

Onderdoorgangen

Sociaal veilig en
ecologisch waardevol

Adviesrapport



Rijkswaterstaat



Alies van den Berg	3507424
Kellie Bocxe	3474801
Brenda Deden	3484556
Milena Driehuis	3489760
Nathalie Houtman	3476723
Mart van Kuijk	3487016

In opdracht van: Rijkswaterstaat en
Universiteit Utrecht

5 april 2012

Onderdoorgangen

Sociaal veilig en ecologisch waardevol

**Alies van den Berg
Kellie Bocxe
Brenda Deden
Milena Driehuis
Nathalie Houtman
Mart van Kuijk**

Milieuwetenschappen, Universiteit Utrecht

Utrecht, April 2012

Voorwoord

Van 16 februari tot 6 april zijn wij bezig geweest met dit onderzoek voor Rijkswaterstaat. In de cursus Milieuwetenschappelijk Advies Project hebben wij onderzoek gedaan in het kader van de verbreding van de A27 en de A12. In de planstudie naar de verbreding was ook ruimte voor het verbeteren van de sociale en ecologische waarden van de onderdoorgangen en haar omgeving, hier hebben wij een advies over geschreven. Door middel van groepsbesprekingen, individueel werk, feedbackgesprekken en interviews hebben wij samen een advies gevormd. Wij hebben hulp gekregen van specialisten wanneer onze eigen kennis niet toereikend was. Wij zouden dan ook de betrokkenen die een bijdrage hebben geleverd aan ons adviesproject willen bedanken. Onze dank gaat uit naar:

Onze begeleiders

Dagmar Mooij en Erwin Smits

De geïnterviewden

Aat Barendregt, Universiteit Utrecht

Elmar Veenendaal en Roy van Grunsven, Wageningen Universiteit

Cor Schreurs, Philips Lighting

Wim Schouten, Rijkswaterstaat

Rob Wouters, Rijkswaterstaat

Alies van den Berg, Kellie Bocxe, Brenda Deden, Milena Driehuis, Nathalie Houtman & Mart van Kuijk.

Utrecht, April 2012.

Samenvatting

In dit onderzoek wordt een stappenplan gevormd voor het sociaal veiliger en ecologisch waardevoller maken van onderdoorgangen. Dit onderzoek is primair gedaan voor de onderdoorgangen van de A12 en A27 in de planstudie ring Utrecht, echter kan het stappenplan ook voor iedere andere onderdoorgang gebruikt worden die sociaal veiliger en ecologisch waardevoller gemaakt dient te worden. Sommige onderdoorgangen hebben aandacht nodig voor sociale veiligheid, anderen behoeven aandacht voor het vormen van een ecologische verbinding en weer anderen voor beide. Om de onderdoorgangen in deze categorieën onder te verdelen is een multi-criteria analyse uitgevoerd. Voor sociale veiligheid zijn de volgende criteria onderzocht: het verkeer in de onderdoorgang, subjectieve gevoelens van onveiligheid, zichtbaarheid en overzichtelijkheid van de onderdoorgang, geregistreeerde criminaliteit, geregistreeerde overlast, verloedering en vandalisme. Voor het vormen van een ecologische verbinding zijn de volgende criteria onderzocht: is de onderdoorgang gelegen in de Ecologische Hoofdstructuur of Groenstructuur, de aanwezigheid van beschermde, Rode- en Oranje Lijstsoorten en de aanwezigheid van een watergang met of zonder oeverzone. Uit de multi-criteria analyse volgt de prioriteit van de desbetreffende onderdoorgang. Per onderdoorgang kan vervolgens besloten worden welk van de onderzochte maatregel(en) kan/kunnen worden toegepast. Dit stappenplan is doorlopen voor de onderdoorgang de Kromme Rijn.

Inhoudsopgave

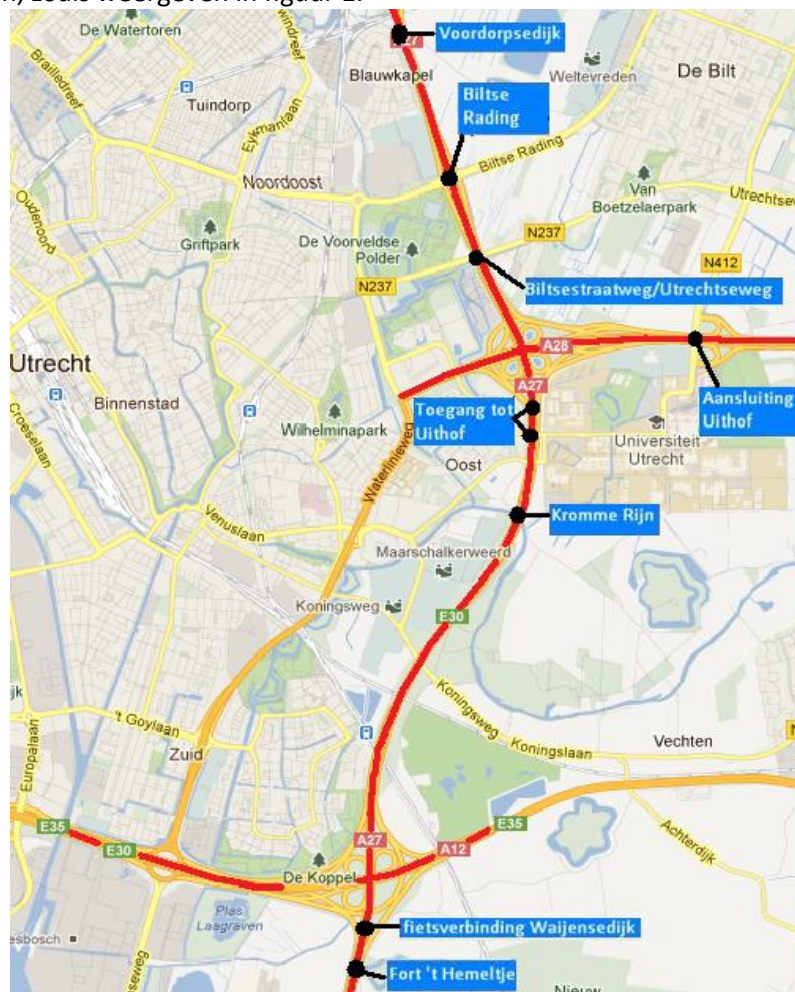
Voorwoord	3
Samenvatting	4
Inhoudsopgave	5
1. Inleiding	7
1.2 Cliënt	9
2. Methode	11
3. Theoretisch kader	14
3.1 Sociale veiligheid	14
3.1.1 Definitie sociale onveiligheid en sociaal veilige omgeving	14
3.1.2 Factoren die sociale onveiligheid bepalen.	15
3.1.3 Maatregelen die sociale veiligheid vergroten	16
3.2 Aspecten van kunstmatige verlichting: samenhang van verlichting met sociale veiligheid	17
3.2.1. werkelijke sociale veiligheid en ervaren sociale veiligheid.	17
3.3 Ecologie	18
3.3.1 Ecologische netwerken	18
3.3.2 Ecologische verbindingen	18
3.3.3 Beschermde, Rode en Oranje Lijst soorten	20
3.4 Aspecten van kunstmatige verlichting op flora en fauna	20
4. Multi-criteria analyse	23
4.1 Criteria voor sociale veiligheid	23
4.1.1 Criterium 1: verkeer onderdoorgang (S1)	23
4.1.2 Criterium 2: subjectieve gevoel van onveiligheid (S2)	23
4.1.3 Criterium 3: zichtbaarheid en overzichtelijkheid (S3)	24
4.1.4 Criterium 4: geregistreerde criminaliteit (S4)	24
4.1.5 Criterium 5: geregistreerde overlast (S5)	24
4.1.6 Criterium 6: verloedering (S6)	24
4.1.7 Criterium 7: vandalisme (S7)	24
4.2 Criteria voor een ecologische verbinding	24
4.2.1 Criterium 1: gelegen in de EHS of Groenstructuur (E1)	24
4.2.2 Criterium 2: aanwezigheid van beschermde, Rode –en Oranje Lijst soorten (E2)	25
4.2.3 Criterium 3: aanwezigheid van een watergang (E3)	25
4.3 Categorisering van de criteria	25
4.3.1 Categorisering van de criteria sociale veiligheid	25
4.3.2 Categorisering van de criteria ecologische corridor	26
4.4 Categorisering onderdoorgangen	27
5. Uitwerking maatregelen	31
5.1 Constructieve maatregelen	31
5.1.1 Doorzichtig wegdek	31
5.1.2 Verhoging van het viaduct	31
5.1.3 Verlaging van de onderdoorgang	31
5.1.4 Verbreding onderdoorgang	32
5.2 Faunapassage	32
5.2.1 Aparte faunatunnel	32

5.2.1 Aangepaste passage	33
5.2.3 Uitbreiding oever	34
5.4 Kunstmatige verlichting	34
5.4.2 Type verlichting	36
5.4.3 Kleur van verlichting	37
5.4.4 Vegetatielampen	39
5.4.5 Vleermuisvriendelijke verlichting	40
5.4.6 Lichtsensoren	41
5.4 Spiegels	43
5.5 Solar tubes	44
5.6 Optisch bedrog	44
6. Stappenplan ter verbetering van onderdoorgangen	46
6.1 Elke onderdoorgang in Nederland	46
6.2 Onderdoorgangen planstudie Ring Utrecht A27/A12:	50
7. Case study: Onderdoorgang de Kromme Rijn	51
8. Advies	55
9. Discussie	57
10. Aanbevelingen	60
10.1 Effect geluid op fauna.	60
10.2 Doelsoorten afstemmen	60
10.3 Interpretatie omgeving van ecologische verbinding.	60
10.4 De uitvoering van maatregelen	61
Literatuur	62
Bijlage	68

1. Inleiding

Nederland verstedelijkt in een hoog tempo; kleine en grote weg- en bouwprojecten zorgen voor een landschap waar de stedelijke invloed vrijwel overal zichtbaar en merkbaar is. In deze gebieden vormt groen in en om de stad een belangrijk aandachtspunt bij de inrichting en het beheer van het stedelijk gebied. Ten eerste vormt dit groen een belangrijke recreatieplek voor bewoners, ten tweede herbergt het stedelijk groen ook belangrijke natuurwaarden die bescherming verdienen. Veel grote steden in Nederland passen daarom een 'groenstructuur' toe waarbij men probeert de groene delen in en om de stad met elkaar te verbinden. Met deze ecologische netwerken wordt getracht de aanwezige natuurwaarden veilig te stellen of zelfs te verhogen. Dit is echter niet altijd haalbaar, doordat het landschap als gevolg van de aanleg van nieuwe wegen, woningen en bedrijven in toenemende mate versnipperd. Dit leidt vervolgens tot fragmentatie en degradatie van de habitatten van planten en dieren (van Winden, 2003).

Ook Utrecht past een groenstructuur toe. Echter, in het zuidoosten van Utrecht vormt zich een belangrijke barrière in de vorm van twee snelwegen. De A12 en A27 isoleren het stedelijke gebied van het landelijke gebied. Omdat deze snelwegen rond Utrecht vast stromen, is de 'planstudie Ring Utrecht A27/A12' ontwikkeld. Binnen deze studie onderzoekt Rijkswaterstaat hoe de doorstroming op de Ring Utrecht verbeterd kan worden. In het kader van deze studie wordt daarnaast ook aandacht geschonken aan de barrière die de snelweg tussen het stedelijke en landelijk gebied vormt (Verder, 2010). Deze barrière is getracht te doorbreken door de aanwezigheid van acht onderdoorgangen, zoals weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: Locaties onderdoorgangen (google maps, z.j.)

Deze onderdoorgangen functioneren momenteel niet optimaal vanwege twee problemen. Allereerst zijn de onderdoorgangen sociaal onveilig, omdat het donkere, betonnen vlaktes zijn (Wouters, 2012). Omwonenden geven aan dat zij zich over het algemeen onprettig voelen in deze donkere ruimtes. Als verbeterpunt wijzen zij naar het vergroten van de zichtbaarheid in de onderdoorgang. Hierbij wordt de wens geuit om meer lichtinval in de onderdoorgangen te creëren (Rijkswaterstaat, 2012a,b,c). Daarnaast vormen de onderdoorgangen een ecologische barrière; wellicht door afwezigheid van licht en dus vegetatiegroei, maken aanwezige soorten geen gebruik van de onderdoorgangen. Op deze twee overeenkomsten na zijn de verschillende onderdoorgangen qua uiterlijk divers. De onderdoorgangen verschillen qua hoogte, lengte, aanwezigheid van bochten en doorlating van langzaam of snelverkeer sterk van elkaar (Wouters, 2012).

In dit kader zoekt Rijkswaterstaat naar een aanpak waarin beide probleemthema's uitgewerkt worden in één geïntegreerde oplossing. Om dit onderzoek met een breed perspectief te beginnen, worden nog geen oplossingsrichtingen vastgelegd. Diverse maatregelen zullen met elkaar vergeleken worden, waardoor een weloverwogen keuze voor de beste oplossing voor het aanpakken van de onderdoorgangen gekozen kan worden. De hoofdvraag van dit onderzoek luidt dan ook als volgt:

'Wat is de beste oplossing voor het verbeteren van de onderdoorgangen onder de A12 en A27 op het gebied van sociale veiligheid en/of ecologie?'

De volgende deelvragen dienen als leidraad bij het beantwoorden van de hoofdvraag:

1. Wat is de relatie tussen verlichting en sociale veiligheid?
2. Welke technische mogelijkheden bestaan ter verlichting van onderdoorgangen onder de A12 en A27?
3. Welke andere mogelijkheden zijn er om de sociale veiligheid in de onderdoorgangen te verbeteren zonder grote constructieve ingrepen?
4. Is er vegetatie mogelijk en voor welke diersoorten kunnen deze onderdoorgangen een ecologische corridor worden?
5. Welke mogelijkheden zijn er om zowel mensen als dieren gebruik te laten maken van dezelfde onderdoorgang?
6. Is het mogelijk verlichting aan te brengen die de sociale veiligheid verbetert en tevens vegetatiegroei in de onderdoorgang mogelijk maakt?
7. Wat zijn de negatieve effecten van verlichting voor bijvoorbeeld nachtdieren? Hoe kunnen deze negatieve effecten opgeheven worden?

Het doel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een methode om voor elk willekeurige onderdoorgang de beste oplossing te selecteren voor een sociaal veilige en/of ecologisch waardevolle inrichting. Naar verwachting verschillen onderdoorgangen op het gebied van uiterlijke kenmerken sterk van elkaar. Wat als beste oplossing voor de ene onderdoorgang geldt, kan als gevolg van heterogeniteit tussen kenmerken voor een andere onderdoorgang juist negatief uitpakken. Het is tijdrovend en weinig zinvol om voor elke onderdoorgang een individueel onderzoek te starten naar de beste oplossing voor inrichting. Om deze reden wordt er in dit onderzoek naar gestreefd om een stappenplan te overhandigen aan Rijkswaterstaat, dat bij elk willekeurige onderdoorgang ingezet kan worden om tot een beste oplossing voor een sociaal veilige en/of ecologisch waardevolle inrichting te komen.

De opbouw van dit onderzoek begint in hoofdstuk 2 met een toelichting van de onderzoeksmethode. Hoofdstuk 3 vormt het theoretisch kader waarin verschillende literatuur betreffende sociale veiligheid, verlichting en ecologie wordt toegelicht die de randvoorwaarden voor het inrichten van een sociaal veilige en/of ecologisch waardevolle onderdoorgang bepalen. Deze literatuur dient als basis om vanuit daar verder te werken aan een afgebakend onderzoek naar mogelijke oplossingen.

Daarna volgt in hoofdstuk 4 een multi-criteria analyse die een overkoepelende methode beschrijft om de geselecteerde onderdoorgangen te kunnen waarderen op hun ecologische en/of sociale aspecten. In hoofdstuk 5 worden diverse maatregelen aangedragen die een optie vormen voor het sociaal veilig en ecologisch waardevol inrichten van onderdoorgangen. In hoofdstuk 6 wordt het doel van dit onderzoek uitgewerkt in de vorm van een stappenplan. Tot slot zal de toepassing van dit stappenplan blijken in hoofdstuk 7, waarin de verzamelde informatie wordt toegepast op *case-study* de Kromme Rijn. Figuur 2 geeft een beeld van de onderdoorgang.



Figuur 2: Onderdoorgang de Kromme Rijn

1.2 Cliënt

Dit onderzoek wordt geschreven voor Rijkswaterstaat Utrecht. Rijkswaterstaat is de uitvoeringsorganisatie van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) en beheert daarvoor het nationale netwerk van autowegen, vaarwegen en watersysteem. Rijkswaterstaat als overheidsorgaan heeft te maken met kabinetsbeleid en maatschappelijke ontwikkelingen (Rijkswaterstaat z.j.). Dit onderzoek wordt meer specifiek uitgevoerd voor een regionale dienst van Rijkswaterstaat, namelijk Utrecht. Een regionale dienst brengt het beleid in de praktijk. Het advies komt dus direct op een toonaangevende plek terecht. Als publieke instantie dient Rijkswaterstaat het algemene belang. Met die reden wordt er in dit advies in eerste instantie geen zwaarder gewicht gegeven aan sociale of ecologische aspecten. Daarnaast dient Rijkswaterstaat te handelen naar het vastgestelde beleid en dient het de belangen van belanghebbenden af te wegen. Het afwegen van belangen zal in dit advies over onderdoorgangen ook relevant zijn. De opmerkingen die gemaakt zijn door bewoners en andere belanghebbenden tijdens meedenkbijeenkomsten van de planstudie Ring Utrecht worden meegenomen in dit advies. Daarnaast is het van betekenis dat er rekening gehouden wordt met wetten en richtlijnen, zoals de Flora- en Faunawet en de Rode lijst soorten. Als laatste is het van belang dat de kosten duidelijk verantwoord worden, aangezien er sprake is van overheidsgeld. Net als de hele overheid, moet ook Rijkswaterstaat bezuinigen (Rijkswaterstaat z.j.). Dit kan consequenties hebben voor haar projecten. Er zal dus rekeningen gehouden worden met een beperkt budget.

Rijkswaterstaat heeft in de opdracht omschrijving aangegeven dat maatregelen die de lichtinval vergroten centraal staan, om daarmee zowel sociale veiligheid als de ecologie positief te beïnvloeden. Constructieve aanpassingen bij de onderdoorgangen zijn doorgaans erg kostbaar. Als alternatief leek Rijkswaterstaat het installeren van kunstmatige verlichting beter haalbaar. Meer

specifiek zouden zij graag vegetatielampen als optie onderzocht zien. Kort gezegd wil Rijkswaterstaat de wijze waarop aan dit project invulling gegeven kan worden, laten onderzoeken en wil daarnaast graag weten of er alternatieven zijn die meer licht en vegetatiegroei creëren (Dossier Adviesproject, 2012). De bevindingen uit dit onderzoek zullen toegepast worden op de case study onderdoorgang 'de Kromme Rijn'. Opdrachtgever Rijkswaterstaat heeft deze onderdoorgang vanaf het begin geselecteerd als casus, omdat het er naar uitziet dat er behoefte is aan zowel sociale als ecologische verbetering.

De belangrijkste randvoorwaarden voor dit advies die voortkomen uit het type cliënt zijn dus de randvoorwaarden die Rijkswaterstaat heeft aangegeven in de opdracht omschrijving, het budget en belangenafwegingen.

2. Methode

Dit onderzoek is een geïntegreerd multi-disciplinair onderzoek naar sociale veiligheid en ecologie van onderdoorgangen. Omdat dit onderzoek zich richt op het verbeteren van de onderdoorgangen onder de A27/A12 is het van belang op de hoogte zijn van de huidige staat van de onderdoorgangen. De eerste stap is het bezoeken van de geselecteerde onderdoorgangen. De acht plekken zijn bezocht en gefotografeerd om een beter beeld van de onderdoorgangen te krijgen.

Aandachtspunten tijdens het bezoek aan de onderdoorgangen waren:

- Een foto van 20 meter afstand (een volledig overzicht van de onderdoorgang).
- Een foto van de omgeving.
- De omgeving: stedelijk of landelijk.
- Aanwezigheid van schuine wanden, tussenwanden, middenbermen etc.
- Afmetingen (de lengte, breedte, hoogte).
- Aanwezigheid faunapassage, ecoduct etc.
 - Aanwezigheid van aspecten van sociale onveiligheid, zoals zwerfafval, graffiti, vernieling, tekenen van drugs etc.
- Functievervulling voor snel- of langzaam verkeer?

De volgende stap is het opstellen van een theoretisch kader om belangrijke aspecten van sociale veiligheid en ecologie te achterhalen. Om de structuur van het theoretisch kader te bepalen zijn de gegeven deelvragen van Rijkswaterstaat gebruikt. De deelvragen zullen niet expliciet beantwoord worden, maar worden verwerkt in het gehele onderzoek. Centraal staat de analyse van de diverse maatregelen om de onderdoorgangen op sociaal en ecologisch gebied te verbeteren.

De gevonden literatuur is gebruikt voor het selecteren van maatregelen en het opstellen van de kansen- en barrière tabellen. Deze kansen- en barrière tabellen dienen als overzicht van de voor- en nadelen van geselecteerde maatregelen. Via wetenschappelijke zoekmachines als Scopus of Google Scholar is geschikte literatuur voor het onderzoek gevonden. Daarnaast staat er veel beschreven op websites en in documenten zoals van de gemeente Utrecht, Rijkswaterstaat en Stichting Kromme Rijn park. Uit het theoretisch kader zijn voor zowel ecologie als sociale veiligheid randvoorwaarden gehaald, deze randvoorwaarden moeten aanwezig zijn om een onderdoorgang sociaal veilig en ecologisch waardevol te maken.

Kennis uit het theoretisch kader is gebruikt om vragen voor interviews te formuleren. In dit onderzoek worden meerdere interviews afgenomen. Geïnterviewden zijn experts op het gebied van ecologie en/of sociale veiligheid. De geïnterviewden zijn aangedragen door Rijkswaterstaat of via internet gevonden

- Cor Scheurs, licht deskundige van Philips Lighting
- Ecoloog Aat Barendregt van de Universiteit Utrecht. Hij heeft kennis over het inrichten van een ecologische corridor.
- Ecoloog Elmar Veenendaal en Roy van Grunsven van de Wageningen Universiteit. Hij heeft onderzoek gedaan naar de effecten van kunstmatig nachtlucht op flora en fauna.
- Wim Schouten, bioloog werkzaam bij Rijkswaterstaat.

De kennis uit deze interviews heeft bijgedragen aan randvoorwaarden voor maatregelen voor het sociaal veilig en ecologisch waardevol maken van de onderdoorgangen.

In onderstaande tabel 2 is aangegeven op welke manier en waar de interviews zijn afgenomen.

Tabel 2: overzicht van de interviews.

Interviews:	Schriftelijk/ Mondeling	Locatie	Aantal interviewers	Voraf vragen overhandigd aan respondent	Opslaan informatie (dictafoon/noteren /onthouden)
Cor schreurs	Mondeling	Eindhoven,	2 (Brenda & Milena)	Ja	Noteren
Aat Barendregt	Mondeling	Van Unnik Gebouw, UU	2 (Mart & Kellie)	Nee	Noteren
Elmar Veenendaal & Roy van Grunsven	Mondeling	Ede/Wageningen	2 (Nathalie & Kellie)	Ja	Noteren
Wim Schouten	Schriftelijk	Rijkswaterstaat	1 (Kellie)	Ja	Via de mail ontvangen
Oriëntatie Gesprek	Mondeling	Rijkswaterstaat	Iedereen	Nee	Noteren
Feedback RWS	Mondeling	Rijkswaterstaat	Brenda, Milena, Allies & Nathalie	Nee	Noteren

De multi-criteria analyse dient voor het indelen van geselecteerde onderdoorgangen. Voor deze analyse is gekozen omdat criteria van sociale veiligheid en ecologie hierin goed gecombineerd kunnen worden. Randvoorwaarden uit het theoretisch kader en interviews worden gebruikt in de multi-criteria analyse. Door vast te stellen of de prioriteit ligt op sociale veiligheid, ecologie of beide kan een afgestemd maatregelen pakket geselecteerd worden. Het gevoel van onveiligheid, een criterium voor sociale veiligheid wordt dubbel geteld omdat dit een belangrijk criterium is. Of de onderdoorgang gelegen is in de Ecologische Hoofd Structuur of groenstructuur is ook van groot belang, er dient hierdoor wettelijk met bepaalde normen rekening gehouden te worden, dit ecologische criterium wordt dan ook dubbel geteld. Bij sommige onderdoorgangen zal de nadruk komen te liggen op ecologische verbetering, bij andere op sociale veiligheid en bij weer anderen zal er een combinatie gevormd moeten worden.

De multi-criteria analyse uit dit onderzoek wordt toegepast op de acht geselecteerde onderdoorgangen. Deze kan gezien worden als een algemeen kader. In de multi-criteria analyse wordt er gebruik gemaakt van een wegingschaal die per onderdoorgang een score weergeeft op basis van plussen en minnen. Dit wordt gedaan om duidelijker te krijgen wat aandacht behoeft en wat minder.

De mogelijke maatregelen zijn door een brainstorm, samen met informatie uit ons theoretisch kader en interviews tot stand gekomen, bij iedere maatregel zijn kansen en barrières voor zowel sociale veiligheid en ecologie. De kansen en barrières die gevonden worden tijdens het onderzoek van beide kennisgebieden, zullen bij het kiezen van de maatregelen niet simpelweg tegen elkaar weggestreept worden, maar er wordt gestreefd naar een combinatie van beide. De kansen en barrières worden

weergegeven in tabellen. Er zal daarom gestreefd worden naar een holistische en geïntegreerde oplossing.

In dit onderzoek komt een stappenplan tot stand waarmee onderdoorgangen sociaal veiliger en ecologisch waardevoller gemaakt kunnen worden. Door middel van case-study De Kromme Rijn wordt er gekeken of het stappenplan goed doorlopen kan worden. Als Rijkswaterstaat of andere beheerders van onderdoorgangen oplossingen voor andere onderdoorgangen zoeken, kunnen zij door middel van het stappenplan bepalen welke onderdoorgang op welke punten verbeterd dient te worden, en welke maatregelen hiervoor gebruikt kunnen worden. Met andere woorden, zij kunnen het door ons ontwikkelde stappenplan volgen.

3. Theoretisch kader

Dit hoofdstuk wordt als instrument gebruikt tussen de probleemstelling en de resultaten. Door middel van literatuur worden de verschillende thema's verder uitgewerkt. Hierin wordt getracht verantwoording af te leggen voor de gemaakte keuzes in het beginstadium van het project. Het hoofdstuk omvat drie thema's die betrekking hebben op de probleemstelling. Deze worden afzonderlijk uitgewerkt in de verschillende paragrafen. In paragraaf 3.1 *Sociale veiligheid* worden de definitie, bepalende factoren en maatregelen die de sociale veiligheid vergroten behandeld. In paragraaf 3.2 *Aspecten van kunstmatige verlichting* komt de samenhang tussen kunstmatige verlichting en de sociale veiligheid aan bod, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de werkelijke en ervaren sociale veiligheid. In paragraaf 3.3 wordt als laatste het thema ecologie behandeld. Hierbij wordt dieper ingegaan op ecologische netwerken, beschermde soorten en de aspecten van kunstmatige verlichting op soorten.

3.1 Sociale veiligheid

In deze paragraaf wordt de theorie over sociale veiligheid behandeld. Als eerste is het belangrijk om te weten wat in dit onderzoek wordt verstaan onder het begrip sociale veiligheid. De omgeving van de onderdoorgang moet sociaal veiliger worden. Het is dan ook belangrijk om te weten wat wordt verstaan onder een sociaal veilige omgeving. Vervolgens wordt besproken welke factoren sociale veiligheid bepalen. Als duidelijk is wat deze factoren zijn, moet er gekeken worden naar maatregelen om de sociale veiligheid te vergroten.

3.1.1 Definitie sociale onveiligheid en sociaal veilige omgeving

In dit onderzoek staat het begrip *sociale* onveiligheid centraal. In de criminologie wordt een onderscheid gemaakt tussen objectieve en subjectieve sociale onveiligheid. Men spreekt van objectieve onveiligheid als mensen feitelijk onveiligheid ondervinden als gevolg van het plegen van een misdrijf en daarvan slachtoffer of getuige zijn en men spreekt van subjectieve onveiligheid als mensen bevreesd zijn voor enig toekomstig onheil wat hen zou kunnen treffen (Muller, 2004). Om in dit onderzoek het aspect sociale onveiligheid meetbaar te kunnen maken, is het noodzakelijk om het begrip af te bakenen in een heldere definitie. Hiervoor wordt de volgende definitie gehanteerd, als gegeven door Muller (2004):

Sociale onveiligheid is de materiële en/of immateriële schade die ontstaat als gevolg van misdadige of asociale gedragingen of handelingen van mensen dan wel de mate waarin men voor zulke schade angst heeft.

In deze definitie is zowel het objectieve als het subjectieve aspect van sociale onveiligheid opgenomen en zal niet worden ingegaan op vormen van onveiligheid die ontstaan als gevolg van natuurrampen, catastrofes, verkeersongelukken of bedrijfsongevallen. Daarnaast vallen gevoelens van onveiligheid door het ervaren van ziekte of werkloosheid ook buiten de omschrijving (Muller, 2004).

Omdat het in dit onderzoek om het verbeteren van de sociale onveiligheid in een bepaald omgeving, namelijk onderdoorgangen gaat, is het ook relevant om een definitie van een sociaal veilige omgeving te geven. Een definitie van een sociaal veilige omgeving is:

'Een omgeving waarin mensen zich vrij van dreiging van of confrontatie met geweld kunnen bewegen' (Lopèz et al, 2008).

In een sociaal veilige omgeving wordt ook onderscheid gemaakt tussen objectieve en subjectieve veiligheid. In objectieve zin betekent sociale veiligheid dat de omgeving vrij is van door mensen

veroorzaakte bedreigingen en criminaliteit. In subjectieve zin betekent sociale veiligheid dat mensen zich veilig voelen op een bepaalde plek (Lopéz et al, 2008).

3.1.2 Factoren die sociale onveiligheid bepalen.

Relevant is om te bepalen welke oorzaken en factoren ten grondslag liggen aan het creëren van een gevoel van sociale onveiligheid. Het meten van sociale veiligheid op een bepaalde locatie is door de gehanteerde, brede definitie van het begrip complex. Afbakening is daarom noodzakelijk (Wittebrood en van Beek, 2004). Een afbakeningmethode die gebruikt zou kunnen worden, wordt beschreven door Oppelaar en Wittebrood (2006).

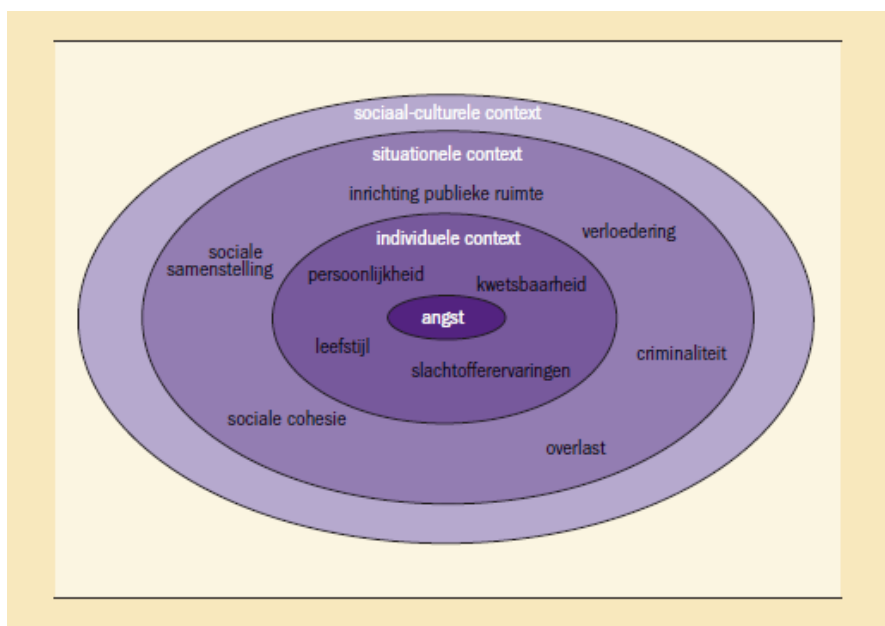
Het Sociaal en Cultureel Planbureau heeft op verzoek van de toenmalige ministeries van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK), Justitie, en Verkeer en Waterstaat een onderzoek uitgevoerd naar de determinanten van onveiligheidsbeleving, waarbij deze beleving vertaald werd naar gevoelens van angst. Het belangrijkste doel van het onderzoek was om inzicht te krijgen in de onveiligheidsgevoelens van burgers en de wijze waarop deze gevoelens tot stand komen. Om deze gevoelens te verklaren is een conceptueel model ontwikkeld (Oppelaar en Wittebrood, 2006). Dit model onderscheidt drie categorieën die bepalend zijn bij het vormen van angst- en onveiligheidsgevoelens.

