

Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur

Bijlagen

Juni 2013

Leidraad
Faunavoorzieningen
bij
Infrastructuur



Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur

Bijlagen

Juni 2013

In opdracht van:



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

ProRail

Met medewerking van:



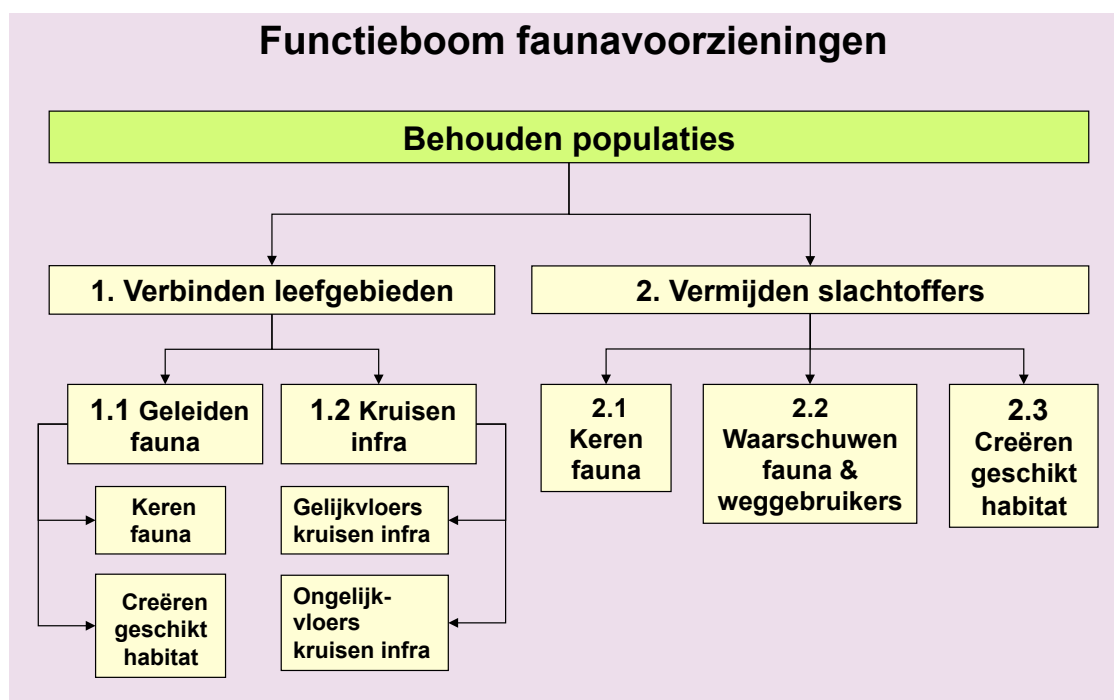
agentschap
Wegen en Verkeer



7	De Klanteisen van fauna	7
7.1.	Inleiding	7
7.2.	De verplaatsingen van dieren	7
7.3	Habitateisen per soortgroep	17
7.4	Dagvlinders	17
7.5	Libellen	23
7.6	Vissen	27
7.7	Amfibieën	33
7.8	Reptielen	37
7.9	Vleermuizen	43
7.10	Grondgebonden zoogdieren	47
7.11	Vogels	53
7.12	Gebruik en eisen van soorten aan faunavoorzieningen	61
7.12.1	Kenmerken van doelsoorten voor het ontwerp en de inrichting van faunavoorzieningen	61
7.12.2	Dagvlinders	61
7.12.3	Libellen	62
7.12.4	Vissen	65
7.12.5	Amfibieën	68
7.12.6	Reptielen	71
7.12.7	Vleermuizen	71
7.12.8	Grondgebonden zoogdieren	73
8	Voorbeelden van faunavoorzieningen	79
8.1	Inleiding	79
8.2	Kruisen	85
8.2.1	Ecoduct	85
8.2.2	Brug of viaduct op palen met faunapassage onderlangs	99
8.2.3	Grote faunatunnel	105
8.2.4	Brug met doorlopende oever	111
8.2.5	Duiker met loopstroken	117
8.2.6	Kleine faunatunnel	119
8.2.7	Boombrug	133
8.2.8	'Hop-over' voor vleermuizen, vlinders en vogels	137
8.2.9	Viaduct met medegebruik fauna	141
8.2.10	Tunnel met medegebruik fauna	145
8.2.11	Bestaande brug of duiker met aangebrachte loopstroken	147
8.2.12	Aquaduct met doorlopende oever	155
8.2.13	Sifon met medegebruik fauna	159
8.3	Geleiden	163
8.3.1	Stobbenwallen	163
8.3.2	Geluidsschermen	165
8.4	Keren	167

Inhoudsopgave

8.4.1	Rasters en aanvullende voorzieningen	167
8.4.2	Wild- en veeroosters	187
8.5	Waarschuwen	189
8.5.1	Afschrikmiddelen? Voor zoogdieren ineffectief!	189
8.5.2	Waarschuwborden en elektronische wildwaarschuwingssystemen	195
8.5.3	Snelheidsbeperkende maatregelen en tijdelijk of permanent afsluiten van wegen	197
8.6	Overig	199
8.6.1	Afscherming licht	199
8.6.2	Inspectieputten / lichtkokers	201
8.6.3	Zwijnverdwijsblokken	201
8.6.4	Planken over sloten	201
8.6.5	Fauna-uitstapplaatsen (FUP's)	203
8.6.6	Trottoirbanden, afwateringsgoten en afwateringsputten	205
8.6.7	Kunstverblijven en andere 'kleine faunavoorzieningen'	207
8.6.8	Informatieborden	207
	Bijlage 1: Bronnen	211
	Bijlage 2: Verklarende woordenlijst	221



Figuur 7.1 Functieboom faunavoorziening.



Figuur 7.2 Gegevens over jachtgebieden, vliegroues en verblijfplaatsen uit een gerichte veldinventarisatie en gegevensbestanden kunnen duidelijk maken waar een gepland tracé (lichte zone) een probleem kan vormen voor deze belangrijke functies van het landschap voor vleermuizen (tekening: Peter Twisk).

7 De Klanteisen van fauna

7.1. Inleiding

In hoofdstuk 2 is ingegaan op de wijze waarop naar een oplossing voor een versnipperingsprobleem wordt gezocht en welke informatie daarvoor moet worden verzameld. Vanuit de methodiek van Systems Engineering vormen de eisen die de verschillende belanghebbenden hebben het uitgangspunt in het proces van probleem naar oplossing (hoofdstuk 4). De belangrijkste belanghebbenden bij faunavoorzieningen zijn de dieren. Faunavoorzieningen worden aangelegd met het doel het duurzaam voortbestaan van populaties van diersoorten veilig te stellen. Om dit mogelijk te maken moet de faunavoorziening diverse functies vervullen (figuur 7.1). Kennis over de eisen die dieren aan hun leefomgeving stellen is hiervoor onontbeerlijk.

In tegenstelling tot de andere belanghebbenden kunnen de dieren niet worden uitgehoord over hun eisen. Gelukkig is, dankzij ecologisch onderzoek, van veel diersoorten bekend welke eisen zij aan hun omgeving stellen als zij zich door het landschap verplaatsen. Ook is, eveneens door onderzoek, maar ook door ervaringen van beheerders, kennis beschikbaar over de eisen die dieren aan faunavoorzieningen stellen. In dit hoofdstuk wordt eerst in grote lijnen ingegaan op de wijze waarop dieren het landschap gebruiken. Daarna volgen per diergroep de belangrijkste eisen die zij tijdens hun verplaatsingen aan het landschap en de inrichting van faunavoorzieningen stellen.

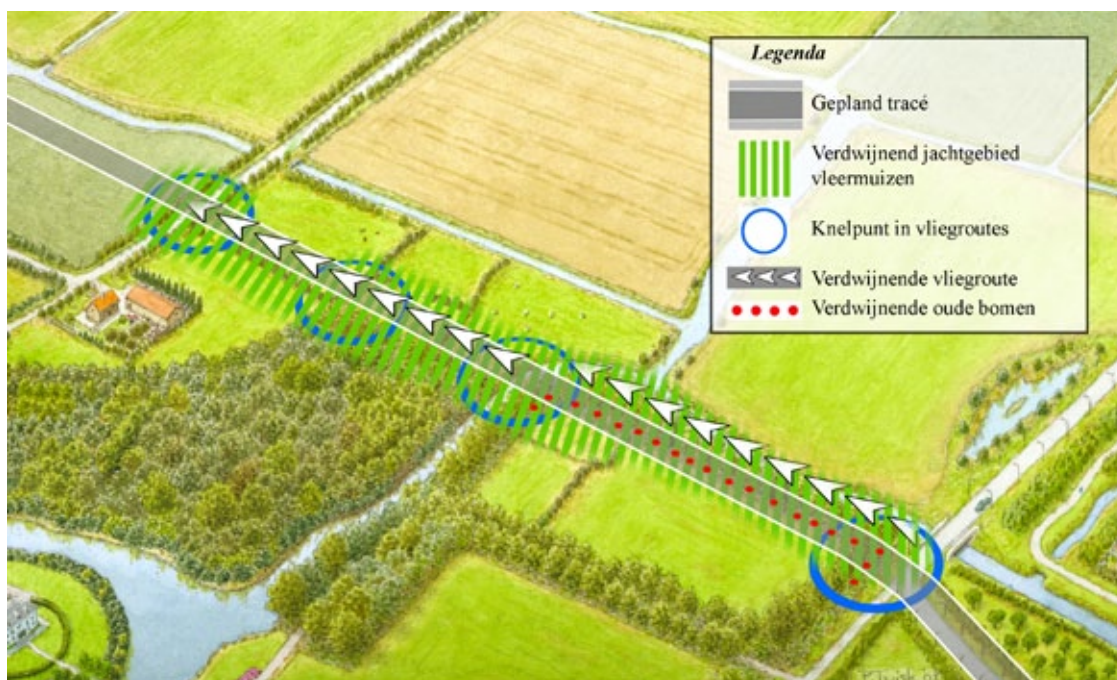
7.2. De verplaatsingen van dieren

De problemen die dieren door infrastructuur ondervinden zijn terug te voeren op belemmeringen van hun verplaatsingen door het landschap. In feite kruisen de verplaatsingen van mensen de verplaatsingen van dieren (figuren 5.1 en 5.2). En net als bij mensen verschilt de mate van verplaatsing (in afstand, snelheid en frequentie) met het doel; het is bijvoorbeeld voor de dagelijkse boodschappen (voedseltochten over korte afstand) of bijvoorbeeld voor vakantie (seizoensmigratie over lange afstand). Bij het bepalen welke maatregelen nodig zijn om de passage van menselijke infrastructuur door dieren mogelijk te maken (figuur 5.3) moet daarom eerst de vraag worden beantwoord welk doel (welke functie) de passage voor de soort moet vervullen. Die functie hangt samen met de levens- en de jaarcyclus van de soort.

De levenscyclus

Beginnend als eitje ontwikkelen dieren zich geleidelijk tot volwassen individuen die voor een nieuwe generatie zorgen. De stadia die daarbij worden doorlopen zijn niet voor alle diergroepen gelijk, maar elk stadium kenmerkt zich wel doordat het is gebonden aan een bepaald biotoop en de afstanden die worden afgelegd. Eitjes van vlinders en amfibieën verplaatsen zich niet (uitzondering is de vroedmeesterpad), terwijl eitjes van zoogdieren opgeslagen in de baarmoeder zich wel verplaatsen. Jonge dieren verplaatsen zich wel, maar blijven daarbij meestal dicht in de buurt van hun geboorteplaats. Naarmate ze groter worden leggen ze grotere afstanden af en als ze eenmaal op eigen benen staan verlaten ze meestal hun geboortegebied om zich elders te vestigen (dispersie), waarna de cyclus opnieuw begint. Bij vlinders zit hiertussen nog een fase als de rups verpopt tot vlinder. De pop is, net als het eitje, aan één plaats gebonden.

De biotopen die tijdens de verschillende levensstadia worden bewoond kunnen sterk verschillen. Zo leven de eieren en larven van padden in het water, terwijl de volwassen dieren



Figuur 7.3 De gegevens van de veldinventarisatie maken duidelijk waar een gepland tracé conflictpunten in de vorm van verlies van verblijfplaatsen (rood gestippeld), doorsnijding (blauwe cirkels) en vernietiging (pijlen) van vliegroutes en verlies van jachtgebied (groen gearceerd) oplevert. Voor oplossingen van deze conflictpunten zie figuur 7.4 (tekening: Peter Twisk).



Figuur 7.4 Wanneer de conflicten bekend zijn kunnen mitigerende maatregelen, zoals een hop-over, ruime tunnels of viaducten en afscherming van licht en geluid worden gerealiseerd (tekening: Peter Twisk).

de meeste tijd op het land doorbrengen. Vaak is het verschil echter minder groot en is het verschil alleen de omvang van het gebied dat jonge en volwassen dieren bestrijken. Jonge dieren zijn minder mobiel en moeten hun dagelijkse behoeften op korte afstand van hun rustgebied vinden; volwassen dieren kunnen grotere afstanden afleggen. Voor alle soorten geldt echter dat hoe korter de afstand tussen hun rust- en foerageerplaatsen, hoe beter, omdat ze bij een korte afstand minder energie verbruiken dan bij een lange afstand.

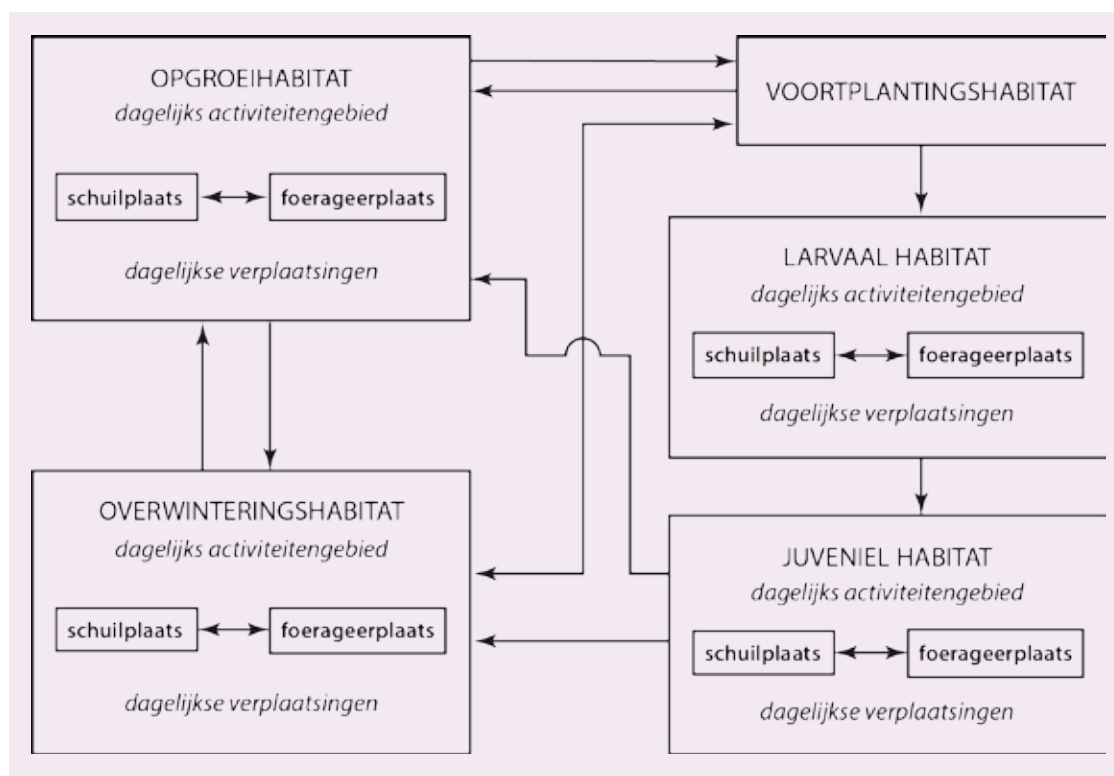
De jaarcyclus

In de loop van een jaar vertonen de meeste dieren perioden van hoge activiteit en van rust. De winter is in onze streken de rustperiode. Sommige diersoorten gaan dan in winterslaap en komen maanden lang niet van hun plaats. Onder de dieren die kunnen vliegen (vogels, vleermuizen, vlinders) bevinden zich soorten die grote afstanden (honderden tot duizenden kilometers) afleggen om de winter op geschikte plekken door te brengen. In het voorjaar worden de dieren wakker of komen terug uit hun overwinteringsgebied en moeten eerst veel eten om weer op gewicht te komen. Daarna volgt de tijd van de jongen. De populaties zijn dan op hun grootst en er is veel voedsel nodig. Bij voorkeur is dat binnen een klein gebied te vinden, zodat de moeders of de jongen niet ver hoeven te zoeken. Als de jongen hun geboorteplek hebben verlaten begint bij veel soorten de paartijd, hoewel dit ook in de winter of het vroege voorjaar gebeurt. Voor het vinden van een geschikte partner kunnen dieren grote afstanden afleggen. Voor de winterrust weer intreedt moet eerst weer goed worden gegeten om deze magere tijd door te komen.

Bij sommige diersoorten vallen de jaarcyclus en de levenscyclus samen, zoals bij de meeste insecten. Bij muizen duurt de hele levenscyclus vaak minder dan een jaar en veel vlindersoorten kennen meerdere generaties binnen één jaar.

Bij veel soorten zijn er verschillen tussen mannetjes en vrouwtjes in ruimtegebruik. Vrouwtjes die jongen verzorgen zijn gedurende enige tijd aan een klein gebied gebonden, terwijl de mannetjes een groot gebied bestrijken. Anderzijds zijn bij sommige diersoorten de mannetjes in de paartijd aan een klein gebied gebonden, dat ze verdedigen tegenover andere mannetjes. De vrouwtjes struinen alle paarplaatsen af op zoek naar het beste mannetje voor hun nageslacht.

- Concluderend zijn de functies die door de infrastructuur kunnen worden belemmerd:
- dagelijkse tochten binnen het vaste leefgebied op zoek naar voedsel, drinkwater en rustplaatsen;
- seizoensmigratie naar tijdelijke voedselbronnen;
- seizoensmigratie naar en van winterrustplaatsen;
- zoektochten naar partners voor de voortplanting;
- zoektochten naar plekken/milieu's voor eiafzet of werpen en grootbrengen van jongen;
- dispersie, waaronder ook het (her)koloniseren van nieuwe gebieden.



Figuur 7.5 De relatie tussen levensstadia, habitat en verplaatsingen daarbinnen en daartussen (bron: Kroes en Monden, 2005).

Figuur 7.5 geeft een schematisch overzicht van de verschillende levensstadia en de verplaatsingen. Al deze stadia en verplaatsingen kunnen binnen een klein gebied van enkele tientallen vierkante meters plaatsvinden, of een groot deel van de wereld beslaan, zoals bij sommige trekvogels.

Relatie verblijfplaats – voedselgebied

In het dagelijks leven van dieren zijn twee dingen het belangrijkste: eten en rusten. De dagelijkse verplaatsingen vinden dan ook vooral plaats tussen rustplaatsen en voedselgebieden en binnen de voedselgebieden. Sommige diersoorten besteden daarnaast nog tijd aan het verdedigen van hun leefgebieden om te zorgen dat hun voedsel- en rustgebieden niet door soortgenoten worden gebruikt. Het verdedigen kan bestaan uit het markeren van hun leefgebiedsgrenzen met geurmerken en/of het aangaan van gevechten met concurrenten.

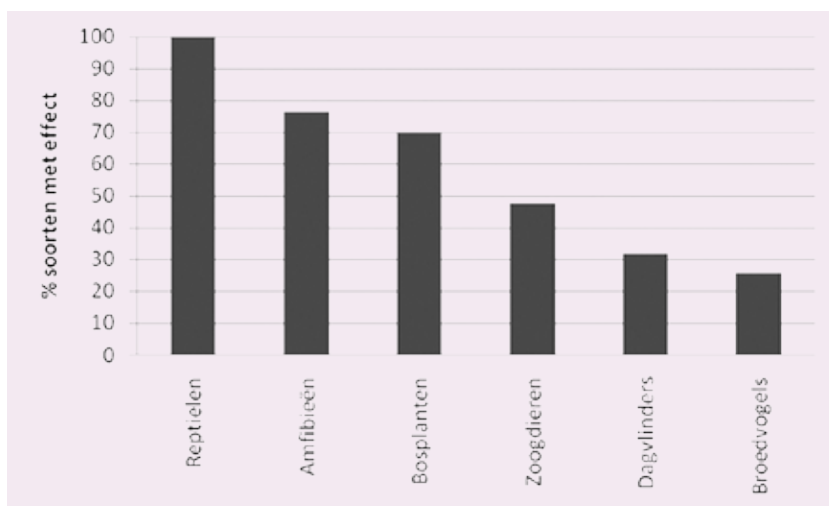
Verplaatsen kost energie. Hoe dichterbij de voedselgebieden bij de rustplaatsen liggen hoe beter. Dit geldt in sterke mate voor dieren met jongen die in een nest achterblijven als de ouder op zoek gaat naar voedsel. De ouder moet regelmatig terugkomen om de jongen te voeren. Als daarvoor grote afstanden moeten worden afgelegd is dat zeer ongunstig.

Voedsel is zelden continu op één plek beschikbaar. Het is daarom niet ongebruikelijk dat dieren binnen hun leefgebied meerdere rustplaatsen hebben, die zo dicht mogelijk bij de verschillende voedselbronnen liggen. Afhankelijk van de voedselbron wordt elke dag een andere rustplaats gebruikt of wordt per seizoen van verblijfplaats gewisseld. Hoe meer variatie in het landschap, hoe waarschijnlijker het is dat er altijd op korte afstand voedsel te vinden is. In een gevarieerd landschap hebben dieren dan ook minder ruimte nodig om in hun belangrijkste levensbehoeften (eten en rusten) te voorzien en kunnen hun leefgebieden klein zijn. Hierdoor is er voor meer dieren van een soort plaats en is de dichtheid hoger. Hierbij moet worden bedacht dat de schaal van de variatie per soort verschilt. Een bloemrijk grasland kan in alle levensbehoeften van een vlinder voorzien, terwijl het voor een ree slechts een van diens vele voedselgebieden is.

Deze kennis kan van pas komen bij het oplossen van knelpunten tussen infrastructuur en dieren. Bij het zoeken naar locaties voor voorzieningen moet voorkomen worden dat de afstanden die dieren dagelijks afleggen te groot worden. Hier gaat uiteraard weer de vraag aan vooraf welke functie door de infrastructuur wordt belemmerd (voedselzoektochten, seizoensmigratie, dispersie), omdat de maximale afstanden die dieren hiervoor afleggen verschilt. Deze kennis geeft ook aan dat, als de infrastructuur de verbindingroute tussen een verblijfplaats en een voedselgebied doorsnijdt, de oplossing ook gezocht kan worden in het verbeteren van de kwaliteit van het leefgebied aan één kant van de infrastructuur, zodat de dieren deze niet meer hoeven over te steken. Bij het oplossen van knelpunten dienen daarom ook de situatie en de mogelijkheden buiten de directe invloedssfeer van de infrastructuur te worden onderzocht.

Mobiliteit

Grote dieren kunnen grotere afstanden afleggen dan kleine dieren en vliegende dieren komen verder dan lopende. Maar ook binnen dezelfde grootte zijn er verschillen in mobiliteit. Er zijn vlindersoorten, zoals het heideblauwtje en het pimperlblauwtje, die zelden tot nooit buiten hun vaste leefgebied komen; 100 m buiten het bestaande leefgebied is al bijzonder. Andere



Figuur 7.7 Gevoeligheid van diersoorten voor versnippering, per soortgroep.



Fig 7.8 Dassenwissel (foto: Das & Boom)

vlindersoorten daarentegen leggen geregeld afstanden af van meer dan 10 km buiten hun vaste leefgebied. De grote parelmoervlinder wordt soms zelfs op 50 km van z'n leefgebied aangetroffen; een echte zwerver. Een provinciale weg vormt daarom voor het heideblauwtje al een fikse barrière, terwijl een grote parelmoervlinder makkelijk een meerbaans autosnelweg kruist. Voor het heideblauwtje is het dus zinvol om de barrièrewerking middels een faunavoorziening op te heffen, voor de grote parelmoervlinder niet. Het kan wel een bijdrage leveren aan het verminderen van het aantal verkeersslachtoffers onder de grote parelmoervlinder.

In algemene zin kan worden gesteld dat honkvaste, weinig mobiele soorten het meeste gevaar lopen geïsoleerd te raken en lokaal uit te sterven als hun leefgebied wordt omsingeld door wegen. Dit zijn vaak soorten van stabiele milieus. Soorten van dynamische milieus zijn mobieler, omdat hun leefgebied regelmatig verandert of soms zelfs verdwijnt en elders weer verschijnt. Zij moeten in staat zijn vaak van woonplaats te veranderen en zijn daarom mobieler. Dit zijn de zogenaamde pioniersoorten. Op basis van deze kenmerken kunnen soortgroepen worden ingedeeld op hun gevoeligheid voor versnippering (figuur 7.7).

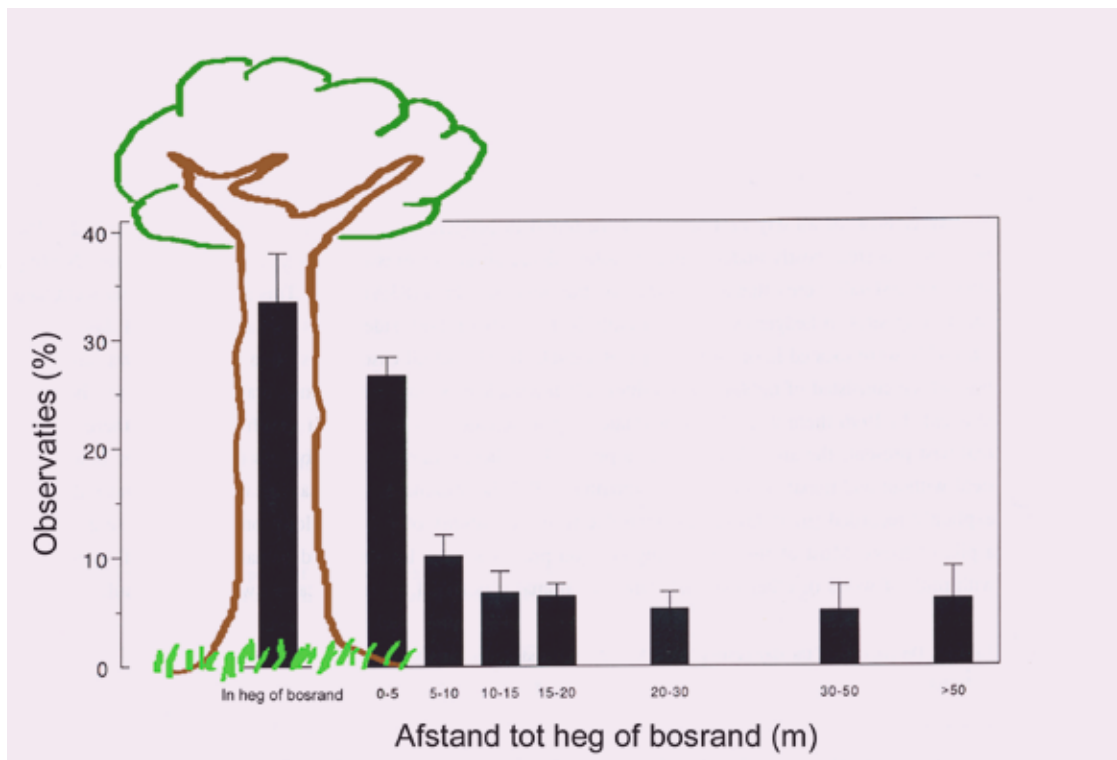
Niet alleen tussen soorten, ook binnen een soort zijn er verschillen in mobiliteit. Sprinkhaanvrouwtjes bijvoorbeeld, leggen kortere afstanden af dan mannetjes. De snelheid waarmee een nieuw gebied wordt ge(her)koloniseerd wordt daarom bij sprinkhanen bepaald door de vrouwtjes.

Zoals eerder gezegd leggen dieren die migreren (bijv. tussen winter- en zomer gebied) vaak veel grotere afstanden af, dan tijdens hun voortplantingsperiode. Daarom moet bij het interpreteren van maximale afstanden die soorten kunnen afleggen goed worden opgelet in welke fase van hun leven deze gegevens zijn verzameld. De maximaal waargenomen afstand van – bijvoorbeeld – een volwassen kamsalamander is 1.290 m. De gebruikelijke afstand binnen het vaste leefgebied is echter 10 m (Creemers & Van Delft, 2009).

Hoe verplaatsen dieren zich door het landschap

Dieren kruipen, lopen, springen, klimmen, zwemmen, graven en vliegen door het landschap. Meestal gebruiken ze meerdere van deze wijzen van voortbeweging. Dassen lopen, maar kunnen ook zeer goed graven. Reeën lopen ook en kunnen bovendien hoog springen, maar kunnen ook op hun knieën onder een hek door kruipen. Boommarters lopen, klimmen in bomen en springen via de boomkronen van boom naar boom. Otters zwemmen, maar leggen ook grote afstanden lopend af. En tot slot, onder de vleermuizen, vlinders en vogels heb je laagvliegers en hoogvliegers. Dat verschilt per soort, maar ook per gedrag. Tijdens foerageren wordt bijvoorbeeld laag gevlogen en kan een weg een barrière zijn, terwijl tijdens migratie hoog wordt gevlogen en wegen geen obstakels zijn.

Hoewel de verplaatsingen soms willekeurig lijken, is dat niet zo. Als dieren onderweg zijn van de ene naar de andere plek volgen ze opvallende structuren in het landschap. Dat kan een heg zijn, of een kanaal of de rand van een grasveld, maar ook de wegen en voetpaden van mensen worden gebruikt. Waterdieren, zoals vissen, libellenlarven en waterkevers hebben wat dit betreft minder keus, maar ook voor hen geldt dat niet alle wateren even geschikt zijn. Dit kan bijvoorbeeld te maken hebben met de stromingssnelheid die niet overal gelijk is. Overigens kunnen de meeste waterkevers zich ook vliegend verplaatsen!



Figuur 7.9 Verdeling van waarnemingen van gezenderde egels in relatie tot de rand van vegetatie (bron: Huijser, 2000).



Figuur 7.10 Egels blijven graag in de omgeving van opgaande vegetatie of andere structuren (foto: Jörg Hempel)

Binnen het vaste leefgebied worden meestal vaste routes gevolgd. Bij de grondgebonden zoogdieren ontstaan door de regelmatige betreding paden (wissels) die ook voor mensen herkenbaar zijn (figuur 7.8).

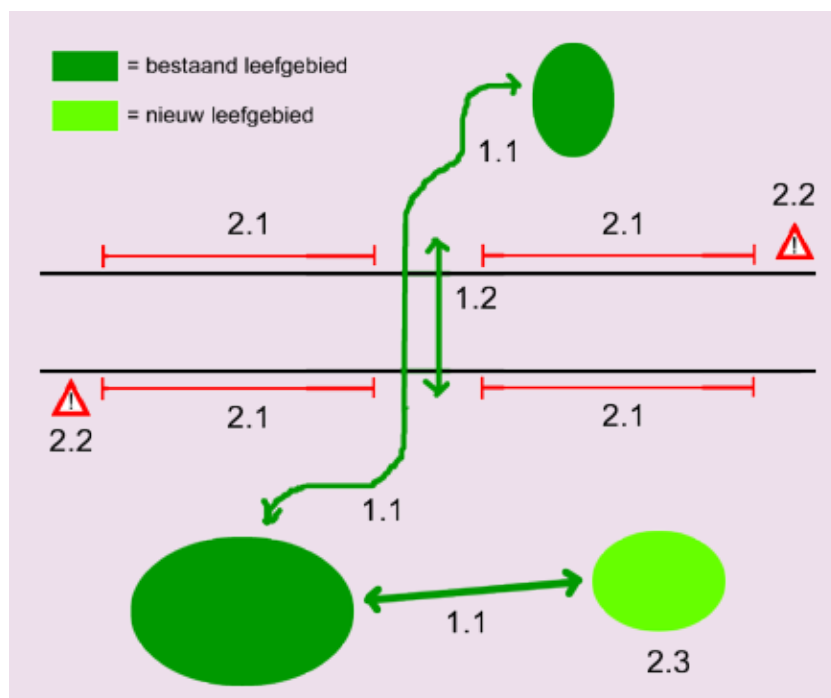
Grote open vlaktes (groot in verhouding tot de lichaamsgrootte van het dier) worden meestal gemeden. Alleen als daar voedsel te vinden is worden deze betreden, zoals een grasveld waar dassen op zoek gaan naar regenwormen of insecten onder de koeienvlaaien. Maar ook dan blijven ze nog redelijk dicht in de buurt van opgaande vegetatie of andere structuren (figuur 7.4). Er zijn verschillende verklaringen waarom dieren dicht bij dekkingbiedende structuren blijven:

- 1) het biedt bescherming tegen predatoren; de dieren zijn minder zichtbaar (ze steken niet af tegen de kale vlakte of de lucht) en kunnen bij gevaar in de vegetatie dekking zoeken;
- 2) nachtdieren hebben minder last van omgevingslicht (van lantaarns, huizen, auto's of de maan); daardoor zijn ze enerzijds minder zichtbaar voor predatoren en anderzijds zijn ze ook zelf minder zichtbaar voor hun prooien; mogelijk worden ze door (te veel) licht ook verblind;
- 3) het biedt bescherming tegen wind; vooral vliegende dieren als vlinders en vleermuizen kunnen last hebben van wind, maar wind zorgt er ook voor dat de geur van dieren ver wordt verspreid, wat mogelijk ongewenst is;
- 4) er is meer voedsel; op de overgangen van vegetaties is de diversiteit en dichtheid aan soorten groter dan in monotone vegetaties zonder structuur;
- 5) het helpt hen bij het oriënteren; aaneengesloten structuren (heggen, schuttingen), maar ook objecten op niet te grote afstanden van elkaar helpen de dieren hun weg te vinden.

Dekkingbiedende structuren kunnen dus worden gebruikt om dieren ergens naar toe te leiden. Omgekeerd kan het ontbreken van dekking dieren juist weghouden van gebieden waar je ze niet wil hebben; bijvoorbeeld vlak langs de infrastructuur. Dit werende effect kan worden versterkt door storingsbronnen aan te brengen waar de dieren gevoelig voor zijn. Zo kan licht dat van de weg het landschap in schijnt dieren van de weg houden. Bij vleermuizen lijkt dit te werken, maar de wildspiegels die via lichtflitsen reeën van de weg moeten houden werken niet.

Bij hun tochten door hun leefgebied, maar ook daar buiten, worden dieren aangetrokken door voedsel en door soortgenoten (potentiële partners). Soortgenoten kunnen echter ook concurrenten zijn die de verplaatsingen juist belemmeren. Zeker bij dieren die sterk territoriaal zijn en hun leefgebied continu tegenover soortgenoten verdedigen en afbakenen (meestal met geurmerken) kan niet iedereen overal komen. Andere soorten zijn alleen in een deel van het jaar territoriaal (bijv. in de voortplantings- en jongentijd) en daar buiten tolerant.

Ook de aanwezigheid van predatoren kan de bewegingsvrijheid belemmeren. Onderzoek heeft aangetoond dat het aantal egels in een gebied negatief is gecorreleerd met het aantal dassen. Dassen eten egels. Overigens lijkt deze relatie minder sterk te zijn in gebieden met veel dekkingbiedende vegetatie; wat kan betekenen dat de das in dat geval voldoende alternatieve voedselbronnen heeft of dat de egels voor de dassen minder makkelijk te vangen zijn.



Figuur 7.11 Schematische weergave van de functies die een faunavoorziening vervult om leefgebieden aan weersijden van een (spoor)weg met elkaar te verbinden en / of faunaslachtoffers te voorkomen.

1. Verbinden leefgebieden:
 - 1.1. Geleiden
 - 1.2. Kruisen
2. Vermijden slachtoffers:
 - 2.1 Keren
 - 2.2 Waarschuwen
 - 2.3 Geschikt habitat maken

Samenvattend moet bij het zoeken naar oplossingen om de barrièrewerking van infrastructuur op te lossen rekening worden gehouden met:

- 1) de voortbewegingstechnieken die de dieren beheersen (alleen lopen of kunnen ze ook graven)
- 2) de meest gebruikelijke wijze van voortbewegen, en dit weer in relatie tot de functie die door de infrastructuur wordt belemmerd;
- 3) de routes die de dieren volgen en de aanwezigheid van geleidende structuren;
- 4) de aanwezigheid van soortgenoten, concurrenten en predatoren;
- 5) storingsbronnen.

7.3 Habitatieisen per soortgroep

Voor het goed functioneren van een faunavoorziening is vooral belangrijk dat dieren de voorziening als een onderdeel van hun leefgebied beschouwen. Daarom wordt hieronder per diergroep ingegaan op hun leefgebieden en de wijze van verplaatsen. De variatie tussen soorten is zo divers dat niet elke soort apart kan worden behandeld. De tabel aan het eind van dit hoofdstuk geeft een overzicht van de eisen die de doelsoorten (§ 3.3.2) stellen. Zoals te zien is lang niet van alle soorten bekend welke eisen zij nu precies stellen. Gelukkig ligt het onderzoek naar het landschapsgebruik van dieren en het gebruik van faunavoorzieningen niet stil. Jaarlijks komt nieuwe kennis beschikbaar. Het is daarom zaak bij het ontwerpen van faunavoorzieningen niet uitsluitend de informatie in dit hoofdstuk te gebruiken, maar ook op zoek te gaan naar informatie in literatuur en op websites. Het inschakelen van deskundigen op het gebied van de doelsoorten waarvoor de faunavoorziening wordt aangelegd, wordt aangeraden. Zij beschikken over de meest recente kennis en ervaring.

De indeling van de volgende paragrafen sluit grotendeels aan op de functieboom van figuur 3.10 en de indeling van de voorbeelden van faunavoorzieningen in hoofdstuk 8. In figuur 7.11 is dit nog eens in de ruimtelijke context weergegeven.

7.4 Dagvlinders

Verbinden

Vlinders vliegen, maar dat wil niet zeggen dat alle soorten infrastructuur zonder kleerscheuren kunnen kruisen. Veel vlinders blijven laag bij de grond en vliegen van bloem naar bloem. Als ze infrastructuur kruisen is de kans groot dat ze door het verkeer worden geraakt. Meestal proberen ze de infrastructuur niet eens te kruisen, omdat het geschikte habitat ontbreekt. De infrastructuur belemmert in dat geval de dispersie en (her)kolonisatie van gebieden. Er zijn ook vlindersoorten voor wie infrastructuur geen barrière vormt; zeker als er weinig snelverkeer is, zoals op vaar- en spoorwegen.

Er worden vier categorieën van mobiliteit onderscheiden: honkvast, weinig mobiel, mobiel en zeer mobiel (Wallis de Vries, 2010).



Figuur 7.3 In de eerste fasen van hun leven (van ei tot cocon) zijn vlinders zeer kwetsbaar. Ze zijn dan aan een klein gebied gebonden en meestal ook aan bepaalde planten, zogenaamde waardplanten, gebonden. Bij het beheer van faunavoorzieningen moet vooral met deze levensfasen rekening worden gehouden (foto: Dennis Wansink).



Figuur 7.4 Heideblauwtje, aandachtssort voor faunapassage (foto: Jeroen Brandjes).

Honkvaste soorten zwerven zelden: meer dan 100 m buiten het bestaande leefgebied is al uitzonderlijk. Voor deze groep is het noodzakelijk dat geschikte waard- en nectarplanten dicht bij elkaar voorkomen.

Weinig mobiele vlinders worden ook zelden buiten het bestaande leefgebied gevonden, maar hiervan zijn meer individuen bekend die over een grotere afstand hebben gezworven..

Mobiele vlinders zijn in staat regelmatig grotere afstanden af te leggen. Bij deze soorten komt het regelmatig voor dat de nectarplanten op een andere plaats worden gezocht dan de waardplanten. Afstanden van 500 m tot 5.000 m worden afgelegd.

De zeer mobiele soorten leggen vaak afstanden af van meer dan 10 km. Het oversteken van een (spoor)weg of kanaal is voor deze soorten geen probleem.

De barrièrewerking van wegen is vooral belangrijk voor de honkvaste en weinig mobiele soorten, maar de sterfte onder mobielere soorten is hoger. De meeste vlinders vliegen namelijk zelden hoger dan 2 m.

De effectiviteit van de verbindingen hangt sterk af van de inrichting ervan. Voor honkvaste en weinig mobiele soorten moet de geleiding bestaan uit een aaneenschakeling van leefgebieden. Voor meer mobiele soorten is geleiding voldoende.

Leefgebieden

De leefgebieden moeten voor alle levensstadia de juiste condities bevatten. Dus van het eitje via de rups en de pop naar de volwassen vlinder of imago. Deze hangen uiteraard met elkaar samen. De plaats en de wijze waarop volwassen vrouwtjesvlinders eieren afzetten hangt bijvoorbeeld af van de voedselvoorkeur van de rups. Deze plekken zijn de zogenaamde waardplanten. Daarnaast moeten de juiste voedselbronnen voor de volwassen dieren aanwezig zijn. De meeste vlinders gebruiken nectar als voedsel. Voorbeelden van echte vlinderplanten zijn composieten, zoals distels, koninginnenkruid en knoopkruid. Maar sommige vlinders gebruiken (ook) andere voedselbronnen, zoals honingdauw van bladluizen, vocht van 'bloedende' bomen, rottend fruit, mest of vocht van kadavers. Uiteraard hebben vlinders ook water nodig, vooral op hete dagen in de zomer.

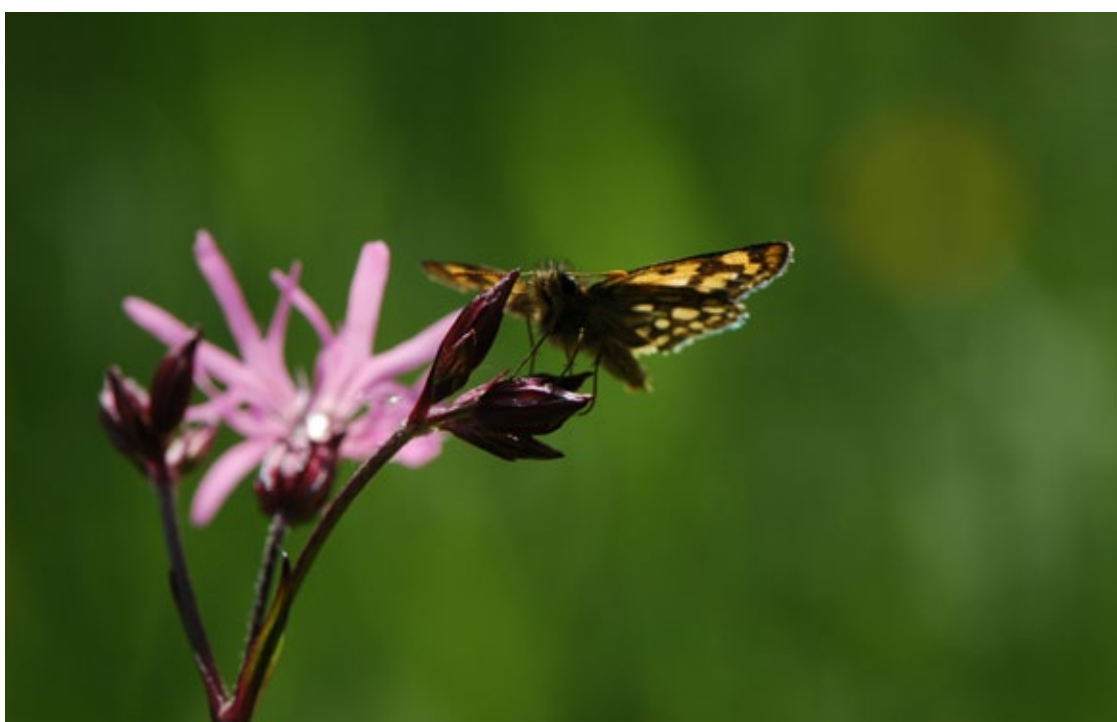
Omdat vlinders koudbloedige dieren zijn moeten in het leefgebied ook plekken zijn waar de dieren kunnen opwarmen. Tijdens relatief koel maar zonnig weer zonnen ze op open luwe plaatsen, zoals boomstammen of kale stukjes open grond. Bij hoge temperaturen, boven de 36°C in de zon, schuilen vlinders op een schaduwrijke plek. Structuren die beschutting bieden tegen wind vanuit het noorden en westen en tegelijk zon uit het zuiden toelaten heeft de voorkeur. 's Nachts zoeken vlinders vaak een beschutte plek op of kruipen weg.

Samenvattend voldoet een geschikt vlinderleefgebied aan de volgende voorwaarden.

- Waardplanten voor de rupsen; voor de zogenaamde mierenblauwtjes (gentiaanblauwtje, pimperlblauwtje en donker pimperlblauwtje) zijn voor de latere ontwikkelstadia van rups tot en met verpopping ook de waardmieren van essentieel belang.
- Nectarplanten voor de vlinders.



Figuur 7.5 Droge heide. Biotoop van het heideblauwtje.



Figuur 7.32 Bont dikkopje, een soort van bos en struweel in heidegebied (foto: Jan Dirk Buizer).

- Microklimaat: voldoende zon, warmte, vocht en beschutting.
- Rust- en uitkijkplaatsen voor de vlinders.

De afstand tussen deze hulpbronnen mag niet groter zijn dan de dagelijkse vliegafstand die een vlinder kan afleggen.

Geleiding

Vlinders hebben afwisseling in de structuur nodig om zich te oriënteren. Dit kunnen bosjes of struiken zijn, maar ook een afwisseling van hogere en lagere delen in de vegetatie. Ook geleidende structuren als bosranden, heggen of hoge taluds (ca. 2 m hoog) hebben invloed op de verplaatsingen van dagvlinders. Vlinders zullen deze eerder volgen, dan er overheen vliegen. Belangrijk is evenwel dat deze structuren niet te veel schaduw geven. Gemiddeld wordt voor dagvlinders langs bospaden bij 25% schaduw al een halvering van het aantal individuen waargenomen en bij 62% schaduw een halvering van het aantal soorten. De overgang tussen twee verschillende vegetatietypen moet daarom geleidelijk zijn. Een strook van 5-15 m breedte, waarin grasland of heide geleidelijk verandert in ruigte¹ en struweel is het beste.

Kruisen

Vlinders kruisen infrastructuur niet via tunnels. Ruime onderdoorgangen, zoals viaducten, waar naast de infrastructuur (water, weg, spoor) een groenstrook ligt, worden wel door dagvlinders gebruikt. Zo'n groenstrook, liefst een bloemrijke, kan ook naast het spoor of de weg op een viaduct worden ingericht. Een bestaand viaduct kan zo dienst doen als faunavoorziening voor vlinders en andere insecten.

Keren

Voorkomen dat dagvlinders infrastructuur kruisen kan door een barrière op te werpen of er voor te zorgen dat geleidende vegetatie niet naar de infrastructuur leidt. Het moet een massieve barrière zijn, waar de vlinders niet doorheen kunnen vliegen. Een geluidsscherm kan dienst doen als barrière en geleidt de dieren tegelijk naar de plek waar de passage ligt.

Bloemrijke bermen lokken dagvlinders aan. De bermen kunnen als geleiding naar een passage dienen, maar het gevaar bestaat dat de vlinders op de (spoor)weg komen en verkeersslachtoffer worden. Het bloemrijke, ongemaaide, deel van de berm moet daarom op minimaal 0,75 meter van het rijvak liggen.

Verstoring

Vlinders zijn niet erg gevoelig voor verstoring door mensen.

¹ Ruigte is een vegetatie die gemiddeld hoger is dan 60 cm, maar het aandeel houtige gewassen is minder dan 10%.



Figuur 7.6 Na een leven in het water kruipt de libellenlarve het water uit en transformeert tot een libel. De lege huidjes blijven achter op de oever (Grote Keizerlibel, foto: Martin Bonte).



Figuur 7.7 De paardenbijter is een voorbeeld van een 'vlieger', een libel die onophoudelijk vliegt en zelden zit (foto: Jan Dirk Buizer).

Predatoren en concurrenten

Vlinders staan op het menu van veel andere diersoorten. De beste kans op overleven hebben ze als ze op tijd hun belager zien of ergens kunnen schuilen. Een structuurrijk leefgebied voorziet hierin.

Concurrentie tussen vlindersoorten komt voor, maar is in een gevarieerd landschap te verwaarlozen.

7.5 Libellen

Verbinden

Volwassen libellen (imago's) zijn zeer mobiel. Zij verplaatsen zich regelmatig over afstanden van 500 tot 5.000 m. Trek naar het zuiden komt bij een enkeling voor, zoals bij de bruinrode heidelibel. Grote afstanden (tientallen tot honderden kilometers) worden door zwervers afgelegd, waarbij de dieren ad random op zoek gaan naar nieuwe leefgebieden voor eiafzet of een eigen territorium. Jonge imago's worden soms door de wind ver weg geblazen.

Kolonisatie van nieuwe gebieden kan ook via de larven gebeuren. Die leven in het water en kunnen door de stroming worden meegenomen naar nieuwe gebieden. De rivierrombout is hiervan een bekend voorbeeld.

Als libellen grote afstanden afleggen vliegen ze meestal hoog. Tot zo'n 20 meter boven de grond. Infrastructuur vormt daarom voor de trek en dispersie waarschijnlijk geen barrière. Tijdens hun dagelijkse verplaatsingen blijven ze lager bij de grond. Dan kan infrastructuur wel een barrière zijn die voedselgebieden of eiafzetplaatsen onbereikbaar maakt. Een voorziening om de infrastructuur te kruisen is dan nodig en geleiding om de dieren de route te wijzen. Een kruising die is ingericht als leefgebied verhoogt de aantrekkelijkheid en zodoende het gebruik, maar brengt ook een gevaar mee. Libellen zijn territoriaal. Op de voorziening moet daarom voldoende ruimte zijn om soortgenoten te kunnen passeren die een deel van de voorziening tegen concurrenten verdedigen. Inrichting van faunavoorzieningen in de vorm van het leefgebied is vooral voor de zeer zeldzame soorten, zoals donkere waterjuffer en speerwaterjuffer, aan te bevelen.

Leefgebied

Onder de libellen wordt onderscheid gemaakt in 'vliegers' en 'zitters'. Vliegers vliegen onophoudelijk en zitten zelden. Ze maken lange vluchten om te jagen of een territorium te verdedigen. Zitters maken korte vluchten vanaf een uitkijkpost of een open plek op de grond. De vliegers kunnen een faunavoorziening gebruiken om in één keer ongedeed naar de andere kant van infrastructuur te vliegen op zoek naar voedselplekken of partners. Bij zitters zal dit in etappes gebeuren. Voor de vliegers is inrichting van de faunavoorziening met geleiding voldoende. Gebruik van de faunavoorziening door de zitters wordt bevorderd door het zo veel mogelijk op het leefgebied te laten lijken.

Net als de dagvlinders functioneren libellen het best als het warm is. Echter, te warm is ook niet goed. De dieren kunnen dan oververhit raken. Om hun lichaamstemperatuur te kunnen controleren hebben libellen een gevarieerd landschap nodig. Daarin zijn zowel zonnige



Figuur 7.8 De platbuik is een libel die zich snel in nieuw gegraven poelen voortplant (foto: Jeroen Brandjes).



Figuur 7.9 Leefgebied van de groene glazenmaker. De groene glazenmaker is voor de voortplanting gebonden aan krabbenscheervegetaties (foto: Jan Dirk Buizer).

plekken als beschaduwde plekken aanwezig, zodat de libellen altijd een plekje kunnen vinden waar ze met geringe inspanning de ideale lichaamstemperatuur kunnen handhaven.

Als geen bescherming tegen de elementen (hitte, wind, neerslag) aanwezig is, verbruiken de dieren te snel hun energiereserves en kunnen ze door verhongering sterven.

Water en vegetatie zijn voor libellen belangrijk. Vegetatie biedt imago's van libellen schuilplaatsen tegen predatoren, soortgenoten en slecht weer. Ze stellen soms strikte eisen aan de (vorm van de) vegetatie. Zo kiezen waterjuffers plantenstengels waar achter zij zich kunnen verbergen, maar waar ze met hun wijduitstaande ogen langs kunnen kijken. Variatie in plantensoorten zorgt er voor dat er altijd geschikte schuilplaatsen aanwezig zijn.

Water in de vorm van poelen biedt de libellen niet alleen locaties voor de eiafzet, maar dit zijn meestal ook de plekken waar hun voedsel, insecten, in grote aantallen aanwezig is. Aanleg van een poel op ecoduct Kikbeek leidde binnen enkele jaren tot voortplanting (!) van een groot aantal libellensoorten (12). Als belangrijkste succesfactoren werden genoemd: helder, voedselarm en ondiep water en de aanwezigheid van oevervegetatie (pitrus). Ondiep water wordt warmer dan diep water, wat gunstig is voor de ontwikkeling van de larven.

Samenvattend voldoen soortenrijke en waardevolle libellenleefgebieden aan:

- goede waterkwaliteit;
- een gevarieerde water- en oevervegetatie;
- voldoende groot oppervlak (afhankelijk van de soort, zie § 7.12.3);
- beschutte en zonnige ligging;
- omgeving die rust- en foerageergebied vormt voor de imago's.

Voor sommige zeldzame gespecialiseerde libellensoorten, zoals de groene glazenmaker, zijn echter andere voorwaarden leidend. Raadpleeg daarom een deskundige voor het beste resultaat.

Geleiding

Libellen oriënteren zich met behulp van hun ogen. Als ze op grote hoogte vliegen (10-20 m) zoeken ze naar landschapstypen waar hun voorkeur naar uitgaat. Als een libel een geschikt landschapstype heeft gevonden, zoekt ze op een lager niveau naar het juiste microhabitat. Bij langere verplaatsingen, zoals het kruisen van infrastructuur via een faunavoorziening, bepaalt daarom de structuur van het landschap (variatie in vegetatiehoogte) of de libel de voorziening vindt en gebruikt. Lijnstructuren van opgaande vegetaties zorgen voor geleiding en tevens biedt deze bescherming tegen wind. Met name boven op de kruising is bescherming tegen wind en regen belangrijk, vanwege het open karakter aan langs de randen van de voorziening. Voor de 'zitters' onder de libellensoorten dient de vegetatie ook op microniveau gelaagd te zijn, om zit- of schuilplaatsen te bieden.

Lijnvormige wateren (sloten, beekjes, maar ook een 'kralenketting' van waterplassen) versterken de geleidende werking van vegetatie en bieden de libellen foerageerplekken voor onder weg.



Figuur 7.10 De gewone oeverlibel is een soort die regelmatig gaat zitten. De mannetjes van de soort hebben daarbij de voorkeur voor kale grond of (zoals in dit geval) kaal hout (foto: Jan Dirk Buizer).

Kruisen

De imago's van libellen kruisen infrastructuur niet via tunnels. Ruime onderdoorgangen, zoals viaducten, waar naast de infrastructuur (water, weg, spoor) een groenstrook ligt, worden wel door libellen gebruikt. Ook ecoducten worden gebruikt, zelfs als leefgebied.

Larven en eieren kunnen infrastructuur wel via wateronderdoorgangen (duikers en syfonen) kruisen. Dit gebeurt passief, als zij door de stroom worden meegenomen.

Keren

Voorkomen dat libellen infrastructuur kruisen op een plek waar geen voorziening is, gaat het makkelijkst door te voorkomen dat geleidende structuren naar de infrastructuur leiden.

Bloemrijke bermen lokken libellen aan. Vooral als deze gecombineerd zijn met een berm-sloot. De berm(slot)en kunnen als geleiding naar een passage dienen, maar het gevaar bestaat dat de libellen op de (spoor)weg komen en verkeersslachtoffer worden. De berm(slot)en moeten daarom op enige afstand (meters) van het rijvak liggen.

Verstoring

Libellen zijn niet gevoelig voor verstoring door mensen.

Predatoren en concurrenten

Predatie is een van de belangrijkste doodsoorzaken van volwassen libellen. Ook sterven veel imago's door uitputting als gevolg van territoriale conflicten. Niet alleen soortgenoten, maar ook andere libellensoorten worden uit het territorium verjaagd. Stratificatie van de vegetatie (langs wateren) vermindert de concurrentie, omdat soorten elkaar dan kunnen ontwijken door op verschillende hoogtes in de vegetatie een territorium te bezetten.

Omdat libellen in de loop van hun leven in het water, op het land en in de lucht verblijven vallen zij ten prooi aan een keur van predatoren. Van planten (zonnedaauw), slakken, vissen, (water)wantsen en -kevers, amfibieën, reptielen, vogels en zoogdieren tot soortgenoten.

7.6 Vissen

Verbinden

Door hun binding aan water zijn vissen zeer gevoelig voor barrières in waterlopen. Een dam of sluis is een duidelijke barrière, maar ook een te sterk verval kan een barrière zijn. Langzaam zwemmende soorten kunnen niet tegen de sterke stroom opzwemmen. Drempels onder water kunnen voor sommige soorten ook al te hoge barrières vormen.

In het dagelijkse activiteitsgebied van vissen zijn de verplaatsingen, zoals tussen foerageerplaats en schuil/rustplaats, kort. Alleen bij bedreigingen (droogte, watervervuiling) zullen ze grotere afstanden afleggen om een veilig heenkomen te vinden. Infrastructuur belemmert voor vissen vooral de migratie tussen opgroei-, paai- en overwinteringsgebieden. Voor de honkvaste soorten zijn barrière-vrije verbindingen voornamelijk van belang tijdens de dispersie, als jonge dieren op zoek gaan naar een eigen leefgebied. Zelfs eieren en larven



Figuur 7.11 Barbeel (foto: Hans Waardenburg).



Figuur 7.11 Rivierdonderpad (foto: Floris Brekelmans).

kunnen problemen ondervinden. Bij enkele soorten drijven deze namelijk mee met de stroom, om zo nieuwe gebieden te koloniseren.

Ten aanzien van migratie zijn er duidelijke verschillen. De zoetwatervisfauna van Nederland kan in drie ecologische groepen (gilden) worden ingedeeld, gebaseerd op de voorkeur van de vissen voor stroomsnelheid, voor een bepaald paaisubstraat en het migratiegedrag. De drie gilden zijn:

- 1) Rheofielen. Deze groep omvat vissoorten waarvan één of meer levensstadia aan stromend zoetwater zijn gebonden. Op basis van de sterkte van die binding is een onderverdeling gemaakt:
 - a. Partieel rheofielen., die slechts gedurende bepaalde perioden van hun leven stromend water nodig hebben.
 - b. Obligaat rheofielen, die hun hele leven in stromend water verblijven.
 - c. Estuarien rheofielen, die gedurende hun leven migreren tussen de rivieren en de zee. Er wordt onderscheid gemaakt tussen anadrome soorten en katadrome soorten. De anadromen trekken voor de voortplanting van zee naar zoet water. De katadromen trekken van het zoete water naar zee.
- 2) Eurytopen zijn vissoorten die zich zowel in stromend als in stilstaand zoetwater thuis voelen en waarvan levensstadia in vrijwel alle watertypen worden aangetroffen.
- 3) Limnofielen. Dit zijn vissoorten met een voorkeur voor stilstaand of zwakstromend zoetwater, waarvan één of meer levensstadia aan de aanwezigheid van waterplanten zijn gebonden.

De estuariene rheofielen leggen zeer grote afstanden af, tot wel enkele honderden tot duizenden kilometers. Onder de soorten die alleen in zoetwater voorkomen bevinden zich ook lange-afstandtrekkers, zoals beekforel, vlagzalm, sneep en barbeel, die tussen rivieren en meren en bovenlopen van beken migreren. De andere soorten beperken hun migratie tot regionaal niveau of lokaal. De laatste leggen zulke korte afstanden af dat eigenlijk sprake is van standvissen.

