fauna is onderzocht. Op basis van de bevindingen is een advies gegeven voor realisatie van de natuurverbinding bij de N525.

Doelsoorten voor de natuurverbinding

Voor de natuurverbinding bij de N525 zijn 17 doelsoorten geselecteerd (Van der Grift, 2017). De doelsoortenlijst omvat zes soorten grondgebonden zoogdieren (das, boommarter, eekhoorn, dwergmuis, edelhert, ree), drie soorten vleermuizen (franjestaat, gewone dwergvleermuis, gewone grootoorvleermuis), vier soorten reptielen (ringslang, hazelworm, zandhagedis, levendbarende hagedis), twee soorten amfibieën (rugstreeppad, heikikker) en twee soorten insecten (heideblauwtje, kale bosmier). De doelsoorten moeten worden gezien als indicatorsoorten; als de natuurverbinding functioneel is voor deze soorten, is de verwachting dat de natuurverbinding ook zal werken voor veel andere diersoorten die in het gebied voorkomen.

Doelen voor de ontsnippering

Van der Grift (2017) heeft zeven doelen voor ontsnippering geïdentificeerd. Op basis van een set beslisregels is vervolgens bepaald welke van deze doelen gelden voor de doelsoorten (tabel 1). Hierbij is niet alleen de gevoeligheid van de doelsoorten voor de verschillende effecten van versnippering door verkeerswegen in ogenschouw genomen, maar ook de actuele en toekomstige (gewenste) verspreiding van de soorten. De tabel laat zien dat voor alle doelsoorten meerdere doelen gelden. Een goed functionerende natuurverbinding moet aan al deze doelen kunnen voldoen.

Tabel 1 Doelen voor ontsnippering per doelsoort van de natuurverbinding bij de N525. Legenda: D1 = Reduceren onnatuurlijke sterfte als gevolg van aanrijdingen; D2 = Vergroten geschiktheid bestaande leefgebieden; D3 = Faciliteren kolonisatie nieuwe leefgebieden; D4 = Herstellen natuurlijke processen; D5 = Vergroten levensvatbaarheid populaties; D6 = Faciliteren genetische uitwisseling; D7 = Faciliteren verschuivingen in areaalgrenzen van soorten; 1 = het doel geldt voor de doelsoort; 0 = het doel geldt niet voor de doelsoort.

Soortgroep	Doelsoort	Doelen						
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Grondgebonden zoogdieren	Das	1	1	0	1	1	0	0
	Boommarter	1	1	0	1	1	0	0
	Eekhoorn	1	1	0	0	0	0	0
	Dwergmuis	0	0	1	0	0	0	1
	Edelhert	1	1	1	1	1	0	0
	Ree	1	1	0	1	1	0	0
Vleermuizen	Franjestaat	1	1	1	0	1	0	0
	Gewone dwergvleermuis	1	1	0	0	1	0	0
	Gewone grootoorvleermuis	1	1	1	0	1	0	0
Reptielen	Ringslang	1	1	1	0	1	1	0
	Hazelworm	1	0	1	0	0	1	1
	Zandhagedis	1	0	1	0	0	1	1
	Levendbarende hagedis	1	0	0	0	0	1	1
Amfibieën	Rugstreeppad	1	0	1	0	0	0	1
	Heikikker	1	0	1	0	0	0	1
Dagvlinders	Heideblauwtje	1	0	1	0	0	1	1
Overige ongewervelden	Kale bosmier	1	0	1	0	0	0	1

Hierbij moet bedacht worden dat de verschillende doelen ook verschillende eisen stellen aan (de frequentie van) het gebruik van de natuurverbinding. Voor sommige doelen is een beperkt gebruik van de natuurverbinding voldoende om het doel te halen. Bijvoorbeeld voor het koloniseren van nieuw leefgebied of faciliteren van verschuivingen in areaalgrenzen. Voor andere doelen geldt echter

dat regelmatig of zelfs frequent gebruik vereist is om het doel te bereiken. Bijvoorbeeld voor het vergroten van de geschiktheid van bestaande leefgebieden of de levensvatbaarheid van populaties en het faciliteren van genetische uitwisseling. Voor de meeste doelsoorten geldt dan ook dat incidenteel gebruik van de natuurverbinding niet voldoende is om de aan de soort toegewezen doelen te bereiken.

Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur

De in 2021 gepubliceerde *Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur* verschaft een stappenplan en praktische tips voor het realiseren van faunamaatregelen bij spoor-, water- en verkeerswegen (Smulders et al., 2021). Een noviteit in deze nieuwe uitgave van de leidraad is dat deze ook presenteert wat er bekend is over de effectiviteit van de diverse maatregelen voor wat betreft het opheffen van de ‘versnippering’. Daarnaast geeft de leidraad inzicht in welke mate de diverse soortgroepen gebruik maken van de diverse typen faunapassages. Op basis van deze informatie is aan alle faunamaatregelen een ‘wetenschappelijke waardering’ toegekend, die de stand van kennis wat betreft de (bewezen) functionaliteit van de faunavoorzieningen reflecteert. Deze wetenschappelijke waardering is vertaald naar een classificering waarmee in de leidraad in één oogopslag zichtbaar is of een faunavoorziening geschikt is voor een soortgroep of niet (zie bijlage 1). Hierbij is niet alleen rekening gehouden met de uitkomsten van onderzoek en monitoring, maar ook met het aantal studies dat is uitgevoerd en de kwaliteit van het onderzoek. De gebruikte systematiek is vanuit eenduidige beslisregels zodanig opgesteld dat deze replicerbaar is en in de toekomst kan worden geactualiseerd op basis van nieuw onderzoek.