Ten eerste de individuele context. Het zijn vaak persoonlijke kenmerken die bepalen in welke mate individuen zich angstig voelen in een bepaalde situatie. Het gaat dan bijvoorbeeld om de angst slachtoffer te worden, eventuele slachtofferervaring, de inschatting van kwetsbaarheid en hulpeloosheid en bezorgdheid over de wijze waarop criminaliteit zich ontwikkelt.

Ten tweede speelt de situationele context een bepalende rol. Hierbij gaat het om kenmerken uit de omgeving die een gevoel van onveiligheid kunnen creëren. Belangrijke aspecten zijn enerzijds de inrichting van de publieke ruimte (bijvoorbeeld de mate van duisternis en overzicht) en anderzijds overlast (aanwezigheid van onbekende, angstwekkende personen die normoverschrijdend gedrag vertonen) en verloedering (rommel, graffiti en vernieling).

Ten derde speelt de sociaal- culturele context een rol: behalve uit de directe omgeving komen ook uit een bredere sociale context signalen die gevoelens van angst opwekken. Voornamelijk de media heeft een grote invloed op risicoperceptie en subjectieve sociale veiligheid (Oppelaar en Wittebrood, 2006).

Deze drie categorieën zijn schematisch weergegeven in het conceptueel model zoals weergegeven in figuur 3.



Over het algemeen blijkt dat mensen zich overdag het meest veilig voelen in hun directe woonomgeving. Het minst veilig voelen mensen zich 's avonds buiten de eigen woonomgeving. Ongeacht de plek voelen mensen zich 's avonds onveiliger dan overdag. Daarnaast voelen vrouwen en slachtoffers van geweld zich relatief onveilig.

Figuur 3: conceptueel model voor verklaring van onveiligheidsgevoelens (Oppelaar en Wittebrood, 2006)

Deze angst op specifieke locaties en tijdstippen kan ertoe leiden dat mensen zich voornamelijk 's avonds niet op deze locaties begeven, waardoor sprake is van vermijdingsgedrag. Soms wordt met vermijdingsgedrag, zoals omrijden of omlopen, rekening gehouden met onveilige situaties, maar weerhoudt dit mensen niet altijd om zich toch op bepaalde locaties te begeven (Oppelaar en Wittebrood, 2006).

In dit onderzoek staat het verbeteren van de sociale onveiligheid in acht onderdoorgangen centraal en is er dus sprake van het analyseren van een situatie op aspecten van onveiligheid. Om deze reden zal binnen het thema sociale veiligheid voornamelijk de focus op de situationele context relevant zijn. Het is waarschijnlijk dat de individuele- en sociaal- culturele context ook een rol spelen bij de onveiligheidsgevoelens van gebruikers van de onderdoorgangen, maar omdat het hoofdonderwerp binnen dit onderzoek locaties betreft, vallen deze twee contexten grotendeels buiten de scope van het onderzoek. Daarnaast zal het wegens tijdgebrek niet mogelijk zijn om de achterliggende drijfveren van onveiligheidsgevoelens, die bepaald worden door de individuele- en sociaal- culturele context, te onderzoeken.

De individuele context zal echter niet compleet buiten beschouwing gelaten worden: als het gaat over data die algemene gevoelens van onveiligheid beschrijven is het relevant om dit aspect van de individuele context mee te nemen in het onderzoek. Want hoewel uit objectieve data van een bepaalde locatie kan blijken dat het een veilige onderdoorgang betreft, kunnen gebruikers van de onderdoorgang daar toch gevoelens van onveiligheid ervaren en gaat de subjectieve onveiligheid een rol spelen. Daarom is het relevant om naast data over de situationele context ook data te verzamelen die gevoelens van onveiligheid weergeven.

3.1.3 Maatregelen die sociale veiligheid vergroten

Sociale veiligheid kan beïnvloedt worden door ontwerp, bouw, inrichting en beheer van de omgeving. Dit kan worden beschreven aan de hand van drie vuistregels: mogelijke maatregelen om de omgeving sociaal veiliger te maken, partijen die aan veiligheid kunnen werken en door gebruik te maken van ontwikkelde methodieken en instrumenten. Door de volgende richtlijnen in samenhang met elkaar te hanteren in ontwerp en beheer van een gebouwde omgeving kan op een relatief eenvoudige manier worden gewerkt aan sociale veiligheid. Die richtlijnen zijn (Lopèz et al., 2008):

- Zorg voor overzichtelijkheid en zichtbaarheid
- Zorg voor toegankelijkheid of juist ontoegankelijkheid
- Zorg voor een aantrekkelijke omgeving

De richtlijnen zijn afhankelijk van het doel telkens weer anders te hanteren. Bij het gebruik en beheer van onderdoorgangen kunnen de richtlijnen worden gebruikt als beheerstrategieën om het gebruik en de waardering van een omgeving te beïnvloeden.

In het handboek veilig ontwerp en beheer(2008) staan lijsten met mogelijke maatregelen per vuistregel en per gebruiksfunctie. Drie van de lijsten gaan over tunnels en onderdoorgangen. Hieronder worden de maatregelen voor tunnels en onderdoorgangen beschreven (Lopèz et al, 2008):

Zichtbaarheid:

- aan- en afvoer: via een rechtstand met een volledige zichtlijn (dan kan je aan het begin van de tunnel het einde zien)
- bij toegangen: geen zichtbelemmerende obstakels
- langs aanvoerroutes: geen hoge gesloten wanden
- op toegangen: zicht vanuit omringende bebouwing
- route door tunnels: zo kort, zo breed, zo hoog en zo recht mogelijk
- wanden vlak, geen nissen of inspringingen
- de verlichting moet voldoen aan de volgende voorwaarden (pkvw-handboek, 2008):

- de horizontale verlichtingssterkte is minimaal 15 lux met een gelijkmatigheid van 0,30 Uh
- de Ra-waarde is minimaal 60
- de verlichting is in een vandalismebestendige constructie aangebracht

Toegankelijkheid of juist ontoegankelijkheid:

- Slagvaste armaturen (draagconstructie voor één of meerdere lichtbronnen): op minimaal 2,70 meter hoogte.
- Voor fietsers en voetgangers: alternatieve routes mogelijk maken op stille uren.

Aantrekkelijkheid:

- geen mono-gebruik: door alleen voetgangers of alleen fietsers
- interieur: lichte kleuren, graffitiwerende coating, eenvoudig te reinigen.
- liever onderdoorgangen voor snelverkeer, niet voor langzaam verkeer.
- voor langzaam verkeer: minimaal 5 meter breed en 3 meter hoog.

3.2 Aspecten van kunstmatige verlichting: samenhang van verlichting met sociale veiligheid

Een optie voor de verhoging van sociale veiligheid is het verlichten van de onderdoorgangen. Een reële mogelijkheid van verlichting is het gebruik van kunstmatige verlichting. Hierna wordt ingegaan op de samenhang van verlichting en sociale veiligheid.

3.2.1. werkelijke sociale veiligheid en ervaren sociale veiligheid.

Sociale veiligheid kan doelen op zowel de ervaren veiligheid als de werkelijke veiligheid. Welsh en Farrington (2007) hebben een evaluatie uitgevoerd bestaande uit dertien studies over de relatie tussen verlichting en misdadcijfers. Negen van de dertien studies toonden een positief effect van verlichting op de werkelijke veiligheid aan. Dus, ondanks enkele tegenstrijdige bevindingen, toont het grootste deel van het verrichte onderzoek aan dat een verhoging van lichtniveaus resulteert in een toename van de werkelijke veiligheid.

De relatie tussen de ervaren sociale veiligheid en verlichting is minder duidelijk. Diverse geleerden hebben betoogd dat er rekening gehouden moet worden met de ervaren sociale veiligheid als lichtniveaus worden gewijzigd (Bremmers, 2000; VROM, 2008). Aangezien de ervaren sociale veiligheid naar verwachting een belangrijke rol zal spelen bij het verhogen van de aanvaarding van weinig licht in het beleid, is het noodzakelijk om te kijken naar de relatie tussen de ervaren sociale veiligheid, verlichting, en de aanvaarding van weinig licht in het beleid. Daarom zal de focus van het huidige onderzoek liggen op het ervaren van sociale veiligheid, welke vergelijkbaar is met het ervaren van persoonlijk gevaar (Blöbaum en Hunecke, 2005), het ervaren van veiligheid of risico (Loewen, Staal, en Suedfeld, 1993), en angst voor criminaliteit (Nasar, 2000).

Aanvaarding van weinig licht in het beleid kan worden opgevat als een houding: een positieve of negatieve evaluatie van het beleid. Een houding is gebaseerd op de weging van de kosten en baten van een bepaald concept. Verbetering van de kwaliteit van het milieu is een positief aspect van verminderde straatverlichting. Afname van sociale veiligheid kan echter een negatief aspect van verminderde straatverlichting zijn.

Kortom, voor een sociale veilige omgeving is het van belang dat mensen vrij van dreiging van of confrontatie met geweld kunnen bewegen. Er wordt hierbij onderscheid gemaakt tussen objectieve en subjectieve veiligheid (Lopèz et al, 2008). Factoren die sociale onveiligheid bepalen zijn de individuele, situationele- en de sociaal-culturele context (Oppelaar en Wittebrood, 2006). Maatregelen die sociale veiligheid vergroten zijn : zorg voor overzichtelijkheid en zichtbaarheid, zorg voor toegankelijkheid of juist ontoegankelijkheid en zorg voor een aantrekkelijke omgeving (Lopèz et al, 2008).

3.3 Ecologie

In dit onderzoek ligt de focus op sociale veiligheid en het verbeteren van de ecologie in en rondom de onderdoorgangen. Aangezien onderdoorgangen niet gebruikt zullen worden door vogels, grote zoogdieren, planten en vissen, worden deze soorten in dit onderzoek uitgesloten. Hierbij is het belangrijk om te weten wat voor maatregelen er moeten worden genomen om dit doel te bereiken. In deze paragraaf wordt ingegaan op de ecologische onderdelen die hiermee te maken hebben.

3.3.1 Ecologische netwerken

De afgelopen decennia werd Nederland steeds verder volgebouwd, waardoor het landschap versnipperd raakte. Dit heeft gevolgen voor de aanwezige ecosystemen en de soorten die er leven. De aanleg van nieuwe wegen, woonwijken en kanalen zorgt voor fragmentatie van de habitats van plant –en diersoorten. De negatieve effecten van deze habitatfragmentatie zijn: habitatverlies, habitatverstoring, extra sterfte door verkeer en verhoging van de weerstand van het landschap, de zogenoemde barrièrewerking (van Winden, 2003).

Om uit te leggen hoe de populaties in deze gebieden worden beïnvloedt door de stedelijke structuren, wordt gebruik gemaakt van de metapopulatietheorie. Volgens deze theorie zal de rekolonisatie van de habitatelementen toenemen als de isolatie van deze elementen afneemt. Daarmee zal ook de levensvatbaarheid van de metapopulatie toenemen (Sodhi *et al.*, 2010).

Vanuit de metapopulatietheorie is het concept ecologische netwerken ontworpen. Een ecologisch netwerk is een netwerk van verbindingen tussen verschillende natuurgebieden. Hierbij wordt met het begrip natuurgebieden de habitats van verschillende soorten genoemd, dit hoeven dus niet per se grote oppervlaktes te zijn waar alleen natuur is (Reijnen & Kuipers, 2006). Door geïsoleerde deelpopulaties beter met elkaar te verbinden, zal de levensvatbaarheid toenemen en in mindere, maar wel aanwezige mate, het habitat vergroten. De mate van isolatie wordt bepaald door:

- De afstand tussen mogelijke habitatplekken
- De aanwezigheid van verbindende elementen tussen habitatplekken in de vorm van stapstenen en verbindingzones
- De weerstand van het tussenliggende gebied (de matrix)

Om de uitwisseling tussen de verschillende habitats te bevorderen, worden er ecologische verbindingen geplaatst, ook wel ecopassages genoemd (van Winden, 2003). De algemene definitie van een ecologische verbinding is een natuurlijk of half natuurlijk verbindingselement tussen twee natuurgebieden (online encyclopedie, 2012). Echter in dit onderzoek draait het om onderdoorgangen van wegen rondom en in de stad, die gaan functioneren als verbindingen en daarmee de dispersiestromen tussen gebieden bevorderen. Hierbij gaat het dus niet om de verbinding tussen twee grote, duidelijk aanwezige natuurgebieden als wel om op een kleinere schaal groengebieden te verbinden die werken als bufferzone van stedelijk naar landelijk gebied (Hoofdrapport Rijkswaterstaat, 2012). Een bufferzone is belangrijk om een zo groot mogelijke diversiteit aan soorten te behouden en de negatieve invloed die de stad uitoefent op de natuur te verminderen. In Nederland is de Ecologische Hoofd Structuur ontwikkeld om binnen het land alle natuurgebieden te verbinden en hiermee de levensvatbaarheid van de metapopulatie te bevorderen. Voor de stad Utrecht is ook iets dergelijks ontworpen op kleinere schaal, het groenbeleid genaamd Groenstructuur Utrecht.

3.3.2 Ecologische verbindingen

Faunapassage

Een faunapassage is een containerbegrip voor alle typen ecologische verbindingen. Typen die in Nederland worden toegepast zijn ecoducten, boombruggen, dassen –en faunatunnels en ecoduiders. De vorm en inrichting van de verbindingen hangen af van de soorten die er gebruik van moeten maken (MJPO, 2012). Zo worden ecoducten aangelegd voor een breed scala aan soorten (dieren, maar ook planten), terwijl kleinere faunapassages zoals een looprichel, dassentunnel,

amfibieëntunnel of hop-over voor vleermuizen maar voor een beperkte groep soorten of zelfs maar één soort worden aangelegd (Schouten, 2012).

Randvoorwaarden

Zoals hierboven al duidelijk is gemaakt, zijn er veel typen ecologische verbindingen. Er kan echter een onderverdeling worden gemaakt in twee typen:

- Verbindingen die de beperkingen van bewegingsvrijheid van bepaalde soorten zullen verminderen of helemaal opheffen. Hieronder vallen tunnels en viaducten.
- Verbindingen die de aantasting beperken van abiotische gradiënten die ten grondslag liggen aan de ruimtelijke verscheidenheid in de natuur, zogenoemde ecoducten (Alterra, 2000).

In dit geval wordt er verder ingegaan op het bovenste type verbinding, aangezien deze vergelijkbaar is met een onderdoorgang.

Er zijn een aantal randvoorwaarden die het gebruik van de tunnel zullen garanderen. Deze randvoorwaarden zijn het technische ontwerp, de afmetingen, de locatie en de doelsoorten. Deze informatie is afkomstig uit *Leidraad faunavoorzieningen bij Infrastructuur* uitgevoerd door ProRail en Rijkswaterstaat (2011) .

Ontwerp

Het technische ontwerp voor de tunnel is vergelijkbaar met dat van een normale verkeerstunnel. Ten eerste dient de helling die toegang geeft tot de tunnel zo klein mogelijk te zijn. Ten tweede ligt de voorkeur op wanden die schuin naar boven toe wijken, dit om de lichtinval te bevorderen. Voor kleinere tunnels is er ook nog verschil in vormgeving (vierkant of buisvormig) en het soort materiaal wat gebruikt wordt. Voor kleine faunatunnels is dit veelal beton, staan (buizen) of spirozol (MJPO, 2011). Ten derde moet er gedacht worden aan het ruimtegebruik van de aanwezige dieren. Wanneer het ruimtegebruik groter is dan de schaal van de ecologische verbinding, dient de verbindingen qua terreinkenmerken een geïntegreerd onderdeel van het leefgebied te vormen. Echter wanneer een soort, plant of dier, juist een ruimtegebruik heeft dat kleinschaliger is dan de ecologische verbindingen, zal de verbinding om te kunnen functioneren ook 'stepping stones' moeten bevatten. Dit houdt in dat er binnen de verbinding de voor die soorten geschikte integrale leefgebieden aanwezig moeten zijn (Alterra, 2000).

Afmetingen

De afmetingen voor een faunatunnel kunnen heel verschillend zijn, maar toch nog werkzaam afhankelijk van de doelsoort. Wanneer de doelsoort een groot zoogdier is, variëren de afmetingen van 15 meter breed en 4 meter hoog voor edelherten en damherten, naar 2,5 meter breed en 2,5 meter hoog voor reeën en wilde zwijnen. Dit betekent niet direct dat een tunnel van 2 meter hoog niet wordt gebruikt door grote zoogdieren, maar wel dat deze kans zeer klein is. Afmetingen van kleine faunatunnels variëren ook zeer, ook deze afmetingen zijn weer afhankelijk van de doelsoort (MJPO, 2011).

Locatie

De locatie van faunatunnels is zeer bepalend voor het functioneren van een tunnel. Het is van belang dat een tunnel wordt aangelegd op maaiveldniveau of wanneer het grondwatervniveau diep genoeg ligt, vlak onder het maaiveld (Veenendaal & Grunsven, 2012; MJPO, 2011). Verder moeten de tunnels zo goed mogelijk aansluiten op al bestaande verbindingroutes of bestaande landschapselementen (MJPO, 2011), anders is de meerwaarde van de tunnel zeer laag (Schouten, 2012). Ten slotte is het bepalen van de doelsoorten belangrijk om vast te stellen of er meerdere tunnels nodig zijn, of tunnels op eenzelfde traject. Wanneer de doelsoort territoriaal is, zoals een das, dan kan één tunnel worden opgeëist door één familiegroep, daarmee wordt gebruik door de burens uitgesloten. Wanneer de knelpuntzone breed is, zoals bij een paddentrek, zijn er dus ook meerdere tunnels nodig om dit op te lossen (MJPO, 2011). Ten slotte is een ecologische verbinding van grotere betekenis wanneer het twee kerngebieden van (een) bepaalde soort(en) verbindt, dan wanneer het om twee meer marginale gebieden gaat (Pfister *et al.*, 1998).

Doelsoorten

In bovenstaande alinea's is al genoemd dat de doelsoorten bepalend zijn voor het ontwerp de afmetingen en vaak ook de locatie van de faunapassages. Grote faunatunnels zijn geen optie in dit

onderzoek, dus vallen grote zoogdieren als doelsoorten af. Ook moet er rekening worden gehouden met het feit dat wegen, woonwijken en bedrijven geen wezenlijke barrière vormen voor vele vliegende dieren en voor een aantal anemochore planten (windverspreiders) (Alterra, 2000; van Winden, 2003). Doelsoorten die dan overblijven zijn de vos, alle marterachtigen, egel, konijn, (spits)muizen, vleermuizen (uitsluitend de grootste typen 'kleine' faunatunnels van ca. 2 x 2 meter), reptielen en amfibieën. Bij frequent gebruik moet er rekening worden gehouden met soorten die elkaar uit sluiten. Bijvoorbeeld, vossen eten konijnen, bunzingen eten kikkers en dassen eten egels. Het zal dus niet altijd mogelijk zijn om meer dan één doelsoort even effectief van dienst te zijn (MJPO, 2011).

Overige factoren die het gebruik van een faunatunnel beïnvloeden zijn de mate van (latente) verstoring rond de tunnel: aanwezigheid bebouwing, versturende licht- en geluidsbronnen, nabijheid van dekking, aansluiting op het achterland en hoeveelheid menselijke activiteit (MJPO, 2011).

3.3.3 Beschermd, Rode en Oranje Lijst soorten

In dit onderzoek worden een aantal soorten organismen centraal gesteld om de voorwaarden voor de ecologische verbindingen vast te stellen, de doelsoorten. Deze doelsoorten zijn geselecteerd, ervan uitgaande dat het beschermde soorten of Rode of Oranje Lijst soorten moeten zijn. Beschermde soorten zijn soorten die vallen onder de Flora & Fauna Wet. De Rode –en Oranje Lijst soorten zijn pas beschermde soorten wanneer ze ook onder de Flora & Fauna wet vallen.

Flora & Fauna Wet

De Flora & Fauna Wet is een vorm van soortenbescherming (Joop & Bal, 2008). De Flora & Fauna Wet beschermt soorten, niet individuele planten of dieren, om te voorkomen dat het voortbestaan van de soort in gevaar komt. Het uitgangspunt van deze wet is dat beschermde plant –en diersoorten geen schade mag worden aangedaan, tenzij dit uitdrukkelijk is toegestaan. Vaak worden beschermde soorten bedreigd met schade door projecten van ruimtelijke inrichting. Wanneer het niet anders kan dan een beschermde soort te schaden bij een dergelijk project, moet er vrijstelling of ontheffing worden aangevraagd. De vrijstellingsregeling is niet voor elke soort hetzelfde, wanneer een soort in tabel 3 van de Flora & Faunawet staat is deze regeling veel strenger dan wanneer de soort in tabel 1 staat (bijlage 3).

Rode lijst

De Rode Lijst is een internationaal toegepaste lijst opgesteld door het International Union for Conservation of Nature (IUCN). Met behulp van de Rode Lijst wordt duidelijk welke soorten verdwenen of bedreigd zijn, maar ook welke soorten geen gevaar lopen of waarbij dit onduidelijk is. Wanneer een soort op de Rode Lijst staat, betekent dit dat de soort met prioriteit aandacht krijgt in het natuurbeleid doordat de soort beperkt voorkomt en/of een negatieve trend vertoont op (inter)nationaal niveau (Odé *et al.* 2006). In Nederland zijn deze Rode Lijsten opgesteld door de Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (Van der Sluis & Veeman, 2009).

Oranje lijst

Ook zijn er Oranje Lijst soorten, de soorten die op deze lijst voorkomen zijn soorten die in de provincie Utrecht bedreigd of kwetsbaar zijn. Deze lijsten zijn opgesteld door de Provincie Utrecht (Van der Sluis & Veeman, 2009).

3.4 Aspecten van kunstmatige verlichting op flora en fauna

Zoals uit paragraaf 3.2 is gebleken, kan verlichting sociale veiligheid doen toenemen. Aangezien kunstmatige verlichting als een relevante oplossing zou kunnen dienen, zullen in dit onderdeel de ecologische aspecten van kunstmatige verlichting op kleine zoogdieren, amfibieën, reptielen, insecten en planten onderzocht worden.

Ecologische lichtvervuiling

Onderzoek naar de effecten van kunstmatige verlichting op flora en fauna heeft met name de afgelopen decennia plaatsgevonden en er is nog relatief weinig over bekend (Longcore en Rich, 2004). De diverse onderzoeken die uitgevoerd zijn, wijzen voornamelijk op nadelige effecten van kunstmatige verlichting op fauna (zie bv. Gezondheidsraad, 2000; Hölker, 2010; Longcore en Rich,

2004; Molenaar, 2003; Rozell, 2009; Saleh, 2007). Bij kunstmatig licht dat verandering aanbrengt in het natuurlijke patroon van licht en donker in ecosystemen kan gesproken worden van ecologische lichtvervuiling. Het omvat chronische of periodieke toename van verlichting, onverwachte veranderingen in verlichting en directe verblinding (Longcore en Rich, 2004). De precieze effecten zijn afhankelijk van de locatie, de tijdsaspecten (etmaal, duur en seizoen) en de technische aspecten van het aanwezige licht (Molenaar, 2003). Belangrijke technische aspecten van licht zijn illuminantie, luminantie en het lichtspectrum (Molenaar, 2003). Illuminantie is de hoeveelheid licht gemeten op een plat vlak in lux (= lumen per m²). Dit bepaald of de omgeving zichtbaar is en de mate waarin objecten en individuen onderscheiden kunnen worden. Luminantie heeft te maken met de stralingsintensiteit van de lichtbron in een bepaalde richting. Ook wel de helderheid van het oppervlak van de lichtbron. Het gaat om een combinatie van zichtbaarheid van de lichtbron en de oppervlaktehelderheid daarvan. Als laatste is het lichtspectrum van belang. Licht is een zichtbare elektromagnetische straling, met een golflengte van ongeveer 300 tot 750 nanometer. Die golflengte leveren samen licht op dat de mens wit noemt. Afzonderlijk ziet de mens die golflengten als kleuren, van lang- naar kortgolvig: rood, oranje, geel, groen, blauw, violet (Molenaar, 2003). Er zijn ook negatieve effecten van verlichting op mensen geconstateerd. Dit heeft echter te maken met langdurige blootstelling aan verlichting (Gezondheidsraad, 2000; Molenaar, 2003). Aangezien mensen onderdoorgangen alleen zullen gebruiken als passage en dus voor een zeer korte tijd blootgesteld worden aan het licht in de onderdoorgangen, vallen deze effecten buiten de reikwijdte van deze studie.

Effecten op fauna

Bij het vaststellen van effecten van kunstmatige verlichting op fauna kan er een onderscheid gemaakt worden tussen directe en indirecte effecten. De directe effecten zijn op te delen in verandering van gedrag in tijd en verandering van gedrag in ruimte. De termen lichtvervuiling, lichtbelasting en lichthinder zullen door elkaar gebruikt worden.

Directe effecten: verandering van gedrag in tijd

Blootstelling aan een kunstmatig verlichte omgeving kan het gedrag met betrekking tot tijd veranderen. Omdat kunstmatige verlichting ook 's nachts brandt, kunnen biologische ritmes ontregeld raken. Ten eerste kan het branden van verlichting het waakslaapritme (dagcyclus) verstoren (Molenaar, 2003). Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat dieren die normaal overdag actief zijn hun activiteiten verlengen onder invloed van nachtelijk kunstlicht (Hölker, 2010). Daarnaast kan het seizoensritme (biologische kalender) verstoord worden (Molenaar, 2003). Dit kan gevolgen hebben voor de vruchtbaarheid van sommige soorten (Rozell, 2009). Kort gezegd leven diverse soorten via specifieke interne cycli of ritmes die hen helpen bepalen wanneer ze moeten foerageren, migreren of reproduceren. Blootstelling aan kunstmatige nachtverlichting verstoort de precisie van deze cycli en veranderd daarmee het metabolisme, groei en gedrag (Hölker, 2010; Saleh, 2007).

Directe effecten: verandering van gedrag in ruimte

Verandering in gedrag dat direct zichtbaar is heeft te maken met hinder en afstoting, aantrekking, fixatie, misleiding, verblinding en (des)oriëntatie (Molenaar, 2003). Diverse nachtsoorten zijn anatomisch aangepast aan duisternis en kunnen verblind worden door licht (Longcore en Rich, 2004). Ook desoriëntatie door verstoring van aardmagnetische velden valt hieronder. Een bekend voorbeeld zijn insecten die aangetrokken worden door verlichting en sterven door direct contact met de lamp, uitputting of ten prooi vallen aan spinnen, vleermuizen of vogels (het zogenaamde '*vacuum cleaner effect*'; Rozell, 2009). Het sterven aan uitputting of ten prooi vallen zijn voorbeelden van indirecte gevolgen.

Indirecte effecten

De genoemde veranderingen in gedrag hebben indirecte gevolgen. Belangrijke effecten hebben te maken met:

- een verhoogd risico van competitie en predatie (Longcore en Rich, 2004)
- verslechtering van de lichamelijke conditie (Hölker, 2010)
- het mislukken van migratie (Molenaar, 2003)
- verstoring van de timing voor overwintering (Molenaar, 2003)

- verlaging van voortplantings- en de overlevingskansen van individuen en populaties (Molenaar, 2003)
- fragmentatie en isolatie van populaties (Molenaar, 2003)
- verstoring van communicatie (Longcore en Rich, 2004)

De besproken gevolgen zijn niet altijd los van elkaar te zien. Zo kan verstoring van de migratie zorgen voor het mislukken van voorplantingen en fragmentatie en isolatie van populaties. De gevolgen van kunstmatige verlichting zijn te meten op het niveau van individu, gemeenschap en ecosysteem (Saleh, 2007). De verandering van de relatieve compositie van populaties kan namelijk zorgen voor verdere effecten in de voedselketen en ecosysteemdiensten (zoals pollinisie) (Hölker, 2010). Dit kan uiteindelijk een simplificatie van het ecosysteem en verminderde biodiversiteit betekenen. Licht ongevoelige soorten concurreren licht gevoelige soorten weg. Dit kan de structuur van levensgemeenschappen ontregelen en ecosystemen veranderen (Longcore en Rich, 2004). Kikkers kunnen bijvoorbeeld hun paringsritueel staken bij teveel licht (Longcore en Rich, 2004).

Effecten op flora:

Planten hebben licht nodig voor fotosynthese en bloei, maar ook donker voor respiratie (dissimilatie). De reactie van planten op veranderende lichtomstandigheden verschilt sterk per soort: elke soort heeft een karakteristieke ecologische optimumcurve, die het verband tussen lichtintensiteit en groei beschrijft. Zo zijn er lichtminnende soorten, bijvoorbeeld pioniers, en schaduwresistente soorten, bijvoorbeeld ondergroei-soorten in een bos (Gezondheidsraad, 2000). De genoemde effecten in tijd die hiervoor bij fauna genoemd zijn, kunnen ook van toepassing zijn op planten. Zo zou een waargenomen verlengde groei periode impact kunnen hebben op de compositie van de plantengemeenschap (Hölker, 2010). Echter, voor zover bekend lijken de gevolgen van kunstlicht voor planten beperkt te zijn tot (delen van) individuele planten in de zeer nabije omgeving van de lichtbron, onder meer een enigszins vertraagde of juist vervroegde bladafval, het eerder uitlopen van takken en een tweede bloei in de herfst bij bomen onder straatlantaarns. Het gaat dan om soorten die reageren op daglengte, en waarbij bovendien andere omgevingsfactoren niet beperkend zijn. Vermoedelijk is de intensiteit van de meeste lichtbronnen en lichtsamenstelling te beperkt waardoor wilde planten op grote schaal worden beïnvloed (Gezondheidsraad, 2000; Hölker, 2010). Dit zou kunnen veranderen door het inzetten van vegetatielampen om plantengroei te bevorderen. Dit wordt verder onderzocht bij het alternatief over kunstmatige verlichting.

Kort samengevat variëren de gevolgen van kunstmatige verlichting in aard en omvang, afhankelijk van de aspecten van het aanwezige licht en de diersoort. Voor flora zijn de effecten van kunstlicht beperkt. Naast verlichting kan de aanwezigheid van verkeer en verkeerslawaaï een bijkomende versturende en barrière-versterkende factor zijn (Gezondheidsraad, 2000).

4. Multi-criteria analyse

In dit hoofdstuk wordt een multi-criteria analyse opgesteld voor de sociale aspecten en de ecologische aspecten van een onderdoorgang. Deze twee analyses worden gecombineerd tot een tabel die aangeeft waar de prioriteit van de desbetreffende onderdoorgang ligt.

4.1 Criteria voor sociale veiligheid

Aan de hand van het conceptueel model voor verklaring van onveiligheidsgevoelens zijn verschillende criteria opgesteld die de sociale veiligheid in een onderdoorgang kunnen bepalen. De verschillende criteria met de gevonden percentages (Wist U data 2011 en Wist U data 2009) en scores per onderdoorgang zijn zichtbaar in tabel 3. Zoals eerder beschreven onderscheid dit model drie categorieën die bepalend zijn bij het vormen van angst en onveiligheidsgevoelens: de individuele context, de situationele context en de sociaal culturele context. De volgende criteria zijn opgesteld op basis van de situationele context. Hierbij gaat het om kenmerken uit de omgeving die een gevoel van onveiligheid kunnen creëren. Belangrijke aspecten zijn enerzijds inrichting van de publieke ruimte (bijvoorbeeld de mate van duisternis en overzicht) en anderzijds overlast (aanwezigheid van onbekende, angstwekkende personen die normoverschrijdend gedrag vertonen) en verloederung (rommel, graffiti en vernieling)..

4.1.1 Criterium 1: verkeer onderdoorgang (S1)

Voordat geanalyseerd wordt op welke wijze een onderdoorgang sociaal veiliger ingericht kan worden, is het van belang om te bepalen of je te maken hebt met een onderdoorgang voor snelverkeer (auto's) of voor langzaam verkeer (voetgangers en fietsers). Dit onderscheid is belangrijk omdat gebruikers van een onderdoorgang voor snel verkeer minder kwetsbaar zijn voor sociale onveiligheid dan voor gebruikers van een onderdoorgang voor langzaam verkeer (Scheurs, 2012). Daarnaast bestaan er ook nog de gemengde onderdoorgangen waarbij zowel langzaam als snel verkeer gebruik maken van dezelfde onderdoorgang. Over het algemeen worden deze gemengde onderdoorgangen als sociaal veiliger ervaren dan onderdoorgangen voor enkel langzaam verkeer, omdat de sociale controle vergroot wordt. Voorwaarde is dan wel dat de paden voor voetgangers, fietsers en automobilisten op gelijke hoogte en in het zicht van elkaar liggen (politiekeurmerk veilig wonen, z.j.). Gemengd zijn de onderdoorgangen 'Biltse Rading', 'Biltsestraatweg/Utrechtsweg' en 'toegang tot Uithof'. Langzaam zijn de onderdoorgangen 'Voordorpsedijk', 'Aansluiting Uithof', 'de Kromme Rijn' (waarbij als uitzondering snel verkeer de onderdoorgang kan betreden als het gaat om bestemmingsverkeer), 'fietsverbinding Waijensedijk' en 'fort 't Hemeltje'.