Overigens is op deze plaats een waarschuwing noodzakelijk. Geïsoleerde gebieden met bijzondere soorten moeten niet met andere gebieden worden verbonden! Denk aan de exotische grondels die dankzij het Rijn-Donaukanaal Nederland bereikten en de rivierdonderpad verdringen.

Leefgebied

In relatie tot infrastructuur is het voor alle vissoorten voldoende om voor een goede geleiding en een obstakelvrije kruising te zorgen. Er hoeven geen leefgebieden te worden ingericht.

Geleiden

Het leven van vissen wordt logischerwijs sterk beïnvloed door de eigenschappen van het water en veranderingen daar in. De stroomsnelheid is een belangrijke factor die bepaalt of een soort op een bepaalde plaats kan voorkomen, maar ook of hij zijn paaigebied kan bereiken. Niet alle vissoorten zijn even sterke zwemmers. Het leefgebied en de trekroute naar paai- en overwinteringsgebieden moeten daarom ook plekken hebben met een geringe



Figuur 7.13 Grote modderkruiper (foto: Floris Brekelmans).



Figuur 7.14 Beekprikken (foto: Wouter Lengkeek).

of afwezige stroming, zodat de dieren kunnen uitrusten. Variatie in waterdiepte is eveneens belangrijk. De bovenste waterlaag is gevoeliger voor temperatuurveranderingen, dan de diepere waterlagen. Bij temperatuurstijgingen of -dalingen zoeken de vissen de diepere lagen op. Variatie in waterdiepte (in de breedte of de lengte van de waterloop) voorkomt ook dat het hele leefgebied droog komt te vallen. Zeer honkvaste soorten als de rivierdonderpad vermijden wateren met regelmatige schommelingen in waterhoogte.

Bij hun oriëntatie laten vissen zich leiden door stromingen; ze zwemmen tegen de stroom in. Deze kennis kan worden gebruikt om vissen een bepaalde richting uit te laten gaan.

Kruisen

Als een waterloop aanwezig is, kunnen vissen zowel onder infrastructuur door zwemmen als er overheen zwemmen (via een aquaduct). Alleen palingen kunnen ook stukken over land afleggen.

Bij kruisingen met infrastructuur is het natuurlijk het beste om de oorspronkelijke waterloop in stand te houden. Als dit niet kan (te weinig ruimte of de weg ligt er al), dan kunnen duikers en syfonen ook voldoen. Deze moeten dan wel zo zijn ingericht dat de stroomsnelheid en het verval niet te sterk zijn voor de doelsoorten. Obstakels bij de ingangen, zoals roosters om afval tegen te houden, zijn eveneens uit den boze.

Keren

De waterloop zorgt er voor dat vissen maar één kant uit kunnen en ze zijn dus gemakkelijk in een bepaalde richting te sturen. Als er een splitsing is kan de zwemrichting door verschillen in stroomsnelheid worden gestuurd.

Verstoring

Vissen zijn gevoelig voor watervervuiling en geluid. Geluidstrillingen zorgen voor drukveranderingen in het water, wat het gehoor van vissen kan aantasten. Ook andere trillingen, zoals heien, zorgen voor drukveranderingen. Deze veranderingen kunnen soms zo sterk zijn dat de zwemblaas van de vis kapotgaat en het dier sterft. Geluid- en andere trillingen kunnen zowel tijdens de aanleg als tijdens het gebruik van infrastructuur en faunavoorzieningen optreden.

Predatoren en concurrenten

Predatoren van volwassen vissen zijn vooral visetende vogels en andere vissen. Daarnaast ook andere oever- of watergebonden dieren, zoals otters en ringslangen. De meeste predatie vindt echter onder jonge vissen plaats. Deze vallen ook ten prooi aan waterinsecten en aan soortgenoten en andere vissen.



Figuur 7.15 Een kikker van het groene kikker complex. Tot dit complex behoren drie soorten groene kikkers die moeilijk van elkaar te onderscheiden zijn, de poelkikker, de bastaardkikker en de meerkikker. Alleen de eerste is streng beschermd (tabel 3 van de Flora- en faunawet) (foto: Dennis Wansink).



Figuur 7.16 De gewone pad is minder aan water gebonden, dan de andere amfibiesoorten. Je kan ze ver van het water aantreffen (foto: Dennis Wansink).

7.7 Amfibieën

Verbinden

Infrastructuur vormt voor alle amfibieën een barrière. Dit komt omdat ze aan de grond gebonden zijn, in het algemeen niet snel lopen en, met enkele uitzonderingen, honkvast zijn. Infrastructuur vormt met name tijdens de trek naar de voortplantingswateren (bekend is de paddentrek) en bij het (her)koloniseren van nieuwe gebieden een barrière.

Amfibieën verplaatsen zich zowel op het land, als in het water. De meeste zijn in het water een stuk mobieler, dan op het land. Toch lijken ze bij het afleggen van grotere afstanden een voorkeur te hebben voor verplaatsingen over land. Misschien omdat ze dan meer kanten uit kunnen. Amfibieën kunnen namelijk ook goed klimmen, mits het oppervlak enige structuur heeft. Alleen boomkikkers kunnen langs loodrechte bijna structuurloze wanden omhoog klimmen.

De meeste amfibieën zijn weinig mobiel. Ze leggen in een jaar vaak niet meer dan enkele honderden meters af in een gebied waarbinnen aan al hun levensvoorwaarden wordt voldaan. De grootste verplaatsingsafstand vindt plaats in het voortplantingsseizoen als de dieren na hun winterslaap op weg gaan naar het voortplantingswater. Overigens geven de meeste dieren er de voorkeur aan hun winterverblijfplaats dicht bij het voortplantingswater te zoeken.

Door hun geringe mobiliteit en verbreidingsvermogen gaat (her)kolonisatie van nieuwe leefgebieden langzaam. Er zijn wel verschillen tussen soorten. Salamanders leggen maximaal enkele honderden meters in een jaar af, in uitzonderingsgevallen verwijderen zij zich tot 1,5 km van water vandaan. Kikkers en padden kunnen maximaal één tot enkele kilometers afleggen, maar afstanden boven de 3 kilometer komen niet voor. Uitzonderingen zijn boomkikker en rugstreeppad die in een jaar zelfs vijf of meer kilometer kunnen afleggen.

Kolonisatie gebeurt niet alleen door volwassen dieren, het kan ook via de eieren en larven gebeuren. De larven van vuursalamanders, bijvoorbeeld, drijven soms mee met beekwater.

Met het opheffen van de barrièrewerking van infrastructuur wordt bij amfibieën vooral seizoensmigratie en dispersie mogelijk gemaakt. Voor de dagelijkse verplaatsingen van amfibieën vormt infrastructuur zelden een probleem. Daarom bestaan faunapassages voor amfibieën bij voorkeur uit een aaneenschakeling van leefgebieden, een enkele uitzondering daargelaten (gewone pad, bruine kikker).

Leefgebied

Amfibieën zijn koudbloedige dieren. Hun leefwijze staat daarom voor een belangrijk deel in het teken van temperatuur- en vochtregulatie. Omdat de omgevingstemperatuur niet voorspelbaar is gaan ze efficiënt met hun energie om. Ze hebben naar verhouding weinig voedsel nodig en hoeven daardoor een gebied niet meteen te verlaten als hier tijdelijk minder voedsel voorhanden is. 's Winters, als het echt te koud wordt, houden de meeste soorten een soort van winterslaap. Daarvoor zoeken ze een veilige plek onder de grond op. Niet zelden is dit het talud van een weg of spoorweg, omdat deze wat hoger in het landschap ligt en daardoor minder gevoelig is voor overstroming.



Figuur 7.17 De uiterst zeldzame knoflookpad brengt de dag ingegraven in het zand door (Foto: Rombout van Eekelen).



Figuur 7.18 Lage keringen kunnen springende amfibieën niet tegenhouden (Foto: Jan Dirk Buizer).

Amfibieën zijn vooral in de eerste helft van de nacht actief. De temperatuur is dan nog relatief hoog, maar door de afwezigheid van zon is het risico op uitdroging en op predatie geringer. De activiteit wordt in sterke mate positief beïnvloed door een hoge luchtvochtigheid en een geringe windsnelheid. Vanwege hun dunne huid zijn amfibieën zeer gevoelig voor uitdroging. Ze verblijven daarom bij voorkeur in de buurt van water of in de buurt van vochtige schuilplaatsen, met name tijdens de warme en zonnige momenten van de dag. Regen heeft, zeker na een lange droge periode, in het algemeen een positieve invloed op hun activiteit. Padden zijn, dankzij een sterker verhoornde huid, minder gevoelig voor verdroging en kunnen daardoor verder van het water in drogere habitats overleven.

Amfibieën zijn, voor zover bekend, niet territoriaal. De leefgebieden van mannetjes onderling overlappen en deze overlappen weer met die van meerdere vrouwtjes. In de voortplantingsperiode verdedigen de mannetjes van enkele soorten potentiële eiafzetplekken tegen soortgenoten. Dit doen bijvoorbeeld rugstreeppad, boomkikker, geelbuikvuurpad, vroedmeesterpad, knoflookpad en de groene kikkers. Die gebiedjes zijn overigens niet groot, hooguit 1 m², maar het betekent wel dat een groep rugstreeppadden een grotere voortplantingsplas nodig heeft dan een groep gewone padden van dezelfde grootte.

De grootte van de leefgebieden van amfibieën verschilt per soort, maar ook per terreintype. Leefgebieden in heterogeen terrein zijn kleiner dan in meer homogene terreinen. Dit komt waarschijnlijk omdat in heterogene terreinen meer variatie in reliëf is en de vegetatiestructuur gevarieerder is. Het aanbod aan voedsel en schuilplaatsen is dan meestal groter. De dieren kunnen hierdoor op een kleiner oppervlak alles vinden dat ze voor hun dagelijkse leven nodig hebben.

Hoewel de verschillen tussen soorten groot zijn, zijn toch enkele algemene voorwaarden te noemen waaraan een amfibieënleefgebied moet voldoen, namelijk:

- Water voor eiafzet en larven;
- Waterplanten voor voedsel voor de larven en om eieren op af te zetten;
- Beschaduwde, vochtige plekken voor schuilen bij zon of droogte;
- Vochtige vorstvrije plekken voor overwintering;
- Een gevarieerde vegetatiestructuur, welke leefruimte aan de prooien van de amfibieën biedt en tegelijkertijd ook schuilplaatsen tegen zon, wind en predatoren voor de amfibieën zelf.

Geleiden

Hoewel amfibieën kunnen klimmen laten ze zich gemakkelijk geleiden door opgaande structuren, zowel natuurlijke als kunstmatige. De sturende werking van geleiding kan nog worden versterkt door verschillen in vegetatie of bodembedekking te creëren. Vooral bodembedekking die zorgt voor vochtige (niet natte) omstandigheden werkt goed. Kamsalamanders bijvoorbeeld volgen vochtige, beschaduwde oevers en oeverdelen die naar vochtige terreindelen leiden.



Figuur 7.19 Jonge adder (Foto: Dennis Wansink).

Kruisen

Bij de inrichting van verbindingen is het vooral belangrijk om er voor te zorgen dat de amfibieën niet uitdrogen. Ook houden amfibieën niet van plotselinge temperatuurveranderingen. Open verbindingen hebben daarom de voorkeur. Lange afstanden (> 100 m) in een smalle gesloten ruimte afleggen doen ze zelden tot nooit.

Keren

Bij de aanleg van kerende structuren moet er rekening mee worden gehouden dat de meeste amfibieën naast lopen ook kunnen zwemmen, klimmen, springen en graven.

Verstoring

Amfibieën zijn niet gevoelig voor verstoring door mensen. In de voortplantingstijd kan omgevingsgeluid (geraas van auto's bijvoorbeeld) wel het gekwaak van mannetjes kikkers en padden overstemmen, waardoor ze minder goed hoorbaar zijn voor de vrouwtjes.

Vee kan een nadelige invloed hebben op de voortplantingswateren. Als veel dieren deze wateren als drinkplaats gebruiken kunnen de oevers zo sterk vertrapt worden dat deze minder aantrekkelijk worden voor amfibieën. Ook zorgen de uitwerpselen van de koeien er voor dat het water in de poel vervuild raakt.

Predatoren en concurrenten

Voedselconcurrentie tussen amfibieën wordt vermeden door te foerageren op verschillende momenten van de dag, verschillende voedselkeuzes en verschillende plaatsen in het horizontale en verticale vlak. Zo foerageren veel soorten in of vlakbij water, terwijl de knoflookpad en de rugstreeppad vooral op drogere plekken, verder van water vandaan, foerageren. Boomkikkers foerageren in de kruid- en struiklaag, de andere soorten vooral op de bodem. Stratificatie van de vegetatie biedt zodoende habitat aan meerdere soorten en vergroot bovendien het aanbod aan geschikte verblijf- en foerageerplaatsen per soort.

Amfibieën worden door veel diersoorten, o.a. soortgenoten, gegeten. Vissen vormen met name een gevaar voor de eieren en de larven. Vogels met name voor de volwassen dieren. Predatie valt niet te voorkomen, maar als het water en het terrein voldoende schuilplekken biedt in de vorm van (water)planten en structuren waar ze in kunnen wegkruipen, dan blijven voldoende individuen in leven om de populatie in stand te houden. Voor de overleving van de eieren en larven is het echter beter als zich in de voortplantingswateren geen vissen bevinden.

7.8 Reptielen

Verbinden

De meeste reptielen zijn weinig mobiel. Ze leggen in een jaar vaak niet meer dan enkele honderden meters af in een gebied waarbinnen aan al hun levensvoorwaarden wordt voldaan. Tijdens trek naar andere gebieden leggen slangen afstanden af van 3 tot 5 km, hagedissen houden het bij enkele honderden meters. De ringslang is wat dit betreft zeer mobiel en trekt soms 5 of meer kilometer ver. Dit doet hij meestal via het water. Brede



Figuur 7.20 Levendbarende hagedis (Foto: Jeroen Brandjes)



Figuur 7.21 Een mozaïek van heide, heischraal gras, stuifzand, struweel en bosranden, vormt een optimaal biotoop voor de levendbarende hagedis en de hazelworm (Foto: Jan Dirk Buizer).

rivieren, meren en zelfs kanalen (mits met een glooiende oever) zijn geen barrières voor ringslangen.

Vanwege hun geringe mobiliteit zijn reptielen erg gevoelig voor versnippering door infrastructuur. Het hangt van de breedte van de (spoor)weg af of de barrière alleen tijdens (her)kolonisatie van nieuwe gebieden geldt of ook gedurende de normale activiteiten in een reptielenjaar, zoals tijdens de trek naar voortplantingsgebieden of eiafzetplekken. Brede infrastructuur, zoals Rijkswegen en dubbele spoorlijnen, vormt voor alle soorten een barrière om nieuwe gebieden te (her)koloniseren. Alleen bij de ringslang kan deze brede infrastructuur ook de dagelijkse bewegingen belemmeren als de (spoor)weg een beek of moeras doorkruist die de verbinding tussen verschillende delen van zijn leefgebied vormt.

Met uitzondering van de ringslang bestaan verbindingen daarom uit een aaneenschakeling van leefgebieden. Voor de ringslang voldoet ook een open waterverbinding onder of over infrastructuur, maar bij voorkeur met een natuurvriendelijke oever.

Leefgebied

Reptielen zijn koudbloedige dieren die voor hun lichaamswarmte afhankelijk zijn van de omgevingstemperatuur. Spijsvertering en activiteiten zoals paren en foerageren zijn dus afhankelijk van de (zonne)warmte die zij op kunnen nemen. Temperatuurvoorkeuren zijn zeer specifiek en kunnen per soort, geslacht en al dan niet drachtig zijn van individuen verschillen.

In voorjaar en najaar zijn de Nederlandse reptielen midden op de dag het actiefst, als de temperatuur het hoogst is. In de zomer verschuift de activiteit naar de ochtend en de avond, omdat het midden op de dag te heet is. Dan schuilen ze in holletjes onder stenen, vegetatie of in de grond. Ook 's nachts zoeken ze deze plekken op om niet te veel af te koelen.

's Winters, als het echt te koud wordt, houden de meeste soorten een soort van winterslaap. Daarvoor zoeken ze een veilige plek onder de grond op. Ringslangen zoeken hiervoor niet zelden hun heil tot het talud van een dijk in hun leefgebied. Op het talud is de kans op overstroming lager, waardoor de ringslang veilig de winter kan doorslapen.

In tegenstelling tot amfibieën hebben reptielen een lagere vochtbehoefte. De mate waarin verschilt per soort. De ringslang die langs en in het water leeft kan minder goed tegen droogte, dan de gladde slang die in droge terreinen leeft. Met uitzondering van de ringslang is water dan ook geen beperkende factor voor het voorkomen van reptielen.

De grootte van de leefgebieden van reptielen varieert met de kwaliteit daarvan. In voedselrijke terreinen met veel variatie in de vegetatiestructuur zijn de leefgebieden kleiner. De overgang van open naar dicht habitat (bijv. heide naar bos) is zeer geschikt leefgebied voor reptielen. Onder optimale condities beslaan de leefgebieden meestal niet meer dan 1 hectare. Voor hagedissen is soms een stobbenwal of een groepje stobben genoeg om een permanent leefgebied te vormen.

Voor de reptielensoorten die eieren leggen is, naast voedsel en rustplaatsen, de aanwezigheid van geschikte eiafzetplaatsen een voorwaarde voor het permanent voorkomen in een gebied. Dit zijn warme beschutte plekken, zoals holletjes in het zand, onder mos of in rottend plantenmateriaal.



Figuur 7.22 Reptielen zullen niet zo snel een sloot, beek, rivier of kanaal overzwemmen, maar ze kunnen het wel (zwemmende adder, foto: Jan Dirk Buizer).

De leefgebieden van mannetjes onderling en vrouwtjes onderling overlappen elkaar. Van territorialiteit lijkt geen sprake te zijn.

Samenvattend zijn de voorwaarden voor geschikt reptielenleefgebied:

- droge, vorstvrije overwinteringsplekken;
- gevarieerde vegetatiestructuur voor gevarieerd voedselaanbod en ruime keuze aan opwarmplekken;
- geschikte eiafzetplekken met stabiele temperatuur;
- voor ringslang: aanwezigheid van water.

Geleiden

Net als alle andere diersoorten volgen reptielen bij hun verplaatsingen door het landschap lijnstructuren, bijvoorbeeld een scherpe grens tussen hoge en lage vegetatie. Ook bermen van paden en wegen voldoen hieraan.

Kruisen

Reptielen kruipen in holletjes en (muizen)gangen onder de grond. Toch lijken ze voor het kruisen van wegen of andere obstakels geheel gesloten tunnels te mijden. Ruime onderdoorgangen ($10,9 \times 1,0 \times 0,6 \text{ m} = L \times B \times H$) of 'open' tunnels (met gaten aan de bovenzijde voor lichtinval) worden wel gebruikt (Struijk & Hofman, 2010).

Met uitzondering van de ringslang zullen reptielen niet zo snel een sloot, beek, rivier of kanaal overzwemmen, maar ze kunnen het wel. De levendbarende hagedis vlucht zelfs bij gevaar het water in. Als een dier in het water terecht komt, opzettelijk of per ongeluk, dan moet ie er ook weer uit kunnen komen. Daarom moeten de oevers van wateren, waar te water geraakte reptielen worden verwacht, flauw zijn. Is dit niet mogelijk, zoals bij sloten en kanalen, dan moeten er zogenaamde faunauitstapplaatsen (FUP's) zijn. Door bij deze uittreedplaatsen opgaande vegetatie te planten zijn ze voor de zwemmende dieren makkelijker te vinden.

Keren

Reptielen brengen de meeste tijd door op het land, maar allen kunnen ook zwemmen. De ringslang is zelfs een goede zwemmer, die het water opzoekt voor voedsel. Alle reptielen kunnen ook klimmen. Zij hebben daar maar weinig ondersteuning bij nodig. Een stroeve ondergrond (stroefheid vergelijkbaar aan middelgrof schuurpapier) is voldoende. Slangen zijn bovendien in staat om zich hoog tegen objecten op te richten en kunnen dan hoogtes bereiken die bijna gelijk zijn aan hun lichaamslengte (Struijk, 2010).

Verstoring

Reptielen zijn met name tijdens de perioden dat ze opwarmen gevoelig voor verstoring. Ze zijn dan relatief goed zichtbaar, wat de aandacht van mensen, huisdieren en predatoren trekt. Als reactie zullen de dieren vluchten, waardoor ze minder tijd overhouden om op te warmen



Figuur 7.23 De gewone baardvleermuis hoort tot de standvleermuizen. Het overwinteringsgebied ligt hooguit 10 tot 20 kilometer van het zomerbiotop (foto: Jan Dirk Buizer).



Figuur 7.24 Met ringonderzoek kan het trekgedrag van vleermuizen worden vastgesteld (foto meervleermuis: Marc van der Valk).

en ze minder lang actief kunnen zijn. Opwarmplekken die enerzijds in de zon liggen, maar anderzijds toch verborgen zijn, voorkomen dit.

Predatoren en concurrenten

Reptielen hebben in Nederland weinig vijanden. Vogels als fazant, reigers, roofvogels, uilen, kraaien en klauwieren en zoogdieren als egel, vos, marterachtigen, wild zwijn, bruine rat, hond en huiskat eten reptielen.

7.9 Vleermuizen

Verbinden

Vleermuizen zijn zeer mobiel. De meeste leggen enkele tot meerdere tientallen kilometers per nacht af. Alleen de twee grootvleermuizen verwijderen zich meestal niet ver van hun verblijfplaats en blijven binnen een straal van 1 km. In de trektijd worden nog grotere afstanden afgelegd. Ten aanzien van de trekafstand worden drie groepen onderscheiden:

- 1) Standvleermuizen. Hiertoe behoren laatvlieger, gewone dwergvleermuis, gewone en grijze grootvleermuis en baardvleermuis. Standvleermuizen overwinteren in het gebied waar ze 's zomers verblijven. Deze gebieden liggen hooguit 10 tot 20 kilometer uit elkaar.
- 2) Lange-afstandtrekkers. Hiertoe behoren meervleermuis, rosse vleermuis, ruige dwergvleermuis en tweekleurige vleermuis. Deze soorten leggen enkele honderden kilometers tot wel meer dan 1.000 kilometer af. Er is een duidelijke richting waarin de dieren trekken.
- 3) Intermediaire soorten (middellange-afstandtrekkers). Hiertoe behoren watervleermuis, franjestaart en ingekorven vleermuis. Deze soorten trekken over enige tientallen kilometers, maar er is geen duidelijke trekrichting.

Op vier soorten na, te weten ruige dwergvleermuis, rosse vleermuis, laatvlieger en tweekleurige vleermuis, vliegen de meeste soorten op hun vliegroutes naar de jachtgebieden laag en komen ze zelden boven de boomlaag uit. Ruige dwergvleermuis en laatvlieger doen dit ook, maar zij vliegen, net als rosse vleermuis en tweekleurige vleermuis, ook hoog boven open terrein. De laagvliegers ondervinden de meeste last van infrastructuur die hun pad kruist.

De aanleg van nieuwe of de verbetering van bestaande infrastructuur kan leiden tot de vernietiging van een bestaande verbinding(en) tussen verblijfplaatsen en jachtgebieden of van trekroutes tussen zomer- en winterverblijven. Dit kan bovendien leiden tot verkeersslachtoffers onder de vleermuizen. Ook aanpassingen aan een vaarweg kunnen een bestaande vlieg/trekroute van vleermuizen aantasten, zowel parallel aan de vaarweg (bijvoorbeeld voor soorten die de vaarweg als vlieg/trekroute gebruiken), als kruisend (bij verbreding van een vaarweg ontstaat een grotere open vlakte die vleermuizen niet graag oversteken).

Herstellen van de verbinding betekent dus herstellen van een migratieroute of van een verbinding voor de dagelijkse verplaatsingen.



Figuur 7.25 De gewone grootoorleermuis volgt in open gebied graag hagen en houtwallen (foto: Dirk Kruijt).

Leefgebied

In relatie tot infrastructuur is het voor alle vleermuissoorten voldoende om voor een goede geleiding en kruising te zorgen. Er hoeven geen leefgebieden te worden ingericht.

Geleiden

Vleermuizen zijn vliegende zoogdieren. De in Nederland voorkomende soorten leven allemaal van insecten. Die vangen ze in de lucht of plukken ze van bladeren of van het wateroppervlak. Vleermuizen zijn overwegend 's nachts actief. Om de insecten in het donker te vinden maken ze gebruik van echolocatie. Ze vliegen al roepend rond. Aan het teruggekaatste geluid herkennen ze wat zich in hun omgeving bevindt. Is het een insect dan proberen ze die te vangen.

Tijdens hun zoektochten naar de beste jachtgebieden volgen de meeste vleermuissoorten lijnelementen in het landschap. Het gaat dan om bosranden, lanen, heggen, rietkragen of waterlopen. Deze structuren leveren beschutting tegen weer, wind en mogelijke vijanden en helpen de vleermuis z'n weg te vinden in het landschap. Vaak wordt onderweg ook al op insecten gejaagd. Grote soorten als rosse vleermuis en laatvlieger vliegen op weg van hun slaapplek naar hun jachtgebied hoog boven de vegetatie, op enkele tientallen of zelfs op meer dan 100 m hoogte. Zij maken dan geen gebruik van deze lijnelementen.

Kruisen

Met betrekking tot het in stand houden of herstellen van verbindingen geldt dat deze zowel over als onder de infrastructuur kunnen lopen. Vleermuizen zijn gewend door donkere ruimtes te vliegen en het is bekend dat ze (fiets)tunnels en duikers gebruiken om wegen te kruisen. Dit geldt overigens niet voor alle soorten; duikers worden bijvoorbeeld alleen door soorten gebruikt die waterlopen als vliegroute gebruiken. Bij verbindingen over de infrastructuur is het belangrijk dat er structuren aanwezig zijn die de vleermuizen helpen bij het oriënteren (via echolocatie) en die beschutting bieden tegen weersinvloeden.

Keren

Voorkomen dat vleermuizen infrastructuur kruisen kan het beste door er voor te zorgen dat geleidende vegetatie niet naar de infrastructuur leidt waar geen passagemogelijkheid aanwezig is. Alleen een barrière opwerpen, zoals een geluidsscherp, kan ook, mits deze hoog genoeg is en de vleermuizen dwingt om omhoog te vliegen en de (spoor)weg hoog boven het verkeer te kruisen.

Verstoring

Vleermuizen trekken zich niet zo veel aan van de aanwezigheid van mensen, vee of huisdieren.

Vleermuizen ondervinden de meeste last van licht (zie tabel). Er zijn verschillen tussen soorten en het moment waarop ze er last van ondervinden. Alle soorten hebben echter vooral last van licht met een korte golflengte (groen, blauw en ultraviolet). Licht met lange golflengte (de warme kleuren geel, oranje, rood) hinderen de dieren het minst. Als licht op de bewuste plek nodig is (vanwege veiligheid bijvoorbeeld) kan het probleem dus worden ondervangen



Figuur 7.26 Hazen worden regelmatig het slachtoffer van aanrijdingen bij pogingen de weg over te steken (Foto: Jan Dirk Buizer).



Figuur 7.29 Stapels hout vormen ideale schuilplaatsen voor kleine marterachtigen, zoals wezel, hermelijn en bunzing. Ook muizen, hagedissen en diverse insecten maken hier gebruik van (Foto: Dennis Wansink).

door ander gekleurd licht te gebruiken (amber schijnt goed te werken; Limpens *et al.*, 2011), of door de lichtbron gedeeltelijk af te schermen of het verlichtingsregime aan te passen.

Predatoren en concurrenten

Predatoren van vleermuizen zijn uilen, marters en huiskatten. De vleermuizen worden door deze predatoren gepakt als ze in hun verblijfplaats (holle boom) zitten of net uitvliegen. Soms worden vleermuizen ook door muizen aangevreten als ze in winterslaap zijn.

7.10 Grondgebonden zoogdieren

Verbinden

Voor alle grondgebonden zoogdieren vormt infrastructuur een barrière. Omdat er grote variatie is in de grootte van de dieren, is er ook variatie in de mate waarin infrastructuur een barrière vormt. Voor muizen is een smalle weg al een barrière, terwijl herten nog wel proberen een meerbaans snelweg over te steken. Ook in de wijze van verplaatsen zijn er verschillen. Allen lopen over de grond, maar eekhoorns, slaapmuizen en boommarters verplaatsen zich bij voorkeur via de takken van bomen. Otters, bevers en noordse woelmuizen kunnen grote afstanden zwemmend afleggen. Het betekent dat voorzieningen in het ene geval een aaneenschakeling van leefgebieden moeten zijn en in het andere geval geleiding en een obstakelvrije kruising volstaan.

Overigens gaat het bijna altijd om dagelijkse verplaatsingen of om dispersie. Bij dispersie worden door jonge dieren grote afstanden (tientallen tot honderden kilometers) afgelegd. Voor de hoefdieren kunnen ook voorzieningen voor seizoensmigratie worden aangelegd, bijvoorbeeld tussen de Veluwe en het Rivierengebied. Om effectief te zijn moeten die dan wel op een bovenregionaal niveau op elkaar worden afgestemd.

Leefgebied

De meeste zoogdieren zijn nachtactief en brengen de dag rustend door in een hol in de grond, in een holle boom of in dicht struikgewas. Tijdens hun activiteitsperiode zijn ze voornamelijk bezig met voedsel zoeken. Het liefst doen ze dat dicht bij hun slaapplaats, maar dat is niet altijd mogelijk. Het voedsel is niet altijd bereikbaar (regenwormen kunnen door das en egel pas worden gevangen als ze uit hun ondergrondse holletjes komen) of is maar beperkt beschikbaar (fruit en noten voor muizen zijn er alleen in het najaar). Het leefgebied van de grondgebonden zoogdieren omvat dan ook meerdere landschapstypen en meestal ook meerdere verblijfplaatsen, om altijd over voldoende voedsel en slaapplaatsen te beschikken. De ligging van de voedselgebieden en verblijfplaatsen bepaalt hoe groot het leefgebied is. Is het aanbod groot, dan kunnen de leefgebieden klein blijven. Ook de aanwezigheid van soortgenoten speelt mee. Hoe meer dieren in een gebied leven, hoe kleiner het leefgebied van elk individu. Mannetjes hebben in het algemeen grotere leefgebieden dan vrouwtjes, en je kan je voorstellen dat als de dichtheid laag is de mannetjes grotere leefgebieden hebben om de kans op een ontmoeting met een vrouwtje te vergroten. Grote leefgebieden leiden tot meer kruisingen met infrastructuur. Dus door voor voedselrijke leefgebieden te zorgen kan het negatieve effect van infrastructuur op populaties worden verkleind.



Figuur 7.27 en 7.28 Dassenburchten

De voedselkeuze van de grondgebonden zoogdieren is divers. Er zijn zaad- en vruchteneters (muizen en hamster), insecteneters (water- en veldspitsmuis, egel), vleeseters (marter-, hond- en katachtigen), viseters (otter), planteneters (herten, bever, haas, konijn en muizen) en alleseters (wild zwijn, das). De alleseters vinden altijd wel iets te eten binnen hun leefgebied. De specialisten (otter, bever, waterspitsmuis en slaapmuizen) moeten wat meer moeite doen. Toch zijn zij niet zo eenkennig dat ze nooit ander voedsel tot zich nemen, maar hun specialisatie zorgt er wel voor dat hun voorkomen verbonden is met bepaalde landschapstypen. Otter, waterspitsmuis en bever moeten schoon water hebben en de slaapmuizen komen alleen in het warme zuiden van Nederland voor.

Geleiden

Door hun grondgebonden leefwijze zijn zoogdieren makkelijk te geleiden. Allen volgen bij voorkeur lijnvormige structuren die hen beschutting en bescherming bieden. Afhankelijk van de grootte van het dier bestaat die structuur uit de grens tussen hoog en kort gras of een bosrand. Een aarden wal, een hek of een muur kan ook als geleiding dienen. Vegetatie heeft echter de voorkeur, omdat de dieren zich daarin kunnen terugtrekken als ze gevaar vermoeden. Voor soorten die zich voornamelijk via bomen of struiken verplaatsen (boom-marter, eekhoorn, hazelmuis) is dit de enige vorm van geleiding, hoewel boom-marters en eekhoorns soms ook stukken over de grond afleggen.

Waterlopen en oevers van meren voldoen ook goed als geleiding, vooral als de oevers begroeid zijn. Dit geldt natuurlijk in verhoogde mate voor de watergebonden soorten, zoals otter, bever, waterspitsmuis en noordse woelmuis. Maar ook de andere soorten doen dit graag.

Geleiding in de vorm van vegetatie heeft als extra voordeel dat de randen van vegetatie vaak voedselrijk zijn. De dieren kunnen dan lopen en eten tegelijk.

Kruisen

Een kruising over infrastructuur wordt door alle zoogdiersoorten gebruikt. Afhankelijk van de soort kan worden volstaan met een kruising van slechts enkele meters breed, tot een kruising van minimaal 40 m (edelhert). Voor kleine tot middelgrote soorten (marters, vos) voldoet ook een groenstrook van een paar meter breed op een bestaand viaduct, mits voorkomen kan worden dat de dieren op de weg komen en ze geen last hebben van licht.

Ook gaan alle soorten onder bruggen door, maar tunnels en duikers worden maar door een aantal soorten gebruikt. Dit zijn soorten die gewend zijn een groot deel van hun tijd onder de grond te leven, zoals de meeste marters, vossen en muizen. Het zijn ook de soorten die grote leefgebieden hebben, want ze moeten de tunnel in één keer doorlopen. In de tunnel kunnen geen leefgebieden worden gecreëerd. De eisen die de dieren aan de tunnel of een loopplank in een duiker stellen zijn minimaal. De afmetingen zijn het meest cruciaal. In tegenstelling tot de amfibieën en reptielen stellen de zoogdieren geen eisen aan het microklimaat in de buis. Uiteraard moet de tunnel of loopplak wel te allen tijde beschikbaar zijn, want ze worden vooral tijdens dagelijkse verplaatsingen gebruikt. Regen- of grondwater in de buis, een hek of dichte vegetatie voor de ingang(en) maken het gebruik onmogelijk.

Alle zoogdieren kunnen zwemmen. Alleen doen ze het niet allemaal even graag. Een kanaal over zwemmen is voor de meeste dan ook geen probleem, met uitzondering van de kleine



Figuur 7.30 Als alle dieren over het water konden lopen, was er geen probleem. (foto: Jan Dirk Buizer).

soorten zoals de (spits)muizen. Het grootse probleem is om aan de andere kant weer uit het kanaal te komen. Zelfs voor goede klimmers is het niet eenvoudig om de steile oever van een kanaal te beklimmen. Een flauwe oever of een faunauittreedplaats (FUP) is nodig om de dieren te helpen. In het water is het niet mogelijk om de dieren naar de uittreedplaats te leiden, maar op het land kan de uittreedplaats wel worden gemarkeerd, zodat de zwemmende dieren het makkelijker vinden. Opgaande vegetatie in de vorm van een bosje of riet helpt de dieren de uittreedplaats te vinden.

Keren

Waarom omlopen, als je ook rechtdoor kan? Ook al weten ze dat het oversteken van een weg of spoorweg gevaarlijk is, dieren zullen het toch proberen, als ze aan de andere kant van de infrastructuur willen zijn. Daarom moet een faunavoorziening altijd gepaard gaan met kerende structuren langs de infrastructuur. De vorm, de hoogte en de stevigheid van de kering zijn afhankelijk van de soorten die moeten worden tegengehouden. De meeste zoogdiersoorten kunnen klimmen en velen kunnen ook goed graven of springen. De kerende voorziening moet hierop zijn berekend. Om elk hulpmiddel uit te sluiten moet de vegetatie bij de kering kort worden gehouden en moeten takken van bomen niet tot de kering reiken. Dit laatste voorkomt ook dat een afgebroken tak de kering beschadigt.

Vaak moet de kerende voorziening uit verschillende materialen bestaan omdat ie verschillende diersoorten moet tegenhouden. Hoge stevige hekken voor de herten. Iets lagere hekken met een fijnere maas voor de marters en een scherm bij de grond voor muizen en amfibieën.

Helaas blijkt uit de praktijk dat kerende voorzieningen nooit permanent kerend zijn. Er komen gaten in of iemand laat een hek open staan. Dieren kunnen dan toch op of in de infrastructuur terecht komen. Als ze dat overleven moeten ze weer naar de veilige kant terug kunnen komen. Daarom moeten de kerende voorzieningen aan de wegzijde altijd een terugkeermogelijkheid hebben. Dit zijn een soort poezenluikjes, die maar naar één kant open gaan, of uittreedplaatsen, zoals bij kanalen, waarmee de dieren over de kering kunnen komen.

Verstoring

Verstoring kan bestaan uit licht, geluid, geur, betreding of het zien van een mens of huisdier. Bij betreding moet vooral worden gedacht aan de betreding van holen. De betreding vernietigt de holen of de dieren durven er niet meer uit te komen en verhuizen naar een andere, rustiger, plek.

De gevoeligheid voor verstoring verschilt tussen soorten, maar ook binnen soorten zijn er verschillen. Dieren die in gebieden met veel menselijke verstoring leven trekken zich minder aan van verstoring op of bij een faunavoorziening dan dieren die rust zijn gewend.

In het algemeen is het niet nodig om de verstoringbronnen weg te halen, als dat al mogelijk is, maar moeten de dieren de mogelijkheid hebben om zelf de verstoring te ontwijken. Beschutting biedende vegetatie of een scherm kan hier voor zorgen.



Figuur 7.31 Vooral kleine dieren staan bloot aan predatie (rosse woelmuis, foto: Martin Bonte).

Predatoren en concurrenten

In Nederland zijn het vooral de kleine soorten (van muis tot egel) die bloot staan aan predatie. Het weren van de predatoren van de faunavoorziening zal zelden mogelijk zijn. Daarom geldt hier, net als ten aanzien van verstoring, dat het aanbieden van schuilmogelijkheden de dieren voldoende gevoel van veiligheid biedt om de faunavoorziening te gebruiken.

Dit geldt ook voor de hoefdieren (herten en wild zwijn), ook al komen hun predatoren (nog) niet voor in Nederland en België. Is op de faunavoorziening geen ruimte voor dekking biedende structuren dan moet deze in ieder geval zodanig van vorm zijn dat een naderend hert de overkant van de faunavoorziening kan zien, om zich er van te vergewissen dat daar geen predator op hem staat te wachten.

Bijna alle zoogdiersoorten hebben concurrenten. In de meeste gevallen leidt dit niet tot problemen als de dieren elkaar kunnen ontwijken, in ruimte of in tijd. Bij territoriale soorten die bovendien een groot leefgebied bezetten kan dit echter wel problemen opleveren. Een faunavoorziening die binnen het leefgebied van de territoriumeigenaar ligt zal alleen door dat dier en zijn familiegenoten worden gebruikt. De effectiviteit op populatieniveau is dan een stuk geringer dan wanneer met dit fenomeen rekening is gehouden en - bijvoorbeeld - in elk territorium een voorziening is aangelegd.

Soms kan concurrentie ook aanleiding zijn om juist geen verbinding aan te leggen. Aardmuis en veldmuis zijn concurrenten van de noordse woelmuis. In natte gebieden met een wisselend waterpeil is de noordse woelmuis in het voordeel, maar in droge gebieden wordt deze soort door de andere twee verdriven. Omdat de noordse woelmuis in Nederland zeldzaam is en bovendien een prioritaire soort in de Europese Habitatrichtlijn is, moet worden voorkomen dat de gebieden waar deze soort nu nog voorkomt - ook de droge gebieden - door aard- en veldmuis worden gekoloniseerd.

7.11 Vogels

Verbinden

Vogels zijn vanwege hun vliegvermogen zeer mobiel in vergelijking tot bijvoorbeeld reptielen. De verschillen in mobiliteit zijn echter enorm. Noordse sterns en grauwe pijlstormvogels bestrijken jaarlijks de halve wereldbol op hun trektochten tussen broedlocaties en winterkwartieren, huismussen en bosuilen daarentegen begeven zich hun gehele leven zelden buiten dezelfde straal van 2 tot 3 kilometer. Ook de dagelijkse migratieafstanden in het broedseizoen variëren van enkele tientallen meters (kleine bos- en stadsvogels) tot meer dan 1000 km (gierzwaluwen op voedselvuchten tussen Amsterdam en Parijs op regenachtige dagen).

De aanleg van nieuwe infrastructuur leidt tot aantasting van leefgebieden van vogels. Buiten het fysieke ruimtebeslag reikt het effect voor veel soorten verder. Zo reageren bijvoorbeeld grutto's en andere weidevogels relatief sterk op nieuwe wegen en het bijbehorende verkeer door op geruime afstand van de weg te blijven (= verlies van een strook van >1 km aan broedgebied rond nieuwe infrastructuur). De onderlinge verbinding tussen de weerszijden van de infrastructuur gaat echter nooit geheel verloren door het vliegvermogen van de soorten. Het situeren van nieuwe infrastructuur tussen foerageerplaatsen (grasland) en



Figuur 7.32 Noordse sterns en grauwe pijlstormvogels bestrijken jaarlijks de halve wereldbol op hun trektogten tussen broedlocaties en winterkwartieren (Foto: Bas van den Boogaard).



Figuur 7.33 Grutto's en andere weidevogels reageren relatief sterk op nieuwe wegen en het bijbehorende verkeer door op geruime afstand van de weg te blijven (Foto: Mark Collier).

slaapplaatsen (groot open water) van wintergasten als smient, kleine zwaan en kolgans kan leiden tot aantasting van beide functies door het aanrijdrisico tijdens de dagelijkse verplaatsingen. Hetzelfde geldt voor bijvoorbeeld ransuil. Deze soort had ooit een roestplaats van tientallen exemplaren in de bosschage van Fort Ronduit te Naarden. Iedere dag staken de uilen het aangrenzende weiland over naar het Gooimeer en verder Flevoland in waar de hele nacht gejaagd werd. De aanleg van de A1 in het weiland was toen al begonnen. Toen deze snelweg eenmaal in gebruik werd genomen, sneuvelden de ransuilen bij bosjes op de nieuwe rijksweg door het consequent te laag kruisen van de nieuwe weg.

Herstellen van de verbinding voor vogels betekent het herstellen van een verbinding voor de dagelijkse verplaatsingen (met name in de winter) en betreft doorgaans geen seizoensmigratie.

Leefgebied

Territoria van zangvogels zijn doorgaans klein en kunnen door infrastructuur effectief van elkaar gescheiden worden. Gezien de mobiliteit van deze soorten is het inrichten van extra leefgebieden niet noodzakelijk. Territoria van grotere soorten als buizerd en kerkuil strekken zich vaak uit over flinke hoeveelheden infrastructuur die dagelijks worden gepasseerd. Indien dan ook nog eens regelmatig laag gevlogen wordt bij het oversteken van een weg, al dan niet tijdens de jacht in de wegberm (kerkuil), ontstaat een groot risico op aanrijdingen. Gericht bermbeheer kan ertoe bijdragen dat een soort als kerkuil op voldoende afstand van de weg blijft. In brede bermen kan bijvoorbeeld strak langs de weg net achter de obstakelvrije zone een strook beplanting van ca. 4 meter hoog aan weerszijden van de weg worden aangeplant met daarachter een brede kortgrazige zone / ruigte waar de kerkuilen kunnen jagen. Indien ze van de ene naar de andere kant van de weg willen vliegen, gebeurt dat op meer dan 4 meter hoogte (= klein aanrijdrisico).

Geleiden

Vogels vliegen. Op grote schaal laten vogels zich tijdens de seizoenstrek graag geleiden door kustlijnen, dijken, landtongen, bergruggen etc. om uiteindelijk grote wateren te passeren op de smalste punten (Straat van Gibraltar, Bosporus etc.). Op kleinere schaal is geleiding minder opvallend, maar treedt wel op. Kleine bosvogels (bijvoorbeeld goudhaantjes en staartmezen) verplaatsen zich in de herfst en winter vaak in familiegroepjes door bomenlanen en houtwallen zonder zich daar teveel buiten te wagen. Ook houtsnippen en patrijzen volgen vaak strak de ondergroei langs een bosrand respectievelijk begroeide greppels en perceelranden om zich al foeragerend door het terrein te bewegen. Ook jagende ransuilen en sperwers laten zich tijdens de jacht vaak geleiden door bos- en struweelranden, heggen en andere geleidende elementen. Tijdens harde wind wordt door zwaluwen vaak in de luwte van hoge oeverbegroeiing of boomkronen gejaagd op insecten vergelijkbaar met vleermuizen. Ook grote stobbenwallen op ecoducten, aanlooptaluds of in het achterland kunnen dezelfde functies voor vogels bekleden. Deze worden gebruikt om zich via te verplaatsen (buiserd en ransuil laag door de lucht, patrijs via de grond), om er te jagen (sperwer) of te foerageren (vele zangvogels) of als schuil- en broedplaats voor een scala aan soorten als roodborsttapuit, winterkoning, heggenmus, roodborst, witte kwikstaart, tuinfluiter, grasmus, wilde eend etc. etc.



Figuur 7.34 Patrijzen zijn veelvuldig met cameravallen vastgelegd tijdens het heen en weer lopen over ecoduct De Munt (Foto: Martin Bonte).

Kruisen

Met betrekking tot het in stand houden of creëren van verbindingen voor vogels geldt dat deze met name over de infrastructuur lopen. In onderdoorgangen wordt weliswaar regelmatig gefoerageerd door blauwe reiger of witte kwikstaart vanaf loopplanken en doorlopende oevers, soorten als wilde eend en meerkoet die veel in onderdoorgangen worden waargenomen, passeren de barrière doorgaans niet in afhankelijkheid van specifieke faunavoorzieningen. Ook vliegen vogels zelden tot nooit doelgericht door donkere tunnels en duikers (in tegenstelling tot vleermuizen). Boven op voorzieningen is het anders. Hier passeren kleine bosvogels via de stobbenwallen en beplanting ecoducten in bosrijke gebieden (De Borkeld bijvoorbeeld) en vliegen buizerd en ransuil regelmatig laag over (ecoduct De Munt, België). Ook patrijs, fazant en blauwe reiger zijn veelvuldig met cameravallen vastgelegd tijdens het heen en weer lopen over ecoduct De Munt. De talrijke opnamen van kauw, holenduif, houtduif, torenvalk etc. worden niet in verband gebracht met kruisen maar met foerageren op het ecoduct.

Bij verbindingen over de infrastructuur is het belangrijk dat er dekkinggevende structuren aanwezig zijn die de vogels beschutting bieden tegen verstoring, predatie en weersinvloeden. Opgaande beplantingsstroken, begroeide greppels, heggen en stobbenwallen voorzien hierin.

Keren

Isolatie van leefgebieden door versnippering vormt voor vogels (ten opzichte van grondgebonden zoogdieren, reptielen, amfibieën, vissen etc.) een relatief klein probleem. Het grootste knelpunt voor vogels in relatie tot infrastructuur is sterfte door aanrijding. Niet alle soorten zijn even gevoelig voor sterfte door aanrijding. Na jarenlange monitoring van faunaverkeerslchtoffers langs rijkswegen in Nederland is gebleken dat de volgende soorten het meeste risico lopen: blauwe reiger, wilde eend, buizerd, torenvalk, patrijs, fazant, waterhoen, meerkoet, meeuwen (diverse soorten), bosuil, kerkuil, ransuil, steenuil, houtduif, merel, ekster en spreeuw. Langs spoorwegen is ook knobbelzwaan een extra risicosoort (met name ook voor het treinverkeer). Niet al deze soorten zijn even beleidsrelevant. Zeer algemene, onbedreigde soorten met gezonde populaties worden hier verder buiten beschouwing gelaten (wilde eend, waterhoen, meerkoet, meeuwen, houtduif, merel, ekster en spreeuw). Ook de niet inheemse fazant wordt buiten beschouwing gelaten. De overige soorten zijn opgenomen in Tabel 7.xx.

Rasters weerhouden vogels niet van het kruisen van infrastructuur. Voorkómen dat vogels infrastructuur kruisen waar ze aanrijdingsrisico lopen, kan het beste door er voor te zorgen dat ze hoog moeten overvliegen. Dit is te realiseren door (geluids)schermen, zwanenlinten etc. In specifieke gevallen (kerkuil) kan dichte beplanting van minimaal 4 meter hoog hiertoe bijdragen, maar beplanting in algemene zin wordt afgeraden omdat het juist geleiding en leefgebied betreft voor vele andere soorten (zang)vogels. Door brede bermen vrij te houden van beplanting, zitpalen en zeer kort te maaien zijn veel vogels verder bij de weg vandaan te houden (met lager aanrijdrisico tot gevolg). Een dergelijke aanpak conflicteert echter met veel natuurdoelen (gevarieerde bermen rijk aan flora en insecten etc.).

Verstoring

Bos- en watervogels trekken zich niet zo veel aan van de aanwezigheid van mensen of verkeer en bevinden zich doorgaans dicht langs de weg. Ook roofvogels zijn goed aangepast



Figuur 7.35 Zelfs een relatief grote soort als de roek valt soms ten prooi aan havik of slechtvalk (Foto: Jan Dirk Buizer)

aan het geluid van verkeer, maar zijn wel verstoringsgevoelig voor mensen. Vaak broeden ze vlak langs de infrastructuur onder viaducten (torenvalk) of in verkeerslussen (sperwer, buizerd). Langsrazend autoverkeer wordt dan getolereerd. Stoppen en uitstappen leidt echter direct tot schuw vluchtgedrag. Vele (moeras)vogels broeden al decennia lang schijnbaar ongestoord langs de spoorlijn in het Naardermeer en andere natuurgebieden. Sommige soorten weidevogels ervaren drukke infrastructuur wél meer als verstorend en broeden niet of nauwelijks op korte afstand van de weg. Vogels hebben ten opzichte van vleermuizen relatief weinig last van licht (reageren uitsluitend relatief sterk op groen licht).

Predatoren en concurrenten

In Nederland staan vele vogelsoorten bloot aan predatie. Grondbroeders vallen vaak ten prooi aan vossen, verwilderde katten en marterachtigen, zangvogels en middelgrote soorten als duiven en eksters staan boven aan het menu van sperwer respectievelijk havik. Ook bosuilen eten relatief veel vogels. Maar ook uilen zelf kennen in de havik een geduchte belager. Waterwild wordt vaak gegrepen door slechtvalken en lokaal vallen zelfs soorten zo groot als een gans ten prooi aan zeearenden.

Het weren van de predatoren van de faunavoorziening zal zelden mogelijk zijn. Op ecoduct De Munt is vastgesteld dat predator sperwer daar gericht heen komt om op zangvogels te jagen met de stobbenwal als hinderlaag. Ook slechtvalk kwam eenmaal doelgericht jagen op de aanwezige duiven en kauwen boven op het ecoduct. Daarom geldt hier dat het aanbieden van schuilmogelijkheden in de vorm van stobbenwallen, begroeide greppels en oevers de vogels voldoende gevoel van veiligheid moet bieden om de faunavoorziening toch regelmatig te gebruiken.

Vrijwel alle vogelsoorten hebben concurrenten. Dit leidt op faunavoorzieningen bovenlangs zelden tot problemen doordat vogels, mobiel als ze zijn, elkaar kunnen ontwijken in ruimte (habitat) en tijd (patrijzen met kuikens lopen overdag langs, ransuil komt 's nachts veldmuizen vangen etc.). Territoriale soorten die op en rond de voorzieningen leven, betreffen met name kleine zangvogels. Deze concurreren weliswaar intra- en interspecifiek, ze vormen geen belemmering voor de weinige soorten die infrastructuur in het broedseizoen daadwerkelijk gericht via de voorzieningen kruisen (uilen, roofvogels, patrijs). Buiten het broedseizoen kunnen ook groepjes staartmezen, goudhaantjes, vinkachtigen etc. voorzieningen bovenlangs gebruiken om over te steken via bosschages, stobbenwallen etc., maar in die periode speelt territoriaal gedrag en concurrentie vrijwel geen rol.



Figuur 7.36 Koevinkje, een soort van bos- en struweelranden (foto: Jan Dirk Buizer).

7.12.2 Dagvlinders

Soort	Functie eco-passage	Gewenste inrichting verbinding	Minimale breedte v/d kruising	Leefgebied	Oppervlakte leefgebied	
Aardbeivlinder	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Heide / Kalkrijke duinen	0,5-1 ha	
Bont dikkopje	dispersie	geleiding of aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	"Bos en struweel (in heidegebied)"	1-2 ha	
Bosparelmoevlinder	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Bos en struweel (in heidegebied)	0,5-1 ha	
Bruin dikkopje	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Open plaatsen in (droog) grasland	1-2 ha	
Bruine eikenpage	dispersie	geleiding of aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Bosranden met eik	0,5-1 ha	
Bruine vuurvlinder	dispersie	geleiding of aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Heide	1-2 ha	
Donker pimpernelblauwtje	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat met nesten van gewone of moerassteekmier	zie Oppervlakte leefgebied	Grasland (nat)	1-2 ha	
Duinparelmoevlinder	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	enkele meters breed geschikt habitat	Grasland (droog)	2-5 ha	

7.12 Gebruik en eisen van soorten aan faunavoorzieningen

7.12.1 Kenmerken van doelsoorten voor het ontwerp en de inrichting van faunavoorzieningen

Uitgangspunt is het type verplaatsing dat de infrastructuur blokkeert. Dit verschilt per doelsoort en per barrière, of eigenlijk de breedte van de barrière. Een honkvaste vlinder die zich zelden meer dan enkele meters verplaatst is niet in staat een smalle weg over te steken, zelfs niet als er geen verkeer is, omdat zijn habitat ontbreekt. Een mobiele vlinder of een egel kan zo'n weg wel oversteken, maar dat lukt niet altijd, waardoor er verkeersslachtoffers vallen. De smalle weg belemmert de dispersie van de honkvaste vlinder en dit kan alleen worden opgelost door een faunavoorziening te maken die is ingericht volgens de habitateisen van de soort. Voor de mobiele vlinder en de egel moet een voorziening worden gemaakt die verkeersslachtoffers voorkomt, maar het kruisen van de infrastructuur toch mogelijk maakt. Voor de mobiele vlinder kan dit een schutting zijn die de vlinder dwingt hoog over de weg te vliegen. Voor de egel moet naast deze schutting ook een voorziening over of onder de infrastructuur worden aangelegd. Via geleidende structuren wordt de egel naar en door deze voorziening geleid. De voorziening hoeft dus niet, zoals bij de honkvaste vlinder, aan alle habitateisen van de egel te voldoen om te functioneren.

Schematisch weergegeven is het gebruik van de tabellen als volgt:

Welke verplaatsing van de doelsoort wordt belemmerd (dispersie, seizoensmigratie, dagelijkse verplaatsingen)?

+

Wat is de gemiddelde afstand die de doelsoort voor deze verplaatsingen aflegt?



Gewenst ontwerp en inrichting van de voorziening

Het ontwerp van de gewenste inrichting van de voorziening valt deels uit deze tabel te halen, maar ook uit de beschrijvingen van de doelsoortgroepen in de voorgaande paragrafen en de aangehaalde literatuur. Natuurlijk kan ook een deskundige op het gebied van de doelsoorten worden ingeschakeld.

Afzetlocaties ei	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Vliegtijd	Gemid. Dispersieafstand	Territorialiteit	Concurrenten	Soort
"Dauwbraam (duinen) Tormetil (zandgronden)"	enkele meters	mei-juni	honkvast; < 100 m	ja		Aardbeivlinder
Pijpestrootje, Hen-negras	enkele meters	mei-juni	weinig mobiel; 100 - 500 m	ja		Bont dikkopje
Hengel	10-tallen meters	juni-juli	honkvast; < 100 m	nee		Bosparemoervlinder
Rolklaver op open plekken in de vegetatie	enkele meters	mei-juni / juli-aug	honkvast; < 100 m	ja		Bruin dikkopje
Zomereik	enkele meters	juni-aug	weinig mobiel; 100 - 500 m	ja, mannetjes verdedigen een braamstruik		Bruine eikenpage
Schapenzuring en Veldzuring	enkele meters	mei-aug	weinig mobiel; 100 - 500 m	ja	kleine vuurvlinder	Bruine vuurvlinder
Grote pimpernel	enkele meters; < 10m	juli-aug	honkvast; <100 m	nee	pimpernel-blauwtje	Donker pimpernel-blauwtje
Hondsviooltje, Zandviooltje	500 m	juni-juli	mobiel; 500 - 5000 m	nee		Duinparemoervlinder

Soort	Functie eco-passage	Gewenste inrichting verbinding	Minimale breedte v/d kruising	Leefgebied	Oppervlakte leefgebied	
Gentiaanblauwtje	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat met nesten van bos- of moeras-steekmier	zie Oppervlakte leefgebied	Heide (nat)	1-2 ha	
Grote parelmoervlinder	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	enkele meters breed geschikt habitat	Grasland (droog)	2-5 ha	
Grote vuurvlinder	dagelijkse verplaatsingen	natte geleiding; doorgetrokken moeras	enkele meters breed geschikt habitat	Moeras	10-50 ha	
Grote weerschijnvlinder	dagelijkse verplaatsingen	geleiding door bomen/struweel en/of hop-over	enkele meters breed geschikt habitat	Bos en struweel	>50 ha	
Heideblauwtje	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat met nesten van zwarte wegmier of akkermier	zie Oppervlakte leefgebied	Heide	0,5-1 ha	
Heivlinder	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	enkele meters breed geschikt habitat	Heide (droog) / Duinen	1-2 ha	
Iepenpage	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Bos en struweel	0,5-1 ha	
Kleine heivlinder	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	enkele meters breed geschikt habitat	Heide met stuifzand	10-50 ha	
Kleine ijsvogelvlinder	dispersie	geleiding	enkele meters breed bospad of bosrand	Bos en struweel (vochtig)	10-20 ha	
Kommavlinder	dispersie	geleiding	enkele meters open en nectarrijk leefgebied	Heide (droog) / Duinen	0,5-1 ha	
Pimpernelblauwtje	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat met nesten van moerassteekmier	zie Oppervlakte leefgebied	Grasland (nat)	1-2 ha	
Sleedoornpage	dispersie	geleiding of aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Bos en struweel	10-20 ha	
Spaanse vlag	dispersie	geleiding of aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Bos en struweel	2-5 ha	
Spiegeldikkopje	dispersie	geleiding of aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Bos en struweel (in heidegebied)	1-2 ha	
Veenbesblauwtje	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Hoogveen	0,8-2 ha	
Veenbesparelmoervlinder	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Hoogveen	0,5-1 ha	
Veenhooibeestje	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Hoogveen	1-2 ha	
Veldparelmoervlinder	dispersie	geleiding of aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Grasland (droog)	1-2 ha	
Zilveren maan	dispersie	geleiding of aaneengesloten geschikt habitat	zie Oppervlakte leefgebied	Grasland (nat)	1-2 ha	

7.12.3 Libellen

Soort	Functie ecopassage	Gewenste inrichting verbinding	Minimale breedte v/d kruising	Leefgebied	Oppervlakte leefgebied	Verblijf/rustplaats	
Donkere waterjuffer	dagelijkse verplaatsingen en dispersie	geleiding en leefgebied	zie Oppervlakte leefgebied	laagveenmoeras met ondiep water en met een kritische dichtheid van plantenstengels in het water (niet te dicht en niet te open).	enkele m2	in vegetatie in/ langs water.	
Gaffellibel	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	10 m	rivieren en grote beken met kiezel- of grof zandbodem; oevers deels onbegroeid.	100den m2	op grond, stenen of boomstammen langs bosranden	
Gevlekte witsnuitlibel	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	10 m	verlandingszones van laagveenmoeras, met helder, ondiep, beschut en matig voedselrijk water.	100den m2	in vegetatie in/ langs water.	