Bestaande monitoringstudies laten zien dat natuurbruggen zeer frequent door grondgebonden zoogdieren, vleermuizen, reptielen, amfibieën en (warmteminnende) insecten worden gebruikt (bijlage 1). Een uitzondering vormen ‘klimmende’ zoogdieren, zoals boomarter en rode eekhoorn, die voornamelijk in relatief lage aantallen op natuurbruggen zijn waargenomen. Naar verwachting is dit vooral een gevolg van het beperkte aantal studies waarin deze soorten zijn betrokken en het moment waarop veel studies plaatsvinden: kort na de aanleg van de faunavoorziening, dus op het moment dat het habitat van deze boom-bewonende soorten op de natuurbrug en toelopen meestal nog niet (goed) ontwikkeld is.

Bestaande monitoringstudies laten zien dat grote faunatunnels regelmatig tot frequent worden gebruikt door grondgebonden zoogdieren en zeer frequent door vleermuizen (bijlage 1). Sommige soorten, vooral prooidieren en kleine marters, stellen daarbij wel eisen aan de inrichting, bijvoorbeeld dat er voldoende dekking aanwezig is. Grote zoogdieren, vooral hoefdieren, stellen minder eisen aan de inrichting, maar zijn weer gevoeliger voor de afmetingen van de faunavoorziening, dus breedte, hoogte en lengte van de tunnel. Vleermuizen stellen vooral eisen aan de grootte van de opening van de tunnelingang. Gebruik van grote faunatunnels door reptielen is niet of nauwelijks waargenomen. Het gebruik door amfibieën is geclassificeerd als regelmatig. Warmteminnende insecten, zoals dagvlinders, sprinkhanen, krekels, libellen en bijen blijken slechts zeer incidenteel gebruik te maken van grote faunatunnels.

Verklaring verschil in gebruik natuurbrug versus faunatunnel

Natuurbruggen hebben het voordeel dat hierop vegetatie ontwikkeld kan worden dat, mits er gebruik is gemaakt van gebiedseigen substraat, overeenkomt met de begroeiing in de omgeving van de faunapassage. Hierdoor kan er voor fauna geschikt habitat worden gecreëerd dat het gebruik van de voorziening bevordert. Dit is vooral van belang voor (kleine) minder mobiele diersoorten die de natuurbrug niet in één keer (kunnen) passeren, maar er langer – soms hun hele levenscyclus – op

moeten kunnen verblijven. Voor deze soorten spreken we in dit verband dan ook meestal over het creëren van een 'leefgebied-verbinding', een plek die voor verbinding zorgt door (permanent) leefgebied aan te bieden. In een grote faunatunnel is vegetatieontwikkeling lastig. Meestal beperkt vegetatieontwikkeling zich hier tot de toegangen van de tunnel en onder een eventuele vide tussen de rijbanen. Het microklimaat in de tunnel is immers anders dan dat op een natuurbrug: er valt geen regen en er is weinig licht. De beschaduwing zorgt vaak ook voor lagere temperaturen. In dit verband is het niet verrassend dat juist veel warmteminnende soortgroepen grote faunatunnels niet of relatief weinig gebruiken, zoals reptielen, vlinders, sprinkhanen, krekels en andere insecten.

Natuurbrug versus faunatunnel bij de N525

Van der Grift (2017) stelde vast dat een natuurbrug de voorkeursvariant voor een faunapassage bij de N525 is. Een natuurbrug is als 'geschikt' beoordeeld voor alle doelsoorten. De natuurbrug ligt bij voorkeur op maaiveldniveau met een verdiepte ligging van de weg. Een grote faunatunnel is als minder functioneel beoordeeld. Deze maatregel is als 'geschikt' beoordeeld voor negen doelsoorten, 'matig geschikt' voor zeven doelsoorten (vleermuizen en reptielen) en 'ongeschikt' voor één doelsoort (heideblauwtje). Ook voor een grote faunatunnel geldt dat aanleg van de faunapassage op maaiveldniveau de voorkeur heeft. Wordt de faunatunnel (half)verdiept aangelegd, dan zal dit naar verwachting een negatief effect hebben op de frequentie van gebruik door sommige doelsoorten.

Realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 betekent, per soortgroep, naar verwachting het volgende:

Grondgebonden zoogdieren

Voor de das is gebruik geregistreerd van veel verschillende typen faunapassages; grote faunatunnel, kleine faunatunnel, amfibietunnel, ecoduiker, viaduct met faunavoorziening, brug met faunavoorziening en natuurbrug. De passagefrequentie varieert, maar is op veel plekken te classificeren als zeer frequent. Er zijn geen opvallende verschillen te zien tussen het gebruik van een (grote) faunatunnel en dat van een natuurbrug. Voor de das is bij realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 dan ook geen verlies aan functionaliteit te verwachten in vergelijking met de realisatie van een natuurbrug.

Voor de boomarter is gebruik geregistreerd van vier typen faunapassages: grote faunatunnel, kleine faunatunnel, ecoduiker en natuurbrug. De passagefrequentie varieert van incidenteel tot (soms) zeer frequent. Er zijn geen opvallende verschillen te zien tussen het gebruik van een (grote) faunatunnel en dat van een natuurbrug. Voor de boomarter is bij realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 dan ook geen verlies aan functionaliteit te verwachten in vergelijking met de realisatie van een natuurbrug.