4.1.2 Criterium 2: subjectieve gevoel van onveiligheid (S2)

Het tweede criteria dat is opgesteld voor de sociale veiligheid in een onderdoorgang is een gevoel van onveiligheid. De subjectieve gevoelens van onveiligheid worden bepaald op basis van Wist U data 2011. Onder subjectieve veiligheid worden bewoners verstaan die zich wel eens onveilig voelen in eigen buurt. Oftewel het aantal respondenten dat zich onveilig voelt in de buurt, per 100 respondenten. Voor de verschillende onderdoorgangen gebruiken we de gegevens per subwijk. Een overzicht van de verschillende subwijken met locatie van onderdoorgangen is zichtbaar in bijlage 1. De percentages in het sociale criteria tabel (tabel 3) hebben echter wel nuancering nodig. Er zijn enkel wijkcijfers beschikbaar, geen specifieke gegevens over objectieve veiligheid in de onderdoorgangen. Dit zijn de meest gedetailleerde gegevens die beschikbaar zijn over de onderdoorgangen. De cijfers worden daarom niet gebruikt om directe conclusies uit te trekken, maar wel om een indeling te maken naar prioriteit voor de criteria in de onderdoorgangen. De acht onderdoorgangen vallen binnen drie subwijken: Voordorp/Voorveldsepolder, de Uithof en Lunetten Zuid. De onderdoorgangen Voordorpsedijk, Biltse Rading en Biltsestraatweg/Utrechtse weg vallen binnen de subwijk Voordorp/Voorveldsepolder. De onderdoorgangen met aansluiting tot de Uithof, toegang tot de Uithof en de Kromme Rijn vallen binnen de subwijk de Uithof. Fietsverbinding Waijensedijk valt net buiten gemeente Utrecht, maar ligt tegen wijk Lunetten aan. Fietsverbinding

Waijensedijk wordt daarom gecategoriseerd onder subwijk 7 Lunetten. Fort 't Hemeltje valt buiten de kaart. De gegevens hiervoor zijn niet beschikbaar vanuit de gemeente Utrecht. In het sociale criteria tabel (tabel 6) wordt aangegeven dat er geen data beschikbaar is.

4.1.3 Criterium 3: zichtbaarheid en overzichtelijkheid (S3)

Het derde criteria is de zichtbaarheid en overzichtelijkheid van de onderdoorgang. Dit criteria wordt onderzocht op basis van eigen observatie en de gegevens uit het handboek 'veilig ontwerp en beheer' zoals weergegeven in het theoretisch kader. In dit handboek staan richtlijnen voor de sociale veiligheid in een onderdoorgang. Zichtbaarheid en overzichtelijkheid is bepaald op basis van een volledige zichtlijn, geen zichtbelemmerende obstakels, geen hoge gesloten wanden, zicht vanuit omringende bebouwing, route door tunnels: zo kort, zo breed en zo recht mogelijk, vlakke wanden zonder nissen of inspringingen.

4.1.4 Criterium 4: geregistreeerde criminaliteit (S4)

Het vierde criteria is de geregistreeerde criminaliteit in de onderdoorgang. Onder geregistreeerde criminaliteit wordt verstaan: het totaal aantal geregistreeerde aangiften, per 1.000 inwoners + arbeidsplaatsen. Voor de verschillende onderdoorgangen worden de gegevens per subwijk gebruikt..

4.1.5 Criterium 5: geregistreeerde overlast (S5)

Het vijfde criteria is de geregistreeerde overlast. Onder geregistreeerde overlast wordt verstaan: het totaal aantal geregistreeerde incidenten overlast, per 1000 inwoners + arbeidsplaatsen. Voor de verschillende onderdoorgangen gebruiken worden de gegevens per subwijk gebruikt.

4.1.6 Criterium 6: verloedering (S6)

Het zesde criteria is verloedering in een onderdoorgang. Verloedering wordt bepaald op basis van observatie. Is er graffiti in de onderdoorgang aanwezig en zijn er aanwijzingen voor vernieling in de onderdoorgang. Er wordt ook gekeken naar zwerfafval op de grond.

4.1.7 Criterium 7: vandalisme (S7)

Het zevende criteria is vandalisme. Onder vandalisme wordt verstaan: het aantal geregistreeerde incidenten van vandalisme, per 1000 inwoners + arbeidsplaatsen.

4.2 Criteria voor een ecologische verbinding

Op basis van observaties, literatuuronderzoek en informatie uit interviews (Schouten, Barendregt, Veenendaal & Grunsvan, 2012) zijn 3 criteria voor een ecologische verbinding ontwikkeld. De verschillende criteria met de scores per onderdoorgang zijn zichtbaar in tabel 4.

4.2.1 Criterium 1: gelegen in de EHS of Groenstructuur (E1)

Het eerste criterium voor een ecologische verbinding is om te kijken of de onderdoorgang gelegen is in de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) of de Groenstructuur. Wanneer de ligging van de onderdoorgang binnen waardevolle natuur –en groengebieden is, dan is het zinvol om een passage aan te leggen. Van belang is dat er een verbinding gemaakt wordt tussen gebieden die geschikt zijn, of kunnen zijn voor de doelsoorten. Wanneer aan één van beide zijden van de onderdoorgang een dergelijk gebied ontbreekt, dan heeft de onderdoorgang als passage weinig zin. De doelsoorten zullen niet naar de andere kant willen, want daar is geen geschikte habitat voor hen. Dit is vaak een belangrijk probleem met diersoorten die vlak buiten de stad hun leefomgeving hebben, in de stad zijn geen leefmogelijkheden voor deze soorten. Het opwaarderen van een onderdoorgang tot ecopassage heeft dan ook alleen maar zin als de verbinding een verbetering van de leefmogelijkheden of vergroting van het leefgebied voor één of meerdere soorten oplevert.

4.2.2 Criterium 2: aanwezigheid van beschermde, Rode –en Oranje Lijst soorten (E2)

Het tweede criterium is de aanwezigheid van beschermde, Rode –en Oranje Lijst soorten. Het is van belang te weten voor welke diersoorten de tunnel zou moeten functioneren. Zoals eerder genoemd kan een barrière voor het ene organisme juist een verbinding zijn voor een andere soorten. Ook kan door een verbinding te leggen soorten juist bedreigd worden. Aangezien het voor Rijkswaterstaat wettelijk verplicht is om te zorgen dat soorten die op de Flora & Fauna lijst staan geen negatieve gevolgen zullen ondergaan door een project, zal de aanwezigheid van deze soorten bepalend zijn. Ook zorgt het dat mensen een hogere waarde toekennen aan een onderdoorgang als ecologische verbinding, omdat het nuttig is voor de diersoorten die bedreigd worden (Barendregt, 2012). Er is onderzoek uitgevoerd door Grontmij naar de aanwezige beschermde, Rode –en Oranje Lijst soorten in dit gebied.

4.2.3 Criterium 3: aanwezigheid van een watergang (E3)

Het derde criterium is de aanwezigheid van een watergang Een aanwezige watergang in de onderdoorgang draagt al bij aan de ecologische aspecten van een onderdoorgang. Dit komt vooral omdat een watergang levende organismen met zich mee brengt, waaronder insecten. Insecten trekken bijvoorbeeld weer vleermuizen aan. Ook zorgt een watergang voor een ander klimaat in de onderdoorgang, het blijft een vochtigere omgeving wat bevorderlijk kan zijn voor verschillende soorten. Verder levert de aanwezigheid van een watergang in een onderdoorgang een verbinding tussen twee gebieden op waterniveau. De kans is groot dat dit ook een toegevoegde waarde heeft op een vergelijkbaar landschapsniveau aan beide kanten van de onderdoorgang. Daarmee is er al een verbinding tussen de twee habitats. Ten slotte zorgt een watergang ervoor dat er meer mogelijkheden zijn om van de onderdoorgang een verbinding te maken, omdat er gebruik kan worden gemaakt van de watergang. Verdere uitleg hierover valt onder het hoofdstuk 'Faunapassage'. Oftewel, wanneer er een watergang is zal een onderdoorgang sneller ecologisch waardevol zijn dan wanneer deze niet aanwezig is. Dit zal vooral zo zijn als er langs de watergang ook werkelijk een waardevolle oever loopt. In de onderdoorgangen met watergangen in Utrecht, ligt de watergang strak in de kunstmatige oeververdediging (beschoeiing, damwanden of beton). Of de aanwezigheid van een watergang dan een toevoegende waarde heeft, heeft te maken met hoe de rest van de watergang ligt. Wanneer er buiten de onderdoorgang geen 'groene' oevers (oeverzone) langs lopen, dan leven er langs die watergang weinig of geen dieren waarvoor een faunapassage zinvol zou kunnen zijn. De dieren die in het water leven, zwemmen ook zonder faunapassage door de onderdoorgang (Schouten, 2012).

4.3 Categorisering van de criteria

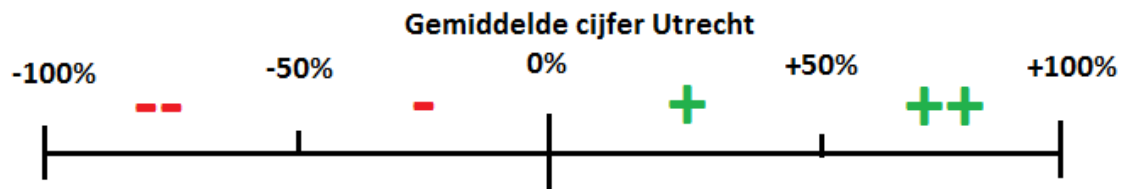
De acht onderdoorgangen worden gecategoriseerd op basis van scores die worden toegekend per criteria. De scores bestaan uit + en -. De score +/- is bewust weg gelaten, omdat er bepaalt moet worden of er wel of niet aandacht moet worden besteedt aan het criteria. De categorisering en de scores worden verduidelijkt in tabel 2.

4.3.1 Categorisering van de criteria sociale veiligheid

Bij criterium 1, verkeer in de onderdoorgang, wordt de score – gegeven aan langzaam verkeer en de score + voor gemengd verkeer. Zoals eerder is aangegeven voelen mensen zich sociaal veiliger in een tunnel dat door gemengd verkeer wordt gebruikt. Er wordt niet gekeken naar een tunnel voor snelverkeer, omdat we in dit onderzoek de sociale veiligheid bij langzaam verkeer onderzoeken.

Voor de criteria 2,4,5,7: gevoel van onveiligheid, geregistreerde criminaliteit, geregistreerde overlast en het vandalismecijfer is het uitgangspunt het gemiddelde cijfer van Utrecht. De gegevens per wijk worden met het gemiddelde vergeleken. De gegevens worden opgesteld op basis van cijfers van Wist U data 2009:

- Het gemiddelde cijfer voor het gevoel van onveiligheid is 25,8 %
- Het gemiddelde criminaliteitscijfer in Utrecht is 60,7%.
- Het gemiddelde cijfer voor de geregistreerde overlast in Utrecht is 34,4%.
- Het gemiddelde vandalismecijfer in Utrecht is 9,0%.



Figuur 3: wegingsfactor.

In figuur 4 wordt de wegingsfactor verduidelijkt. Het gemiddelde cijfer van Utrecht wordt op nul gesteld. Als het cijfer in de onderdoorgang lager is dan het gemiddelde cijfer in Utrecht maar minder dan 50% van het gemiddelde, dan krijgt de onderdoorgang de score -. Als het cijfer in de onderdoorgang lager is dan het gemiddelde cijfer in Utrecht maar meer is dan 50% van het gemiddelde, dan krijgt de onderdoorgang de score --. Als het cijfer meer is dan het gemiddelde van Utrecht maar onder de 50% blijft, dan krijgt de onderdoorgang de score +. Als het cijfer in de onderdoorgang meer is dan het gemiddelde van Utrecht maar meer dan 50% van het gemiddelde, dan krijgt de onderdoorgang de score ++.

Criterium 2, gevoel van onveiligheid wordt in het onderzoek dubbel geteld. Dit is bepaald aan de hand van meedenkavonden van Rijkswaterstaat betreffende de aanpak van de onderdoorgangen. Hier werd de input van burgers gevraagd. Omwonenden gaven aan dat zij zich over het algemeen onveilig voelen in de donkere ruimtes (Rijkswaterstaat, 2011a,b,c.). Bewoners kunnen zich sociaal onveilig voelen, onafhankelijk of dat werkelijk het geval is of niet. Als de sociale veiligheid verbeterd moet worden is het daarom belangrijk om naast de daadwerkelijke overlast en criminaliteit sterk rekening te houden met de subjectieve gevoelens.

Criterium 3, de zichtbaarheid en overzichtelijkheid van de onderdoorgang en criterium 6, verloedering, zijn aan de hand van richtlijnen uit het handboek veilig ontwerp en beheer opgesteld. Door middel van observatie hebben we scores gegeven per onderdoorgang. Bij het criterium zichtbaarheid en overzichtelijkheid zijn de scores opgesteld aan de hand van: een volledige zichtlijn, geen zichtbelemmerende obstakels, geen hoge gesloten wanden, zicht vanuit omringende bebouwing, route door tunnels: zo kort, zo breed en zo recht mogelijk, vlakke wanden zonder nissen of inspringingen. Als meer dan één van deze richtlijnen niet aanwezig is bij de onderdoorgang dan wordt de score – gescoord. Als één van deze richtlijnen niet aanwezig is of als alle richtlijnen aanwezig zijn dan wordt + gescoord. Bij het criterium verloedering zijn de scores opgesteld aan de hand van de aanwezigheid van graffiti, zwerfafval en vernieling. We hebben de scores zo opgesteld dat als één van de drie aanwezig is, in welke mate dan ook, de onderdoorgang de score - krijgt en anders de score +.

4.3.2 Categorisering van de criteria ecologische corridor

Bij criterium 1 draait het om de locatie van de onderdoorgang. Dit criterium krijgt als onderdoorgang de score -- als de onderdoorgang gelegen is in een EHS of de Groenstructuur en ++ als de onderdoorgang dat niet is. Dit omdat het van belang is dat een onderdoorgang gaat functioneren als ecologische passage wanneer het binnen de EHS en/of de groenstructuur ligt. Als de onderdoorgang op de grens ligt van een EHS dan krijgt de onderdoorgang de score -, omdat het eventueel van belang

is dat er ecologische aanpassingen worden gemaakt, dit hangt af van het soort habitat aan beide kanten van de onderdoorgang. Als het landschap aan de andere kant bruikbaar is of wordt gemaakt voor de doelsoorten, zal een ecologische verbinding nodig zijn. Dit is het belangrijkste criterium betreffende het ecologische aspect. De andere criteria zijn dan niet meer van belang, dit omdat de onderdoorgangen niet kunnen worden ingezet als ecologische verbinding, er is namelijk niks om te verbinden. Het criterium wordt dan ook dubbel geteld in vergelijking met de rest. Dit criterium wordt onderzocht op basis van een kaart van Rijkswaterstaat, te vinden in bijlage 7.

Criterium 2 gebruikt de hoeveelheid van de beschermde, Rode en Oranje Lijst soorten om het belang van de onderdoorgang als ecologische passage te normeren. Het plaatselijk voorkomen van de bepaalde soorten geeft aan of een ecologische verbinding nodig is. Of dat er werkelijk rekening moet worden gehouden met beschermde soorten wanneer een project wordt uitgevoerd. Dit is echter een moeilijk te normeren criterium, want bij welke hoeveelheid beschermde soorten wordt de grens gelegd. Uiteindelijk is er gekozen voor een – voor elk gebied, omdat in elk gebied rond 1/3 van de totale hoeveelheid aanwezige beschermde soorten ook werkelijk aanwezig waren in het gebied. In dit criterium is alleen rekening gehouden met beschermde, Rode –en Oranje Lijst soorten, andere organismen hebben in dit geval geen toegevoegde waarde en worden buiten beschouwing gelaten bij het normeren. In bijlage 6 is een tabel weergegeven met het totaal aantal geobserveerde beschermde, Rode –en Oranje Lijst soorten.

Het laatste criterium geeft aan of er een watergang aanwezig is en vooral of er buiten de onderdoorgang een oeverzone is. Wanneer deze er niet is, dan leven er langs die watergang weinig of geen dieren waarvoor een faunapassage zinvol zou kunnen zijn. De dieren die in het water leven, zwemmen ook zonder faunapassage door de onderdoorgang (Schouten, 2012). Er is dus gekeken tijdens de observaties of er een oeverzone aanwezig was, dit is weergegeven met --, terwijl een watergang zonder oeverzone is aangegeven met -. Wanneer er helemaal geen oeverzone aanwezig was, word dit genormeerd met ++.

4.4 Categorisering onderdoorgangen

De totaal score per onderdoorgang wordt bepaald aan de hand van een optelsom van + en -. De totaalscore kan niet onder -- (veel aandacht nodig) en boven ++ (minste aandacht nodig) komen. Als de onderdoorgang de score - of -- als eindscore heeft bij de sociale veiligheid en/of ecologische corridor dan moet er aandacht aan worden besteed. Het kan ook dat bij sociale veiligheid en ecologische corridor + of ++ wordt gescoord. Dit is het geval bij de onderdoorgang Biltse Rading. Bij de Biltse Rading wordt bij de sociale veiligheid + gescoord en bij de ecologische corridor ++. Biltse Rading wordt gecategoriseerd bij de sociale veiligheid aangezien de ecologische corridor de minste aandacht nodig heeft. In tabel 8 worden de resultaten weergegeven. Aan de hand van een x wordt aangegeven bij welk van de drie categorieën de aandacht per onderdoorgang moet liggen.

Tabel 2: Categorisering criteria

--	Veel aandacht nodig
-	Aandacht nodig
+	Weinig aandacht nodig
++	Minste aandacht nodig

De onderdoorgang: 'fietsverbinding Waijensedijk worden niet gecategoriseerd, omdat er niet voldoende gegevens zijn. In dit onderzoek hebben we ons beperkt tot de gegevens uit de gemeente Utrecht. Onderdoorgang fietsverbinding Waijensedijk valt buiten de gemeente Utrecht. Voor het categoriseren van deze onderdoorgang is verder onderzoek nodig.

Criteria sociale veiligheid

Tabel 3: criteria sociale veiligheid

Criteria sociale veiligheid	Verkeer in de onderdoorgang	Gevoel van onveiligheid, 25,8% gem. Utrecht (2x)	Overzichtelijkheid van de onderdoorgang	Geregistreeerde criminaliteit 60,7% gem. Utrecht	Geregistreeerde overlast. 34,4% gem. Utrecht	Verloedering	vandalisme cijfers. 9,0% gem. Utrecht	Totaal score gem.
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	
Voordorpsedijk	(-)	15,8% (+)	(+)	78,1% (-)	32,1% (+)	(-)	15,4% (--)	-
Biltse Rading	(+)	15,8% (+)	(+)	78,1% (-)	32,1% (+)	(-)	15,4% (--)	+
Biltsestraatweg/ Utrechtse weg	(+)	15,8% (+)	(-)	78,1% (-)	32,1% (+)	(-)	15,4% (--)	-
Aansluiting Uithof	(-)	17,7% (+)	(-)	18,6% (++)	2,8% (++)	(-)	0,9% (++)	++
Kromme Rijn	(-)	17,7% (+)	(-)	18,6% (++)	2,8% (++)	(-)	0,9% (++)	++
Toegang tot de Uithof	(+)	17,7% (+)	(+)	18,6% (++)	2,8% (++)	(-)	0,9% (++)	++
Fort 't Hemeltje	(-)	n.d. (valt buiten gemeente Utrecht)	(-)	n.d. (valt buiten gemeente Utrecht)	n.d. (valt buiten gemeente Utrecht)	(-)	n.d.(valt buiten gemeente Utrecht)	x
Fietsverbinding Waijensedijk	(-)	33,9% (-)	(+)	43,8% (+)	35,8% (-)	(-)	10% (-)	--

Criteria ecologie

Tabel 4: criteria ecologie

Criteria ecologie	Gelegen in EHS of groenstructuur (2x)	Aanwezigheid van beschermde, Rode en Oranje Lijst soorten (zoogdieren, vaatplanten, amfibieën en reptielen) Totaal aantal beschermde soorten in het gebied is 63.	Aanwezigheid van watergang en oeverzone	Totaal
	E1	E2	E3	
Voordorpsedijk	Nee (++)	25 (-)	Nee (++)	++
Biltse Rading	Nee (++)	25 (-)	Nee (++)	++
Biltsestraatweg/ Utrechtse weg	Verbinding tussen EHS en Groenstructuur (--) Faunapassage	18 (-)	Ja (--)	--
Aansluiting Uithof	Grens van de EHS (-)	18 (-)	Nee (++)	-
Kromme Rijn	EHS en Groenstructuur (--) Faunapassage	27 (-)	Ja (--)	--
Toegang tot de Uithof	Nee (++)	18 (-)	Nee (++)	++
Fort 't Hemeltje	Grens van de EHS (-)	29 (-)	Ja (-)	-
Fietsverbinding Waijensedijk	Nee (++)	29 (-)	Ja (-)	++

Tabel 5: categorisering onderdoorgangen

Prioriteit	Sociale veiligheid	Ecologische corridor	Sociale veiligheid + ecologische corridor
Voordorpsdijk	x		
Biltse Rading	x		
Biltsestraatweg/ Utrechtse weg/			x
Aansluiting Uithof		x	
Kromme Rijn		x	
Toegang tot de Uithof			x
Fort 't Hemeltje			
Fietsverbinding Waijensedijk	x		

5. Uitwerking maatregelen

In onderstaande hoofdstuk worden alle onderzochte maatregelen besproken die een toevoegende waarde zouden hebben voor het verbeteren van sociale veiligheid of het creëren van een ecologische verbinding. In bijlage 8 is per maatregel een kans –en barrièretabel weergegeven om de verschillende effecten van de maatregel duidelijk weer te geven voor zowel het sociale als ecologische deel. Deze kunnen vervolgens gebruikt worden om voor elk van de onderdoorgangen een afweging te maken tussen de toepasbaarheid van de verschillende maatregelen.

5.1 Constructieve maatregelen

Er zijn verschillende constructiemogelijkheden die positieve effecten kunnen hebben op de beoogde resultaten. Een aantal van deze mogelijkheden zijn al van te voren aangedragen. Deze mogelijkheden zijn het gebruiken van een doorzichtig wegdek, verhoging van het viaduct en de verlaging van de onderdoorgang.

5.1.1 Doorzichtig wegdek

Het gebruik van doorzichtige materialen zou in theorie een goede oplossing zijn. In de praktijk is dit een ander verhaal. Er zijn materialen sterk genoeg om het gewicht van het verkeer te dragen zoals polycarbonaat (Macrolux, z.j.). Bij het gebruik van dit materiaal komen veel verschillende factoren kijken. Om de lichtinval in de onderdoorgang optimaal te houden is een glad oppervlak belangrijk, verkeer heeft juist een ruw oppervlak nodig voor grip. Een ruw oppervlak zal meer licht weerkaatsen en minder doorschijnen. Ook de afvoer van water zal een hekelpunt zijn. Asphalt is poreus, wanneer het regent kan het water voor een deel opgevangen worden. Bij een solide en glad oppervlak van polycarbonaat zal water minder goed afgevoerd kunnen worden, wat tot gevaarlijke situaties kan leiden. Ook het rubber dat achtergelaten wordt door de banden van auto's zal implicaties kunnen hebben voor de lichtinval in de onderdoorgang. Omdat er nog geen voorbeelden zijn voor het gebruik van een doorzichtig wegdek bij snelwegen is het moeilijk een schatting te doen over de kosten. De verwachting is dat de kosten voor het onderhoud en de schoonmaak hoog zijn.

5.1.2 Verhoging van het viaduct

Bij de uitvoering van een verhoging van de viaducten zijn grote logistieke oplossingen vereist. Veel van het verkeer tussen Oost en West Nederland rijdt via de Ring van Utrecht. Wanneer rond de Ring van Utrecht hele viaducten worden verbouwd zal dit voor een langdurige extra reistijd kunnen zorgen, die uiteindelijk resulteert in economische schade. Ook moet er rekening worden gehouden met de kosten, deze zullen zeer hoog zijn bij deze maatregel (Kooij, H.j., Hofschreuder, P., Jaarsma, C.F., Massop, H.T.L., van de Sande, B., Theuws, P. 2008). Het onderhoud voor het verhogen van het viaduct is laag, viaducten en bruggen kunnen vaak 90 jaar mee (Provincie Drenthe, 2002) voor dat zij vervanging nodig hebben.

5.1.3 Verlaging van de onderdoorgang

Technisch gezien zou dit een van de best uitvoerbare opties zijn. Het is een relatief goedkope maatregel met een redelijk effect. Een implicatie die zich zou kunnen voordoen bij het verlagen van de onderdoorgang is problemen met het grondwaterpeil. De onderdoorgang bij de Kromme Rijn ligt dicht bij poldergebied, waar een hoge grondwaterstand staat. Bij verlaging zouden hier problemen kunnen ontstaan. Een eventueel voordeel van de hoge grondwaterstand zou zijn dat er gebruik gemaakt kan worden van het grondwater wanneer er vegetatie wordt gerealiseerd in de onderdoorgang. Het onderhoud van een verlaagd fietspad is te vergelijken met een normaal fietspad aangezien het een normale weg is.

5.1.4 Verbreding onderdoorgang

De verbreding van een onderdoorgang zou de ecologie en sociale veiligheid ten goede komen. Er is hierdoor meer ruimte voor een ecologische corridor en door een grotere lichtinval wordt de sociale veiligheid ook vergoot. Het probleem bij de verbreding van een onderdoorgang is dat er aanpassingen aan de constructie van een viaduct moeten gebeuren. Een viaduct is berekend op een bepaald gewicht in combinatie met lengte van de overspanning. Wanneer men de overspanning groter maakt door grond weg te halen waar het viaduct op rust kan er een probleem ontstaan met de constructie. In sommige gevallen kan het schuine landhoofd plaats maken voor een verticaal landhoofd (Gemeente Amersfoort, 2012). Hiermee kan een grote winst behaald worden met betrekking tot de beschikbare ruimte. De kosten van een dergelijke maatregel zijn relatief hoog.

Echter zullen bovenstaande maatregelen waarschijnlijk niet worden uitgevoerd omdat de kosten hiervoor erg hoog zijn en het verhoudingsgewijs niet genoeg effect heeft. Dit wordt duidelijker in de kans –en barrière tabel van deze maatregel in bijlage 8.

5.2 Faunapassage

Om het ecologische onderdeel van de tunnel op te lossen is er ook de mogelijkheid om een faunapassage aan te leggen. Er zijn grofweg drie mogelijkheden voor faunapassages aan te wijzen: het aanleggen van een aparte of afgescheiden faunatunnel, het inpassen van andersoortige faunapassages binnen de huidige tunnels of wanneer er een watergang in de tunnel is, het uitbreiden van de aanwezige oever.

5.2.1 Aparte faunatunnel

Ecologie

De eerste mogelijkheid betreft de aanleg van een aparte faunatunnel. Hierbij moet worden gedacht aan passages als een econduct, onderdoorgang of tunnel (Brandtjes en Veenbaas, 2000), of een met water gevulde duiker (Grilo et al., 2008). Een aparte faunatunnel is op dit moment reeds in gebruik bij de onderdoorgang de Kromme Rijn. Het voordeel van een aparte faunapassage is dat de dieren relatief ongestoord de snelweg kunnen passeren en bovendien 's avonds veel minder gehinderd worden door lichtvervuiling.

Het gebruik van deze soortspecifieke faunapassages is redelijk goed onderzocht (Nieuwenhuizen en van Apeldoorn, 1995; Jackson en Griffin, 2000). De grootte en vooral de plaatsing van een dergelijke tunnel is cruciaal, zoals al uitgelegd in het theoretisch kader. De effectiviteit is daarnaast afhankelijk van een groot aantal andere omgevingsfactoren, waaronder geluidsniveaus, vegetatiebedekking, ondergrond, licht, temperatuur, vochtigheid, hekken en menselijke verstoring (Jackson en Griffin, 2000). In dit onderzoek is met overige omgevingsfactoren geen rekening gehouden, omdat de mogelijkheden om deze te onderzoeken niet aanwezig waren. In bijlage 5 is weergegeven wat van belang is voor elke factor volgens Jackson en Griffin (2000).

Een onderzoek naar het gebruik van faunapassages in Portugal door kleine en middelgrote carnivoren (Grilo et al., 2008) liet zien dat in het algemeen grotere passages met vegetatie dicht bij de ingang van de passage, de aanwezigheid van natuurlijk habitat van de soorten in de buurt (binnen 500 meter van de passage) en weinig menselijke verstoring belangrijk waren voor de passage van soorten. De aanwezigheid van intensieve landbouw en de dichtheid van de vegetatie bij de ingang van de passage toonden geen significante resultaten. Andere onderzoeken hebben de negatieve invloed van menselijke verstoring op het gebruik van faunapassages bevestigd (Clevenger en Waltho, 2000; Ng et al., 2004;

Ascensão en Mira, 2007). Vanuit dit oogpunt zou een aparte of afgescheiden faunapassage de voorkeur hebben boven een gedeelde passage voor mens en dier. Echter zullen padden van een dergelijke passage die geheel overdekt is geen gebruik maken. Padden gaan niet door een gesloten tunnel, de tunnel moet aan de bovenkant open zijn of een met een rooster eroverheen (Grunsvan, 2012).

Sociale veiligheid

Wanneer er een aparte tunnel wordt gemaakt voor de fauna, zal dit amper effect hebben op de sociale veiligheid. De tunnel is naast de onderdoorgang gelegen en vrij onzichtbaar en vormt dus geen versperring in de onderdoorgang. Echter geeft het mensen wel een positief gevoel dat er iets voor de natuur wordt gedaan, wat kan bijdragen aan een gevoel van veiligheid (Rijkswaterstaat, 2012). Alleen wanneer de tunnel zeer groot zou zijn, zou dit ongunstige types kunnen herbergen en vandalisme kunnen aantrekken (Schouten, 2012). Hier moet dus rekening mee worden gehouden.

5.2.1 Aangepaste passage

Ecologie

Een tweede optie is het creëren van passages door bestaande bruggen of duikers aan te passen. Deze zogenaamde 'aangepaste passages' kunnen worden aangelegd in de vorm van planken in een met water gevulde duiker of langs de muur van een waterloop, in de vorm van drijvende planken op het wateroppervlak, of in de vorm van het aanbrengen van een laag zand en structuur in een aanwezige plastic watergoot (Brandtjes en Veenbaas, 2000). In 2000 is in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat onderzoek uitgevoerd naar de effectiviteit van deze faunapassages (Brandtjes & Veenbaas, 2000). Uit dit onderzoek bleek dat alle 19 onderzochte faunapassages gebruikt werden door zoogdieren, waarvan 62 % werd gebruikt door individuen van de doelsoorten en groepen. Daarnaast werd ongeveer 75% ook gebruikt door amfibieën. Er was een correlatie te zien tussen de grootte van de passages en het gebruik door dieren. Wanneer een passage een grotere diameter had, werd deze vaker gebruikt door de grotere zoogdieren. Deze correlatie werd niet gevonden met amfibieën. Verder werden er geen relaties gevonden tussen het type ondergrond en de frequentie van het gebruik. Wel werd geconcludeerd dat de passages vooral door de bruine rat gebruikt worden en daarnaast veel door veldmuizen en gewone muizen (Brandtjes & Veenbaas, 2000).

Een eis voor deze oplossing is dat er een watergang en/of bruggen of duikers aanwezig zijn. Deze oplossing kan daarom alleen worden toegepast op de locaties Biltsestraatweg/Utrechtse weg, Kromme Rijn, Fort 't Hemeltje en Fietsverbinding Waijensedijk. Omdat een dergelijke oplossing gemakkelijk toe te passen is binnen de huidige structuur, is deze optie kosteneffectief. Het nadeel van deze oplossingsrichting is dat de fauna gehinderd kan worden door verkeer en licht in de onderdoorgangen.

Een ander optie met het inpassen van een faunapassage in de huidige tunnel, is het aanbrengen van een structuur. Met structuur worden voorwerpen bedoeld die zorgen voor beschutting. Hierbij moet gedacht worden aan bijvoorbeeld groenstroken. Groenstroken zijn smalle passages met bodembedekking, bijvoorbeeld grond en/of dode takken. Dergelijke passages worden alleen gebruikt door insecten en amfibieën. Echter wanneer deze rond de 40 cm breed zijn en er genoeg beschutting is, zullen ook andere soorten als egels en kleine zoogdieren er gebruik van maken. Om deze groenstroken aantrekkelijker te maken, kunnen er kleine aanpassingen gemaakt worden, zoals bijvoorbeeld de strook vochtiger te maken of meer structuur toe te voegen (Grunsvan & Veenendaal, 2012).