	Afzetlocaties ei	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Vliegtijd	Gemid. Dispersieafstand	Territorialiteit	Concurrenten	Soort
	Klokjesgentiaan	10-tallen meters	juli-aug	honkvast; < 100 m	nee		Gentiaanblauwtje
	Hondsviooltje, Duinviooltje	10-tallen meters	juni-aug	mobiel; 500 - 5000 m	nee		Grote parelmoervlinder
	Waterzuring	10-tallen meters	juli-aug	mobiel; 500 - 5000 m	ja		Grote vuurvlinder
	Boswilg	10-tallen meters	juni-juli	mobiel; 500 - 5000 m	ja		Grote weerschijnvlinder
	Struik- en dophei	< 20 m	juni-aug	honkvast; < 100 m	nee		Heideblauwtje
	m.n. Schapengras	10-tallen meters	juli-aug	mobiel; 500 - 5000 m	ja		Heivlinder
	Iep	enkele meters	juni-aug	honkvast; < 100 m	?		Iepenpage
	Buntgras	10-tallen meters	aug-sept	mobiel; 500 - 5000 m	nee		Kleine heivlinder
	Kamperfoelie	10-tallen meters	juni-juli	mobiel; 500 - 5000 m	ja		Kleine ijsvogelvlinder
	Schapengras	10-tallen meters	juli-aug	weinig mobiel; 100 - 500 m	ja		Kommavvlinder
	Grote pimpernel	10-tallen meters	juli-aug	honkvast; < 100 m	?	donker pimpernelblauwtje	Pimpernelblauwtje
	Sleedoorn	enkele 100den meters	juli-sept	weinig mobiel; 100 - 500 m	nee		Sleedoornpage
	Diverse kruidachtige planten	enkele 100den meters	juli-aug	mobiel; 500 - 5000 m	?		Spaanse vlag
	Pijpestrootje, Hennenegras	10-tallen meters	juli-aug	honkvast; < 100 m	nee		Spiegeldikkopje
	Kleine veenbes, Laven-delhei	10-tallen meters	juni-juli	weinig mobiel; 100 - 500 m	ja		Veenbesblauwtje
	Kleine veenbes	10-tallen meters	juni-juli	weinig mobiel; 100 - 500 m	nee		Veenbesparelmoervlinder
	eenarig wollegras	enkele meters	juni-juli	honkvast; < 100 m	nee		Veenhooibeestje
	Smalle weegbree	enkele 100den meters	mei-juni	weinig mobiel; 100 - 500 m	nee		Veldparelmoervlinder
	Moerasviooltje	enkele 100den meters	mei-juni en juli-aug	mobiel; 500 - 5000 m	nee		Zilveren maan

	Afzetlocaties eieren	Verplaatst zich via	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Vliegtijd	Gemid. Afstand seizoenstrek	Gemid. Dispersieafstand	Territorialiteit	Soort
	afgestorven, drijvende plantenresten en kikkerbeet	lucht (imago) en water (larve)	?	mei	n.v.t.	?	ja	Donkere waterjuffer
	in het water.	lucht (imago) en water (larve)	>100 m	mei-aug.	n.v.t.	100-den km's	nee, wel agressief tegen soortgenoten	Gaffellibel
	op het wateroppervlak	lucht (imago) en water (larve)	?	mei-juni	n.v.t.	100-den km's	ja, territorium 50 m lang	Gevlekte witsnuitlibel

1

2

3

4

5

6

7

8

Soort	Functie ecopassage	Gewenste inrichting verbinding	Minimale breedte v/d kruising	Leefgebied	Oppervlakte leefgebied	Verblijf/rustplaats	
Groene glazenmaker	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	10 m	gebonden aan wateren met krabbescheer.	100den m2	open plekken in bos, langs bosranden en rietruigten	
Noordse winterjuffer	dagelijkse verplaatsingen en dispersie	geleiding en leefgebied	zie Oppervlakte leefgebied	zomer: kleine plasjes, vennen en laagveen; winter: heidevelden en halfopen (moeras)bossen	100den m2	in vegetatie in/ langs water.	
Oostelijke witsnuitlibel	dagelijkse verplaatsingen en dispersie	geleiding	zie Oppervlakte leefgebied	matig voedselrijke wateren op zandgronden, zoals vennen	10tallen m2	in oevervegetatie en op het water drijvende planten (waterlelie).	
Rivierrombout	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	10 m	ondiep water met glooiende, zandige oevers in de benedenloop van grote rivieren.	100den m2	open zandige oevers	
Speerwaterjuffer	dagelijkse verplaatsingen en dispersie	geleiding en leefgebied	zie Oppervlakte leefgebied	kleine, niet zure, voedselarme vennen en randzones van hoogvenen.	enkele m2	in vegetatie in/ langs water.	

7.12.4 Vissen

Soort	Functie eco-passage	Gewenste inrichting verbinding	Minimale breedte v/d kruising	Leefgebied (kort)	Waterbodem	Waterdiepte	Doorzicht	
Barbeel	dagelijkse verplaatsingen en seizoenstrek	geleiding	5 m	Rheofiel (obligaat); rivieren en grotere beken met goed ontwikkelde oeverzones	structuurrijke bodem van kiezel, grind en zand	50 tot 200 cm	meerdere m's	
Beekforel	seizoenstrek en dispersie	geleiding	0,5 m	Rheofiel (obligaat); snelstromende (berg)beken met koel zuurstofrijk water	stenen en fijn grind	10 tot 100 cm	meerdere m's	
Beekprik	seizoenstrek en dispersie	geleiding	0,5 m	Rheofiel (obligaat); beken en kleine rivieren in laag- en heuvelland	modder, zand en detritus	10 tot 100 cm	?	
Bittervoorn	seizoenstrek en dispersie	geleiding	0,5 m	Limnofiel; sloten, meren, vijvers met gevarieerde plantengroei en zoetwatermosselen	zandig tot modderig	> 60 cm	> 1 m	
Elft	seizoenstrek en dispersie	geleiding	?	Estuarien (anadroom); in paaiseizoen in middeloop van rivieren	grind en grof zand	10 -200 cm	meerdere m's; helder water	
Elrits	seizoenstrek en dispersie	geleiding	0,2 m	Rheofiel (obligaat); snelstromende zuurstofrijke beken en kleine rivieren	combinatie van slib, fijn zand, grind, keien	10 tot 100 cm	meerdere m's	
Fint	seizoenstrek en dispersie	geleiding	?	Estuarien (anadroom); benedenrivieren, waar getij nog merkbaar is	grind en grof zand	10-100 m	meerdere m's; helder water	
Gestippelde alver	seizoenstrek en dispersie		1,5 m	Rheofiel (obligaat); op overgang van turbulent stromend naar rustig water	grof zand, grind en stenen	50 tot 100 cm	meerdere m's	
Grote modderkruiper	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	?	Limnofiel; in stilstaand en langzaam stromend water met flauwe oevers en planten	modder	tot 1,5 m	niet van belang	
Houting	seizoenstrek en dispersie	geleiding		Estuarien (anadroom); in paaiseizoen in middeloop van rivieren	zand en fijn grind			
Kleine modderkruiper	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	1 m	Eurytoop; in stilstaand en langzaam stromende wateren	modder	> 20 cm	niet van belang	
Kopvoorn	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	> 4 m	Rheofiel (obligaat); ondiep zwakstromend water met structuurrijke bodem	stenen, grof en fijn grind	50 tot 200 cm	meerdere m's	

Afzetlocaties eieren	Verplaatst zich via	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Vliegtijd	Gemid. afstand seizoenstrek	Gemid. Dispersieafstand	Territorialiteit	Soort
in krabbescheer	lucht (imago) en water (larve)	enkele km's	aug.	n.v.t.	100-den km's	ja, territorium 50 m lang	Groene glazenmaker
rottende delen van planten	lucht (imago) en water (larve)	10-tallen m's	mrt-apr en aug-okt	enkele km's	10-tallen km's	?	Noordse winterjuffer
los in het water, tussen vegetatie	lucht (imago) en water (larve)	?	juni-juli	n.v.t.	?	ja	Oostelijke witsnuitlibel
in open water	lucht (imago) en water (larve)	>100m	juni-sept.	n.v.t.	10-tallen km's	nee	Rivierrombout
drijvende waterplanten en planten in de oeverzone	lucht (imago) en water (larve)	?	mei-juli	n.v.t.	10-tallen km's	ja	Speerwaterjuffer

Oppervlakte leefgebied	Verblijf/rustplaats	Voorkeurs-stroomsnelheid	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Gemid. afstand seizoenstrek (paai/winter)	Gemid. dispersieafstand	Soort
?	diepere, zwakstromende, beschaduwde delen van rivier of beek	10-25 cm/s	100-1000 m	lokaal/regionaal; tot 12 km	enkele km's	Barbeel
4 m2	in stroomkommen, onder stenen en boomtakken, onder overranden	30-50 cm/s	decimeters	lokaal/regionaal; 100den m's	enkele km's	Beekforel
enkele dm2	in de bodem	30-50 cm/s	geen	lokaal; 10tal tot 100den m's	enkele km's	Beekprik
enkele m2 's?	in onderwatervegetatie	< 10 cm/s	enkele m's?	lokaal	?	Bittervoorn
trekvis => vele kilometers lang	op luwe plekken nabij bodem in stromend water	paaigebied: 0,5-1,5 m/s; juvenielen: 10-25 m/s	?	anadroom; 100den km's tot 700 km	100den km's	Elft
?	in stroomkommen in dieper water of op beschutte plaatsen in ondiep water	30-50 cm/s	enkele m's?	lokaal; 10tal tot 100den m's	enkele 100den m's	Elrits
trekvis => vele kilometers lang	in zijgeulen van rivieren	?	?	anadroom; 10tallen tot 100 km	>100 km	Fint
enkele m2 's?	op luwe plekken nabij bodem in stromend water	50-70 cm/s		lokaal; 10tal m's	enkele km's	Gestippelde alver
enkele m2 's?	in de modder	< 5 cm/s	< 50 m	lokaal; <100 m	< 100 m	Grote modderkruiper
				anadroom; 10-tallen tot 100den km's	>100 km	Houting
enkele m2 's?	in de modder	< 50 m/s	enkele m's?	lokaal	?	Kleine modderkruiper
?	in luwte van stenen	20-50 cm/s	enkele m's?	lokaal/regionaal	?	Kopvoorn

1

2

3

4

5

6

7

8

Soort	Functie eco-passage	Gewenste inrichting verbinding	Minimale breedte v/d kruising	Leefgebied (kort)	Waterbodem	Waterdiepte	Doorzicht	
Kroeskarper	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	?	Limnofiel; stilstaande, ondiepe, rijkbegroeide wateren	slib, klei of zand	tot 3,5 m	< 2 m	
Kwabaal	seizoenstrek en dispersie	geleiding	?	Rheofiel (partieel); flink stromende wateren of doorstroomde meren	zand- of grind/steenbodem	tot 700 m	meerdere m's; helder water	
Meerval	seizoenstrek en dispersie	geleiding	?	Eurytoop; grote rivieren en diepe meren met onderwatervegetatie	modder	?	?	
Paling	dagelijkse verplaatsingen en seizoenstrek	geleiding; NB kan zich ook over land verplaatsen		Estuarien (katadroom); in zoet en zout/brak water, in meren en rivieren	modder, zand of fijn grind (tot 3 mm)	100 tot 400 cm	niet te helder water	
Rivierdonderpad	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat		Rheofiel (obligaat); plassen, sloten, stuw- en laaglandmeren, beken en grote en kleine rivieren	kaal en kiezelig of stenig	tot 20 m	niet van belang	
Rivierprik	dispersie	geleiding	1,5 m	Estuarien (anadroom); larve in bodem van beken en rivieren	zand of fijn grind	paaiwater: 20-150 cm; elders tot 3 m	?	
Serpeling	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	5 m	Rheofiel (obligaat): heldere, schone beken en kleine rivieren	zand, grind en stenen met enige waterplanten	10 tot 200 cm	meerdere m's; helder water	
Sneep	dagelijkse verplaatsingen	aaneengesloten geschikt habitat	5 m	Rheofiel (obligaat): in de middenloop van rivieren	juveniel: slib/modder en grind adult: kiezels en stenen	50 tot 200 cm	?	
Steur	dispersie	geleiding		Estuarien (anadroom); benedenloop van rivieren	kiezels en stenen	in zee: tot 100 m in rivier: 2-8 m	niet te helder water	
Vetje	seizoenstrek en dispersie	geleiding	1 m	Limnofiel; zoete tot zwak brakke, stilstaande plantenrijke wateren	modderig	10-100 m	?	
Vlagzalm	dagelijkse verplaatsingen	aaneengesloten geschikt habitat		Rheofiel (obligaat); diep zuurstofrijk water	grof zand tot grof grind	10 tot 200 cm	helder water noodzakelijk	
Winde	seizoenstrek en dispersie	geleiding	1 m	Rheofiel (partieel) in stromend water	zand of grind	50 tot 200 cm	helder water	
Zalm	seizoenstrek en dispersie	geleiding	1 m	Estuarien (anadroom)	paaigebied: grind	paaigebied: 15 tot 100 cm	helder water	
Zeeforel	seizoenstrek en dispersie	geleiding	?	Estuarien (anadroom)	paaigebied: fijn grind met grote stenen		helder water	
Zeeprik	seizoenstrek en dispersie	geleiding	?	Estuarien (anadroom)	paaigebied: zand, stenen; opgroeigebied: modder; adult: n.v.t.	paaigebied: ca. 50 cm	?	

	Oppervlakte leefgebied	Verblijf/rustplaats	Voorkeurs-stroomsnelheid	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Gemid. afstand seizoenstrek (paai/winter)	Gemid. dispersie-afstand	Soort
	500 m2	?	0-10 cm/s	enkele m's?	lokaal; enkele m's	?	Kroeskarper
	?	onder stenen, boomwortels of in holtes i/d oever	20-50 cm/s	enkele 10tallen m's?	lokaal/regionaal: 10-tallen tot 100den km's		Kwabaal
	?	onder stenen, boomwortels, diepe kuilen etc.	0-10 cm/s	enkele m's?	lokaal; 10tal tot 100den m's	?	Meerval
	100 - 1.000 m2	in de bodem	glasaal: 0-10 cm/s; volwassen dieren: geen voorkeur	< 100 m tot enkele 10-tallen km's	zomer-winter: m's tot km's; naar paai-gebied: 1000km's (kathadroom)	1000den km's	Paling
		holtes onder stenen	0-30 cm/s	<50 m	lokaal; max. 250 m	honkvast	Rivierdonderpad
	juveniel: ca. 10 m2 ; adult = trekvis	juveniel: ingegraven in bodem: adult: vastgezogen aan vis	0-70 cm/s	juveniel: enkele m's	anadroom	100den km's	Rivierprik
	?	tussen waterplanten	25-50 cm/s	?	lokaal/regionaal	?	Serpeling
	?	in stroomkommen, tussen waterplanten en wortels	juveniel: 0,1-0,5 m/s; adult: 0,5-1 m/s	10tallen m's tot ca. 150 m	lokaal/regionaal; tot 50 km		Sneep
	paaigebied: 300-500 m2; juvenielen: 15.000 m2		1,5-2 m/s		anadroom; 100den km's		Steur
	enkele m2 's		0-40 cm/s	enkele m2 's	lokaal	enkele km's; pioniersoort	Vetje
			25-50 cm/s	ca. 25 m	lokaal/regionaal; 0,2 tot 5 km	enkele km's	Vlagzalm
	paaigebied: enkele m2	in stroomkommen	10-25 cm/s	?	lokaal/regionaal	enkele tot 10tallen km's	Winde
	paaigebied: enkele m2	in stroomkommen	20-40 cm/s	km's	anadroom	100den km's	Zalm
	paaigebied: enkele m2	in luwte van stenen, uitgespoelde oevers en waterplanten	tot 50 cm/s	?	anadroom	100den km's	Zeeforel
	juveniel: ca. 10 m2 ; adult = trekvis	juveniel: ingegraven in bodem: adult: vastgezogen aan vis	paaigebied: 100-200 cm/s	juveniel: enkele m's	anadroom	100den km's	Zeeprik

1

2

3

4

5

6

7

8

7.12.5 Amfibieën

Soort	Functie ecopas-sage	Gewenste inrichting verbinding	Gebruikt tunnel of duiker	Minimale breedte v/d kruising bovenlangs ¹	Minimale breedte v/d kruising onderlangs	Minimale hoogte v/d kruising onderlangs	Microklimaat in tunnel/duiker	Leefgebied	Oppervlakte leefgebied	
Alpenwater-salamander	seizoens-trek en dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	ja	2,5 m	≥0,5 m (afhankelijk v/d lengte v/d tunnel)	≥0,4 m (afhankelijk v/d lengte v/d tunnel)	vochtig en stabiele temperatuur	komt in veel biotopen voor m.u.v. Hoogveen en groot open water		
boomkikker	dispersie	geleiding	mogelijk?	5 m	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	halfopen, kleinschalig cultuurlandschap		
geelbuik-vuurpad	seizoens-trek en dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	?	?	?	?	vochtig	ruderaal terrein en halfnatuurlijke graslanden	ca. 100 m ²	
heikikker	dispersie	geleiding	ja	2,5 m	≥0,5 m (afhankelijk v/d lengte v/d tunnel)	≥0,4 m (afhankelijk v/d lengte v/d tunnel)	vochtig en stabiele temperatuur	matig zuur, hoog- en laagveen, moerassen en uiterwaarden	?	
kamsalamander	seizoens-trek en dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	ja	2,5 m	≥0,5 m (afhankelijk v/d lengte v/d tunnel)	≥0,4 m (afhankelijk v/d lengte v/d tunnel)	vochtig (en licht?)	Kleinschalig, bosrijk landschap met geïsoleerde wateren	≥ 100 m ² (land- en waterhabitat samen)	
knoflookpad	dispersie	aaneengesloten geschikt landhabitat	?	2,5 m	?	?	?	ruderaal terrein, halfnatuurlijke graslanden en agrarisch gebied	enkele 10tallen m ²	
poelkikker	seizoens-trek en dispersie	geleiding	?	2,5 m	?	?	?	oligo- tot mesotrofe wateren op pleistocene zandgronden	?	
rugstreep-pad	voor seizoens-trek en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	2,5 m	≥0,5 m (afhankelijk v/d lengte v/d tunnel)	≥0,4 m (afhankelijk v/d lengte v/d tunnel)	vochtig en stabiele temperatuur	dynamische milieus zoals duinen en ruderaal terreinen	enkele 100den m ²	
vinpootsalamander	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	?	?	?	?	?	bos-, heide- en heuvel-landschap	≥ 100 m ² (land- en waterhabitat samen)	
vroedmeesterpad	seizoens-trek en dispersie	aaneengesloten geschikt landhabitat	?	?	?	?	?	ruderaal terrein met nauwelijks bodemvegetatie	ca. 100 m ²	
Vuursalamander	seizoens-trek en dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	?	?	?	?	vochtig en stabiele temperatuur	Loofbos in heuvelland met bronbeekjes	10-30 m ²	

1. Zie toelichting op pagina 76.

	Verblijf/rust-plaats	Afzetlocaties ei/larve	Verplaatst zich via	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Gemid. afstand seizoen-strek (paai/winter)	Gemid. dispersie-afstand	Klim-capaciteit	Zwem-capaciteit	Graaf-capaciteit	Soort
	in water: tussen planten en bladval; op land: op vochtige plekken onder stenen, hout, mos, afval	tussen waterplanten in wateren van <10 cm diep	water en land	enkele m's	350 m	400 m	zeer goed	zeer goed		Alpenwater-salamander
	op zonnige plekken in struweel, bomen en oevervegetatie	zonnig gelegen, beschut tegen wind, matig voedselrijk, schoon water met rijk ontwikkelde onderwatervegetatie en geen vis.	land	enkele m's	enkele 100den m's	enkele km's	zeer goed	goed	slecht	boomkikker
	in muizengangen, tussen boomwortels, onder hout, stenen, afval etc.	zonnig gelegen poeltjes en laagtes; vaak van tijdelijke aard		enkele m's	250 m	≥400 m	goed	goed	slecht	geelbuik-vuurpad
	vochtige beschutte plekken in greppels, slootkanten, graspollen etc.	ondiep zonbeschenen water	land	enkele 10tallen m's	≤300 m	1-3 km		goed		heikikker
	in water: tussen planten; op land: onder stenen, hout, bladafval, holen van muizen	tussen waterplanten in wateren van >50 cm diep, zonder vis	water en land	enkele m's	100 m	tot 1 km		zeer goed		kamsala-mander
	ingegraven in zandige grond	tussen waterplanten in helder water met weinig dynamiek	land	enkele m's	enkele m's	<600 m		goed	zeer goed	knoflookpad
			land	enkele km's	enkele km's	enkele km's	?	zeer goed	slecht	poelkikker
	ingegraven in zand of onder stenen, afval en in spleten		land	enkele 100den m's	enkele km's	3 km	goed	goed	goed	rugstreeppad
	in water: tussen planten; op land: onder stenen en hout, in spleten en holen	aan waterplanten	water en land	enkele m's	100 m	500 m	?	zeer goed		vinpootsalamander
	in holen en spleten en onder stenen	op het mannetje	land	enkele m's	≤100 m	500 m	goed	goed		vroedmeesterpad
	koele, vochtige plekken onder hout, stenen, bladeren e.d.	langzaam stromende bronbeek	land	125 m	200 m	tot 500 m (larven via beek)	?	?		Vuursalamander

1

2

3

4

5

6

7

8

7.12.6 Reptielen

Soort	Functie eco-passage	Gewenste inrichting verbinding	Gebruikt tunnel of duiker	Minimale breedte v/d kruising bovenlangs ¹	Minimale breedte v/d kruising onderlangs	Minimale hoogte v/d kruising onderlangs	Microklimaat in de tunnel/duiker	Leefgebied	Oppervlakte leefgebied	
adder	voor seizoenstrek en dagelijkse verplaatsingen	aaneengesloten geschikt habitat	?	?	?	?	constante temperatuur en vochtigheid	hoogveen, heide, half open tot open bos en struweel, nabij water	?	
gladde slang	seizoenstrek en dispersie	geleiding	?	2,5 m	?	?	?	heide, rotswanden, muren, hoogveen, weg- en spoorbermen	tot 1 ha	
hazelworm	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	?	2,5 m	?	?	?	enigszins vochtige, met dichte vegetatie bedekte gebieden, bosranden, houtwallen, kleinschalig cultuurlandschap		
levend-barende hagedis	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	?	?	?	?	?	heide, hoogveen, open bos en bermen, met water nabij	?	
muurhagedis	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	?	2,5 m	?	?	?	warme stenige plekken, zoals rotswanden en muren; ook langs spoorlijnen	enkele m2	
ringslang	voor seizoenstrek en dagelijkse verplaatsingen	aaneengesloten geschikt habitat	ja	15 m	breedte van de watergang, plus 5 m brede oevers	afhankelijk v/d hoogte v/d oevervegetatie	?	waterrijke habitats in bos & struweel, waterloop, moeras	1-10 ha	
zandhagedis	dagelijkse verplaatsingen	aaneengesloten geschikt habitat	?	?	?	?	?	duin- en heidegebieden, bermen, houtwallen		

7.12.7 Vleermuizen

Soort	Functie ecopassage	Gewenste inrichting verbinding	gebruikt tunnel of duiker	Minimale breedte v/d kruising bovenlangs ¹	Minimale breedte v/d kruising onderlangs	Minimale hoogte v/d kruising onderlangs	Leefgebied	Oppervlakte leefgebied	verblijf/rustplaats	
Baardvleermuis	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	?	?	?	?	Kleinschalig cultuurlandschap met water	?	boom/gebouw/vogel- en vleermuis-kast	
Franjestaart	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	2 m	1 m	Kleinschalig cultuurlandschap met water	?	boom/gebouw/vleermuis-kast	
Gewone dwergvleermuis	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	3 m	0,5 m	Alle land-schapstypen	?	gebouw/vleermuis-kast	
Gewone groot-oorvleermuis	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	4 m	4 m	Alle land-schapstypen	1-1,5 km2	boom/gebouw/vleermuis-kast	

1. Zie toelichting op pagina 76.

	Verblijf/rustplaats	Afzetlocaties ei/larve	Verplaatst zich via	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Gemid. Afstand seizoenstrek	Gemid. Dispersieafstand	Klim-capaciteit	Zwemcapaciteit	Graafcapaciteit	Winterslaap	Soort
	ondergronds of tussen boomstronken of -wortels, onder dichte vegetatie	beschut plekje i/d vegetatie	land	10tal tot 100den m	≥500 m	1-3 km	goed, tot 60 cm hoog	goed	?	Ja	adder
	onder vegetatie of in hopen en gaten in de grond		land	ca. 10 m	100den m's	1 km				ja, nov-mei	gladde slang
	holen in de grond, onder stenen en hout en in composthopen.		land	enkele m's	?	?	?	goed	goed	ja, okt-mrt	hazelworm
	in holletjes in de grond, boom(stobben), houtstapels e.d.	zelf gegraven kuiltje op beschutte plek	land	?	<100 m	160 m	zeer goed	goed; vlucht in water bij gevaar	?	Ja, sept-apr	levend-barende hagedis
	holen en spleten in muren en rotswanden	?	land	enkele m's	enkele m's	enkele 10tallen m's	zeer goed	?	?	ja, okt-mrt	muurhagedis
	droge plekken onder hout, stro of riet, in (spoor)dijken en kelders	in rottend organisch materiaal	land en water (vet = voor lange afstanden)	<120 m	tot 1 km	tot 5 km; kan rivieren en meren oversteken	goed	zeer goed	?	Ja, okt-mrt	ringslang
	in holletjes in de grond, boom(stobben), houtstapels e.d.	holletje in open zand	land	?	10tallen m's tot 1 km	enkele km's	goed		goed	ja, sept-apr	zandhagedis

	Voedsel	Vliegroute	Vlieghoogte	Gebruikelijke dagelijkse afstand	Gemid. afstand seizoenstrek	Gemid. dispersieafstand	Winterslaap	Gevoeligheid voor verstoring op jachtplek door	Gevoeligheid voor verstoring op vliegroute door	Soort
	muggen, haften, kevers, spinners, rupsen, vliegen	volgt structuur	1,5-6 m	1 km	Stand-vleermuis: 10-20 km	10- tot 100-tal km's	ja, okt-mrt/apr	licht	licht	Baardvleermuis
	vliegen, rupsen, spinners, oormormen	volgt structuur en water	1-4 m	1-10 km	Intermediar: enkele 10-tallen km's	?	ja, okt-mrt/apr	licht	licht	Franjestaart
	muggen, nachtvliners, haften	volgt structuur en water	2-5 m	tot 5 km	Stand-vleermuis: 10-20 km	?	ja, nov - feb/mrt	geen	licht	Gewone dwergvleermuis
	nachtvliners, langpootmuggen, spinners	volgt structuur	in vegetatie	1,5 km	Stand-vleermuis: 5 km	enkele tot 10-tallen km's	ja, okt/nov - mrt	licht	licht	Gewone grootoorvleermuis

1

2

3

4

5

6

7

8

Soort	Functie ecopassage	Gewenste inrichting verbinding	gebruikt tunnel of duiker	Minimale breedte v/d kruising bovenlangs ¹	Minimale breedte v/d kruising onderlangs	Minimale hoogte v/d kruising onderlangs	Leefgebied	Oppervlakte leefgebied	verblijf/rustplaats	
Grijze grootoorvleermuis	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	4 m	4 m	Alle landschapstypen	?	gebouw	
Ingekorven vleermuis	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	4 m	4 m	Bos	?	gebouw	
Laatvlieger	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	6 m	6 m	Alle landschapstypen	20 - 25 km ²	gebouw	
Meervleermuis	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	2 m	1 m	Open landschap met grote wateren	?	gebouw/vleermuis-kast	
Rosse vleermuis	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	6 m	6 m	Alle landschapstypen	?	boom/vleermuis-kast	
Ruige dwergvleermuis	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	4 m	4 m	Alle landschapstypen	?	boom/gebouw/vleermuis-kast	
Tweekleurige vleermuis	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	6 m	6 m	Alle landschapstypen	?	gebouw	
Watervleermuis	seizoensmigratie en dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	?	3 m	0,5 m	Open landschap met grote wateren	?	boom/vogel- en vleermuis-kast	

7.12.8 Grondgebonden zoogdieren

Soort	Functie ecopassage	Gewenste inrichting verbinding	gebruikt tunnel of duiker	Minimale breedte v/d kruising bovenlangs ¹	Minimale breedte v/d kruising onderlangs	Minimale hoogte v/d kruising onderlangs	Leefgebied (kort)	Oppervlakte leefgebied	
Egel	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	5 m	0,5 m loopplank: 0,3 m		divers, mits ondergroei aanwezig is	2 tot 30 ha	
Waterspitsmuis	dagelijkse verplaatsingen	aaneengesloten geschikt habitat	ja	15 m	Doorlopende oever: 2,5 m loopplank: 0,3 m	afhankelijk v/d hoogte v/d oevervegetatie	schoon water met goed ontwikkelde watervegetatie en ruig begroeide oevers	<0,05 ha	
Veldspitsmuis	dispersie	aaneengesloten geschikt habitat	ja		zie oppervlakte leefgebied		open (cultuur)landschap, in bermen, bosranden, kruidenrijke dijken, akkerlanden, etc.	<0,05 ha	

1. Zie toelichting op pagina 76.

	Voedsel	Vliegroute	Vlieg-hoogte	Gebruikelijke dagelijkse afstand	Gemid. afstand seizoens-trek	Gemid. dispersie-afstand	Winterslaap	Gevoeligheid voor verstoring op jachtplek door	Gevoeligheid voor verstoring op vlieg-route door	Soort
	nachtvlinders, kevers, spinnen	volgt structuur	in vegetatie	0-5 km	Stand-vleermuis: 10-20 km	10-tal km's	ja, okt/nov - apr/mei	licht	licht	Grijze grootoor-vleermuis
	spinnen, vliegen, muggen	volgt structuur	1-5 m	1-10 km	Intermedi-air: enkele 10-tallen km's	10-tal km's tot ca. 100 km	ja, okt - mrt/apr	licht	licht	Ingekorven vleermuis
	nachtvlinders, kevers, muggen	volgt structuur & door open gebied	5-10 m	ca. 5 km	Stand-vleermuis: 10-20 km	?	ja, nov - mrt	geen	licht	Laatvlieger
	dansmuggen, kokerjuffers, vlinders, kevers	volgt structuur en water	< 1 m (boven water)	1-30 km	Lange-afstand: > 100 km	?	ja, okt - mrt/apr	licht	licht	Meervleermuis
	vliegen, dansmuggen, kokerjuffers, kevers, vlinders	door open gebied	10-40 m	3-6 km	Lange-afstand: > 100 km	?	ja, okt/nov - mrt/apr	geen	geen	Rosse vleermuis
	dansmuggen, gaasvliegen	volgt structuur & door open gebied	4-15 m	1-20 km	Lange-afstand: > 100 km	?	ja, okt-apr	geen	licht	Ruige dwerg-vleermuis
	muggen, kevers, kokerjuffers, nachtvinders	door open gebied	5-40 m	1-30 km	Lange-afstand: > 100 km	10- tot 100-tal km's	ja, okt - mrt	geen	geen	Tweekleurige vleermuis
	dansmuggen, kokerjuffers, gaasvliegen, vlinders	volgt structuur en water	< 1 m (boven water); tot 5 m boven land	2-5 km	Intermedi-air: enkele 10-tallen km's	10- tot 100-tal km's	ja, sept/okt - mrt/apr	licht	licht	Watervleermuis

	verblijf/rustplaats	verplaatst zich via	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Gemid. Afstand seizoen-strek	Gemid. Dispersie-afstand	Klim-capaciteit	Zwem-capaciteit	Graaf-capaciteit	Gevoeligheid voor verstoring door	Soort
	onder vegetatie, bladval of takken	land	0,5 - 2 km	n.v.t.	tot 5 km	klimt zelden	goed	graaft zelden	betreding tijdens winterslaap	Egel
	ondergronds hol in de oever	land & water	lopend: 30-200 m; zwemmend: 15 m	n.v.t.	tot 1 km	redelijk	goed	goed	zicht	Waterspits-muis
	onder vegetatie	land	50 m	n.v.t.	tot 1 km	goed	goed	goed	zicht	Veldspits-muis

1

2

3

4

5

6

7

8

Soort	Functie eco- passage	Gewenste inrichting verbinding	gebruikt tunnel of duiker	Minimale breedte v/d kruising bo- venlangs ¹	Minimale breedte v/d kruising onderlangs	Minimale hoogte v/d kruising onderlangs	Leefgebied (kort)	Oppervlakte leefgebied	
Eekhoorn	dagelijkse ver- plaatsingen	aaneen- gesloten geschikt habitat	inciden- teel	5 m	?		oud naald- en gemengd bos; stadsparken	2 - 3 ha	
Hamster	dispersie	aaneen- gesloten geschikt habitat	?		zie op- pervlakte leefgebied		open (akker)landschap op leembodem	0,01 - 0,1 ha	
Onder- grondse woelmuis	dispersie	aaneen- gesloten geschikt habitat	?		zie op- pervlakte leefgebied		divers, mits dichte gras- of kruidlaag aanwezig	<0,05 ha	
Noordse woelmuis	dagelijkse ver- plaatsingen	aaneen- gesloten geschikt habitat	?	15 m	Doorlo- pende oever: 2,5 m loopplank: 0,3 m	afhankelijk v/d hoogte v/d oever- vegetatie	natte, extensief gebruikte terreinen	0,05 - 0,2 ha	
Bever	dagelijkse ver- plaatsingen	geleiding	ja	15 m (excl. de breedte v/h water)	10 m		waterbegeleidend bos, moeras; water >1,5 m diep	100 - 3000 m oever- lengte	
Grote bosmuis	dagelijkse ver- plaatsingen	geleiding	ja		0,3 m		oude eiken- en beukenbos- sen	1 - 5 ha	
Dwerg- muis	dispersie	aaneen- gesloten geschikt habitat	?		0,3 m		hoogopgaande gras- en zeggevegetaties en riet- velden	0,02 - 0,1 ha	
Eikelmuis	dispersie	aaneen- gesloten geschikt habitat	nee		zie op- pervlakte leefgebied		kleinschalig cultuurland- schap	3 - 10ha	
Hazelmuis	dispersie	aaneen- gesloten geschikt habitat	nee		zie op- pervlakte leefgebied		loofbos, hagen en houtwal- len	0,3 - 0,5 ha	
Wezel	dagelijkse ver- plaatsingen	geleiding	ja	5 m	0,5 m		bos, moeras, wei- en ak- kerland, tuinen	1-15 ha; afhankelijk van voedsel- aanbod	
Hermelijn	dagelijkse ver- plaatsingen	geleiding	ja	5 m	0,4 m		bos, houtwal, sloot- en rivieroevers, broekbos etc.	4-50 ha; afhankelijk van voedsel- aanbod	
Bunzing	dagelijkse ver- plaatsingen	geleiding	ja	5 m	0,4 m		bos, oever, houtwal, riet- veld, ruigtes, struweel	8-1000 ha; afhankelijk van voedsel- aanbod	
Boom- marter	dagelijkse ver- plaatsingen	geleiding	ja	15 m	0,5 m		alle typen bossen; ook in parkachtig landschap	3-82 km ² ; afhankelijk van voedsel- aanbod	
Das	dagelijkse ver- plaatsingen	geleiding	ja	15 m	0,3 m		combinatie van bosjes, graslanden, heggen, hout- wallen, etc.	15-100 ha	
Otter	dagelijkse ver- plaatsingen	geleiding	ja	15 m (excl. de breedte v/h water)	0,5 m (excl. de breedte v/h water)	1,5 m	allerlei wateren, oeverzones en moerasgebieden	3-10 km oeverlengte	
Wilde kat	dagelijkse ver- plaatsingen	geleiding	ja	15 m	0,3 m (huiskat)		bos	60-350 ha	

1. Zie toelichting op pagina 76.

	verblijf/rustplaats	verplaatst zich via	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Gemid. Afstand seizoen-strek	Gemid. Dispersie-afstand	Klim-capaciteit	Zwem-capaciteit	Graaf-capaciteit	Gevoeligheid voor verstoring door	Soort
	in bomen	bomen en grond	100-150 m	n.v.t.	tot 4 km	zeer goed	goed	redelijk	zicht	Eekhoorn
	ondergronds hol	land	30-500 m	n.v.t.	< 500 m	redelijk	goed	zeer goed	zicht	Hamster
	ondergronds hol	land	50 m	n.v.t.	<100 m	goed	goed	goed	betreding, zicht	Ondergrondse woelmuis
	ondergronds hol	land & water	max. 800 m	n.v.t.	tot 1,5 km	gemiddeld	zeer goed	goed	betreding, zicht	Noordse woelmuis
	ondergronds hol of onder takkenhoop; soms op een leger	water	1-10 km	n.v.t.	10-20 km	slecht	zeer goed	goed	betreding, zicht, geluid	Bever
	ondergronds hol of in boomholten	land; klimt goed	500 m	n.v.t.	1 km	zeer goed	matig	goed	zicht	Grote bosmuis
	zomer: nest in vegetatie; winter: ondergronds hol	land; klimt goed	5-50 m	n.v.t.	?	zeer goed	matig	goed	zicht	Dwergmuis
	holtes in rots, bomen en huizen	land; klimt goed	200-300 m	n.v.t.	?	zeer goed	matig	matig	zicht, licht	Eikelmuis
	zomer: nest in vegetatie; winter: ondergronds hol	bomen en struiken	50-250 m	n.v.t.	tot 1,5 km	zeer goed	matig	matig	zicht	Hazelmuis
	oude muizen/konijnenholen, onder steen/houtstapels	land	5 km	n.v.t.	5-10 km	matig	matig	redelijk	zicht, geur	Wezel
	onder boomwortels, ondergrondse holen, boomholten	land	tot 10 km	n.v.t.	10-20 km	redelijk	redelijk	redelijk	zicht, geur	Hermelijn
	oude konijnenholen, onder boomwortels en houtstapels	land	tot 10 km	n.v.t.	10-tallen km's	goed	goed	goed	zicht, geur	Bunzing
	boomholten, oude vogelnesten, ondergrondse holen	land en bomen	3-10 km	n.v.t.	15-65 km	zeer goed	goed	matig	zicht, geur	Boommarter
	ondergrondse holen	land	1-4 km	n.v.t.	10-tallen km's	redelijk	goed	zeer goed	zicht, geur, betreding (van de burcht)	Das
	holen in oever, legers in dichte vegetatie	land & water	2-10 km	n.v.t.	10-tallen km's	goed	zeer goed	matig	geur, zicht, geluid	Otter
	boomholtes, rotsspleten, ondergrondse holen, oude vogelnesten	land	1-5 km	n.v.t.	tot 100 km	goed	goed	matig	geur, zicht, geluid, licht	Wilde kat

1

2

3

4

5

6

7

8

Soort	Functie eco-passage	Gewenste inrichting verbinding	gebruikt tunnel of duiker	Minimale breedte v/d kruising bovenlangs ¹	Minimale breedte v/d kruising onderlangs	Minimale hoogte v/d kruising onderlangs	Leefgebied (kort)	Oppervlakte leefgebied	
Lynx	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	15 m	15 m;		bos	30-200 km ²	
Wild zwijn	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	15 m	2-15 m (afh. van lengte)		bos, rietland, moeras	4-150 km ²	
Edelhert	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	ja	50 m	15 m		rivierdelta's, moeras, heide, grasvlaktes, open bos	200-400 ha	
Damhert	dagelijkse verplaatsingen	geleiding	nee	50 m	15 m		open bos met veel ondergroei, grasland	tot 600 ha	
Ree	dagelijkse verplaatsingen	geleiding, eventueel drinkpoel	nee	15 m	1,5 m	2 m	struweel, bos, droge ruigte, heide/schrale vegetatie	>100 ha (territorium: 12-15 ha)	

¹. Bovenlangse kruising

Wat is een bovenlangse kruising?

1) Een ecoduct

2) Een strook langs een brug (breedte afhankelijk van de afstand)

	verblijf/rustplaats	verplaatst zich via	Gebruikelijk dagelijkse afstand	Gemid. Afstand seizoen-strek	Gemid. Dispersie-afstand	Klim-capaciteit	Zwem-capaciteit	Graaf-capaciteit	Gevoeligheid voor verstoring door	Soort
	boomholtes, rotsspleten, ondergrondse holen	land	3,5 - 19 km	n.v.t.	tot 100 km	goed	goed	matig	geur, zicht, geluid, licht	Lynx
	op droge plekken in beschutting	land	2-15 km	12-250 km	> 100 km	slecht	goed	redelijk	geur, zicht, geluid	Wild zwijn
	op grond in beschutting	land	tot 15 km	ca. 15 km	10-tallen km's	slecht	goed	slecht	geur, zicht, geluid	Edelhert
	op grond in beschutting	land	tot 15 km	n.v.t.	10-tallen km's	slecht	goed	slecht	geur, zicht, geluid	Damhert
	in dekking van bos of hoog gras (graan)	land	tot 15 km	n.v.t.	10-tallen km's	slecht	goed	slecht	geur, zicht, geluid	Ree

1

2

3

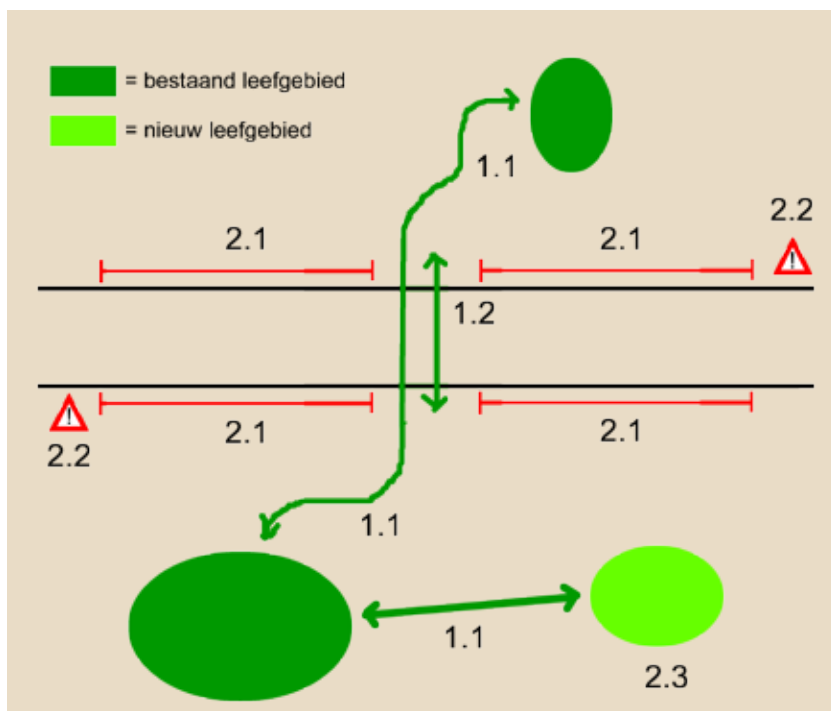
4

5

6

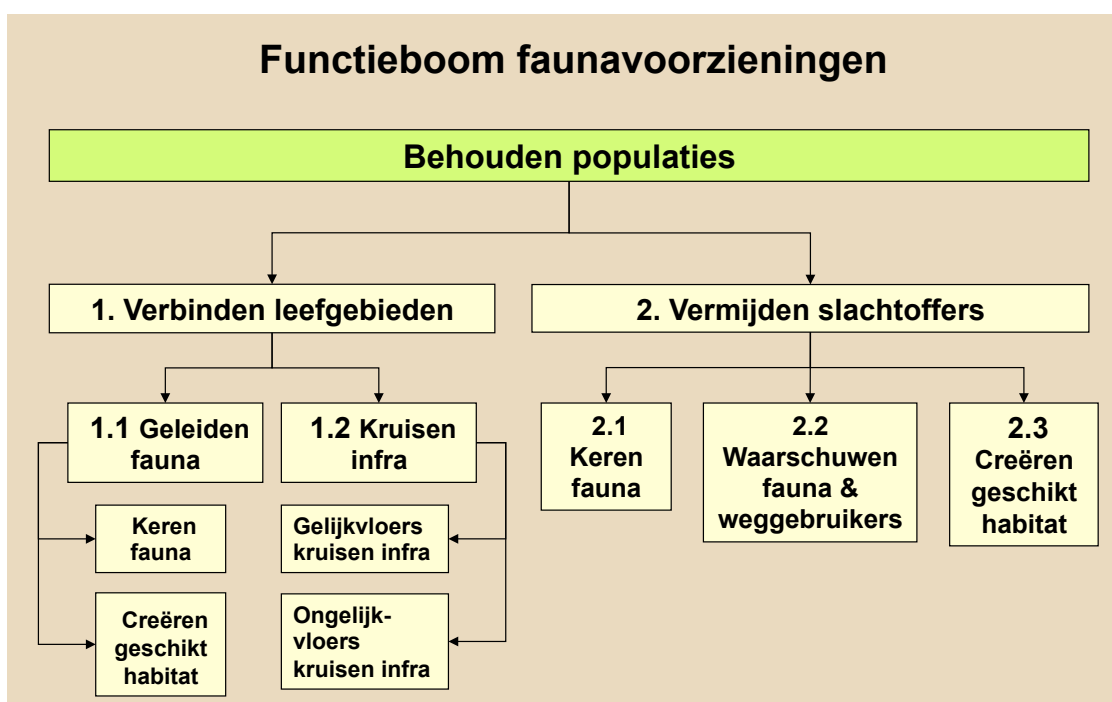
7

8



Figuur 8.1 Schematische weergave van de functies die een faunavoorziening vervult om leefgebieden aan weerszijden van een (spoor)weg met elkaar te verbinden en / of faunaslachtoffers te voorkomen.

1. Verbinden leefgebieden:
 - 1.1. Geleiden
 - 1.2. Kruisen
2. Vermijden slachtoffers:
 - 2.1 Keren
 - 2.2 Waarschuwen
 - 2.3 Geschikt habitat maken



Figuur 8.2 Functieboom faunavoorziening.

8 Voorbeelden van faunavoorzieningen

8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden voorbeelden van verschillende typen faunavoorzieningen gepresenteerd. Er wordt onderscheid gemaakt tussen faunapassages die zijn aangelegd om een barrière op te heffen / een verbinding te creëren, zowel specifiek voor fauna als aangepaste kunstwerken ten behoeve van medegebruik door fauna (§ 8.2 Kruisen), voorzieningen met een geleidende functie (§ 8.3 Geleiden), kerende / geleidende voorzieningen voornamelijk ter voorkoming van faunaverkeersslachtoffers (§ 8.4 Keren), waarschuwingssystemen voornamelijk ter voorkoming van faunaverkeersslachtoffers (§ 8.5 Waarschuwen) en overige voorzieningen (§ 8.6 Overig). Het geeft een overzicht van mogelijke en geschikte voorzieningen en maatregelen voor de verschillende groepen van doelsoorten. Figuur 8.3 geeft dit schematisch weer. Op de pagina's met de beschrijvingen van de voorzieningen komen de icoontjes van figuur 8.3 terug, zodat direct duidelijk is voor welke doelsoort de voorziening geschikt is (donkergrijs = geschikt, licht grijs = matig geschikt). Door op de icoontjes te klikken kom je bij de eisen die de soorten aan de voorziening stellen (zie hoofdstuk 7).

De beschreven voorzieningen betreft een selectie, er zijn nog andere oplossingen te bedenken. Tevens komt door onderzoek aan gerealiseerde faunavoorzieningen voortdurend nieuwe informatie beschikbaar over de werking en effectiviteit van de voorzieningen. Gebruik ook deze actuele informatie zoveel mogelijk in het ontwerpproces en tevens de informatie uit het vorige hoofdstuk (over de eisen die soorten stellen) en uw eigen kennis en creativiteit. We willen er hier nogmaals op wijzen dat bij het ontwerp niet alleen aan de functie van de voorziening wordt gedacht, maar ook aan het beheer en het onderhoud in de gebruiksfase en de sloop aan het eind van diens levensduur. Vandaar het advies: "Houd het eenvoudig, want dat bespaart op onderhoud".

Houd het eenvoudig, dat bespaart op onderhoud!

1

2

3

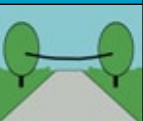
4

5

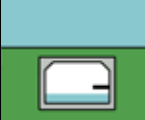
6

7

8

		Ecoduct (§ 8.2.1)	Brug / viaduct op palen (natuur onderlangs) (§ 8.2.2)	Grote faunatunnel (§ 8.2.3)	Brug met doorlo- pende oever (§ 8.2.4.)	Duiker met doorlo- pende oever (§ 8.2.5)	Kleine faunatunnel (§ 8.2.6)	Boombrug (§ 8.2.8)
								
Grote hoefdieren								
Edelhert 								
Ree 								
Wild zwijn 								
Landgebonden roofdieren								
Vos 								
Das 								
Overige marterachtigen 								
(Lynx) 								
Boomgebonden zoogdieren								
Boommarter 								
Eekhoorn 								
Slaapmuizen 								
Watergebonden zoogdieren								
Otter 								
Bever 								
Waterspitsmuis, Noordse woelmuis 								
Kleine landgebonden zoogdieren								
Haas 								
Konijn 								
Egel 								
Muizen, spitsmuizen 								

Figuur 8.3a Overzicht van de geschiktheid van de hoofdtypen faunavoorzieningen voor doelsoorten

		Hop-over (§ 8.2.9)	Viaduct met medegebruik van fauna (§ 8.3.1)	Tunnel met medegebruik van fauna (§ 8.3.2)	Brug en duiker met faunavoorzie- ning (§ 8.3.3)	Aquaduct met doorlo- pende oever (§ 8.3.4)	Sifon met medegebruik van fauna (§ 8.3.5)
							
Grote hoefdieren							
Edelhert 							
Ree 							
Wild zwijn 							
Landgebonden roofdieren							
Vos 							
Das 							
Overige marterachtigen 							
(Lynx) 							
Boomgebonden zoogdieren							
Boommarter 							
Eekhoorn 							
Slaapmuizen 							
Watergebonden zoogdieren							
Otter 							
Bever 							
Waterspitsmuis, Noordse woelmuis 							
Kleine landgebonden zoogdieren							
Haas 							
Konijn 							
Egel 							
Muizen, spitsmuizen 							

Figuur 8.3b Overzicht van de geschiktheid van de hoofdtypen faunavoorzieningen voor doelsoorten

Vervolg: zie pagina 90

1

2

3

4

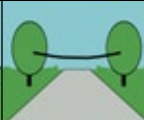
5

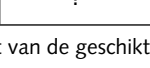
6

7

8

Vervolg van pagina 61

	Ecoduct (§ 8.2.1)	Brug / viaduct op palen (natuur onderlangs) (§ 8.2.2)	Grote faunatunnel (§ 8.2.3)	Brug met doorlopende oever (§ 8.2.4.)	Duiker met doorlopende oever (§ 8.2.5)	Kleine faunatunnel (§ 8.2.6)	Boombrug (§ 8.2.8)
							
Vleermuizen 							
Vogels 							
Reptielen							
Ringslang 					?		
Overige slangen 					?		
Hagedissen 					?		
Amfibieën 							
Vissen 							
Niet-vliegende ongewervelden							
van droge habitats 							
van natte habitats 							
Vliegende insecten							
Vlinders 							?
Libellen 							
Zweefvliegen 							
Sprinkhanen 							

	geschikte oplossing (regelmatig tot frequent gebruik)
	matig geschikt, afhankelijk van lokale omstandigheden (incidenteel gebruik)
	ongeschikt
	onbekend, meer gegevens vereist

Figuur 8.3c Overzicht van de geschiktheid van de hoofdtypen faunavoorzieningen voor doelsoorten

	Hop-over (§ 8.2.9)	Viaduct met medegebruik van fauna (§ 8.3.1)	Tunnel met medegebruik van fauna (§ 8.3.2)	Brug en duiker met faunavoorzie- ning (§ 8.3.3)	Aquaduct met doorlo- pende oever (§ 8.3.4)	Sifon met medegebruik van fauna (§ 8.3.5)
Vleermuizen						
Vogels						
Reptielen						
Ringslang				?		
Overige slangen		?	?			
Hagedissen						
Amfibieën						
Vissen						
Niet-vliegende ongewervelden						
van droge habitats						
van natte habitats						
Vliegende insecten						
Vlinders	?		?			
Libellen						
Zweefvliegen	?					
Sprinkhanen						

Figuur 8.3d Overzicht van de geschiktheid van de hoofdtypen faunavoorzieningen voor doelsoorten

1

2

3

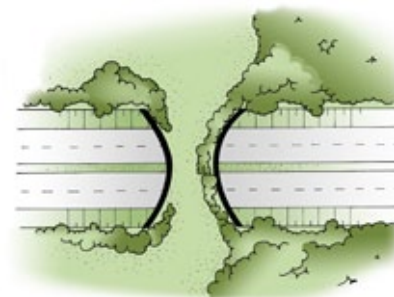
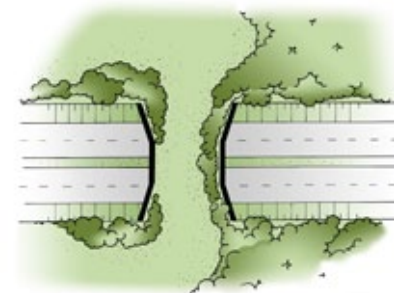
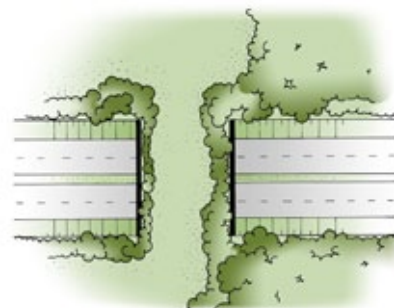
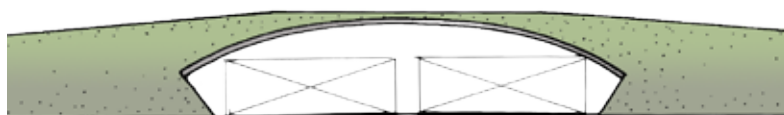
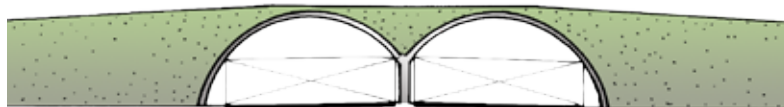
4

5

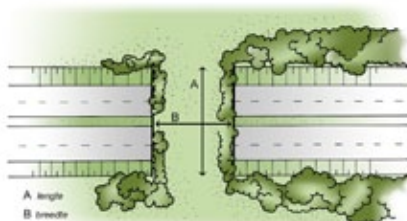
6

7

8



Figuur 8.8 - 8.10 Verschillende vormen van een ecoduct (bovenaanzicht)



A: lengte, B: breedte

Figuur 8.11 Definitie van lengte en breedte van een ecoduct

Figuur 8.4 - 8.7 Voorbeelden van ontwerpen van ecoducten.

Van boven naar onder: rechte constructie met middensteunpunt, rechte constructie met middensteunpunt en taluds, dubbele boogconstructie (prefab) en enkele boogconstructie.



8.2 Kruisen

8.2.1 Ecoduct

Algemene beschrijving en doelen

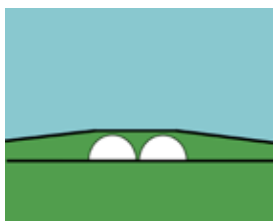
Een ecoduct is een als natuur ingericht viaduct (in sommige, ruim gedimensioneerde gevallen ook wel natuur- of landschapsbrug genoemd), waarover leefgebieden van planten en dieren aan weerszijden van een (spoor)weg of kanaal met elkaar zijn verbonden. Door hun grote omvang en de mogelijkheid voor een gevarieerde inrichting kunnen ze door een relatief groot aantal soorten tegelijk worden gebruikt voor dagelijkse migratie, seizoensmigratie en dispersie. Bij de relatief kleine ecoducten is het ontwerp en de inrichting doorgaans gebaseerd op de eisen van één of enkele doelsoorten (bijvoorbeeld ree), het ontwerp en de inrichting van de relatief grotere ecoducten is gericht op het verbinden van hele landschappen, bijvoorbeeld een versnipperd heide-, bos- of moeraslandschap. Het idee is dan dat alle betrokken natuurwaarden de voorziening gebruiken omdat het landschap over de brug doorloopt. Langs de infrastructuur zijn aanvullende voorzieningen (rasters etc.) nodig om te voorkomen dat dieren op een andere plek de infrastructuur proberen te kruisen. Het gebruik van het ecoduct wordt nog meer gestimuleerd door in het aanloopgebied naar de voorziening toe geleiding in de vorm van begroeiing, stobben en reliëf te realiseren.

Doelsoorten

Geschikt voor alle doelsoorten met uitzondering van de strikt aan watergangen gebonden soorten, zoals vissen. Ook voor oevergebonden soorten als otter, bever en waterspitsmuis lijken ecoducten minder geschikt. Waterspitsmuis is weliswaar frequent aangetroffen op het natte ecoduct Groene Woud (schr. med. Edgar van der Grift), in algemene zin is gebruik van ecoducten door deze soort nog niet goed onderzocht wegens een gebrek aan ecoducten in natte biotopen. Voor diverse soortgroepen als vlinders en sprinkhanen is een ecoduct vrijwel het enige effectieve type faunapassage.

Locatie en locatiekeuze

De exacte locatie van het ecoduct dient te worden afgestemd op de aanwezigheid en het gedrag van de (doel)soorten, de kenmerken van de omgeving en die van de barrière. In Figuur 4.1 staan tips voor het bepalen van de locatie. Als er onvoldoende ruimte is om een ecoduct te realiseren dat breed genoeg is om aan de eisen van alle doelsoorten te voldoen, dan is een combinatie van een ecoduct met verschillende andere voorzieningen mogelijk een oplossing. Door het (smalle) ecoduct vervolgens in te richten naar de behoefte van de meest kritische soort (bijvoorbeeld ree), kan voor minder kritische soorten (bijvoorbeeld amfibieën) in de nabijheid van het ecoduct naar een alternatief worden gezocht. Denk bijvoorbeeld aan een kleine faunatunnel of een doorgetrokken oever langs een bestaande watergang. Vergeet niet dat dan ook de geleiding naar de voorzieningen gesplitst moet zijn.



Figuur 8.12 - 8.15 Verschillende constructies ecoducten



Ontwerp en afmetingen

Er zijn verschillende typen constructies mogelijk. Welk type u kiest hangt vooral af van de topografie van de omgeving, de stabiliteit van de ondergrond, esthetische aspecten, de functie, de eisen van de doelsoorten en van de wegbeheerder en de kosten. Het type constructie is mede afhankelijk van de gewenste vorm (bovenaanzicht) van het ecoduct. Figuur 8.4 tot en met 8.15 tonen een aantal vormen en constructies.