Voor de eekhoorn is gebruik geregistreerd van vijf typen faunapassages: grote faunatunnel, kleine faunatunnel, ecoduiker, boombrug en natuurbrug. De passagefrequentie varieert van incidenteel tot (soms) zeer frequent. Er zijn geen opvallende verschillen te zien tussen het gebruik van een grote faunatunnel en dat van een natuurbrug; het aantal waarnemingen is bij beide typen faunapassages relatief laag in vergelijking met andere zoogdiersoorten. Een goed beeld van het gebruik van deze typen faunapassages is er echter nog niet omdat het aantal studies zeer beperkt is. Belangrijk voor deze soort is dat de faunapassage aan weerszijden goed aansluit op bos. En ingeval van een grote faunatunnel is het van belang dat er voldoende dekking in de passage is gecreëerd. Als aan deze voorwaarden is voldaan, is voor de eekhoorn bij realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 geen verlies aan functionaliteit te verwachten in vergelijking met de realisatie van een natuurbrug.

Voor de dwergmuis is gebruik geregistreerd van twee typen faunapassages: kleine faunatunnel en natuurbrug. Gebruik van grote faunatunnels door deze soort is vooralsnog niet onderzocht. De passagefrequentie varieert van incidenteel tot regelmatig. Er zijn geen opvallende verschillen te zien tussen het gebruik van een kleine faunatunnel en dat van een natuurbrug; het aantal waarnemingen is bij beide typen faunapassages relatief laag in vergelijking met andere zoogdiersoorten. Een goed beeld van het gebruik van faunapassages door dwergmuizen is nog niet te maken omdat het aantal monitoringstudies waarin de soort betrokken is, nog zeer beperkt is. Dit is vooral een gevolg van de gebruikte onderzoeksmethoden. In veel studies is gebruik gemaakt van registraties van pootafdrukken. Dan kan wel worden vastgesteld dat er muizen zijn gepasseerd, maar niet welke soorten. Als we naar de studies kijken waarin 'muizen' zijn geregistreerd, dan zien we op veel plekken frequent tot zeer frequent gebruik van grote faunatunnels. De aanname is dan ook dat voor de dwergmuis bij realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 geen verlies aan functionaliteit te verwachten is in vergelijking met de realisatie van een natuurbrug.

Voor het edelhert is gebruik geregistreerd van twee typen faunapassages: grote faunatunnel en natuurbrug. De passagefrequentie varieert van frequent tot zeer frequent. Een goed vergelijk tussen het gebruik van een grote faunatunnel en een natuurbrug is lastig te maken omdat er in Nederland slechts twee grote faunatunnels zijn onderzocht. Mede op basis van buitenlands onderzoek kunnen we grote faunatunnels echter classificeren als geschikt, mits de tunnels voldoende groot zijn (Anonymus, 2022). Merk in dit verband op dat in de leidraad de aanbevolen afmetingen van een faunatunnel voor edelherten zijn aangescherpt: minimaal 30 m breed en 5 m hoog (Smulders et al., 2021). De openheidindex van de tunnel, dus breedte x hoogte / lengte, moet groter dan twee zijn. Voor edelhert is het daarnaast van belang dat de onderdoorgang op maaiveldniveau ligt (zie ook Van der Grift, 2004). Deze hoefdieren hebben dan meer overzicht en het stelt de dieren in staat om het biotoop aan de andere zijde van de faunapassage waar te nemen, wat acceptatie en gebruik van de voorziening naar verwachting bevordert. Voor het edelhert is bij realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 dus geen verlies aan functionaliteit te verwachten in vergelijking met de realisatie van een natuurbrug, mits de tunnel aan de (aangescherpte) minimale afmetingen voor de soort voldoet en op maaiveldniveau ligt.

Voor het ree is gebruik geregistreerd van vijf typen faunapassages: grote faunatunnel, viaduct met faunavoorziening, eco-duiker, eco-aquaduct en natuurbrug. De passagefrequentie varieert van incidenteel tot zeer frequent. Er zijn geen opvallende verschillen te zien tussen het gebruik van een grote faunatunnel en dat van een natuurbrug; beide typen worden vooral frequent tot zeer frequent gebruikt. Een belangrijke voorwaarde is dan wel dat de faunatunnel voldoende groot is, dus minimaal 15 m breed, minimaal 3 m hoog en een openheidindex van minimaal 1,5 (Smulders et al., 2021). Net als voor edelhert geldt ook voor ree dat de onderdoorgang bij voorkeur op maaiveldniveau ligt. Voor het ree is bij realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 dus geen verlies aan functionaliteit te verwachten in vergelijking met de realisatie van een natuurbrug, mits de tunnel aan de minimale afmetingen voor de soort voldoet en op maaiveldniveau ligt.

Vleermuizen

De doelsoorten – franjestaart, gewone dwergvleermuis en gewone grootoorvleermuis – zijn alle in staat om onderdoorgangen te gebruiken. Een voorwaarde is dat de onderdoorgang dan wel voldoende groot is. Boonman (2011) stelde vast dat de minimale hoogte van een onderdoorgang – de afstand tussen het maaiveld en/of de waterspiegel en het plafond van de onderdoorgang – 1,5 m is voor de gewone dwergvleermuis. Het minimaal vereiste oppervlak van de opening van de onderdoorgang, waarbij de kans op gebruik 95% is, is voor deze soort 47 m². Voor de franjestaart en gewone grootoorvleermuis zijn door Boonman (2011) geen minimale dimensies voor

onderdoorgangen bepaald. Limpens & Twisk (2004) geven aan dat beide soorten tunnels gebruiken van 4x4 en 6x6 m, dus met openingen van respectievelijk 16 en 36 m². De franjestaart is echter ook in kleinere tunnels waargenomen. De lengte van de onderdoorgang lijkt van geen invloed. Dit betekent dat als bij het ontwerp van een faunatunnel bij de N525 de minimale maten voor edelhert worden aangehouden (30x5 m), de dimensies naar verwachting ruim voldoen aan de eisen van de drie vleermuissoorten die als doelsoort zijn aangewezen. Voor deze vleermuizen is bij realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 dan ook geen verlies aan functionaliteit te verwachten in vergelijking met de realisatie van een natuurbrug.