Sociale veiligheid

Wanneer er aangepaste passages in de onderdoorgangen worden toegevoegd, zal de zichtbaarheid van de onderdoorgang verminderen en zou het zicht op de uitgang kunnen verdwijnen. De zichtbaarheid van de uitgang in een onderdoorgang is een bepalende factor voor de sociale veiligheid. Voor het verhogen van de sociale veiligheid is het van belang dat aan het begin van de onderdoorgang de uitgang onderscheiden kan worden, omdat mensen het als onprettig ervaren wanneer zij geen zicht hebben op de uitgang (Schreurs, 2012).

5.2.3 Uitbreiding oever

Ecologie

De derde mogelijkheid betreft een soortgelijke oplossing, namelijk het aanleggen van een passage door het uitbreiden van de aanwezige oever. Uit het onderzoek van Brandtjes en Veenbaas (2000) bleek dat soorten een voorkeur hadden voor deze optie. De meeste onderzochte soorten werden namelijk aangetroffen bij een dergelijke passage. Ook volgens Barendregt (2012) is het uitbreiden van de oever gunstiger voor een hogere diversiteit aan soorten dan het maken van een verbinding direct naast de weg of zelfs dan een faunapassage. Een richel van rond de 40 centimeter zal in gebruik worden genomen door soorten als bunzings, steenmarters en wezels (Barendregt, 2000). Het nadeel van deze oplossing is dat de soorten meer kunnen worden verstoord door menselijke activiteiten en lichtvervuiling. Daarnaast is de aanwezigheid van een verbindend waterelement noodzakelijk.

Sociale veiligheid

Bij een uitbreiding van de oever is er geen effect op de sociale veiligheid, omdat de constructie wordt aangebracht buiten de loop/fietsroutes om, namelijk ernaast langs de watergang.

Over het algemeen moet rekening worden gehouden met een toename in gebruik van faunapassages over de tijd. Dit komt doordat de dieren natuurlijk allereerst de passage moeten ontdekken, maar daarnaast geven zoogdieren de kennis over de passages ook door op toekomstige generaties (Jackson en Griffin, 2000).

5.4 Kunstmatige verlichting

Zoals duidelijk werd uit de studie naar de relatie tussen verlichting en misdadcijfers uit het theoretisch kader, is er een verband zichtbaar tussen de toename van verlichting en een afname van objectieve sociale onveiligheid (Welsh en Farrington, 2007). Een verband tussen een toename van verlichting en het effect daarvan op het subjectieve veiligheidsgevoel bleek minder duidelijk aanwezig te zijn. Tijdens meedenkavonden van Rijkswaterstaat betreffende de aanpak van de onderdoorgangen, werd de input van burgers gevraagd. Omwonenden gaven aan dat zij zich over het algemeen onveilig voelen in de donkere ruimtes. Als oplossing werd bij diverse onderdoorgangen door omwonenden het creëren van meer lichtinval aangedragen. Het vergroten van natuurlijke lichtinval genoot hierbij de voorkeur (Rijkswaterstaat, 2011a,b,c). Uit deze twee bronnen blijkt dat de sociale veiligheid zal toenemen wanneer gebruik wordt gemaakt van verlichting. Hoewel omwonenden een voorkeur aangeven voor de toename van natuurlijk licht, is dit niet altijd mogelijk. Allereerst omdat uit de hierboven beschreven maatregelen al blijkt dat het verhogen van natuurlijke lichtinval in de onderdoorgangen gepaard kan gaan met hoge constructieve kosten. In dergelijk geval wegen de baten niet op tegen de hoge kosten.

Ten tweede niet, omdat het verhogen van natuurlijke lichtinval enkel overdag bij kan dragen aan het verbeteren van de sociale veiligheid en het dus geen maatregel voor 24 uur per dag vormt.

Voor het verbeteren van de sociale veiligheid in onderdoorgangen zullen daarom in dit hoofdstuk maatregelen die een toename van natuurlijke lichtinval realiseren buiten beschouwing gelaten worden en in plaats daarvan worden de mogelijkheden van kunstmatige verlichting in onderdoorgangen beschreven.

Uit het theoretisch kader is echter gebleken dat kunstmatige verlichting diverse negatieve effecten heeft op verschillende soorten fauna. Daarbij verschilt het effect van licht per soort. Het vermijden van kunstlicht in de avond is vanuit het oogpunt van nachtdieren daarom het beste (Molenaar 2003). Zoals hiervoor is beschreven, dient kunstmatige verlichting juist als een belangrijke oplossing om de sociale veiligheid te verbeteren. Aangezien het installeren van kunstmatige verlichting niet te vermijden valt, moeten de effecten van verlichting op fauna gemitigeerd worden. Het mitigeren van effecten op fauna kan gebeuren door de vijf stappen van Molenaar (2003) te volgen: 1. Keuze voor verlichting 2. Keuze voor de plaatsing 3. Keuze voor de armatuur 4. Keuze voor de lamp 5. Gebruik van de verlichting. Omdat Rijkswaterstaat naar een geïntegreerde oplossing zoekt waarin het verbeteren van de sociale veiligheid gecombineerd wordt met het ecologisch waardevol inrichten van de onderdoorgang, zal op het gebied van kunstmatige verlichting gezocht worden naar maatregelen die zowel de sociale veiligheid als de ecologie ten goede komen.

5.4.1 Constructie en plaatsen van lampen

Zowel het plaatsen van verlichting als de daarbij behorende constructie en vormgeving van de lampenkast (het armatuur) kan van invloed zijn op zowel de sociale veiligheid als de ecologische waarden in de onderdoorgang. Hieronder zal deze invloed voor beide thema's toegelicht worden.

Sociale veiligheid

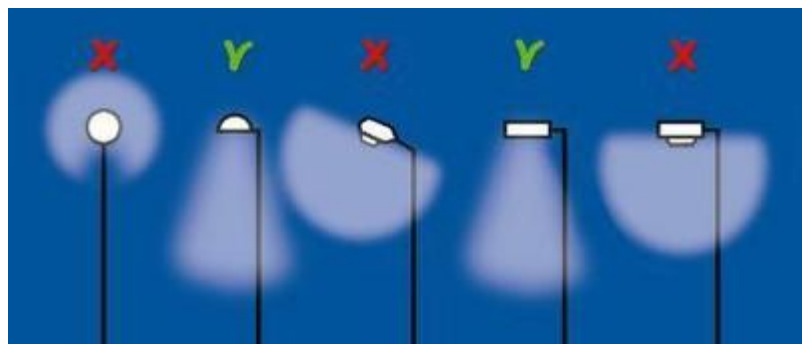
De installatiewijze van lichtbronnen kan grotendeels bepalend zijn bij het verhogen van de sociale veiligheid in onderdoorgangen. Advies is om de lichtbron zo hoog mogelijk te plaatsen, waardoor de kans op vandalisme wordt verkleind. Daarnaast heeft het hoog plaatsen van de lampen een optisch voordeel, doordat de lichtinval van boven de contouren van mensen goed zichtbaar maakt. Het plaatsen van spots op de grond wordt afgeraden, omdat deze spookachtige reflecties en contouren van personen creëren. Het verlichten van onderdoorgangen vanuit de wand behoort ook tot de mogelijkheden. Er wordt echter wel aangeraden om deze verlichting aan te vullen met enkele spots vanuit het plafond, omdat het contrast van personen met de verlichte muur zo wordt verkleind.

In alle gevallen geldt dat lichtbronnen niet verblindend mogen werken (Schreurs, 2012). Verblindings wordt voorkomen met behulp van de behuizing van de lichtbron; de armatuur. Een armatuur is belangrijk voor het leiden van het licht in de juiste richting. Het afschermen van de lichtbron door bijvoorbeeld diffuus glas zorgt dat het licht gelijkmatig wordt verspreid. De precieze keuze van armatuur is afhankelijk van de plaatsing van de verlichting (tegen een wand, in het plafond etc.). (armatuur.net, 2012).

Ecologie

Om de effecten op fauna te verminderen moeten lampen volgens het stappenplan van Molenaar (2003) zo laag mogelijk geplaatst worden. Dit is echter in tegenspraak met de eisen voor sociale veiligheid die hiervoor genoemd zijn. Om een oplossing te bieden voor deze tegenstrijdigheid kan er voor worden gekozen om de verlichting net iets boven het gezichtsveld van mensen te installeren. Onafhankelijk van de plaats van een lamp kan er het beste gekozen worden voor 'full cutoff' lampen. Dit betekent dat er geen licht boven de horizontale as (90°) straalt (zie figuur 5). Daarnaast dient het licht doelgericht te zijn, zodat alleen die gebieden bereikt worden waar verlichting nodig is. Voor de onderdoorgangen betekent dit bijvoorbeeld dat het niet op de waterstroom of het plafond schijnt. Dit is omdat deze plekken niet directe verlichting nodig hebben om de sociale veiligheid ten goede te

komen en vanuit een ecologisch oogpunt is het altijd beter om verlichting te vermijden. Als laatste is het van belang dat lampen goed afgeschermd worden en dat direct zicht op de lamp voorkomen wordt (Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, z.j.).



Figuur 5: invloed armatuur op sturing van het licht (Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, z.j.).

5.4.2 Type verlichting

Onderdoorgangen kunnen met diverse lichtbronnen verlicht worden. Over het algemeen wordt er in onderdoorgangen gebruik gemaakt van fluorescentielampen (TL), maar deze worden steeds vaker vervangen door LED-verlichting (Schreurs, 2012). Deze lichtbronnen zullen daarom hier aan de orde komen. Daarnaast wordt de natriumlamp overwogen in verband met positieve ecologische aspecten. In tabel 6 wordt een overzicht gegeven van energieverbruik, levensduur en kleurweergaven van de vier besproken lichtbronnen.

Sociale veiligheid

Een tweetal lichtbronnen dat voornamelijk gebruikt wordt in onderdoorgangen ter verbetering van sociale veiligheid, zijn TL en LED verlichting. Bij verlichting in openbare ruimtes wordt tegenwoordig bijna altijd gebruik gemaakt van LED verlichting. Deze lichtbron kent namelijk vele voordelen. Ten eerste is LED verlichting zeer energiezuinig. Ten tweede gaat het om een zeer compacte lichtbron, waardoor het licht goed te sturen is en er minder sprake zal zijn van strooilicht (licht dat onbedoeld op een voorwerp schijnt) dan bij TL verlichting. Ten derde is het onderhoud een voordeel. Doordat LED verlichting een zeer lange levensduur heeft, hoeft de lichtbron ongeveer eens in de 10 à 12 jaar vervangen te worden. Bij TL verlichting is vervanging noodzakelijk na ongeveer 3 jaar. Bij het verbeteren van de sociale veiligheid in onderdoorgangen door middel van verlichting, dient rekening gehouden te worden met wettelijke eisen die gesteld worden aan de diverse lichtbronnen. Voor deze eisen wordt vrijwel altijd gekeken naar aanbevelingen van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingsdeskundige (NSVV). Deze stichting geeft richtlijnen over de toepassing van verlichting in openbare ruimtes. Deze bundels met richtlijnen zijn verkrijgbaar bij het NSVV (Schreurs, 2012).

Ecologie

Vooraf vanuit een ecologisch standpunt zouden natriumlampen overwogen kunnen worden. Deze lampen worden als buitenverlichting gebruik om grote terreinen te verlichten (Rozell, 2009). Natriumlampen hebben een hoge lichtopbrengst en zijn er in een lage druk en een hoge druk variant. Lage druk natriumlampen stralen oranje licht uit. Een voordeel voor de ecologie is dat het geen ultraviolette straling bevat, waardoor weinig fauna, waaronder insecten en vleermuizen, worden aangetrokken. Een nadeel is dat door het oranje licht geen kleurherkenning mogelijk is (Platform Lichthinder, z.j.). Dit maakt een lage druk natriumlamp voor sociale veiligheid niet geschikt. Hoge druk natriumlampen verspreiden een goudgeel licht met een geringe hoeveelheid ultraviolet. Kleurherkenning is daarom beter dan bij de

lage druklamp. Daarbij is het licht van hoge druk natriumlampen goed te richten (Platform Lichthinder, z.j.). TL verlichting is vanuit ecologisch oogpunt niet geschikt, onder andere door het brede lightspectrum. LED verlichting biedt meer kansen voor de ecologie. Dit komt door de brede mogelijkheden van LED verlichting. Zo zorgt de smalle lichtbundel ervoor dat het licht goed te richten is (met daardoor weinig strooilicht) en is LED verlichting verkrijgbaar in diverse kleuren (Platform Lichthinder, z.j.).

Tabel 6: Overzicht aspecten van de lichtbronnen: TL, LED en natriumlampen. Aangepast van InfoMil (zonder jaartal).

Type lichtbron	Energieverbruik	Levensduur in uren	Kleurweergave
Langwerpige fluorescentielamp (TL)	Laag	6.000-12.500	Matig tot goed
LED	Laag	10.000-50.000	Afhankelijk van kleur (lightspectrum): slecht tot goed
Lagedruk natriumlamp	Zeer laag	7.500	Geen
Hogedruk natriumlamp	Laag	5.000-7.500	Slecht tot matig

5.4.3 Kleur van verlichting

Onderdoorgangen kunnen met diverse kleuren verlicht worden. Op dit gebied hebben zeker LED- lampen potentieel. De kleuren van de verlichting in onderdoorgangen bieden voor zowel de sociale veiligheid als de ecologie voordelen en nadelen.

Sociale veiligheid

Kunstmatige verlichting draagt enkel bij aan het verhogen van de sociale veiligheid in onderdoorgangen voor langzaam en gemengd verkeer als met twee aspecten rekening gehouden wordt: gezicht- en kleurherkenning. Deze aspecten zijn essentieel omdat mensen het als prettig ervaren om de gezichtsuitdrukking van hun medemens te kunnen zien en de gelaatstrekking te kunnen onderscheiden. Om deze twee determinanten te optimaliseren, kan het best gekozen worden voor witte lichtbronnen. Doordat wit licht een compleet kleurspectrum kent, worden alle kleuren goed zichtbaar en is de contourherkenning veel beter. Bij gekleurde lichtbronnen kan enkel de desbetreffende kleur onderscheiden worden, wat de gezicht- en contourherkenning ongunstig beïnvloedt (Schreurs, 2012). Hoewel in eerste instantie de voorkeur uitgaat naar witte lichtbronnen, blijkt gekleurd licht toch ook mogelijkheden te bieden voor het verhogen van de sociale veiligheid in onderdoorgangen.

Ten eerste is het mogelijk dat de objectieve sociale veiligheid in onderdoorgangen verbetert door middel van ultraviolet licht. Deze blauwe lichtbron wordt geïnstalleerd op plekken waar sprake is van overlast door druggebruik, omdat door dit licht de aders moeilijk zichtbaar worden en het spuiten van drugs zo niet meer mogelijk is (nieuwsblad.be, 2005).

Ten tweede lijkt groene LED verlichting een concurrent te gaan vormen van wit licht voor het verhogen van de sociale veiligheid in openbare ruimtes. Dit 'nieuwe groene licht' biedt voornamelijk 's nachts voordelen en wordt al toegepast als straatverlichting, omdat het veiliger, milieuvriendelijker en goedkoper is dan de witte verlichting. Wit licht zorgt voornamelijk overdag voor veel zicht, maar 's nachts werken de ogen anders dan overdag, omdat 's nachts andere lichtgevoelige cellen actief zijn dan overdag. Overdag zijn 'kegelcellen' actief. Deze cellen werken optimaal bij veel licht. Hierdoor kunnen mensen overdag goed kleuren waarnemen. 's Nachts zijn 'staafcellen' actief. Deze zijn gevoelig voor

lagere lichtintensiteiten, waardoor mensen in staat zijn 's nachts nog iets te kunnen zien. Kleurherkenning is echter minimaal. Uit optimumcurven voor kleurherkenning van het menselijk oog blijkt dat mensen overdag het beste geel/rood/groen licht waarnemen, terwijl dit 's nachts geldt voor blauw/groen licht. Wit licht bevat veel geel en rood licht, waar mensen 's nachts niets aan hebben. Het nieuwe groene licht maakt gebruik van het blauw/groene licht dat het oog in staat is om 's nachts waar te nemen. In de lampen zit naast groene LED- verlichting, ook enkele rode LED- lichtjes verwerkt, waardoor oogcellen die overdag kleuren registreren geprikkeld worden en mensen in staat zijn om 's nachts kleur te herkennen (Stichting milieu net, 2008).

Ecologie:

De keuze van het lichtspectrum (de kleur) kan nuance aanbrengen in de mate waarin effecten optreden. De keuze van een ecologisch geschikt lichtspectrum is echter lastig. Ten eerste is er nog veel onbekend over het effect van het kleurenspectrum op ecologie. Ten tweede blijkt dat de gevoeligheid voor bepaalde lichtspectra sterk verschilt per soort (Musters et al., 2009). Daarbij komt dat waar bij sociale veiligheid gepleit wordt voor witte, blauwe of ultraviolette verlichting, er met de huidige kennis over fauna juist benadrukt wordt om deze drie spectra te vermijden (Molenaar, 2003). Ultraviolet licht veroorzaakt bijvoorbeeld het aantrekkingseffect op insecten (Rozell, 2009). Over de reactie op kunstmatig licht van amfibieën is vrij weinig bekend. Voor vele amfibieën kan met de huidige inzichten er van uitgegaan worden dat de eisen gelijk zijn aan die van vleermuizen. Vleermuizen zijn namelijk erg selectief (Veenendaal en van Grunsven, 2012).

Voor vleermuizen geldt dat ze blauw en ultraviolet licht vermijden, maar minder gevoelig zijn voor roodgekleurd licht (Rijkswaterstaat, z.j. b). Over het effect van groen licht op vleermuizen zijn onderzoeksresultaten tegenstrijdig. Groene verlichting zou voor vleermuizen minder storend zijn dan witte verlichting (Stichting Milieu Net, 2010), maar het ziet er naar uit dat rood of amberkleurige verlichting nog beter werkt voor de vleermuis (Rijkswaterstaat z.j.b; Philips z.j.). Omdat vleermuizen streng beschermd zijn in de flora- en faunawet wordt bij punt vijf vleermuisvriendelijke verlichting nader bekeken. Gezien de verschillende effecten van kleur per soort is het van belang om voor de geselecteerde doelsoorten kennis over de preferenties op te zoeken, om zo het best passende lichtspectrum te kunnen kiezen.

Ook voor flora hebben verschillende lichtspectra een ander effect op de groei. Rode, groene en blauwe kleuren samen zorgen ervoor dat mensen verlichting als wit ervaren en alle kleuren kunnen zien. Planten hebben echter niet al deze kleuren nodig voor hun groeiproces. Diverse planten hebben preferenties voor verschillende lichtdeeltjes (fotonen) om het proces van fotosynthese optimaal uit te kunnen voeren. Uit experimenten met vegetatielampen in kassen blijkt dat de kropplanten het goed doen onder rode en blauwe LED- verlichting. Over het effect van groene verlichting op planten is nog weinig bekend. Dit type verlichting is minder energie efficiënt, waardoor het economisch onrendabel is. Daarnaast zijn er geen pigmenten van planten bekend die specifiek groen licht absorberen. Dat geldt wel voor blauw en rood licht. Dit betekent echter niet dat toepassing van groen licht in vegetatielampen afgeschreven dient te worden. Uit enkele experimenten blijkt namelijk dat wanneer wel groene LED- verlichting bij de blauw/rode LED- verlichting gemengd wordt, de planten beter groeien. Dit is niet vreemd, aangezien planten goed groeien onder zonlicht; een lichtbron die ook groene lichtspectra bevat. Naast verlichting, hebben planten ook warmte nodig om te kunnen groeien. In plantenkassen wordt dit opgelost door naast gekleurde LED- verlichting, ook warmte uitstralende natriumlampen toe te passen (Labyrint, 2010).

5.4.4 Vegetatielampen

Omdat Rijkswaterstaat zoekt naar een geïntegreerde oplossingsrichting, waarbij het verbeteren van de sociale veiligheid gecombineerd wordt met het ecologisch waardevol inrichten van onderdoorgangen is de toepassing van vegetatielampen, die zowel voor verlichting als plantengroei zorgt, een interessante optie om te onderzoeken. Er wordt hierbij voornamelijk gekeken naar de optie van LED verlichting, omdat uit het voorgaande stuk is gebleken dat aan dit type verlichting diverse kansen zijn verbonden.

Sociale veiligheid

Op het gebied van de sociale veiligheid ziet Rijkswaterstaat vegetatielampen als mogelijkheid om meer lichtinval te creëren en vormt de vegetatie daarnaast een middel om het imago van 'onderdoorgangen als donkere, betonnen ruimtes' tegen te gaan (Dossier Adviesproject, 2012). Hoe de toepassing van vegetatielampen in onderdoorgangen precies zal uitpakken voor de sociale veiligheid, is nog moeilijk te zeggen. Voor zover bekend, zijn vegetatielampen nooit in openbare ruimte gebruikt. Zoals uit de vorige alinea over ecologie bleek, wordt momenteel nog veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van LED vegetatielampen in plantenkassen. Naar aanleiding wat bekend is over vegetatielampen kunnen echter wel voorzichtig speculaties gedaan worden. Met name rood licht is belangrijk in plantenkassen (Veenendaal en van Grunsven, 2012). In plantenkassen met LED verlichting wordt dit rode licht vaak gecombineerd met blauw licht. Het toepassen van deze twee typen kleurverlichting in onderdoorgangen, zou de sociale veiligheid negatief kunnen beïnvloeden, omdat hierdoor de kleurherkenning en zichtbaarheid afneemt. Het enige voordeel van de blauwe verlichting is dat het mogelijk drugsgebruik tegen kan gaan, mits er sprake is van ultraviolet verlichting (nieuwsblad.be, 2005). Het toevoegen van groene LED- verlichting biedt wellicht voordelen voor de sociale veiligheid: het wordt dan mogelijk om witte lichtbronnen te creëren die de zichtbaarheid positief zullen beïnvloeden. Deze mogelijkheid en de effecten daarvan op planten dient echter nader onderzocht te worden.

Ecologie

Technisch is het waarschijnlijk mogelijk om wilde planten te laten groeien door vegetatielampen. Naar verwachting zijn er echter veel vegetatielampen nodig voordat het noodzakelijke lichtintensiteitsniveau voor fotosynthese bereikt is. Om een beeld te krijgen van hoeveel zonlicht een plant in de schaduw ontvangt en hoe weinig licht wij als mens kunnen produceren wordt het volgende voorbeeld geschetst: een plant in de schaduw ontvangt 5000 lux en iemand die 's nachts onder een lantaarnpaal staat ontvangt 5 lux. Om planten te laten groeien zou er van de onderdoorgang een kas gemaakt moeten worden. De daarbij behorende kosten zijn aanzienlijk. Het gaat niet alleen om de aanschaf, plaatsing en het onderhoud van de lampen, maar ook de energievoorziening. De verhouding tussen kosten- en baten is daardoor scheef (Veenendaal en van Grunsven, 2012). Dit geldt zelfs voor LED-verlichting. Daarnaast is het effecten van vegetatielampen op wilde plantengroei (oftewel niet gecultiveerde plantengroei) moeilijk in te schatten omdat de condities in een onderdoorgang anders zijn dan in een kas.

Als het zou lukken om vegetatie te laten groeien in een onderdoorgang, zouden dat alleen schaduw minnende soorten kunnen zijn. Voorbeelden zijn varens, mossen en soortenvegetatie die te vinden zijn als onderbegroeiing in een bos (Veenendaal en van Grunsven, 2012; Barendregt 2012). Voor de soorten in het gebied rond de onderdoorgang zijn de omstandigheden in de onderdoorgang niet geschikt. Daardoor ontstaat er een contrast tussen het vegetatietype binnen en buiten de onderdoorgang. Vanuit een ecologisch oogpunt is dit niet gewenst, omdat er een nieuw soort habitat gecreëerd wordt en dit heeft geen toevoegende waarde als ecologische verbinding. Toch zou vegetatie beschutting betekenen voor fauna die de onderdoorgang als corridor zouden kunnen

gebruiken. Een eventuele optie is dan het concentreren van vegetatielampen op een bepaalde plek om zo vegetatie eilandjes te creëren.

Als laatste hebben planten ook duisternis nodig om zich te kunnen onderhouden via een donker reactie. Wanneer de planten deze momenten niet hebben, zullen ze te langzaam groeien en sterven (Veenendaal en van Grunsven, 2012). Gezien het kleine effect dat conventionele kunstmatige verlichting heeft op vegetatie, kan overwogen worden om de vegetatielampen die overdag branden 's nachts te doven en te vervangen door conventionele verlichting. Het branden van de conventionele verlichting zou dan dienen als donkere periode voor de planten. Dit kan de sociale veiligheid ten goede komen. Een andere (goedkopere) manier om vegetatie mogelijk te maken zijn solar tubes.

5.4.5 Vleermuisvriendelijke verlichting

In sommige gevallen maken ook vleermuizen gebruik van de onderdoorgangen. Omdat vleermuizen een beschermde soort zijn, mag de toepassing van kunstmatige verlichting volgens de Flora- en Faunawet aan de aanwezige vleermuizen in principe geen hinder veroorzaken (Rijkswaterstaat, z.j. b). Daarom is het relevant om de toepassing van de zogenoemde vleermuisvriendelijke verlichting te onderzoeken.

Sociale veiligheid

De omschreven situatie in het tekstkader geeft de problematiek tussen sociale veiligheid en vleermuizen weer. Om een geschikte oplossing te vinden voor zowel mens als vleermuis is de afgelopen jaren vleermuisvriendelijke verlichting ontwikkeld. Bij de vleermuisvriendelijke 'bat-lamp', ontwikkeld door consultancybedrijf LED expert en de Zoogdiervereniging voor Rijkswaterstaat (z.j. b), staat amberkleurige licht centraal. Het doel van dit licht was het vinden van een kleurspectrum dat voor mensenogen onderscheidend licht oplevert en tegelijkertijd voor vleermuisogen niet storend is. Deze relatie wordt uitgedrukt in de 'human-bat response ratio'. Uit veldonderzoek blijkt dat er bij een human-bat response ratio groter dan veertig geen significante invloed is tussen verlichten op buitengebiedniveau en het vlieggedrag van vleermuizen. Het blauwe en ultraviolette licht dat straatlantaarns gebruikelijk uitstralen is vervangen door amberkleurig UV-vrije led-lampen. Ook bij oranje/roodlicht kan de mens nog steeds voldoende zijn omgeving waarnemen (Veenendaal en van Grunsven, 2012). De bat-lamp is een relatief goedkope oplossing, kent een lange levensduur en heeft weinig onderhoud nodig (Rijkswaterstaat, z.j. b). Ook Philips heeft vleermuisvriendelijke verlichting ontworpen, de zogenaamde 'ClearField' verlichting (Philips z.j.). Philips (z.j.) claimt betere resultaten te leveren dan amberlicht (zoals gebruikt in de bat-lamp), inclusief een betere kleurweergave voor mensen. De ClearField lamp zou breed inzetbaar zijn, met onder andere positieve resultaten op insecten en knaagdieren. Hier wordt nog verder onderzoek naar gedaan. Daarnaast is de ClearField lamp energie efficiënt. Deze vleermuisvriendelijke verlichting is ontwikkeld in samenwerking met de Zoogdierenvereniging en het Max Planck Gesellschaft (Philips, z.j.). Om te kunnen bepalen welke lamp (bat-lamp of ClearField) de voorkeur heeft, dienen de achterliggende onderzoeken nader geëvalueerd te worden.

Ecologie

Om de lichthinder van de bat-lamp voor vleermuizen en andere soorten tot een minimum te beperken zijn er nog wel een aantal aanvullende maatregelen nodig. Ten eerste mogen de bijbehorende lichtmasten niet hoger zijn dan zes meter en moet de lichtinval scherp naar beneden worden afgesneden. Ten tweede detecteert een radarsysteem of er fietsers of voetgangers passeren en laat alleen op dat moment de wegverlichting aan. Ten derde,

Sociale veiligheid en vleermuizen

In een onderdoorgang bij Amersfoort was het oorspronkelijk donker. Het was een belangrijke vliegroute voor vleermuizen. Met de komst van een woonwijk kwam er behoefte aan verlichting voor een sociaal veiliger gevoel. Licht heeft echter een negatief effect op vleermuizen. Vleermuizendeskundige Herman Limpens kwam met een compromis. Het witte licht hangt nu relatief laag aan de muren en schijnt op een wit vlak op het wegdek. De lichten zijn naar boven afgeschermd. Op deze manier is de tunnel voor mensen verlicht en is het plafond donkerder zodat vleermuizen daar kunnen vliegen. Toch is het aantal vleermuizen met de komst van het licht afgenomen (Labyrint 2010).

zorgen lussen in de weg ervoor dat de lampen bij autoverkeer uitblijven. Om verblinding van de dieren te beperken, worden de lampen op termijn zo ingesteld dat ze bij het schakelen langzaam opkomen en bij uitschakelen zachtjes doven. Als laatste bepaalt een astronomische klok vanaf welk tijdstip de verlichting in- en uitschakelt (Rijkswaterstaat z.j.b). Over aanvullende maatregelen is bij ClearField lamp van Philips niet bekend. Toen uit veldtesten met de hierboven beschreven bat- lamp positieve resultaten kwamen, besloot Rijkswaterstaat de lamp in te zetten bij het ecoduct bij de A74. Voor zover bekend wordt de bat-lamp nog niet toegepast in onderdoorgangen, maar zou het wel aangepast kunnen worden op onderdoorgangen (zie figuur 6). In onderdoorgangen is echter ook overdag verlichting nodig voor de sociale veiligheid. Er kan voor gekozen worden om aanvullende (witte) verlichting te installeren, of om de vleermuisvriendelijke verlichting constant te laten branden. De toepasbaarheid van de ClearField lamp in onderdoorgangen is nog onbekend.



Figuur 6: Voorbeeld van het installeren van vleermuisvriendelijke verlichting in een onderdoorgang (Veltman, 2011).

5.4.6 Lichtsensoren

Doordat lichtsensoren, afhankelijk van de aanwezigheid van mensen, verschillende lichtintensiteitsniveaus hanteert, is dit een interessante maatregel om te onderzoeken. Dit biedt mogelijkheden om de hoeveelheid licht in onderdoorgangen beperkt te houden, wat wellicht gunstige effecten heeft voor de ecologie in een onderdoorgang. Uitgangspunt van deze maatregel is dan ook om te onderzoeken in hoeverre lichtsensoren bij kunnen dragen aan het verbeteren van ecologische waarden, zonder dat de sociale veiligheid in de onderdoorgang hier negatief door beïnvloed zal worden.

Sociale veiligheid

Bij de installatie van lichtsensoren worden onderdoorgangen niet constant verlicht. De verlichting reageert dan op aanwezigheid van personen in de onderdoorgang door aan te

springen. Een groot voordeel hiervan is de energiebesparing. Willen deze sensoren de sociale veiligheid niet negatief te beïnvloeden, moeten een paar kanttekeningen gemaakt worden. Gebruikers van de onderdoorgangen beoordelen een eind voor de ingang al of zij zich prettig voelen of niet bij het betreden van de onderdoorgang. Als het licht pas aangaat als een persoon de onderdoorgang ingaat, zal deze persoon de onderdoorgang daaraan vooraf waarschijnlijk al als onprettige, donkere ruimte gewaardeerd hebben. Daarnaast kan het spontaan aanspringen van verlichting een schrikreactie oproepen. Om deze reden wordt het afgeraden om de sensoren in of vlak voor de onderdoorgang te plaatsen. Als de sensoren op 50 tot 100 meter afstand van de onderdoorgang geplaatst zouden worden, verbeterd dit de sociale veiligheid aanzienlijk. Daarnaast wordt aangeraden om niet voor een sensor te kiezen die van 100% onverlicht naar 100% verlicht springt. Deze omschakeling brengt een zeer groot contrast met zich mee, wat de sociale veiligheid negatief beïnvloedt. In plaats daarvan kan het best gekozen worden voor dimsensors. Hierbij wordt de verlichting bij afwezigheid van personen gedimd naar een zeer laag niveau. In de aanloop naar de onderdoorgang wordt dan een sensor geplaatst die het licht geleidelijk naar vol vermogen brengt bij toenadering van personen (Schreurs, 2012). Als er wordt gekeken naar de overwogen lichtbronnen zijn natriumlampen niet goed dimbaar, maar LED en TL verlichting wel.

Het is echter nog de vraag in hoeverre lichtsensoren iets kunnen betekenen op het gebied van sociale veiligheid. Het voorbeeld in onderstaand tekstkader toont aan dat er te twisten valt over de vraag of lichtsensoren bij dragen aan een gevoel van sociale veiligheid.