Vaak blijken verschillende typen constructies mogelijk. In dat geval is een variantenstudie aan te bevelen: meerdere typen worden daarbij uitgetekend en beoordeeld op een aantal criteria waaruit een keuze voortvloeit. Deze criteria zijn bijvoorbeeld:

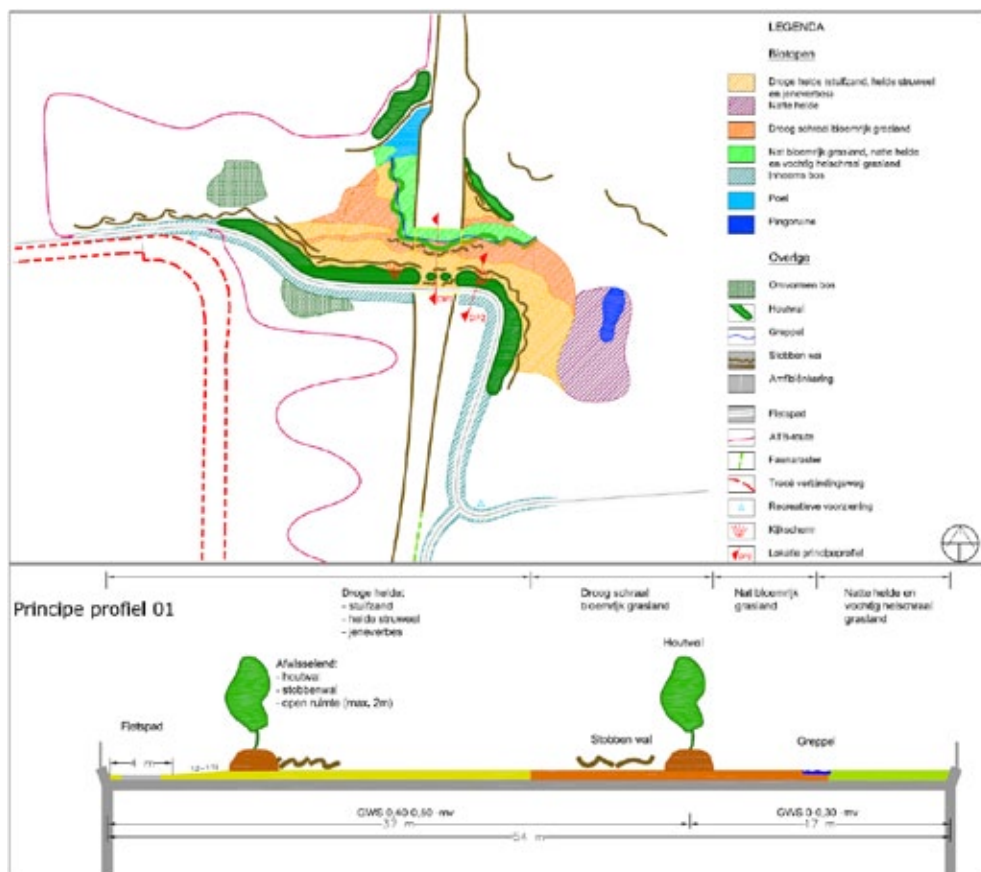
- Ecologisch functioneren.
- Esthetische vormgeving (rekening houdend met het aanwezige landschap en beleving).
- Technische consequenties en kosten.

De afmetingen van een ecoduct worden bepaald door de doelsoorten en de aard van de te verbinden landschappen. Het moet breed genoeg zijn om de gewenste vegetatie(s) te ontwikkelen en in stand te houden en tegelijkertijd aan de eisen van de doelsoorten te voldoen. Bedenk daarbij dat zowel tussen de doelsoorten als tussen de vegetaties concurrentie kan optreden (bijv. beschaduwning van lage vegetatie door hoge vegetatie). Voor het verbinden van een open heidevegetatie met reptielen in combinatie met het verbinden van bos en bijbehorende soorten zal een ecoduct breder moeten zijn dan voor het verbinden van één van beide typen afzonderlijk. Doorgaans betekent het voor het integreren van de gewenste doelen dat een ecoduct minimaal 40 meter breed moet zijn. Dit wil niet zeggen dat een ecoduct van 30 meter breed niet gebruikt wordt door doelsoorten (30 meter is voor regelmatig gebruik door reeën bijvoorbeeld breed genoeg, maar een edelhert zal hooguit incidenteel passeren), maar de doelstelling zal in dat geval minder uitgebreid zijn (inrichting op het ecoduct kan dan bijvoorbeeld niet zeer gevarieerd zijn door gebrek aan ruimte). Ook nog smallere ecoducten kunnen aan bepaalde doelstellingen voldoen, maar er zijn ondergrenzen: voor edelherten is een ecoduct met een breedte van 15 meter echt te smal, maar voor reeën kan het (onder bepaalde voorwaarden; zie onder) volstaan, etc. Ook bepaalt de lengte van het ecoduct de beperkende werking van de breedte. Dus: hoe langer het ecoduct, hoe groter de vereiste breedte voor de doelsoorten. Anders gezegd: een 'lang' ecoduct van bijvoorbeeld 200 meter lang zal 40-60 meter breed moeten zijn voor de gewenste acceptatie door roodwild. Echter, op een 'kort' ecoduct van bijvoorbeeld 35 meter lang over een provinciale weg binnen het leefgebied van reeën volstaat een breedte van 15-30 meter. Het Handboek Robuuste verbindingen (Alterra, 2001) biedt handvatten om de eisen van verschillende soorten te integreren.

Recreatief medegebruik door mensen wordt vanwege de invloed op de ecologische doelstelling in beginsel niet gestimuleerd. Indien medegebruik van het ecoduct toch gewenst is, mag dit de functionaliteit van het ecoduct voor de doelsoorten en de landschappen uiteraard niet benadelen. Meestal betekent dit dat het ecoduct ruimer moet worden, bijvoorbeeld omdat beide functies gescheiden dienen te worden door een aarden wal of een ander element dat extra ruimte in beslag neemt. Indien dergelijke fysieke afscherming (licht- en geluidsreductie: minder verstoring) wordt gewaarborgd, dan is een fiets- of wandelpad grenzend aan het ecoduct denkbaar. Een goed voorbeeld hiervan is ecoduct Wolfhezerheide over de A50. Bij medegebruik kan ook gedacht worden aan een verbindingsweg voor vee



Figuur 8.16 Ecoduct 'Het Groene Woud' over de A2 ten zuiden van 's Hertogenbosch. Hier wordt met een pomp water boven op het ecoduct gebracht, dat via een systeem van kleine poeltjes (wadi's) naar de twee grote poelen aan weerszijden van het ecoduct stroomt. Zo ontstaat een natte verbinding voor amfibieën, waaronder de doelsoort kamsalamander (Tekening: Jos van de Hurk, BWZ-ingenieurs).



Figuur 8.17 Zone-inrichting op een ecoduct (Tekening: EcoGroen Advies).



of landbouwwerktuigen. Dat medegebruik onder de genoemde voorwaarden in specifieke gevallen getolereerd kan worden, heeft mede te maken met het feit dat gebruik door fauna voornamelijk in de nachtelijke uren plaatsvindt en gebruik door recreanten overdag. Gebruik door recreanten in de ochtend- en avondschemering (doorgaans perioden van verhoogde activiteit van migrerende fauna) dient ontmoedigd te worden.

Een bijzondere vorm van een zeer klein ecoduct in combinatie met een faunabuis, het zogenaamde ecombiduct, is gerealiseerd in het kader van de ontwikkeling van Landschapspark Susteren en ontsnippering van de (nieuwe) N297 in Limburg. Het idee achter het ecombiduct is dat een aantal diersoorten uitsluitend gebruik zal maken van het bovendek van de constructie (bijvoorbeeld vleermuizen en reptielen), maar dat andere soorten de voorkeur geven aan het buisgedeelte van de constructie (bijvoorbeeld konijn). Onderzoek heeft aangetoond dat er inderdaad een verschil in gebruik van de beide onderdelen is, bijvoorbeeld levendbarende hagedis uitsluitend op het bovendek en konijn zes maal vaker in de buis dan op het bovendek (Brandjes *et al.*, 2007a). Ondanks de beperkte breedte van twee meter van het bovendek is op het ecombiduct tevens gebruik door reeën vastgesteld. Dit was echter vóór ingebruikname van de onderliggende weg. Naar verwachting is het ecombiduct te smal voor frequent gebruik door reeën bij een opengestelde weg (het actuele gebruik door reeën is onbekend). Wel geeft het aan dat reeën in buitengewoon ongestoorde situaties dergelijke smalle voorzieningen in principe accepteren.

Materiaalgebruik

Ecoducten bestaan meestal uit staal of beton of een combinatie van deze twee materialen. Factoren als aanleg- en beheerskosten, duurzaamheid (zie Landelijk Pakket Duurzaam Bouwen) en de esthetische vormgeving bepalen welke materialen het meest geschikt zijn. De keuzes maken onderdeel uit van het ontwerpproces.

Inrichting en inpassing (inclusief geleidende voorzieningen)

De aanloopgebieden

Het functioneren van een ecoduct wordt in sterke mate bepaald door de inrichting van het aanloopgebied. Het aanloopgebied dient als een soort fuik die de dieren van het omliggende landschap naar en op de faunavoorziening leidt. De inrichting moet 'uitnodigend' zijn en is daartoe voorzien van geleidende (heggen, sloten, schermen etc.) en aantrekkelijke elementen (drinkpoelen, grazige weiden, dekkinggevend bosjes etc.). Ook efficiënt als maatregel van poel tot poel zijn voorzieningen als stapels boomstobben ('stobbenwallen'), beplantingsvlakken en vochtige stepping stones. Daarnaast is relatieve rust van belang. Barrières in het aanloopgebied, zoals secundaire wegen of hekken, moeten worden weggehaald. Zo niet, dan functioneert het ecoduct niet optimaal (de effectiviteit wordt bepaald door de zwakste schakel).

De hellingshoek van het talud is idealiter zou flauw mogelijk; in Nederland is het streven 1:15 of flauwer. Niet altijd is het qua inpassing mogelijk een dergelijke flauwe helling te realiseren. Voor de meest kritische soort (edelhert) is de uiterste hellingshoek 1:10 (in zeer rustige en ongestoorde gebieden), voor overige soorten mag de helling wat steiler zijn. Ook in geaccidenteerde gebieden (vooral relevant in het buitenland, maar bijvoorbeeld ook in Zuid-Limburg), kunnen steilere hellingen volstaan. Het is dan wel zaak om de hellingsgraden te relateren aan die van de natuurlijke hellingsgraden in de directe omgeving



8.18 Ecomiduct (tekening: Jos van de Hurk, BWZ-ingenieurs).



Figuur 8.19 en 8.20 Stobbenwal op ecoduct De Borkeld, leefgebied van tientallen levendbarende hagedissen (foto's: Jeroen Brandjes).



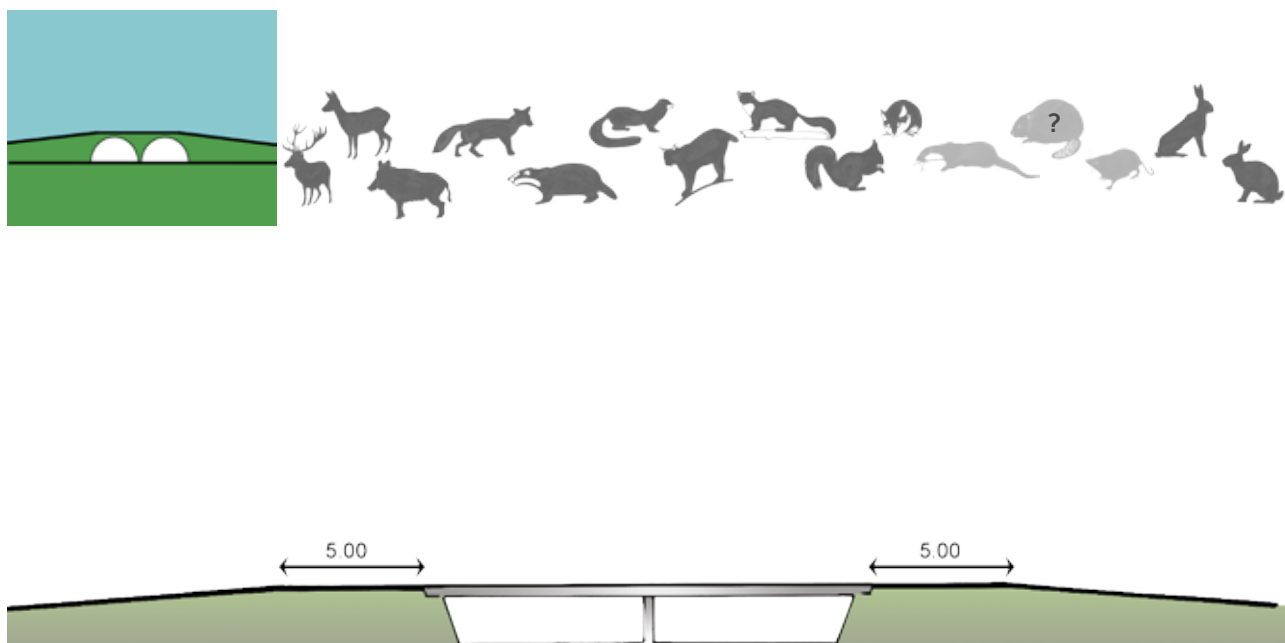
van het ecoduct. Het materiaal van de taluds moet op de omgeving en (dus) op de te ontwikkelen vegetaties zijn afgestemd. Binnen het hele aanloopgebied moeten maatregelen zijn genomen, die voorkomen dat dieren alsnog op een andere plek dan het ecoduct de weg over kunnen steken. Dit kan het beste met rasten en schermen gebeuren. De grootte van het aanloopgebied en de lengte van de grens met de (spoor)weg wordt bepaald door de doelsoort(en) en het landschap ter plekke. Grote soorten hebben grotere aanloopgebieden nodig.

Gronddek van de taluds en de bovenzijde van het ecoduct/natuurbrug

- De dikte en het type gronddek is afgestemd op het te ontwikkelen vegetatietype. Het volgende wordt aanbevolen:
- Gras en kruidenrijke vegetatie: minimaal 0,3 meter in gebieden zonder wilde zwijnen; 0,5 meter in gebieden met wilde zwijnen.
- Struweel en stobben: minimaal 0,6 meter.
- Jonge bomen (max. 3 meter hoog; zie onder) en lintbeplanting: minimaal 1,5 meter.
- Moeras: minimaal 1,5 meter.

Voor de toplaag wordt bij voorkeur lokale grond gebruikt, zodat de samenstelling en de eigenschappen van de bodem op het ecoduct en de omgeving zo min mogelijk van elkaar verschillen. Dit verhoogt de kans op de ontwikkeling van het gewenste vegetatietype op het ecoduct. Bij de aanleg van een ecoduct over een weg op maaiveld (dus veel ophoging) is het toepassen van categorie 1 grond in de onderlaag (de laag onder de bovenlaag van gebiedseigen grond) toegestaan. Dit is uit kosten oogpunt voordelig (categorie 1 grond is geen 'schone grond', maar de componenten van de grond overschrijden de toegestane immissiegrens niet). Vergeet niet dat de voedselrijkdom en het vochtleverend vermogen van de grond cruciaal is voor een goede ontwikkeling van de vegetatie. Voor het ontwikkelen van verschillende biotopen naast elkaar over het ecoduct dienen bijbehorende groeiplaatsomstandigheden aangelegd te worden. Dit kan door variatie in grondsoort (o.a. variatie in het aandeel leem en organische stof) en in grondwaterstanden te realiseren. Misschien zijn aanvullende voorzieningen (beregening, bemesting) nodig om de juiste condities te creëren. Bij zeer specifieke eisen kan transplantatie, het overbrengen van vegetatie inclusief ondergrond van een andere plek, nodig zijn. De grond dient op een natuurtechnische wijze te worden aangebracht, waardoor de juiste verdichting en het juiste microreliëf ontstaan, rekening houdend met hellingshoek en expositie op de zon. Door het toepassen van alternatief (kunststof) materiaal in de kern van het grondlichaam op het ecoduct kan het gewicht van het gronddek worden beperkt.

In ditzelfde kader is het ten behoeve van gedeeltelijk waterrijke landschapstypen (met poelen, moeraszones etc.) en ten behoeve van bepaalde doelsoorten (bijvoorbeeld kamsalamander) wenselijk dat delen van het ecoduct of de aanloopgebieden periodiek of permanent waterhoudend zijn en bijvoorbeeld voorzien zijn van (drink)poelen, natte greppels, etc. Bij het ontwerp van de constructie moet dan rekening worden gehouden met allerlei waterhuishoudkundige aspecten. Door delen van het ecoduct te voorzien van niet of minder vocht doorlatende lagen, niveauverschillen met overstorten, waterpompen en dergelijke, kunnen de condities voor het ontstaan van natte greppels, poelen etc. worden gewaarborgd. Een voorbeeld van een 'vochtige' inrichting is ecoduct Het Groene Woud over de A2 ten



Figuur 8.21 Bij voorkeur talud inzetten op circa 5 meter vanaf de rand van het ecoduct



Figuur 8.22 Ecoduct in vlak gebied (Hongarije).



Figuur 8.23 Toeloop naar ecoduct met medegebruik (Ecoduct Beesdscheveld (Foto: Jan Dirk Buizer).



zuiden van 's Hertogenbosch. Ook ecoduct Kempengrens (België-Nederland) is voorzien van ondergrondse constructies om water op te houden.

De aanleg van drinkpoelen in de aanloopgebieden bevordert ook de aantrekkelijkheid en het gebruik van ecoducten door de meer terrestrische soorten. Om de aantrekkingskracht van het ecoduct verder te vergroten kunnen aanvullende maatregelen worden genomen, zoals het aanbrengen van microreliëf, aarden wallen, geulen, heuveltjes en het planten van besdragende struiken, mits deze in het lokale landschap passen. In het talud kan ook een vleermuiskelder voorzien worden (ecoduct Kempengrens).

Vegetatieontwikkeling / beplanting

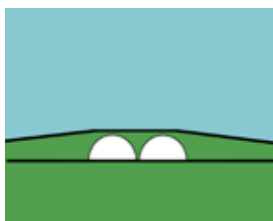
De keuze van de vegetatietypen wordt bepaald door de eisen van de doelsoorten. Voor de inrichting van het ecoduct dient u eerst een inrichtingsplan en vervolgens een beplantingsplan op te stellen. In het beplantingsplan is een aantal punten belangrijk:

- De verschillende vegetatietypen komen naast elkaar voor en lopen door in de aanloopgebieden.
- Struweel en beplanting (boven op ecoduct max. 3 meter hoog; zie onder) moeten geschikt zijn als dekking en geleiding en moeten aansluiten op de verbindingsroutes van de doelsoorten in het achterland.
- De aan te brengen beplanting is gebiedseigen en past in de omgeving. Gebruik uitsluitend inheemse soorten en bij voorkeur lokaal plantmateriaal. Dit moet goed gecommuniceerd / vastgelegd worden, anders passen aannemers standaard hun reguliere manier van werken toe (grondverrijking, gebruik vastleggende grassoorten, cultuurvariëteiten, etc.)
- Voor vegetatie die pas na enkele jaren tot de gewenste hoogte en structuur is ontwikkeld moeten tijdelijke alternatieven worden aangeboden (bijvoorbeeld stobben) om direct na aanleg aan de eisen van de doelsoorten te voldoen. Begroeid geraakte stobbenwallen vormen een geschikt leefgebied voor veel soorten, zoals muizen, kleine zangvogels en levendbarende hagedis (zie foto).
- Plaats hoge beplanting zoveel mogelijk aan de noord/oostzijde van het ecoduct in verband met het voorkómen van beschaduwning.

Het is – met name in relatief open gebieden – ook mogelijk om een ecoduct niet te beplanten, maar de vegetatie volledig spontaan te laten ontwikkelen. Nadeel is dat het gebruik door de doelsoorten relatief langzaam op gang komt (door een aanvankelijk gebrek aan dekking op het ecoduct); voordeel is dat de vegetatie met zekerheid gebiedseigen is, mits uiteraard gebruik is gemaakt van gebiedseigen grond.

Geleiding

Geleidende maatregelen op en naar het ecoduct kunnen bestaan uit reliëf (taluds, greppels, grondlichamen), rasters, beplanting, stobbenwallen en geluidsschermen. Rasters zijn gedetailleerd uitgewerkt in § 8.4.1. Rasters moeten goed aansluiten op de weg en eventuele geluidswerende voorzieningen. De geleiding op het ecoduct kan het beste gebeuren door



Figuur 8.24 Bovenop het ecoduct zijn betonbalkjes gelijmd om water vast te houden, zodat vocht langer beschikbaar blijft voor de begroeiing (De Borkeld, A1)



Figuur 8.25 Talud opgebouwd met schanskorven

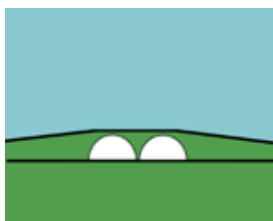


het biotooptype aan beide zijden van de weg dat verbonden moet worden, zo goed mogelijk voort te zetten op het ecoduct.

Afscherming en aanpassing van verstoringsbronnen

Om verstoring door licht, geluid en beweging te reduceren kan gebruik worden gemaakt van wallen, schermen en beplanting. Deze voorzieningen kunnen tegelijkertijd dienen als geleiding voor de doelsoorten. Voor dit type voorzieningen geldt:

- Als de hoogte van de schermen minimaal twee meter bedraagt, is een raster niet nodig.
- Op smallere ecoducten moet worden voorkomen dat de geluidsschermen een tunneleffect veroorzaken, wat de dieren afschrikt. Gebruik in die gevallen lage schermen (maar wel minstens 1,5 meter hoog en voorzien van een raster daarboven tot 2,5 meter) of richt deze schuin naar buiten.
- Zorg voor een goede aansluiting (= niet passeerbaar voor doelsoorten) op de geluidsschermen of -wallen langs de weg.
- Aarden wallen gecombineerd met beplanting hebben naast afscherming ook een geleidende functie voor natuur.
- In de omgeving van het ecoduct kan aanpassing van (straat)verlichting nodig zijn, zodat geen lichthinder optreedt voor de doelsoorten. Denk hierbij aan verplaatsing van de lichtpunten, gebruik van andere lichtarmaturen en/of aanpassing van het verlichtingsregime. Doorgaans is het mogelijk de lichtpunten in de omgeving van het ecoduct te verlagen tot beneden de constructie. Indien dit niet mogelijk is, kunnen de lampen rond het ecoduct simpelweg uit de fittingen worden gedraaid. Het waarborgen van duisternis op het ecoduct is van groot belang voor de acceptatie door de doelsoorten, waaronder met name vleermuizen.
- Beerens & Pronk (2009) raden aan om niet te strikt vast te houden aan absolute waarden voor het geluidsniveau op ecoducten. Vasthouden aan een eis van - bijvoorbeeld - maximaal Lden 48 dB vraagt om constructies die in een drukbevolkt en daardoor rumoerig land als Nederland niet zijn te realiseren. Bovendien blijken alle ecoducten in Nederland goed door de doelsoorten te worden gebruikt, ook al is de akoestische situatie op elke ecoduct anders, vanwege de grote verschillen in dimensies, vormgeving en geluidsweringen. Wel moet worden voorkómen dat op het ecoduct geluidsslekken en lichtinval ontstaan.
- Onderzoek in Noord-Amerika heeft aangetoond dat gebruik door grote carnivoren (zwarte beer, wolf, poema etc.) sterk negatief gecorreleerd is met menselijke activiteiten (Clevenger & Waltho, 2000). Ook de nabijheid van menselijke bebouwing en het aantal wegen rond ecoducten bleek in Duitsland (20 ecoducten onderzocht) een significant negatief effect te hebben op het gebruik door dieren (Georgii *et al.*, 2005). Studies op Natuurbrug Crailo en Natuurbrug Slabroek in Nederland hebben laten zien dat voor veel algemeen voorkomende soorten recreatief medegebruik niet leidt tot onverwacht lage gebruiksfrequenties. Medegebruik heeft verder geen of slechts een beperkt effect op het tijdstip en de manier waarop ecoducten door dieren worden gebruikt, mits het ecoduct voldoende breed is en zorgvuldig is ingericht (Van



Figuur 8.26 Bovenaanzicht ecoduct (Woeste Hoeve, A50)



Figuur 8.27 Een wildwissel op het ecoduct Kootwijk verradt regelmatig gebruik



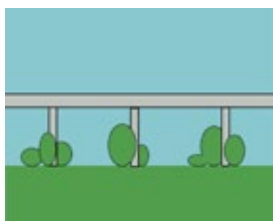
der Grift *et al.*, 2010). Overleg in de ontwerpfase uitvoerig met de beheerder(s) van de aangrenzende gebieden over het al dan niet besluiten tot medegebruik. Uitsluitend in gebieden waar reeds een hoge recreatiedruk heerst, is medegebruik te overwegen. 'Geen medegebruik' heeft ecologisch gezien altijd voorkeur, ook al kan het negatieve effect (sterk) beperkt worden door onderstaande inrichtingseisen.

Inrichtingseisen ecoducten met medegebruik door mensen:

- verbreed een ecoduct (idealiter 40-60 m breed) langs de buitenzijde met de ruimte die nodig is voor de recreatieve zone (maximaal 5 m);
- plaats de recreatiezone bij voorkeur langs de noord- of oostkant van het ecoduct in verband met ongewenste schaduwwerking voor flora, ongewervelden en reptielen op de natuurzone;
- plaats een menskerende wand / schutting van minimaal 2 meter hoog (fysieke scheiding) tussen het recreatieve pad en de natuurzone, eventueel aan de natuurskant voorzien van een hoge stobbenwal om de natuurlijke structuur langs de kale wand te verhogen;
- trek bovenstaande fysieke afscherming door tot onderaan de aanloopgebieden en zorg aldaar voor een goede aansluiting op natuurlijke elementen, bijvoorbeeld dichte struweel- en bosbegroeiing al dan niet in combinatie met een grondwal;
- realiseer voldoende dekkingbiedende structuren (o.a. een stobbenwal) en vegetaties op het ecoduct die schuilmogelijkheden bieden aan passerende dieren.

Speciale aandachtspunten

- De stabiliteit van de bodem en de grondwaterstand bepalen de vereiste fundering van het ecoduct.
- Bij de aanleg van een ecoduct dient rekening te worden gehouden met de veiligheidseisen rond wegen en spoorwegen. Deze eisen staan beschreven in de systeemspecificatie / het Programma van Eisen of in de Ontwerpvoorschriften van ProRail (en de Spoorwegwet). Denk hierbij aan het al dan niet mogen plaatsen van bomen op het ecoduct, omdat deze (deels) op de (spoor)weg terecht kunnen komen, grootschalige bladval op de rails kunnen veroorzaken etc. Ook de minimale hoogte boven het wegdek of de bovenleiding (in Nederland momenteel 4,5 meter boven 'spoorstaaf' maar in de toekomst 5,5 meter; in Vlaanderen 5,4 meter) is een aandachtspunt in de ontwerpfase.
- Bomen boven op het ecoduct mogen omwille van de veiligheid niet hoger worden dan 3 meter. Hier dient de betreffende natuurbeherende organisatie voor te zorgen. Wanneer dit niet goed geregeld is, dient de aannemer voor Beheer & Onderhoud Groen van RWS deze actie uit te voeren.
- Rasters / schermen moeten afgestemd zijn op de doelsoorten, moeten terugkeervoorzieningen bevatten, etc. Zie verder § 8.4.1 Rasters.
- Veel soorten en met name vleermuizen kunnen worden verstoord door (teveel) kunstlicht. Afscherming van (verkeers)licht in de omgeving van ecoducten is gewenst.



Figuur 8.28 Ontwerp faunapassage bij Elst (ARCADIS)



Figuur 8.29 Zeer ruime onderdoorgang biedt goede passagemogelijkheden voor veel soorten (Zeist West A28)



Dit geldt met name voor zeer smalle varianten als het bovengenoemde ecombiduct waar vleermuizen (lichtgevoelig) doelsoort zijn.

- Let bij de inrichting ook op aspecten als sociale veiligheid (balustrades op smalle varianten als het ecombiduct) en misbruik (mountainbikers en motorcrossers). Misbruik kan worden tegengegaan door inrichtingsmaatregelen te treffen (denk aan greppels, lage grofmazige rasters of gebruik van zware stenen, braamstruiken en meidoorns – meidoorn heeft als voordeel voor beheer en onderhoud dat het niet woekert), informatieborden te plaatsen en door handhaving (controle).
- Bij het ontwerp en de inrichting dient rekening te worden gehouden met inspectie, onderhoud en monitoring in de gebruiksfase. Voor dit doel is het onder andere van belang om een energiepunt en een internetaansluiting bij het ecoduct aan te brengen (elektriciteitskast) zodat in een later stadium een camera of webcam kan worden aangesloten om gebruik van het ecoduct door dieren vast te stellen en te kwantificeren (zie Hoofdstuk 8).
- Denk eraan dat medegebruik extra inspanning en kosten voor handhaving en onderhoud met zich mee brengt. Bij ecoducten met gescheiden functies voor recreatie en natuur is het van belang dat vooraf duidelijke afspraken gemaakt worden over de verdeling van het beheer en onderhoud (bijvoorbeeld ecozone door natuurbeheerder, fietspad door gemeente): wie ruimt er bijvoorbeeld zwerfafval op dat vanuit de recreatiezone op de ecozone belandt? Wie herstelt de schutting als deze door vandalen vernield wordt?

8.2.2 Brug of viaduct op palen met faunapassage onderlangs

Algemene beschrijving en doelen

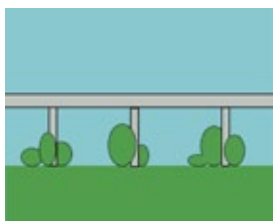
Vooraf op plekken waar de infrastructuur een laagte kruist is een brug (over water) of een viaduct (over land) een effectieve voorziening. Doel van de voorziening is om bijvoorbeeld een beekdal ongehinderd onder de weg door te laten lopen. Door de omvang kan dit type voorziening voor veel diersoorten tegelijk mogelijkheden bieden voor dagelijkse migratie, seizoensmigratie en dispersie.

Doelsoorten

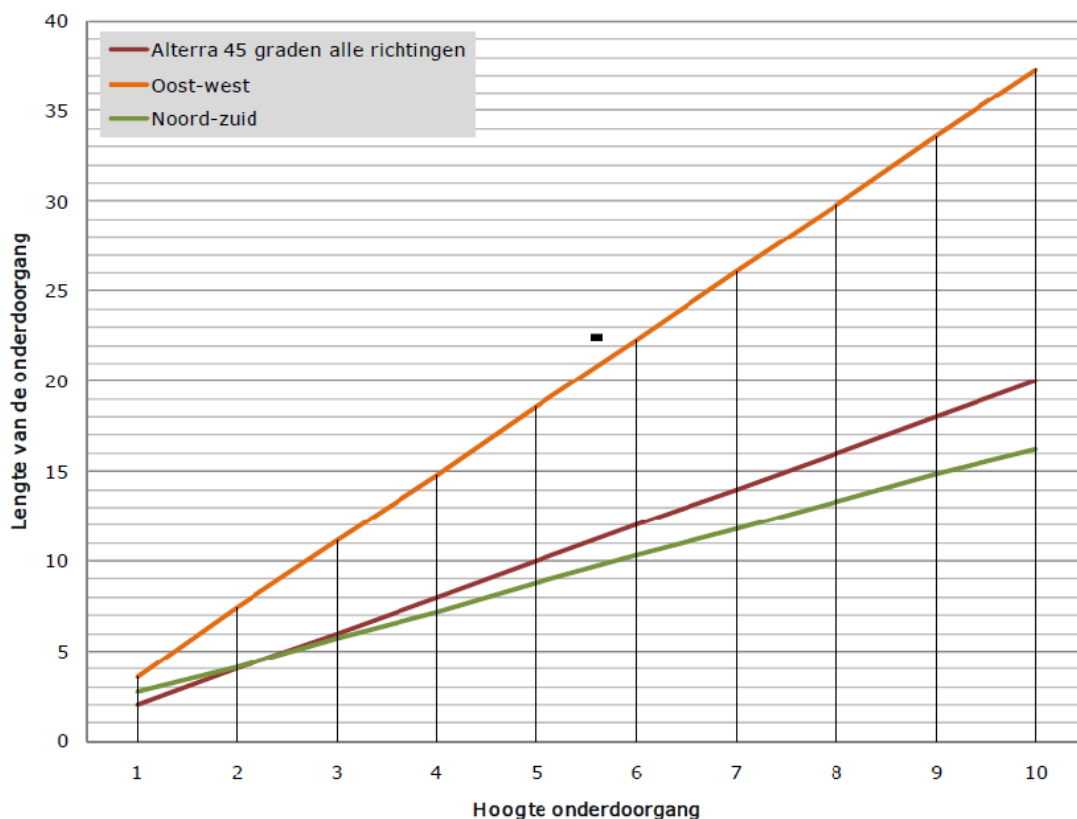
Indien de maatvoering voldoende groot is, kan een breed scala aan (doel)soorten gebruik maken van dit type faunapassage, waaronder ook grofwild. Vaker dan bij ecoducten zullen dit ook watergebonden organismen kunnen zijn als otter en vissen.

Locatie en locatiekeuze

Deze oplossing is geschikt voor plekken waar de weg in verband met het kruisen van een beek(dal) of een rivier(dal) verhoogd ligt. Ook op overgangen van hoog gelegen gebied naar rivierdalen kan dit een passende oplossing zijn.



Hoogte-lengte verhouding voor ononderbroken begroeiing



Figuur 8.30 Verhouding hoogte onderdoorgang (x-as) en lengte van de onderdoorgang (y-as) voor oost-west en noord-zuid richting, waarbij is aangenomen dat een ononderbroken begroeiing gehandhaafd kan blijven. Indien een onderdoorgang tussen deze twee posities ligt, gelden gemiddelden naar verhouding tussen deze twee lijnen. De zoninvalgegevens zijn gebaseerd op de gemiddelde zoninvalengeten tussen 8:00 en 16:00 uur in het groeiseizoen, afgestemd op de windroos. Naast de ligging t.o.v. de windroos zijn ook de breedte van de voorziening en schaduwveroorzakende elementen in de omgeving van invloed. (afbeelding en tekst EcoGroen Advies)



Figuur 8.31 Groot viaduct (Mecklenburg - Vorpommern).



Ontwerp en afmetingen

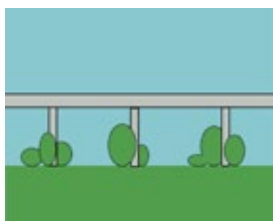
Bij het ontwerp van een grote brug of viaduct zijn verschillende constructies mogelijk. De meest voor de hand liggende constructie is het plaatsen van de weg op pijlers, eventueel in combinatie met verhoging van de weg. Bij de uitwerking van het ontwerp wordt gezocht naar een optimale verhouding tussen afstanden tussen de pijlers en de dikte van de constructie. Hoe groter deze afstand hoe dikker en duurder de constructie. Hierbij speelt de ondergrond eveneens een rol aangezien de stevigheid van de ondergrond het type fundering bepaalt.

Openheid en lichtinval zijn voor veel diersoorten belangrijk, al dan niet in relatie tot vegetatieontwikkeling en vochthuishouding (zie Figuur 8.30 voor de hoogte-lengte-verhouding die nodig is voor ononderbroken begroeiing onderlangs. Deze waarden zijn afhankelijk van de ligging ten opzichte van de zon). Een relatief lichte, warme en droge onderdoorgang zal door bijvoorbeeld reptielen veel eerder worden gebruikt dan een donkere, koude en vochtige onderdoorgang. Als de onderdoorgang lang is en dus relatief koel en donker ten opzichte van de omgeving, is het bij (spoor)wegen met gescheiden rijbanen en voldoende ruimte tussen de rijbanen mogelijk om tussen de rijbanen een lichtdoorlatende strook open te houden. Hierbij moet wel worden voorkomen dat de opening te smal wordt, waardoor plotselinge verstoringseffecten van het verkeer optreden (met name relevant voor grofwild). Toch zal altijd een grotere geluidsverstoring optreden dan bij een aaneengesloten onderdoorgang (wat mogelijk een belemmering kan zijn voor een zeer kritische soort als edelhert). Dit weegt echter niet op tegen de voordelen van méér licht halverwege de onderdoorgang met daardoor een kleiner verschil in temperatuur en luchtvochtigheid ten opzichte van de omgeving, meer dekking in de vorm van spontaan opgeslagen vegetatie halverwege etc. Er zal kortom minder sprake zijn van een 'tunneleffect'.

Uitgangspunt bij dit ontwerp is dat de gehele laagte onder het viaduct doorloopt. De breedte wordt daarom op basis van het bestaande landschap bepaald. De openheid van de constructie in relatie tot de acceptatie door doelsoorten wordt bepaald door de verhouding lengte, breedte en hoogte. In algemene zin komen een grotere hoogte, grotere breedte, geringere lengte en meer dekkinggevendende structuren onder en naar de onderdoorgang de acceptatie ten goede. Voor kleinere soorten volstaat bij gelijke breedte (van het dal) en lengte van de onderdoorgang (bepaald door het aantal rijstroken etc. van de (spoor)weg) een lagere brug dan voor grotere soorten. Er gelden echter wel minimale hoogtes. Een brug lager dan drie meter wordt bijvoorbeeld door edelherten niet gebruikt, ook al is de voorziening nog zo breed. Ook voor regelmatig gebruik door reeën geldt een minimum hoogte van 3 meter (ook al is incidenteel gebruik van een onderdoorgang met een hoogte van 2 meter bekend: Hunzedal – eigen waarnemingen Bureau Waardenburg). Zie verder § 8.2.3 voor minimaal vereiste dimensies.

Inrichting

- Onder een brug of viaduct lager dan 5 meter ontbreekt door gebrek aan licht doorgaans begroeiing, waardoor dieren minder geneigd zijn onder het viaduct door te lopen. De oplossing is het plaatsen van een stobbenwal.
- Het gebruik van de onderdoorgang kan verder worden bevorderd door herinrichting van de omgeving. Naast de aanleg van geleidende elementen als een haag of houtwal vanuit het achterland naar de onderdoorgang valt te denken aan de aanleg van (drink)



Figuur 8.32 Geleiding naar de onderdoorgang kan bijvoorbeeld met stobbenwallen en een watergang.



Figuur 8.33 Geleiding door stobbenwal en water.

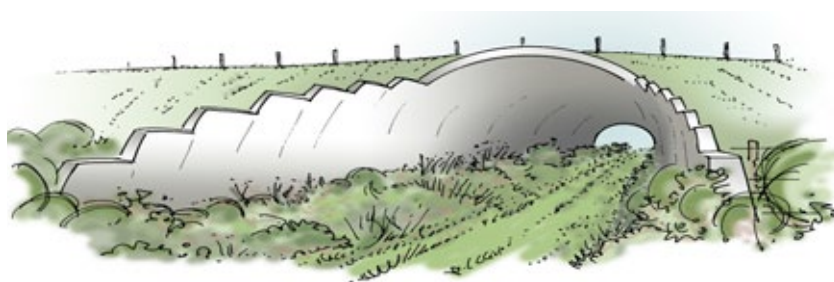


poelen en bosschages (dekking voor grote zoogdieren!). Ontwikkeling van opgaande vegetatie rond de voorziening kan daarnaast de verstoring (licht, geluid) vanaf de weg verzachten en daardoor het gebruik verder stimuleren. Uiteraard dient deze ontwikkeling niet strijdig te zijn met de eisen die de doelsoorten aan de inrichting van de faunapassage stellen. Let er ook op dat de vegetatie niet te dicht bij de rasters staat, waardoor dieren via de vegetatie over de rasters kunnen klimmen en alsnog op de (spoor)weg belanden.

- Verstoring van dieren door verkeer kan ook worden verminderd door de aanleg van geluidsschermen (zie § 8.3.2). Net als een raster moet een geluidsscherm zo dicht mogelijk tegen de (spoor)weg worden aangelegd en goed aansluiten op een volgend landschapselement, bijvoorbeeld een stadsrand, een particulier erf, hekwerk, een bestaande grondwal of een volgende faunavoorziening (passage dan wel raster).
- Voor de inrichting van beek- of rivieroeveren zie CUR (1999).

Speciale aandachtspunten

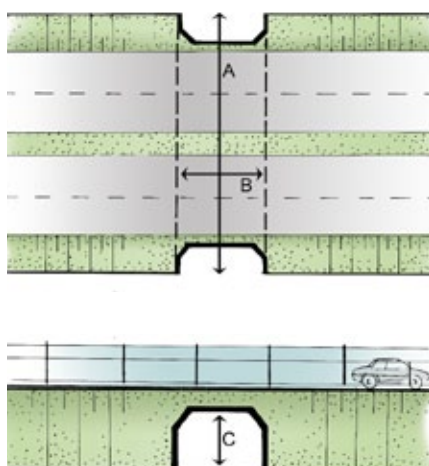
- Met name in stedelijk gebied kan het gebruik van stobben leiden tot brandstichting en/of het in het water rollen van de stobben. Dit kan worden voorkomen door (grote) stobben half in te graven. Enerzijds worden de stobben daardoor minder mobiel (verplaatsbaar), anderzijds zijn ze vochtiger (o.a. door contact met het grondwater) en daardoor minder brandgevaarlijk. Een goed alternatief zijn grote zwerfkeien. Monitoring heeft uitgewezen dat de keien als dekkinggevend elementen (analoog aan stobben) goed voldoen (Brandjes, 2006).
- Houd voldoende rekening met hoge waterstanden (overstromingsgebied). Let bij de constructie op de stabiliteit van de grondlichamen en de fundering. Voer hierover in een vroeg stadium overleg met het waterschap en Rijkswaterstaat (in het geval van grote rivieren). Tijdelijke overstroming is ecologisch gezien overigens geen bezwaar. Voor seizoensmigratie of dispersie / genetische uitwisseling is het niet nodig dat de voorziening jaarrond beschikbaar is.
- Oneigenlijk gebruik van de ruimte onder de brug, zoals dumpplaats afval, illegale opslag voertuigen en landbouwmateriaal, hangplek voor jongeren etc., is uit den boze. Diersoorten worden hierdoor afgeschrikt. Zo nam het gebruik van de stobbenwal onder viaduct Veemarkt bij Utrecht (A27) sterk af toen hier een heel zomerseizoen lang regelmatig 2 à 3 zwervers sliepen (pers. med. G.J. Brandjes). Hetzelfde, maar in mindere mate, gebeurde in de onderdoorgang Zandheuvel bij Hilversum (A27), waar tijdelijk één zwerver 'woonde'.
- Voor de monitoring is het van belang om een energiepunt en een internetaansluiting bij de brug of het viaduct aan te brengen (electriciteitskast), zodat een camera of webcam kan worden aangesloten om het gebruik van de voorziening door dieren vast te stellen en te kwantificeren (zie Hoofdstuk 8).



Figuur 8.34 Grote faunatunnel: boogconstructie.



Figuur 8.35 Grote faunatunnel: rechte 'viaduct' constructie.



A: lengte, B: breedte, C: hoogte

Figuur 8.36 Definitie lengte, breedte en hoogte van een tunnel.



8.2.3 Grote faunatunnel

Algemene beschrijving en doelen

Grote tunnels worden toegepast als de aanleg van een brug of viaduct op pijlers niet mogelijk is. Een grote faunatunnel komt wat betreft vorm en dimensies overeen met een normale verkeerstunnel, maar in plaats van asfalt of beton bestaat de grondlaag uit aarde met vegetatie. Door hun grote omvang zijn ze geschikt voor grote zoogdieren (herten, wilde zwijnen, Schotse Hooglanders en Konickpaarden). Ze worden ook gebruikt door een scala aan kleinere diersoorten (als kleine marterachtigen, egel en amfibieën), maar zijn minder geschikt als faunapassage voor warmteminnende soorten als reptielen en dagvlinders. Ook als leefgebied voor dergelijke soorten (en die met een nog kleinere actieradius als muizen of sprinkhanen) zijn ze - in tegenstelling tot ecoducten - ongeschikt door het gebrek aan licht en vegetatie. Wel kunnen de tunnels, indien onverlicht, zeer geschikt zijn als faunapassage voor vleermuizen.

Doelsoorten

Grote en middelgrote zoogdieren, vleermuizen, kleine zoogdieren, reptielen, amfibieën en ongewervelden.

Locatie en locatiekeuze

De locatie moet zoveel mogelijk aansluiten op bestaande migratieroutes van fauna. Indien dit niet mogelijk is moeten geleidende verbindingen naar dergelijke routes worden aangelegd (bijvoorbeeld stobbenwallen, heggen, houtwallen etc.). Praktisch gezien is de locatie vooral afhankelijk van de hoogteligging van de weg of spoorlijn. Hoe hoger de weg of spoorlijn ligt, des te beperkter de aantasting van de omgeving door de ontgraving van de 'toeloop' en des te ruimer de dimensies van de tunnel kunnen zijn (gunstig voor grofwild). Daarnaast bepaalt de waterhuishouding van de omgeving in belangrijke mate de locatie. Ontgraven in gebieden met een hoge grondwaterstand is per definitie zeer lastig. Zie figuur 4.1.

Ontwerp en afmetingen

Het technisch ontwerp is voor een groot deel vergelijkbaar met dat van normale 'rechte' verkeerstunnels (Figuur 8.35). Ook boogconstructies worden toegepast (Figuur 8.34). Bij boogconstructies kan de lichtinval aan de uiteinden van de tunnels worden bevorderd door de ronde wanden naar boven toe uiteen te laten wijken en eventueel (zoals toegepast op diverse locaties in Denemarken) wit te schilderen. De helling van de toegang tot de tunnel dient zo klein mogelijk te zijn en is bijvoorbeeld voor de meest kritische doelsoort edelhert hooguit 1:10. Wat betreft de minimale afmetingen van de tunnel voor regelmatig tot frequent gebruik ('ideaalsituatie' = aanbevolen) gelden de volgende richtlijnen:

edelhert en damhert:	15 meter breed x 4 meter hoog, waarbij de verhouding breedte maal hoogte gedeeld door lengte > ca. 2 is (voorbeeld: noodzakelijke lengte is 40 meter, beschikbare hoogte is 4 meter. De breedte moet in dit geval minimaal 20 meter worden. Is de beschikbare hoogte 6 meter dan volstaat een breedte van 13 meter);
----------------------	--



Figuur 8.37 Grote faunatunnel met informatiebord, maar...



Figuur 8.38 ...de parallelweg is niet ontsnippert! Gebiedsgerichte aanpak en samenwerking tussen verschillende stakeholders is nodig.



ree en wild zwijn: 5 meter breed x 4 meter hoog, waarbij de verhouding breedte maal hoogte gedeeld door lengte > ca. 1,5 is.

Voor incidenteel gebruik (niet ideaal, niet aanbevolen, maar in bepaalde gevallen 'beter dan niets') gelden de volgende richtlijnen:

edelhert en damhert:	6 meter breed x 4 meter hoog voor tunnels tot 30 meter lang; 8 meter breed x 4 meter hoog voor tunnels tot 40 meter lang; 10 meter breed x 4 meter hoog voor tunnels tot 50 meter lang; (of 8 meter breed x 5 meter hoog voor tunnels tot 50 meter lang;) etc.
ree:	4-5 meter breed x 3 meter hoog.
wild zwijn:	3 meter breed x 2,5 meter hoog.

Dit betekent niet dat een tunnel van 2 meter hoog nooit door genoemde soorten wordt gebruikt, maar het is onwaarschijnlijker en daardoor zonde van de investering. Ligt er al een tunnel (voor vee of fietsers) van 2 m hoog, dan loont het wel de moeite deze met wat aanpassingen voor wilde fauna geschikt te maken (zie § 8.2.10).

Genoemde dimensies zijn slechts indicatief voor een 'gemiddelde' situatie; of frequent, regelmatig dan wel incidenteel gebruik uiteindelijk aan de orde is, hangt niet uitsluitend af van de afmetingen, maar tevens van de mate van (latente) verstoring rond de tunnel: aanwezigheid bebouwing, versturende licht- en geluidsbronnen, nabijheid van dekking, aansluiting op het achterland etc.

Medegebruik

Bij aanleg van een nieuwe verkeerstunnel kan ook al rekening worden gehouden met het gebruik door fauna. Door de tunnel te overdimensioneren in breedte en hoogte ontstaat ruimte voor grondgebonden fauna en voor vleermuizen om de tunnel te gebruiken. Zorg dan wel voor voorzieningen die voorkomen dat de medegebruikers de fauna storen, zoals dekkingbiedende vegetatie, een schutting (uitsluitend als de natuurzone breed genoeg is – zie § 7.10 – omdat een scherm / schutting de openheid van de onderdoorgang beperkt), een greppel of een onverlichte zone voor vleermuizen. Ook kan scheiding in de tijd plaatsvinden. Zoogdieren zijn vooral 's nachts actief. Als de tunnel dan niet door mensen of vee wordt gebruikt kunnen zelfs grotere zoogdieren er gebruik van maken.

Inrichting en inpassing

- Bij brede (spoor)wegen (lange tunnel) of lage tunnels is in de tunnel vaak onvoldoende licht voor de ontwikkeling van vegetatie. Waar mogelijk moet dit worden gestimuleerd. Dit kan bijvoorbeeld door tussen de rijbanen een ruimte open te laten, zodat zich halverwege de tunnel vegetatie kan ontwikkelen. Hierbij moet wel worden voorkomen dat de opening te smal wordt, waardoor in de tunnel plotselinge geluidseffecten van het (trein)verkeer optreden. Dieren houden niet van onverwachte geluiden.



Figuur 8.39 Grote faunatunnel.



Figuur 8.41 Een waterloop door de tunnel zorgt voor extra geleiding en vergroot het aantal soorten dat de tunnel kan gebruiken.



Figuur 8.40 De tunnel mag niet onder water staan.



Figuur 8.42 Faunatunnel voor middelgrote dieren (ree), de grote stenen dienen om ongewenst medegebruik tegen te gaan.



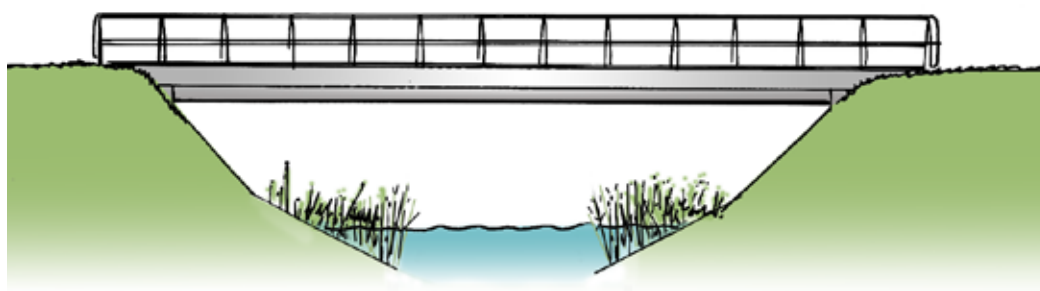
Figuur 8.43 Grote faunatunnels, zoals deze onder het spoor, zijn ook geschikt voor medegebruik door andere doelgroepen, omdat het gebruik meestal in de tijd gescheiden is. Wilde fauna 's nachts, tamme fauna overdag (foto: Bert Stegehuis).



- Langs de weg moeten rasters (of geluidsschermen) worden aangebracht die goed aansluiten op en geleiden naar de voorziening.
- Handhaven en creëren van bosschages en/of struweel en/of ruigte aan beide zijden van de tunnel is belangrijk voor geleiding van doelsoorten en het tegengaan van verstoring.
- Aanleg van schuilplaatsen of geleiding binnen de tunnel, bijvoorbeeld in de vorm van stobbenwallen, gestapelde stenen of keien, bevorderen het gebruik en de leefgebiedsfunctie voor bijvoorbeeld kleine marterachtigen, muizen en vele soorten ongewervelden.
- Door een watergang of beek door de tunnel te geleiden, wordt het gebruik ervan bevorderd. Indien dit niet mogelijk is, is aan te bevelen om een klein deel van de afwatering van de weg de tunnel in te geleiden, zodat de grond in de tunnels niet te droog wordt voor begroeiing. Let er echter op dat, afhankelijk van doelsoort en functie, niet te veel en/of te lang water in de tunnel staat, waardoor deze minder goed functioneert.
- Om dit te bereiken is het graven van een greppel in de tunnel een goede oplossing. De greppel moet tot ruim buiten beide tunneluiteinden doorlopen en bijvoorbeeld aansluiten op heggen of houtwallen in het achterland. Hierdoor staat de tunnel nooit geheel onder water, maar is ook nooit in z'n geheel extreem droog. Binnen een en dezelfde tunnel ontstaan zo verschillende abiotische omstandigheden, waardoor deze voor meer doelsoorten aantrekkelijk wordt. Het is tevens beter voor de ontwikkeling van vegetatie.
- In geval van langdurig stagnerend regenwater in de tunnel, doordat deze lager ligt dan de omgeving, is het graven van een greppel alleen waarschijnlijk niet voldoende en moet een uitgebreider drainagesysteem worden aangelegd.

Speciale aandachtspunten

- Ten aanzien van inspectie en onderhoud wordt aanbevolen ervoor te waken dat de grote tunnel niet voor andere, ongewenste doelen wordt gebruikt (mountainbiken, illegale route landbouwvoertuigen). Dergelijk misbruik kan enigszins worden tegengegaan door de plaatsing van obstakels, zonder dat dit het gebruik door fauna frustreert (bijv. door strategische plaatsing van keien, stobben of boomstammen).
- Door de onverharde bodem en het natuurdoel vraagt de grote faunatunnel meer onderhoud (snoeien, bijplanten van vegetatie etc.) dan een 'normale' verkeerstunnel.
- Voor de monitoring is het van belang om een energiepunt en een internetaansluiting bij de brug of het viaduct aan te brengen (electriciteitskast), zodat een camera of webcam kan worden aangesloten om het gebruik van de voorziening door dieren vast te stellen en te kwantificeren (zie Hoofdstuk 8).
- Indien een grote faunatunnel niet voor (grote) zoogdieren functioneert doordat deze permanent onder water staat, hoeft niet direct sprake te zijn van een weinig waardevolle situatie! In 2012 bleek dat een permanent onder water staande reeëntunnel bij De Mortelen (Noord-Brabant) aan weerszijden gebruikt werd als



Figuur 8.44 Brug met doorlopende oevers.



Figuur 8.45 Oeverstrook loopt door onder brug.



Figuur 8.46 Met een perronwand is een onverharde strook onder de brug gemaakt.



Figuur 8.47 Onverharde strook onder brug, talud met basaltblokken verstevigd.



voortplantingswater door kamsalamander, poelkikker en mogelijk vinpootsalamander (Grontmij 2012). Aangezien op korte afstand een tweede – wel droge – reeëntunnel aanwezig is, werd het niet wenselijk geacht om de pomp van de ‘natte’ tunnel te herstellen. In hoeverre de betreffende kwetsbare amfibieën ook daadwerkelijk door de tunnel migreren, werd in 2012 nog niet duidelijk. Indien blijkt dat wel sprake is van voortplantingswater aan weerszijden, maar niet van migratie door de onderdoorgang kunnen aanvullende maatregelen worden getroffen om dit alsnog te bewerkstelligen (aanbrengen van een loopplank bijvoorbeeld). Hoewel de situatie bij De Mortelen per ongeluk is ontstaan, zouden soortgelijke situaties doelbewust gecreëerd kunnen worden op locaties waar knelpunten voor (kwetsbare soorten) amfibieën bestaan. Te denken valt aan doelbewust onder water gezette kleine faunavoorzieningen waarvan de waterpartij zich uitstrekt tot de ruime weerszijden van de (spoor)weg, maar die niet aangesloten zijn op bestaande watergangen (waarvan de waterkwaliteit minder goed is en waar vis in leeft: ongunstig voor de meeste soorten amfibieën). In feite betreft het geïsoleerde poelen die in het midden onder de barrière doorlopen (ter hoogte van de ‘hals van de zandloper’). Bij de aanleg van dit type ‘natte’ onderdoorgangen speelt een te hoge waterstand uiteraard geen rol; een hoge waterstand is juist wenselijk!

8.2.4 Brug met doorlopende oever

Algemene beschrijving en doelen

Bij kruisingen van watergangen met de (spoor)weg via een brug kan uitsluitend een watergang gemoeid zijn maar ook een watergang met één of twee droge loopstroken (doorlopende oevers of droge loopstroken achter een beschoeiing) die fungeren als faunapassage. Specifieke ecoduikers worden nader beschreven in § 8.2.5. In deze paragraaf wordt ingegaan op de situatie rond nieuwe bruggen. Voor aanpassingen van bestaande kunstwerken wordt verwezen naar § 8.2.11.

Doelsoorten

Vissen, water- en oevergebonden zoogdieren, vleermuizen, reptielen, amfibieën, ongewervelden. Een brug met doorlopende oever(s) kan ook door diersoorten worden gebruikt, die geen directe binding met water hebben, zoals egel of hermelijn. Gebruik door vleermuizen en vissen is in vergelijking tot de andere soortgroepen niet of nauwelijks gerelateerd aan de aanwezigheid van een doorlopende oever in de onderdoorgang.

Locatie en locatiekeuze

De locatie van de faunapassage betreft per definitie een bestaande waterloop. De locatie kan een watergang betreffen met rijk begroeide oevers of een watergang met relatief kale oevers.

Ontwerp en afmetingen

Het ontwerp van een brug die geschikt is voor fauna door de aanwezigheid van doorlopende oevers wijkt niet af van een ‘normaal’ brugontwerp. Wel moet waar mogelijk rekening worden gehouden met voldoende lichtinval. Bij (spoor)wegen met gescheiden rijbanen en voldoende ruimte ertussen kan het kunstwerk in twee delen met een opening in het midden worden aangelegd. Hierdoor kan halverwege – door de ontwikkeling van opslag / begroeiing



Figuur 8.48 Doorlopende oever onder brug.



Figuur 8.49 'Florarol' onder brug, nog onbegroeid.



– een soort ‘stepping stone’ op de doorlopende oever ontstaan. De aanleg van een brug met doorlopende oevers heeft de voorkeur boven een ecoduike, omdat de openheid groter is en het reliëf en substraat natuurlijker is.

De afmetingen van de brug worden vooral bepaald door de vereiste doorstroomcapaciteit. Bij een nieuwe brug dient, bij voorkeur aan beide zijden (beter twee smallere dan één brede oever; nog beter: twee brede oevers), voldoende ruimte aanwezig te zijn voor de watergang inclusief doorlopende oeverstroken. De optimale breedte van de oeverstrook is afhankelijk van de doelsoorten, zie § 7.12. In het algemeen geldt: hoe breder, hoe beter.

Naast de breedte van de loopstrook is vooral de openheid van de onderdoorgang een belangrijke factor voor acceptatie. Naarmate de openheid groter is, maken meer soorten gebruik van de faunapassage en is de frequentie van gebruik hoger. De ‘openheid’ is bij een brug de breedte van de watergang inclusief de loopstrook (B) vermenigvuldigd met de afstand van de waterspiegel tot de onderkant van de brug (H), gedeeld door de lengte (L) van de faunapassage ($H \times B / L$). Een situatie met een openheid van 1 of meer wordt (zeer) frequent gebruikt door alle diersoorten kleiner dan een ree (en ook nog door ree zelf mits de hoogte van wateroppervlakte tot plafond duiker minimaal 2,5 meter is, de hoogte tussen loopstrook en plafond 2 meter en de breedte van de oeverstrook minimaal 1,5 meter), bij een openheid van ongeveer 0,6 is het gebruik minder frequent en het aantal soorten kleiner en bij een openheid van minder dan 0,25 is het gebruik door veel soorten (bijvoorbeeld amfibieën) duidelijk beperkt. Voor holenbewonende soorten (das, konijn, muizen) is de factor ‘openheid’ echter nauwelijks relevant.

Vleermuizen passeren duikers en bruggen frequent, afhankelijk van ligging in het landschap, aanwezigheid van kolonies in de buurt, hardheid van de barrière, mate van verlichting etc. Duikers van 2-3 meter breed bij 1 meter hoog worden door een soort als watervleermuis reeds geaccepteerd (Limpens *et al.*, 2004; Boonman, 2010). Uit het onderzoek van Boonman bleek bovendien dat de lengte van de onderdoorgang niet of nauwelijks van invloed is op het gebruik: ook zeer lange onderdoorgangen worden door vleermuizen gebruikt. Voor vleermuizen fungeren duikers en bruggen echter ook zonder doorgetrokken oevers als faunapassage (zie daarom verder § 8.2.11).

Inrichting en geleiding

De oeverstroken bestaan bij voorkeur uit gebiedseigen materiaal. De doorlopende oever kan voorzien zijn van doorlopende vegetatie (indien voldoende ‘open’), een doorlopend oevermilieu zonder vegetatie (slik-zand, nat-droog) of kan bestaan uit (half) verhard substraat. Het talud van de oever is zo flauw mogelijk, bij voorkeur een vrijwel vlakke strook. Eventueel kan door het aanbrengen van een stobbenwal of keien voor extra dekking worden gezorgd, mits de oeverstrook breed genoeg is (minimaal 2 meter). Houd wel in de gaten welke de doelsoorten zijn, want een stobbenwal is goed voor kleine dieren, maar vormt op een smalle oever een barricade voor reeën. Bij relatief steile of zelfs beschoeide oevers kan gebruik worden gemaakt van een zogenoemde ‘florarol’ (zie figuur 8.49).