Reptielen

Bestaande monitoringstudies – in aantal nog beperkt – laten zien dat reptielen weinig tot geen gebruik maken van faunatunnels, klein of groot. Deze koudbloedige dieren lijken onderdoorgangen te mijden omdat hier de omstandigheden – de afwezigheid van zonlicht, lagere temperaturen, nauwelijks vegetatie – niet of minder geschikt zijn. Op natuurbruggen is dit niet het geval. De (snelle) kolonisatie en het gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg door reptielen is in dit verband illustratief (zie bijlage 1). Voor reptielen is bij realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 dan ook een significant verlies aan functionaliteit te verwachten in vergelijking met de realisatie van een natuurbrug. De verwachting is dat het gebruik van een faunatunnel door reptielen – inclusief de doelsoorten ringslang, hazelworm, zandhagedis en levendbarende hagedis – marginaal zal zijn.

Amfibieën

Amfibieën maken goed gebruik van – kleine en grote – faunatunnels. Ingeval van een grote faunatunnel moet er dan wel voldoende dekking gecreëerd zijn, bijvoorbeeld in de vorm van takkenrichels of stobbenwallen, omdat vegetatie veelal ontbreekt. Anders dan voor reptielen geldt dat amfibieën juist baat hebben bij de afwezigheid van (direct) zonlicht en de aanwezigheid van enigszins vochtige omstandigheden. Voor amfibieën is bij realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 dan ook geen verlies aan functionaliteit te verwachten in vergelijking met de realisatie van een natuurbrug, mits deze op een goede manier is ingericht.

Insecten

Bestaande monitoringstudies laten zien dat dagvlinders en andere warmteminnende insectengroepen (zoals sprinkhanen, krekels en libellen) weinig tot geen gebruik maken van faunatunnels. Net als voor reptielen geldt dat zij onderdoorgangen lijken te mijden omdat hier de omstandigheden – de afwezigheid van zonlicht, lagere temperaturen, nauwelijks vegetatie – niet of minder geschikt zijn. Op natuurbruggen is dit niet het geval. Voor warmteminnende insecten – een groep die vele honderden soorten omvat – is bij realisatie van een grote faunatunnel bij de N525 dan ook een significant verlies aan functionaliteit te verwachten in vergelijking met de realisatie van een natuurbrug. De verwachting is dat veel warmteminnende insecten – inclusief de doelsoort heideblauwtje – geen of slechts marginaal gebruik zullen maken van een faunatunnel.

Conclusie

Alleen een natuurbrug resulteert in een ecologisch goed functionerende natuurverbinding bij de N525. Dit type faunapassage faciliteert gebruik door alle doelsoorten en het bereiken van alle voor de doelsoorten vastgestelde doelen voor ontsnippering. Een voorwaarde is dat de vormgeving en inrichting van de natuurbrug zorgvuldig wordt afgestemd op de eisen die de doelsoorten hieraan stellen. Natuurbruggen bieden de beste kansen om een leefgebied-verbinding te creëren, dus een

plek waar minder mobiele diersoorten langere tijd kunnen verblijven. Een grote faunatunnel resulteert niet in een ecologisch goed functionerende natuurverbinding. Twee kenmerkende soortgroepen voor de te verbinden heidegebieden – reptielen en warmteminnende insecten – worden door dit type faunapassage onvoldoende gefaciliteerd, waardoor de voor deze soortgroepen gestelde doelen niet zullen worden gehaald. Dit geldt voor alle varianten wat betreft hoogteligging waarop een faunatunnel kan worden gerealiseerd; maaiveldniveau, half-verdiept of verdiept. Bij een (half-)verdiepte ligging verliest een grote faunatunnel ook functionaliteit voor de hoefdieren die als doelsoort zijn aangewezen (ree, edelhert). Naar verwachting maken deze doelsoorten dan geen of slechts incidenteel gebruik van de faunapassage.

Advies

Het advies is om de natuurverbinding bij de N525 in de vorm van een natuurbrug te realiseren, met als optimale variant een natuurbrug waarbij de weg verdiept wordt aangelegd. Het advies is ook om wat betreft de (minimale) dimensies en inrichting van de natuurbrug en de toelopen de richtlijnen van Van der Grift (2017) te volgen.