Proef lichtsensor op fietspad

Om de effectiviteit van lichtsensoren in openbare ruimtes te bepalen is in Drenthe enkele jaren geleden een lichtsensor geplaatst bij een 1,5 kilometer lang fietspad. Dit fietspad begint bij een bushalte, waar een knop geplaatst is. Zodra een gebruiker van het fietspad op deze knop drukt, gaat de verlichting op het gehele fietspad aan. Uit evaluaties is echter gebleken dat voornamelijk vrouwen geen gebruik wilden maken van deze knop. Ze bleken liever 1,5 kilometer door het donker te fietsen, dan dat ze zo expliciet de aandacht legden op hun aanwezigheid door het licht in te schakelen. De personen waren bang dat deze handeling juist uit zou nodigen tot sociaal onveilig gedrag van aanwezigen (Schreurs, 2012).

Ecologie

Gezien de negatieve ecologische effecten van verlichting kan constante verlichting het beste vermeden worden. Sensoren lijken vanuit dit opzicht een geschikte oplossing. Echter, net als bij sociale veiligheid worden lichtsensoren die plotseling aanspringen afgeraden voor fauna. De schrikreactie die volgt, levert namelijk veel stress op voor de dieren in die omgeving. Dit kan opgevangen worden door het licht vertraagd aan te laten gaan (Veenendaal en van Grunsven, 2012). Het gebruik van sensoren is ook terug te zien bij de bat-lamp, besproken bij de vleermuisvriendelijke verlichting.

Ecodynamische verlichting

Ecodynamische verlichting uitgedacht door Grontmij (2010) zou ingesteld zijn op een afstemming tussen flora en fauna, de sociale veiligheid en de verkeersveiligheid. Deze buitenverlichting past zich aan op het dag- en nachtritme door te veranderen van kleur toegepast op de natuur. De verschillen van warm licht (rood, geel, paars) bij zonsondergang, koel wit licht in de nacht en vergelijkbare lichtkleuren van zonlicht bij zonsopkomst. De verschillende lichtkleuren ontstaan door het mengen van LED verlichting van verschillende kleuren. Het doel is om zo veel mogelijk rekening te houden met aanwezig flora en fauna, waarbij de verlichting tevens voldoet aan de eisen voor veiligheid (Grontmij 2010). De ecodynamische verlichting is echter nog in de onderzoeksfase. Het effect op vleermuizen en broedvogels gaat Grontmij onderzoeken. Veenendaal en van Grunsven (2012) geven deze verlichting weinig kans aangezien de kleuren van de verlichting afgestemd zijn op het menselijk oog en niet op de eisen van fauna. Deze verlichting wordt daarom niet aangeraden om toe te passen in de onderdoorgangen.

5.4 Spiegels

Het gebruik van spiegels is in theorie een goede maatregel om meer natuurlijk licht in de onderdoorgang te krijgen. Het plaatsen van spiegels kan de onderdoorgang sociaal veiliger en ecologisch waardevoller maken.

Sociale veiligheid

Sociaal veiliger omdat de tunnels door het gebruik van spiegels verlicht kunnen worden, en ecologisch waardevoller omdat er minder lampen nodig zijn. Overdag zijn er geen lampen nodig, het daglicht van buiten de onderdoorgang kan door middel van spiegels in de onderdoorgang gebracht worden. 's nachts zal dit echter niet werken, dan moet er gebruik worden gemaakt van een lamp of meerdere lampen. Spiegels absorberen geen licht, maar weerkaatsen alles. Daardoor kan het licht via de spiegel weer een ander object bereiken, bijvoorbeeld nog een spiegel. Er is niet meer licht, het licht wordt alleen 'nuttiger' gebruikt en komt op andere plaatsen terecht. Angst bestaat dat het licht een puntbron wordt, hierdoor kunnen mensen verblind worden, en dit verlaagd het gevoel van sociale veiligheid, de kleurherkenning zal hierdoor verminderen. Lichtstralen gaan altijd rechtdoor, ze kunnen dus niet alle kanten op bewegen. Omdat licht niet om een voorwerp heen kan buigen, ontstaat er een schaduw, deze schaduw kan als sociaal onveilig worden ervaren. Licht legt zijn weg af in een rechte lijn. Wanneer het natuurlijke licht door de spiegel de onderdoorgang in wordt weerkaatst zal het gericht moeten worden (Hendriks, 2012). Om de ruimte effectief te verlichten zal de spiegel gericht moeten worden op het wegdek. Hierbij is de kans groot dat voetgangers en fietsers worden verblind door het felle licht van buitenaf. Op een heldere dag kan het kijken in de spiegel even fel zijn als de zon zelf. Door gebruik te maken van holle en bolle spiegels kan het effect van een puntbron worden voorkomen. Een gebogen spiegel verandert de vorm van het teruggekaatste beeld. Een bolle (convexe) spiegel laat voorwerpen kleiner lijken. In een holle (concave) spiegel lijken voorwerpen groter. Doordat de spiegels in een onderdoorgang geplaatst worden is het belangrijk dat ze "hufproof" zijn. Hiermee wordt bedoeld dat ze niet zomaar vernield kunnen worden. Ze zouden hoog in de onderdoorgang moeten hangen. Misschien kunnen ze van een zeer sterk materiaal gemaakt worden waardoor ze ook niet met stenen ingegooid kunnen worden. Het plaatsen van spiegels is een redelijk goedkope maatregel, het onderhoud zal waarschijnlijk wel zorgen voor hoge kosten.

Ecologie

Door de toevoeging van spiegels in een onderdoorgang, wordt het natuurlijk binnenvallende daglicht bevorderd. Dit heeft een positief effect op diersoorten die hier profijt van hebben. 's

Nachts werken spiegels echter niet voor dit effect, maar dit is juist bevorderlijk omdat flora en fauna ook nachtelijke omstandigheden nodig hebben. Echter zal de hoeveelheid licht die binnenvalt niet genoeg zijn om echt dagactieve soorten aan te trekken. Ook kunnen dieren in de war raken doordat ze verblind worden door spiegels, dit is dus een extra stressfactor. Er kan gezegd worden dat spiegels niet heel veel toevoegen aan het bevorderen van de ecologie in een onderdoorgang.

5.5 Solar tubes

Solar tubes zijn vrij nieuw op het gebied van verlichting. Het is een duurzame manier van verlichten waarbij natuurlijk licht door een cilinder wordt weerkaatst naar de plek van bestemming. Solar tubes bevindt zich in een vroeg stadium en wordt vooral door particulieren gebruikt. Het is een nieuw, innovatief en goedkope manier om natuurlijk licht in de onderdoorgang te krijgen. De Solar tube geeft door de weerkaatsing in de cilinder geen direct verblindend licht af en is daardoor geschikt om in onderdoorgangen te gebruiken. Bijvoorbeeld bij de Kromme Rijn zijn er twee mogelijkheden tussen de verschillende weggedelen om Solar tubes te installeren. Hierdoor kan niet alleen bij de in en uitgang licht naar binnen schijnen maar ook tussen de banen door. Momenteel zitten er roosters tussen de banen. Deze houden veel licht tegen. In de winter, herfst en lente staat de zon veelal in een schuine hoek ten opzichte van de aarde. Hierdoor valt het zonlicht tegen de zijkant van de rooster vakjes en neemt de lichtintensiteit af. Bij Solar tubes is dit niet het geval, hier wordt 99,7 procent (Solatube, z.j.) van het invallende licht weerkaatst door het spiegeloppervlak van de cilinder. Solar tubes zijn relatief goedkoop en goed toe te passen op de open stukken tussen snelwegen. Solar tubes zijn luchtdicht afgesloten, hierdoor zal de spiegel in de cilinder niet aangetast worden. De bovenkant van de Solar tube zal wel onderhouden moeten worden door middel van het schoonhouden van het glas. Dit kan in een korte tijd worden gedaan en neemt weinig kosten met zich mee. Qua toevoegende waarde voor ecologie en sociaal is deze maatregel vergelijkbaar met spiegels. Het verschil zit in het feit dat er geen stressfactoren zijn door verblindende werking en ook is de onderhoudsfactor lager omdat solar tubes minder makkelijk kapot te maken zijn.

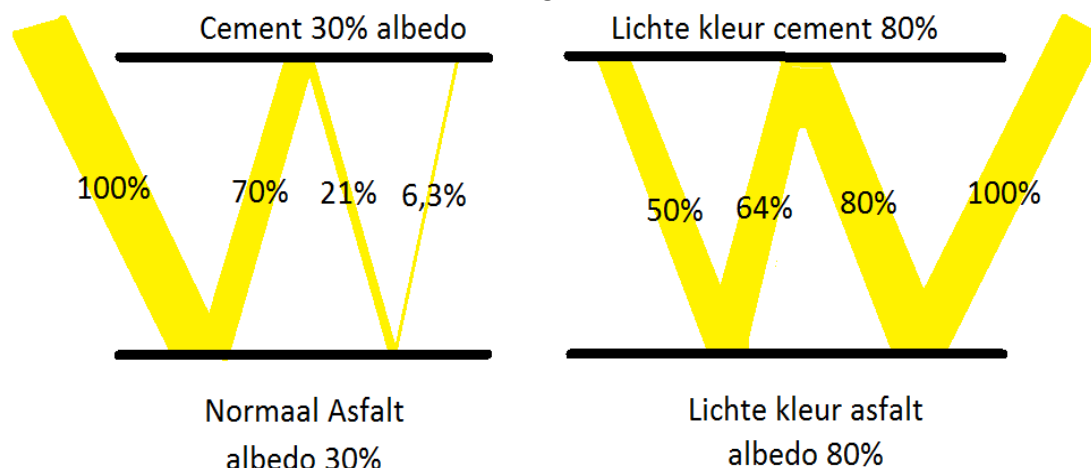
5.6 Optisch bedrog

Sociale veiligheid

De sociale veiligheid wordt voor een groot deel bepaald door de beleving die men krijgt wanneer gebruik wordt gemaakt van een onderdoorgang. De indeling en aankleding van een onderdoorgang heeft invloed op de sociale veiligheid die men beleeft wanneer deze wordt gebruikt. Lange donkere tunnels geven mensen meestal een onveilig gevoel (F.J.J.M. Steyvers, D. de Waard, K.A. Brookhuis, 1999). Wanneer een tunnel donker is en een kromming in het pad heeft daalt de beleving van veiligheid van de gebruiker. Met behulp van kleuren en lijnen kan men de illusie wekken dat de onderdoorgang ruimer en veiliger is. Het lichter maken van de binnenkant van de tunnel kan een 'buitenwereld' creëren. Ook het gebruik maken van regelmatige lichtvlakken kan bijdragen aan het gevoel van veiligheid in de onderdoorgang. Door een aantal simpele aanpassingen is het mogelijk een relatief gezien grote winst te behalen op de beleving van veiligheid in de onderdoorgangen (NSVV,2003).

- *Psychologische beïnvloeding door middel van optisch bedrog.*
Met behulp van lijnen kan men de illusie wekken dat een weg breder of korter lijkt dan deze in werkelijkheid is. Op deze manier kan op een eenvoudige manier en goedkoop het gevoel van veiligheid verhoogt worden.
- *Licht gekleurde wanden*
Verschillende materialen en kleuren reflecteren verschillende hoeveelheden licht. De hoeveelheid licht die zij reflecteren of opnemen hangt af van het albedo effect,

ook wel het weerkaatsingvermogen genoemd. Een oppervlak met de kleur wit kan een albedo hebben van 90% (K.Rebel, 2010) terwijl een oppervlak met een zwarte kleur zoals donkere aarde een albedo van 10% kan hebben. Hierdoor neemt een donker oppervlak veel licht op en een reflecteert een licht oppervlak juist licht. Bestrating heeft een albedo effect van rond de 30%(ACPA, 2002). Wanneer dit zou worden vergeleken met een licht oppervlak zou er 60% van het licht dat de onderdoorgang bereikt, onmiddellijk verloren gaan. In figuur 7 is globaal te zien hoe het werkt, er kan veel licht weerkaatst worden door muren en plafond wanneer de materialen en/of kleuren een hoog albedo-effect hebben.



Figuur 7: Albedo effect

Witte muren zijn helaas gevoelig voor graffiti en dergelijke bekladding. Hierdoor kan het de subjectieve sociale onveiligheid verslechteren. Er kan reliëf in de muren aangebracht worden zodat het vandalen moeilijker wordt gemaakt,

Verlichting onderdoorgang:

Zelfs overdag schijnt er niet genoeg licht in de onderdoorgangen. Door de brede ring en de kleine openingen tussen de banen en afslagen komt er weinig natuurlijk licht naar binnen. Om overdag toch natuurlijk licht in de onderdoorgang te krijgen zijn er verschillende alternatieven die men kan gebruiken namelijk spiegels, solar lighting tubes en verlichting.

Ecologie

Het toepassen van maatregelen met betrekking tot optisch bedrog hebben geen invloed op de ecologische aspecten van een onderdoorgang. Optisch bedrog is alleen bedoeld voor het verbeteren van de sociale veiligheid.

6. Stappenplan ter verbetering van onderdoorgangen

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd wat de uitkomst is van dit onderzoek en hoe dit toepasbaar is op onderdoorgangen van de Ring A27/A12, maar ook op andere onderdoorgangen in Nederland.

6.1 Elke onderdoorgang in Nederland

In dit onderzoek is gestreefd naar het opstellen van een overkoepelende methode ter verbetering van onderdoorgangen. Deze methode geeft de stappen weer die genomen moeten worden om bij elk willekeurige onderdoorgang, tot een beste oplossing te komen voor het verbeteren van de onderdoorgang op het gebied van sociale veiligheid en/of ecologie. Dit stappenplan beschrijft de stappen die ondernomen moeten worden bij het waarderen van een onderdoorgang en bij het maken van aanpassingen op sociaal en/of ecologisch gebied. Hieronder worden de diverse stappen doorlopen en uiteindelijk gepresenteerd in een *flow chart* (figuur 8).

Stap 1: Inschatting van de onderdoorgang:

In de eerste stap is het noodzakelijk om een eerste indruk te krijgen van de desbetreffende onderdoorgang, dit wordt gedaan op basis van grove inschattingen van de omstandigheden in en rondom de onderdoorgang. Deze inschatting bestaat uit een tweetal bronnen, namelijk uit observaties en literatuuronderzoek. Binnen beide bronnen kan onderscheid gemaakt worden naar aspecten relevant voor sociale veiligheid, aspecten relevant voor ecologie en aspecten relevant voor het treffen van eventuele maatregelen. De diverse codes in de vorm van 'S' en 'E' verwijzen naar criteria voor sociale veiligheid en ecologie zoals deze in dit onderzoek geselecteerd zijn in de multi-criteria analyse vanaf pagina 22. De selectiewijze van deze criteria is gedaan aan de hand van het theoretisch kader.

A. Eigen observaties (zie bijlage 10):

Sociaal

- **S1:** Gebruikers van de onderdoorgang. Is er sprake van een functievervulling voor snel, langzaam of gemengd verkeer?
- **S3:** zichtbaarheid en overzichtelijkheid van de onderdoorgang. Deze determinanten worden bepaald op basis van de volgende elementen: geen zichtbelemmerende obstakels; geen hoge gesloten wanden; zicht vanuit omringende bebouwing; route door tunnels zo kort, zo breed en zo recht mogelijk; vlakke wanden zonder nissen of inspringingen.
- **S6:** Aanwezigheid van aspecten of voorwerpen die de sociale veiligheid negatief beïnvloeden. Het gaat dan om zwerfafval, graffiti, vernieling, tekenen van drugsgebruik en hangjongeren.

Ecologie

- **E3:** Aanwezigheid van een watergang.

Maatregelen

- **M1:** Aanwezigheid van schuine wanden, tussenwanden, middenbermen.
- **M2:** Horizontale breedte van de onderdoorgang: is er ruimte voor uitbreiding?
- **M3:** Afmetingen onderdoorgang (de lengte, breedte, hoogte).
- **M4:** Aanwezigheid van een faunapassage.
- **M5:** Aanwezigheid van kunstmatige verlichting

B. Informatie vanuit de literatuur:

Bovenstaande elementen worden aangevuld met de volgende aspecten, gevonden in de literatuur:

Sociaal

- **S3:** Aan de hand van randvoorwaarden voor de inrichting van openbare ruimte zoals gegeven in het *handboek veilig ontwerp en beheer* (Lopèz, 2008), in combinatie met eigen observaties, bepalen hoe de onderdoorgang scoort op aspecten van zichtbaarheid en overzichtelijkheid.
- **S4:** Geregistreerde criminaliteit. Het zal niet altijd even gemakkelijk zijn om directe criminaliteitscijfers in de betreffende onderdoorgang te bemachtigen. In dergelijke situaties is het aan te raden om uit te wijken naar de dichtstbijzijnde beschikbare data. In het geval van de onderdoorgangen in Utrecht is bijvoorbeeld gebruik gemaakt van buurtcijfers (Wist U data, 2009).
- **S5:** Geregistreerde incidenten overlast. Ook hier geldt het probleem van onbeschikbare, directe overlastcijfers betreffende de onderdoorgang. Weer geldt als optie om uit te wijken naar de dichtstbijzijnde beschikbare data.
- **S7:** Geregistreerde incidenten van vandalisme. Ook hier geldt het probleem van onbeschikbare, directe overlastcijfers betreffende de onderdoorgang. Weer geldt als optie om uit te wijken naar de dichtstbijzijnde beschikbare data.

Ecologie

- **E1:** Bepalen of de onderdoorgang gelegen is binnen de Ecologische Hoofdstructuur of de eventuele groenstructuur van de desbetreffende stad. Tijdens het analyseren van de onderdoorgangen in dit onderzoek is deze bepaling gedaan aan de hand van de kaart *Ecologische waarden* van Rijkswaterstaat en de gemeente Utrecht (2012) (bijlage 7).
- **E2:** Determineren van de aantallen beschermde soorten zoals deze zijn aangewezen op basis van Rode lijstsoorten, Oranje lijstsoorten (in het geval van Provincie Utrecht) en de Flora- en Fauna wet. Het is zeer tijdrovend om een dergelijk onderzoek zelf uit te voeren. Daarnaast is het mogelijk dat je als uitvoerder van het onderzoek niet over de juiste middelen en kennis bezit om het onderzoek uit te voeren. Daarom wordt geadviseerd om in eerste instantie te bepalen of er in de betreffende gemeente of provincie al recente natuursoorten onderzoeken beschikbaar zijn. Tijdens de analyse van de onderdoorgangen in dit onderzoek is bijvoorbeeld gebruik gemaakt van het *Gedetailleerd Natuursoortenonderzoek* uitgevoerd door Rijkswaterstaat (2012). Wanneer er geen (recente) natuursoorten onderzoeken beschikbaar zijn wordt aangeraden om enkele ecologen met de juiste kennis in te schakelen om dit onderzoek uit te voeren.

Stap 2: Multi-criteria analyse:

in de 2^e stap worden de observaties en het literatuuronderzoek uit de eerste stap in het kader van de uitgewerkte multi-criteria analyse geplaatst. Het opstellen van de multi-criteria analyse en de daarbij behorende selectie en weging van de criteria is behandeld in hoofdstuk 4. Het kader voor de multi-criteria analyse is dus al ontwikkeld en dient enkel ingevuld te worden met de specifieke data van de betreffende onderdoorgang(en). Zowel de tabel met criteria voor sociale veiligheid als de tabel met criteria voor de ecologie¹ worden ingevuld en afgewogen, zodat per onderdoorgang de status op het gebied van sociale veiligheid en ecologie bepaald kan worden.

Vervolgens worden beide tabellen gecombineerd in een nieuwe tabel, zodat bepaald wordt bij welk thema de prioriteit van de onderdoorgang ligt². Er zijn drie mogelijkheden:

¹ Zie pagina 27, 28 voor tabellen

² Zie pagina 24 en 26 voor wijze van categorisering.

- Sociale veiligheid
- Ecologische verbinding
- Sociale veiligheid en ecologische verbinding

Stap 3: selecteren maatregelen

In stap 3 staat het selecteren van de beste maatregel(en) voor de onderdoorgang centraal. Voor het kiezen van een geschikte maatregel of set van maatregelen moeten drie substappen doorlopen worden.

Stap 3.1 voorwaarden

Hoewel de multi-criteria de prioriteit van aandacht per onderdoorgang selecteert, zijn er bij selectie van een maatregel nog een aantal voorwaarden waarmee rekening gehouden moet worden:

De prioriteit ligt op sociale veiligheid

- Het verbeteren van de sociale veiligheid in de onderdoorgang staat centraal. Via de Flora- en Faunawet is het echter nog steeds vereist om rekening te houden met beschermde soorten in het gebied. Maatregelen ter verbetering van de sociale veiligheid mogen deze soorten dus niet negatief beïnvloeden, omdat in dergelijk geval de Flora- en Faunawet overtreden wordt.
- Op basis van de observaties en het literatuuronderzoek uit stap 1 is bepaald op welke punten de onderdoorgang op het gebied van sociale veiligheid zwak scoort. Daarnaast is het ook relevant om te onderzoeken hoe gebruikers de sociale veiligheid in de onderdoorgang waarderen en welke aspecten zij daarbij aangeven ter verbetering. Dit kan gemeten worden aan de hand van enquêtes of meedenkbijeenkomsten.

De prioriteit ligt op ecologische verbinding

- Het realiseren van een ecologische verbinding in de onderdoorgang staat centraal. Dit betekent echter niet dat de sociale veiligheid compleet buiten beschouwing gelaten kan worden. Hoewel uit de multi-criteria analyse kan blijken dat de sociale veiligheid in de onderdoorgang geen aandacht behoeft, kan uit ervaringen van gebruikers blijken dat zij zich wel onveilig voelen in de onderdoorgang. Het is van belang dat dergelijke meningen van belanghebbenden serieus genomen worden, omdat de onderdoorgangen naast het zijn van ecologische verbindingen ook gebruiksvriendelijk voor mensen moeten zijn. Als deze meningen van belanghebbenden nog niet voorhanden zijn, kan deze kennis verzameld worden door middel van enquêtes of het organiseren van meedenkbijeenkomsten.
- In veel gevallen zal het niet mogelijk zijn om de onderdoorgang als een volwaardig ecologisch netwerk in te richten. De diverse aanwezige (beschermde) soorten hebben wisselende habitatpreferenties, waar de onderdoorgang niet in alle gevallen aan kan voldoen. Het is daarom van belang om per onderdoorgang doelsoorten te selecteren³.

De prioriteit ligt op sociale veiligheid en ecologische verbinding

Omdat in dit geval zowel het verbeteren van de sociale veiligheid als het realiseren van een ecologische verbinding centraal staat in de onderdoorgangen, dient rekening gehouden te worden met alle bovengenoemde aspecten.

Deze aspecten zijn niet bepalend voor het verleggen van de prioriteit, maar zijn wel van invloed op de mogelijke maatregelen die in de onderdoorgang getroffen kunnen worden. Op

³ Zie voor uitleg bijlage 4.

deze manier is het mogelijk om een prioriteit te stellen op het gebied van aandacht in de onderdoorgang, maar wordt voorkomen dat het stellen van deze prioriteit negatief uitpakt voor het aspect dat buiten beschouwing gelaten wordt.

Stap 3.2 contextfactoren

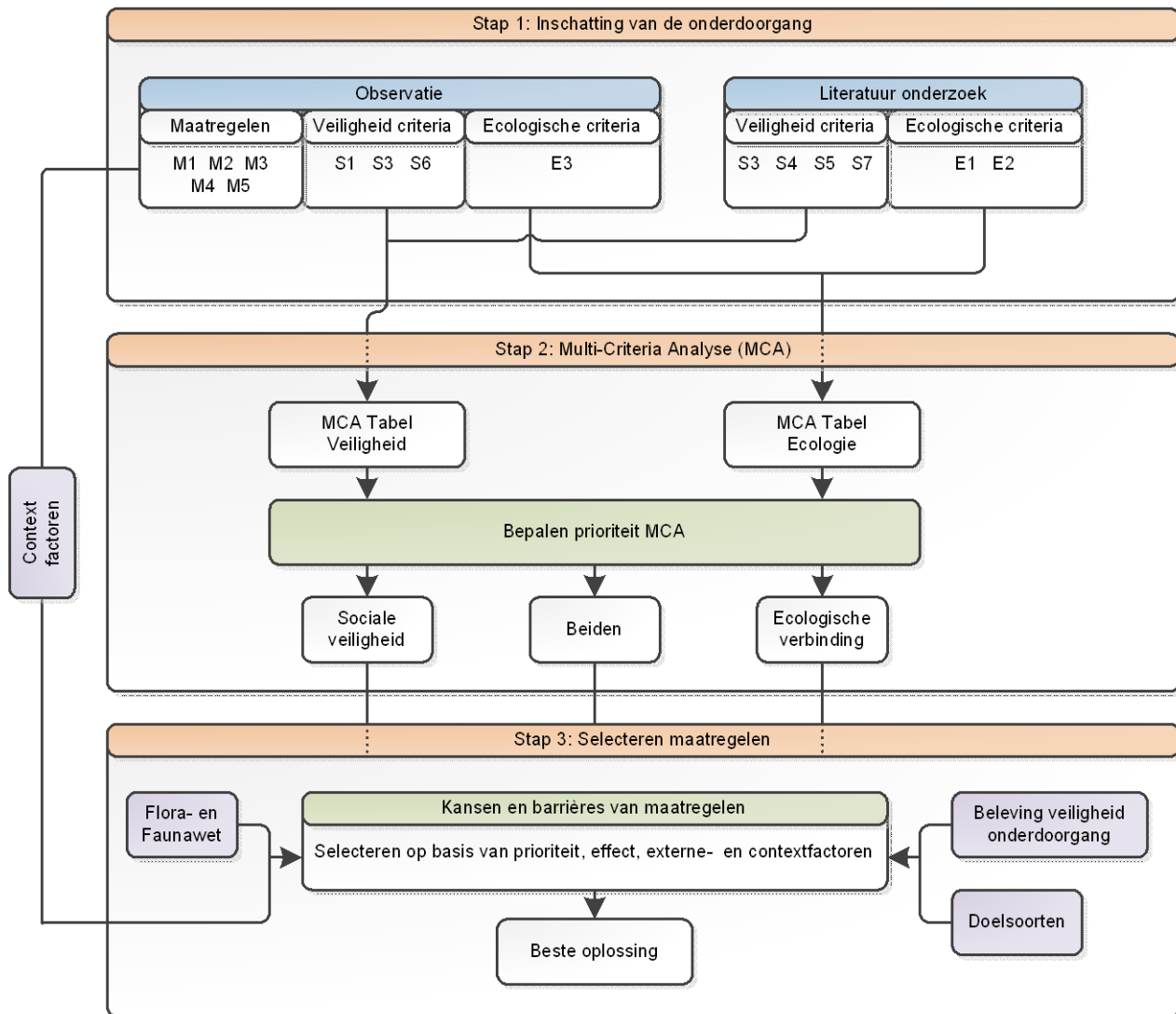
Voordat een geschikte maatregel of set van maatregelen gekozen kan worden, moet eerst bepaald worden welke mogelijkheden binnen de huidige constructie van de onderdoorgang liggen. Hiervoor dienen de volgende observaties uit stap 1 geraadpleegd te worden: S1, E3, M1, M2, M3, M4, M5.

Stap 3.3 Effectiviteit

In stap 1 zijn op basis van observaties en literatuuronderzoek per onderdoorgang de aandachtspunten op het gebied van sociale veiligheid en ecologie vastgesteld. Afhankelijk van de prioriteit, zijn het deze zwakke punten die bij het selecteren van maatregelen verbetering behoeven. Bij het aanwijzen van maatregelen dient daarom een terug koppeling gemaakt te worden naar stap 1 om de effectiviteit van de maatregel te bepalen.

Het selecteren van een prioriteit en het doorlopen van deze drie substappen bepalen de randvoorwaarden van de maatregelen die geselecteerd kunnen worden. Het selecteren van de beste maatregel of set van beste maatregelen geschied op basis van de verschillende kansen- en barrièretabellen die per maatregel in hoofdstuk 5 zijn opgesteld. Een overzicht van de kans en barrièretabellen zijn te vinden in bijlage 8. Deze lijst van maatregelen is niet uitputtend. Zeker met het oog op technische ontwikkelingen binnen het gebied van LED verlichting en vegetatielampen, zullen zich in de toekomst nieuwe mogelijkheden aanbieden.

Door de kansen en barrière tabellen tegenover elkaar te zetten, kan er een afweging gemaakt worden tussen de toepasbaarheid van de maatregelen voor de desbetreffende onderdoorgang. Het is aannemelijk dat, wanneer een maatregel voor de geselecteerde prioriteit meer kansen dan barrières bevat, deze dan goed toepasbaar is op de onderdoorgang. De selectie van een maatregel per onderdoorgang moet echter ook geschieden op basis van logische beredenering, waarbij niet enkel de kwantiteit van het aantal kansen en barrières centraal staan, maar ook de inhoudelijke aspecten van de kansen en barrières. Deze inhoudelijke aspecten worden gevormd door substap 3.1 tot en met 3.3. Tot slot is het mogelijk dat een maatregel meer kansen dan barrières beschrijft, maar dat deze barrières wel dusdanig zwaar meewegen dat ze de kansen teniet doen. Op basis van deze drie stappen kan uiteindelijk de beste oplossing of set van oplossingen geselecteerd worden voor elk willekeurige onderdoorgang. Bovenstaande stappen zijn schematisch weergegeven in de *flow chart* in figuur 8.



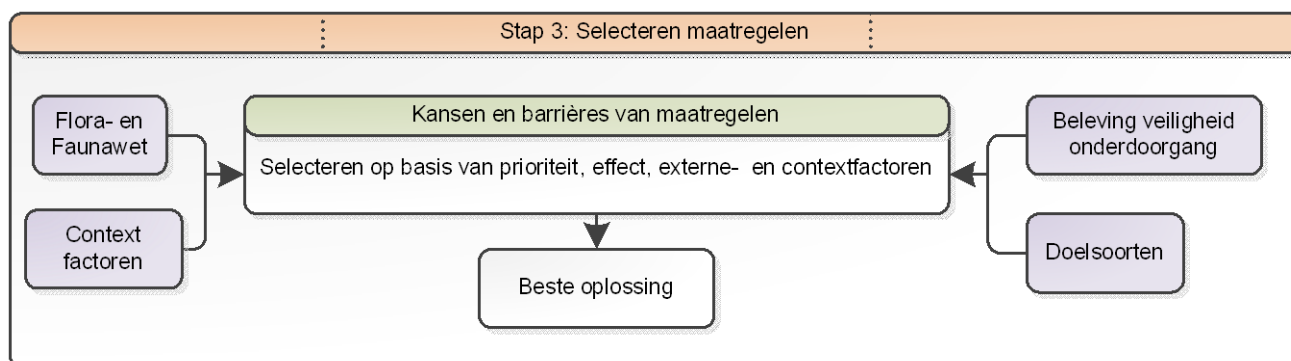
Figuur 8: Stappenplan voor selecteren beste maatregel per onderdoorgang

6.2 Onderdoorgangen planstudie Ring Utrecht A27/A12:

Van de 8 onderdoorgangen die binnen de planstudie vallen, zijn de observaties, literatuur en daarmee ook de multi-criteria analyses al uitgevoerd. Hierdoor zal dus alleen de laatste stap relevant zijn voor de desbetreffende onderdoorgang, namelijk het selecteren van maatregelen die passen bij de omgeving van de onderdoorgang. Bij gebruik van deze *flow chart* dient echter wel gekeken te worden of de literatuur en observaties die gebruikt zijn, nog relevant zijn (jaartallen van data bekijken en beoordelen of deze nog representatief zijn, (bijlage 9). Wanneer dat niet het geval is, moet gebruik worden gemaakt van de complete *flow chart*.

7. Case study: Onderdoorgang de Kromme Rijn

In de loop van dit onderzoek is een stappenplan ontwikkeld. Dit stappenplan wordt hier toegepast op onderdoorgang de Kromme Rijn om voor deze onderdoorgang maatregelen te vinden die geschikt zijn om de sociale veiligheid en/ of de ecologie te verbeteren. Hiervoor is enkel stap 3 van het stappenplan van toepassing, deze stap wordt hieronder weergegeven:



Figuur 9: Stap 3, selecteren van maatregelen

Als eerste stap wordt uit de reeds bestaande multi-criteria analyse afgelezen waar de prioriteit ligt: bij sociale veiligheid en/of ecologie. Uit tabel 8 blijkt dat de prioriteit voor Kromme Rijn ligt bij de ecologie. Echter, onafhankelijk van deze prioriteit moet er rekening gehouden worden met minimumeisen. De factoren die in overweging genomen moeten worden zijn de resultaten uit de bewonersverslagen en de aanwezig soorten die voorkomen in de Flora- en Faunawet zijn in de Kromme Rijn. Hieronder worden beide aspecten nader geïdentificeerd.