Om te voorkomen dat dieren de weg op gaan moeten aan weerszijden van de brug rasters of schermen worden aangebracht (over een afstand van minimaal 50 meter in geval van een geïsoleerde faunapassage; anders tot aan de volgende faunapassage). Bij het plaatsen van rasters en schermen moet goed worden gelet op de aansluiting op de passage. Deze dient, met name voor amfibieën, naadloos te zijn (een kier van 1,5 cm breed fungeert reeds



Figuur 8.50 Door het hoogteverschil is bij de kruising met een waterloop meestal veel ruimte voor een doorlopende oever beschikbaar.



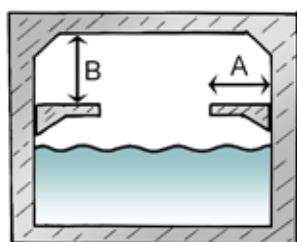
Figuur 8.51 Voorbeeld van een tunnel met twee hoogteniveaus zonder specifieke functie voor fauna waarbij in niet aangepaste vorm reeds sprake is van gebruik door dieren.



als 'val' voor salamanders). De aanwezige water- en oevervegetatie moet behouden blijven en waar mogelijk worden uitgebreid, omdat dit schuilmogelijkheden voor de dieren biedt en voor geleiding zorgt. Dat geldt met name voor de water- en oevervegetatie langs de waterloop aan weerszijden van de brug. Als deze vegetatie ontbreekt kan deze, afhankelijk van de doelsoorten, worden aangebracht. De brug met doorlopende oever kan ook worden aangelegd voor soorten die geen directe binding met water hebben. In dat geval moet in het aanloopgebied naar de brug extra geleiding in de vorm van beplanting, een ruigtestrook of een stobbenwal, worden aangebracht. Deze moet naadloos aansluiten op bestaande migratieroutes van deze soorten in het achterland (houtwallen, heggen, greppels, ruige wegbermen etc.).

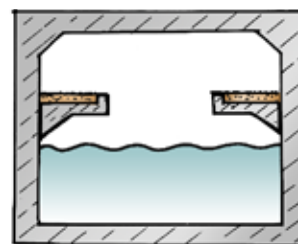
Speciale aandachtspunten

- De directe omgeving van de brug (oeverzones, bermen en andere geleidende elementen naar het achterland) moet vrij zijn van barrières (hekken, gemalen, watergangen met harde beschoeiing, secundaire wegen etc.). Als deze toch aanwezig zijn, moeten ze eveneens worden gemitigeerd door het aanleggen van extra oeverstroken, uittreepplaatsen, loopplanken, extra faunabuizen etc.
- Let erop dat bij hoge waterstanden altijd een deel van de oeverstrook droog blijft. Ondanks dat een vlakke oeverstrook de voorkeur heeft boven een steil talud, kan een sterk fluctuerende waterstand op een bepaalde locatie reden zijn om de doorgetrokken oever toch steil aan te leggen (een hoek tot ca. 25° wordt nog gebruikt door doelsoorten, zoals bunzing, steenmarter en vos). Zodoende is de oeverstrook bij een lage waterstand breed en steil (maar droog) en bij een hoge waterstand smal en steil (maar droog). Een vlakke en lage oeverstrook zou in dit geval geheel onder water komen te staan. Indien slechts incidenteel sprake is van hoge waterstanden is het geen probleem om toch vlakke, lage oeverstroken aan te leggen. Oeverstroken die nu en dan onder water staan, vormen geen serieus knelpunt voor de fauna. De barrièrewerking is pas wezenlijk indien een oeverstrook (vrijwel) altijd onder water staat.
- Met name steile oeverstroken langs matig tot snelstromende waterlopen zijn gevoelig voor erosie. Afkalven kan worden voorkomen door de (aarden) oever te voorzien van keien of basaltblokken teneinde de grond beter vast te leggen. Als dit onvoldoende duurzaam blijkt, kan worden gekozen voor de aanleg van een metalen of betonnen beschoeiing waarachter vervolgens de grond van de doorlopende oever wordt gestort. Als er voldoende ruimte is kan het aanbrengen van een vooroever van basaltblokken een alternatief zijn, waarachter het oeversubstraat (aarde) wordt gestort. In dit geval blijft de doorlopende oever ook onder de brug voor fauna uitreedbaar, hetgeen voor een soort als de otter wenselijk is. Otters in Denemarken passeren een barrière (tweebaansweg) namelijk liever bovenlangs (dus rennend over de weg) dan zwemmend onder de brug door als daar geen uitreedmogelijkheid aanwezig is. Als een oeverstrook bestaande uit basaltblokken aanwezig is, zwemmen de otters vervolgens weer wel onder de brug door of gebruiken de loopstrook zelf; in ieder geval prefereren ze nu de onderdoorgang boven het bovenlangs de weg over te steken (informatie A. Madsen).

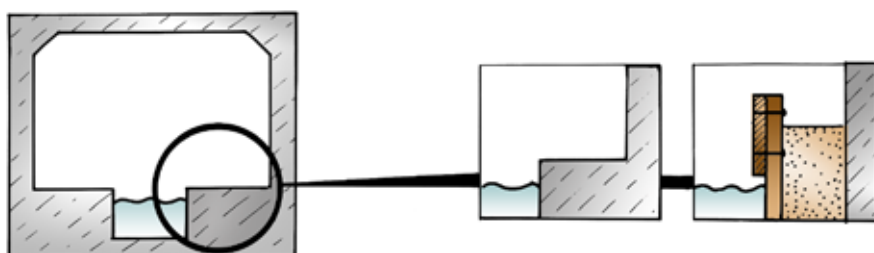


A: 0,50 - 0,70 m
B: 0,60 m

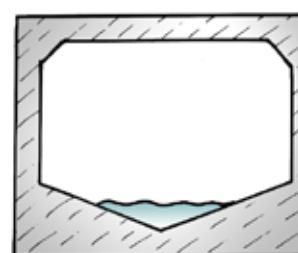
Figuur 8.52 Prefab duiker met betonnen loopstroken.



Figuur 8.53 Geïntegreerde betonnen loopstroken met opstaande rand en gronddek.



Figuur 8.54 Geïntegreerde looprichel of opgevulde ruimte achter damwand.



Figuur 8.55 Duiker met V-profiel.



Figuur 8.56 Ecoduiker met aan beide zijden een loopstrook waarin grond is aangebracht.



Figuur 8.57 Voorbeeld van een geïntegreerde betonnen looprichel met opstaande rand en gronddek.



- Wees zowel bij het ontwerp als bij het beheer en onderhoud alert op (ongewenst) medegebruik door mensen. Doorgetrokken oevers onder bruggen worden zeer regelmatig gebruikt door kanoërs (die hier bijvoorbeeld schuilen tegen de regen), nachtvisser, zwervers, stropers (als 'sluiproute') en hangjongeren. Dergelijke personen kunnen de locatie langdurig bezet houden; meestal tijdens de nachtelijke uren, wanneer de doelsoorten actief zijn. Bovendien laten zij dikwijls afval achter en beschadigen ze de oevervegetatie en het oeverprofiel. Het aanbrengen van een hekwerk met verticaal traliewerk (wel toegankelijk voor fauna, niet voor mensen) kan uitkomst bieden. Tijdens ijsvorming worden doorlopende oevers ook gebruikt door kluners (vaak is ijs onder de onderdoorgang afwezig of onbetrouwbaar). Het effect hiervan op gebruik door fauna wordt verwaarloosbaar geacht: kluners vindt gemiddeld slechts gedurende een zeer korte periode van het jaar plaats, in een periode dat doelsoorten weinig actief zijn en bovendien uitsluitend overdag.
- Om misbruik tijdig te signaleren moet inspectie en onderhoud in vergelijking met een 'normale' brug (zonder functie als faunapassage, zonder oeverstrook) vaker worden uitgevoerd. Ook vraagt de vegetatie meer onderhoud (maaien, snoeien, bijplanten) dan bij normale bruggen.

8.2.5 Duiker met loopstroken

Algemene beschrijving en doelen

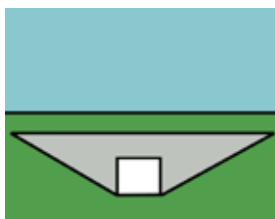
Duikers zijn ontworpen voor de tijdelijke en permanente afvoer van water. Indien duikers een deel van het jaar droog staan, worden deze vaak gebruikt door kleine diersoorten. Door het aanbrengen van loopstroken of loopplanken in bestaande duikers of gebruik van zogenaamde 'ecoduikers' (geprefabriceerde duikers met loopstroken) kunnen deze ook worden gebruikt bij hogere waterstanden. In deze paragraaf wordt ingegaan op nieuw aan te leggen (eco)duikers met geïntegreerde loopstroken van bijvoorbeeld beton of kunststof. In § 8.2.11 wordt de aanpassing van bestaande duikers (met bijvoorbeeld houten loopplanken) behandeld.

Doelsoorten

Duikers met loopstroken worden vooral gebruikt door kleine grondgebonden zoogdieren zoals bunzing, hermelijn en muizen en in mindere mate egel en konijn. Ook vleermuizen, reptielen, amfibieën en vissen maken gebruik van (eco)duikers. Gebruik door vleermuizen en vissen is in vergelijking tot de andere soortgroepen niet gerelateerd aan de aanwezigheid van een loopstrook.

Locatie en locatiekeuze

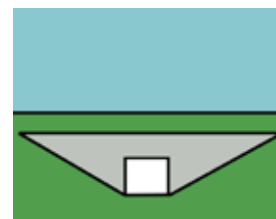
De locatie sluit in principe aan op bestaande waterlopen. Voor optimalisatie van de te ontsnipperen locatie, bijvoorbeeld in relatie tot de kenmerken van het achterland, kan het wenselijk zijn om de waterloop (iets) te verleggen. Aangezien met de aanleg van (eco)duikers doorgaans kleine waterlopen gemoeid zijn, is deze beperkte herinrichting van het landschap in veel gevallen logistiek en financieel haalbaar (als minimaal onderdeel van de totale nieuwbouw).



Figuur 8.58 Ecoduiker.



Figuur 8.59 Amfibieëntunnel onder spoor (foto: Maarten van Vuurde).



Ontwerp en afmetingen

Er zijn verschillende ontwerpen mogelijk:

- Prefab met betonnen loopstroken boven het waterniveau (zie figuur 8.52).
- Prefab met geïntegreerde betonnen loopstroken met opstaande rand en gronddek (zie figuur 8.53); de grondlaag is 3 tot 5 centimeter dik.
- Overige prefab-constructies met massieve looprichels vanuit de bodem van de ecoduiker (zie figuur 8.54 en 8.55).

De loopstroken hebben een breedte van $> 0,30$ meter afhankelijk van de doelsoorten. Zie § 8.2.11 voor een overzicht. Vuistregel is: hoe breder de loopstrook, hoe groter het aantal doelsoorten dat er gebruik van maakt. Uitsluitend voor wezel en egel is overigens statistisch aangetoond dat het verbreden van loopplanken (in een 'before-after'-vergelijking) een positief effect had op de frequentie van gebruik: planken met een oorspronkelijke breedte van 30 of 40 cm (soms 50 cm), die werden verbreed naar minimaal 70 cm breed, werden nadien significant frequenter gebruikt door wezel en egel (o.a. Brandjes *et al.*, 2001).

De overgang van de bodem van watergang naar de prefab-constructie dient geen barrière te vormen voor vissen en andere onderwaterorganismen: geen te hoge 'traprede', geen waterval. Zorg daarom voor een goede aansluiting van de bodem van de watergang op de bodem van de prefab-constructie zonder niveauverschillen.

Overige (niet prefab) constructies die separaat worden aangebracht vormen doorgaans aanpassingen aan bestaande kunstwerken en worden behandeld in § 8.2.11.

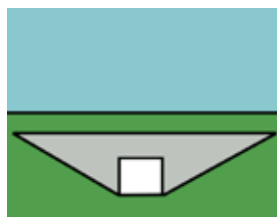
Inrichting, geleiding, materiaalgebruik en speciale aandachtspunten

Aspecten ten aanzien van inrichting, geleiding en materiaalgebruik en speciale aandachtspunten komen overeen met die van het aanpassen van bestaande duikers en bruggen voor medegebruik door fauna door middel van loopplanken en dergelijke. Verwezen wordt daarom naar § 8.2.11.

8.2.6 Kleine faunatunnel

Algemene beschrijving en doelen

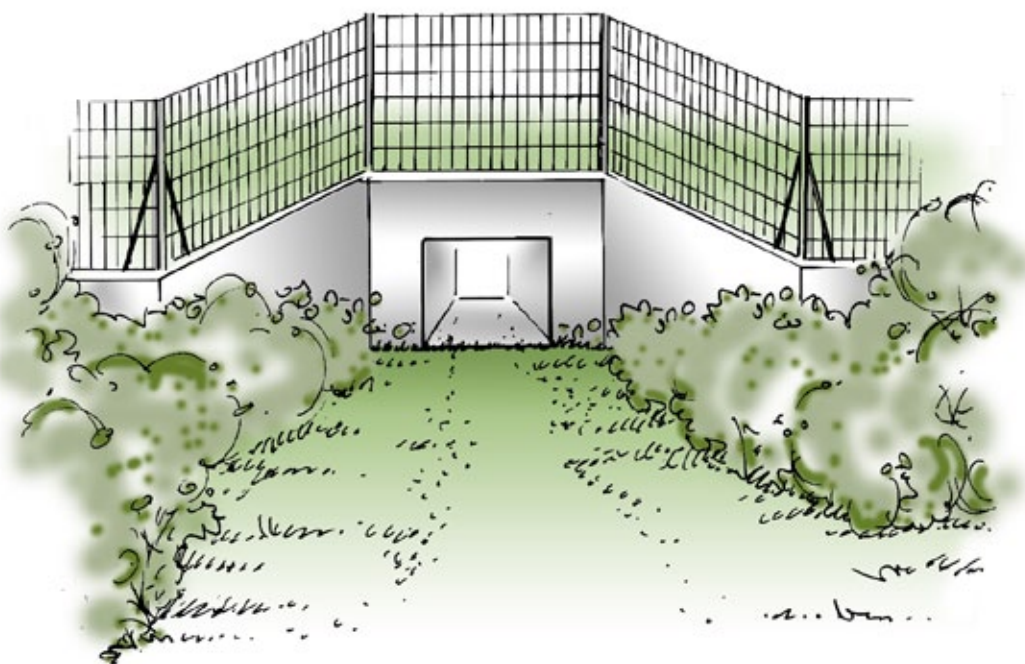
Kleine faunatunnels zijn buizen of rechthoekige, droge duikers die zijn bedoeld voor kleine tot middelgrote landgebonden diersoorten (tunnels die een afmeting hebben waarbij ook regelmatig gebruik door reeën gewenst is, bepalen de arbitraire grens naar 'grote faunatunnels', groter dan 2×2 meter). Een kleine faunatunnel wordt ook vaak kleinwildtunnel, amfibieëntunnel, dassentunnel, bevertunnel of faunabuis genoemd, afhankelijk van eventuele specifieke doelsoorten (das, amfibieën, etc.) en/of vormgeving (vierkant, buisvormig). Kleine faunatunnels bestaan meestal uit beton, staal of kunststof (glad of gegolfd).



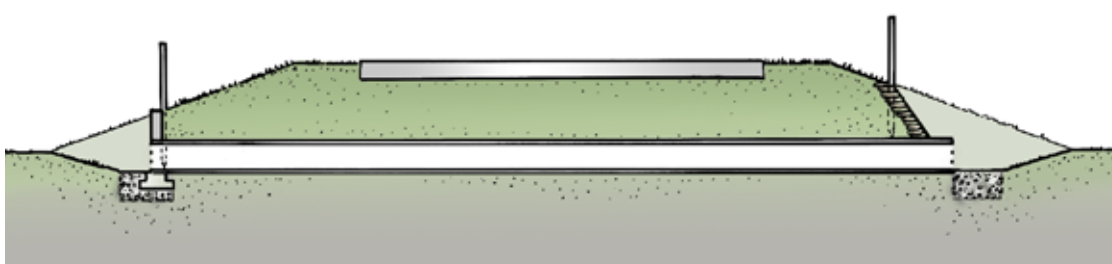
Figuur 8.60 Rechthoekige faunatunnel.



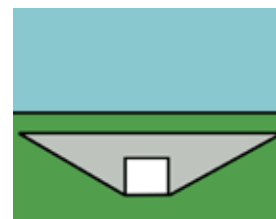
Figuur 8.61 Rechthoekige kleine faunatunnel.



Figuur 8.62 Kleine faunatunnel met optimale geleiding.



Figuur 8.63 Lengtedoorsnede kleine faunatunnel.



Doelsoorten

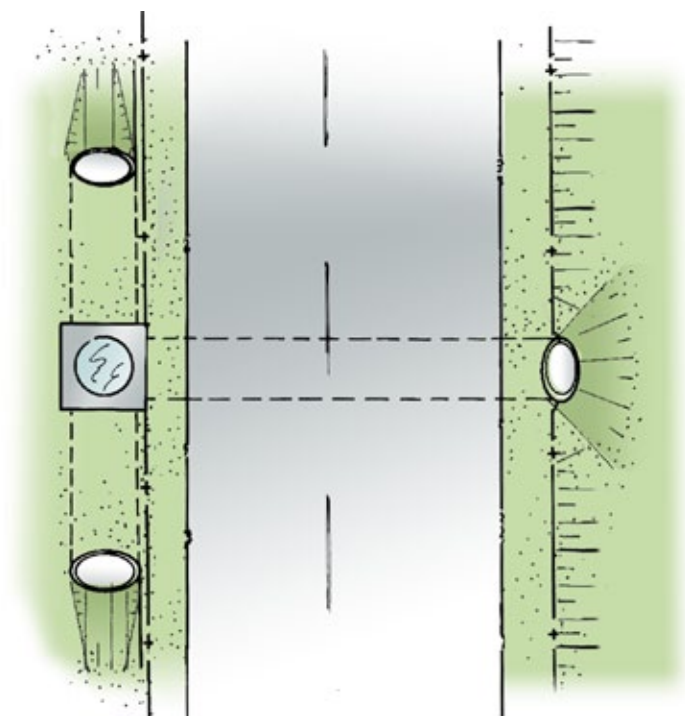
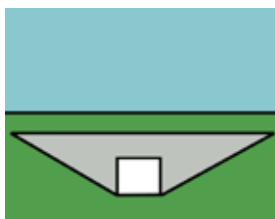
Vos, alle marterachtigen, bever, egel, konijn, (spits)muizen, vleermuizen (uitsluitend de grootste typen 'kleine' faunatunnels van ca. 2 x 2 meter), reptielen en amfibieën. Let er echter op dat soorten elkaar bij frequent gebruik kunnen uitsluiten. Vossen eten konijnen, dassen eten egels, bunzingen eten kikkers. Het is dus niet altijd mogelijk om met één tunnel alle doelsoorten even effectief van dienst te zijn.

Locatie en locatiekeuze

Kleine faunatunnels kunnen worden aangelegd op plaatsen waar de weg boven of op maaiveldniveau ligt en ook onder het maaiveld indien de grondwaterspiegel voldoende diep ligt. De tunnels moeten zo goed mogelijk aansluiten op bestaande verbindingroutes, bestaande landschapselementen en/of locaties waar veel faunaverkeersslachtoffers vallen. Meestal zijn meer tunnels op een regelmatige afstand van elkaar noodzakelijk. Dit geldt met name als de doelsoorten territoriaal zijn, zoals dassen. In dat geval kan één tunnel worden opgeëist door één familiegroep, waarbij gebruik door de burens wordt uitgesloten. Voor de afstand tussen twee opeenvolgende dassentunnels geldt een richtlijn van maximaal 250 meter. Ook zijn meer tunnels op eenzelfde traject nodig als de barrière lang is, zoals bij massale paddentrek. Voor de afstand tussen twee opeenvolgende amfibieëntunnels geldt een richtlijn van maximaal 60 meter voor tunnels met een loodrechte geleiding aan de tunnelmonden en maximaal 100 meter voor tunnels met een V-vormige geleiding aan de tunnelmonden.

Ontwerp en afmetingen

- Rechthoekige duikers hebben voor amfibieën en veel soorten zoogdieren de voorkeur. De rechte wanden vormen een betere geleiding, het loopoppervlak is relatief groter en toeleidende rasters en schermen sluiten beter aan. De loopstrook heeft in principe dezelfde breedte als de binnenruimte van de voorziening zelf; dit wordt bij ronde tunnels pas bereikt als het substraat tot halverwege de hoogte van de tunnel staat (doorgaans is deze grondlaag minder hoog, zeker halverwege de buis).
- Buizen zijn meestal goedkoper dan rechthoekige duikers en kunnen vaak gemakkelijk onder een bestaande weg worden geperst. Smallere buizen zijn uiteraard makkelijker door te persen dan bredere buizen. Doorpersing is mogelijk tot een diameter van circa 3 meter.
- Voor rechthoekige duikers zijn prefab-elementen verkrijgbaar. Deze elementen moeten naadloos op elkaar aansluiten. Dit is met name van belang om de faunapassage waterdicht te houden. Rechthoekige duikers dienen in open sleuf te worden aangelegd. De verkeershinder hierdoor neemt extra kosten met zich mee.
- De bodem van een ronde buis kan eerst met een dun laagje cement van enkele cm's worden aangevuld om een groter loopvlak te krijgen. Dit heeft het voordeel boven aanvulling met aarde dat de laag niet kan wegspoelen. Op deze laag cement wordt na uitharding een laagje aarde (5 à 10 cm) aangebracht.



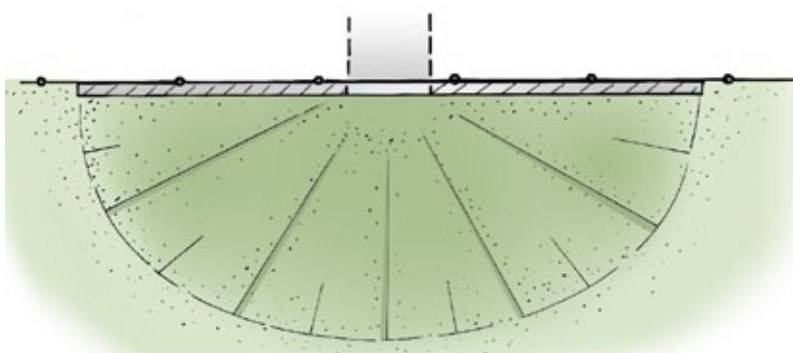
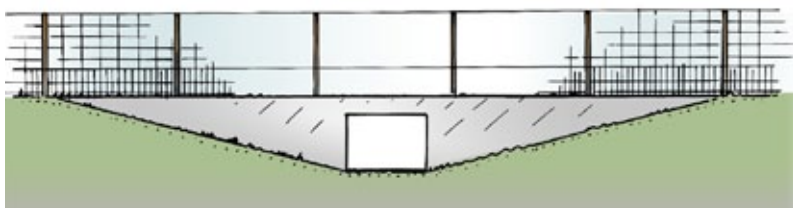
Figuur 8.64 Constructie met zijingangen wordt toegepast op plaatsen waar in de wegberm weinig ruimte is.



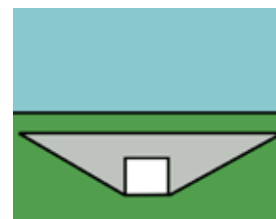
Figuur 8.66 Voorbeeld van ruim gedimensioneerde kleine faunatunnel (kleine tot middelgrote dieren).



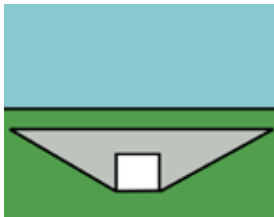
Figuur 8.67 Lichttoetreding kan voor soorten belangrijk zijn.



Figuur 8.65 Een kleine faunatunnel heeft een inlooptalud van maximaal 1:4 in verband met beheer en gebruik door dieren.



- De bodem moet bestaan uit grond (minimaal 0,05 m) eventueel aangevuld met grof materiaal voor extra dekking (bijvoorbeeld kleine stobben of keien in geval van rechthoekige duikers).
- Bij beperkte ruimte eventueel de uitloop parallel aan de rijbaan situeren. Let er ook dan goed op dat het begeleidend raster goed aansluit op de ingangen van de buizen. Dubbele in-/uitloopbuizen komen in de inspectieput samen (zie figuur 8.64). Om te voorkomen dat dieren door de andere inloopbuis weer naar buiten lopen, kan een schot worden geplaatst. De maximale helling van de in-/uitloopbuis bedraagt 10-15 graden (ca. 1:4). Dergelijke steile in-/uitloopbuizen dienen van ruw beton te zijn. Deze hebben voldoende stroefheid en kunnen een laag aarde beter vasthouden. Het aanbrengen van een laag aarde op het beton is van belang om uitdroging van amfibieën te voorkomen.
- Om stagnatie van regenwater in de buis te voorkomen moet deze worden aangelegd onder een klein verhang van minimaal 1,5%, bij voorkeur in de richting van de oorspronkelijke (grond)waterstroming. Een overkapping aan de tunnelingang kan inregenen voorkomen. Mogelijk zijn extra maatregelen bij de ingangen nodig om te voorkomen dat hemelwater alsnog de tunnel instroomt. Denk hierbij aan grindkoffers en dergelijke.
- Hemelwater is niet het voornaamste probleem van onder water staande tunnels. Veelal is het probleem een te hoge grondwaterstand. Bij hoge grondwaterstanden zullen ook tunnels voorzien van grindkoffers onderlopen. De bodem van de tunnel moet het grootste deel van de tijd boven het hoogste grondwaterniveau staan (kortdurende inundaties kunnen worden getolereerd). Een tunnel dient dus zo hoog mogelijk te worden aangelegd! Degelijk onderzoek naar lokale grondwaterstanden is van groot belang tijdens de planning van (de aanleg van) tunnels. Als hieruit naar voren komt dat de tunnel te dicht onder het wegdek moet komen te liggen om voldoende droog te blijven (waardoor niet langer wordt voldaan aan de eisen vanuit de Richtlijn Boortechnieken van RWS), dan dient van de tunnel te worden afgezien of deze dient (toch lager) in een 100% waterdichte constructie te worden aangelegd (kostbaar, maar afhankelijk van de doelen, doelsoorten en ernst van het knelpunt mogelijk toch wenselijk).
- De tunnelingang mag niet worden verstoord door mensen, huisdieren, vee en kunstlicht en mag niet dichtgroeien / verstopt raken door zwerfvuil.
- Plaats lichtdoorlatende deksels op inspectieputten.
- Om in smalle tunnels grote verschillen tussen binnen- en buitenklimaat te voorkomen (en plaatselijk zonlicht in te kunnen laten) kan een deel van de tunnel (bijvoorbeeld in de middenberm van snelwegen) of de gehele tunnel (bijvoorbeeld onder lokale wegen in reptielengebieden) van boven voorzien worden van gaten in het beton (marginale lichtinval) of geheel bestaan uit een "U-goot" die wordt afgedekt met een rooster (omvangrijke lichtinval). Dergelijke lichtdoorlatende tunnels kunnen niet worden toegepast bij snelwegen, maar in specifieke gevallen wel bij spoorwegen (informatie ProRail). Daarnaast hebben open constructies het voordeel dat ze minder gevoelig zijn voor hogere grondwaterstanden of stagnerend water na perioden van overvloedige regenval. Deze oplossing is uiteraard alleen toepasbaar voor diersoorten die zich door



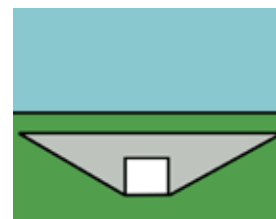
Figuur 8.68 Ronde faunapassage van gegolfde kunststof.



Figuur 8.69 Herpetoduct op de Elspeetse Heide

Type constructie	Lengte van de tunnel					
	<10 meter	10-20 meter	20-30 meter	30-40 meter	40-50 meter	50-60 meter
Rechthoekige tunnel						
breedte:	0,4-0,5 meter	1,0 meter	1,5 meter	1,75 meter	2,0 meter	2,25 meter
hoogte:	0,4-0,5 meter	0,75 meter	1,0 meter	1,25 meter	1,5 meter	1,75 meter
Buis (diameter)	0,6-0,6 meter	1,0 meter	1,4 meter	1,6 meter	2,0 meter	2,4 meter
Prefab half rond						
breedte:	0,5-0,6 meter	1,0 meter	1,4 meter	1,6 meter	-	-
hoogte:	0,4-0,5 meter	0,7 meter	0,7 meter	1,1 meter	-	-

Figuur 8.70 Overzicht minimale afmetingen van amfibieëntunnels gerelateerd aan type constructie en lengte.



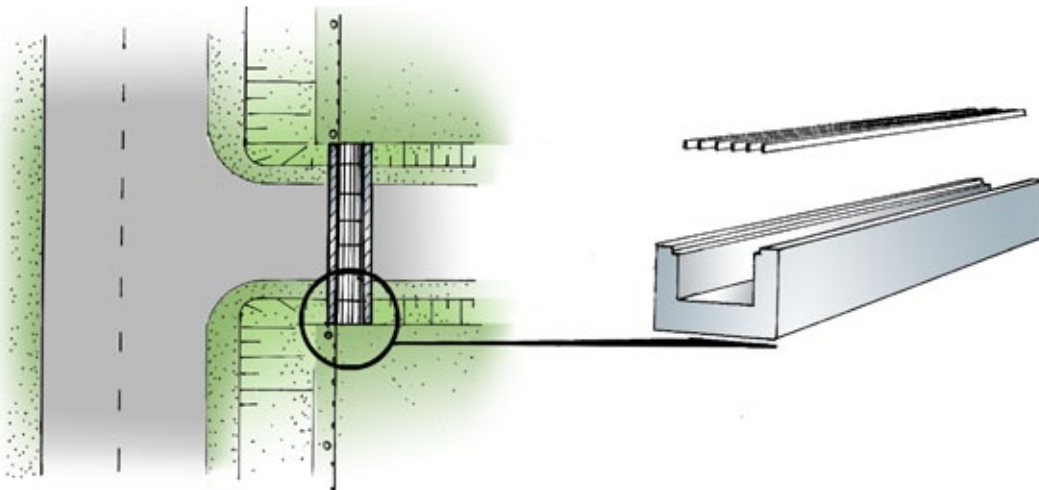
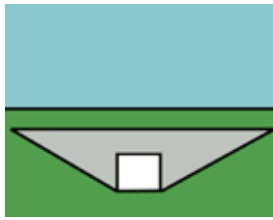
het overrassende verkeer niet laten storen of in wegen met een lage verkeersintensiteit of zelfs geen verkeer gedurende momenten dat de tunnel voornamelijk door de doelsoorten wordt gebruikt (bijv. 's nachts). In het Fochtelooërveen zijn deze tunnels met succes aangelegd: de aanzienlijke aantallen slachtoffers onder reptielen hier (98 van 510 faunaverkeersslachtoffers in 7 maanden in 1999) zijn drastisch teruggelopen tot nog slechts enkele daar waar geleiding niet optimaal gerealiseerd kon worden (bij boerenerven en dergelijke). Reptielen zijn hier regelmatig in de tunnels waargenomen (Mulder, 2005).

De minimale afmetingen van de tunnel worden niet alleen bepaald door de grootte van de doelsoorten, maar in belangrijke mate ook door de lengte van de tunnel. Hoe langer de tunnel, hoe groter de doorsnede moet zijn. Dit heeft met name te maken met het microklimaat en voor een aantal soorten ook met de lichtinval in de tunnel. Bij zeer lange tunnels wordt het verschil tussen binnen- en buitenklimaat dermate groot dat amfibieëngebruik reduceerd wordt tot nul. Bij lange tunnels zien visueel ingestelde soorten het andere uiteinde niet, wat het gebruik kan beperken. Vleermuizen hebben hier geen last van, omdat zij zich met behulp van echolocatie oriënteren. Ook holbewonende soorten als das en konijn worden geacht weinig problemen te hebben met tunnels waarvan ze het andere uiteinde niet zien. De diameter van een buis moet groot genoeg zijn om op de bodem een grondlaag aan te kunnen brengen. In Figuur 8.70 zijn de minimaal vereiste maten voor amfibieëntunnels weergegeven.

In het ballastbed van een spoorlijn ontbreekt doorgaans de ruimte voor het aanbrengen van amfibieëntunnels met de gewenste maatvoering. Hoogte en breedte tussen de dwarsliggers is beperkt. Toch vormen de spoorstaven plus het ballastbed een barrière voor veel kleine diersoorten waaronder amfibieën (Vliegenthart & Zollinger, 2012). Bestaand materiaal dat door ProRail reeds gebruikt wordt als kabelkoker voor leidingen of holle dwarsliggers voor een wisselbediening kan als faunapassage voor amfibieën en kleine zoogdieren ingezet worden (weliswaar niet van de omvang gewenst voor optimaal gebruik, maar de constructies zullen zeker gebruikt worden). Uiteraard dient deze functie goed gecommuniceerd te worden om te voorkomen dat later alsnog kabels door de goten getrokken worden. Voordeel van kokers en holle dwarsliggers is dat het bestaand materiaal betreft dat eenvoudig te plaatsen is en waar de onderhoudsmachines geen hinder van ondervinden. Het onderhoud van deze faunapassages kan meedraaien in het reguliere onderhoud. Speciaal aandachtspunt is dat de constructies niet verstopt mogen raken met stenen uit het ballastbed.

Recentelijk is vastgesteld dat de barrièrewerking van het ballastbed plus spoorstaven niet absoluut is (Goutbeek & Lankhof, 2011). Wel wordt de snelheid van passeren vertraagd en sterft een deel van de overstekende amfibieën door de meezuigende werking van treinen. Van de padden die zich op het ballastbed bevinden sterft 35% tot 70% tijdens een treinpassage. De hoogste sterfte vindt plaats tussen de spoorstaven. Direct buiten de spoorstaven is de kans op sterfte per treinpassage 10%. De elektrische spanning die op de spoorstaven staat, heeft geen invloed op de barrièrewerking of sterfte van amfibieën.

Een specifiek op reptielen ontworpen kleine faunatunnel waarbij zoveel mogelijk (midden) berm bestaat uit niet overdekte 'open lucht' (alleen de rijstroken vormen de overkapping), teneinde temperatuur en de hoeveelheid licht in de tunnel te maximaliseren (de wanden zijn wit geschilderd), betreft het zogenaamde herpetoduct op de Elspeetsche Heide (zie figuur



Figuur 8.71 Ontwerpoplossing voor zijweg; aansluiting scherm of betonwand op roostertunnel



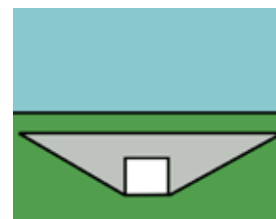
Figuur 8.72 Dassentunnel: door het schuine uiteinde zal het minder snel inregenen.



Figuur 8.73 Maar aan één kant van de tunnel een raster, waardoor dieren nog steeds het spoor over kunnen steken.



Figuur 8.74 Dassentunnel met goede aansluiting op raster.



8.69). Door dit ontwerp is de onderdoorgang zeer geschikt voor zonminnende reptielen. In 2011 zijn zowel levendbarende hagedis als zandhagedis in het herpetoduct vastgesteld.

Een andere recent ontwikkelde optie voor soorten waarvoor een donkere tunnel minder geschikt is (bijvoorbeeld zandhagedis), is de zogenaamde Comfort Animal Transfer (CAT) tunnel (Arcadis, 2011). Een CAT-tunnel laat natuurlijk licht invallen zonder dat het een open dakconstructie heeft. De lichtdoorlatendheid van het beton wordt mogelijk gemaakt door het aanbrengen van optische vezels in de dekplaat (diameter 3 mm per vezel; 1500 vezels per strekkende meter tunnel). De optische vezels vangen licht op onder een hoek van 60 graden. Door het vergroten van het oppervlak neemt de lichtopbrengst toe. Hierdoor wordt 5% van de lichtbron doorgegeven via de optische vezels. De lichtdoorlatende tunnel kan daarmee ook een oplossing bieden in het geval er begroeiing gewenst is in de tunnel (bijvoorbeeld voor boomkikker die zich bij voorkeur verplaatst via struweel).

Voordelen CAT-tunnel ten opzichte van reguliere kleine faunatunnels met een roosterdek:

- geen roosters die na verloop van tijd loslaten en lawaai gaan maken (overlast voor fauna en omgeving);
- minder onderhoud nodig omdat geen blad, zwerfvuil, strooizout en regenwater in de tunnel terecht komt via de dekplaat (drogere tunnel betekent ook minder algengroei van binnen = meer helderheid);
- ook toepasbaar in rijkswegen waar normaliter geen 'open' tunnelconstructie kan worden toegepast vanwege de veiligheid.

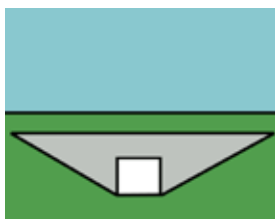
De combinatie van een lichtdoorlatende betonnen afdeklaag (GSO Development BV) en warmtevasthoudend materiaal (Salca BV) leidt tot een aantrekkelijk binnenklimaat in de tunnel voor amfibieën, reptielen en andere warmteminnende soorten. Daarnaast blijft de tunnel tegelijkertijd ook geschikt voor andere soorten die wel gebruik maken van reguliere (open)tunnelconstructies.

Inrichting en geleiding

Langs de weg moeten geleidende rasters of schermen worden geplaatst die goed aansluiten op de ingang van de tunnel. De ingang mag niet uitsteken (zie figuur 8.72). Breng eventueel een extra aarden wal aan om een goede aansluiting te maken. In § 8.4 wordt uitgebreid op rasters en schermen ingegaan. Belangrijke punten om hier te noemen zijn:

- Let op nabij gelegen zijwegen en perceelstoegangen. Het raster of andere aanvullende voorzieningen (zie figuur 8.71) moeten voorkomen dat dieren niet via deze 'hiaten' alsnog op de (spoor)weg komen.
- Let op dat in de rasters ook terugkeervoorzieningen zijn opgenomen voor individuen die per ongeluk aan de verkeerde kant van het raster of scherm zijn beland.

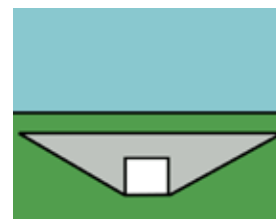
De geleiding in het aanloopgebied van de voorziening moet aansluiten op bestaande verbindingsroutes en leefgebieden in het achterland. Gebruik bij voorkeur dezelfde materialen en structuren als in het achterland.



Figuur 8.75 Kindvriendelijke tunnel met rooster.



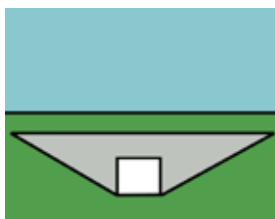
Figuur 8. 76 Door aanrijding ingeklapte buis.



Naast geleiding kan ook de directe omgeving van de ingang voor de doelsoorten aantrekkelijk worden gemaakt. Een droge greppel met bladmateriaal loodrecht op de ingang trekt amfibieën aan. Struiken of andere hoge vegetatie in een overigens lege omgeving trekt eveneens veel diersoorten aan ('lokstruweel'). Let er wel op dat de struiken niet zo dicht tegen het raster/scherm staan dat de dieren via de struiken over het raster/scherm kunnen klimmen.

Speciale aandachtspunten

- Een kleine faunautunnel mag niet te dicht onder het asfalt of de Bovenkant Spoorstaaf (BS) komen te liggen (Richtlijn Boortechnieken RWS, respectievelijk Ontwerpvoorschriften voor Kunstwerken Prorail). Voor spoorwegen geldt dat de afstand tunnelplafond – BS minimaal 1,80 meter moet zijn (1,50-1,80 meter in uitzonderingssituaties waarbij onderbouwd moet zijn dat de specifieke voorziening geen nadelige invloed heeft op de spoorligging). Deze vereiste kan conflicteren met de wens om de tunnel zo hoog mogelijk in het talud aan te brengen in verband met de plaatselijke grondwaterstand.
- De ligging van een faunapassage onder het spoor dient minimaal 10 meter bij andere kunstwerken vandaan te liggen.
- Kleine faunatunnels onder spoorwegen moeten zijn gemaakt van beton of van glasvezelversterkt kunststof (GVK). Stalen buizen mogen niet worden toegepast; deze kunnen 'opgegeten' worden door zwerfstromen (elektrische stromen die een andere weg nemen dan de gewenste stroomkring). In verband met kans op ongelijkmatige zettingen (verzakkingen van de grond) en de grote gevolgen daarvan voor de veiligheid en beschikbaarheid van het spoor worden bij bestaande spoorwegen in principe ronde tunnels toegepast en geen vierkante constructies. Rond heeft een gunstiger effect op de spoorbaan dan vierkant. Vierkante / rechthoekige constructies zijn wel toegestaan, mits voldoende diep onder de BS aangebracht en voorzien van overgangsconstructies. Exacte voorwaarden zijn te vinden in de ProRail ontwerpvoorschriften (serie OVS00030).
- De tunnel moet toegankelijk zijn voor inspectie: indien nodig wordt een inspectieput aangebracht (zie § 8.6.2). Het talud bij de ingang van de buis heeft in verband met beheer een maximale hellingshoek van 1:4.
- Voorkom door tijdige inspectie en onderhoud en dat de tunnel verstopt raakt of permanent onder water staat. Let tijdens de inspectie dus vooral op zwerfvuil, opgehoopt bladmateriaal en stagnerend water. Een zaklamp is vaak niet voldoende, een tennisbal aan een touw de tunnel in gooien / rollen maakt vaak veel duidelijk zodra deze er weer nat uitkomt. Beter is het om iedere twee jaar de binnenzijde van de tunnel geheel te laten inspecteren door een rijdende robot.
- Ook de vegetatie rondom de tunnelingangen moet goed worden beheerd. Enerzijds moet de ingang van de tunnel voor de doelsoorten toegankelijk blijven, anderzijds moet de vegetatie nabij de ingang voldoende dekking bieden. Dit vergt doorgaans een jaarlijkse onderhoudsbeurt.



Figuur 8. 77 Amfibieënroostertunnel onder dwarsweg, waarbij de vegetatie, die nu als opstapje kan worden gebruikt, dient te worden verwijderd



8.78 Ingang amfibieëntunnel met betonnen geleidingswand, rechthoekige tunnels hebben de voorkeur.



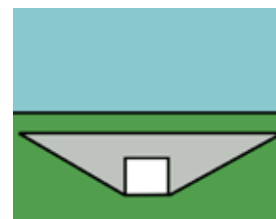
Fig. 8.79 Goede geleiding ontbreekt.



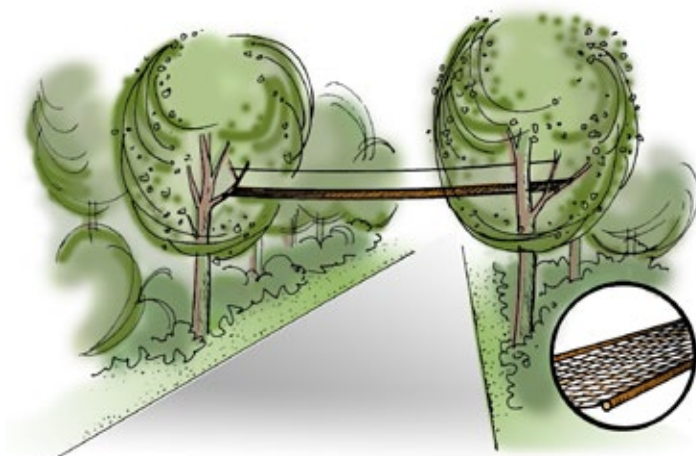
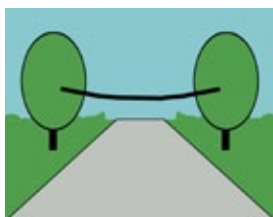
8.81 Voor amfibieën is extra geleiding naar de tunnelingang belangrijk (twee deels ingegraven kunststof platen).



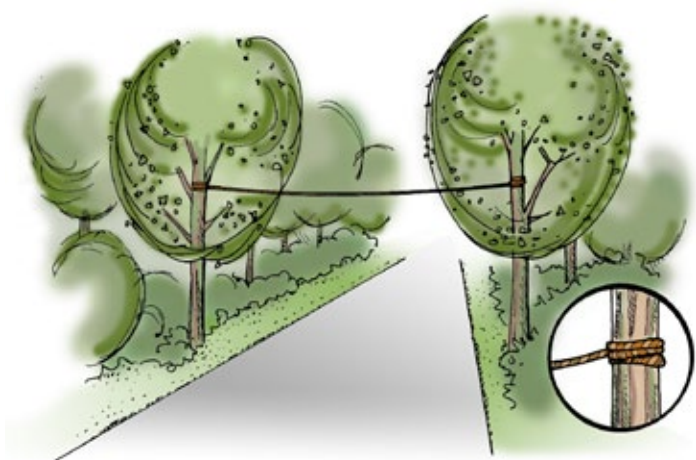
Fig. 8.80 Buis zonder aansluitende geleiding; locatie lijkt ook zonder deze buis prima te kunnen functioneren als faunapassage.



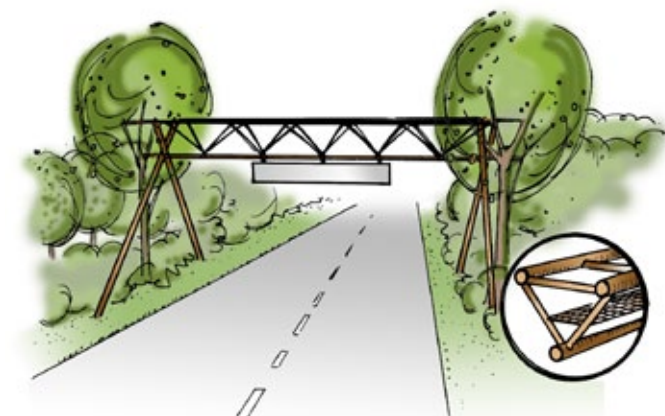
- Zorg tijdens inspectie en onderhoud voor goede werkafspraken, zodat werkpoorten niet open blijven staan en geconstateerde verstoppingen door zwerfvuil etc. direct worden opgeheven. Een (stalen) faunabuis die geheel onder water staat, functioneert niet of nauwelijks als faunapassage. Hoewel stagnant water in een faunabuis zeer hardnekkig kan zijn, zelden spontaan verdwijnt (verdampt) en lastig te verwijderen is, moet alles in werking worden gesteld om de buis weer droog te krijgen (anders: handhaving knelpunt, versterking barrièrewerking want de rasters werken wél, weggegooid geld).
- Op locaties die dicht bij de bebouwde kom liggen bestaat het risico dat kinderen in de tunnelbuis kruipen. Door een rooster (zie figuur 8.75) in de tunnelingang te plaatsen, kan dit worden voorkomen. Indien tunnels een diameter hebben van 0,4 meter of meer en in of nabij de bebouwde kom liggen, moet zo'n rooster zeker worden aangebracht. De grootte van de opening in het rooster moet afgestemd zijn op de doelsoorten. Ook de inspectieputten moeten kindveilig en vandalismebestendig zijn.
- Er mogen geen obstakels in en in de buurt van de ingang voorkomen.
- Een betonnen bodem mag niet onbedekt zijn. Dit maakt de tunnel ongeschikt voor amfibieën. Het beton onttrekt vocht aan met name jonge exemplaren, die daardoor worden vastgezogen en sterven. Het beton altijd met een laagje aarde of zand bedekken.
- Faunatunnels bedoeld voor de grotere soorten (marters, vos) mogen door niveauverschillen geen val worden voor kleinere soorten.
- Indien blijkt dat een kleine faunatunnel door een bepaalde predatorsoort (bijvoorbeeld das) dermate frequent wordt gebruikt dat gebruik door andere (prooi)soorten als egel of amfibieën wordt verhinderd, is het te overwegen om een tweede kleine faunatunnel (bij voorkeur van een ander type) pal naast de eerste aan te leggen om de prooidieren een alternatief te bieden.
- Benut bij gescheiden rijbanen de middenberm als goot met afdekrooster of als uitgerasterde steile greppel zodat de lengte van de tunneldelen onder de rijbanen beperkt blijft. Let bij de aanleg goed op de afwatering van de weg (mag niet afwateren op de middenberm).
- Bij 'open' amfibieëntunnels (met rooster) kunnen problemen ontstaan door strooizout. Dit probleem is op te heffen door de voorziening na de winter door de brandweer schoon te laten spoelen. Hiermee zijn uiteraard kosten gemoeid die vooraf in een beheer- en onderhoudsplan dienen worden te begroot.
- Probeer verschillende voorzieningen te combineren. Bijvoorbeeld een kleine faunatunnel in een verkeersdrempel of in een wildrooster. Zo komt de faunatunnel hoger boven het grondwaterniveau te liggen en is tegelijkertijd sprake van een snelheidsbeperkende maatregel die - bijvoorbeeld - de kans op aanrijdingen met vogels en vleermuizen verlaagt.
- Streef bij de aanleg van faunatunnels naar eenvoud! Hoewel ook complexe constructies door fauna worden gebruikt (maar mogelijk minder frequent of door minder soorten; dit wordt momenteel – zomer 2011 – statistisch onderzocht), is het



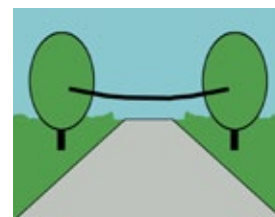
Figuur 8.82 Boombrug (net).



Figuur 8.83 Boombrug (touw).



Figuur 8.84 Voor passage van boommarters en eekhoorns aangepast portaal.



vanuit kostenoverwegingen en beheer & onderhoud wenselijk om zoveel mogelijk rechte, eenvoudige tunnels aan te leggen zonder inspectieputten, bochten, knikken etc.

- Indien een kleine faunatunnel niet lijkt te functioneren doordat deze permanent onder water staat, hoeft niet direct sprake te zijn van een weinig waardevolle situatie! In 2009 bleek dat 16 van de 20 speciaal voor rugstreeppadden aangelegde droge kleine faunatunnels onder de Betuwroute bij Groessen door een kapotte pomp onder water stonden. In korte tijd bleken zich in alle 16 tunnels kamsalamanders gevestigd te hebben (De Gelderlander, 3 maart 2009)! Hoewel deze situatie per ongeluk is ontstaan, zouden soortgelijke situaties doelbewust gecreëerd kunnen worden op locaties waar zowel migratie door het landschap als het creëren van nieuw voortplantingswater wenselijk is (afwisseling van droge en natte tunnels). Zie ook § 8.2.4.

8.2.7 Boombrug

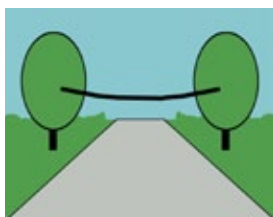
Algemene beschrijving en doelen

Voor klimmende soorten als boomarter, slaapmuizen (komen alleen voor in Zuid-Limburg) en eekhoorn zijn speciale voorzieningen over de (spoor)weg nodig. Deze soorten worden door rasters en hekken niet tegengehouden. Zij klimmen er overheen. Onder boomarters en eekhoorns vallen dan ook relatief veel faunaverkeersslachtoffers.

Boombruggen worden ook door vleermuizen als geleidend element op hun vliegroute gebruikt; ze vliegen er op korte afstand langs of overheen. Hetzelfde is waargenomen bij portalen voor verkeersborden. De ontwikkeling van speciaal voor vleermuizen gespannen gaas-/netwerk over brede infrastructuur is hierop gebaseerd (zie onder § 8.2.8 Hop-over). Voor gebruik door vleermuizen is het van belang dat er 's nachts niet of nauwelijks licht op de constructie en de omringende bomen valt. De meeste soorten vleermuizen mijden namelijk licht op hun vliegroute.

Uit de beperkte binnen- en buitenlandse ervaring die er is met boombruggen kan worden geconcludeerd dat deze door eekhoorns respectievelijk slaapmuizen inderdaad worden gebruikt. Zo werd in 2011 een eekhoorn door Bureau Mulder-natuurlijk op film vastgelegd in een houten goot op een portaal over de N237 bij De Bilt. De boomarter werd daarbij niet op de boombrug vastgesteld, maar wel in het achterland (www.mulder-natuurlijk.nl). Of de boomarter ook gebruik maakt van boombruggen is daarom nog steeds niet bekend. Ook een eerder onderzoek (met een looptijd van vier weken) naar het gebruik van een van de boombruggen in Nederland die speciaal voor boomarters is aangelegd (over de A12 bij Driebergen) leverde geen positief resultaat op (Brandjes *et al.*, 2006).

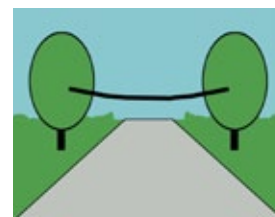
Boomarters zijn zeer moeilijk naar passages te geleiden. Herhaaldelijk is op beeldmateriaal vastgelegd dat boomarters over rasters klimmen (overigens ook na eerst door een faunabuis te zijn gelopen). Maar ook als boomarters slechts incidenteel boombruggen gebruiken levert deze voorziening een wezenlijke afname van het aantal faunaverkeersslachtoffers op.



Figuur 8.85 - 8.86 Aangepast portaal.



Figuur 8.87 Vleermuisportaal.



Doelsoorten

Boommarter, slaapmuizen, eekhoorn, vleermuizen.

Locatie en locatiekeuze

De aanleg van een boombrug is alleen zinvol in een beboste omgeving met populaties van slaapmuizen, boommarters en eekhoorns en/of op plaatsen waar faunaverkeersslachtoffers van deze doelsoorten zijn geconstateerd. Ook plekken waar bomenlanen door infrastructuur worden doorsneden lenen zich voor deze voorziening.

Ontwerp en afmetingen

De keuze van een ontwerp voor boombruggen hangt af van het type infrastructuur. Op kleinere wegen waar de boomkronen elkaar nagenoeg raken kan een touw, touwladder of netwerkconstructie worden aangebracht. Op plaatsen waar de afstand tussen de boomkronen te groot is (kanalen, snelwegen en spoorwegen), moet aan meer stabielere constructies worden gedacht, zoals touwen en kabels waartussen een plank is aangebracht. Een andere optie is de aanpassing van bestaande wegportalen, door het aanbrengen van een loopplank in de constructie. De verbinding met de beplanting in het achterland wordt door middel van touwen of hout (eventueel met tussensteunpunt) gelegd.

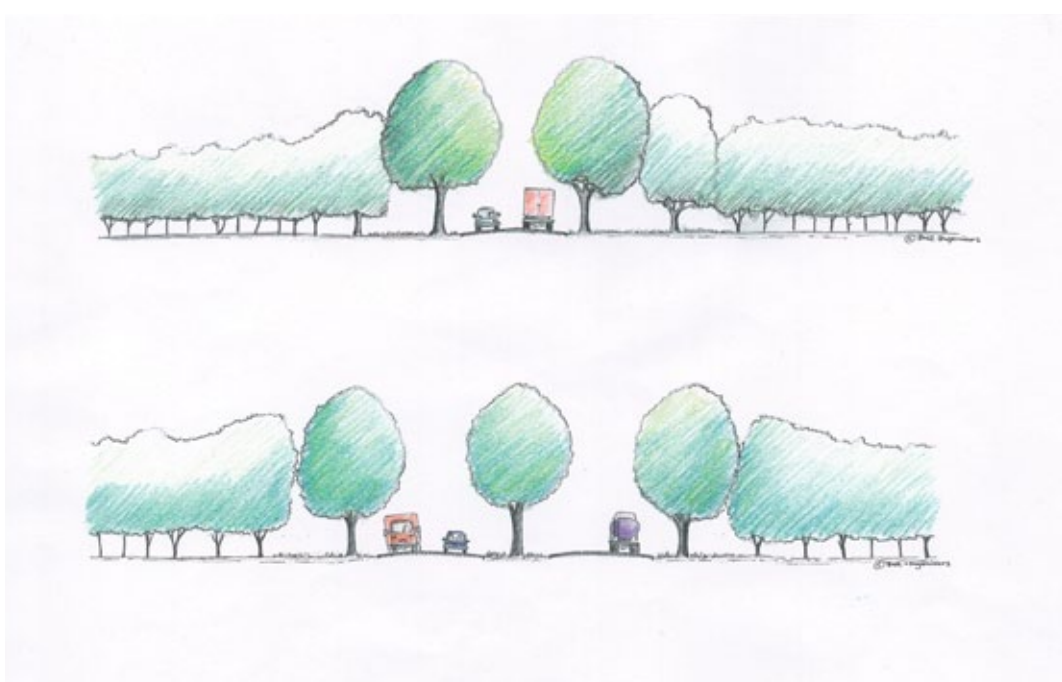
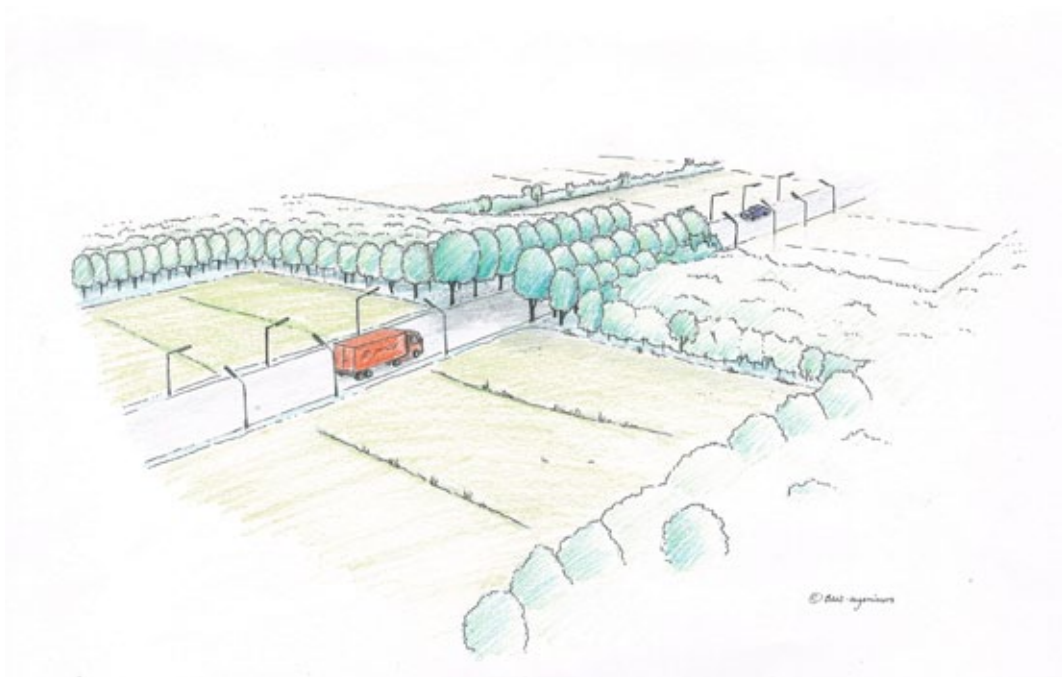
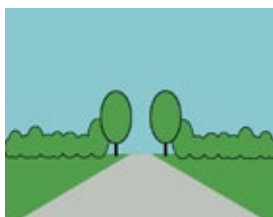
De afmetingen van de voorziening zijn afhankelijk van de breedte van de infrastructuur, welke voorziening wordt gebruikt en welke soort de doelsoort is. Als het om touwen gaat die over de infrastructuur zijn gespannen is de dikte van het touw bepalend voor de soorten die er gebruik van kunnen maken. Eekhoorns gebruiken touwen van 4 tot 10 centimeter dikte; touwladders hebben een breedte van circa 30 centimeter.

Inrichting en inpassing

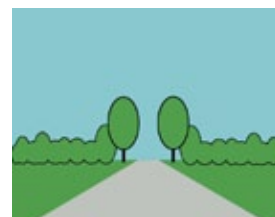
Bij dit type passage is geen sprake van een specifieke inrichting. Wel dient de aansluiting op de omgeving goed verzorgd te zijn door aaneengesloten bos of bomenrijen te behouden of te ontwikkelen.