Literatuur

- Anonymus. 2022. Solutions to reduce transport infrastructure impacts on wildlife. In: Wildlife & Traffic - A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. URL: <https://handbookwildlifetraffic.info>
- Boonman, M. 2011. Het gebruik van duikers onder wegen en spoorlijnen door vleermuizen. Relatie tussen afmetingen en gebruik. Rapport 10-214. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Brandjes, G.J. & F. van Vliet. 2006. Monitoring gebruik faunapassage Rijkswaterstaat Utrecht. Onderzoek op 13 locaties langs rijkswegen A12, A27 en A28. Rapport 05-259. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Emond, D. & G.J. Brandjes. 2015. Resultaten monitoring ecotunnel Middachten, 2014. Onderdeel van de 9 ecoducten op de Veluwe, Utrechtse en Sallandse Heuvelrug. Bureau Waardenburg Rapport 14-045i. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Feys, S., K. Boers, M. Jacobs, J. Lambrechts, A. Lefevre, R. Steeman, P. Vanormelingen, S. Van De Poel & W. Willems. 2020. Monitoring van drie ontsnipperende maatregelen in het Zoniënwoud. Rapport 2020/15. Natuurpunt Studie, Mechelen, België.
- Limpens, H. & P. Twisk. 2004. Met meer vleermuizen overweg. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Rytwinski, T., K. Soanes, J.A.G. Jaeger, L. Fahrig, C.S. Findlay, J. Houlahan, R. van der Ree & E.A. van der Grift. 2016. How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. PLoS ONE 11(11): e0166941. DOI:10.1371/journal.pone.0166941
- Smulders, P.B., L. Nouwens, D.E.H. Wansink, E.A. van der Grift, A.C. Hofland. 2021. Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur. Rijkswaterstaat, Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving, Utrecht.
- Soanes, K., T. Rytwinski, L. Fahrig, M.P. Huijser, J.A.G. Jaeger, F.Z. Teixeira, R. Van der Ree & E.A. van der Grift. In prep. Do wildlife crossing structures mitigate the barrier effect of roads on animal movement? A global assessment. Journal of Applied Ecology.
- Struijk, R.P.J.H., 2011. Het gebruik van faunapassages door reptielen. De Levende Natuur 112(3): 108-113.
- Van der Grift, E.A. 2004. Corridor Leusderheide. Nut en noodzaak van de verbindingszone en advies voor de dimensionering en positionering van een ecoduct over de N237. Alterra-rapport 912. Alterra, Wageningen.
- Van der Grift, E.A., 2017. Ontsnipperingsplan N525 - Advies voor het ontwerp en de positionering van een faunapassage. Rapport 2823. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Van der Grift, E.A., G.A. de Groot, F.G.W.A. Ottburg, H.A.H. Jansman, J. Bovenschen, I. Laros, M. Waanders, J. Willemsen & T. Denayère. In prep. Natuurverbinding Zwaluwenberg; Gebruik door mens en dier. Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Bijlage 1 Leidraad: Natuurbrug versus faunatunnel

In de *Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur* (Smulders et al., 2021) is aan alle in de leidraad gepresenteerde faunamaatregelen een ‘wetenschappelijke waardering’ toegekend. Deze reflecteert de stand van kennis wat betreft de bewezen, ecologische functionaliteit van de faunavoorzieningen. Deze wetenschappelijke waardering is vertaald naar een classificering waarmee in de leidraad in één oogopslag zichtbaar is of een faunavoorziening geschikt is voor een soortgroep of niet (figuur 1).

Classificering Effectiviteit faunavoorzieningen (onderzoek NL/Europa) 1		
X	–	Maatregel niet bedoeld voor soortgroep
GO	–	Geen onderzoek
OO	–	Onvoldoende onderzoek
OK	–	Onderzoek van onvoldoende kwaliteit
1	–	Voorziening is ongeschikt
2	–	Voorziening is matig geschikt
3	–	Voorziening is geschikt
4	–	Voorziening is zeer geschikt

Classificering Gebruik door soorten (monitoring NL en Vlaanderen) 2		
X	–	Maatregel niet bedoeld voor soortgroep
GO	–	Geen onderzoek
OO	–	Onvoldoende onderzoek
OK	–	Onderzoek van onvoldoende kwaliteit
1	–	Geen of Incidenteel gebruik faunavoorziening
2	–	Regelmatig gebruik faunavoorziening
3	–	Frequent gebruik faunavoorziening
4	–	Zeer frequent gebruik faunavoorziening

Figuur 1 De onderscheiden klassen voor de wetenschappelijke waardering van de effectiviteit (1) en het gebruik (2) van faunavoorzieningen. [Uit: Smulders et al., 2021]

Effectiviteit van de faunavoorzieningen

Voor de verkenning van de effectiviteit van faunavoorzieningen in genoemde leidraad, is een database vervaardigd waarin de bevindingen van Europees onderzoek zijn opgenomen. Het betreft originele, empirische studies naar de effectiviteit van faunavoorzieningen. Daarnaast zijn ook studies opgenomen waarin een meta-analyse is uitgevoerd naar de effectiviteit van faunavoorzieningen, waarin studies uit Europa zijn betrokken.

Er zijn wat betreft de effectiviteit van faunavoorzieningen in totaal 36 studies geanalyseerd, afkomstig uit de periode 1984-2021. Deze studies leverden 137 datasets op. Het aantal datasets is hoger dan het aantal studies, omdat een studie meestal meerdere datasets oplevert, bijvoorbeeld omdat in een studie meerdere soorten en/of meerdere typen faunavoorzieningen zijn onderzocht. De database bevat acht datasets die betrekking hebben op natuurbruggen, afkomstig uit twee studies. In totaal betreft dit onderzoek bij vier natuurbruggen. De database bevat zes datasets die betrekking hebben op grote faunatunnels, afkomstig uit drie studies. In totaal betreft dit onderzoek bij twee grote faunatunnels. De datasets van zowel natuurbruggen als grote faunatunnels hebben alle betrekking op grote zoogdieren (hoefdieren).

Het aantal studies waarin de effectiviteit van natuurbruggen en grote faunatunnels is onderzocht, blijkt dus zeer beperkt. Dit geldt zowel voor studies die zich richten op het meten van de effecten op het aantal faunaslachtoffers, als studies die willen vaststellen in welke mate de barrièrewerking van de infrastructuur is opgeheven door de ontsnipperende maatregel. Voor zowel natuurbruggen als grote faunatunnels is dan ook uitsluitend sprake van de klassen ‘geen onderzoek’ of ‘onvoldoende onderzoek’ in de wetenschappelijke waardering (figuur 2 en 3).