Bewonersverslagen

Bij de meedenkbijeenkomst in cluster midden zijn de onderdoorgangen bij de Uithof en de Kromme Rijn besproken. De onderdoorgang de Kromme Rijn is volgens aanwezigen te donker, te laag en het pad is niet breed genoeg. Op drukke dagen hinderen de verschillende weggebruikers elkaar. Ook is de overgang tussen het pad en het water niet veilig. Er is gebrek aan een goed hek. Bij het Jaagpad hangen vaak drugsgebruikers, is de bestrating slecht en worden de struiken en bomen slecht gesnoeid. De concrete ideeën van de aanwezigen zijn: verlagen van het fietspad waardoor de ruimte hoger, lichter en prettiger wordt, verbreden van het pad om conflicten tussen fietsers en voetgangers te verminderen, de opening van de onderdoorgang verbreden om meer ruimte te creëren voor pad en rivier, verbeteren van de lichtinval door ruimte te laten tussen de verschillende weggedelen, de wanden van de onderdoorgang schuin aangelegd om graffiti-spuisers te ontmoedigen en de struiken bij de ingang vaker snoeien om de beeldkwaliteit te verbeteren (Rijkswaterstaat, 2011b). Uit deze meedenkbijeenkomst is dus gebleken dat gebruikers de onderdoorgang als sociaal onveilig waarden. Zij zien graag dat er aanpassingen gemaakt worden om de sociale veiligheid te bevorderen en komen zelfs al met enkele suggesties.

Geselecteerde doelsoorten voor onderdoorgang de Kromme Rijn

- De egel
- De ringslang
- De gewone pad
- De kleine watersalamander

- De gewone dwergvleermuis
- De watervleermuis
- De laatvlieger
- De rosse vleermuis
- De Ruige dwergvleermuis.

Deze soorten vallen allemaal onder flora- en faunawet. Daarmee is Rijkswaterstaat verplicht om rekening te houden met deze doelsoorten en maatregelen uit te voeren om hinder aan deze dieren zoveel mogelijk te voorkomen. In bijlage 4 is een overzicht te vinden met de inventarisatie van de beschermde, Rode –en Oranje lijst soorten in het gebied rondom de onderdoorgang de Kromme Rijn. In deze bijlage zijn ook de habitattypen te vinden voor elk van deze soorten. Met deze informatie zijn de doelsoorten voor de onderdoorgang de Kromme Rijn bepaald. Soorten die direct afvallen zijn de plantensoorten. Geen van deze planten zijn schaduwplanten en zullen niet kunnen groeien in een onderdoorgang, zelfs niet met vegetatielampen (Veenendaal en van Grunsven, 2012; Barendregt, 2012). Ook de ree valt af, omdat deze soort te groot is en te veel ruimte nodig heeft, om van een ecologische verbinding gebruik te maken, de verbinding zou dan minimaal 2,5 meter breed en 2,5 meter hoog moeten zijn (MJPO, 2011; Schouten, 2012). En ten slotte zullen dagactieve soorten geen gebruik gaan maken van een onderdoorgang, doordat er te weinig natuurlijk daglicht binnen valt. Gevolg is dat de doelsoorten alleen nachtdieren zijn.

Hoewel uit de multi-criteria analyse is gebleken dat de aandacht voor verbetering in de Kromme Rijn voornamelijk op de ecologie ligt, blijkt uit de meedenkbijeenkomst van belanghebbende dat de sociale veiligheid niet compleet buiten beschouwing gelaten kan worden. Het merendeel van de gebruikers voelt zich onprettig in de onderdoorgang. Omdat de ecologie op deze locatie een belangrijke rol speelt wegens de ligging van de onderdoorgang in een natuurgebeid, zal de prioriteit bij het selecteren van maatregelen op dit thema blijven liggen. Uitgangspunt vormt dus selectie van maatregelen die de ecologische waarden in de onderdoorgang zullen verbeteren, maar waarbij wel rekening wordt gehouden met de aangegeven gevoelens van onveiligheid.

Om geschikte maatregelen te kiezen moet eerst bepaald worden wat binnen de huidige constructie van de onderdoorgang mogelijk is. Dit gebeurt op basis van observaties van afmeting, aanwezigheid van roosters, verlichting, waterstromen enzovoorts.

De huidige constructie

Onderdoorgang de Kromme Rijn is 2,3 meter hoog en ongeveer 60 meter lang. De rivier de Kromme Rijn loopt er onder door en aan allebei de kanten van de rivier loopt een pad onder de onderdoorgang; aan de ene kant alleen geschikt voor voetgangers, aan de andere kant ook voor fietsers en bestemmingsverkeer in de vorm van auto's. De onderdoorgang heeft schuine wanden, waarop sprake is van graffiti. Tevens hangen er boven de schuine wanden enkele lampen verspreid. Er is al sprake van roosters tussen de wegbanen van de snelweg, hierdoor valt op enkele plaatsen natuurlijk licht in de onderdoorgang. Op deze plaatsen is sprake van algenvorming. Naast onderdoorgang ligt een faunapassage in de vorm van een kleine faunatunnel.

Kiezen van maatregelen op basis van kansen- en barrièretabellen.

De voorstellen die gedaan zijn tijdens de meedenkavond zijn vooral constructieve maatregelen. Zoals bij de maatregel 'constructieve aanpassingen' blijkt is dat deze maatregelen erg kostbaar en moeilijk realiseerbaar zijn. Dit geldt ook voor de Kromme Rijn omdat er een snelweg boven ligt en de ruimte rond de onderdoorgang beperkt is. Tevens ligt

het in een natte omgeving. Er wordt hier uitgegaan van een beperkt budget en daarom kunnen constructieve maatregelen beter vermeden worden. De enige constructieve maatregel die overwogen kan worden is het inkorten van de schuinen wanden om zo het pad te verruimen, omdat dit de enige constructieve maatregel is die gerealiseerd zou kunnen worden met een beperkt budget (zie bijlage 8). De kosten die nodig zijn voor deze maatregel moeten afgewogen worden tegen de ernst van het probleem van ruimte gebrek. Voor deze mogelijkheid is nog wel een constructieve evaluatie nodig.

Het functioneren van de aanwezige aparte faunapassage moet volgens het stappenplan geëvalueerd worden. Hoe de passage functioneert, is op dit moment onbekend. Hier is verder onderzoek voor nodig. Mocht blijken dat de faunapassage niet voldoende functioneert, dan kan er overwogen worden om een geul met structuren zoals takken en bladeren te realiseren aan de rand van de weg van de rivierkant. Op dit moment is in ieder geval waarschijnlijk dat de bestaande faunapassage niet gebruikt wordt door padden. Padden hebben namelijk behoefte aan open ruimte (Veenendaal en van Grunsven, 2012). Voor deze doelsoort is dus een andere oplossing nodig. Een geschikte oplossing voor zowel padden als watersalamanders is het aanbrengen van oevers in het deel van de Kromme Rijn dat door de onderdoorgang loopt. Het aanbrengen van oevers moet wel in overeenstemming gebeuren met de aanwezige kanorecreatie. De oevers kunnen tevens zorgen voor een sociaal veiliger gevoel, als alternatief voor een hek.

Gezien de aanwezigheid van vijf vleermuissoorten rond de onderdoorgang Kromme Rijn is het installeren van vleermuisvriendelijke verlichting een geschikte maatregel. Bij het installeren van deze verlichting kan eventueel rekening gehouden worden met het bestaande systeem van verlichting in de onderdoorgang. Er kan voor gekozen worden om deze vleermuisvriendelijke verlichting ook overdag te laten branden voor de sociale veiligheid, maar gezien de slechtere kleurherkenning zijn solar tubes overdag meer geschikt om sociale veiligheid te verbeteren. De solar tubes kunnen geïnstalleerd worden door gebruik te maken van de aanwezige roosters, zoals bij figuur 10. Een voordeel is dat er door solar tubes direct zonlicht binnen valt. Dit geeft voor mensen de beste kleur- en gezichtsherkenning. Om het verlichtende effect van de solar tubes verder te ondersteunen, kunnen de schuinen wanden van de onderdoorgang wit geschilderd worden. Uit de kansen- en barrièretabel blijkt dat deze maatregel gevoelig is voor graffiti. Daarom wordt aangeraden om de witte verf te combineren met een anti-graffiti coating. Zoals is gebleken uit het theoretisch kader kan het creëren van meer licht in de onderdoorgang ook de aanwezigheid van drugsgebruikers verminderen.

Kromme
Rijn



 =
Mogelijkheid
Solartube



Figuur 10: Mogelijkheid voor de plaatsing van solar tubes.

Nu de maatregelen nader onderzocht zijn, ziet het er naar uit dat de verbreding van de onderdoorgang met name zal dienen om het conflict tussen voetgangers en fietsers te verminderen. Aangezien de prioriteit voor de Kromme Rijn ligt op ecologie kan het beste besloten worden om het benodigde geld te steken in het realiseren van oevers. Verbreding is vanuit een ecologisch oogpunt alleen zinvol als de ruimte gebruikt kan worden om structuren en/of vegetatie aan te brengen en daarmee het contact met menselijk verkeer verminderd wordt. Bovendien is er een simpelere en goedkopere optie om conflicten tussen fietsers en voetgangers te verminderen: het scheiden van rijbanen door het afbakenen van een apart voetpad en fietspad via verkeersborden en kleuren (rood voor een fietspad, grijs voor een voetpad). Het snoeien van begroeiing zoals voorgesteld tijdens de meedenkavonden wordt afgeraden omdat begroeiing een functie van beschutting heeft voor aanwezige fauna.

De voorgestelde maatregelen voor onderdoorgang de Kromme Rijn zijn dus:

- Oevers aanbrengen
- Vleermuisverlichting installeren
- Solar tubes installeren
- Schuinen wanden wit schilderen
- Het duidelijk afbakenen van verkeersbanen

Als laatste zou er bij elke onderdoorgang een informatiebord geplaatst kunnen worden die de gebruikers verteld over de functie van de genomen maatregelen, zoals vleermuisverlichting, oevers en solar tubes. Op die manier kunnen de gebruikers het doel achter de inrichting begrijpen en de maatregelen wellicht meer waarderen. Dit is echter geen garantie dat dit ook werkelijk gebeurt. In veel gevallen helpt een bord niet tegen vandalisme en vervuiling van bijvoorbeeld een faunapassage (Schouten, 2012).

8. Advies

Met dit onderzoek is getracht de volgende hoofdvraag te beantwoorden:

‘Wat is de beste oplossing voor het verbeteren van de onderdoorgangen onder de A12 en A27 op het gebied van sociale veiligheid en/of ecologie?’

Aan het begin van dit onderzoek bleek echter dat er niet één beste oplossing is voor alle onderdoorgangen, maar dat de oplossing afhankelijk is van de sociale en ecologische context van een bepaalde onderdoorgang.

Daarom werd tijdens dit onderzoek naar sociaal veiligere en ecologisch waardevollere onderdoorgangen een stappenplan ontwikkeld voor het selecteren van maatregelen, afgestemd op de prioriteiten in een specifieke onderdoorgang. Uiteindelijk wordt dit stappenplan weergegeven in een flowchart⁴ die gebruikt kan worden voor elke willekeurige onderdoorgang. De prioriteiten zijn onderverdeeld in drie categorieën: sociale veiligheid, ecologie of beiden. De prioriteit wordt bepaald aan de hand van een multi-criteria analyse die zeven criteria voor sociale veiligheid bevat en drie voor ecologie. Hoewel deze methode oorspronkelijk ontwikkeld is voor acht geselecteerde onderdoorgangen rond de A12/A27 Utrecht, is deze methode naar verwachting ook toepasbaar voor andere onderdoorgangen met langzaam en gemengd verkeer in Nederland.. De maatregelen die in dit onderzoek aanbod komen zijn: constructieve maatregelen, faunapassages, kunstmatige verlichting, plaatsen van spiegels, solar tubes en optisch bedrog.

Om het stappenplan te toetsen, is het toegepast op onderdoorgang de Kromme Rijn. Tijdens het eerste gedeelte van het onderzoek zijn er observaties gedaan en is er informatie verzameld om inzicht te krijgen van de problematiek die speelt rond deze onderdoorgang. Door de multi-criteria analyse uit te voeren, bleek de prioriteit bij de Kromme Rijn op ecologie te liggen. Als gevolg daarvan zijn bij stap drie doelsoorten geselecteerd door gebruik te maken van dezelfde literatuur als bij criterium E2: het determineren van beschermde, Rode –en Oranje Lijst soorten. Om ook de sociale veiligheid te kunnen waarborgen is er rekening gehouden met wensen die genoemd zijn tijdens een meedenkavond over het gebied de Kromme Rijn. Vervolgens zijn de kansen- en barrière tabellen voor alle maatregelen doorlopen door per maatregel een afweging te maken op basis van de bestaande bouw, de meedenkavond, doelsoorten en de prioriteit (ecologie). Er is hier vooral gekeken naar maatregelen die op de eerste plaats een positief effect hebben op de ecologie, maar ook naar maatregelen die de sociale veiligheid ten goede komen zonder de ecologie te schade. Op basis daarvan worden de volgende maatregelen voor Kromme Rijn gezien als het meest geschikt:

- Oevers aanbrengen langs de Kromme Rijn
- Vleermuisverlichting installeren
- Solar tubes installeren
- De bestaande schuinen wanden wit schilderen
- Het duidelijk afbakenen van de aanwezige verkeersbanen

Om een afgestemd maatregelenpakket te selecteren voor de overige zeven onderdoorgangen uit dit onderzoek hoeft slechts uit de multi-criteria analyse afgelezen te worden waar de prioriteit ligt voor die specifieke onderdoorgang. Direct daarna volgt stap drie: het selecteren van maatregelen. Bij deze stap dient de uitvoerder, net als bij Kromme

⁴ Voor flowchart, zie pagina 50

Rijn, een afweging te maken op basis van de kansen- en barrière tabellen en aan de hand van eigen redeneringen door rekening te houden met de prioriteit, effect-, externe- en contextfactoren. Als er meer dan een half jaar zit tussen dit onderzoek en het uitvoeren van het stappen plan, dan dient de uitvoerder bij aanvang eerst te beslissen of de gebruikte informatie in dit onderzoek nog representatief is voor de huidige situatie, of dat er op dat moment wellicht nieuwe cijfers beschikbaar zijn. Mocht de informatie niet voldoen, dan dient de data en eventueel de uitkomst van de multi-criteria analyse te worden aangepast aan de nieuwe situatie.

Wanneer het gaat om het bepalen van maatregelen voor een onderdoorgang die niet aanbod is gekomen in dit onderzoek, dient het hele stappenplan doorlopen te worden: van het verzamelen van informatie, naar de multi-criteria analyse tot het selecteren van de beste oplossing.

9. Discussie

Aangezien dit onderzoek uitgevoerd is binnen een vrij kort tijdsbestek van ongeveer acht weken kunnen er een aantal kanttekeningen geplaatst worden bij de uitkomsten. Hieronder zullen een aantal belangrijke kanttekeningen besproken worden.

Als eerste bleek dat veel onderzoek naar de gevolgen van kunstmatig licht op flora en fauna heeft plaatsgevonden in een laboratorium setting en dus is er meer veldonderzoek nodig. Op het moment loopt er een uitgebreid onderzoek naar effecten van lichtvervuiling op flora en fauna in Nederland. Vier jaar lang gaan wetenschappers van Wageningen University, de Stichting Veldonderzoek Flora en Fauna (VOFF) en het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) op veertig locaties onderzoek doen naar de invloed van kunstlicht op flora en fauna in Nederland. *“Impact of artificial light on flora and fauna in The Netherlands”*. Het onderzoek is in 2010 van start gegaan. Om deze kennisleemte enigszins op te vullen zijn Elmar Veenendaal en Roy van Grunsven geïnterviewd. Zij betrokken bij dit onderzoek over kunstlicht. Desondanks kan het voor de gebruiker van het stappenplan nuttig zijn om de uitkomsten van dit onderzoek te volgen.

Het effect van gekleurde verlichting op zowel mens als flora en fauna bleek een onderwerp met diverse tegenstrijdigheden en onzekerheden. Daarnaast zal de mate van verstoring door kunstmatige verlichting ook afhangen van de verlichting in de omgeving van de onderdoorgang. Zo zou het nodig kunnen zijn om ook vleermuisvriendelijke verlichting buiten de onderdoorgang te installeren. Dit is echter buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek. Verder is dit onderzoek niet in detail ingegaan op nationale richtlijnen voor tunnels- en onderdoorgangen en technische aspecten van verlichting.

In de loop van het onderzoek bleek dat de gebruikte multi-criteria analyse enkele gebreken bevatte. Allereerst is in dit onderzoek onderdoorgang de Kromme Rijn als case study aangewezen door Rijkswaterstaat, omdat bij deze onderdoorgang zowel de sociale veiligheid als de ecologie belangrijke verbeterpunten zijn. Uit de multi-criteria analyse van dit onderzoek is echter gebleken dat ecologie prioriteit verdient boven de sociale veiligheid, terwijl de sociale veiligheid duidelijk ook verbeterpunten behoeft. Deze tegenstrijdige uitslag van de multi-criteria analyse bij de Kromme Rijn komt waarschijnlijk doordat de bewonersrapporten niet direct zijn meegenomen in het criteria subjectieve gevoel van onveiligheid.

Ten tweede werd in het criterium ‘subjectieve gevoel van onveiligheid’ al aangegeven dat de multi-criteria analyse nuancerend nodig heeft. Er is gebruik gemaakt van data per subwijk en niet specifieke data van de onderdoorgangen. Omdat momenteel geen data beschikbaar is over de situatie op het gebied van sociale veiligheid in de onderdoorgangen, is hier nog nader onderzoek voor nodig.

Ten derde zijn er aanvullende criteria denkbaar, zoals de frequentie van gebruik van een onderdoorgang. Dit criterium is niet meegenomen in dit onderzoek omdat het niet direct in te delen viel bij de categorieën sociale veiligheid en ecologie.

Ten vierde, kan betwist worden of sociale veiligheid en ecologie nog wel goed te vergelijken zijn omdat sociale veiligheid zeven criteria heeft en ecologie drie.

Ten vijfde, komen de gebruikte cijfers bij de criteria van sociale veiligheid uit 2009, aangezien dit de meest complete dataset is. De vraag is echter of deze cijfers nog wel recent genoeg zijn, er kunnen veranderingen zijn opgetreden welke wij nu over het hoofd hebben gezien.

Ten zesde, kan de wegingsfactor die gebruikt wordt in de multi-criteria analyse bekritiseerd worden. Als bijvoorbeeld de gemiddelde criminaliteitscijfers in Utrecht erg hoog zijn, dan

wordt het beeld erg vertekend. Je zou dan kunnen denken dat er erg weinig criminaliteit is maar dit is slechts relatief.

Ten zevende, is het subjectieve gevoel van onveiligheid dubbel geteld, aangezien de omwonende aangeven dat ze zich onveilig voelen in donkere ruimtes. Dit heeft echter weinig effect bij de uitkomsten van tabel 6. Aan de hand van onze wegingmethode is het gevoel van onveiligheid alleen negatief bij fietsverbinding Waijensedijk. Dit komt doordat het gemiddelde van Utrecht hoger is dan alle andere onderdoorgangen in ons onderzoek.

Ten achtste, is er in eerste instantie ook gebruik gemaakt van absolute cijfers wat betreft de subwijken. Er is gekeken naar het aantal inwoners, de oppervlakte en de bevolkingsdichtheid. Deze data bracht geen tegenstrijdigheden in de uitkomst van onze multi-criteria analyse. Daarom voegen de absolute cijfers weinig toe aan het onderzoek en zijn ze niet relevant om te vermelden in dit onderzoek.

Als laatste is in dit onderzoek gekozen voor de multi-criteria analyse, er zijn misschien nog andere analyse mogelijkheden. Mogelijk zullen er uit andere analyse methoden andere uitkomsten komen.

In dit onderzoek is gekozen voor het selecteren van doelsoorten op basis van de beschermde status volgens de Flora- en Faunawet en Oranje- en Rode lijst soorten. Dit is gedaan omdat hier de beste gegevens voor beschikbaar waren en omdat is aangenomen dat deze soorten belangrijk zijn voor het behouden van de biodiversiteit. Het doel van de onderdoorgang is het minder kwetsbaar maken van populaties van deze soorten. Er kan echter ook de behoefte zijn om de onderdoorgang te laten functioneren als passage door algemene soorten, zoals het konijn. Ook insecten zijn buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek. Toekomstige uitvoerders van het stappenplan kunnen de keuze maken om doelsoorten te selecteren uit een breder spectrum van soorten.

Ruimtelijke ontwikkelingen zijn niet altijd onderzocht voor de geselecteerde onderdoorgangen, maar het is wel een punt waar rekening mee gehouden kan worden om te bepalen of er ingezet moet worden op maatregelen ter bevordering van ecologie. Een onderdoorgang inrichten als faunapassage in een gebied dat binnen afzienbare tijd wordt omgevormd tot bedrijventerrein lijkt namelijk niet zinvol (Schouten, 2012).

In dit onderzoek is tevens aangegeven dat er nagegaan moet worden of een bestaande faunapassage naar behoren functioneert. Door tijdsgebrek is dit niet gedaan in dit onderzoek. Het bepalen van het functioneren van een faunapassage is vrij complex. Vragen over welke soorten wanneer gebruik zouden moeten maken van een passage voordat het als functioneel gezien wordt, worden door voor- en tegenstanders van faunapassages verschillend beantwoord. Het is dus belangrijk dat deze uitgangspunten van tevoren worden vastgesteld (Schouten, 2012).

Als laatste opmerking over het onderdeel ecologie, is de factor klimaatverandering in dit onderzoek niet meegenomen. Als het klimaat verandert kunnen de flora en fauna soorten die gebruik zullen maken van de onderdoorgang veranderen. Dit zou de keus van maatregelen kunnen beïnvloeden (Rebel, 2011).

De maatregelen die in dit onderzoek onderzocht zijn, zijn vastgesteld op basis van een brainstormsessie, literatuuronderzoek en interviews. Zoals in het stappenplan omschreven wordt zijn er ook nog andere maatregelen mogelijk en zijn kansen- en barrière aan te vullen. Een maatregel die overwogen kan worden bij het aanleggen van nieuwe wegen boven de onderdoorgang in de toekomst is bijvoorbeeld het bewust creëren van open ruimte tussen de wegbanen boven, zodat op die manier overdag meer lichtinval ontstaat.

Verder is er erg oppervlakkig gekeken naar de kosten van de maatregelen. Het is echter wel van belang voor een overheidsinstantie om zelf te bepalen en te onderzoeken wat een haalbaar budget is. In het vervolg zou er een uitgebreidere kosten –en baten analyse

gemaakt kunnen worden. Wanneer er geld uitgegeven wordt aan een bepaalde maatregel of maatregelen is het geld niet meer beschikbaar voor andere projecten, het is eenmalig inzetbaar.

Daarnaast blijkt dat, voor zover bekend, de toepassing van vegetatielampen in openbare ruimte nog nooit is toegepast. Als gevolg daarvan is er veel onduidelijkheid over de bevordering van plantengroei en de invloed van deze lampen op sociale veiligheid. Daarbij wordt er nog onderzoek gedaan naar vegetatielampen op basis van LED verlichting in het *improvement center* in Bleiswijk (Labyrint, 2010). Omdat er dus nog volop experimenten lopen en onderzoek gedaan wordt, wordt er aangeraden om de vorderingen op dit gebied te volgen. Toepassing van vegetatielampen in onderdoorgangen lijkt momenteel nog veel barrières te hebben, maar nieuwe ontwikkelingen kunnen deze barrières wellicht wegnemen en mogelijk omzetten in kansen.

In het volgende hoofdstuk worden aanbevelingen gedaan voor aspecten die dit onderzoek naar onderdoorgangen verder kunnen aanvullen.

10. Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden concrete aanbevelingen gegeven voor praktische toepassingen en mogelijk vervolgonderzoek. In de loop van dit onderzoek zijn wij tegen aspecten aangelopen die bewust niet in het advies zijn verwerkt. De reden hiervoor kan zijn het gebrek aan tijd of het vallen buiten de afbakening van dit onderzoek.

10.1 Effect geluid op fauna.

Ten eerste zijn er de factoren die nog niet zijn onderzocht, maar die wel invloed hebben op de functionaliteit van een onderdoorgang als ecologische verbinding. Deze factoren worden genoemd in bijlage 5. Één factor is in dit geval erg belangrijk, namelijk het effect van verkeerslawaaï. De snelweg boven de onderdoorgang produceert geluid. Het geluid is in en om de onderdoorgang goed te horen. Fauna kan last ondervinden van geluid wanneer deze over bepaalde waarden overschrijdt. Factoren waar rekening mee gehouden moet worden zijn de intensiteit, continuïteit, de frequentie van het geluid, de weerstand van de omgeving voor het doorgeven van het geluid of de heersende windrichting. Ook soorten onderling kunnen sterk verschillen in de gevoeligheid met betrekking tot het geluid. Dit speelt niet alleen een rol in hun fysiologische eigenschappen maar ook op de gedragseigenschappen van de soort en in hoeverre zij zich kunnen aanpassen aan het geluid (Kleijn, D. 2008). Het effect van het geluid op de gebiedsspecifieke fauna is niet bekend, hiervoor is verder onderzoek nodig en moeten grenswaarden per soort vastgesteld worden.

10.2 Doelsoorten afstemmen

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de aanwezige soorten rond de onderdoorgangen. Ook is gekeken naar de aanwezigheid van de EHS of groenstructuur. Deze soorten stemmen niet helemaal af met de doelsoorten die de provincie Utrecht heeft afgesteld.

Bij de selectie van doelsoorten kan handig gebruik worden gemaakt het EHS-beleid van de provincie. De Kromme Rijn is een zogenaamde ecologische verbindingszone en hiervoor heeft de provincie in het verleden een lijst met gids- of doelsoorten samengesteld. Hier is dus al eens over nagedacht. Er zou een extra criterium kunnen worden opgesteld door te kijken in hoeverre deze lijst overeenkomt met de soorten die er nu al voorkomen en voor welke soorten nog iets aan de inrichting zou moeten gebeuren. Deze informatie is te vinden op de website van de provincie Utrecht.

Voor de planstudie Ring Utrecht vormt deze provinciale doelsoortenlijst ook het vertrekpunt voor eventuele maatregelen aan de ecologische verbindingszones; uiteindelijk is de provincie toch het bevoegd gezag waar het de EHS betreft en zullen ze met de provincie moeten afstemmen. Oftewel, voor Rijkswaterstaat is een vergelijking met deze doelsoortenlijst een aanbeveling voor vervolgonderzoek als extra criterium voor de multi-criteria analyse.

10.3 Interpretatie omgeving van ecologische verbinding.

Verder speelt ook een rol van betekenis hoe de omgeving tegen de ecologische verbinding aankijkt. Een eenvoudig houten loopplankje boven een watergang kan druk gebruikt worden door een hele reeks diersoorten, maar in de beleving van omwonenden of passanten scoort die als corridor toch al gauw lager dan een mooi ingerichte vegetatierijke zone waar in de praktijk alleen maarhuiskatten en bruine ratten doorheen lopen. Voorlichting kan dan veel goed maken. Dit is een onderdeel wat ook niet onderzocht is, waar vervolgonderzoek wel goed voor zou zijn. Door alterra is hier een verkennende studie naar *gedaan "Groen voor corridors, corridors voor groen? Een verkennende studie naar groene kansen binnen corridors"*.

10.4 De uitvoering van maatregelen

Vervolgens zijn er nog een aantal voor de uitvoer van maatregelen. Bij het uitvoeren van de bedachte maatregelen zullen er misschien nog een aantal problemen zijn waar in dit onderzoek nog niet naar gekeken is. Hierbij moet gedacht worden aan energie -en water voorziening en de uitwerking van sommige maatregelen.

Energie

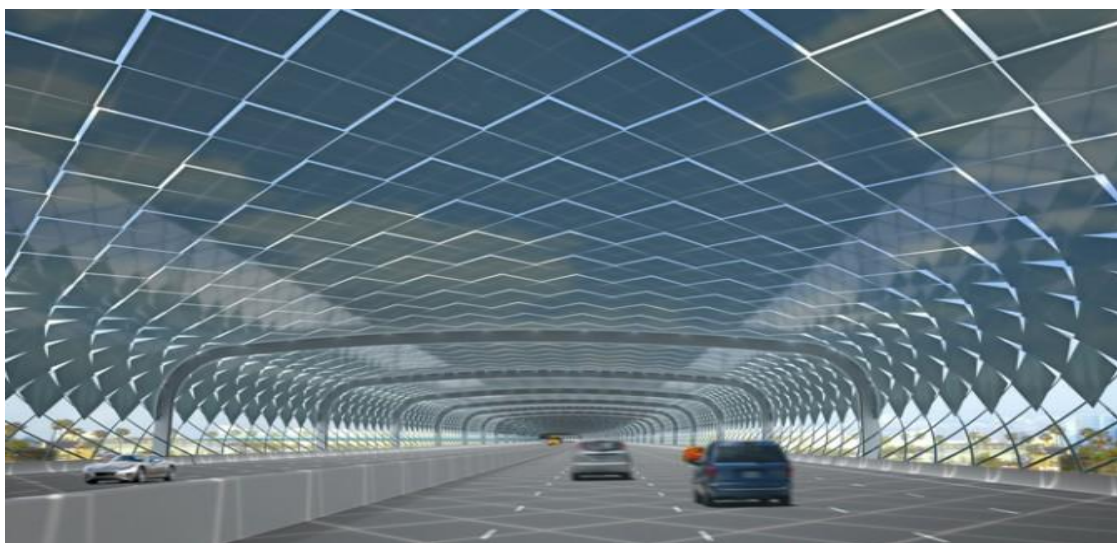
De onderdoorgangen moeten goed verlicht zijn om de sociale en misschien wel ecologische doelen te halen. Hiervoor is energie nodig. Aangezien de snelweg zorgt voor verduistering in de onderdoorgang is het verantwoord ook na te denken over hoe de snelweg kan zorgen voor de verlichting. Wanneer de snelwegen verbreed worden, kan men zonnepanelen installeren in de geluidswal waarmee de onderdoorgang verlicht kan worden. Ook kan een overkapping zoals in figuur 11 zorgen voor een duurzame oplossing voor het water probleem en de energievoorziening. De kosten hiervoor zullen echter uitgebreid onderzocht moeten worden.

Water

Om vegetatie mogelijk te maken in de onderdoorgang zal er gezorgd moeten worden voor een toevoer van water (EPA, 2005). Doordat het viaduct over de onderdoorgang hangt valt er geen direct regenwater. Als de grondwaterstand hoog genoeg is, zal dit geen probleem zijn voor vegetatie, in het geval van de omgeving Utrecht is de waterstand hoog genoeg (Van Grunsven, 2012). Wanneer de grondwaterstand te laag is, zou dit opgelost kunnen worden door het water wat op de snelweg valt door te laten stromen naar de onderdoorgang. Deze mogelijkheid hoort niet tot de opties. Snelwegen zijn vervuult door voertuigen die chemische stoffen achterlaten en uitlaatgassen die vermengen met het water. Er zal dus een alternatieve manier gezocht moeten worden om “schoon” water in de onderdoorgang te krijgen. Zoals hierboven genoemd zou een mogelijke constructieve oplossing kunnen zijn, het deels overkappen van het stuk snelweg over de onderdoorgang zijn.

Gebruik solar tubes en spiegels

Het gebruik van solar tubes en spiegels in onderdoorgangen is voor zover onze kennis en vooronderzoek reikt nog nooit toegepast op onderdoorgangen. Er zouden experimenten kunnen worden opgezet om te onderzoeken of deze maatregelen ook daadwerkelijk een oplossing bieden. De theorie voor deze maatregelen zou in de praktijk anders uit kunnen vallen dan verwacht.