Speciale aandachtspunten

- Maatregelen om de doelsoorten te behoeden voor predatoren kunnen vooral in open constructies noodzakelijk zijn. Denk bijvoorbeeld aan het aanbrengen van een dun touw vlak boven de passage (tegen aanvallen van roofvogels).
- Om alle doelsoorten van dienst te zijn moet het touw een diameter van minstens 4 cm hebben; het laagste punt van de boombrug hangt minstens 6 meter boven de grond om invloed van het onderliggende verkeer (o.a. luchtturbulentie) te minimaliseren.
- Van belang voor het gebruik door boommarters is dat de constructie via naaldbomen wordt verbonden met het achterland, aangezien deze ook in de winter voldoende dekking bieden in tegenstelling tot bladverliezende loofbomen.
- De veiligheid van weggebruikers moet zijn gegarandeerd.



Figuur 8.88 en 8.89 Hop-over voor vleermuizen, bosvlinders en bosvogels (tekeningen: Jos van de Hurk, BWZ-ingenieurs).



- Zorg ervoor dat wegverlichtingspunten zo ver mogelijk van de boombrug af staan of dat de boombrug goed is afgeschermd tegen het licht.
- Bij het ontwerp en de inrichting moet rekening zijn gehouden met inspectie, onderhoud en monitoring in de gebruiksfase (zie hoofdstukken 7 en 8). Omdat op maar twee plekken in Nederland een boombrug is aangelegd, is hier nog weinig ervaring mee opgedaan.

8.2.8 'Hop-over' voor vleermuizen, vlinders en vogels

Algemene beschrijving en doelen

Op sommige locaties zijn door de aanleg of verbreding van wegen bestaande vaste routes van dieren (waaronder vliegroutes van vleermuizen) onderbroken. Verder kunnen vooral kleine, honkvaste vlinderssoorten infrastructuur moeilijk oversteken door de onderbreking van geschikt habitat (waaronder vaak ook de bermen vallen) en door de luchtturbulenties die door het verkeer worden veroorzaakt. Een oplossing die in ieder geval voor vleermuizen goed werkt is de zogenaamde 'hop-over'. Met behulp van beplanting langs de (spoor)weg, eventueel aangebracht op een talud, worden de dieren gestimuleerd omhoog te vliegen en de infrastructuur op grotere hoogte te passeren. Deze voorziening is ook geschikt voor bepaalde vogelsoorten (m.n. bosvogels) en dagvlinders. Deze soorten zijn minder tot helemaal niet geneigd om infrastructuur via tunnels te kruisen. Een overspanning van metaal / gaas, een touwladder, een serie parallelle touwen met bollen etc. (een zogenaamde 'bat gantry') kan onderdeel zijn van de hop-over, vooral waar de te kruisen infrastructuur breed is en het gat tussen de boomkronen aan weerszijden te groot. De werking van dergelijke 'bat gantries', met of zonder goede aansluiting op het achterland, lijkt vooralsnog echter onvoldoende. Een onderdoorgang in het verlengde van een bestaande vliegroute wordt – indien mogelijk – door vleermuizen altijd verkozen boven oversteken bovenlangs (Berthinussen & Altringham, 2012).

Doelsoorten

Vleermuizen, dagvlinders, bosvogels.

Locatie en locatiekeuze

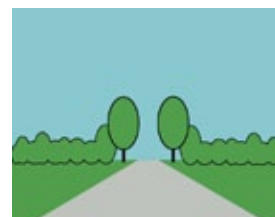
De locatie sluit aan op de bestaande structuur van landschapselementen. In open gebied volgen vleermuizen, vlinders en bosvogels lijnvormige landschapselementen. Daar zijn de routes en de kruisingen met infrastructuur duidelijk in het landschap aan te wijzen. In bos of kleinschalig landschap kunnen de routes echter uitwaaiëren en vliegen de dieren in een breder front door het landschap. Het kan dan nodig zijn het hele snijvlak tussen infrastructuur en doorsneden landschap van een hop-over te voorzien. Indien mogelijk kan de directe omgeving van de infrastructuur zo worden vorm gegeven dat slechts één of enkele kruisingen overblijven, waar dan de voorziening wordt getroffen.

Ontwerp

Aan beide zijden van de weg wordt, zonodig op een verhoging, beplanting aangebracht. Deze beplanting sluit aan op de bestaande landschappelijke structuur. De structuur van de beplanting aan weerszijden van de barrière verschilt per doelsoort (voor een overzicht,



Figuur 8.90 en 8.91 Vanwege bladval en profielvrije ruimte (PVR) is het bij het spoor niet mogelijk om een echte hop-over te realiseren. Door de vegetatie zo dicht mogelijk naast het spoor te plaatsen, zal in ieder geval een deel van de fauna hoog over het spoor vliegen. Als extra voorziening kan een scherm worden geplaatst, zoals langs deze weg die een belangrijke trekroute van vleermuizen kruist (foto boven: ProRail, foto onder: Bert Stegehuis).



zie Limpens, 2009 – Zoogdier 20-3: 5) om ze voldoende hoog via de boomkronen over de infrastructuur te leiden. Sommige soorten, bijvoorbeeld gewone dwergvleermuis en laatvlieger, bewegen zich bij voorkeur langs, onder of boven de boomkronen, zodat het onderste deel van de hop-over uit dichte vegetatie (bijvoorbeeld meidoorn) moet bestaan om ze voldoende hoog via de boomkronen over de infrastructuur te leiden. Andere soorten vliegen bij voorkeur door de vegetatie, bijvoorbeeld franjestaart, zodat het onderste deel van de hop-over juist open moet zijn, bijvoorbeeld bij een bomenlaan zonder ondergroei: bovenin een dichte kroonlaag en onderin kale stammen. Eventueel kan langs de weg een scherm of raster van 4 tot 5 m hoog worden geplaatst om de dieren sowieso te dwingen hoog genoeg over de barrière te vliegen. Bij brede wegen is het raadzaam om ook in de middenberm voor hoog opgaande vegetatie te zorgen, zodat in principe een meerledige hop-over ontstaat. In brede situaties kan ook een overspanning worden toegevoegd aan de hop-over in de vorm van een vleermuisportaal van metaalwerk (een frame, gaaswerk) op palen of een strak gespannen touwladder of netwerk (open structuur: ongevoelig voor harde wind!) over de weg heen.

Inrichting en geleiding

Zie ontwerp. Omdat de meeste vleermuissoorten door licht op hun vliegroute worden afgeschrikt, moet de verlichting van de weglantaarns goed worden afgeschermd, zodat geen licht naar boven of opzij straalt. Gebruik naar beneden gerichte armaturen. Lantaarns die alleen de weg verlichten zorgen er bovendien voor dat dit lage deel wordt gemeden en de vleermuizen omhoog gaan. Een andere mogelijkheid is de hop-over zo ver mogelijk van de weglantaarns te realiseren. Denk hierbij ook aan het vermijden van verlichting van eventuele kruisende wegen en paden.

Speciale aandachtspunten

- In geval van een hop-over over het spoor, dienen de spoorlijnen en profielvrije ruimte (PVR) ruim buiten het valbereik van de bomen te blijven (conform Ontwerpvoorschriften ProRail). Dit is ook wenselijk met betrekking tot bladval op het spoor in de herfst. Tevens dient (met name in bochten) rekening te worden gehouden met de noodzaak tot vrije zichtlijnen. In veel gevallen zal het hierdoor niet mogelijk zijn om over spoorwegen een hop-over te realiseren. Daarentegen is een spoorlijn inclusief veiligheidszone in veel gevallen smaller dan een snelweg, zodat netto een gelijkwaardig grote overbrugging voor de vleermuizen moet worden gemaakt.
- Als de vliegroute parallel loopt aan een fiets- of wandelpad die de spoorlijn of verkeersweg kruist mag er om veiligheidsredenen geen lage vegetatie vlakbij het kruispunt zijn. De dieren moeten dan al ruim voor het naderen van de (spoor)weg omhoog worden geleid.
- Bij het ontwerp en de inrichting dient rekening te worden gehouden met inspectie, onderhoud en monitoring in de gebruiksfase (zie hoofdstukken 7 en 8).



Figuur 8.92 Brede natuurlijk ingerichte strook op een viaduct over de A27 bij Hilversum: rechts van de stobbenwal is de strook verhard gelaten om het gebruik van de begroeide linkerzijde van de stobbenwal te stimuleren.



Figuur 8.93 Natuurlijk ingerichte strook op een viaduct over de A27 bij Bilthoven, bedoeld voor das en kleine zoogdieren: de schermen verhinderen verlichting van de strook door het passerende verkeer boven- en onderlangs.



Figuur 8.94 Begroeide stobbenwal op viaduct Wallenburg over de A28 bij Leusderheide: leefgebied van veel sprinkhanen en vliegroue van dagvlinders.



8.2.9 Viaduct met medegebruik fauna

Algemene beschrijving en doelen

Op veel plekken liggen viaducten voor lokale wegen, landbouwwegen en fietspaden. Deze viaducten worden, doordat ze uitsluitend bedekt zijn met asfalt en beton, relatief weinig door dieren gebruikt. Door het aanbrengen van een onverharde, begroeide strook, al dan niet met extra dekkingbiedende vegetatie of materialen, kan het gebruik door fauna sterk toenemen. Door deze relatief eenvoudige ingreep wordt een snelweg ook voor soortengroepen als loopkevers, dagvlinders en sprinkhanen beter passeerbaar en kan het zelfs extra leefgebied voor ze vormen (bijvoorbeeld de viaducten Wallenburg en Mauritskamp over de A28 op de Utrechts Heuvelrug; Brandjes & Van Vliet, 2006). Naarmate deze strook breder is en meer typen begroeiing kan herbergen, maken meer soorten er gebruik van (Brandjes & Van Vliet, 2006). Het viaduct benadert dan steeds meer de dimensies en kenmerken van een ecoduct met medegebruik door verkeer, fietsers of wandelaars (in Vlaanderen worden aparte termen voor deze kunstwerken gebruikt: een < 15 meter brede groenstrook naast een even grote strook verharding heet een 'bermbrug'; constructies met (veel) bredere groenstroken langs de verharding worden 'ecoveloduct' of 'ecorecreaduct' genoemd). Vooral als het bouwen van een geheel nieuwe voorziening praktisch en financieel onmogelijk is, kan het aanpassen van een bestaand viaduct een goed alternatief zijn.

Doelsoorten

Afhankelijk van de afmetingen van het viaduct en de breedte van de groenstrook die kan worden gecreëerd is deze voorziening geschikt voor alle soorten, met uitzondering van grofwild.

Locatie en locatiekeuze

Zoals geldt voor alle typen voorzieningen is ook de aanpassing van een viaduct uitsluitend zinvol indien dit bestaande leefgebieden kan verbinden en het gebruik van het viaduct door wegverkeer voldoende extensief is of kan worden geëxtensiveerd. Bij het besluit een bestaand viaduct aan te passen dient eerst te worden uitgezocht of deze voor de doelsoort(en) bereikbaar is. De afstand tot bestaande foerageer- of rustgebieden moet niet te groot zijn. Is dit wel het geval, dan zijn extra voorzieningen nodig om deze afstand overbrugbaar te maken, zoals het aanleggen van extra rust- en of foerageergebieden en verbindingzones.

Ontwerp en afmetingen

Medegebruik van viaducten wordt bevorderd door het aanleggen van een 'groene strook' naast het verharde wegdeel. Bij zeer extensief gebruikte wegen kan worden overwogen de gehele weg onverhard te maken. Door het verharde deel zoveel mogelijk aan de buitenzijde te plaatsen is de ruimte voor de groenstrook optimaal. Afhankelijk van de doelsoorten kan een afscherming tussen de verharde en de onverharde strook nodig zijn (denk hierbij bijvoorbeeld aan een geleidingswand voor amfibieën, trottoirband of stobbenwal) en kan het nodig zijn een afscherming aan te brengen langs de rand van het viaduct (afscherming tegen licht- en geluidsinval op de 'groene strook'). Soms zijn geleidende structuren nodig, zoals palen voor vleermuizen. Een alternatieve methode is het aanbrengen van een brede goot



Figuur 8.95 Een langspassage (links op de foto) op een spoorbrug (foto: Edgar van der Grift).



Figuur 8.96 Door de spoorbrug iets breder te maken, ontstaat ruimte voor een groenstrook voor fauna.



naast de weg. Deze kan met aarde en vegetatie worden gevuld. Voordeel is dat hiermee een goede aansluiting op de vegetatie in het aanloopgebied te maken is en de maaiveldhoogte gelijk blijft.

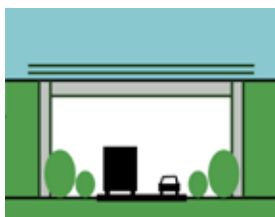
De breedte van de vegetatiestrip is afhankelijk van de doelsoorten (zie § 9.9 bij "bovenlangs"). Omdat het hier om medegebruik gaat van een bestaand viaduct moet er bovendien voldoende ruimte zijn om verstoring van de dieren in de vegetatiestrip te voorkomen. Voor muizen levert de vegetatie zelf al voldoende bescherming, maar voor grotere dieren is een extra structuur tussen de vegetatiestrip en de weg nodig, zoals een schutting, scherm of betonrand.

Inrichting en inpassing

Het gronddek van de groenstrook moet 0,20-0,30 meter dik zijn om degelijke wortelvorming van de vegetatie mogelijk te maken. Onder bepaalde voorwaarden kan met geringere dikte worden volstaan. Zo is de Groene Brug over het Albertkanaal bij Tessenderlo (België) voorzien van een 7-10 cm dikke grondlaag. De toepassing van een dergelijke 'dunne' laag was mogelijk door onder de grondlaag een water ophoudende noppenlaag en een grond fixerende honingraatvormige geotextiel aan te brengen. In de meeste gevallen is spontane vegetatieontwikkeling voldoende en inzaaien niet noodzakelijk. Uit onderzoek is gebleken dat dekking op en vooral ook tot aan het viaduct belangrijk is (Van Eekelen & Smit, 2001). De groenstrook moet aansluiten op de geleiding in het aanloopgebied en er moeten voorzieningen zijn getroffen die voorkomen dat dieren bij het naderen van het viaduct de weg naar het viaduct of de weg onder het viaduct op gaan. Op het viaduct mag geen verlichting aanwezig zijn en het is beter om ook de uiteinden onverlicht te laten. De verlichting dient dus enkele meters voor het viaduct te eindigen. De bestaande grondlichamen voor de op- en afrit moeten in veel gevallen aangevuld worden zodat geschikte aanloopgebieden ontstaan met een hellingshoek van maximaal 1:10.

Speciale aandachtspunten

- De aanpassing mag geen schade veroorzaken aan de bestaande constructie, met andere woorden de constructie moet de extra belasting door de gronddekking – ook in de meest vochtige situatie na overvloedige regenval – kunnen dragen.
- Bij toepassing van stobben op het viaduct moeten deze goed worden vastgelegd. De stobben mogen in geen geval op het wegdek terechtkomen door vandalisme of storm. Ingraven van de stobben wordt aangeraden, ook omdat hierdoor een ecologisch gezien gunstige, vochtige situatie ontstaat.
- De afwatering van het wegdek moet gewaarborgd zijn.
- De voegovergangen moeten blijven functioneren en inspecteerbaar en onderhoudbaar zijn.
- Indien medegebruik van viaducten door dieren wordt gestimuleerd is het van belang tegelijkertijd snelheidsbeperkende maatregelen te nemen en het verkeer te attenderen op de mogelijke aanwezigheid van overstekende dieren (Van Eekelen & Smit, 2001). Indien dit onvoldoende mogelijk is, moeten de ecostrook en het verkeersgedeelte van



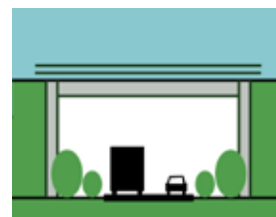
Figuur 8.97 Tunnel met onverharde strook.



Figuur 8.98 Viaduct met medegebruik.



Figuur 8.99 Geleiding naar tunnel met medegebruik.



het viaduct fysiek en/of visueel van elkaar worden gescheiden door het aanbrengen van een afscheiding (schutting, raster in combinatie met dichte haag, etc.).

- Tegengaan misbruik door bijvoorbeeld motorcrossers en ruiters, bijvoorbeeld door stobben in een configuratie te leggen die uitsluitend voor dieren (en voetgangers) te passeren is en niet door voertuigen en paarden. Indien het weggedeelte uitsluitend toegankelijk is voor landbouwverkeer en fietsers, kan misbruik door auto's voorkomen worden door de toepassing van een tractorsluis respectievelijk paaltjes.
- Bij het ontwerp en de inrichting dient rekening te worden gehouden met inspectie, onderhoud en monitoring in de gebruiksfase (zie hoofdstukken 7 en 8) van zowel de groenstrook als de oorspronkelijke constructie. Mogelijk is een frequentere controle nodig om tijdig schade door misbruik te registreren of zwerfvuil te verwijderen.

8.2.10 Tunnel met medegebruik fauna

Algemene beschrijving en doelen

Gecombineerd gebruik van tunnels is vooral zinvol bij bredere onderdoorgangen (meer dan 10 meter) of bij brede fietstunnels op een recreatieve fietsroute. Aanpassing van viaducten kan met name op locaties waar alternatieve passagemogelijkheden ontbreken een belangrijke bijdrage leveren aan de ontsnippering voor soorten kleiner dan edelhert en damhert.

Doelsoorten

Alle soorten kleiner dan damhert. Wild zwijn en ree zullen in de praktijk echter vaak hooguit incidenteel dergelijke aangepaste situaties gebruiken. Er zijn natuurlijk altijd uitzonderingen, zoals waarnemingen van reeën die regelmatig een slechts enkele meters brede onverharde strook onder een viaduct over de A28 bij Leusden passeren (informatie G.J. Brandjes) of wilde zwijnen die door (aangepaste) fietstunneltjes onder de A12 lopen (diverse media sinds dec. 2010).

Locatie en locatiekeuze

De aanpassing van bestaande viaducten is met name zinvol indien de verkeersintensiteit laag is of verlaagd kan worden, het viaduct te midden van leefgebieden van (doel)soorten ligt en er geen of erg weinig alternatieve passagemogelijkheden zijn of te creëren zijn.

Ontwerp en afmetingen

Langs de verharde weg in de onderdoorgang worden stroken vrij gemaakt van verharding. Bij zeer extensief gebruikte wegen kan worden overwogen de gehele (spoor)weg onverhard te maken. Door het verharde deel zoveel mogelijk aan de buitenzijde te plaatsen is de ruimte voor de groenstrook optimaal. Afhankelijk van de doelsoorten kan een afscherming tussen de verharde en de onverharde strook nodig zijn. Denk hierbij aan een geleidingswand voor amfibieën, trottoirband of stobbenwal.

Voor de breedte van de vegetatiestrip geldt: hoe breder, hoe beter. Voor veel kleine tot middelgrote doelsoorten betreft de minimale breedte 1,0 meter; voor enkele kleine soorten volstaat een geringere breedte, voor grotere doelsoorten een (aanzienlijke) grotere



Figuur 8.100 Onderdoorgang in twee stappen (Australië).



Figuur 8.101 Zelfs als in de tunnel weinig ruimte vrij is, kan hier een beschermde passagemogelijkheid voor kleine dieren worden aangelegd



breedte: zie (§ 9.9 voor een overzicht per soort). Indien de strip van stobben of ander dekkingsmateriaal wordt voorzien is deze strip bij voorkeur minimaal 2,5 meter breed, om naast de stobbenwal voldoende ruimte voor grotere diersoorten over te houden. Echter, indien de ruimte zeer beperkt is: ook een zeer smalle vegetatiestrip is 'beter dan niets'. Hetzelfde geldt voor een smalle stobbenwal zonder extra ruimte ernaast.

Inrichting

Om kleine diersoorten voldoende dekking te bieden wordt aanbevolen op de de grondstrook stenig materiaal of een stobbenwal (zie § 8.3.1) aan te brengen, op zodanige wijze dat veel holten ontstaan. Ook aan de uiteinden van de tunnel moet voldoende dekkingsmateriaal worden aangebracht. Directe aansluiting van dekkinggevend elementen op het omringende landschap is hierbij van belang. Langs de (spoor)weg (en het talud) wordt een raster aangebracht dat de dieren naar de tunnel leidt en voorkomt dat dieren op de (spoor)weg komen.

Let er op dat de verlichting in het viaduct niet op de groenstrook schijnt. De armaturen moeten zodanig worden geplaatst (bijvoorbeeld op palen) en afgedekt dat dit deel van het viaduct donker blijft en daardoor geschikt is voor vleermuizen.

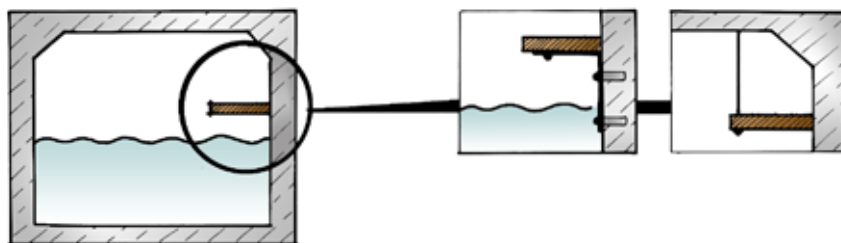
Speciale aandachtspunten

- Indien medegebruik van de onderdoorgang door dieren wordt gestimuleerd, is het van belang tegelijkertijd snelheidsbeperkende maatregelen te nemen en/of het verkeer adequaat genoeg te attenderen op het mogelijk oversteken van dieren (Van Eekelen & Smit, 2001).
- Als de kans op vandalisme (bijvoorbeeld vuurtje stoken) groot is, is stenig materiaal als dekking aan te bevelen boven boomstobben. Bij een hoge grondwaterstand kunnen stobben ook deels ingegraven worden. Door het contact tussen de stobben met het grondwater blijven de stobben vochtig en wordt brand voorkomen.
- Bij het ontwerp en de inrichting dient rekening te worden gehouden met inspectie, onderhoud en monitoring in de gebruiksfase (zie hoofdstukken 7 en 8) van zowel de groenstrook als de oorspronkelijke constructie. Mogelijk is een frequentere controle nodig om tijdig schade door misbruik te registreren of zwerfpuil te verwijderen.

8.2.11 Bestaande brug of duiker met aangebrachte loopstroken

Algemene beschrijving en doelen

Duikers en bruggen onder wegen of spoorwegen zonder doorlopende oevers vormen niet alleen voor landgebonden zoogdieren en ongewervelden, maar ook voor bijvoorbeeld amfibieën (die deels aquatisch zijn, maar zich bijvoorbeeld in het voorjaar en/of de nazomer bij voorkeur via land verplaatsen) een barrière. Door het aanbrengen van loopstroken aan de wand van bruggen of duikers kunnen dieren een weg of spoorweg op deze locaties toch 'droog' passeren (dus zonder te hoeven zwemmen via de watergang). Of een duiker of brug geschikt is om loopstroken in aan te brengen, hangt onder andere af van de afmetingen en/



Figuur 8.102 Houten loopstroken verbonden aan wand.

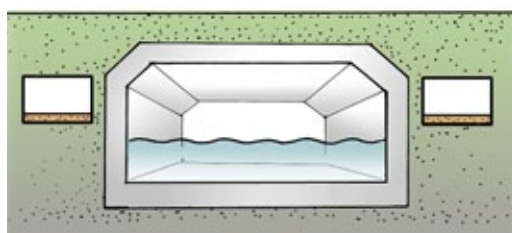


Fig.8.103 Plaatsen van faunatunnels naast de duiker



Figuur 8.104 Vrijbewegende houten drijfconstructies (tekening: Jos van de Hurk, BWZ-ingenieurs).



of de doorstroomcapaciteit. Indien een duiker te klein is, dan kan beter een geheel nieuwe brug of ecoduiker worden aangebracht (zie § 8.2.4 en § 8.2.5).

Doelsoorten

Met loopstroken aangepaste duikers en bruggen worden vooral gebruikt door marters, muizen en amfibieën en in mindere mate ook door egel, konijn en spitsmuizen. Daarnaast blijken veel ongewervelden de loopstroken te gebruiken, maar deze worden zelden opgevoerd als doelsoort van dit type faunavoorzieningen. Gebruik door levendbarende hagedis is zeer incidenteel vastgesteld. Ook vleermuizen, ringslangen en vissen maken gebruik van bruggen en duikers; in geval van vleermuizen en vissen is binding met aangebrachte loopstroken uiteraard niet aan de orde, voor ringslang mogelijk wel, maar dit is nog nooit aangetoond. Vooralsnog is het vastgestelde gebruik van duikers door ringslangen (een tiental anekdotische waarnemingen) beperkt gebleven tot het (snel) doorzwemmen van de onderdoorgang via de waterloop (Struijk, 2007).

Locatie en locatiekeuze

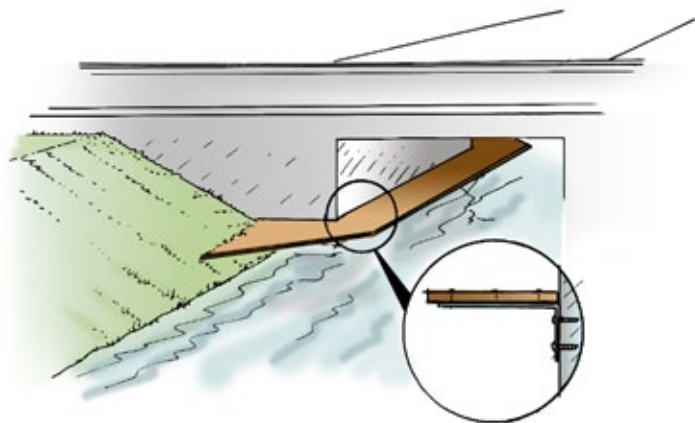
De locatie sluit aan bij de bestaande duikers en bruggen.

Ontwerp en afmetingen

Er zijn verschillende aanpassingen van duikers of bruggen mogelijk, bijvoorbeeld:

- Houten loopplank(en) met FSC-keurmerk, duurzaamheidsklasse 1, niet zijnde (sub) tropisch hardhout met een minimale levensduur van bovengronds 50 jaar en in de grond 25 jaar of betonnen / kunststoffen loopstroken verbonden (gefixeerd) aan de wand en aansluitend op de oevers (zie figuur 8.102).
- Vrijbewegende houten drijfconstructies die meebewegen met de waterstand en dus nooit onder water komen te staan terwijl de afstand tussen loopstrook en het 'plafond' altijd maximaal is (figuur 8.104).
- Kunststof bakken of goten gevuld met grond.
- Loopstroken door het aanbrengen van grond achter een damwand (zie figuur 8.53), waardoor feitelijk een kunstwerk met doorlopende oevers ontstaat (zie § 8.2.4).
- Schanskorven met een gronddek.
- Aanbrengen van droge faunavoorzieningen naast de duiker (zie figuur 8.103), bijvoorbeeld als het aanbrengen van loopstroken in de duiker door belemmering van de doorstroomcapaciteit niet mogelijk is. Doorgaans betreffen deze 'aanpassingen' dan kleine faunatunnels. Zie hiervoor § 8.2.6.

De gewenste breedte van een loopstrook is afhankelijk van de doelsoorten (zie § 7.12). Voor frequent gebruik door muizen en amfibieën is een breedte van minimaal 0,30 meter noodzakelijk. Voor regelmatig gebruik door bunzing en hermelijn is minimaal 0,40 meter nodig. Egel, wezel en steenmarter hebben een duidelijke voorkeur voor loopstroken van 0,50 meter of breder. Indien deze soorten doelsoort zijn van een aan te brengen loopstrook, dient deze dus minimaal 50 cm breed te zijn. Egels en wezels gebruiken loopplanken van minimaal



Figuur 8.105 Loopplank aangebracht onder brug.



Figuur 8.107 Doordat deze kluunstrook niet aansluit op de oever, is hij ongeschikt als faunapassage. Tijdig overleg kan zorgen voor een gezamenlijke oplossing van verschillende problemen met weinig extra kosten.



Figuur 8.106 Houten loopstroken met opstaande rand onder bestaande brug aangebracht, verbonden met de oevers .



Figuur 8.108 Een degelijke bevestiging van de loopplank bevordert het duurzaam functioneren als faunapassage.



0,70 meter breed vaker dan loopplanken van 0,30 tot 0,50 meter breed (Brandjes *et al.*, 2001).

Naast de breedte van de loopstrook is de 'openheid' van de onderdoorgang (hoogte maal breedte gedeeld door lengte) een belangrijke factor voor het gebruik van de faunapassage. Naarmate de 'openheid' groter is, wordt de loopstrook frequenter gebruikt (een korte duiker wordt bijvoorbeeld frequenter gebruikt dan een lange duiker). Zie voor meer informatie omtrent het begrip 'openheid' § 8.2.4. Naast de 'openheid' in het algemeen is vooral de doorloophoogte (afstand tussen de looprichel en de bovenkant van de duiker) van belang; deze is bij voorkeur 1,0 meter maar minimaal 0,6 meter (zie ook pagina 124). Door de loopstrook zo laag mogelijk boven de bodem of waterspiegel te plaatsen, wordt de doorloophoogte zo groot mogelijk. Echter, dan ontstaat wel het risico op het tijdelijk overstromen van de loopstrook na regenval of bij hoge waterstanden. Loopstroken worden daarom toch vaak op een aanzienlijke, 'veilig' geachte, hoogte bevestigd. Om te allen tijde een droge loopstrook te behouden en tegelijkertijd altijd een maximale vrije doorloophoogte te verkrijgen, kan gekozen worden voor een beweegbare loopplank op drijvers (vlonder). De vereiste doorstroomcapaciteit van de duiker mag hierdoor niet worden belemmerd.

Aanbrengen van grond op de loopstroken (zie figuur 8.53) heeft de voorkeur, maar is alleen rendabel in situaties waar de kans op uitspoeling of wegwaaien gering is. Het aanbrengen van grond op de loopstroken is dan ook uitsluitend aan te bevelen in combinatie met een opstaande buitenrand. In windgevoelige situaties kunnen de loopstroken beter van kleigrond voorzien worden dan van zandgrond omdat kleigrond minder windgevoelig is. Ook wordt de grond beter gefixeerd door het aanbrengen van lage, opstaande tussenschotjes op iedere meter van de loopstrook. Deze schotjes dienen uiteraard makkelijk overklimbaar te zijn voor de doelsoorten. Indien kleine soorten als salamanders doelsoort zijn van de loopstrook, dan dienen dergelijke schotjes hooguit 1,5 cm hoog te zijn. Daarnaast dient het oppervlak van de loopstrook zelf (dus onder de grondlaag) aan de bovenzijde voldoende ruw te zijn. Deze ruwheid zorgt er enerzijds voor dat de grond beter blijft liggen en anderzijds dat de dieren beter houvast hebben indien de grond onverhoopt toch is uitgespoeld door hoge waterstand of harde wind. Een andere goede optie om uitspoeling / uitwaaien te voorkomen, is het aanbrengen van op maat gemaakte grond fixerende honingraatvormige geotextiel op de loopstrook (afgevuld met grond uiteraard).

Inrichting en geleiding

Voor een goed functionerende aangepaste brug of duiker is vooral een goede aansluiting van de stroken op de oever van de watergang belangrijk. Hoogteverschillen, verspringingen, onderbrekingen tussen oever en plank, etc. zijn uit den boze en moeten worden voorkomen of hersteld. De overgang van de stroken naar de oever is bij voorkeur vlak en mag in ieder geval niet steiler zijn dan 30 graden. Ook een hoek in het horizontale vlak moet zoveel mogelijk beperkt worden. Bij een scherpe hoek van 90 graden kan een verbreding richting de oever worden aangebracht die de hoek van de aansluiting verkleint.

In het aanloopgebied naar de voorziening is geleiding gewenst. Vaak is deze reeds aanwezig in de vorm van oeverbegroeiing langs de waterloop. Langs de (spoor)weg moeten rasters en/of schermen worden geplaatst. Deze moeten goed aansluiten op de voorziening of het betreffende kunstwerk zelf (waarvan de betonnen wand vervolgens de verdere geleiding naar de loopstrook vormt). Het raster loopt vanaf de voorziening bij voorkeur dermate strak langs



Figuur 8.109 Betonnen looprichel die met een eenvoudig verbindingsstuk tot een geschikte faunapassage gemaakt kan worden.



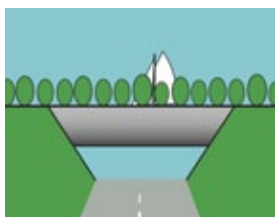
de (spoor)weg dat de bermbegroeiing langs de infrastructuur aan de 'veilige' kant van het raster ligt en onderdeel is van het aanloopgebied. Het raster loopt vervolgens door tot een duidelijk gedefinieerd volgend landschapselement (bijvoorbeeld een sloot, het einde van een bosschage, een volgende faunavoorziening etc.) of, bij afwezigheid daarvan, tot minstens 50 meter van de faunapassage vandaan.

Materiaalgebruik

De loopstrook kan gemaakt zijn van beton, hout of kunststof. Beton is het substraat met de langste levensduur. De duurzaamheid van hout is echter de laatste jaren door innovaties in de verduurzaming/modificatie (bijvoorbeeld Accoya en Nobelwood) sterk toegenomen van 25 jaar in contact met water en/of grond tot minimaal 50 jaar bovengronds. Hout kan dus een milieuvriendelijk alternatief voor CO₂-nadelige materialen (kunststof, metaal, beton) zijn. Er bestaat geen significant verschil in frequentie van gebruik door fauna tussen houten planken, betonnen richels of kunststof loopstroken van gelijke breedte (Brandjes & Veenbaas, 1998). Kaal beton is echter nadelig voor amfibieën, omdat het vocht aan hen onttrekt. Met name jonge salamanders kunnen op droog beton vanwege hun geringe gewicht worden vastgezogen en uitdrogen. Kaal beton is in droge perioden dus een ongeschikt substraat voor (jonge) amfibieën. Beton heeft vanwege de duurzaamheid echter de voorkeur boven hout of kunststof. Indien daarom amfibieën tot de doelsoorten van de loopstrook behoren, heeft het de voorkeur om op de betonnen loopstrook een laag grond aan te brengen (zie onder Ontwerp en afmetingen). Om uitspoeling te voorkomen, is de betonnen loopstrook idealiter voorzien van een opstaande rand en grond fixerende honingraatvormige geotextiel. In sommige gevallen zijn bestaande situaties al geschikt als faunapassage (zie figuur 8.109) en soms is het mogelijk om bestaande situaties met een kleine aanpassing geschikt te maken. Een betonnen richel die niet goed aansluit op de oever kan met een eenvoudig verbindingstuk tot een loopplank voor fauna worden omgetoverd.

Speciale aandachtspunten

- De doorstroming onder bruggen en duikers moet te allen tijde worden gegarandeerd. Breng de loopstrook langs watergangen (waarvan de doorstroomcapaciteit beperkend kan zijn) daarom altijd aan boven de hoogste te verwachten waterstand.
- Voordat loopstroken worden aangebracht in een relatief kleine duiker, moet worden uitgezocht of de duiker door vleermuizen wordt gebruikt. Voorkomen moet namelijk worden dat door de aanleg van loopstroken de duiker te smal wordt voor vleermuizen. In dat geval wordt voor deze soorten een barrière gecreëerd waar voor hen eerst een onderdoorgang was.
- Onder bruggen en in relatief ruim gedimensioneerde duikers dient rekening te worden gehouden met medegebruik door mensen, die af en toe de voorziening gebruiken tijdens het sportvissen, jagen, afsnijden van wandelroutes of klunen tijdens het schaatsen (omdat het ijs in duikers onbetrouwbaar is of zelfs afwezig). Dit geldt zowel voor onderdoorgangen onder (rijks)wegen als onder het spoor. Er zijn voorbeelden van traditionele schaatstochten op natuurijs die spoorwegen kruisen en waar dit aandachtspunt relevant is (mondelinge mededeling H. Pol). De constructie dient dan bestand te zijn tegen veel zwaardere belasting. Indien dit (nog) niet het geval is



Figuur 8.110 Duiker met een loopplank en voorzien van spijlen, momenteel ongeschikt voor vleermuizen, maar indien aangepast (spijlen weg) een geschikte faunapassage voor met name watervleermuizen.



Figuur 8.111 Nadeel van een houten loopplank is dat die snel verrot en daardoor veel onderhoud vergt en of regelmatig moet worden vervangen.



dienen informatieborden duidelijk te maken dat de planken niet bestand zijn tegen het gewicht van volwassen personen.

- Hout heeft een relatief korte levensduur (maar is door innovaties de laatste jaren aanzienlijk duurzamer geworden) ten opzichte van andere materialen en kan daardoor in de onderhoudsfase (na tientallen jaren) uiteindelijk duurder zijn. De voorkeur gaat uit naar beton (voorzien van een laagje grond, vooral van belang voor jonge amfibieën).
- Let bij inspectie en onderhoud vooral op belemmering van de doorloop (bijv. te hoge vegetatie die vaak woekert aan de uiteinden van de duiker en dan overhangt tot in de waterloop) en controleer regelmatig de aansluitingen van de loopstroken op de oevers. Dikwijls is de aansluiting aanvankelijk in orde, maar treedt door overstroming, betreding en erosie uitspoeling op van de oeverdelen tussen het einde van de loopstrook en de rest van het oevertalud. Hierdoor wordt het naadloze contact tussen het duurzame hout / beton / kunststof van de loopstrook en het veel minder vormvaste oeverlichaam verbroken en functioneert de faunapassage niet meer naar behoren. Niet alleen de aansluiting op de oever verdient aandacht, als ergens in de onderdoorgang één plank ontbreekt (dit hoeft bij inspectie aan de beide uiteinden niet op te vallen), is al sprake van een absolute barrière voor (terrestrische) fauna. Kapotte of ontbrekende planken moeten direct worden hersteld of vervangen.

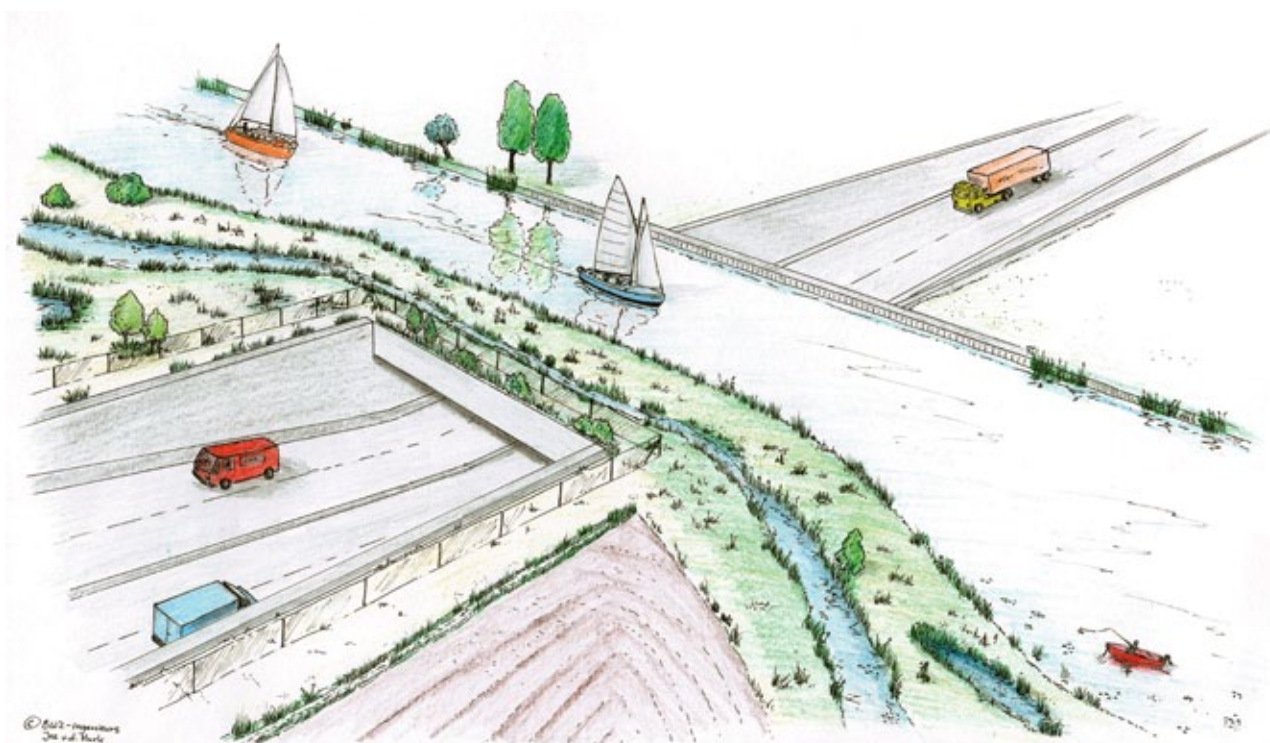
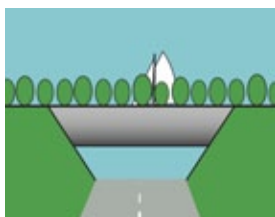
8.2.12 Aquaduct met doorlopende oever

Algemene beschrijving en doelen

In toenemende mate worden aquaducten bovenlangs (langs de watergang) voorzien van een natuurlijke, doorlopende oeverstrook met (riet)begroeiing om het 'passeren' van de onderliggende weg / barrière door oevergebonden fauna mogelijk te maken of te stimuleren. Tot voor kort betrof dit hooguit een smalle oeverstrook. In 2007 werd voor het eerst in Nederland een bestaand aquaduct (Galamadammen) over de N359 voorzien van een dermate brede moerasstrook dat een nieuwe term in het leven werd geroepen: het 'paluduct'. Het paluduct heeft een omvang en een ambitieniveau dat vergelijkbaar is met dat van een ecoduct. Anders dan bij de doorgaans 'droge' ecoducten ligt het accent van paluduct Galamadammen op de 'natte' natuurwaarden en zijn de doelsoorten ook in eerste instantie doelsoorten van oevers en moerassen. Het paluduct verbindt de natte natuurgebieden Morra en Fluessen met elkaar, beide belangrijke moerasgebieden met grote natuurwaarden. Twee jaar na aanleg is het paluduct voor de eerste maal onderzocht op gebruik door fauna (Schut & Sikkema, 2009). Onderstaande beschrijving is met name gebaseerd op dit paluduct, vooralsnog het enige in Nederland.

Doelsoorten

Voor paluduct Galamadammen is (net als voor de meeste ecoducten) een groot aantal doelsoorten geformuleerd. Onderscheid is gemaakt in 5 gidsoorten (waterspitsmuis, noordse woelmuis, otter, das en heikikker) en meer dan 20 volgsoorten (groepen) (waaronder watervleermuis, een aantal moerasvogels als roerdomp en baardman, een aantal soorten dagvlinders en in algemene zin de soortengroepen 'libellen' en 'vissen'). Gebleken is echter dat ook veel andere soorten die in de omliggende leefgebieden voorkomen, zoals ree en



Figuur 8.112 Paluduct (tekening: Jos van de Hurk, BWZ-ingenieurs).



haas, van deze voorziening profiteren. Voor soorten als vos, kleine marterachtigen, (spits) muizen en ongewervelden fungeert de voorziening tevens als leef- en foerageergebied (Schut & Sikkema, 2009).

Locatie en locatiekeuze

De locaties van paluduct Galamadammen, eventueel nog aan te leggen paluducten en doorlopende oevers langs aquaducten in het algemeen, sluiten aan bij bestaande kruispunten tussen (spoor)wegen en waterwegen.

Ontwerp en afmetingen

Parallel aan het kanaal loopt een strook van natuurlijke begroeiing waarin een gradiënt van nat naar droog aanwezig is. Afgestemd op de doelsoorten betreft dit voor Galamadammen open water, rietveld en kruidenrijke oevers. De loopstrook is op het smalste punt circa 17 meter breed. Het natte deel omvat een vooroever van steenstort en open water van circa 1,5 meter diep.

Inrichting en geleiding

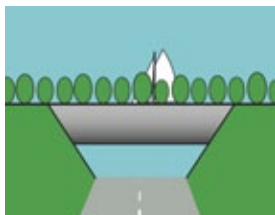
In de zone tussen de vooroever en de oever is zich de beoogde rietoever aan het ontwikkelen. Vanuit het waterriet verrijst de brede loopstrook die bestaat uit een drietal parallele habitattypen: een moeraszone, een zone met vochtige, ruige begroeiing als kale jonker, rietgras etc. en een droog gedeelte met droog grasland, o.a. bestaande uit glanshaver, kweek en fioringras. De faunapassage is afgezet met een raster van 2 meter hoog.

Materiaalgebruik

Aquaducten bestaan meestal uit beton (al dan niet in combinatie met staal). Een afweging tussen de verschillende materialen maakt onderdeel uit van het ontwerpproces en wordt met name bepaald door aanleg- en beheerskosten, de duurzaamheid (zie Landelijk pakket Duurzaam Bouwen) en de esthetische vormgeving. De faunapassage (bovendek) is zoveel mogelijk opgebouwd uit gebiedseigen grond.

Speciale aandachtspunten

- Ten opzichte van andere typen voorzieningen brengen recreanten relatief veel tijd door op het paluduct (watersporters, hengelsporters etc.). Het effect hiervan meegenomen in de monitoring. De aanwezigheid van mensen op het paluduct blijkt de werking te belemmeren. Mensen- en hondengeur blijft hangen, de effecten treden daarom ook op als mensen en honden niet meer aanwezig zijn (deze aspecten kunnen ook gelden voor andere typen voorzieningen, maar concrete gegevens ontbreken). Afhankelijk van de intensiteit van de verstoring kan door de inzet van verbodsborden, hekwerken en / of grote grazers het ongewenste medegebruik door mensen worden teruggedrongen.
- Interviews hebben duidelijk gemaakt dat mensen (vissers, watersporters etc.) niet weten waarvoor het paluduct bedoeld is. Informatieborden kunnen hier verandering in brengen.



Figuur 8.113 en 8.114. Een paluduct is zeer geschikt als faunapassage voor otter en heikikker (foto otter: Bernd Landgraf, heikikker: Dirk Kruijt)



- De doelstellingen beogen een open landschap (rietveld, kruidenrijke oevers, open water). De verwachte successie (vorming van bos en struweel) ondermijnt dit landschapstype. Regelmatig beheer moet dit voorkomen. Begrazingsbeheer (bijvoorbeeld in combinatie met het eerste aandachtspunt) is een goede optie om de gewenste openheid van de faunapassage en directe omgeving te behouden, waardoor deze geschikt blijft voor kritische doelsoorten als noordse woelmuis (Schut & Sikkema, 2009).

8.2.13 Sifon met medegebruik fauna

Algemene beschrijving en doelen

Een sifon is een constructie die de ene watergang onder de andere door leidt en in Nederland met name is toegepast om beken onder kanalen door te leiden. Onderzoek in Noord-Brabant en Limburg (merk-terugvangst-methode) heeft aangetoond dat vissen in stroomopwaartse richting bij een stroomsnelheid van $< 0,15$ m/s sifons kunnen passeren (Kemper, 1997), maar het gebruik is afhankelijk van het ontwerp en de eigenschappen van de sifon. Het ontbreken van licht in de sifons blijkt geen migratie-barrière te vormen, zoals aanvankelijk voor bijvoorbeeld snoek werd aangenomen. Daarentegen zijn er diverse omstandigheden waarin een sifon niet of minder kan functioneren als faunapassage:

- uitspoeling van vis tijdens hoge piekafvoeren;
- een te geringe waterdiepte in de sifon (bij de in- en/of uitgang);
- een te hoge stroomsnelheid in de sifon (mede door het gebruik van glad materiaal, ook op de bodem van de watergang bij de in- of uitstroomopening).

Doelsoorten

Vissen en aquatische ongewervelden (macrofauna).

Locatie en locatiekeuze

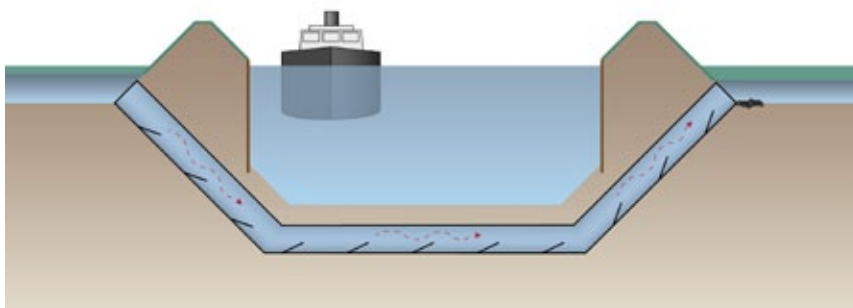
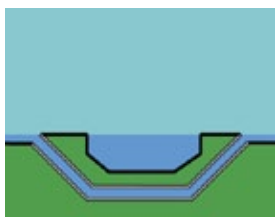
De locaties sluiten aan bij bestaande kruispunten van gescheiden watergangen, bijvoorbeeld onderliggende beeklopen en bovenliggende kanalen.

Ontwerp en afmetingen

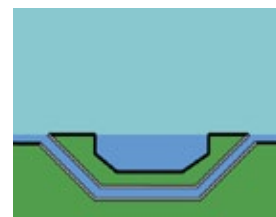
Een sifon heeft meestal een U-vorm, maar kan ook rond of vierkant zijn. De constructies variëren van enkele meters tot honderden meters lang. Hiervoor is geen echte standaard, sifons zijn er in allerlei soorten en maten, afhankelijk van de kenmerken van de watergang die ze begeleiden en/of dienen te ondertunnellen.

Inrichting en geleiding

Op basis van de literatuur dient een sifon ten behoeve van voldoende stroomopwaartse passeerbaarheid door vissen aan de volgende inrichtingseisen te voldoen:



Figuur 8.115 en 8.116 Schuilmogelijkheden kunnen de passeerbaarheid van een sifon sterk verbeteren (tekening boven: Jan Dirk Buizer, onder: Jos van de Hurk, BWZ-ingenieurs).



- De waterstroom bij de in- en uitgang en in de sifon zelf is bij voorkeur gelijk aan de watergang zelf; in de praktijk is dit zelden te realiseren (behalve bij zeer kleine beekjes), maar de minimum diameter van een sifon bedraagt 0,60 meter. De bodem van de sifon ligt ruim beneden het oppervlak van de watergang.
- Minimale diepte van de waterstroom in de sifon bedraagt 0,23 meter (op het moment van voornaamste vismigratie). Hoogteverschillen tussen het waterniveau in de sifon en daarbuiten moeten worden vermeden (geen watervallen aan de in- en uitgang dus).
- Ideale dikte van een laag sediment onder in de sifon bedraagt 0,15-0,30 meter; deze laag ontstaat spontaan indien de bodem van de sifon 15 tot 30 cm lager ligt dan de bedding van de watergang bij de instroomopening (de sedimentlaag voorkomt onnatuurlijke overgangen, hoogteverschillen en te hoge stroomsnelheden).
- Maximale hellingshoek van de sifon is 5% (anders wordt de stroomsnelheid te groot).
- Maximale stroomsnelheid in een sifon bedraagt 1,2 m/s als de sifon maximaal 24 meter lang is, bij langere sifons is de stroomsnelheid maximaal 0,9 m/s.
- De (beton)wanden worden zo ruw mogelijk afgewerkt om (te) grote stroomsnelheden te voorkomen; gebruik van glad beton, staal en kunststof dient te worden vermeden.
- Het uitstroombekken is voldoende groot (minimaal de natuurlijke breedte van de beek) om inzwemmen te stimuleren. De bodem van het uitstroombekken is voorzien van zwaar materiaal (keien etc.) om erosie en insnijding te voorkomen. Dit materiaal biedt tevens rustplaatsen voor vis. Plotselinge hoogteverschillen tussen de uitstroom van de sifon en de bodem van de watergang mogen niet meer dan 0,30 meter bedragen.
- Aanleg van eenvoudige structuren in de sifon (bijvoorbeeld stroomafwaarts gerichte kleppen) waarachter geen organisch materiaal kan blijven steken, bieden de vissen tijdelijke rustpunten (luwteplekken) in de sifon tijdens stroomopwaartse migratie (zie tekening x). Dit is vooral van belang in lange sifons of sifons met een (te) hoge gemiddelde stroomsnelheid.

Materiaalgebruik

De meeste sifons zijn vervaardigd van beton. Dit verdient ook de voorkeur boven staal of kunststof (zie boven).

Speciale aandachtspunten

- Uitspoeling van vis door een (geconstateerde) te hoge stroomsnelheid in het bovenstroomse deel van een sifon moet worden voorkomen door – bijvoorbeeld – de aanleg van meanders. Sifons met een stroomsnelheid boven de 1,2 m/s worden (vrijwel) niet gebruikt.
- Ophoping van blad-, plantenmateriaal of zwerfpuil rondom de in- of uitstroomopening van de sifon moet worden voorkomen, omdat dit de doorstroom belemmert, met verslibbing als gevolg.



Figuur 8.117 Aanleg van twee sifons onder het Twentekanaal (foto: Bert Stegehuis).



Figuur 8.118 Stobbenwal over viaduct.

- Ook dient een sifon niet onder een kleinere helling dan de beek zelf te worden aangelegd, aangezien ook dit verslibbing rond de instroom tot gevolg heeft.
- Een te kleine sifon ten opzichte van de waterstroom/-gang zorgt voor gedeeltelijke terugstroom met - opnieuw - verslibbing rond de instroom als gevolg.
- Indien door één of meer van bovenstaande mankementen de sifon, ondanks regelmatig beheer en onderhoud, voor vissen niet passeerbaar (b)lijkt of blijft, kan worden overwogen een tweede sifon naast de bestaande sifon aan te brengen. De één speciaal voor vismigratie en de ander voor het grootste deel van het watertransport.

8.3 Geleiden

8.3.1 Stobbenwallen

Algemene beschrijving en doelen

Stobbenwallen worden vooral toegepast voor geleiding van en dekking voor kleine diersoorten door en in de buurt van faunapassages. Op ecoducten bevordert een stobbenwal tevens het gebruik door de meeste middelgrote en grote soorten zoogdieren (Brandjes *et al.*, 2012), vliegende insecten (bijvoorbeeld dagvlinders) en bodemgebonden ongewervelden. Zo is bijvoorbeeld aangetoond dat een stobbenwal op een ecoduct een belangrijke rol vervult voor passerende spinnen (Lambrechts & Janssen, 2007). Waargenomen is verder dat vleermuizen selectief een stobbenwal verkiezen om een ecoduct te passeren (Brandjes *et al.*, 2007b).

Naast een geleidende functie hebben stobbenwallen ook een functie als leefgebied voor diverse diersoorten. Zo broeden in de stobbenwal op ecoduct De Borkeld (over de A1 bij Rijssen) diverse soorten broedvogels, waaronder roodborsttapuit (Brandjes *et al.*, 2007b). Ook op ecoduct De Munt te Wuustwezel (België) broeden diverse soorten vogels in de stobbenwal en wordt in de luwte van de wal gejaagd door ransuil en sperwer (Brandjes *et al.*, 2012). Op ecoduct De Borkeld bleek de dichtheid aan levendbarende hagedissen in en rond de stobbenwal aanzienlijk hoger (maximaal 18 geteld op 100 meter stobbenwal) dan in het aanliggende heideterrein ten zuiden van het ecoduct (gemiddeld minder dan één hagedis per 100 meter transect op dezelfde datum). Ook fungeren stobbenwallen als rustplek voor reeën en leefgebied voor muizen.

Ontwerp en materiaalkeuze

Gebruik voor de wal bij voorkeur relatief grote stobben in verband met de duurzaamheid en stabiliteit (bij storm!). Zorg echter wel dat er voldoende loopruimte overblijft (in situaties met medegebruik: genoeg loopruimte aan de verkeersluwe kant). Gestapeld zwaar takhout fungeert ook als stobbenwal. Leg kleine stobben of takhout eventueel vast met ogen en kabels. Gebruik bij voorkeur geen schanskorven. Het aanbrengen van een beperkte hoeveelheid aarde tussen de stobben is gunstig voor de aanwezigheid van kleine holten. Nog gunstiger is het gedeeltelijk ingraven van de stobben. Hierdoor ontstaat naast een toename van het aantal wegkruipmogelijkheden tevens een vochtiger situatie (door nauwer contact met grondwater). Dit is ecologisch gezien meer waardevol en gaat tevens brandstichting tegen. Brandgevaar onder (spoorweg)viaducten dient zoveel mogelijk voorkomen te worden,



Fig. 8.119 Stenen stobben: brandpreventie en niet te verplaatsen door onverlaten.



Fig. 8.120 Toepassing van niet brandbare dekkingvormers in randstedelijk gebied: schanskorven gevuld met kleine keien en een zandstrook voorzien van grotere keien.



Figuur 8.121 Geluidsschermen langs de Betuweroute.

gezien de kans op blijvende schade aan het viaduct. Gebruik van stenen / rotsblokken onder bruggen en viaducten is een goed alternatief, met name in stedelijk gebied waar een groter risico op brandstichting heerst. Ook van deze rotsblokken is aangetoond dat ze dekkinggevend kunnen werken voor passerende fauna (Brandjes, 2006).

Speciaal aandachtspunt

- Stobben / stenen moeten groot genoeg zijn om vandalisme (dumpen in aangrenzende watergang, van een viaduct af rollen, op de spoorbaan leggen) tegen te gaan.
- Stobbenwallen zijn gevoelig voor vernieling en brandstichting en geven aanleiding voor particulieren om afval te lozen. Bij de aanleg en met het beheer en onderhoud moet hier rekening mee worden gehouden.

8.3.2 Geluidsschermen

Algemene beschrijving en doelen

Geluidsschermen worden in eerste instantie geplaatst om geluidsoverlast te verminderen. Geluidsschermen hebben een negatief effect op grondgebonden fauna en vogels door de barrièrewerking respectievelijk sterfte bij transparante schermen. Daarentegen is een positief effect van geluidsschermen dat vogels en vleermuizen de infrastructuur hoog kruisen, zodat de kans op aanvaringen met verkeer klein is. Tevens kunnen schermen toeleidend werken, als geleiding naar een faunapassage.

Doelsoorten

Met betrekking tot overvliegen vogels en vleermuizen; met betrekking tot geleiding een scala aan grondgebonden soorten (afhankelijk van het type faunapassage(s) in de buurt).

Locatie en locatiekeuze

De locatie wordt bepaald door de plek waar geluidsoverlast is of wordt verwacht.

Ontwerp en materiaalkeuze

Geluidsschermen kunnen van verschillende materialen zijn. Het is vooral van belang om op trekroutes van vogels en op plekken waar veel vogels voorkomen geen doorzichtige schermen te plaatsen. Indien bijvoorbeeld binnen een stedelijke omgeving of rond een spoorwegtunnel gekozen moet worden voor een transparante geluidsbeperkende voorziening dan is een aantal maatregelen noodzakelijk om het aantal slachtoffers onder vogels zo laag mogelijk te houden (DWW-wijzer 104, 2004 & Wiener Umweltanwaltschaft, 2011).

- Bij de constructie moet ontspiegeld materiaal worden gebruikt;
- Op het materiaal moet aan de verkeersluwe zijde van het scherm een verticale markering worden aangebracht. Uit onderzoek bleek een markering met lijnen opgebouwd uit oranje en zwarte stippen met een doorsnede van 8 mm het meest effectiefst. De afstand tussen paren van oranje en zwarte lijnen bedroeg 10 centimeter.



Figuur 8.122 Raster loopt door over sloot. De kettingen voorkomen passage langs de sloot, maar minder effectief dan het raster zelf. Indien de sloot droog staat, kan de kettingmat onder stroom worden gezet om de barrièrewerking te vergroten.



Figuur 8.123 Niet meer rasters gebruiken dan noodzakelijk, je kunt ook overdrijven...

Een vergelijking van 35 typen van markeringen is te vinden op de website www.wua-wien.at (zoekwoord: Vogelanprall).