Dit beeld, gebaseerd op Europese studies, verschilt niet van het beeld elders in de wereld. Het aantal studies dat zich richt op de effectiviteit van faunavoorzieningen is beperkt en de studies die zijn uitgevoerd richten zich vooral op de effecten van maatregelen die aanrijdingen met fauna moeten voorkomen (zie ook Rytwinski et al., 2016) en veel minder vaak op de effecten van maatregelen die (daarnaast) de barrièrewerking moeten wegnemen (zie ook Soanes et al., in prep.). Zo is er in dit

verband bijvoorbeeld relatief veel onderzoek gedaan naar de effecten van wildspiegels/-reflectors en rasters, maar weinig naar faunapassages.

Wetenschappelijke waardering (Uitleg en legenda)		
	Effectiviteit van faunavoorziening	Gebruik van faunavoorziening
Soortgroep	Onderzoek NL en Europa	Monitoringsonderzoek NL en Vlaanderen
Grote zoogdieren	OO	4
Middelgrote zoogdieren - geen klimmers	GO	4
Middelgrote zoogdieren - klimmers	GO	1
Kleine zoogdieren	GO	4
Vleermuizen	GO	4
Vogels	GO	OK
Reptielen	GO	2
Amfibieën	GO	4
Insecten	GO	1
Overig ongewerveld	GO	1

Figuur 2 De wetenschappelijke waardering wat betreft de effectiviteit en het gebruik van natuurbruggen. [Uit: Smulders et al., 2021]

Wetenschappelijke waardering (Uitleg en legenda)		
	Effectiviteit van faunavoorziening	Gebruik van faunavoorziening
Soortgroep	Onderzoek NL en Europa	Monitoringsonderzoek NL en Vlaanderen
Grote zoogdieren	OO	3
Middelgrote zoogdieren - geen klimmers	GO	2
Middelgrote zoogdieren - klimmers	GO	2
Kleine zoogdieren	GO	3
Vleermuizen	GO	4
Vogels	GO	OK
Reptielen	GO	OO
Amfibieën	GO	1
Insecten	GO	1
Overig ongewerveld	GO	1

Figuur 3 De wetenschappelijke waardering wat betreft de effectiviteit en het gebruik van grote faunatunnels. [Uit: Smulders et al., 2021]

Gebruik van natuurbruggen en faunatunnels

Voor de verkenning van het gebruik van faunapassages door de diverse soortgroepen in genoemde leidraad, is een database vervaardigd waarin de bevindingen van Nederlandse en Vlaamse monitoringstudies zijn opgenomen. Het betreft een selectie van onderzoeksrapporten en wetenschappelijke artikelen uit de periode 1990-2021. Er zijn in totaal 54 studies geanalyseerd. Deze studies leverden 3.499 datasets op. De database bevat 753 datasets die betrekking hebben op natuurbruggen, afkomstig uit 13 studies. In totaal betreft dit onderzoek bij 23 natuurbruggen. De database bevat 252 datasets die betrekking hebben op grote faunatunnels, afkomstig uit 14 studies. In totaal betreft dit onderzoek bij 28 grote faunatunnels.

Natuurbruggen blijken zeer frequent¹ te worden gebruikt door grondgebonden zoogdieren, met uitzondering van 'klimmende' soorten, zoals boommarter en rode eekhoorn (figuur 2). Voor laatstgenoemde groep is het gebruik geclassificeerd als 'incidenteel'. Deze bevinding is wellicht voor een deel te verklaren door het gegeven dat deze soortgroep nog weinig in monitoringstudies is betrokken (8 datasets). De classificatie is daardoor nog niet erg robuust, waardoor een of enkele studies veel invloed op de uitkomst kunnen hebben. Daarnaast vindt monitoring vaak plaats kort na de aanleg van een natuurbrug, dus op het moment dat het habitat van deze boom-bewonende soorten op de natuurbrug en toelopen meestal nog niet (goed) ontwikkeld is. Natuurbruggen blijken ook zeer frequent gebruikt te worden door vleermuizen. Het zijn hierbij vooral de soorten die laag vliegen en de vegetatie volgen die profiteren.

Het gebruik van natuurbruggen door reptielen is geclassificeerd als 'regelmatig' en dat van amfibieën als 'zeer frequent'. Net als voor de klimmende zoogdieren geldt ook voor reptielen dat de classificatie in de leidraad gebaseerd is op een relatief beperkt aantal datasets (n=8) en de classificatie nog niet erg robuust is. Zo laat recent onderzoek op twee natuurbruggen in het Gooi – Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg – zien dat deze relatief snel in gebruik zijn genomen door alle soorten reptielen die in de omliggende natuurgebieden voorkomen (Van der Grift et al., in prep.). Dit gebruik nam jaarlijks toe over de zevenjarige onderzoeksperiode. Daarbij zijn op beide natuurbruggen verschillende leeftijdsgroepen aangetroffen en is voortplanting geregistreerd. Op respectievelijk Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg zijn over de hele onderzoeksperiode 938 en 317 waarnemingen van reptielen (ringslang, hazelworm en levendbarende hagedis) gedaan. Voor een deel van deze soorten is de abundantie op de natuurbruggen inmiddels gelijk aan of zelfs hoger dan die in referentiegebieden met geschikt habitat in de omgeving.