Figuur 11: mogelijke overkapping zonnepanelen

Literatuur

- ACPA, 2002. ALBEDO: A MEASURE OF PAVEMENT SURFACE REFLECTANCE, Skokie, Illinois
- Anten, N., 2012. College: Photosynthesis and light-dark reactions of tropical plant species. Course: *Tropical Ecosystems and Climate Change*.
- Armatuur.net. 2012. *Wat is een armatuur* [online]. [Geciteerd 28 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.armatuur.net/>>
- Ascensã o F., Mira A., 2007. Factors affecting culvert use by vertebrates along two stretches of road in Southern Portugal. *Ecological Reservation* 22, 57–66.
- Barendregt, A. 2012. Interview Ecologie. 8 maart 2012, Universiteit Utrecht.
- Blöbaum, A., & Hunecke, M. 2005. Perceived danger in urban public space: The impacts of physical features and personal factors. *Environment and Behavior*, 37(4), 465-486.
- Brandjes, J., & Veenbaas, G., 1998. Het gebruik van faunapassages langs watergangen onder rijkswegen in Nederland, een oriënterend onderzoek. Uitgever: Den Haag, 250-257. [online]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.icoet.net/downloads/99paper31.pdf>>
- Bremmers, P., Veltman, A.T., & Fernhout, J.T. 2000. Energiegebruik in openbare verlichting en verkeersregelinstantaties: Eindrapport openbare verlichting (rapport no. ECN-C—00-095). Castricum: Fernhout FEE.
- C.J.M. Musters, C.J.M., Snelder, D.J., Vos, J., 2009. *The effects of coloured light on nature*. CML-CB Institute of Environmental Sciences, Leiden University, report 182.
- Clevenger AP, Waltho N., 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* 14(1), 47–56.
- Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, zonder jaar. *Hoe lichthinder vermijden?* [online]. [Geciteerd 2 april 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.lne.be/themas/hinder-en-ricos/licthinder/hoe-lichthinder-vermijden>>
- Draft logic [online]. [Geciteerd 12 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web:<<http://www.daftlogic.com/projects-google-maps-area-calculator-tool.ht>>
- Dorenbosch M. & Crombaghs, V., 2002. De groene kikker en zijn leefomgeving in Nederland. [online]. Beschikbaar op het World Wide Web: <www.RAVON.nl>
- Dossier Adviesproject, 2012. Onderdoorgangen: Sociaal veilig en ecologisch verantwoord. Opdrachtgever Rijkswaterstaat, Universiteit Utrecht.
- EVO, TLN, 2011. Economische schade door files blijven aanpakken. [online]. [Geciteerd 28 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.tno.nl/downloads/Economische%20Wegwijzer%202011%20DEF.pdf>>
- Gezondheidsraad, 2000. Hinder van nachtelijk kunstlicht voor mens en natuur. Den Haag: Gezondheidsraad; publicatienr 2000/25.

Gemeente Amersfoort, 2012. *Planstudie knooppunt Hoevelaken: Cofinanciering. Amersfoortse wensen*. Collegebesluit 4036438. Raadsvoorstel 4042282 . Bijlage 8. pp. 17.

Google Maps, zonder jaar. Ring Utrecht [online]. [Geciteerd 19 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.google.nl/maps>>

Grontmij, 2010. Ecodynamische verlichting. de Bilt, inzending de Vernufteling,.

Grooten, D. & van Gelder, C.J., 1993. De leefomgeving van de Ringslang. [online]. Beschikbaar op het World Wide Web: <www.RAVON.nl>

Heinen, M.A., 2009. Ecologisch onderzoek Randenbroek Amersfoort. Rapport Gemeente Amersfoort, 10-15.

Hendriks, R., Licht (online). (Geciteerd 2 April 2012). Beschikbaar op het World Wide web:<<http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w2B%20licht/licht%20theorie.pdf>>

Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E.K., Tockner, K., 2010. Light pollution as a biodiversity threat, *Trends in Ecology and Evolution*, Volume: 25, Issue 12, pp. 681-682.

Hoogstra, M.A. & Molenaar, J.G., 2000. Groen voor corridors, corridors voor groen? Alterra Rapport 033. [online]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www2.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterrapporten/AlterraRapport33.pdf>>

International Union for the Conservation of Nature, 2012. IUCN Red List of Threatened Species. [online]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.iucnredlist.org/>>

InfoMil, zonder jaartal. *Energie-efficiënte buitenverlichting* [online]. [Geciteerd 2 april 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.infomil.nl/organisatie/milieumaatregelen/maatregelen-per/maatregelen/verlichten/@98585/energie-efficiente/>>

Jackson, S.D. and Griffin C.R., 2000. A Strategy for Mitigating Highway Impacts on Wildlife. Messmer, T.A. and B. West, (eds) *Wildlife and Highways: Seeking Solutions to an Ecological and Socio-economic Dilemma*. *The Wildlife Society*, 143-159.

Joop, P., Bal, D., 2008. Toelichting soortentrichter en soortenlijst. Verantwoordingsdocument Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Klankbordgroep Rotterdamsebaan, 2011. Variantentoets. [online]. [Geciteerd 28 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.vlietrandgroen.nl/files/VariantentoetsKostenVergelijkingFrima.pdf>>

Kleijn, D.(2008).Effecten van geluid op wilde soorten - implicaties voor soorten betrokken bij de aanwijzing van Natura 2000 gebieden. ALTERRA - Research Institute for the Green World. Wageningen. Alterra-rapport : 1705. pp. 31-33.

Kooij, H.j., Hofschreuder, P., Jaarsma, C.F., Massop, H.T.L., van de Sande, B., Theuws, P. 2008. *A50: Oordverdovend & adembenemend.Een Ontwerpstudie voor het tracé Grijsoord-Rijnbrug*. Wageningen Universtieit. Wetenschapswinkel Wageningen UR.

Labyrint, 2010. De Kracht van Licht, Uitzending 14 december 2010, NTR-VPRO.

Loewen, L.J., Steel, G.D., & Suedfeld, P. 1993. Perceived safety from crime in the urban environment. *Journal of Environmental Psychology*, 13, 323-331.

Longcore T., Rich, C., 2004. Ecological light pollution, *Frontiers in Ecology and the Environment*, Volume: 2, Issue: 4, pp. 191–198.

Lopèz, M., Luten, I., Woldendorp, T. Zwam, C. van, 2008. Handboek veilig ontwerp en beheer, sociale veiligheid in buitenruimte, gebouwen en woningen. Uitgeverij Thoth, Bussum.

Lugt, C. van der & Siebelink, M.A., 2003. Vleermuizen in Nederland, de Laatvlieger. [online]. Beschikbaar op het World Wide Web: <www.RAVON.nl>

Mackinnon, M. 2008. Onderzoek bevestigt link tussen witte straatverlichting en sociale veiligheid; Gemeente Den Haag gaat steeds meer over op energiezuinige witte verlichting [online]. [Geciteerd 3 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <http://www.newscenter.philips.com/nl_nl/standard/about/news/press/20081104_onderzoek_bevestigt_link_tussen_witte_straatverlichting.wpd>

Macrolux, Zonder jaar. Eigenschappen van polycarbonaat [online]. [Geciteerd 15 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.bik.nl/media/doc/PDF/Eigenschappen%20polycarbonaat.pdf>>

Molenaar, J.G., de, 2003. Lichtbelasting. Overzicht van de effecten op mens en dier. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Alterra-rapport, 778. 72 pp. 52 ref.

Nasar, J.L. 2000. The evaluative image of space. In W.B. Walsh, K.H. Craik, & R.H. Price (Eds.), *Person-environment psychology: New directions and perspectives* (pp. 117-168). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Ng SJ, Dale JW, Sauvajot RM, Riley SPD, Valone T, 2004. *Use of highway undercrossings by wildlife in Southern California*. *Conservation Biology* 115, pp. 499–507.

Nieuwsblad.be, 2005. *Gent plaatst anti-junkielampen in toiletten* [online]. [Geciteerd 28 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <http://www.nieuwsblad.be/Article/Detail.aspx?ArticleID=DMA03102005_012>

NSVV, 2003. Verlichting van tunnels en onderdoorgangen. Arnhem. NSVV werkgroep tunnelverlichting. Aanbevelingsrapport, 41-42.

Muller, D., 2003. Ecologische verbindingzones in steden. Wetenschapswinkel biologie, sectie natuurwetenschap en samenleving, Universiteit Utrecht.

Muller, E.R., 2004. Veiligheid. Studies over inhoud, organisatie en maatregelen. Kluwer, Alphen aan den Rijn.

Odé, B., Meijden, R. van der, Bal, D., 2006. Toelichting op de Rode Lijst Vaatplanten. Rapport Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 35.

Oppelaar, J. en K. Wittebrood 2006. Angstige burgers? De determinanten van gevoelens van onveiligheid onderzocht. Den Haag: *Sociaal en Cultureel Planbureau*.

Philips, zonder jaartal. *Philips introduceert mens- en vleermuisvriendelijke openbare verlichting* [online]. [Geciteerd 2 april 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <http://www.lighting.philips.nl/pwc_li/nl_nl/application_areas/pdf/ClearField.pdf>

Pkvw-handboek, 2008. Tunnels en onderdoorgangen [online]. [Geciteerd 4 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web:<http://www.hetccv.nl/binaries/content/assets/ccv/dossiers/samenleven-en-wonen/verlichting/verlichting_in_pkvw-handboek.pdf >

Platform lichthinder 2012. Sociale veiligheid [online]. [Geciteerd 3 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.platformlichthinder.nl/thema/sociale-veiligheid/>>

Platform Lichthinder, zonder jaartal. *Openbare Verlichting* [online]. [Geciteerd 2 april 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.platformlichthinder.nl/thema/openbare-verlichting/page/2/>>

Politiekeurmerk veilig wonen. Zonder jaar. Openbare verlichting [online]. [Geciteerd 21 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <http://www.hetccv.nl/binaries/content/assets/ccv/dossiers/samenleven-en-wonen/verlichting/verlichting_in_pkvw-handboek.pdf>

Provincie Drenthe, 2002. Instellenbestemmingsreserve kapitaallasten Kunstwerken. Statenstuk950. pp. 13.

Rijkswaterstaat, 2011a. Impressie Meedenkbijeenkomst planstudie Ring Utrecht A27/A12 Cluster Noord, 8 december 2011.

Rijkswaterstaat, 2011b. Impressie Meedenkbijeenkomst planstudie Ring Utrecht A27/A12 Cluster Midden, 1 december 2011.

Rijkswaterstaat, 2011c. Impressie Meedenkbijeenkomst planstudie Ring Utrecht A27/A12 Cluster Zuid, 15 december 2011.

Rijkswaterstaat, 2012. Over ons [online]. [Geciteerd 14 februari 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <http://www.rijkswaterstaat.nl/over_ons/>

Rijkswaterstaat, zonder jaartal b. Vleermuisvriendelijke verlichting [online]. [Geciteerd 22 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <http://www.rws.nl/wegen/natuur_en_milieu/verbinden_natuurgebieden/vleermuisvriendelijke_verlichting/>

Rozell, D. J., 2009. Night Lights: Too Much of a Good Thing? New York State conservationist, Volume: 64, Issue: 3, pp. 22-26.

Saleh, J., 2007. Effects of Artificial Lighting on Wildlife, Wildlands CPR, Road RIPorter , Volume: 12, Issue: 2.

Schreurs, C. 2012. Interview lichtdeskundige voor openbare ruimtes bij Philips op 16 maart 2012, Eindhoven.

Schuijmer, C. de, 2003. Over oud bos –en voorjaarsbloeiers. *Groenlink, Plantenwerkgroep Oenanthe*.

SolarTubes. Zonder jaar. Prestaties van Solatube [online]. [Geciteerd 18 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.solatube.nl/nl-p/prestaties.asp>>

Soortenbank, 2012. Dieren, planten en paddenstoelen in Nederland. ETI, BioInformatics. [online]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.soortenbank.nl/index.php>>

Steyvers, F.J.J.M., de Waard, D., Brookhuis, K.A., 1999. Algemene aspecten van tunnelgebruik en veiligheid., Centrum voor Omgevings- en Verkeerspsychologie, Rijksuniversiteit Groningen.

Stichting Milieu Net. Lemnis Lighting: Het Nieuwe Licht is echt Groen Licht [online]. [Geciteerd 20 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <http://www.stichtingmilieunet.nl/andersbekekenblog/energie/het-nieuwe-licht-is-echt-groen-licht.html>

Stichting Milieu Net, 2008. *Het nieuwe licht is echt groen licht, Vara nieuwslicht* [online]. [Geciteerd 28 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.stichtingmilieunet.nl/andersbekekenblog/energie/het-nieuwe-licht-is-echt-groen-licht.html>>

Stichting milieunet, 2010. *Het nieuwe licht is echt groen licht, Vara nieuwslicht* [online]. [Geciteerd 28 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.stichtingmilieunet.nl/andersbekekenblog/energie/het-nieuwe-licht-is-echt-groen-licht.html>>

Veenendaal, E., Grunsven, van, R., 2012. Interview plantenecologen bij Universiteit Wageningen op 21 maart 2012, Wageningen.

Veltman, M.J., 2011. *Human / Bat Response Ratio Bat Friendly Public Lighting*[online], LED expert, presentatie voor Rijkswaterstaat in het kader van Expertmeeting A44[Geciteerd 2 april 2012], Beschikbaar op het World Wide Web: <http://www.rws.nl/images/Ruimte%20voor%20de%20vleermuis%20door%20de%20Batlamp_tcm174-299737.pdf>

VERDER (2010). MER 1e fase Ring Utrecht – Samenvatting [online]. [Geciteerd 9 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.ikgaverder.nl/documenten/>>

Versteegh, M. *et al.*, 2007. Groenstructuur Gemeente Utrecht. [online]. Beschikbaar op het World Wide Web: <http://www.vng.nl/Praktijkvoorbeelden/RWMV/sociaal-fysiek/groenstructuurplan_utrecht_2007.pdf>

VROM, 2008. Groen licht voor energiebesparing: Eindrapport van de Taskforce verlichting. Den Haag: VROM

Welsh, B., & Farrington, D., 2007. *Improved Street Lighting and Crime Prevention: A Systematic Review*. Stockholm: Swedish National Council for Crime Prevention.

Winden, van J. 2003. Ecologische netwerken in het landschap van de stad. Wetenschapswinkel biologie, sectie natuurwetenschap en samenleving, Universiteit Utrecht. Beschikbaar op het World Wide Web:< <http://igitur-archive.library.uu.nl/kennispunt/2010-0708-200241/PUB0308ecologische-netwerken.pdf>>

Wist U data. 2009. Veiligheid [online]. [Geciteerd 18 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://utrecht.buurtmonitor.nl/>>

Wist U data. 2011. Beleving veiligheid [online]. [Geciteerd 18 maart 2012]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://utrecht.buurtmonitor.nl/>>

Wittebrood, K. en van Beem, M. 2004. Sociale veiligheid vergroten door gelegenheidsbeperking: wat werkt en wat niet? Sociaal en Cultureel Planbureau, Den Haag.

Wouters, R. 2012. Presentatie introductie dossier Rijkswaterstaat, onderdoorgangen: sociaal veilig en ecologisch waardevol. 7 februari 2012, milieuwetenschappelijk adviesproject, Universiteit Utrecht.

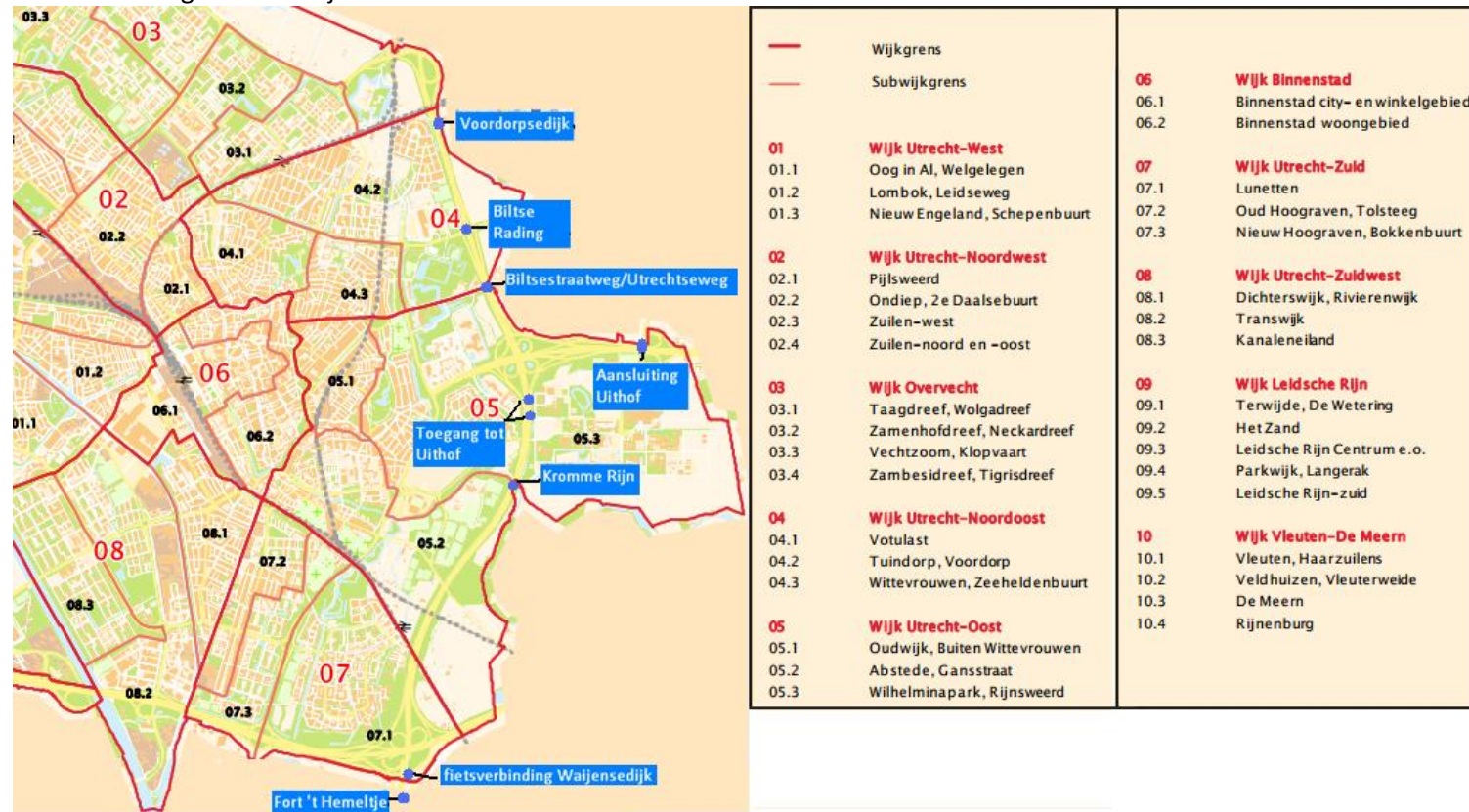
Zoogdierverseniging, 2009. Ree & egel. [online]. Beschikbaar op het World Wide Web: <<http://www.zoogdierverseniging.nl/Zoogdieren%20A-Z>>

Zuiderwijk, H. *et al.*, 1998. Sloten en vijvers, de leefomgeving van amfibieën. [online]. Beschikbaar op het World Wide Web: <www.RAVON.nl>

Bijlage

Bijlage1

Onderverdeling naar subwijk:



Bijlage 2

Overzicht van soorten bij onderdoorgangen:

Voordorpsedijk en Biltse rading

Amfibieën, reptielen en vissen (p.8):	Aantal
Amfibieën, FF Wet tabel 1	
Gewone pad	15
Middelste groene kikker	1
Meer of -middelste groene kikker	3
Groene kikker complex	2
Kleine watersalamander	2
Bruine kikker	1
Vissen, FF Wet tabel 2	
Kleine modderkruiper	5
Vissen, overig	
Driedoornige stekelbaars: 1	1
Tiendornige stekelbaars:	2
Vaatplanten (p21):	
FF Wet tabel 2	
- Rietorchis	2
- Wilde Marjolein	1
FF Wet tabel 1:	
- Gewone dotterbloem:	2
- Zwanenbloem:	21
Rode- en Oranjelijstsoorten:	
- Aarvederkruid	3
- Bermooievaarsbek	1
- Bezemkruiskruid	3
- Bosaardbei	1
- Heelblaadjes	2
- Vijfdelig kaasjeskruid	1
- Krabbenscheer	1
- Stelkaars	1
- Wilde cichorei	1
Zoogdieren (p.60):	
FF Wet tabel 3	
- Gewone dwergvleermuis	9
- Ruige dwergvleermuis	3
- Watervleermuis	2
- Rosse vleermuis	1
FF Wet tabel 1	
- Haas	1
- Ree	1

Biltsestraatweg/Utrechtse weg, Toegang tot Uithof (2x), Aansluiting Uithof en Kromme Rijn:

Amfibieën, reptielen en vissen (p.7):	Aantal:
Amfibieën, FF Wet tabel 1	
- Gewone pad	12
- Bruine kikker	1
- Meer- of middelste groene kikker	5
Vissen, overig	
- Tiendoornige stekelbaars	9
- Zeelt	2
Vaatplanten (p.20):	
FF Wet tabel 1	
- Brede wespenorchis	15
- Zwanenbloem	3
FF Wet tabel 2	
- Prachtklokje	1
- Ruig klokje	1
- Wilde Marjolein	1
Rode- en Oranjelijstsoorten	
- Bezemkruiskruid	4
- Bosaardbei	4
- Heelblaadjes	1
Zoogdieren (p.59):	
FF Wet tabel 3	
Gewone dwergvleermuis	11
Rosse vleermuis	2
Laatvlieger	3
Watervleermuis (alleen kromme rij)	2
FF Wet tabel 2	
Eekhoorn	2
FF Wet tabel 1	
Egel	1
Ree	1
Haas	5

Overzicht van soorten bij onderdoorgangen:
Fort 't Hemeltje + Fietsverbinding Waijensedijk

Amfibieën, reptielen en vissen:	Aantal:
Amfibieën, FF Wet tabel 1	
Gewone pad	9
Middelste groene kikker	1
Meer of middelste groene kikker	3
Kleine watersalamander	4
Bruine kikker	3
Groene kikker complex	2
Reptielen, FF Wet tabel 3	
Ringslang	2
Vissen, overig	
Tiendornige stekelbaars	1
Vissen FF Wet tabel 2	
Kleine modderkruiper	5
Vaatplanten:	
FF wet tabel 1	
Aardaker	3
Zwanenbloem	5
Brede Wespenorchis	13
Grote Kaardenbol	2
FF wet tabel 2	
Wilde Marjolein	1
Rode en Oranjelijstsoorten:	
Bezemskruid	1
Bosaardbei	1
Gewone agrimonie	4
Grote ratelaar	2
Vijfdelig kaasjeskruid	1
Hertsmunt	1
Bermooievaarsbek	3
Goudhaver	4
Korenbloem	1
Zoogdieren (p. 58)	
FF wet tabel 1	
Ree	1
FF wet tabel 3	
Gewone dwergvleermuis	41
Watervleermuis	7
Laatvlieger	3
Rosse vleermuis	12
Ruige dwergvleermuis	9

Bosvleermuis	2
Tweekleurige vleermuis	2

Bijlage 3

Toelichting op de Flora & Fauna Wet Tabellen:

Rijksoverheid (2005), *Overzicht beschermde soorten planten en dieren*. Rapport Flora & Fauna Wet, AMvB artikel 75.

Tabel 1:

-Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik of ruimtelijke ontwikkelingen, geldt een vrijstelling voor de soorten in tabel 1 voor artikel 8 t/m 12 van de Ffwet. Aan deze vrijstelling zijn geen aanvullende eisen gesteld. Voor deze activiteiten hoeft geen ontheffing aangevraagd worden.

-Voor andere activiteiten dan hierboven genoemd is voor de soorten in tabel 1 een ontheffing nodig. Een ontheffingaanvraag voor deze soorten wordt getoetst aan het criterium 'doet geen afbreuk aan gunstige staat van instandhouding van de soort' (zgn. lichte toets)."

Tabel 2:

-Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik of ruimtelijke ontwikkelingen, geldt een vrijstelling voor de soorten in tabel 2 voor artikel 8 t/m 12 van de Ffwet, mits activiteiten worden uitgevoerd op basis van een door de minister van LNV goedgekeurde gedragscode. Hetzelfde geldt voor alle vogelsoorten. Een gedragscode moet door een sector of ondernemer zelf opgesteld worden en ingediend voor goedkeuring.

-Voor andere activiteiten dan hierboven genoemd is voor de soorten in tabel 2 een ontheffing nodig. Een ontheffingaanvraag voor deze soorten wordt getoetst aan het criterium 'doet geen afbreuk aan gunstige staat van instandhouding van de soort'. Dit is niet van toepassing op alle vogelsoorten (zie toelichting tabel 3)."

Tabel 3:

-Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik, geldt een vrijstelling voor de soorten in tabel 3 voor artikel 8 t/m 12 van de Ffwet, mits activiteiten worden uitgevoerd op basis van een door de minister van LNV goedgekeurde gedragscode. Deze vrijstelling is enigszins beperkt; voor activiteiten die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud in de landbouw en bosbouw en bestendig gebruik geldt geen vrijstelling voor artikel 10 van de Ffwet. Ook niet op basis van een gedragscode. Een gedragscode moet door een sector of ondernemer zelf opgesteld worden en ingediend voor goedkeuring.

-Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als ruimtelijke ontwikkeling, geldt voor soorten in tabel 3 geen vrijstelling. Ook niet op basis van een gedragscode. Hiervoor is een ontheffing nodig.

-Voor activiteiten in het kader van bestendig beheer en onderhoud in de landbouw en bosbouw en bestendig gebruik en voor activiteiten in het kader van ruimtelijke ontwikkeling is het niet mogelijk voor artikel 10 voor de soorten in tabel 3 een ontheffing te krijgen.

-Voor andere activiteiten dan hierboven genoemd is voor de soorten in tabel 3 een ontheffing nodig.

-Een ontheffingaanvraag voor de soorten van tabel 3 wordt getoetst aan drie criteria: 1) er is sprake van een in of bij de wet genoemd belang, 2) er is geen alternatief, 3) doet geen afbreuk aan gunstige staat van instandhouding van de soort. Deze drie criteria vormen de zgn. uitgebreide toets. De drie criteria staan naast elkaar en niet na elkaar (aan alle drie moet voldaan zijn).

Bijlage 4

Inventarisatie beschermde, Rode –en Oranje Lijst soorten in het gebied rondom de onderdoorgang de Kromme Rijn + habitatsanalyse.

In onderstaande tabel staan de beschermde soorten die door Rijkswaterstaat (2012) geobserveerd zijn in het gebied rondom de Kromme Rijn. Er is een onderverdeling in amfibieën, reptielen, zoogdieren en vaatplanten. In deze tabel zijn beschermde vogelsoorten niet genoteerd, omdat vogels over de barrières heen kunnen vliegen en dus niet relevant zijn voor dit onderzoek. En ook de aanwezige vissen zijn niet belangrijk, omdat we verder geen aanpassingen zullen doorvoeren aan de kanalen of rivieren die er lopen die een significante invloed zullen hebben op het habitat van vissoorten.

Tabel 1 -inventarisatie van beschermde, Rode –en Oranje Lijst soorten Kromme Rijn

<u>Fauna</u>	<u>Waarnemingen</u>	<u>Flora & Fauna wet</u>	<u>Lijst</u>
Amfibieën			
Gewone pad	5	1	-
Middelste groene kikker	1	1	-
Meer of middelste groene kikker	2	1	-
Kleine watersalamander	2	1	-
Reptielen			
Ringslang	6	3	Rode en Oranje lijst
Zoogdieren (p. 58)			
Egel	1	1	Rode lijst
Ree	3	1	
Eekhoorn	1	2	
Gewone dwergvleermuis	8	3	-
Watervleermuis	3	3	-
Laatvlieger	4	3	Rode lijst
Rosse vleermuis	2	3	Rode lijst
Ruige dwergvleermuis	1	3	-
Flora, Vaatplanten			
Aardaker	1	1	-
Zwanenbloem	1	1	-
Brede Wespenorchis	16	1	-
Wilde Marjolein	1	2	Oranje Lijst
Bezems kruiskruid	3	-	Oranje Lijst
Heelblaadjes	2	-	Oranje Lijst
Bosaardbei	2	-	Rode lijst
Gewone agrimonie	1	-	Rode lijst
Italiaanse Aronskelk	1	-	Oranje Lijst
Winter akoniet	1	-	Oranje Lijst
Wilde hyacint	3	-	Oranje Lijst

Bermooievaarsbek	1	-	Oranje Lijst
Goudhaver	4	-	Rode lijst
Korenbloem	1	-	Rode lijst

Aangezien het voor Rijkswaterstaat wettelijk verplicht is om met te zorgen dat soorten die op de Flora & Fauna lijst staan geen negatieve gevolgen zullen ondergaan door een project, zullen de soorten uit de tabel als doelsoorten gebruikt worden. Vanuit deze doelsoorten wordt gekeken of er een mogelijkheid is om de omstandigheden van de onderdoorgangen zo te maken dat deze doelsoorten er gebruik van zullen maken. Om dit mogelijk te maken zal er eerst gekeken worden naar de verschillende habitats van de doelsoorten.

Amfibieën

Ten eerste vallen alle geobserveerde amfibieën binnen de Flora & Fauna Wet tabel 1, voor de soorten in deze tabel geldt een vrijstelling en is een gedragscode niet nodig. Dit is de tabel met de minst strenge eisen.

Gewone pad, *Bufo Bufo* (FFW 1),: Nachtactief (Grunsven & Veenendaal, 2012). De gewone pad komt in zeer veel habitats voor, van cultuurlandschap als parkjes en tuinen, tot kleine wateren en sloten. Deze soort is alleen niet te vinden in geheel open landschappen en wateren met een te hoog zoutgehalte. Ook stelt deze soort geen speciale eisen aan bodemtype. Wat betreft landhabitat is deze soort ook niet kieskeurig, wanneer er een gevarieerde vegetatiestructuur, of met allerlei structuur biedende rommel, die dienst kan doen als schuilplaats, is de habitat al geschikt (RAVON, 2012).

Middelste groene kikker, ofwel Bastaardkikker, *Rana klepton esculenta* (FFW 1): Dagactief (Grunsven & Veenendaal, 2012). Ook de bastaardkikker is een typische generalist. Echter lijkt deze soort lijkt meer voorkeur te hebben voor wateren met weinig schaduw, in een open omgeving en met een goed ontwikkelde watervegetatie (Dorenbosch & Crombaghs 2001, Dorenbosch & Crombaghs 2002). Ook is deze soort zeer gebonden aan het voortplantingswater in tegenstelling tot veel andere soorten. Vandaar dat het landhabitat van de kikker zich op korte afstand van water bevindt. Veldwaarnemingen wijzen uit dat dit landhabitat vooral bestaat uit grazige, structuurrijke vegetaties met voldoende zongelegenheden (RAVON, 2012).

Meer kikker, *Rana ridibunda* (FFW 1): Dagactief (Grunsven & Veenendaal, 2012). De meerkikker lijkt vooral een poldersoort te zijn. Uit waarnemingen blijkt dat deze soort vooral vinden is in sloten en wetingen, laagveen en uit rivierbegeleidende wateren. De meerkikker is niet te vinden op habitattypes met zandgronden (RAVON, 2012). Ook wordt deze soort zelden ver van het water gevonden, het is een echte aquatische kikker (Digital Nature, 2012).

Kleine watersalamander, *Lissotriton vulgaris* (FFW 1): Nachtactief (Grunsven & Veenendaal, 2012). Ook de kleine watersalamander is niet heel kritisch in habitatkeuze. Het enige landschapstype wat de soort ontwijkt zijn grote open wateren en grote lijnvormige wateren, dit omdat deze wateren vaak vol zitten met vis, maar ook omdat er geen geschikte oevers zijn voor de soort. De plekken waar de soort wel vaak voorkomt, hebben dichtbegroeide oeverzones en/of ondiepe stilstaande tot zwakstromende wateren (RAVON, 2012). Op het land dienen vooral braamstruwelen, heggen, takkenbossen, steenhopen en wilgen als schuilplaatsen (Grooten & van Gelder, 1993). Ook bevindt deze soort zich vrijwel altijd binnen een afstand van 500 meter van het voortplantingswater (RAVON, 2012).

Reptielen

Het enige waargenomen reptiel is de ringslang. Deze soort staat in tabel 3 van de Flora & Faunawet, wanneer een soort in tabel 3 staat is de regeling het strengst. Er is een uitgebreide toets en ontheffing nodig. Zie bijlage voor een uitgebreidere toelichting.

Ringslang, *Natrix natrix* (FFW 3): De ringslang is te vinden in waterrijke habitats. Echter grote oppervlaktes laaggelegen nat gebied zoals polders worden gemeden (RAVON, 2012). Dit laatste omdat in dergelijke gebieden niet alle stadia van de levenscyclus kunnen worden volbracht, met name overwintering en de ontwikkeling van de eieren lopen gevaar in polders (van der Lugt & Siebelink 2003). Eiafzetmogelijkheden en een ruim aanbod van water zijn dus de belangrijkste randvoorwaarden, de leefgebieden van ringslangen vertonen dan ook vaak veel ruimtelijke variatie maar ook kleinschaligheid (Zuiderwijk *et al.*, 1998). Eiafzetmogelijkheden zijn warme, vochtige plekken zoals rottende boomresten of composterende bladhopen, muizenholen en in cultuurlandschappen bijvoorbeeld blad –en composthopen (RAVON, 2012).

Zoogdieren

Van de beschermde zoogdieren zijn de egel, de ree en de eekhoorn in dit gebied waargenomen. Hiervan vallen de egel en de ree binnen tabel 1 en zijn dus licht beschermd. De eekhoorn valt echter onder de Flora & Faunawet tabel 2, voor soorten in tabel 2 geldt vrijstelling mits gedragscode aanwezig. Zonder code is ontheffing nodig. Dit aan de hand van een lichte toets.

Egel, *Erinaceus europaeus* (FFW 1): Egels komen over het algemeen in alle landschappen voor. Zolang er groen en schuilplaatsen aanwezig zijn, zijn er vrijwel altijd ook egels te vinden. De voorkeur gaat wel uit naar plekken met ondergroei (Zoogdierverseniging, 2012).