- Een folie dat ultraviolet licht weerkaatst, waardoor het scherm voor vogels niet en voor mensen wel doorzichtig is, blijkt niet te werken. Ook (roof)vogelstickers voldoen slecht (schriftelijke mededeling W. Fiedler, Max Planck Institut, Radolfzell).

Speciale aandachtspunten

- Indien geluidsschermen ook een geleidende functie hebben, moeten deze over de gehele lengte goed aansluiten op de ondergrond zodat diersoorten nergens onder de constructie door kunnen kruipen. Waar geluidsschermen doorlopen tot natuurgebieden met faunapassages dienen deze naadloos aan te sluiten op de daar aanwezige rasters.
- Geluidsschermen dienen voor het veilig overvliegen van vogels en vleermuizen een hoogte van minimaal 5 tot 6 meter te hebben (voor rijks- respectievelijk spoorweg).

8.4 Keren

8.4.1 Rasters en aanvullende voorzieningen

Algemene beschrijving en doelen

Rasters, schermen en geleidewanden worden gebruikt om te voorkomen dat dieren slachtoffer worden van het verkeer. Het nadeel van rasters, schermen en wanden is echter dat ze de barrièrewerking van de infrastructuur vergroten. Het aanbrengen van deze elementen dient daarom in beginsel gepaard te gaan met het aanbrengen van goed functionerende faunapassages. In dat geval zorgen rasters – naast het voorkómen van faunaverkeersslachtoffers – voor de geleiding van dieren naar de passages. Wanneer de verkeersveiligheid niet in het geding is, worden rasters idealiter uitsluitend aangebracht langs geconstateerde knelpunt(traject)en, als het aantal faunaverkeersslachtoffers dat hier is vastgesteld het voortbestaan van de lokale populatie van de betreffende soort in gevaar brengt. In alle gevallen moet hier zorgvuldig en selectief mee worden omgegaan. Het is echter niet eenvoudig om het aantal faunaverkeersslachtoffers te relateren aan de omvang van de lokale populatie. Indien op rustige, lokale wegen met weinig faunaverkeersslachtoffers, waar de sterfte geen wezenlijke gevolgen heeft voor de populaties van soorten, het vanuit de verkeersveiligheid wel wenselijk is dat aanrijdingen met grotere diersoorten (das, vos, ree etc.) worden voorkomen, is het van belang te kiezen voor een grofmazig raster. Hierdoor blijft het passeren van de (spoor)weg door kleinere diersoorten (wezel, muizen, amfibieën etc.: vrijwel geen gevaar voor de verkeersveiligheid) in principe mogelijk, terwijl de grotere diersoorten effectief worden tegengehouden en bijvoorbeeld naar naburige faunapassages worden geleid. Waar echter tevens sprake is van knelpunten vanuit de ecologie, bijvoorbeeld bij druk bereden (spoor)wegen en belangrijke migratieroutes, zullen doorgaans ook voor de kleine soorten effectieve rasters (schermen) nodig zijn. Vaak dient dan gekozen te worden voor 'combinatieraster' (zie onder).



Figuur 8.124 Voorbeeld van een zeer lange faunabuis (ook gedeeltelijk over de sloot/greppel getrokken) die buiten het beheersgebied van RVS begint en eindigt: voordeel voor het maaibeheer in de berm, maar de grote lengte van de buis en de onbeikbaarheid van het bermhabitat zijn nadelen



Fig. 8.125 Raster sluit niet goed aan op de buis, kleine dieren die strak het raster volgen, kunnen de buis hierdoor missen.

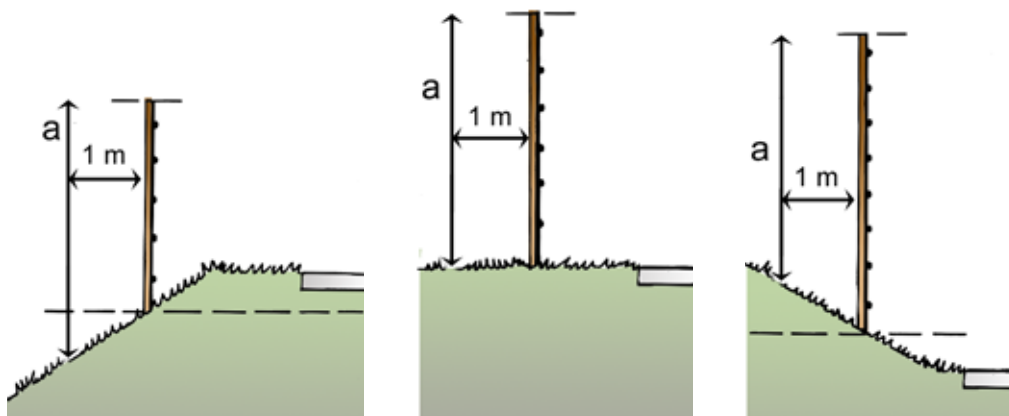
Doelsoorten

Alle doelsoorten, m.u.v. klimmende zoogdieren (boomarter, slaapmuizen, eekhoorn), vissen, vleermuizen en vogels.

Locatie en locatiekeuze

In deze paragraaf worden met rasters ook (amfibieën)schermen en -geleidewanden bedoeld. Rasters worden aangebracht langs wegen waar de verkeersveiligheid en/of het voortbestaan van de populaties van soorten in het geding is; oftewel, trajecten waar relatief veel faunaverkeersslachtoffers vallen.

- Rasters moeten goed aansluiten op aanwezige landschappelijke elementen. Aan de uiteinden het raster zo mogelijk terugbuigen (= van de infrastructuur af).
- Rasters worden in principe aangebracht aan beide zijden van de (spoor)weg en dienen tegenover elkaar te eindigen. Dan loopt een dier, dat het einde van een raster bereikt en besluit over te steken, niet de kans om aan de andere kant van de (spoor)weg op het tweede (langere) raster te stuiten en terug te lopen, de weg op. In specifieke gevallen kan het juist overbodig zijn om aan beide zijden van de (spoor)weg rasters aan te brengen, bijvoorbeeld als aan één zijde van de weg sprake is van geschikt leefgebied voor reeën en aan de andere zijde van ongeschikt industrieterrein. Dit is bijvoorbeeld het geval langs de N297 in Midden-Limburg. Hier bevindt zich het reeënleefgebied Limbrichterbos ten zuiden van de weg en autofabrikant Nedcar ten noorden van de weg. In dit geval kan volstaan worden met een raster uitsluitend langs de zuidzijde van de weg (Smit, 2006).
- Het laten eindigen van de rasters dient te gebeuren op plekken waar passeren buiten de rasters om ontmoedigd wordt (rasters iets verder laten doorlopen dan de lengte van het geschikte habitat van de doelsoort langs de (spoor)weg) of bij voorkeur niet mogelijk is (bijvoorbeeld laten aansluiten op bruggen). De buffer is nodig omdat juist de grens tussen habitattypen vaak als loop-/trekroute wordt gebruikt. De lengte van de buffer is afhankelijk van de soortgroep: minimaal 15 meter voor reptielen, minimaal 50 meter voor kleine zoogdieren en tot 500 meter voor grofwild. Door lokale omstandigheden kan van deze vuistregels afgeweken worden, bijvoorbeeld als aangesloten kan worden op een bestaand kunstwerk, reeds bestaand raster verderop, bebouwing of andere niet passeerbare elementen.
- Bij het aanbrengen van rasters moet goed rekening worden gehouden met al aanwezige rasters in de omgeving. Voorkomen moet worden dat er nieuwe vallen ontstaan tussen meerdere parallelle rasters. Het totaal aantal rasters moet zo gering mogelijk zijn. Vanuit onderhoudstechnisch oogpunt dient een tussenruimte van minimaal 0,5 meter tussen twee parallelle rasters te worden aangehouden.
- Op wegen met een relatief lage verkeersintensiteit, dat wil zeggen wegen die geen absolute barrière voor fauna vormen, kunnen lokaal openingen in het raster worden aangebracht waardoor dieren – in combinatie met een elektronisch signaleringssysteem (zie § 8.5.2) – op vaste locaties de weg kunnen passeren ('dwangrasters'). Het gebruik van stroommatten om te voorkomen dat de dieren zich langs de weg (binnen de rasters) gaan verplaatsen is een in de literatuur genoemde optie, maar wordt afgeraden



Figuur 8.126 - 8.127 Hoogte raster is afhankelijk van de plaats op het talud

a: hoogte raster ten opzichte van afzetpunt



Figuur 8.128 Het raster moet worden ingegraven om gravende dieren tegen te houden (foto: Bert Stegehuis).



Figuur 8.129 Inspectie van faunavoorzieningen: tunnel is dichtgezet.

vanwege de onderhoudsgevoeligheid en kwetsbaarheid (voor bijvoorbeeld een sneeuwschuiver).

- Met name op plaatsen waar voor bepaalde soorten weinig leefgebied aanwezig is, wordt aanbevolen de berm zo veel mogelijk als toegankelijk habitat / leefgebied te benutten door de rasters zo dicht mogelijk tegen de (spoor)weg aan te leggen. Hierdoor wordt de faunapassage ook korter, hetgeen gunstig is voor de frequentie van gebruik. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met de verkeersveiligheid (obstakelvrije zone), het onderhoud van de (spoor)weg en de aansluiting op eventuele faunapassages. Nadeel van rasters zeer dicht op de (spoor)weg is de grotere kans op beschadiging en de aantasting door opspatwater en door aanrijdingen. Ook bemoeilijkt het het bermbeheer (machinaal maaien).
- Te allen tijde moet maximaal rekening worden gehouden met de verkeersveiligheid (mentaal: voorkómen van tunnелеffect, fysiek: obstakelvrije zone, goed overzicht voor weggebruikers in bochten etc.). Voor details omtrent deze aspecten bij wegen wordt verwezen naar de brochure 'Botsveiligheid van faunavoorzieningen'.
- Landschappelijke aspecten:
 - o vanuit het oogpunt van 'beleving van het landschap' wordt aangeraden rasters zoveel mogelijk te laten wegvallen tegen de omgeving, bijvoorbeeld door plaatsing tegen een achtergrond als een talud of juist onderaan een dijk. Dit laatste kan echter wel strijdig zijn met behoud van zoveel mogelijk leefgebied. Belevingswaarde van het landschap dient daarom per specifiek geval afgezet te worden tegen de ecologische aspecten (ecologische 'winst').
 - o Voorkom in hetzelfde kader een 'onrustig beeld' door overbodige knikken en wisselingen in hoogte van het raster.
 - o Beperk de vanaf de (spoor)weg waarneembare hoogte van het raster door het raster verdiept op de insteek van een sloot of bestaande greppel te plaatsen (ook hier geldt dat ecologische aspecten altijd moeten worden meegewogen in de beslissing: een gewenst, rijk begroeid oevertalud van een sloot dient als leefgebied voor oevergebonden soorten uiteraard niet te worden 'buitengesloten' door een raster onderaan het talud in de slootkant).
 - o Pas op met gekleurde kunststoffen, deze kunnen bijvoorbeeld in de winter erg opvallen.
 - o Plaats rasters zo veel mogelijk parallel aan de (spoor)weg, zodat een rustig beeld ontstaat, dit is doorgaans ook ecologisch gezien het meest wenselijk.
- Een combinatie met veekering heeft als nadeel dan onduidelijkheid kan ontstaan wie verantwoordelijk is voor onderhoud. Tevens is de kans aanwezig is op beschadiging door landbouwvoertuigen en vee of kunnen gaten in het raster geknipt worden ten behoeve van drinkwaterpompjes voor vee etc. Daarentegen is het vanuit beheer en onderhoud nadelig als er een bermstrook aanwezig blijft tussen de veekering en het wildraster. Daarom wordt per geval bekeken of de kosten (handhaving, risico niet naleven afspraken / contract) opwegen tegen de baten (minder ongemak bij maaien smalle stroken). Wordt een faunaraster inderdaad op de eigendomsgrens geplaatst dan dienen goede afspraken te worden gemaakt. Deze worden contractueel vastgelegd. In deze afspraken moet aan de orde komen: drinkwatervoorzieningen, onderhoud en bereikbaarheid van het faunaraster en



Figuur 8.130 Beëindiging raster op rand tunnelbak.

het voorkomen en afhandelen van eventuele schade, overgang naar volgende eigenaar. Op naleving van het contract moet handhaving plaatsvinden.

- Langs watergangen heeft het de voorkeur het raster op driekwart tot een meter langs de insteek van het talud te plaatsen zodanig dat het raster de watergang volgt. De strook tussen insteek talud en raster kan dan handmatig worden gemaaid.
- Langs eigendomsgrenzen wordt het raster een halve meter binnen de eigendomsgrens van RWS geplaatst zodat duidelijk is wie eigenaar en beheerder is. Hierdoor ontstaat echter een smalle strook tussen raster en eigendomsgrens. Het heeft de voorkeur deze strook waar mogelijk te vermijden door het raster op de eigendomsgrens te plaatsen. Met de burens moeten dan wel afspraken worden gemaakt die contractueel worden vastgelegd (zie boven) Waar mogelijk wordt het beheer achter het raster overgedragen aan de lokale natuurbeheerder.
- Daar waar faunarasters en faunapassages ver uit elkaar liggen bestaan twee mogelijkheden deze op elkaar aan te sluiten: of de faunapassage wordt verlengd of het raster wordt naar de de faunapassage verplaatst, het zogenaamde 'insnoeren'. De laatste oplossing heeft de voorkeur. Hierbij is geen langere (en duurdere) faunapassage nodig, waarvan het verwachte gebruik door dieren minder frequent zal zijn dan van de kortere alternatieven. Tevens is de aldus ontstane hoek van het raster op die plekken van ca. 45 graden i.p.v. 90 graden op de looprichting van dieren gunstig voor de mate van gebruik, met name het gebruik door amfibieën. Toegang tot de achterliggende hoek voor onderhoud aan de vegetatie moet wel gewaarborgd zijn (werkpoort).
- Bij plaatsing van het raster achter de bermsloot moeten zijsloten goed worden afgezet. Dit kan bij voorkeur door in de zijslot een duiker aan te brengen. Het laten doorlopen van rasters in de sloot levert te veel problemen met het onderhoud op. Een duiker is echter moeilijk 100% faunadicht te krijgen. Ook een kettingmat onder een kleinwildraster (zie figuur 8.122) is niet faunadicht. Door de kettingen elektrisch onder spanning te zetten als de sloot of greppel droog staat (zogenaamde 'flood gates' of waterhekken), kan de barrièrewerking voor fauna worden vergroot. Zodra de waterspiegel dan weer stijgt en de kettingmat onder water komt te staan, gaat de spanning er via een energiebegrenzer automatisch weer af.
- Voorkomen moet worden dat takken op het raster kunnen vallen en het zo beschadigen. Er moet daarom afstand worden gehouden en er moet op tijd worden gesnoeid. Een looppaadje zonder obstakels langs het raster is wenselijk, dekking op korte afstand (50-100 cm) buiten dit looppaadje evenzeer (bijvoorbeeld voor amfibieën tegen predatie door vogels).

Ontwerp

Rasters bestaan uit metaaldraad dat is bevestigd aan palen. De hoogte en de maaswijdte van de rasters hangen af van de doelsoorten. Rasters kunnen alleen effectief functioneren indien:

- Het raster hoog genoeg is en dieren er niet overheen kunnen springen (zie figuur 8.131).
- Het raster mechanisch wordt opgespannen (geldt voor alle gaas- en rastersoorten).

Doelsoorten	Hoogte	Maaswijdte	Opmerkingen
Edelhert	2,2 meter	150 tot 200 mm	De afstand tussen de verticale draden bedraagt 150 mm De draden moeten een dikte hebben van ten minste 2,5 mm (Bij hoge wilddruk treksterkte van min. 700 - 900 N/mm ²) Gaas heeft zink-alu-coating
Ree	1,8 meter	150 tot 200 mm	De draden moeten ten minste 1,90 mm dik zijn (zink-alu-coating)
Wild zwijn	1,0 - 1,5 meter	150 tot 200 mm Onderin 75 x 150 mm i.v.m. biggen	0,2 meter ingraven (mechanisch opspannen)
Das, otter, bever, steenmarter, kleine marterachtigen	1,0 meter	25,4 mm verticaal en 50,8 mm horizontaal met krimp*	0,2 meter ingraven en 0,3 meter haaks omzetten naar wildzijde
Amfibieën, reptielen en kleine zoogdieren	0,4 tot 0,6	Dicht, glad kunststof 'plank' (HDPE), staal, beton (gaas is te kwetsbaar, amfibieën klimmen omhoog en jonge dieren gaan er doorheen)	0,10 meter ingraven
Boommarter	minimaal 1,0 meter	Dicht, glad	Plaatsen aan bovenkant van (gecombineerd) raster

* Een liggende maas heeft de voorkeur boven een staande maas. Beide typen vormen geen absolute barrière voor dassen (mond. med. Das & Boom), maar dassen klimen (vrijwel) nooit over het raster (schr. med. Arfman)

Figuur 8.131 Bepalen van maaswijdte en hoogte van rasters voor diverse doelsoorten

- De maaswijdte dusdanig is dat dieren er niet doorheen kunnen kruipen (zie figuur 8.131). Bij dassenraster (maaswijdte 50,8 x 25,4 mm) wordt in 95% van de gevallen een liggende maas toegepast. Over dassenraster met een staande maas zou minder eenvoudig door dassen geklommen kunnen worden. Dit mogelijk voordeel weegt echter niet op tegen de technische voordelen van een liggende maas: deze mazen kunnen voorzien van een krimp waardoor het strakker gemonteerd en mechanisch opgespannen kan worden. Tevens is het goedkoper in de aanschaf. Indien overal in Nederland uitsluitend liggende mazen worden toegepast, is het onderhoud uiteindelijk ook goedkoper.
- Dieren niet onder het raster door kunnen kruipen of graven. In gebieden met vossen, konijnen, wilde zwijnen, muizen en dassen moet het raster enkele decimeters (minimaal 20 cm, ook voor slangen) worden ingegraven. Aan het ingegraven gedeelte moet onder een hoek van 90 graden een strook gaaswerk (met een breedte van 0,3 meter) worden aangebracht (horizontaal). Ingraven is ook noodzakelijk als uitspoelen van de grond kan optreden. Alternatief is een zogenaamd horizontaal loopvlak aan de verticale wand te bevestigen, waardoor dieren niet onder het raster door kunnen graven en waardoor wordt voorkomen dat vegetatie tegen het raster opgroeit (in: Struijk, 2010). Het gevolg is dat er minder of niet gemaaid hoeft te worden.
- Schrikdraad is een dure optie in aanschaf en onderhoud. Eventueel kan dit tijdelijk worden gebruikt in specifieke gevallen (bijvoorbeeld hoge risico's voor bedreigde diersoorten) of tijdelijk om het gedrag van dieren te beïnvloeden. In geval van uitbraken van veeziekten (MKZ bijvoorbeeld) is het een snelle manier om ecoducten af te sluiten. Let erop dat schrikdraad dat wordt toegepast als veekering, niet in de buurt van passages voor edelherten wordt geplaatst. Edelherten reageren sterk op schrikdraad en mijden vervolgens de locatie. Het is niet bekend of andere soorten ook zo negatief op schrikdraad reageren.
- Schrikdraad in natuurgebieden zonder edelherten, die graasrunderen wel dienen tegen te houden, maar wilde zoogdieren niet, kunnen niet te laag worden aangebracht in verband met de kalveren. Een dubbele spandraad op een hoogte van 60 cm en 120 cm houdt het vee tegen, maar weerhoudt de wilde soorten niet (ree kruipt onder het raster door en springt er overheen, overige soorten lopen er onderdoor).
- De bovenste spandraad in reeds lang geleden aangebrachte rasters is vaak van prikkeldraad, maar dient te bestaan uit gladdraad of manchets van kippengaas. Dit voorkomt pootbeschadigingen en andere verwondingen van vogels en zoogdieren. Tegenwoordig wordt prikkeldraad (vrijwel) niet meer toegepast, met uitzondering van wroetdraad in zwartwilderaster op 5 cm boven maaiveld en langs de onderzijde van het ingegraven raster, 20 cm in de grond.
- De vereiste hoogte hangt af van de situatie en moet worden gemeten aan de kant waar de dieren naderen. Bij ligging op een helling moet de hoogte hierop worden aangepast (zie figuur 8.131).
- Het raster moet vanaf de weg gezien aan de buitenzijde van de palen worden vastgemaakt. Dit voorkomt dat (kleine) dieren de palen gebruiken om tegen het scherm / raster op te klimmen; het voorkomt bovendien dat rasters (die bijvoorbeeld



Fig 8-132 Hol teruglopend kunststof reptielenraster (Drents Friese Wold met als doelsoorten levendbarende hagedis, ringslang en adder (foto: R.P.J.H. Struijk).



Fig 8-133 Amfibiegeleidewand (foto: Arfman).



Fig 8-134 U-vormige constructie aan einde geleidewand (foto: Aco).



Fig 8-135 Kleinwild- en amfibieën timeraster; het fijnmazige raster wordt in verband met beschadiging bij onderhoud, het gemakkelijk inklimmen van dieren en de te grote maaswijdte voor jonge amfibieën bij voorkeur niet meer toegepast.

in slechte conditie verkeren) richting de weg vallen als grote dieren (bijvoorbeeld wilde zwijnen) er tegenaan botsen.

- Met name als de afscherming voor kleine dieren (bijvoorbeeld amfibieën) is bedoeld, moet ervoor worden gezorgd dat vlakbij of tegen het raster en/of scherm geen begroeiing aanwezig is, omdat kleine dieren daar in kunnen klimmen en vervolgens over de afscherming kunnen geraken.
- Overheen klimmen kan voorkomen worden door (Struijk, 2010):
 - o glad materiaal te gebruiken (zie onder 'Materiaalkeuze');
 - o het raster onder een hellingshoek te plaatsen (60 graden met de grond, richting het achterland);
 - o en/of een horizontaal overstekende rand van 20 cm toe te voegen;
 - o en/of een hol teruglopend raster te gebruiken, met verticaal opstaande rand.
 - o Zeer robuuste stalen geleidewanden voor amfibieën worden met succes toegepast in Duitsland (www.maibach.de). De stalen wanden (2,5 mm dik) bestaan uit elementen van 4 meter lang en 40 cm hoog. Bovenin wijkt de wand 6 cm terug naar de wildzijde en ook nog eens 4 cm naar beneden. Onderin bevindt zich een stalen platform van 20 cm breed aan de wildzijde. De staalementen zijn met elkaar verbonden door strakke dubbele U-profielen. De toepassing is uitermate duurzaam vanwege de materiaalkeuze (zie onder), de naadloze aansluitingen op kunstwerken en faunapassages (maatwerk) en de zeer stabiele integratie van de constructie in de ondergrond (REF. Maibach).

Keerwand

Het plaatsen van een keerwand aan de uiteinden van een raster is aan te raden, om te voorkomen dat dieren aan het eind van het raster alsnog de weg opkomen. Over de effectiviteit van keerwanden in relatie tot de lengte ervan is niets bekend, maar een lengte van 80 tot 100 meter is in Noord-Amerika voor reptielen toegepast (in: Struijk, 2010). Voor amfibieën worden doorgaans (veel) kortere keerwanden van enkele meters tot hooguit enkele tientallen meters gebruikt. Indien de ruimte beperkt is (in Nederland vaak het geval), is het meer dan haaks terugzetten van het raster aan het uiteinde een alternatief voor een lange keerwand. De maximale hoek die de keerwand hierbij mag hebben ten opzichte van de trekrichting is 60°. Optimaal is 45° tot 60° (REF. tekening 14 van de brochure 'Amfibieën onderweg, maatregelen voor de bescherming van amfibieën op onze wegen' (Vlaamse overheid, departement Leefmilieu, Natuur en Energie, 2002, depotnummer D/2002/3241/281, ISBN 90-403-0160-3)). Aan het einde van stalen geleidewanden worden ook vaak U-vormige constructies toegepast (Figuur 8.134).

Materiaalkeuze.

Veelal worden rasters in combinaties toegepast: grofmazig gaas voor grotere zoogdieren als basis en hier dan onderin een fijnmazig gaas voor kleinwild tegenaan en eventueel nog een laag scherm zonder mazen voor reptielen, amfibieën en kleine zoogdieren. Voor het vervaardigen van (combi)rasters worden vele verschillende materiaalsoorten toegepast als gaas, worteldoek, folie, kunststof (HDPE-platen), hout, beton, polyesterbeton en staalplaat. Deze materialen hebben een verschillende slagvastheid, water-, vorst- en UV-bestendigheid,



Fig 8.136 Amfibieënscherm en raster voor kleine respectievelijk grote dieren.



Fig. 8.137 Raster en werkpoort voorzien van dichte strook aan de onderzijde om amfibieën te keren.

brandgevoeligheid etc. en daardoor een verschillende duurzaamheid. De voor- en nadelen van genoemde materialen worden hieronder toegelicht.

Gaas is voor kleine soorten ongeschikt omdat deze er bij een te grote maaswijdte doorheen kruipen (salamanders bijvoorbeeld), makkelijk inklimmen of zelfs in verstrikt raken. Bovendien groeien er makkelijk planten doorheen die moeilijk te verwijderen zijn en een opstap bieden voor klimmende dieren. Geleidewanden voor reptielen en amfibieën kunnen daarom het beste bestaan uit dicht materiaal (zie figuur 8.131 en 8.136) en niet uit fijnmazig raster.

Van de toegepaste 'dichte materialen' heeft worteldoek een te grillige structuur waar kleine dieren makkelijk overheen klimmen. Bovendien is het zeer kwetsbaar – evenals folie waar dieren iets moeilijker overheen klimmen – en vergt daardoor veel onderhoud. Gebruik van worteldoek en folie wordt sterk afgeraden. Er kan beter met sterker materiaal worden gewerkt zoals kunststof (HDPE-platen), beton of staal. Houten platen zijn als amfibiekering minder geschikt, want het is ruw (overklimbaar), brandbaar en dus vandalismegevoelig. Wel gaat hout tegenwoordig door innovatieve verduurzamingsmethoden langer mee dan vroeger (en zijn daardoor wel geschikt voor rasterpalen, zie onder). Mits gekozen wordt voor een duurzame soort als Accoya, Nobelwood etc. kunnen houten palen in combinatie met HDPE-platen fungeren als amfibiekering.

Kunststofrasters voor amfibieën en reptielen zijn als gevolg van temperatuurveranderingen sterk onderhevig aan krimp en uitzetting, met kieren en scheuren tot gevolg. Hierdoor moet het raster relatief snel (gemiddeld na 5 jaar) worden vervangen. De levensduur kan wel worden vergroot door de HDPE-platen aan elkaar te bevestigen met bouten en moeren in slobgaten: ovale sleuven waarin de bouten en moeren bij uitzetting of krimp meebewegen (Struijk, 2010). Ook dan blijven kunststofrasters echter gevoeliger voor beschadiging door (maai)beheer dan staal en beton. Al met al is kunststof niet duurzaam, maar wel relatief duur.

Beton en polyesterbeton zijn relatief duurzaam, maar eveneens kostbaar en reparaties zijn niet eenvoudig. Ook staalplaat is kostbaar en enigszins gevoelig voor diefstal, maar vormt samen met beton veruit de meest geschikte geleidewand voor reptielen en amfibieën vanwege de duurzaamheid (die compenseert voor de initiële kosten). Uiteraard is het van groot belang dat bij de aanleg van betonnen of stalen geleidewanden wordt voldaan aan de voorwaarden genoemd onder Ontwerp (zie boven).

Roodwild-, zwartwild- en kleinwildrasters bestaan uit een combinatie van gaas en palen. De palen kunnen zowel van hout, metaal, kunststof als beton zijn gemaakt. In de praktijk is 98% van de (tussen)palen van rasters van hout. De toegepaste houtsoorten zijn Cloeziana (duurzaamheidsklasse 1), Robinia (duurzaamheidsklasse 1/2) en tamme kastanje (duurzaamheidsklasse 2). Door houten rasterpalen met een gegarandeerde duurzaamheidsklasse 1 toe te passen (FSC-keurmerk) gaan de palen minimaal 25 jaar mee en verdwijnt de discrepantie tussen de levensduur van het hout en het gaas (waarvan de kwaliteit tegenwoordig door de zink-alu coating eveneens sterk verbeterd is).

De palen moeten sterk genoeg zijn om dieren tegen te kunnen houden die in hun vlucht tegen het raster botsen.

- Hoek-/eindpalen van hout moeten een minimale diameter hebben van 12/14 cm.
- Tussenpalen van hout kunnen enigszins dunner zijn (10/12 cm voor roodwild- en zwartwildraster; 8/12 cm voor kleinwildraster).



Figuur 8.138 Dassenpoort met dwangvleugel.



Figuur 8.139 Inspringvoorziening voor roodwild (Arfman)



Figuur 8.140 Inspringvoorziening voor kleinwild (Arfman).

- Indien gebruik wordt gemaakt van de zeer duurzame Accoya-palen (rechthoekig) kan voor roodwild- en zwartwild volstaan worden met een diameter van 10 x 15 cm voor hoek-/eindpalen en 7,4 x 7,4 cm voor tussenpalen. Voor kleinwildraster voldoet een diameter van 10 x 12,5 cm voor hoek-/eindpalen en eveneens 7,4 x 7,4 cm voor tussenpalen.

De palen moeten stevig in de grond worden gebracht: afhankelijk van het type grond minimaal 0,80 meter diep voor kleinwildraster en 1,00 meter voor grofwildraster. Hoek-/eindpalen minimaal 1,40 meter diep en altijd voorzien van schoren. De afstand tussen de palen bedraagt maximaal 3 meter (kleinwildraster) tot maximaal 4 meter (grofwildraster). Palen moeten aan de wegzijde van het raster staan om uitklimmen van dieren te voorkomen. Ook de bevestigingspunten mogen geen houvast bieden aan dieren.

Terugkeervoorzieningen

Op regelmatige afstand moeten terugkeervoorzieningen worden aangebracht om dieren die aan de verkeerde kant van het raster zijn beland een terugweg te bieden (bij voorkeur iedere 250 meter). Dit is vooral van belang aan het begin en aan het einde van een raster waar de dieren om het raster heen kunnen lopen (eerste terugkeervoorziening daarom aanbrengen op 50 meter van de eindpaal). Het meest toegepast worden terugkeerluiken en/of insprongen. Een combinatie van beiden is aan te bevelen vanwege de verschillende doelsoorten.

Voor dassen werken de terugkeerluiken ('dassenpoortjes', zie figuur 8.138) in principe goed. De klep en sponning zijn schuin geplaatst en alleen vanaf de wegzijde te openen. Uit ervaring blijkt echter wel dat ze vaak open blijven staan door opgehoopt blad, zwerfvuil of achtergebleven maaisel of na enige niet meer goed sluiten door corrosie of materiaalschade. Regelmatige controle van de werking is essentieel. Daarnaast zijn dassenpoorten slechts voor een beperkt aantal (sterke) soorten (met name das en vos) bruikbaar. Echter, tegenwoordig worden ook dassenpoorten geleverd met veel minder zware, gedeelde kleppen van geperforeerd aluminium zodat ook minder sterke (kleinere) soorten en jonge dassen de kleppen kunnen openen.

Insprongen aan de (spoor)wegkant van het raster, die vanaf maaiveld in hoogte oplopen tot de hoogte van het raster zelf (in geval van kleinwildraster of) tot een hoogte van (minimaal) 1,00 meter (in geval van hogere rasters), bieden ook voor grotere en kleinere diersoorten dan de das een goede terugkeermogelijkheid (zie figuur 8.139). Dieren die aan de (spoor) wegzijde van het raster zijn beland zullen doorgaans strak langs het raster een uitweg zoeken. De insprongen vangen deze dieren dan op en via de met grond gevulde schans kunnen de dieren afspringen naar de veilige zijde. Een komvormige verlaging aan de veilige zijde voorkomt dat grotere soorten (ree, edelhert etc.) via de insprong op de weg kunnen komen. Insprongen kunnen 'dubbel' (oploopbaar vanaf beide kanten) of enkelvoudig worden aangebracht. In geval van enkelvoudige insprongen dient de oriëntatierichting van de oploopheuvel van opeenvolgende insprongen telkens te wisselen. Tegenwoordig zijn ook prefab insprongen specifiek voor amfibieën leverbaar.

Indien een insprong en een dassenpoort gecombineerd worden in één constructie spelen bovengenoemde problemen met begroeiing, zwerfvuil, corrosie etc. niet of in veel mindere mate. De dassenpoort bevindt zich dan onder in de schans van de inloop in een soort tunneltje waar (vrijwel) geen woekering door vegetatie of materiaalschade zal optreden.



Figuur 8.141 Poorten in raster moeten goed gesloten blijven (Foto: Henk van der Stouw, Arfman)



Fig. 8.142 Te kort raster, dassenwiel loopt er gewoon omheen.

Werkpoorten

Afhankelijk van de lokale situatie kan het nodig zijn in het raster een werkpoort aan te brengen. Poorten zijn gemaakt van eikenhout en hebben een betonnen drempel ('dorpel') ter voorkoming van spoorvorming (en erosie / uitspoeling). Hierdoor kan geen ruimte onder de werkpoort ontstaan waar (kleine) dieren onderdoor kunnen kruipen. Het is van belang om bij de poorten geen openingen te hebben die groter zijn dan de maaswijdte van het raster waar ze op aansluiten. Daarom moeten rubberflappen worden aangebracht aan de werkpoorten, zowel onderaan als opzij aan de scharnierkant (zie Figuur 8.137). Werkpoorten dienen na gebruik direct te worden gesloten! Dit betekent dat ze voorzien moeten zijn van een degelijke, eenvoudige sluiting die met één hand bediend kan worden. Indien ze één nacht open blijven staan, kunnen de gevolgen vanwege de geleidende werking van het raster desastreus zijn.

Speciale aandachtspunten

- Langs spoorwegen is het gebruikelijk om lange trajecten te voorzien van hekwerken om mensen van het spoor te weren. Deze hekwerken vormen een barrière voor alle middelgrote en grote grondgebonden diersoorten. Er wordt door ProRail standaard 0,05-0,15 meter gehanteerd als open ruimte onderaan het hekwerk. Door 0,15 meter te gebruiken als streefbeeld voor de ruimte onder de aan te leggen hekwerken, is er in ieder geval geen sprake meer van een barrièrewerking voor amfibieën, reptielen en kleine zoogdieren als (spits)muizen, egel en kleine marterachtigen. Lokaal kunnen grotere doorgangen onderin het hekwerk gewenst zijn, voor soorten als das en vos. De dimensies van deze doorgangen moeten echter menswerend blijven en komen in die zin overeen met de dimensies zoals toegepast bij planken over sloten (§ 8.6.4) (zie figuur 8.163). In de Oostvaardersplassen wordt lokaal onder in het hekwerk een open ruimte van 0,40 meter hoog gehanteerd (en tot 3-4 meter lang) om de reeën heen en weer te laten kruipen en edelherten en grote grazers binnen te houden. Deze maatregel werkt goed (schr. med. H. Pol – ProRail). Voor het opheffen van de barrièrewerking van hekwerken op trajecten waar het passeren van de spoorlijn door hertachtigen en wild zwijn wenselijk is, zullen grootschaliger faunapassages moeten worden gerealiseerd, bijvoorbeeld door het aanpassen of opheffen van de bestaande verkeersfunctie van (landbouw)tunnels door deze gedeeltelijk of volledig in te richten als faunapassage (verharding verwijderen, stobben en geleiding aanbrengen etc).
- Met name langs spoorwegen is het van extra groot belang dat insprongen niet per ongeluk aan de verkeerde kant van het hekwerk (achterlandzijde) worden gerealiseerd, omdat het zeer onwenselijk is dat mensen via deze constructies op de spoorbaan belanden.
- Veel rasters functioneren niet omdat de aansluitingen op viaducten, duikers etc. niet 'naadloos' zijn en gaten of kieren vertonen. Rasters dienen goed aan te sluiten op de aanwezige faunapassages, viaducten etc. Met name voor kleine diersoorten als reptielen en amfibieën dient de aansluiting 'naadloos' te zijn, omdat kieren en gaten zo groot als de dieren zelf (klein dus) reeds de geleiding teniet doen: de dieren kruipen er gemakkelijk doorheen, met name omdat ze geneigd zijn geleidende elementen zeer strak te volgen.



Fig. 8.143 Verwoest raster na een aanrijding.

- Hierbij ook aandacht schenken aan de 'zwakste schakels' in rastertrajecten: zijwegen, wildroosters etc. (zie figuur 8.146 en § 8.4.2); indien nodig roosters aanbrengen in de weg en ook deze naadloos laten aansluiten op de rasters.
- Alle faunavoorzieningen maar ook bestaande duikers en bruggen moeten bereikbaar blijven voor dieren.
- Vrijwel altijd blijft bij machinaal (maai)beheer een smalle strook ruigte langs het raster staan om beschadigen van het raster te voorkomen. Deze strook vormt behalve het raster zelf een natuurlijke geleiding. Echter, de ruigte kan dieren ongewild langs de ingang van de faunapassage leiden (omdat daar de ruigte vaak ook wordt overgelaten). Dit treedt met name op bij soorten die de randen van kale grond naar ruigte strak volgen, zoals reptielen (Mulder, 2005). Daarom moet ter hoogte van de ingang de aanwezige ruigte handmatig worden verwijderd, om zodoende een 'trechter' van openheid tot in de tunnel te creëren.
- Beheer van vegetatie langs rasters is lastig, maar uitermate belangrijk. Enerzijds wordt de ruigte vlak tegen het raster vaak ongemoeid gelaten om schade aan het raster te voorkomen, anderzijds dient deze vegetatie niet in het raster te groeien, omdat dieren dan over het raster kunnen klimmen!
- Aandacht voor eigendom: liefst op grond van de wegbeheerder in verband met het onderhoud en winst in ruimte voor fauna (kortere passages, meer bermoppervlak).
- Om inspectie te vergemakkelijken kunnen bij lagere rasters opstapjes aan weerszijden van het raster worden aangebracht. Dit verkleint tevens de kans op beschadiging door overklimmen. Overstapplankjes kunnen ook toegepast worden bij kruising van (struin) paden.
- Plaats rasters zodanig dat inspectieputten vanaf de wegkant kunnen worden geïnspecteerd.
- Rasters zodanig plaatsen dat slootonderhoud mogelijk is.
- Bij gecombineerde rasters zorgen voor een onderhoudscontract met daarin wie eigenaar is en wat de verplichtingen zijn. Let op de aansprakelijkheid. In het algemeen beheer en onderhoud zo veel mogelijk neerleggen bij de lokale natuurbeheerders (gebruikelijk in Vlaanderen).
- Een door derden geplaatst raster, dat niet op eigen grond staat, waartegen niet is opgetreden, kan via jurisprudentie worden gelegaliseerd.
- Pas bij doorgangen voor recreanten klaphekken toe, zodat deze niet open blijven staan.
- Rasters zijn relatief kwetsbaar en periodiek onderhoud is nog belangrijker dan bij faunapassages. Gedegen onderhoud blijft echter vaak achterwege. Rasters moeten worden meegenomen in de standaardinspecties en regelmatig worden gecontroleerd op beschadiging. Speciale aandacht moet hierbij worden besteed aan: gaten, verbinding met de palen, aansluiting op de grond, aansluitingen op wildroosters, sporen en hopen van dieren, waaruit blijkt dat dieren onder het raster doorgaan,



Fig. 8.144 Rommelige aansluiting.



Fig 8.145 Wildrooster



Fig 8.146 Raster sluit niet goed aan op wildrooster

begroeiing die het voor bepaalde soorten mogelijk maakt over het raster heen te klimmen, reparatie na beschadiging door bijvoorbeeld aanrijdingen. Op locaties waar publiek veel in contact komt met het raster is vaker inspectie nodig.

- Draaiende elementen in rasters mogen niet belemmerd worden door vegetatie. Rond dassenpoorten en werkpoorten is dus regelmatige inspectie en een hoge maaifrequentie vereist. Indien vervanging van dassenpoorten aan de orde is, kan gekozen worden voor minder kwetsbare ontwerpen.

8.4.2 Wild- en veeroosters

Algemene beschrijving en doelen

Aan wild- en veeroosters in wegen worden afhankelijk van de verkeersbelasting zeer zware technische eisen gesteld. Wild- en veeroosters voldoen, mits juist gedimensioneerd, voor grotere zoogdieren en (begrazings)vee. Middelgrote zoogdieren als dassen en marterachtigen laten zich door een wildrooster niet tegenhouden.

Doelsoorten

Roodwild, zwartwild (wildroosters) en paarden, runderen, geiten, schapen (veeroosters).

Ontwerp

Er zijn standaard wild- en veeroosters in diverse maten verkrijgbaar. Deze bestaan uit een betonnen onderbouw met een rooster. De uitvoering van het rooster is afhankelijk van de belasting en de doelsoorten. De breedte van het rooster is afhankelijk van de breedte van de weg en varieert van 1,00 tot 13,30 meter. De lengte in de rijrichting bedraagt voor wildroosters 2,10 meter (zwartwild) of 4,20 meter (roodwild) en voor veeroosters 2,10 meter. Het wild- of veerooster dient goed aan te sluiten op het aanpalende raster. De eindpaal van het raster mondt uit op de rand van de roosterbak en staat daar haaks op een geleidehekwerk met rood/wit-reflectoren strak langs het wild- of veerooster (de zogenaamde 'roostervleugels'). Verder dient een wild- of veerooster altijd voorzien te worden van waarschuwborden, een klappoort en – indien nodig – een werkpoort voor aangespannen wagens. Het is mogelijk om een wild- of veerooster op (druk bereden) wegen in gevallen waar variëren met de technische constructie haalbaar is te combineren met een faunapassage voor met name kleinere diersoorten (bijvoorbeeld egel en amfibieën). De wanden van de onderbouw aan weerszijden van de weg zijn dan door middel van bijvoorbeeld een stuk faunabuis of enkele betonelementen verbonden met het achterland via inloopkuilen. Doordat de onderbouw vrijwel altijd gevuld is met een zekere hoeveelheid bladmateriaal en er altijd sprake is van grote lichtdoorlatendheid (die zelfs vegetatie tot ontwikkeling laat komen, wat weer periodiek onderhoud vergt) is een dergelijke combinatie van wild- of veerooster en faunapassage ook zeer geschikt voor zonminnende organismen als reptielen.

Speciale aandachtspunten

- Om te voorkomen dat (kleinere) dieren het slachtoffer worden van een wild- of veerooster ('pitfall') dienen uitklimvoorzieningen ('faunatrapjes') te worden



aangebracht (uiteraard niet nodig indien het wild- of veerooster wordt gecombineerd met een faunapassage).

- Leg een wild- of veerooster niet direct na een bocht aan in verband met skeelers, fietsers en andere kwetsbare weggebruikers; houd een afstand aan van minimaal 5 meter zodat fietsers en motorrijders weer recht op hun voertuig zitten, breng geleidehekken aan met rood/wit-reflectoren en plaats een waarschuwingsbord.
- Let goed op de aansluiting met de rasters. Het raster moet doorlopen tot en met de betonnen rand van het rooster en aansluiten op het haakse geleidehekwerk van het rooster.
- Plaats naast roosters een klaphek voor passerende ruiters en recreanten en geen werkpoort. Werkpoorten worden vaak opengelaten. Een werkpoort kan aanvullend wel worden aangebracht op locaties waar passerende aangespannen wagens verwacht worden.

Inspectie en onderhoud

Het onderhoud aan wildroosters bestaat uit minimaal tweemaal per jaar verwijderen van opgeschoten vegetatie, ingewaaid blad en vuil. Een zekere hoeveelheid vegetatie en bladmateriaal is echter juist wenselijk indien het wildrooster gecombineerd wordt met een faunapassage voor kleinere dieren waaronder reptielen, amfibieën en loopkevers.

8.5 Waarschuwen

8.5.1 Afschrikmiddelen? Voor zoogdieren ineffectief!

Er zijn drie typen maatregelen die erop zijn gericht dieren (in de praktijk meestal reeën en grofwild en in geval van spoorwegen ook vaak grote vogels als zwanen en ganzen) uit de buurt te houden van wegen:

- visuele afschrikmiddelen;
- akoestische afschrikmiddelen;
- geurstoffen.

In het algemeen kan worden gesteld dat ten aanzien van alle tot nu toe toegepaste afschrikmiddelen voor zoogdieren (voor vogels niet: zie onder) gewenning optreedt waardoor de werking uiteindelijk in meer of mindere mate ineffectief blijkt (o.a. Elmeros et al, 2011). Ze zijn dus niet rendabel: de kosten zijn relatief hoog, met name ten aanzien van beheer en onderhoud. Omdat afschrikmiddelen voor zoogdieren echter op grote schaal zijn toegepast in binnen- en buitenland, worden ze in deze Leidraad wel behandeld, met als voornaamste doel af te raden om ze in de toekomst nog (op grote schaal) te gebruiken!

Visuele afschrikmiddelen

Visuele afschrikmiddelen betreffen vaak gekleurde linten in geval van grote vogels (zwanen, ganzen) langs spoorwegen en wildspiegels in geval van zoogdieren langs wegen.



Figuur 8.147 en 8.148 Langs veel wegen zijn wildspiegels en wildreflectoren geplaatst om grotere zoogdieren met lichtflitsen van de weg te houden. Helaas schrikken de dieren nauwelijks van de lichtflitsen, waardoor dit middel weinig effectief is (Foto's: Dick Kuiper).

Zwanenlinten / gekleurde bovenleiding

Zwanenlinten worden vooral toegepast in open gebieden met veel zwanen en/of ganzen waar de opvliegende vogels de neiging hebben om onder de bovenleiding door te vliegen in plaats van er veilig overheen. Op geconstateerde knelpunten (regelmatig aanrijdingen vogel – trein) worden vervolgens gekleurde linten gespannen om de vogels te dwingen de hoge, veilige route over de bovenleiding te nemen. Eventueel kunnen knotwilgen of andere boomsoorten langs de spoorlijn aangeplant worden op hardnekkige knelpunten die de functie van de linten dan na enkele jaren hebben overgenomen (vogels vliegen over de bomen en daarmee ook over de bovenleiding).

Momenteel worden experimenten uitgevoerd waarbij de rijdraden van de bovenleiding van een felle kleur worden voorzien (informatie ProRail). Deze kleur moet de rijdraden voor zwanen en/of ganzen beter zichtbaar maken zodat ze meer geneigd zijn om hoog over de bovenleiding heen te vliegen. Over het effect van deze maatregel is momenteel nog niets bekend.

Wildspiegels

Wildspiegels zijn langs heel veel wegen geplaatst. Wildspiegels moeten door reflectie van autolichten dieren waarschuwen die op het punt staan de weg over te steken. De spiegels hebben met name direct na de plaatsing enig effect, maar de werking neemt snel af door gewenning en overgroeiing door vegetatie, vuil, beschadiging door maaibeheer, scheefstand door welke oorzaak dan ook en vandalisme. Dit betekent dat als er wildspiegels worden geplaatst dit hooguit zinvol is in combinatie met zeer regelmatige inspectie en onderhoud (vooral in de maanden mei tot november; dan is het aantal aanrijdingen het hoogst) en bovendien uitsluitend in de eerste periode na plaatsing nog voor gewenning optreedt.

Er worden in Nederland hoofdzakelijk drie soorten wildspiegels gebruikt:

- Metalen spiegel; bestaande uit vaste roestvrijstalen plaatjes met aan iedere zijde vier of meer deukjes.
- Kunststof prisma (rechthoekige reflectoren bevestigd aan paaltjes) in rood en wit (Swareflex).
- Mobiele kunststofspiegel; dit is een beweegbaar type (molentje) dat is opgebouwd uit prisma's die zijn ingebed in gekleurd plastic dat wit of gekleurd licht breder verstrooid weerkaatst.

De vaste wildspiegels zijn wereldwijd veelvuldig toegepast maar blijken uiteindelijk vrijwel altijd ineffectief. De bewegende wildspiegels met schoepenrad zijn echter minder voorspelbaar in hun werking en de bliksemschichten die hier door reflectie alle kanten op schieten, lijken iets minder gevoelig voor gewenning (www.itek.co.at). In een bronnenonderzoek in de VS waar 12 onderzoeken naar het effect van Wildlife Reflectors worden geëvalueerd, wordt geconcludeerd dat in zes gevallen wildspiegels geen effect hadden en in zes gevallen wel sprake was van een effect. In de laatste gevallen betrof het vaak een meer open landschap (in plaats van een dicht bos), zodat de conclusie gerechtvaardigd lijkt dat 'beslotenheid' van het omliggende landschap (= aanwezigheid van dekking) minstens zo belangrijk is als het versturende effect van uitsluitend 'licht' wat betreft



aanrijdkansen. Ook is herhaaldelijk geconstateerd dat het wild eerder reageerde op geluid dan op licht. Dit is afgaande op reguliere prooi-predator-relaties ook wel te verwachten. Reageren op gevaar primair via het gehoor is in besloten habitat (bos, etc.) effectiever dan reageren op basis van zicht. De algemene conclusie van een analyse van studies wereldwijd uitgevoerd over de laatste 40 jaar is dat wildreflectors op termijn niet werken en bovendien zeer veel onderhoud vergen (Luell *et al.*, 2003).

Akoestische afschrikmiddelen

Het afgeven van afschrikwekkende geluiden bij de nadering van voertuigen is ook regelmatig toegepast, maar ook hier is uiteindelijk sprake van gewenning en lijken de maatregelen op termijn ineffectief. Ook speciale 'hertenfluitjes' gemonteerd op voertuigen (mobiele geluidsverstoring) werken niet afdoende. Deze brengen niet zelden een averechtse paniecreactie teweeg met fatale gevolgen (www.findlegaladvice.org). De 'Animal deterring device' "UOZ-1", speciaal ontwikkeld voor spoorwegen, produceert bij het naderen van een trein een mix van dierlijke alarmsignalen die ook afgegeven worden door de betrokken diersoorten bij naderend gevaar in 'het wild' en waarvan de perceptie dus genetisch geprogrammeerd is. Naar de effectiviteit is echter nog geen onafhankelijk onderzoek verricht. Mogelijk treedt ook hier naar verloop van tijd gewenning op omdat de fictieve alarmsignalen op de locatie in kwestie nooit gevolgd worden door een daadwerkelijke aanval van een predator. Als dit elders in het leefgebied echter voldoende vaak wél gebeurt, is het systeem in theorie mogelijk minder gevoelig voor gewenning dan de systemen die niet-dierlijke alarmsignalen afgeven.

Geurstoffen

Afschrikmiddelen op basis van geurstoffen richten zich eveneens vooral op herten, bijvoorbeeld 'Duftzaun': een combinatie van geuren van predatoren (doorgaans een mengsel van 'mens', 'wolf' en gebiedseigen predatoren) wordt op (spray) en/of in (injectie) een bol van polyurethaan aangebracht. Deze bollen zijn langs (spoor)wegen geplaatst, doorgaans op palen, bomen of vangrails, op circa 5 meter van het spoor of het asfalt en met een onderlinge afstand van circa 8 meter. De schuimbollen blijven 2 tot 5 jaar intact en dienen twee keer per jaar met de geurstof te worden geïnjecteerd. De geur schrikt diersoorten als edelhert en ree in directe zin af ('predator in de buurt'). Ook indirect worden de dieren doordat ze alert zijn geworden op predatie, gevoeliger voor het geluid of beweging van naderende auto's en zouden de weg mijden. Op deze wijze zou het middel zowel direct als indirect leiden tot een reductie van het aantal ongevallen tussen auto's en hoefdieren. Na een eerste testperiode blijkt het aantal aanrijdingen significant te zijn afgenomen. Het is echter onduidelijk in hoeverre deze afname op de testlocaties standhoudt wanneer de geur nooit gevolgd wordt door een daadwerkelijke aanval van een predator (dan is immers tóch gewenning te verwachten). Verder onderzoek naar de effectiviteit op langere termijn, naast gewenning met name ook ten aanzien van de afhankelijkheid van onderhoud, is daarom noodzakelijk om conclusies ten aanzien van afschrikken met geurstoffen te kunnen trekken.



Fig. 8.149 en 8.150 Waarschuwingborden

8.5.2 Waarschuwborden en elektronische wildwaarschuwingssystemen

Algemene beschrijving en doelen

Waarschuwborden hebben tot doel de verkeersdeelnemer te waarschuwen voor overstekend wild en daarmee de kans op aanrijdingen te voorkomen. In de praktijk blijkt dat permanente ('gewone') waarschuwborden veelvuldig genegeerd worden. Immers, de kans voor de individuele weggebruiker dat een aanrijdrisico op een bepaalde plek op een bepaald moment actueel is, is erg klein (terwijl deze voor het overstekende wild juist zeer groot is). Kortom, de snelheid wordt bij het zien van gewone vaste waarschuwborden ('Pas op! Overstekend wild') niet aangepast. Uitgebreid onderzoek in Noord-Amerika heeft laten zien dat diverse typen waarschuwingssystemen gecombineerd met warmte- of infraroodsensoren en/of een onderbrekingsstraal wél effect hebben (Huijser *et al.*, 2006; Huijser *et al.*, 2009). De warmtesensoren signaleren (afhankelijk van de instelling) grote zoogdieren en middelgrote dieren op een afstand van circa 250 meter vanaf de weg. Op het moment dat een zoogdier nadert, geeft het oplichtende waarschuwbord een gewenste snelheidsreductie aan. Deze systemen kunnen door middel van zonne-energie van stroom worden voorzien. In Zwitserland hebben dergelijke detectiesystemen het aantal aanrijdingen met grotere diersoorten met 80% gereduceerd. Er bestaan echter wel verschillen in betrouwbaarheid tussen de verschillende systemen. Gesteld wordt dat systemen waarbij 91-95% van alle grote dieren die de weg naderen wordt gedetecteerd, deugdelijk genoemd kunnen worden en dat een percentage van 6-10% valse alarmen acceptabel is. Waarschuwingssystemen dienen verder te resulteren in een reductie van minimaal 70% van het aantal aanrijdingen met grotere dieren. Vijf van negen onderzochte systemen in Noord-Amerika voldeden aan de gestelde eisen (Huijser *et al.*, 2009). In het algemeen geldt dat een positieve foute melding (wel een signaal/detectie, geen dier) zeldzaam is en ook niet wordt gezien als probleem. Een negatieve foute melding echter (geen signaal/detectie, wel een dier) komt bij sommige systemen vaker voor en is in dat geval een punt van zorg (bij het slechtst scorende systeem werd 27% van de grote dieren 'niet gedetecteerd'; het best werkende systeem registreerde daarentegen 100% van alle grote dieren).

Ook in Nederland is inmiddels ervaring opgedaan met elektronische signaleringssystemen bij 't Harde op de Veluwe en bij Diepenheim in Overijssel. De uitwerking van het signaleringssysteem op deze laatste locatie (N346) betreft het aan beide zijden uitrasteren van vier knelpunttrajecten met uitzondering van de detectiezones (van een beperkt aantal meters: zowel vlakdetectie als lijndetectie zijn toegepast). Het betreft bekende reeënwissels (de knelpunten waar de slachtoffers vielen). Worden reeën op de oversteeklocatie (de 'dwangwissel') gedetecteerd dan lichten er matrixborden op die het verkeer waarschuwen. Bij Diepenheim liep het aantal doodgereden reeën op één knelpuntlocatie terug van 40 slachtoffers naar één slachtoffer per jaar. Conclusie: het werkt!

Doelsoorten

Middelgrote (das, vos) tot grotere diersoorten. Het gaat om soorten die aanzienlijke schade aan voertuigen of zelfs inzittenden kunnen aanrichten.



Fig. 8.151 - 8.152 Waarschuwborden



Fig. 8.153 en 8.154 Een voormalige rijksweg (80 km/u) is met een middengeleider en een verhoging ter hoogte van de beek tot een 60 km/u weg omgebouwd (foto's: Bert Stegehuis).

Locatie

Om de aandacht van verkeersdeelnemers vast te houden moeten waarschuwingssystemen alleen worden geplaatst en in werking worden gesteld op plekken en in perioden dat een grote kans op aanrijdingen bestaat.

Speciale aandachtspunten

- Verkeersdeelnemers moeten goed geïnformeerd zijn over de werking van het gecombineerde systeem. Pas als mensen zich realiseren dat er daadwerkelijk dieren in de buurt zijn, reageren zij voldoende op de signalen van een (elektronisch) waarschuwingssysteem. Verspreiding van het nieuws omtrent de werking en achtergrond van nieuw geïnstalleerde elektronische waarschuwingssystemen in de lokale media is een zinvolle maatregel om in ieder geval een deel van de weggebruikers in de regio te informeren. Om te controleren of men zich aan de snelheidsverlaging houdt, moeten regelmatig verkeerscontroles worden uitgevoerd waarvan de resultaten eveneens prominent in de media dienen te verschijnen.
- Een waarschuwingssysteem ('gebodsbord') zonder direct aanrijdrisico genereert nauwelijks reacties bij weggebruikers (snelheid gaat niet omlaag). Echter, een verplicht gestelde tijdelijke of permanente verlaging van de maximum snelheid op verkeerswegen (eventueel zonder nadere ecologische toelichting) door het in instellen van "Duurzaam Veilige 60 km/h-zones" in het laag verkeersintensieve buitengebied (o.a. bij erftoegangswegen) reduceert slachtofferkansen zonder dat er door rasters barrières worden gecreëerd. De variant "tijdelijke nachtelijke afsluiting voor niet-bestemmingsverkeer" is bijvoorbeeld zeer effectief gebleken en kan het aantal faunaverkeersslachtoffers met 90% doen afnemen (Jaarsma *et al.*, 2009).

8.5.3 Snelheidsbeperkende maatregelen en tijdelijk of permanent afsluiten van wegen

Faunasterfte door aanrijding kan worden verminderd door de snelheid permanent te beperken door het aanbrengen van verkeersdrempels, markeringen met een tunneleffect etc. Uit tellingen van faunaverkeersslachtoffers (uitsluitend grote en middelgrote zoogdieren) bij verschillende snelheden is gebleken dat wezenlijke reductie van het aantal slachtoffers pas optreedt beneden de 60 km/h (schr. med. P. Peterman, EcoGroen Advies): 62% van het totaal aantal slachtoffers sneuvelde bij 80 km/h, 17% bij 60 km/h en 1% bij 50 km/h. De snelheid op knelpunttrajecten voor grote en middelgrote zoogdieren dient dus verlaagd te worden tot 50 km/h.

Naar verwachting is (een dergelijke) snelheidsreductie voor bijvoorbeeld reptielen en amfibieën niet effectief ('langzame' soorten). Voor deze soortgroepen kan het een optie zijn om een risicoweg uitsluitend voor aanwonenden en bestemmingsverkeer open te stellen (verlagen verkeersintensiteit). Beter is het echter om – indien haalbaar – wegen tijdelijk (paddentrek), periodiek (bijvoorbeeld zomerhalfjaar) of permanent af te sluiten. Deze zeer effectieve ontsnipperende maatregel valt feitelijk buiten het kader van 'waarschuwen' en 'snelheid beperken'. In het geval van permanent afsluiten, is het aansluitend ook opbreken van de weg vervolgens de ultieme ontsnipperende maatregel.



Fig. 8.155 Goed afgeschermd armatuur. Het licht schijnt alleen naar beneden.



Fig. 8.156 Slecht afgeschermd armatuur. Het licht schijnt in alle richtingen.



Fig. 8.157 Bestaande straatverlichting kan soms eenvoudig worden aangepast om lichthinder te verminderen.



Fig. 8.158 LED lamp Stela (Indal Industria). Deze lamp geeft relatief weinig restlicht naar de omgeving.

Snelheidsverlaging is geen optie voor treinverkeer!

8.6 Overig

8.6.1 Afscherming licht

Algemene beschrijving en doelen

Een aantal soorten, met name ook vleermuizen, is gevoelig voor verstoring door licht. Bij voorkeur wordt nabij faunapassages geen verlichting aangebracht. De gevoeligheid voor licht kan ook worden ingezet als geleiding naar een faunapassage: langs de weg staan lampen, maar op de plek van de faunapassage niet.