Het gebruik van natuurbruggen door insecten en andere ongewervelden is in de leidraad geclassificeerd als 'incidenteel'. Dit is opmerkelijk omdat meerdere studies juist intensief gebruik van natuurbruggen door diverse soorten insecten hebben aangetoond. Nadere beschouwing van de gegevens laat zien dat de classificatie 'incidenteel' een gevolg is van drie studies waarin onder meer de soortgroepen 'kevers', 'mieren' en 'spinnen' uitgebreid zijn gemonitord. De soortenlijsten in deze studies bevatten voor deze soortgroepen veel (minder algemene) soorten die slechts eenmaal of enkele malen zijn aangetroffen. Deze datasets wijzen dan ook alle op 'incidenteel gebruik'. En omdat dit aantal datasets relatief groot is, overschaduwden de minder algemene kevers, mieren en spinnen de andere soortgroepen. Wanneer we de soortgroepen apart beschouwen, zien we bijvoorbeeld dat het merendeel van de datasets (77%) voor bijen, hommels, wespen, vliegen, muggen, vlinders, krekels, sprinkhanen, libellen en waterjuffers, wijzen op (zeer) frequent gebruik (tabel 2).

¹ Smulders et al. (2021) hebben gebruiksklassen onderscheiden op basis van de trefkans van een soort(groep). De trefkans is hierbij gedefinieerd als de gemiddelde kans (in %) dat een soort(groep) op een dag de faunapassage passeert of daar aanwezig is, tijdens de meetperiode. Er zijn vijf klassen onderscheiden: geen gebruik (trefkans 0); incidenteel gebruik (trefkans >0 en ≤1); regelmatig gebruik (trefkans >1 en ≤5); frequent gebruik (trefkans >5 en ≤25); zeer frequent gebruik (trefkans >25 en ≤100).

Tabel 2 Het aantal datasets per ongewervelde soortgroep en per frequentieklasse van gebruik van natuurbruggen, zoals gebruikt voor de wetenschappelijke waardering in de Leidraad faunavoorzieningen bij Infrastructuur (Smulders et al., 2021).

Soortgroep	Gebruik van natuurbruggen				Totaal
	<i>Incidenteel</i>	<i>Regelmatig</i>	<i>Frequent</i>	<i>Zeer frequent</i>	
<i>Insecten</i>					
Bijen / Hommels	0	0	8	8	16
Wespen / Vliegen / Muggen	0	0	7	8	15
Dagvlinders / Nachtvinders	0	1	4	33	38
Krekels / Sprinkhanen	4	3	2	11	20
Libellen / Waterjuffers	0	0	2	6	8
Kevers	86	42	16	12	156
Mieren	18	3	4	5	30
<i>Overige ongewervelden</i>					
Spinnen / Hooiwagens	77	51	38	17	183
Duizendpoten / Miljoenpoten	10	0	2	1	13
Pissebedden	2	1	1	1	5
Totaal	197	101	84	102	484

Grote faunatunnels blijken regelmatig tot frequent te worden gebruikt door grondgebonden zoogdieren (figuur 3). Veel kleine en middelgrote zoogdieren maken al gebruik van kleine faunatunnels. Grote faunatunnels worden meestal dan ook snel geaccepteerd en gebruikt door deze dieren. Sommige soorten, vooral prooidieren en kleine marters, stellen daarbij wel eisen aan de inrichting, bijvoorbeeld dat er voldoende dekking aanwezig is. Grote zoogdieren, vooral hoefdieren, stellen minder eisen aan de inrichting, maar zijn weer gevoeliger voor de afmetingen van de voorziening, dus breedte, hoogte en lengte van de tunnel (Smulders et al., 2021).

Het gebruik van grote faunatunnels door vleermuizen is in de leidraad geclassificeerd als zeer frequent. Ook vleermuizen stellen eisen aan de dimensies van faunatunnels en dan vooral aan het oppervlak van de opening van de onderdoorgang (breedte x hoogte; zie Boonman, 2011). Hoe groter dit oppervlak, hoe vaker de vleermuizen passeren. Dit effect treedt vooral op bij onderdoorgangen met een beperkte omvang. Bij grotere onderdoorgangen is sprake van verzadiging in het gebruik. Boonman (2011) stelde vast dat de hoogte van de onderdoorgang de belangrijkste component is die het gebruik door vleermuizen kan verklaren. Naar verwachting is er ook een minimumbreedte, maar de breedte van de meeste onderdoorgangen ligt naar verwachting buiten het bereik waarin deze het gebruik door vleermuizen beperkt. De lengte van onderdoorgangen is geen belangrijke factor: ook lange onderdoorgangen worden frequent door vleermuizen gebruikt.

Het gebruik door reptielen kon in de leidraad niet worden geclassificeerd omdat er onvoldoende onderzoek is gedaan (zie ook Struijk, 2011). Er zijn in de database maar twee datasets aanwezig en er zijn er minimaal zes nodig om tot een classificatie te komen. De eerste dataset is afkomstig van een monitoringstudie van drie faunapassages in het Zoniënwoud (België), inclusief een grote faunatunnel (Feys et al., 2020). Nabij deze tunnel is tijdens de monitoring tweemaal een hazelworm waargenomen. In de tunnel zijn geen reptielen gezien. De tweede dataset is afkomstig van een monitoringstudie van 13 faunapassages bij rijkswegen in de provincie Utrecht, inclusief een grote faunatunnel (Brandjes & Van Vliet, 2006). Tijdens de meetperiode van 84 dagen is er eenmaal een spoor van een hagedis waargenomen in een voor fauna aangepaste onderdoorgang voor lokaal verkeer. In de onderzochte grote faunatunnel zijn geen waarnemingen van reptielen gedaan.