Doelsoorten

Alle zoogdieren, maar er zijn soortspecifieke verschillen (zie voor wat betreft vleermuizen Limpens *et al.*, 2004).

Locatie en locatiekeuze

Langs migratieroutes, in tunnels (bij medegebruik) en in (de nabijheid van) natuurgebieden.

Ontwerp

Indien in verband met de verkeersveiligheid verlichting noodzakelijk is, kan afscherming (schermen) worden aangebracht of gebruik worden gemaakt van naar beneden gerichte verlichting (speciale armaturen). In tunnels is het mogelijk om via een slimme plaatsing van de lampen onder het plafond of langs de zijkant een donkere zone vrij te houden..Ook bieden de verschillende lamptypen mogelijkheden om lichthinder te beperken. Met LED's is het bijvoorbeeld makkelijker om het licht te richten, zodat alleen verlicht wordt wat verlicht moet worden. Met detectiesystemen kan er voor worden gezorgd dat het licht op voet- en fietspaden alleen brandt als een wandelaar of fietser langskomt. Zie voorbeelden op www.vleermuizenindestad.nl en www.lichthinder.be.

Ook de kleur van de verlichting speelt een rol. Groen licht heeft op vogels minder invloed dan de gangbare kleuren verlichting. Door toepassing van groen licht op pieren, olieplatforms etc. wordt voorkomen dat vogels eindeloos blijven rondvliegen rond de lichtbron. Een verschil in verstoring tussen groen licht en gangbare kleuren verlichting is voor vleermuizen niet gevonden. Bij vleermuizen treedt juist bij amberkleurige verlichting minder verstoring op dan bij de gangbare kleuren verlichting (Limpens *et al.*, 2011). Dit gegeven heeft geleid tot de ontwikkeling van de zogenaamde 'batlamp' (amberkleurige LED-lamp). Inmiddels zijn batlampen ingezet langs de A74 bij Tegelen (Limburg) waar ze door de vleermuisvriendelijke lichtkleur, de verlaagde palen en naar beneden gerichte lichtbundels een oversteekplaats vormen voor vleermuizen ten opzichte van de gangbaar verlichte trajecten buiten deze locatie.



Fig. 8.159 Putdeksel van plexiglas; alleen zinvol indien jaarlijks schoongemaakt.



Fig. 8.160 Inspectieput met goed afsluitbare deksel, putdeksel type zwaarverkeer is niet waterdicht; waterdicht maken met stalen deksel die past om gehele gietijzeren putgedeelte.

Speciale aandachtspunten

- Gebruik bij voorkeur geen verlichting. Indien het toch noodzakelijk is, gebruik dan batlampen met amberkleurige verlichting, zo gericht dat alleen de noodzakelijk te verlichten delen verlicht worden!
- Sommige vleermuissoorten worden juist aangetrokken door de insecten die op straatverlichting afkomen (met name rosse vleermuis), waardoor de kans op botsingen met het verkeer in theorie toeneemt. Om een juiste afweging te maken welke maatregelen genomen moeten worden om negatieve effecten van licht op vleermuizen te voorkomen, is het daarom noodzakelijk uit te zoeken welke soorten in het gebied voorkomen. Een overzicht van de in Nederland voorkomende vleermuissoorten en hun gevoeligheid voor licht is te vinden in de brochure 'Met vleermuizen overweg' (Limpens *et al.*, 2004).

8.6.2 Inspectieputten / lichtkokers

Putten moeten geschikt zijn voor de zwaarste verkeersklasse (60) zodat er altijd zwaar onderhoudsmaterieel over kan rijden. Inspectieputten kunnen waterdicht gemaakt worden door middel van het plaatsen van een stalen deksel op de inspectieputten. De deksels zijn speciaal voor dit doeleinde op maat gemaakt. Om inwateren te voorkomen liggen deze putten 3 cm boven het maaiveld of wordt een deksel toegepast (zie figuur 8.159). Polyesterputten zijn niet waterdicht en worden dan ook afgeraden.

Indien meer licht in de tunnel is gewenst, kunnen putdeksels van plexiglas (krasvast) worden toegepast. Deze deksels moeten een minimale dikte van 60 mm (geschikt voor verkeersklasse 60) hebben om doorzakken te voorkomen. Indien deze deksels niet jaarlijks worden schoongemaakt, verliezen ze de lichtdoorlatende werking.

8.6.3 Zwijnverdwijnblokken

Recentelijk (november 2012) zijn tussen rijksweg A28 (afrit Nunspeet-Elspeet) en de bebouwde kom van Elspeet speciale grasbetontegels – zogenaamde 'zwijnverdwijnblokken' – aangebracht om wilde zwijnen effectiever te weren uit de berm. Door het plaatsen van de grasbetonblokken, die zijn ontwikkeld door Altena Groep in 't Harde, worden wilde zwijnen ontmoedigd om in de berm te foerageren. Door de vorm van de tegel zelf en het specifieke patroon van uitleggen kan de tegel niet opgewipt worden om eronder te wroeten. De methode is getest op een proeftraject dat positieve effecten liet zien. Daarom zullen in 2013 en 2014 meer bermen op de Veluwe op deze wijze worden aangepast. Het gaat dan onder meer om de wegen tussen Nunspeet en Epe en tussen Apeldoorn en Ede.

8.6.4 Planken over sloten

Sloten kunnen voor dieren passeerbaar worden gemaakt door het aanbrengen van een plank (hout, beton of staal). Soorten als boomarter en das maken veel gebruik van dergelijke kleine loopbruggen. Om te voorkomen dat mensen deze plank eveneens passeren, kan een hekwerk met een kleine doorgang worden geplaatst en om vee tegen te houden kan een veekering worden aangebracht. Let er hierbij wel op dat passage van de beoogde doelsoorten



Figuur 8.161 Een dam met duiker in de sloot geeft een natuurlijker aansluiting dan een betonnen loopplank.



Figuur 8.163 Looproute voor kleinwild over sloot voorzien van hekwerk rooster om gebruik door mensen te voorkomen.



Figuur 8.162 Loopplank die frequent gebruikt wordt door dassen (wissel is duidelijk zichtbaar).



Figuur 8.164 Betonnen loopplank over sloot als aanvullende voorziening bij een dassentunnel.



Figuur 8.165 Constructie om te voorkomen dat de loopplank door mensen wordt gebruikt.

mogelijk blijft. Een (duurder maar mogelijk beter) alternatief voor een plank is een gronddam met een duiker.

8.6.5 Fauna-uitstapplaatsen (FUP's)

Algemene beschrijving en doelen

Ter voorkoming van versnippering en verdrinking onder niet-vliegende fauna is het vervangen van verticale harde kanaaloevers (beschoeiingen, damwanden) door natuurvriendelijke oevers (NVO's) een grootschalig effectieve maatregel. Waar het creëren van NVO's niet haalbaar is, zijn fauna-uitstapplaatsen (FUP's) een noodzakelijke maatregel om massale sterfte onder te water geraakte fauna, die niet tegen de steile oeverafwerking (damwand etc.) op kan klimmen, te voorkomen. Op een FUP kunnen te water geraakte dieren weer op de oever klimmen.

Doelsoorten

Alle niet-vliegende soorten (ook jonge vogels).

Ontwerp

Er worden verschillende soorten FUP's toegepast. Grote FUP's bestaan bijvoorbeeld uit een extra stuk damwand vóór de eigenlijke beschoeiing, waarachter vervolgens een berg keien en grond is gestort op een dermate manier dat een glooiende klimheuvel ontstaat die reikt tot het niveau van de verharde kanaalkade. Het gebruik van uitsluitend keien (basaltblokken) wordt afgeraden, omdat uitgeputte reeën dan de poten kunnen breken en omdat een berg stenen minder geschikt is als FUP voor kleine soorten als amfibieën. Het gebruik van uitsluitend grond is een goede optie als de kans op erosie minimaal is (bijvoorbeeld wateren zonder scheepvaart of sterke stroming). Doorgaans is een combinatie van keien en grond aan te raden.

Faunatrappen vormen een goed alternatief als kleine uitstapconstructie, maar zijn voor grotere soorten als ree en wild zwijn minder geschikt. Voor FUP's geldt: hoe breder, hoe beter, maar een FUP van 1 meter breed wordt in veel gevallen al zeer goed gebruikt. Een afwisseling van grote (ca. 5 meter brede) en kleine FUP's (bijvoorbeeld faunatrappen) op een onderlinge afstand van ca. 100 meter is in het verleden aanbevolen (Oord, 1995). De maximale onderlinge afstand voor grote diersoorten bedraagt 300 meter, voor kleinere soorten als egel 50 meter. Natuurlijke oevers zonder beschoeiing voldoen uiteraard optimaal voor het in- en uitklimmen van alle soorten.

Speciale aandachtspunten

- Dieren zwemmen gericht op opgaande beplanting af (Oord, 1995). Voorzie een FUP daarom van (achterliggende) beplanting. Dit geeft de uitgeputte dieren ook dekking en rust na het uitklimmen. In open gebieden waar de aanleg van opgaande bosjes onwenselijk is, is riet of lisdodde een alternatief.
- FUP's dienen aan beide zijden van een watergang te worden aangebracht; dit is een belangrijk punt waar het midden van de watergang bijvoorbeeld een provinciegrens



Figuur 8.166 Fauna-uitstapplaats (tekening: Jos van de Hurk, BWZ-ingenieurs).



Fig. 10.167 Amfibievriendelijke trottoirband

betreft en voorzieningen aan slechts één zijde van het kanaal dreigen gerealiseerd te worden. Recht tegenover elkaar gesitueerde FUP's voldoen goed (Heinen, 1995. In: Oord, 1995).

- FUP's worden bij voorkeur aangelegd op plekken waar een verhoogde kans bestaat op het te water geraken van dieren, bijvoorbeeld waar houtwallen uitkomen op een kanaal, langs bosranden of in de nabijheid van bestaande wildwissels. Niet zelden zijn dergelijke locaties bekend bij lokale jachtopzichters, faunabeheereenheden, dierenambulances, de brandweer etc. Navraag bij deze instanties kan veel nuttige informatie opleveren bij het vaststellen van specifieke knelpunten.

8.6.6 Trottoirbanden, afwateringsgoten en afwateringsputten

Rechte trottoirbanden zijn vaak te hoog voor kleine dieren als ongewervelde dieren, amfibieën, reptielen, sommige soorten (spits)muizen en mol. Als deze dieren van de hoge stoep af zijn gevallen op de weg, komen ze het trottoir niet meer op en worden doodgereden of komen, na een zoektocht strak langs de stoep in de lengterichting in een afwateringsput (straatkol) terecht. Door trottoirbanden toe te passen met een schuine kant wordt dit probleem grotendeels voorkomen. De oppervlakte van de schuine kant moet dan wel ruw zijn, zodat de dieren er goed tegenop kunnen klimmen. Ook kunnen in rechte betonnen banden op regelmatige afstanden openingen gemaakt worden waar de rand sterk verlaagd wordt of schuin is, zodat de dieren daar weg kunnen komen. Dit moet dan bij voorkeur gebeuren op plekken waar ze leefgebied in de omgeving kunnen vinden. Voor een deel van de amfibieën vormen afwateringsputten echter nog steeds een gevaar doordat de openingen van de putdeksels te groot zijn, met invallen en verhongering of verdrinking tot gevolg. Invallen kan deels voorkomen worden door achter de putten een speciale omleidingssteen (lengte 1,00 meter) aan te brengen. In deze steen bevindt zich een brede gleuf waardoor de dieren achter het rooster langs de put kunnen passeren. Een andere mogelijkheid is om juist ter hoogte van de put een verlaagde rand te maken zodat de dieren daar de weg kunnen verlaten. Door putten te gebruiken met kleine openingen in het rooster kan weliswaar voorkomen worden dat volwassen kikkers en padden in de put vallen, maar voor juveniele en subadulte exemplaren en voor salamanders zal het gevaar blijven bestaan.

Bovenstaande maatregelen zijn bedoeld om invallen te voorkomen. Als amfibieën (en andere kleine diersoorten) echter tóch in de put belanden, is het zaak ervoor te zorgen dat ze er weer ongeschonden uit kunnen komen. Dit kan worden gerealiseerd door het aanbrengen van uitklimvoorzieningen in de put. RAVON heeft in 2011 een drietal uitklimvoorzieningen proefondervindelijk getest op hun activiteit: een aluminium loopstrip, een reep kunststof vogelschroot en begroeiingsmat (zoals gebruikt wordt op vijfverbodems). Van een aantal in putten / straatkolken geplaatste amfibieën (kikkers, padden en salamanders) werd na 20 uur vastgesteld welk percentage er weer uit was gekropen. De begroeiingsmat bleek het meest effectief: hier was afhankelijk van de soort ca. 80% uitgekropen (vogelschroot ca. 40%, aluminium loopstrip ca. 25%). Voordeel van de begroeiingsmat is verder dat het verticaal tegen de putwand is bevestigd en ten opzichte van de schuin oplopende loopstrips minder ruimte in de put beslaat en dus ook minder belemmering vormt voor de waterafvoer. Begroeiingsmatten vormen een effectief reddingsmiddel voor amfibieën in putten / straatkolken en grootschalige toepassing kan een gunstige invloed hebben op het sterftcijfer van amfibieën (in Nederland naar schatting één tot drie miljoen amfibieën per jaar) door putten / straatkolken in het stedelijk gebied (Freese, 2011).



Fig 8.168 Metalen strip in straatkolk als uitklimvoorziening voor kleine dieren (paddentrapje) (foto: KARCH)



Fig. 8.169 en 8.170 Om te voorkomen dat dassen hun burcht in het talud van het spoor maken, is in de directe omgeving een terp aangelegd met een kunstburcht.

Indien langs een weg afwateringsgoten worden aangelegd met rechte wanden, zodat kleine dieren er niet uit kunnen klimmen, moeten ook daar op regelmatige afstanden (ca. 25 meter) openingen met hellingen met een ruw oppervlak worden gemaakt, waar de dieren uit de goot kunnen ontsnappen.

8.6.7 Kunstverblijven en andere 'kleine faunavoorzieningen'

In sommige gevallen is het zinvol om extra of vervangende verblijfsruimte voor dieren aan te brengen. Soms is het zelfs noodzaak, bijvoorbeeld in het geval van dassenfamilies die het verhoogde, droge en zandige spoorwegtalud in een overigens lager gelegen gebied verkozen hebben als plek om de burcht te stichten (figuur 8.169). Omwille van de stabiliteit van het spoorweglichaam is dit uiteraard onwenselijk (degelijk uitrasteren van potentiële locaties voor dit verschijnsel wordt dan ook aanbevolen). Het aanbrengen van een kunstdassenburcht in de directe omgeving (figuur 8.170), het uitrasteren van het spoorwegtalud en het verplaatsen van de betrokken dassen is dan een mogelijke oplossing. De aanleg van een kunstverblijf is ook een optie voor infrastructuur door de uiterwaarden waar dassen (of bevers) in de taluds gaan graven bij hoog water. Hier kan het creëren van een terp de dassen of bevers gecontroleerd weghouden bij de (uitgerasterde) infrastructuur. Dit is bijvoorbeeld gedaan bij de A77 in Limburg (uiterwaarden Maas). Wel geldt dat de afmetingen en de andere eigenschappen van een kunstdassenburcht heel nauw luisteren voor acceptatie door dassen.

Ook zonder compenserende noodzaak kunnen 'kleine faunavoorzieningen' de omgeving van faunapassages en daarmee de faunapassages zelf aantrekkelijker maken voor de beoogde diersoorten. Hierbij kan naast een kunstburcht voor dassen worden gedacht aan:

- egelsuities;
- zomerverblijven vleermuizen (bijvoorbeeld kasten onder bruggen en in open gemaakte brughoofden);
- winterverblijven vleermuizen (omgebouwde spoorbunkers, brughoofden etc.);
- broeihopen voor ringslangen;
- reptielenbulten;
- stapelmuren voor o.a. rugstreeppadden en muurhagedissen ('Fauna Stay-Okay');
- specifieke bloemenmengsels voor insecten;
- bijenhôtels, etc.

Bij de Stichting VeldOnderzoek Flora en Fauna (VOFF) is veel kennis en ervaring over dit soort voorzieningen aanwezig. Een deel hiervan is vastgelegd in een brochure plus handleiding (Vliegthart & Zollinger, 2012).

8.6.8 Informatieborden

Het kan in sommige gevallen nuttig zijn om eventuele passanten informatie te verstrekken over de ter plekke aanwezige of nog in aanleg zijnde faunavoorzieningen. Dit kan begrip kweken voor de voorziening (denk bijvoorbeeld aan de 'rommelig' ogende stobbenwallen) en kan het draagvlak voor faunavoorzieningen in het algemeen vergroten. Informatie



Fig. 10.171 Informatiebord bij faunapassage



Fig. 10.172 Informatiebord ten prooi gevallen aan vandalisme

over faunapassages kan zelden worden verstrekt langs de snelweg zelf. Wel kunnen lokaal informatiepanelen worden geplaatst op strategische plekken langs de parallelwegen en/of op plekken waar mensen recreatief langskomen en kunnen stoppen (picknickplaatsen bij vistrappen bijvoorbeeld). Langs spoorwegen zijn informatieborden echter uit den boze en mogen niet worden toegepast! Het kan ertoe leiden dat mensen zich (op de schouwpaden) langs het spoor gaan begeven hetgeen zeer onwenselijk is. Hier geldt dus duidelijk: geen informatie verstrekken, geen slapende honden wakker maken! In sommige gevallen langs (rijks)wegen kan informatieverstrekking evenwel vandalisme voorkomen, al is in het verleden ook vastgesteld dat informatieverstrekking averechts werkte en vandalisme pas optrad toen duidelijk werd waartoe één en ander diende.

Informatieborden vormen uiteraard slechts een klein onderdeel in het communicatiebeleid rond faunavoorzieningen. De aandacht omtrent faunavoorzieningen kan verder nog in positieve zin worden vergroot door bijvoorbeeld lokale vrijwilligers in te zetten bij beheer en monitoring (werving via lokale vakblaadjes, regionale dagbladen etc. bijvoorbeeld voor verwijderen blad en zwerfvuil uit amfibieëntunnels respectievelijk voor het legen van vangemmers en tellen van gevangen amfibieën), door periodieke terugkoppeling van aansprekende onderzoeksresultaten in de media (één van de hoofdfuncties van de digitale nieuwsbrief van het Meerjarenprogramma Ontsnippering; zie www.mjpo.nl), door het promoten en beheren van openbaar toegankelijke webcam-sites met beelden van passerende dieren op ecoducten (vergelijkbaar met "Beleef de Lente" van www.vogelbescherming.nl) etc.

Bijlage 1:

Bronnen

Literatuur

- Alterra, 2001. Handboek Robuuste Verbindingen; ecologische randvoorwaarden. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- Arcadis, 2000. Ontwerp Natuurbrug Zanderij Crailo.
- Arcadis 2002. Eindeloze Veluwe: Overwegen en afwegen inpassing van provinciale wegen in het Centraal Veluws Natuurgebied.
- Arcadis, 2003. Ontwerp ecoduct 'het Groene Woud'.
- Arcadis, 2004. Ecoduct Reijerscamp schetsontwerp.
- Arcadis, 2011. Comfort Animal Transfer Tunnel. De high-tech faunatunnel met licht zonder de nadelen van open constructies met metalen roosters. Notitie CAT-Tunnel_MWL_261011. Arcadis Nederland b.v., Apeldoorn.
- Ark, M. van, 2009. Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector. Werkgroep Leidraad Systems Engineering, Utrecht/Den Haag.
- Beerens, I. & A.T. Pronk, 2009. Geluid op ecoducten. Kennisdocument. Royal Haskoning / DVS Rijkswaterstaat, 2009.
- Bekker, H., 2002. Lopen op hoogte. Hoe steken in bomen levende zoogdieren wegen over? In: Zoogdier 13 (4): 3-8.
- Bergers, P.M.J. & J.R.T. Kalkhoven, 1996. Versnippering van de natuur in Nederland. IBN-DLO, Wageningen.
- Berthoud, G. & S. Müller, 1996. Fauna/traffic safety; Manual for Civil Engineers. Lausanne.
- Boonman, M., 2011. Factors determining the use of culverts underneath highways and railway tracks by bats in lowland areas. Lutra 54(1): 3-16.
- Bos, F., M. Bosveld, D. Groenendijk, C. van Swaay & I. Wynhoff (De Vlinderstichting) (red.), 2006. De dagvlinders van Nederland, verspreiding en bescherming (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea). Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis / EIS Nederland, Leiden.
- Brandjes, G.J., 2006. Monitoring gebruik faunapassages Gemeente Utrecht 2004-2005. Rapport nr. 06-009. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Brandjes, G.J., R. Eekelen, K. Krijgsveld & G.F.J. Smit, 2002. Het gebruik van faunabuizen onder rijkswegen; resultaten literatuur- en veldonderzoek. Ontsnipperingsreeks deel 43. Dienst weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Brandjes, G.J. & G.F.J. Smit, 1996. Oriënterend onderzoek naar het gebruik van het viaduct 'Mauritskamp' over de A28. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Brandjes, G.J. & G.F.J. Smit, 1996. Overzicht onderzoeksmethoden gebruik faunapassages. Ontsnipperingsreeks deel 30. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Brandjes, G.J., & G.F.J. Smit, 2001. Muizen in buizen - een andere methode voor het bepalen van populatiedichtheden. Zoogdier 12(2): 9-12.
- Brandjes, G.J., G.F.J. Smit & A.J.M. Meijer, 2001. Aangereden dieren langs spoorwegen. Ontsnipperingsonderzoek voor spoorwegen deel 4. Rapport nr. 01-026. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Brandjes, G.J. & G. Veenbaas, 1998. Het gebruik van faunapassages langs watergangen onder rijkswegen in Nederland; een oriënterend onderzoek. Ontsnipperingsreeks deel 36. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Brandjes, G.J., G. Veenbaas & G.J. Bekker, 1999. Registreren van het gebruik van faunapassages. De Levende Natuur 100 (1):6-11.
- Brandjes, G.J., G. Veenbaas, I. Tulp & M.J.M. Poot, 2001. Het gebruik van faunapassages langs watergangen onder rijkswegen in Nederland. Resultaten van een experimenteel onderzoek. Ontsnipperingsreeks deel 40. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.

- Brandjes, G.J., E. van der Velde & D. Emond, 2007a. Monitoring ecoduct De Borkeld rijksweg A1, 2006-2007. Rapport nr. 07-136. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Brandjes, G.J. & F. van Vliet, 2006. Monitoring gebruik faunapassages Rijkswaterstaat Utrecht. Rapport nr. 05-259. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Brandjes, G.J., F. van Vliet & G. Hoefsloot, 2007b. Onderzoek flora en fauna Landschapspark Susteren. Rapport nr. 06-271. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Canter, K. 1995. Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering. Maastricht en Den Haag.
- CBS, PBL, Wageningen UR, 2013. Herintroductie otter, 2002-2012 (indicator 1072, versie 08, 24 april 2013). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft (RAVON) (red.), 2009. De amfibieën en reptielen van Nederland. - Nederlandse fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis / EIS Nederland, Leiden.
- Crombaghs, B.H.J.M., R.W. Akkermans, R.E.M.B. Gubbels & G. Hogerwerf, 2000. Vissen in Limburgse beken. De verspreiding en ecologie van vissen in stromende wateren in Limburg. Stichting Natuurpublicaties Limburg, Maastricht.
- Cuperus, R. & K.J. Canter, 1993. Infrastructuur en compensatie van natuurwaarden. Aard en achtergrond van compenserende maatregelen. Project Versnippering deel 18. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- CUR, 1999. Natuurvriendelijke oevers: Fauna. Stichting CUR, Gouda.
- Damarad, T. & G.J. Bekker, 2003. COST 341; Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure: Findings of the COSTAction 341. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg.
- Das & Boom, 2002. Landelijk onderzoek naar de kwaliteit van de dassenvoorzieningen. Vereniging Das & Boom, Beek-Ubbergen.
- De Groene Ruimte, 1998. Ecologische knelpunten Maashorst, Bossche Broek en Voorste Stroom. De Groene Ruimte, Wageningen.
- De Groene Ruimte, 2000. Monitoring faunapassages Chaamse Beek en Bavelse Leij. De Groene Ruimte, Wageningen.
- De Jong J., 1995. De Kerkuil en andere in Nederland voorkomende uilen Friese Pers Boekrij.
- Dekker, J.J.A. & G.J. Bekker, 2010. Badger (*Meles meles*) road mortality in the Netherlands: the characteristics of victims and the effects of mitigation measures. *Lutra* 53(2): 81-92.
- Dinther, B. van. 1994. Gebruik van dassentunnels door dassen en andere dieren. Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Dorenbosch, M. & R. Kerkels, 2000. Medegebruik door fauna van tien viaducten over autosnelwegen, uitgangssituatie 2000. Bureau Natuurbalans-Limes divergens, Nijmegen.
- Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 1998. Egels en infrastructuur. DWW-wijzer 87, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 2000. Wildspiegels en de alternatieven. DWW-wijzer 96, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 2003. Inspectie en onderhoud van faunavoorzieningen: de knelpunten belicht.

- Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 2004. Minder vogelslachtoffers door markering op transparante geluidsschermen. DWW-wijzer 104, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 2004. Richtlijn Boortechnieken.
- Eekelen, R. van, 2002. Het gebruik door dieren van faunapassages bij de Elfenbaan. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Eekelen, R. van & G.F.J. Smit. 2002. Gebruik van faunapassages onder rijkswegen in Zuid-Holland, A4, A13 en A16. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Eekelen, R. van & G.F.J. Smit. 2001. Het gebruik door dieren van zes viaducten in Noord-Brabant, uitgangssituatie 2001. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Eekelen, R. van & G.F.J. Smit. 2000. Het gebruik van kunstwerken in de A1 op de Veluwe. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Eekelen, R. van & G.F.J. Smit, 2003. Ontsnippering van de Ecologische Hoofdstructuur in Gelderland. Visie op maatregelen voor knelpunten tussen verkeer en de EHS. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Elmeros, M., J.K. Winbladh, P.N. Andersen, A. Bo Madsen & J.T. Christensen, 2011. Effectiveness of odour repellents on red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*): a field test. Eur. J. Wildl. Res.
- Evink, G.L., P. Garrett, D. Zeigler & J. Berry, 1996. Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. Florida.
- Evink, G.L., P. Garrett, D. Zeigler & J. Berry, 1998. Proceedings of the International Conference on wildlife ecology and transportation. Florida Department of Transportation, Florida.
- Fopma, A, 2000. Evaluatie soortbeschermingsplan Kerkuil 1994-1999 Vogelbescherming Nederland.
- Freese, 2011. Proefopstelling uitklimvoorzieningen voor amfibieën. RAVON.
- Geurs, K.T., A. Schoemakers, A.G.M. Dassen, W.H. Hoffmans, W. Timmermans, J.R.M. Alkemade & G.P. van Wee, 2002. Ontsnippering van natuurgebieden: effecten op natuur, mobiliteit, bereikbaarheid, verkeersveiligheid en geluid. Achtergronddocument bij de Nationale Natuurverkenning 2. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Goutbeek, E. & R. Lankhof, 2011. Barrièrewerking en sterfte van amfibieën door spoorwegen. Uitkomsten van het onderzoek en de veldexperimenten en eenvoudige amfibiepassages voor spoorwegen. Van Hall-Larenstein, Velp / Ecogroen advies, Zwolle.
- Grift, E.A. van der, 2003. Faunapassages: is de levensvatbaarheid van populaties veilig gesteld? Presentatie tijdens themadag 'Faunapassages bij wegen', 5 juni 2003, Amersfoort. Alterra, Wageningen.
- Grift, E.A. van der, J. Dirksen, F.G.W.A. Ottburg & R. Pouwels, 2010. Recreatief medegebruik van ecoducten. Effecten op het functioneren als faunapassage. Alterra-rapport 2097. Alterra, Wageningen.
- Grift, E.A. van der, M. Epe, H.A.H. Jansman, H.P. Koelewijn, P. Schippers & J. Verboom, 2009a. Monitoringplan Meerjarenprogramma Ontsnippering. Alterra-rapport 1943. Alterra, Wageningen.
- Grift, E.A. van der, H.A.H. Jansman, H.P. Koelewijn, P. Schippers & J. Verboom, 2009b. Effectiveness of wildlife passages in transport corridors. Guidelines for the set-up of a monitoring plan. Alterra-report 1942. Alterra, Wageningen.

- Grift, E.A. van der & B.J.H. Koolstra, 2001. Toets natuurontwikkelingsplan en natuurbrug in Zanderij Crailoo. Nut en noodzaak van de ecologische verbinding, effectiviteit van de natuurbrug en toetsing herinrichting sportpark. Alterra-rapport 168. Alterra, Wageningen.
- Grift, E.A. van der, F.G.W.A. Ottburg & J. Dirksen, 2009c. Het gebruik van Natuurbrug Zanderij Crailoo door mens en dier. Alterra-rapport 1906. Alterra, Wageningen.
- Grift, E.A. van der, R.P.H. Snep & J. Verboom, 2002. Het effect van faunapassages bij rijkswegen op de levensvatbaarheid van dierpopulaties. Potentiële onderzoekslocaties. Ontsnipperingsreeks deel 41. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Gronan, A., C. Philcox & D. Macdonald, 2001. Nature conservation and roads: advice in relation to otters. Highways Agency, London.
- Grontmij, 2012. Ondergelopen reeëntunnel
- Groot Bruinderink, G.W.T.A. & G.J. Spek, 2001. De A12 overkomen. Uitbreiding van het leefgebied van edelhert en wild zwijn op de Veluwe met gebieden ten zuiden van de A12. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- H+N+S Landschapsarchitecten, 1996. Over scherven en geluk. Een rapport over de versnippering van de natuur in Nederland. Utrecht. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
- Helder, J., J. van Delft, E. Bellemain & A. Ventini, 2013. Environmental DNA, krachtig gereedschap voor het monitoren van fauna. De Levende Natuur 114(3): 108-113.
- Helldin, J.-O., A. Seiler & M. Olsson, 2010. Vägar och järnvägar - barriärer i landskapet. CBM:s skriftserie 42. Centrum för biologisk mångfald.
- Heuvel, P. van den, 2012. Handreiking ruimtelijke kwaliteit en vormgeving. Van ambitie tot esthetisch programma van eisen voor HWN, HVWN en HWS. Rijkswaterstaat - DI en - DVS, Delft.
- Hollander, H., 1992. Evaluatie mitigerende maatregelen ten behoeve van zoogdieren in de provincie Utrecht. SBW Advies, Wageningen.
- Hlaváč, V. & P. Anděl, 2002. On the permeability of roads for wildlife, a handbook. Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic.
- Huijser, M.P., 2000. Life on the edge. Hedgehog traffic victims and mitigation strategies in an anthropogenic landscape PhD thesis, Wageningen Universiteit, Wageningen.
- Huijser, M.P., P.T. McGowen, W. Camel, A. Hardy, P. Wright & A.P. Clevenger, 2006. Animal Vehicle Crash Mitigation Using Advanced Technology. Phase I: Review, Design and Implementation. WTI-MSU, Montana.
- Huijser, M.P., T.D. Holland, M. Blank, M.C. Greenwood, P.T. McGowen, B. Hubberd & S. Wang, 2009. The Comparison of Animal Detection Systems in a Test-Bed: A Quantitative Comparison of System Reliability and Experiences with Operation and Maintenance. WTI-MSU, Montana.
- Iuell, B. et al., 2003. Wildlife and Traffic : A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. KNNV Uitgeverij.
- Jaarsma, C.F., F. van Langevelde & H. Botma, 2009. Overstekend wild op lagere orde wegen: overreden of overleven? In: Verkeerskundige Werkdagen 2007 (paper gepresenteerd op deze Verkeerskundige Werkdagen).
- Janssen, A., 1995. Dassentunnels onder de loop. Wetenschapswinkel, Nijmegen.
- Kalkhoven, J.T.R., 1990. Onderzoek naar de ecologische betekenis van het viaduct onder Rijksweg A28 ten westen van Zeist. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

- Kapteyn, K., 1995. Vleermuizen in het landschap. Over hun ecologie, gedrag en verspreiding. Schuyt & Co, Haarlem.
- Keizer, P.J., L.C. van den Hengel & BTL Advies BV, 2013. Leidraad beheer groenvoorzieningen. Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving, Rijkswaterstaat, Delft.
- Kemper, J.H., 1997. Onderzoek naar de passeerbaarheid van sifons. OVB-rapport 1997-18. OVB, Nieuwegein.
- Kleijberg, R.J.M., J.M. van Helden, A.M. Kruidering, S. Schut, 2002. HSL-oost. Werkboek faunapassages. Arcadis/DHV.
- Kooreman, H., M. Lensink, T. Morel, E. v.d. Grift, J. Dirksen & G. Veenbaas, 2001. Natuurlijk overwegen. Meervoudig ruimtegebruik in relatie tot infrastructuur en natuur.
- Kroes, M.J. & S. Monden, 2005. Vismigratie. Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. ANIMAL, Afdeling Water, Brussel.
- Kruidering, A.M., 2002. Faunapassages provincie Noord-Brabant, ecologisch onderzoek. Arcadis, 's-Hertogenbosch.
- Kruidering, A.M., G. Veenbaas, R. Kleijberg, G. Koot, Y. Rosloot & E. van Jaarsveld, 2005. Leidraad faunavoorzieningen bij wegen. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Kuijpers, P. & I. van den Berg, 2007. Handreiking systeemgerichte contractbeheersing - versie 2007. Rijkswaterstaat, IMG, Utrecht.
- Lambrechts, J. & M. Janssen, 2007. Een brug tussen Meerdaalbos en Mollendaalbos, hoe reageren de bosbewonende spinnen daarop? Nieuwsbr. Belg. Arachnol. Ver. 22 (3): 90-101.
- Lambrechts, J. & M. Janssen, 2009. Monitoring van de spinnenfauna op het ecoduct Kikbeek in Maasmechelen. Nieuwsbr. Belg. Arachnol. Ver. 25 (1): 1-15.
- Landschapsbeheer Noord-Holland, 1998. Monitoring faunapassages RWS; oriënterend onderzoek naar gebruik faunapassages in Noord-Holland. Landschapsbeheer Noord-Holland.
- Limpens, H.G.J.A., J.J.A. Dekker, E.A. Jansen & H. Huitema, 2011. Lichtproef meervleermuizen Kuindervaart. Vergelijking van de effecten van verschillende kleuren straatverlichting op de vliegroute van meervleermuizen op de Kuindervaart. Rapport 2011.18. Zoogdierverseniging, Nijmegen.
- Limpens, H.G.J.A., K. Mostert & W. Bongers (red.), 1997. Atlas van de Nederlandse vleermuizen. Onderzoek naar verspreiding en ecologie. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Limpens, H.G.J.A., P. Twisk & G. Veenbaas, 2004. Met vleermuizen overweg. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, en de Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming, Arnhem.
- Linden, P. van der & J. Oude Elferink, z.j. Zandheuvel: evaluatie van een stobbenwal als mitigerende maatregel. Diensten aan derden.
- Meerjarenprogramma Ontsnippering, 2004. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- Meijden, V. van der, B. van Luling, G. Schimmel & V. Kramer, 2009. Stappenplan Systems Engineering voor RWS projecten. Van projectopdracht tot Vraagspecificatie. Versie 1.0 - Definitief. Rijkswaterstaat, Den Haag.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1990. Natuurbeleidsplan. Regeringsbeslissing. Ministerie LNV, Den Haag.

- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 2000. Natuur voor mensen, mensen voor Natuur. Ministerie LNV, Den Haag.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 2005. Buiten aan het werk? Houd tijdig rekening met beschermde dieren en planten! Ministerie LNV, Den Haag.
- Molenaar, J.G. de, D.A. Jonkers & R.J.H.G. Henkens, 1997. Wegverlichting en Natuur. I. Een literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur. DWW-rapport W-DWW-97-057. RWS-DWW, Delft / IBN-DLO, Wageningen.
- Molenaar, J.G. de & R.J.H.G. Henkens, 1998. Effectiviteit van wildspiegels: een literatuurevaluatie. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.
- Molenaar, J.G. de, D.A. Jonkers & M.E. Sanders, 2000. Wegverlichting en Natuur. III. Lokale invloed van wegverlichting op een gruttopopulatie. DWW-rapport P-DWW-2000-024. RWS-DWW. Delft / Alterra, Wageningen.
- Molenaar, J.G. de, R.J.H.G. Henkens, C. ter Braak, C. van Duyn, G. Hoefsloot & D.A. Jonkers, 2003. Wegverlichting en natuur IV. Effecten van wegverlichting op het ruimtelijk gedrag van zoogdieren. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- Mulder, J., 2005. Faunapassages in het Fochteloöerveen. Nieuwsbrief Meetnet reptielen nr. 34: 6-7.
- Nederlandse Vereniging voor Libellenstudie, 2002. De Nederlandse libellen (odonata). Nederlandse Fauna 4. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS Nederland, Leiden.
- Nieuwenhuizen, W. & R.C. van Apeldoorn, 1994. Het gebruik van faunapassages door zoogdieren bij rijksweg A1 ter hoogte van Oldenzaal. Project Versnippering deel 20. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- NS railinfrabeheer, 1995. Naslagwerk fauna- en floravoorzieningen. Utrecht.
- Oord, J.G., 1995. Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water. Dienst Weg- en Waterbouwkunde en de Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden, Delft
- Oord, J.G., 1998. Monitoring gebruik kleinwildtunnels. Rijkswaterstaat, Directie Noord Nederland, Dienstkringen Friesland en Drenthe.
- Oord, J.G., 2003. Monitoring faunapassages rijksweg A7. Rijkswaterstaat, Directie Noord Nederland, Dienstkring Groningen.
- Oord, J.G., 2003. Adviezen m.b.t. aanpassingen aan gerealiseerde faunavoorzieningen in de Dienstkring Autosnelwegen Eindhoven. Rijkswaterstaat.
- Opzeeland, I. van, H. Slabbekoorn, T. Andringa, C. ten Cate, 2007. Vissen en geluidsoverlast. Effect van geluidsbelasting onder water op zoetwatervissen. Rijksuniversiteit Groningen & Universiteit Leiden.
- Osinga, J.H., 1999. Samenwerkingsovereenkomst LNV-V&W: Uitvoering Boswet Rijkswaterstaat (Herziening per 1 januari 2000). Ministerie van LNV, Dienst Landelijk Gebied, Leeuwarden.
- Ottburg, F.G.W.A. & G.F.J. Smit, 2000. Het gebruik door dieren van faunapassages van Directie Utrecht, studie van locaties op de A27, A28, en A12; vier stobbenwallen, één groenstrook en één floatland. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Ouden, J.B. den & A.A.G. Piepers, 2008. Richtlijnen voor inspectie en onderhoud van faunavoorzieningen bij wegen. DWW-publicatie 2005-089, 3e druk. Nieuwland, Wageningen / Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer & Scheepvaart, Delft.

- Pfister, H.P., D. Heynen, V. Keller, B. Georgii & F. von Lerber, 1999. Häufigkeit und Verhalten ausgewählter Wildsäuger auf unterschiedlich breiten Wildtierbrücken. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck & B. Georgii, 1998. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Bio-ökologische Wirksamkeit van Grünbrücken über Verkehrswege. Bundesministerium für Verkehr. Bonn.
- Ponsteen, W.B., 2004. Notitie Gronddekking bij faunatunnels in relatie tot de Richtlijn Boortechnieken.
- Prudon, B. & R.C.M. Creemers, 2004. Veilig naar de overkant; een kritische kijk op constructie en onderhoud van amfibieëntunnels. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Reijnen, R., 1995. Disturbance by car traffic as a threat to breeding birds in the Netherlands. Thesis, Wageningen.
- Reijnen, R., E. v.d. Grift, M. v.d. Veen, M. Pelk, A. Lüchtenborg & D. Bal, 2000. De weg met de minste weerstand. Opgave ontsnippering. Alterra. Wageningen.
- Rijkswaterstaat, 2010. Gedragscode Flora- en faunawet. Bestemd voor bestendig beheer en onderhoud en kleinschalige ruimtelijke inrichting en ontwikkeling. Expertisecentrum Natuurwetgeving Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat, 2011. Basisspecificatie ecopassages. RWS Dienst Infrastructuur, Utrecht.
- Rijkswaterstaat 2013. Kader beheer groenvoorzieningen 2013. Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving, Rijkswaterstaat, Delft.
- Rimsten, C., 1999. 5th IENE meeting Budapest, Hungary. Report of the meeting.
- Schans, A. v.d., 2004. Informatie over minisymposium 'Ecoduct De Borkeld'.
- Schmid, H. & A. Sierro, 2000. Untersuchungen zur Verhütung von Vogelkollisionen an transparenten Lärmschutzwänden. In: Natur und Landschaft 75, 11: 426-430.
- Schober, W. & E. Grimmberger, 2001. Gids van de vleermuizen van Europa, Azoren en Canarische Eilanden. Met specifieke informatie over de vleermuizen in Nederland en België. Tirion Uitgevers, Baarn.
- Schut, J. & M. Sikkema, 2009. Het gebruik van paluduct Galamadammen door dieren. Altenburg & Wymenga Ecologisch Onderzoek. A&W-rapport 1301.
- Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie, 1995. Wildtiere, Strassenbau und Verkehr. Bonn.
- Sips, H.J.J., 1994. Bestaande faunapassages van de rijksweg A7 in het Robbenoordbos. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Sips, H.J.J., G.F.J. Smit & G. Veenbaas, 2002. De toepasbaarheid van automatische videoregistratie bij faunapassages. Ontsnipperingssreeks deel 42. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Smit, G.F.J., 1996. Het gebruik van faunapassages bij rijkswegen; overzicht en onderzoeksplan. Ontsnipperingssreeks deel 29. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Smit, G.F.J., 2006. Nut en noodzaak van reerasters langs de N297. Notitie d.d. 29 november 2006. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Smit, G.F.J. & G.J. Brandjes, 1998. Dieren gebruiken faunapassages onder de A6 in Flevoland. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Smit, G.F.J. & G.J. Brandjes, 1999. Dieren gebruiken faunapassages onder de A6 in Flevoland, onderzoek 1998. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Struijk, R.P.J.H., 2007. Advies m.b.t. faunapassages voor ringslangen en amfibieën in de Krimpenerwaard. Stichting RAVON, Nijmegen.

- Struijk, R.P.J.H., 2010. Rasters voor reptielen: een verkennende studie. Rapportnummer 2009-032. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Struijk, R.P.J.H. & H. Hofman, 2010. Amfibieëntunnels voor ringslangen, een goed idee? RAVON 12(3): 41-45.
- Teerink, B.J., 1991. Hair of West-European mammals, atlas and identification. Cambridge University Press, Cambridge.
- Veenbaas, G., 2004. Resultaten enquête gebruikers 'Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water'. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Vink, J., R.C. van Apeldoorn & G.J. Bekker, 2008. Defragmentation measures and the increase of a local European badger (*Meles meles*) population at Eindegooi, the Netherlands. *Lutra* 51(2): 75-86.
- Vogelwacht, 2004. Verkeersslachtoffers onder Kerkuilen.
- Vries, J.G. de & T. Damarad, 2003. COST 341. Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure: The European Review. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg.
- Vliet, F. van der, F. Boerwinkel & M. Kamoen, 2000. Monitoring faunapassages onder snelwegen van Rijkswaterstaat; onderzoek naar gebruik faunapassages in Noord-Holland 1999/2000. Landschapsbeheer Noord-Holland.
- Vliet, F. van & G.J. Brandjes, 2005. Monitoring gebruik faunapassages Rijkswaterstaat Utrecht. Onderzoek op 15 locaties langs rijkswegen A12, A27 en A28. Rapportnr. 05-259. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Wallis de Vries, M., 2010. Herziening Leidraad Faunavoorzieningen langs wegen. Achtergrondinformatie vlinders. Rapport VS2010.013. De Vlinderstichting, Wageningen.
- Wiener Umweltanwaltschaft, 2011. Vogelanprall an Glasflächen – Geprüfte Muster. Wiener Umweltanwaltschaft, Wien.
- Wildlife Habitat Connectivity Across European Highways, 2002. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. International Technology Exchange Program. Washington.
- Witte, R.H., 2010. Ecoprofiel noordse woelmuis *Microtus oeconomus arenicola*. Soortinformatie ten behoeve van modellering, mitigatie, compensatie en ecologische herstelmaatregelen Zoogdiervereniging, Nijmegen.
- Worm, P.B., 1995. Gebruik van wildviaduct Terlet door ree, edelhert en wild zwijn. Vereniging Natuurmonumenten, Arnhem.
- Zweers, H. 2000. Notitie problematiek natte dassentunnels; verslag workshop gehouden op 5 juni 2000. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Brabant.

Websites

www.mjpo.nl

mineleni.nederlandsesoorten.nl

www.dierenonderdewielen.be

www.iene.info

www.ndff.nl

www.natuurloket.nl

www.waarneming.nl

www.waarnemingen.be

www.telmee.nl

www.vlindernet.nl

www.libellennet.nl

www.ravon.nl

www.sovon.nl

www.zoogdiervereniging.nl

Interviews

- C.H.H.M. van Beusekom (Rijkswaterstaat Noord Brabant, Dienstkring Autosnelwegen Den Bosch)
- P.W. van Lier (Rijkswaterstaat Noord Brabant)
- P.P. Smulders (Provincie Noord-Brabant)
- P. Spencer (Rijkswaterstaat Bouwdienst)
- N. Meuwissen (ProRail)
- R. Robben (ProRail)
- M. Bikker (ProRail)
- M. van Rooij (ProRail)
- H. Pol (ProRail)
- D.H. Kuiper (De Jong Beheer BV)
- R. Struijk (Stichting RAVON)
- K. Didderen (Stichting RAVON)
- H. Limpens (Zoogdiervereniging)
- J. Dekker (Zoogdiervereniging)

Bijlage 2:

Verklarende woordenlijst

aanlooptalud: verbinding tussen het kunstwerk van een ecoduct en de omgeving

actieradius: afstand die een dier kan afleggen binnen zijn levenscyclus

amfibieëntunnel: een tunnel (afgesloten of afgedicht met rooster) waarmee amfibieën van de ene kant van een weg naar de andere kant geleid kunnen worden

biodiversiteit: de rijkdom aan levende organismen van land-, zout-, en zoetwaterecosystemen en de ecologische structuren waar zij deel van uitmaken

biotoop: de plaats van voorkomen van een bepaalde levensgemeenschap of soort

compensatie: ontwikkelen van nieuwe natuur of verbetering van de kwaliteit van bestaande natuur ter vervanging van natuurwaarden die onvermijdelijk verloren gaan door een ruimtelijke ingreep

corridor: lijnvormig landschapselement dat één of meer gebieden met elkaar verbindt en uitwisseling van planten en dieren bevordert

deelpopulatie: kleine lokale populatie als onderdeel van een grotere populatie

design & construct: projectrealisatie waarbij de aannemer het bouwwerk ontwerpt (en berekent) en het tevens uitvoert, maar waarbij hij niet verantwoordelijk is voor het juist functioneren van het product in de eindfase

dispersie: ongerichte beweging van een individu dat op zoek is naar een (mogelijke) vestigingsplaats

doelsoort: soort die in het natuurbeleid of natuurbeheer met prioriteit aandacht krijgt zeldzaamheid, bedreigdheid (nationaal/internationaal) en/of kenmerkendheid voor een ecosysteem

draagkracht (ecologisch): het maximum aantal individuen van een soort dat op een bepaalde plek kan leven.

draagkracht (technisch): maximale druk van bijvoorbeeld grond die mogelijk is op een eco- of viaduct

dubbelwegsysteem: amfibieënpassage waarbij twee buizen zijn aangebracht. De ene buis functioneert als heenweg, de andere als terugweg. Bij de ingangen vallen de amfibieën in zogenoemde vangseleuven

duurzaamheid (algemeen): het vermogen lang mee te gaan / het vermogen weerstand te bieden tegen verval of slijtage.

duurzaamheid (in relatie tot milieu): het vermogen lang mee te gaan en tegelijkertijd niet schadelijk te zijn voor het milieu.

ecoduct (ook wel natuurbrug): een als natuur ingericht viaduct, waarover leefgebieden van planten en dieren aan weerszijden van een weg met elkaar verbonden worden

ecoduiker: prefab duiker waarin (betonnen) loopstroken zijn aangebracht

ecologische hoofdstructuur (EHS): netwerk van natuurgebieden, natuurontwikkelingsgebieden en verbindingen waarbinnen planten- en diersoorten zich kunnen handhaven en uitbreiden; de ligging en omvang van de EHS is vastgelegd in de Nota Ruimte

ecologische verbindingszone: landschappelijk element van per diersoort of ecosysteemtype verschillend formaat, vorm en vegetatietype dat verbindingen in het landschap voor die diersoort of dat ecosysteemtype behoudt of verbetert

ecopassage: = ecoduct of tunnel

ecoprofiel: een groep soorten die min of meer dezelfde eisen stelt aan een verbinding

ecosysteem: levensgemeenschap in een functionele relatie met en gebonden aan specifieke abiotische omstandigheden

faunabuis (of kleine faunatunnel of kleinwildtunnel): faunapassage geschikt voor kleine diersoorten.

faunavoorziening: voorziening die het passeren door dieren van infrastructuur geleidt, bevordert of juist voorkomt

geleidewanden: dienen ter geleiding van amfibieën naar een passage

gidssoort: soort die symbool staat voor een groep soorten met vergelijkbaar gedrag, grootte of habitateisen.

grindkoffer: in de grond aangebrachte grindlaag ter bevordering van drainage

grote faunatunnel (ook grootwildtunnel genoemd, maar dit verdient niet de voorkeur): tunnel geschikt voor passage van grotere diersoorten zoals edelhert en ree

habitat: het geheel van eisen die een soort stelt aan zijn leefgebied

herkolonisatie: het opnieuw in gebruik nemen van geschikt leefgebied door een bepaalde soort

hop-over: een voor vleermuizen veilige vliegroute over een weg, die bijvoorbeeld gerealiseerd kan worden door aansluitende hoge boomkronen aan beide zijden van de weg

Inspringvoorziening: zie uitspringvoorziening

KLIC-melding: melding bij het 'Kabels en Leidingen Informatie Centrum', om de aanwezigheid van kabels en leidingen na te gaan

leefgebied: = habitat

loopstrook: betonnen of houten strook in een duiker of onder een brug om passage van dieren mogelijk te maken

MER-studie: studie van de milieu-effecten van een ingreep (wegaanleg) in het landschap resulterend in een Milieu Effect Rapport

metapopulatie (ook netwerkpopulatie genoemd): ruimtelijk gestructureerde populatie, verdeeld in deelpopulaties die in habitatplekken voorkomen en met elkaar via dispersie een netwerk vormen

microklimaat: klimaatomstandigheden in een zeer beperkt gebied; door bijvoorbeeld verschillen in expositie groeien bepaalde planten op de ene helling van een heuvel erg goed en op een andere helling nauwelijks

mitigatie: maatregelen die de verwachte effecten van een ingreep opheffen of doen verminderen

migratie: seizoensgebonden beweging heen en terug tussen delen van een leefgebied

monitoring: het systematisch volgen van de ontwikkeling van de waarde van een bepaalde variabele gedurende een langere periode

morfologische processen: processen die betrekking hebben op vorm en uiterlijk (vaak gebruikt voor bodem: geomorfologische processen)

natuurbrug: een ecoduct waar alle in de omgeving aanwezige biotopen over heen geleid worden

natuurdoeltype (beheertype):

netwerkpopulatie = metapopulatie: alle populaties in een netwerk van habitatplekken die via uitwisseling met elkaar verbonden zijn

ontsnippering: het treffen van maatregelen tegen versnippering bijvoorbeeld aanleggen van faunapassages, ruimtelijke (ordenings)maatregelen, (natuur)beheersmaatregelen, milieumaatregelen en het stimuleren van dispersie van soorten

oobos: rivierbegeleidend bos; bos op een groeiplaats die ten minste incidenteel door rivierwater wordt overstroomd

openheid: de verhouding breedte maal hoogte gedeeld door de lengte van een onderdoorgang of een duiker. Deze factor is voor veel soorten belangrijk voor het gebruik van faunapassages. Naarmate de openheid groter is maken er meer soorten gebruik van

oplossingsruimte: geeft de grenzen aan waarbinnen de oplossing dient te vallen. De grenzen worden bepaald door bijvoorbeeld de locatie, normen, richtlijnen, tijd en beschikbaar budget.

populatie: functionele groep individuen waartussen voortplanting plaatsvindt in een bepaald gebied

refugium: wijkplaats of toevluchtsoord voor planten en dieren.

robuuste verbindingen: (structuur van) verbindingen die zijn opgebouwd uit een of meerdere ecosysteemttypen tussen complexen van natuurgebieden. Geschikt voor alle soorten die gebaat zijn bij dispersie.

stakeholder: belanghebbende, een persoon, bedrijf of organisatie wiens belang door de (aanleg van de) faunavoorziening wordt beïnvloed; het kan ook een organisatie zijn die de belangen van anderen vertegenwoordigt zoals een natuurbeschermingsorganisatie.

stobbenwal: wal, bestaande uit uitgegraven boomstobben

terugkeervoorziening: zie uitspringvoorziening

transplantatie: het overbrengen van vegetatie inclusief ondergrond van de ene naar de andere plek

turnkey: project waarbij de aannemer belast is met ontwerp en uitvoering ervan en waarbij hij verantwoordelijk is voor het goed functioneren van het eindproduct

uitspringvoorziening: voorziening (vaak in de vorm van een verhoging met daarbij een kort geleidend raster) langs een weg om dieren die aan de verkeerde kant van een raster zijn beland de mogelijkheid te geven terug te keren

versnippering: doorsnijding van natuurgebieden, verbindingzones en leefgebieden van dieren

Colofon

Wansink, D.E.H., G.J. Brandjes, G.J. Bekker, M.J. Eijkelenboom, B. van den Hengel, M.W. de Haan & H. Scholma, 2013. Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur. Rijkswaterstaat, Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving, Delft / ProRail, Utrecht.

Opdrachtgevers

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat,
Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving
Postbus 5044
2600 GA Delft
Tel: 088 798 2222
Fax: 088 798 2999
Website: www.mjpo.nl
Projectbegeleider: Hans Bekker



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

ProRail
Postbus 2038
3500 GA Utrecht
Tel: 088-2317104
Projectbegeleider: Greet Eijkelenboom

ProRail

Opdrachtnemer

Bureau Waardenburg
Postbus 365
4100 AJ Culemborg
Tel: 0345-512710
Fax: 0345-519849
E-mail: info@buwa.nl
Contactpersonen:
Dennis Wansink,
Jeroen Brandjes



Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

Bijdragen derden

De volgende personen hebben de tijd genomen concept- en werkversies van de Leidraad door te nemen. Dit is de kwaliteit van het eindproduct zeer ten goede gekomen.

Hubert van Beusekom, André Bijl-Weisz, Michiel Bikker, Ellen Boontje, Jeroen Brakenhoff, Harrie van den Broek, Eefje Bruinsma, Katja ClausJasja Dekker, Joris Everaert, Lisette van der Giessen, Edgar van der Grift, Roel van der Horst, Luc Janssens, Pieter Joop, Bert Katerborg, Peter Jan Keizer, Erwin Koenderink, Hans Krüse, Anne Martine Kruidering, Dick Kuiper, Victor Loehr, Jeroen ter Meer, Marleen Moelants, Marian Moelker, Pascal Peterman, Henk Pol, Jeannet Rijk-Vermue, Reinetta Roepers, Rob van Schijndel, Piet Sinke, Michel Smits, Paul Spencer, Bert Stegehuis, Brian van Straalen, Richard Struijk, Edward van Veen, Hans van Zandvoort.

Tekeningen

Anne-Jifke Haarsma
BWZ Ingenieurs, Jos van den Hurk
Bureau Waardenburg, Jeroen Brandjes & Jan Dirk Buizer
Peter Twisk
Arcadis, Wilfried Jansen of Lorkeers, deels gebaseerd op tekeningen uit Handreiking maatregelen langs wegen en water, door J.G. Oord (1995)
G-O graphics

Foto's

Arfman, Aco, Lothar Bach, Hans Bekker, Martin Bonte, Bas van den Boogaard, Jeroen Brandjes, Floris Brekelmans, Zomer Bruin, Jan Dirk Buizer, Mark Collier, Combinatie H₂Eco, Das & Boom, Rombout van Eekelen, Dimitri Emond, Edgar van der Grift, Martijn de Haan, Jörg Hempel, Jelger Herder, Frits Hollander, Holland Railconsult, KARCH, Dirk Kruijt, Dick Kuiper, Bernd Landgraf, Wouter Lengkeek, Herman Limpens, Victor Loehr, Eberhard Menz, Roelof Mulder, Ruben Plazier, ProRail, Roelof Schulte, Gerard Smit, Bert Stegehuis, Henk van der Stouw, R.P.J.H. Struijk, Kees Stuip, John Tukker, Mark van der Valk, Geesje Veenbaas, Vermandel.com, Hans de Vries, Maarten van Vuurde, Dennis Wansink, Hans Waardenburg.

Trefwoorden

Faunavoorziening, rijkswegen, spoor, ontsnippering, systems engineering, functionele eisen.

Lay out

Arcadis. Gerdien Saathof-Smit
Bureau Waardenburg: Jan Dirk Buizer

Druk

Alleen digitaal als PDF-document beschikbaar

Bestelinformatie:

Te downloaden van www.mjpo.nl (doorklikken naar Publicaties [link: http://www.mjpo.nl/publicaties/leidraad_faunavoorzieningen_bij_infrastructuur/]).

Rijkswaterstaat, ProRail en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen.

Het Rijk sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

Samenvatting

Deze leidraad is bedoeld voor onder andere medewerkers van provincies, Rijkswaterstaat, Prorail, Agentschap Wegen en Verkeer, gemeenten, waterschappen, adviesbureaus en aannemers die betrokken zijn bij de ontsnippering door infrastructuur. Het is een leidraad bij het hele proces van vaststelling van een knelpunt met betrekking tot versnippering van natuurwaarden tot de oplossing daarvan, inclusief aanleg, inspectie, onderhoud en monitoring van het gebruik van de voorziening.

De Leidraad gaat in op algemene zaken en de processen om tot een goede voorziening te komen. Hierin is onder ander achtergrondinformatie over versnippering door wegen en het wettelijk en beleidskader voor ontsnippering opgenomen. Er wordt tevens ingegaan op het toepassen van Systems Engineering.

In de bijlagen staan de eisen die dieren aan faunavoorzieningen stellen en voorbeelden van voorzieningen. De informatie over de eisen sluit aan op de Basisspecificatie Ecopassages van Rijkswaterstaat en het Ontwerpvoorschrift Faunavoorzieningen van Prorail. De voorbeelden dienen als inspiratiebron; elke situatie vraagt maatwerk voor een goede oplossing.

Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat werkt aan de vlotte en veilige doorstroming van het verkeer, aan een veilig, schoon en gebruikersgericht landelijk watersysteem en aan de bescherming van ons land tegen overstromingen. Daarvoor beheert Rijkswaterstaat het nationale rijkswegennetwerk (5.695 km), het rijksvaarwegennetwerk (1.686 km kanalen, rivieren en 6.165 km vaarweg in open water) en het landelijke watersysteem (65.250 km²).

Postadres: Postbus 5044
2600 GA Delft
Bezoekadres: Schoemakerstraat 97
2628 VK Delft
Telefoon: 088 798 2222
Internet: www.rijkswaterstaat.nl

ProRail

ProRail werkt aan de bereikbaarheid van Nederland door te zorgen voor een optimaal spoornetwerk. Daarbij kijken we naar de toekomst en stimuleren we innovaties op spoorgebied om onze dienstverlening te optimaliseren. Hierbij wordt regelmatig kennis van buiten ProRail ingeroepen.

Postadres: Postbus 2038
3500 GA Utrecht
Bezoekadres: Moreelsepark 3
3511 EP Utrecht
Telefoon: 088-2317104
Internet: www.prorail.nl