Reptielen blijken ook geen gebruik te maken van de grote faunatunnel bij Middachten, waar 63 dagen onderzoek met reptielplaten is verricht (Emond & Brandjes, 2015). Het beeld dat faunatunnels niet of slechts zeer incidenteel gebruikt worden door reptielen wordt ook bevestigd door de monitoring van faunatunnel 'Monnikenberg' (Van der Grift et al., in prep.). Dit betreft een 40 m brede en 6 m hoge faunatunnel in rijksweg A27, ten oosten van Hilversum. De faunatunnel is opgeleverd in 2018. In 2021 en 2022 is het gebruik door reptielen onderzocht. Hiervoor zijn er in de tunnel vier transecten van 150 meter lengte uitgezet. Deze transecten lagen parallel aan elkaar op een onderlinge afstand van circa 10 m. De transecten overspanden de oostelijke toeloop (50 m), de tunnel (50 m) en de westelijke toeloop (50 m). Op ieder transect zijn, op een onderlinge afstand van 10 m, 15 kunstmatige schuilplekken neergelegd. De inventarisaties zijn uitgevoerd in de maanden april-september. De transecten zijn in deze periode 61 maal op het voorkomen van reptielen geïnterpreteerd. In de omgeving van deze faunatunnel komen momenteel drie soorten reptielen voor: ringslang, hazelworm en levendbarende hagedis. Geen van deze soorten is tijdens de transect-inventarisaties echter in de tunnel waargenomen. Ringslang en hazelworm zijn wel incidenteel waargenomen op de toelopen naar de tunnel, respectievelijk drie en twee keer. Buiten de transect-inventarisaties om is eenmaal een ringslang waargenomen in de watergang die de tunnel passeert.

Het gebruik door amfibieën is in de leidraad geclassificeerd als 'regelmatig'. Het frequente gebruik van amfibietunnels door deze diergroep is op veel plekken waargenomen. Ook grote faunatunnels kunnen amfibieën echter een veilige passage bieden. Waarom grote faunatunnels minder vaak gebruikt lijken te worden dan (kleine) amfibietunnels, is niet bekend. Wellicht speelt gebrek aan dekking in grote faunatunnels een rol. Ook de positionering, die cruciaal is voor deze diergroep, kan mee spelen. Van grote faunatunnels wordt er meestal immers maar één (of enkelen) gerealiseerd in een wegtraject en is de positionering afgestemd op meerdere soortgroepen. Van amfibietunnels worden er meestal meerdere aangelegd en dan specifiek op plekken waar amfibieën oversteken. De monitoring van faunatunnel Monnikenberg – net als de reptielen uitgevoerd door herhaalde inventarisaties langs uitgezette transecten – heeft ook gebruik door amfibieën aangetoond. In de tunnel zijn tijdens 67 inventarisaties 80 waarnemingen van kleine watersalamander gedaan. Dit is circa 78% van alle waarnemingen van deze soort op de tunnel-transecten. Gewone pad is aangetroffen op de toelopen, maar niet in de tunnel. Daarnaast komen bruine kikker, groene kikker *spec.* en kamsalamander in het gebied voor, maar deze soorten zijn nog niet op de toelopen of in de tunnel gezien.

Het gebruik van grote faunatunnels door insecten en andere ongewervelden is in de leidraad geclassificeerd als 'incidenteel'. Anders dan bij natuurbruggen weerspiegelt deze classificatie wel het waargenomen gebruik door deze soortgroepen. Zo blijken 21 van de 33 datasets op incidenteel gebruik te wijzen en slechts 2 datasets op zeer frequent gebruik (tabel 3). Onderzoek bij faunatunnel Monnikenberg ondersteunt dit beeld (Van der Grift et al., in prep.). De resultaten van het eerste monitoringsjaar laten zien dat er 18 soorten dagvlinders in de omgeving van de faunatunnel zijn geregistreerd. Op de directe toelopen van de tunnel zijn 13 soorten aangetroffen. Gebruik van de tunnel is tijdens 106 transect-inventarisaties vastgesteld voor slechts twee soorten: atalanta en hooibeestje. In totaal betrof dit zes individuen. Daarnaast is incidenteel gebruik door koolwitje *spec.*, citroenvlinder en dagpauwoog vastgesteld, dus los van de transect-inventarisaties. De vlindersoorten die in de (directe) omgeving van de tunnel voorkomen, gebruiken de tunnel minder frequent dan op basis van referentiemetingen in de omgeving kon worden verwacht, i.e. ze vermijden de tunnel. In genoemde faunatunnel is ook het gebruik door sprinkhanen en krekels onderzocht. In de omgeving van de faunatunnel zijn 12 soorten sprinkhanen/krekels aangetroffen. Op de toelopen van de faunatunnel zijn zes soorten gezien. Sprinkhanen en krekels zijn echter tijdens de transect-

inventarisaties niet waargenomen in de tunnel zelf. Los van de transect-inventarisaties is in de tunnel wel één incidentele waarneming gedaan, van de grote groene sabelsprinkhaan.

Tabel 3 Het aantal datasets per ongewervelde soortgroep en per frequentieklasse van gebruik van grote faunatunnels, zoals gebruikt voor de wetenschappelijke waardering in de Leidraad faunavoorzieningen bij Infrastructuur (Smulders et al., 2021).

Soortgroep	Gebruik van grote faunatunnels				Totaal
	<i>Incidenteel</i>	<i>Regelmatig</i>	<i>Frequent</i>	<i>Zeer frequent</i>	
<i>Insecten</i>					
Kevers	6	1	0	0	7
Mieren	1	0	0	0	1
<i>Overige ongewervelden</i>					
Spinnen / Hooiwagens	9	3	1	0	13
Duizendpoten / Miljoenpoten	5	4	0	0	9
Pissebedden	0	1	0	2	3
<i>Totaal</i>	21	9	1	2	33