Ree, *Capreolus capreolus* (FFW 1): De ree leeft in bosachtige streken met aangrenzend open plekken en velden. Maar ook leven ze in akkerbouwgebieden, duinen, riet –en heidevelden. De ree past zich gemakkelijk aan cultuurlandschap aan met voorwaarde dat er voldoende voedsel, dekking en rust aanwezig is. De voorkeur ligt bij een overgangsgebied van loofbos om dekking te zoeken, aangrenzend aan open terrein (Zoogdierverseniging, 2012).

Eekhoorn, *Sciurus vulgaris* (FFW 2): Ook eekhoorns hebben geen strenge eisen voor hun habitat. Ze komen voor in loof, naald –en gemengde bossen, maar ook in parken, tuinen en houtwallen in de buurt van een bos. En zelfs in bebouwd gebied zijn ze te vinden, mits er voedsel aanwezig is. De voorkeur gaat uit naar oudere bossen omdat deze een hoger aanbod aan voedsel en nestgelegenheid hebben (Zoogdierverseniging, 2012). Onder een ouder naaldbos wordt verstaan, bomen ouder dan 20 jaar en een ouder loofbos met bomen ouder dan 40-80 jaar (De Schuijmer, 2003).

Vleermuizen

Elke geobserveerde vleermuissoort valt onder de Flora & Fauna Wet tabel 3, dit betekend dat er strenge eisen gelden wanneer men een project gaat doen binnen het leefgebied van vleermuizen. Alle onderstaande soorten staan echter ook op de International Union for Conservation of Nature rode lijst.

Gewone dwergvleermuis, *Pipistrellus pipistrellus* (FFW 3): De gewone dwergvleermuis leeft in een variatie van habitats, waaronder open bossen en bosranden, maar ook in agrarische en stedelijke gebieden. Slaapplaatsen zijn te vinden in gebouwen en bomen (IUCN, 2012). In sommige delen van zijn leefgebied, profiteert deze soort zelfs van de urbanisatie (M. Sharifi pers. comm. 2005).

Watervleermuis, *Myotis daubentonii* (FFW 3): Deze soort foerageert over natuurlijke en kunstmatige wateren, soms tussen bossen of struiken. Zomers nest de watervleermuis zich in (holle) bomen, grotten en gebouwen. 's Winters in ondergrondse habitats. De soort eet vooral waterinsecten en scheert hooguit 2 meter boven de grond of het water (IUCN, 2012).

Ruige dwergvleermuis, *Pipistrellus nathusii* (FFW 3): De ruige dwergvleermuis leeft in bosranden, natte gebieden en open park landschappen. Ook deze soort nest zich zomers in

(holle) bomen en gebouwen, hoofdzakelijk in bosgebieden. Winterslaapplaatsen zijn plekken waar het relatief koud, droog en blootgesteld is (IUCN, 2012).

Laatvlieger, *Eptesicus serotinus* (FFW 3 + Rode Lijst): Deze soort heeft een zeer grote variatie in habitats, van boslandschap tot open parkland. Echter de voorkeur gaat uit naar weidegebied, parkland, de bosrand, tuinen en boslandschap. Zomerse slaapplekken van de kolonies zijn gebouwen en af en toe holle bomen. 's Winters zijn ze ook te vinden in gebouwen, maar liever ondergronds op koude, droge plekken (IUCN, 2012).

Rosse vleermuis (FFW 3 + Rode Lijst): De Rosse vleermuis is te vinden in waterlandschappen, weiden en bossen. De winternachten brengt deze soort door in grotten of gebouwen, maar ook vleermuisboxen en in de zomer maakt de Rosse vleermuis ook gebruik holle bomen (Limpens *et al.*, 1997).

Vaatplanten

In onderstaande tabel staan alle geobserveerde beschermde vaatplant soorten in het gebied van de Kromme Rijn, met daarbij ook in welke ecologische groep ze horen.

Tabel 2 - inventarisatie vaatplanten Kromme Rijn

Flora, Vaatplanten	Waarnemingen	Flora & Faunawet tabel	Lijst	Ecologische groep
Aardaker, <i>Lathyrus tuberosus</i>	1	1	-	P47kr, G47kr.
Zwanenbloem, <i>Butomus umbellatus</i>	1	1	-	V17, V18, W17, W18
Brede Wespenorchis, <i>Epipactis helleborine</i>	16	1	-	H47, H63, H69
Wilde Marjolein, <i>Origanum vulgare</i>	1	2	Oranje Lijst	G43, G47kr
Bezems kruiskruid, <i>Senecio inaequidens</i>	3	-	Oranje Lijst	R47
Heelblaadjes, <i>Pulicaria dysenterica</i>	2	-	Oranje Lijst	G27, bG20, R27
Bosaardbei, <i>Fragaria vesca</i>	2	-	Rode lijst	G43, H43, H63
Gewone agrimonie, <i>Agrimonia eupatoria</i>	1	-	Rode lijst	G43, G47kr, H63
Italiaanse Aronskelk, <i>Arum italicum</i>	1	-	Oranje Lijst	H47
Winterakoniet, <i>Eranthis hyemalis</i>	1	-	Oranje Lijst	H47, H48
Wilde hyacinth, <i>Hyacinthoides non-scripta</i>	3	-	Oranje Lijst	H42, H47
Bermooievaarsbek,	1	-	Oranje Lijst	P47

<i>Geranium pyrenaicum</i>				
Goudhaver, <i>Trisetum flavescens</i>	4	-	Rode lijst	G47kr
Korenbloem, <i>Centaurea cyanus</i>	1	-	Rode lijst	P67

De indeling in ecologische groepen zijn ontwikkeld door Runhaar, in een ecologische groep wordt aangegeven wat de omstandigheden zijn waarin een soortengroep van planten met dezelfde ecotoopkenmerken voorkomt. Deze verdeling is duidelijk gemaakt in de tabel (Anten, 2012).

Tabel 3 -Runhaar, ecologische groepen

Voorvoegsel	Vegetatiestructuur	Beschikbaarheid water	Beschikbaarheid mineralen/zuurgraad
b = Brak z = Zilt	G = Grasland H = Bossen en struwelen P = Pioniervegetatie R = Ruigte V= Verlandingsvegetatie W = Watervegetatie	1 = aquatisch 2 = nat 4 = vochtig 5 = droog 6 = zeer droog	1 = voedselarm zuur 2 = voedselarm zwak zuur 3 = voedselarm basisch 4 = voedselarm 7 = matig voedselrijk 8 = zeer voedselrijk 9 = matig tot zeer voedselrijk

Hieruit volgt dat er geen consistentie is tussen de verschillende ecologische groepen van de soorten.

Hieruit kan geconcludeerd worden dat het zeer moeilijk zal zijn om een ecologische verbinding te maken die voor elke soort functioneel is. Daarom zullen er uit deze soortengroepen bepaalde doelsoorten gekozen worden. Hierbij wordt rekening gehouden met de omstandigheden rondom de onderdoorgang, in de onderdoorgang en de habitats van de soorten.

Rondom de onderdoorgang

Ten eerste is voor de onderdoorgang de Kromme Rijn aan beide kanten het habitat vergelijkbaar, namelijk bos/struikachtig met een oever langs de Kromme Rijn. Aan de noordoostelijke kant van de onderdoorgang veranderd het landschap in struik/bosachtig in combinatie met weidegebied. De zuidwestelijke kant blijft voor een groot deel struik/bosachtig, maar hier zijn meer huizen aanwezig en uiteindelijk komt men bij een drukke weg en de stad terecht (GIS, 2012; van den Berg *et al.*, 2012). Echter ligt de onderdoorgang wel in de Ecologische Hoofdstructuur, wat betekent dat de natuur waarschijnlijk voor langere tijd blijft bestaan en misschien zelfs kans krijgt om zich beter te ontwikkelen. Het gevolg is dat de habitats aan beide kanten van de onderdoorgang vergelijkbaar zijn en het dus een toevoegende waarde heeft om van de onderdoorgang een verbinding te maken tussen de twee gebieden, zodat soorten kunnen verspreiden en migreren en er genetische uitwisseling kan plaatsvinden binnen populaties (Veenendaal & Grunsvan, 2012).

In de onderdoorgang

De omstandigheden in de onderdoorgang zijn bepalend voor een soort of ze gebruik gaan maken van de onderdoorgang wanneer het een verbinding is, of niet. Aangezien de onderdoorgang de Kromme Rijn rond de 60 meter lang is en maar 2.30 m hoog, zal dit een

duidelijke invloed hebben op de functionaliteit van de verbinding. Om deze problemen op te lossen zijn wel een aantal maatregelen mogelijk (zie hoofdstuk?). Maar de tunnel zal donker blijven, wat ervoor zorgt dat waarschijnlijk alleen nachtdieren er met regelmaat gebruik van zullen maken (Barendregt, 2012).

Habitatype

Uit bovenstaande alinea volgt dat de doelsoorten in ieder geval nachtdieren moeten zijn, wat een vergelijkbaar habitat oplevert. Van bovenstaande soorten vinden alle grondsoorten vochtige, eventueel donkere plekken met veel structuur aantrekkelijk (Grunsvén, 2012). Voor de vleermuizen geldt dat ze donkere habitats zoeken, dit is het meest belangrijk. Wanneer deze vochtig zijn en insecten aanwezig zijn wordt het aantrekkelijker. Naar alle waarschijnlijkheid is de aanwezigheid van de watergang een positieve factor voor het aantrekken van vleermuizen (Veenendaal & Grunsvén, 2012).

Bijlage 5

Aspecten die het gebruik van een faunapassage beïnvloeden.

Jackson, S.D. and Griffin C.R., 2000. A Strategy for Mitigating Highway Impacts on Wildlife. Messmer, T.A. and B. West, (eds) *Wildlife and Highways: Seeking Solutions to an Ecological and Socio-economic Dilemma*. *The Wildlife Society*, 143-159.

In order to design effective wildlife passage structures, attention needs to be paid to features that affect their utilization.

Light: Some species are hesitant to enter underpasses that lack sufficient ambient light (Jackson and Tynning, 1989; Krikowski, 1989; Jackson, 1996). Conversely, there is evidence that species that are sensitive to human disturbance (e.g. mountain lions, *Felis concolor*) avoid areas that are artificially lit (Beier, 1995). Maintenance of natural lighting through the use of overpasses, large underpasses or open-top (grated) underpasses may help address these concerns.

Moisture: Maintenance of wet substrate is important for some amphibians species. Shrews are often more active (or more mobile) on rainy nights and also may prefer wet substrates for traveling. Underpasses at stream crossings will probably suffice for species that utilize riverine or riparian habitat. However, many amphibian species do not use riparian or riverine areas for migration and the presence of flowing water may deter usage by these species. Open-top (grated or slotted) underpasses do provide sufficient moisture for crossings that lack flowing water. Alternatively, innovative stormwater systems might be designed for closed-top systems that would provide enough water to maintain moist travel conditions without creating flooded or stream-like conditions. Proper drainage is important, because some wildlife species are less likely to use structures when they contain standing water (Janssen, Lenders, & Leuven, 1997; Rosell et al., 1997; Santolini, Sauli, Malcevschi, & Perco, 1997).

Temperature: Small underpasses may create temperature disparities (inside vs. outside) that deter use by some amphibians (Langton, 1989a). Larger underpasses or open-top systems that allow for more air flow may effectively address this concern.

Noise: Traffic noise can be a problem for some mammals, especially those sensitive to human disturbance. Certain underpass designs (those with expansion joints and those with uncovered medians) can be quite noisy (Foster and Humphrey, 1995; Santolini et al., 1997). Open-top designs would be inappropriate for species that are sensitive to traffic noise. Overpass systems that incorporate tree and shrub buffers along the edges, appear to be much quieter than underpass systems.

Substrate: Some small animals feel more secure utilizing a crossing system if it provides sufficient cover. For example, rows of stumps in an underpass appear to facilitate use by small mammals (Linden, 1997). Maintaining or replicating stream bed conditions within over-sized culverts may facilitate use by salamanders, frogs, small mammals and aquatic invertebrates, thereby maintaining habitat continuity in the area of stream crossings. Certain species (e.g. mountain pygmy possums, *Burramys parvus*) with very specific substrate requirements may require special attention at wildlife crossings (Mansergh and Scotts, 1989).

Approaches: Characteristics of the approaches to underpasses or overpasses may affect their use by some species. Forested species, such as black bears (*Ursus americanus*), prefer

well vegetated approaches. Other species, such as mountain goats, appear to prefer approaches that provide good visibility. At Glacier National Park, mountain goats have apparently shifted movement patterns away from a traditional crossing point rather than utilize an underpass that offers poor visibility on the approaches (Pedevillano and Wright, 1987). The presence of cover on the approaches, in the form of vegetation, rocks and logs, may enhance use by a variety of small and mid-sized mammals (Hunt et al., 1987; Rodriguez et al., 1996; Rosell et al., 1997; Santolini et al., 1997; Clevenger and Waltho, 1999). However, vegetation at the entrance of an underpass may deter some mammals that are wary of conditions that provide ambush opportunities for predators.

Fencing: Although some species may utilize underpass or overpass systems without fences, some form of fencing does appear to be necessary for most species. Fences help guide animals to passage systems and prevent wildlife from circumventing the system. Mountain lions moving along stream corridors have been observed to leave stream valleys and cross over highways rather than utilize large culverts (Beier, 1995). This has also been observed for two species of turtles in Massachusetts (J. Milam, pers comm.). Ungulates commonly seek to avoid underpasses and will generally use them only if other access across the highway is barred (Ward, 1982). In Banff National Park an elaborate system of multiple arched fences is used to deter wildlife from walking around fences (B. Leeson, pers comm.). Some species are relatively good at circumventing fences by climbing over (black bears) or digging under (coyotes, *Canis latrans*, and European badgers, *Meles meles*,) standard fencing (Ford, 1980; Gibeau and Heuer, 1996). Standard fencing is also ineffective for small animals.

Human Disturbance: In an evaluation of underpasses in Banff National Park, human influence – either as distance to townsite or human activity within an underpass – was consistently ranked high as a significant negative factor affecting passage use by ungulates and carnivores (Clevenger and Waltho, 2000).

Interactions Among Species: Use of passage systems by predators may inhibit use by prey species (Hunt et al., 1987; Clevenger and Waltho, 1999; Clevenger and Waltho, 2000; C. Doncaster as cited in Clevenger and Waltho, 2000)

Bijlage 6

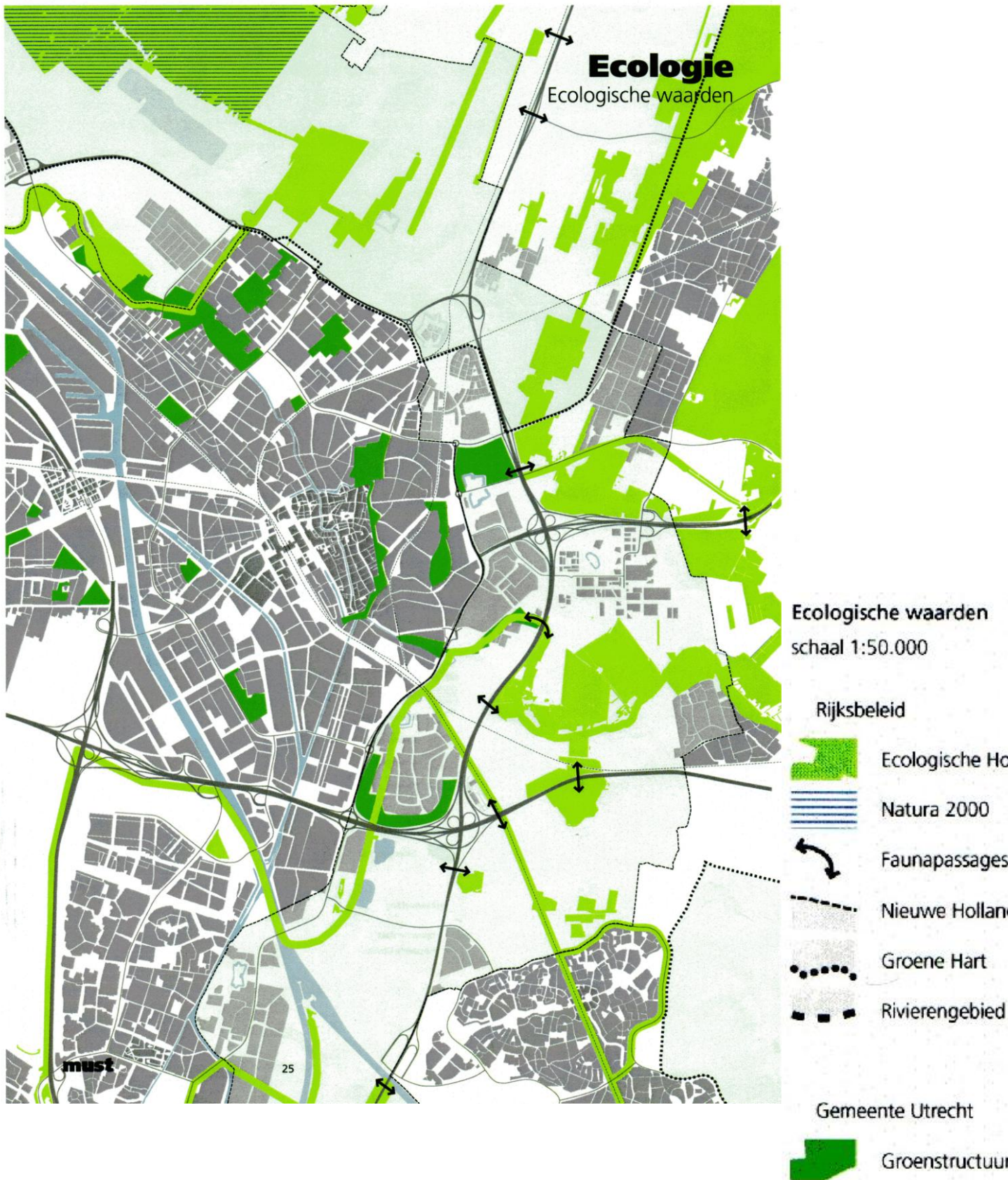
Tabel met totaal aantal geobserveerde beschermde, Rode en Oranje soorten (amfibieën, reptielen, vaatplanten en zoogdieren).

Onderdoorgang:	Amfibieën en reptielen	Vaatplanten	Zoogdieren	Totaal aantal geobserveerde beschermde soorten:
Voordorpsedijk	6	13	6	25
Biltse Rading	6	13	6	25
Biltsestraatweg/Utrechtse weg	3	8	7	18
Toegang tot de Uithof	3	8	7	18
Aansluiting Uithof	3	8	7	18
Kromme Rijn	5	14	8	27
Fort 't Hemeltje	7	14	8	29
Fietsverbinding Waijensedijk	7	14	8	29

Bovenstaande tabel geeft een indicatie van het aantal aanwezige beschermde soorten rond de onderdoorgangen. Deze cijfers zijn gebaseerd op het gedetailleerd natuuronderzoek 2012 voor Planstudie Ring Utrecht A27/A12 uitgevoerd door Mouissie en Rutjes in opdracht van Rijkswaterstaat. De onderzochte soorten vallen onder de Flora- en Faunawet of staan op de rode- of oranjelijst. Om het aantal soorten te bepalen is het onderzoeksgebied zoals in de natuurstudie overgenomen. De onderdoorgangen met hetzelfde totaal aantal soorten bevond zich in hetzelfde onderzoeksgebied in het rapport en zijn daarom gelijk getrokken. Vogels zijn niet meegenomen in deze tabel omdat deze zeer waarschijnlijk geen gebruik zullen maken van de onderdoorgangen, maar er overheen vliegen. Ook vissen zijn niet meegenomen omdat niet door elke onderdoorgang water stroomt en omdat wij verwachten dat de aanpassingen in de onderdoorgangen de vissen niet negatief zullen beïnvloeden (bijvoorbeeld omdat het licht niet direct op het water gericht zal zijn). Het toekennen van plussen en minnen is in verhouding met scores tussen de onderdoorgangen (en dus niet de omgeving). Dit Gedetailleerd Natuuronderzoek van Rijkswaterstaat betrof ook insecten, maar er zijn geen aanwezige beschermde insectensoorten. Ook zijn voor dit onderzoek de vissen en vogels niet relevant en dus niet opgenomen in de bovenstaande tabel.

Bijlage 7

Kaart van de Ecologische Hoofdstructuur en Groenstructuur in en rondom Utrecht.
Rijkswaterstaat, Gemeente Utrecht, 2012 – Ring Atlas.



Bijlage 8

Overzicht van de kans –en barrièretabellen voor elke onderzochte maatregel.

Tabel 1: Kans –en barrièretabel voor constructiemaatregelen.

Constructiemaatregelen				
	Kansen		Barrières	
Soort maatregel	Sociale veiligheid	Ecologie	Sociale veiligheid	Ecologie
Doorzichtig wegdek <i>Kostenindicatie: Zeer hoog</i>	Lichtinval voor sociale veiligheid(overdag)	Lichtinval mogelijk genoeg voor fotosynthese	Zon onder = geen verlichting	Zon onder = geen fotosynthese
<i>Vereist een hoge mate van onderhoud</i>	Geen kunstmatig licht meer nodig overdag.	-	Te weinig onderhoud kan lichtinval en hiermee veiligheid verlagen	-
Verhogen snelwegdek <i>Kostenindicatie: Zeer hoog</i>	Overdag meer natuurlijk licht, vergroot veiligheid	Meer licht inval in de onderdoorgang	Zon onder= geen natuurlijk licht in de onderdoorgang	Niet genoeg lichtinval voor begroeiing
<i>Vereist weinig onderhoud</i>	Onderdoorgang lijkt ruimer, verhoogt sociale veiligheid	Mogelijk positief effect op vliegende fauna	Alleen meer licht bij openingen	Alleen meer licht bij de openingen
Verlagen fietspad <i>Kostenindicatie: Zeer hoog</i>	Overdag meer natuurlijk licht, vergoot veiligheid	-	Niet genoeg lichtinval voor begroeiing	Hoogteverschil mogelijke barrière voor fauna
<i>Vereist weinig onderhoud</i>			Verlaging snelheid door hoogte verschil verlaagt veiligheid	

Verbreding onderdoorgang <i>Kostenindicatie: Zeer hoog</i>	Meer ruimte betekent meer overzicht, vergroot sociale veiligheid	Meer ruimte voor ecologische maatregelen.	Zon onder= geen licht in de onderdoorgang	Zon onder= geen licht in de onderdoorgang
<i>Vereist weinig onderhoud</i>	Een grotere opening betekent meer natuurlijk licht, dit vergroot de sociale veiligheid			

Tabel 2: Kans –en barrièretabel voor de maatregel ‘faunapassage’.

Faunapassage				
	Kansen		Barrières	
Soort faunapassage	Sociale veiligheid	Ecologie	Sociale veiligheid	Ecologie
Aparte faunatunnel	Gevoel dat er iets voor de natuur gedaan wordt	Verstoring door menselijke activiteit laag	-	Werkelijk gebruik afhankelijk van zeer veel factoren
<i>Kostenindicatie: Relatief hoog</i>	Geen last van hinderende passage structuren	Hindering door lichtvervuiling laag		Beperkende omgevingsfactoren als vegetatie, grootte, geluidsniveaus
				Ruimtegebrek rondom onderdoorgang
				Soortspecifiek
Aangepaste passage	Gevoel dat er iets voor de natuur gedaan wordt	Relatief hoge effectiviteit, gebruik door amfibieën (±70%) en zoogdieren (± 60%)	Vermindering van de zichtbaarheid	Verschillende soorten passages, verschillende effectiviteit
<i>Kostenindicatie: Laag</i>		Relatief weinig ruimte nodig (hangt af van doelsoorten)		Soortspecifiek
		Makkelijk toepasbaar		Watergang of ruimte voor structuren aanwezig
				Storing door menselijke activiteit hoog
				Hindering door lichtvervuiling

				hoog
Uitbreiden aanwezig oever	-	Weinig ruimte nodig van de onderdoorgang	-	Aanwezigheid van een watergang
<i>Kostenindicatie: Laag</i>		Hoogste diversiteit aan soorten maken hier gebruik van		Verstoring door menselijke activiteit hoog
				Hindering door lichtvervuiling hoog

Tabel 3: Kans –en barrièretabel voor alle maatregelen die met kunstmatige verlichting te maken hebben.

Maatregel	Kunstmatige verlichting			
	Kansen		Barrières	
	Sociale veiligheid	Ecologie	Sociale veiligheid	Ecologie
Algemeen <i>Kostenindicatie: laag</i>	Kunstmatige verlichting vergroot sociale veiligheid	Negatieve effecten van kunstmatige verlichting op flora gering, maakt 's nachts verlichting mogelijk.	Rekening houden met eisen Flora- en Faunawet	Kunstmatige verlichting beïnvloedt fauna negatief
	'24- uurs' oplossing	Effecten fauna zijn te mitigeren		
1. plaats en constructie	Lampen hoog plaatsen voor optimale gezichts-herkenning	Lampen zo laag mogelijk plaatsen voor mitigatie van lichteffect.		
<i>Kostenindicatie: laag</i>	Licht kan doelgericht gestuurd worden door o.a. cut- off lampen.	Licht kan doelgericht gestuurd worden door o.a. cut- off lampen.		
2. Type verlichting	TL en LED verlichting beide goed voor sociale veiligheid	Natriumlampen bieden mogelijkheden voor mitigatie	Natriumlamp ongeschikt voor kleurherkenning	TL licht niet geschikt
<i>Kostenindicatie: laag</i>		LED verlichting biedt veel mogelijkheden voor mitigatie		
3. Gekleurde verlichting	Groene LED in combinatie met rode LED	Veel kleurcombinaties mogelijk via	Gekleurd licht kan gezicht- en kleurherkenning	Soorten gevoelig voor lichtspectra in wit licht

	verhoogt gezicht- en kleurherkenning 's avonds	LED voor aanpassingen per doelsoort	verlagen	
<i>Kostenindicatie: laag</i>	Wit licht geeft overdag optimale gezicht- en kleurherkenning	Roodachtig licht gunstig voor meeste doelsoorten		
	Ultraviolet gaat drugsgebruik tegen	Planten groeien goed onder rood/blauw licht		Veel kennislacunes over effect gekleurde (LED) verlichting op flora en fauna
4. Vegetatielampen	Vegetatiegroei reduceert betonnen imago onderdoorgangen	Vegetatie biedt beschutting voor fauna	Nog nooit gebruikt in openbare ruimtes ter verbetering van sociale veiligheid	Hoge lichtintensiteit vereist voor fotosynthese
<i>Kostenindicatie: hoog – scheve kosten- baten verhouding</i>	Mogelijk om vegetatielampen 's nachts te vervangen voor conventionele verlichting		Rood/blauwe vegetatielampen kan sociale veiligheid reduceren	Veel kennislacunes over effect gekleurde (LED) verlichting op flora en fauna
				Onbekend of condities in onderdoorgang geschikt zijn voor vegetatiegroei
				Beperkt aantal plantensoorten in onderdoorgang levert contrast met omgeving
5. Vleermuis-vriendelijke verlichting <i>Kostenindicatie: laag</i>	Beschikbaarheid van vleermuis-vriendelijk en sociaal veilige lampen	Beschikbaarheid van vleermuis-vriendelijk en sociaal veilige lampen	Gezicht- en kleurherkenning niet optimaal	Naast lampen, aanvullende maatregelen nodig
6. Lichtsensoren <i>Kostenindicatie: gemiddeld/hoog – energiebesparing vs. installatiekosten</i>		Kan gunstige mitigatie maatregel voor fauna zijn	Schrikeffect: kan (subjectieve) onveiligheid verhogen	Verblindings- en/of schrikeffect

Toelichting kostenindicatie: Kunstmatige verlichting zal een relatief goedkope maatregel vormen. De diverse alternatieven besproken onder de maatregel kunstmatige verlichting zullen van elkaar verschillen. Vegetatielampen of vleermuisvriendelijke verlichting zal naar verwachting bijvoorbeeld duurder zijn dan TL verlichting. Maar over het algemeen zullen

zowel de aanschafprijs als de onderhoudskosten relatief laag zijn ten opzichte van andere maatregelen die gepaard gaan met hoge constructieve ingrepen.

Tabel 4: Kans –en barrièretabel voor het plaatsen van spiegels.

Plaatsen van spiegels				
	Kansen		Barrières	
Maatregel algemeen	Sociale veiligheid	Ecologie	Sociale veiligheid	Ecologie
<i>Kostenindicatie: Aanlegkosten laag, onderhoudskosten relatief hoog.</i>	Overdag natuurlijk licht in de onderdoorgang krijgen	Er zijn 's nachts minder lampen nodig	Puntbron: verblinding en vermindering van kleurherkenning	Verblinding van dieren
			Ontstaan van schaduwen	Te weinig licht voor ecologie
			Hufterproof, de spiegels moeten tegen vandalisme beschermd worden	
			Verwarringseffecten	Verwarringseffecten

Tabel 5: Kans –en barrièretabel voor het plaatsen van solar tubes.

Solar tube				
	Kansen		Barrières	
Maatregel algemeen	Sociale veiligheid	Ecologie	Sociale veiligheid	Ecologie
<i>Kostenindicatie: Relatief lage aanlegkosten, relatief hoge onderhoudskosten</i>	Natuurlijk licht verhoogt sociale veiligheid	Natuurlijk licht is beter dan kunstmatig licht	Kan alleen geplaatst worden tussen de rijbanen	Niet genoeg licht voor stimulering plantengroei
	Verspreid het licht goed, geen puntbron		Geen invloed wanneer de zon onder is	

Tabel 6: Kans –en barrièretabel voor de maatregel 'optisch bedrog'.

Optisch bedrog				
	Kansen		Barrières	
Maatregel algemeen	Sociale veiligheid	Ecologie	Sociale veiligheid	Ecologie
<i>Kosten indicatie: Lage aanlegkosten, relatief hoge onderhoudskosten</i>	Vergroot ruimtelijk gevoel en hiermee ook de veiligheid	-	Maatregel kan vandalisme verhogen (graffiti e.d.)	-
	Ruimte kan in de breedte en lengte beïnvloed worden		Effect kan afnemen door te weinig onderhoud	

Bijlage 9

Overzicht van de gebruikte literatuur met jaartal voor de multi-criteria analyse

Criterium	Bron	Jaartal
<i>Sociaal</i>		
Subjectief gevoel van onveiligheid (S2)	Wordt bepaald op basis van verslagen van meedenkavonden en Wist U data	Meedenkavonden: 2011 Wist U data: 2011
Zichtbaarheid en overzichtelijkheid (S3)	Op basis van eigen observatie en gegevens uit het handboek veilig ontwerp en beheer.	Observaties:2012 Handboek: 2008
Geregistreerde criminaliteit (S4)	Wist U data	2009
Geregistreerde overlast (S5)	Wist U data	2009
Vandalisme (S7)	Op basis van observatie: graffiti, vernieling en zwerfafval en Wist U data	Observaties: 2012 Wist U data: 2009.
<i>Ecologie</i>		
Gelegen binnen EHS of Groenstructuur (E1)	<i>Ecologische waarden</i> , Rijkswaterstaat en de gemeente Utrecht. <u>Ring Atlas.</u>	2012
Determineren van beschermde, Rode en Oranje Lijst soorten (E2)	<i>Gedetailleerd Natuursoortenonderzoek</i> uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat door Grontmij.	2012

Alle observaties zijn gedaan begin maart 2012.

Bijlage 10

Observaties onderdoorgangen

Onderdoorgang Voordorpsedijk



Sociaal:

- Functievervulling: gemengd verkeer
- Zichtbaarheid: geen zichtbelemmerende obstakels; geen hoge gesloten wanden langs aanvoerroute; zicht vanuit omringende bebouwing; route door tunnel recht, maar vrij lang en niet breed.
- Tekenen van verloedering: graffiti aanwezig

Ecologie:

- Watergang: nee

Contextfactoren

- Geen schuine, wanden, tussenwanden of middenberm
- Weinig ruimte voor horizontale uitbreiding van de onderdoorgang
- Afmetingen: schatting 40-50m lengte x 4m breed x 2,3 m hoog
- Faunapassage aanwezig in de vorm van een gaaskorf aan beide zijden.
- Aanwezigheid kunstmatige verlichting

Onderdoorgang Biltse Rading



Sociaal:

- Functievervulling: gemengd verkeer
- Zichtbaarheid: geen zichtbelemmerende obstakels; geen hoge gesloten wanden langs aanvoerroute; weinig zicht vanuit omringende bebouwing; route door tunnel recht, vrij kort en zeer breed. Verschillende wegdelen wel gescheiden door betonnen palen.
- Tekenen van verloedering: graffiti, zwerfafval aanwezig

Ecologie:

- Watergang: nee

Contextfactoren

- Geen schuine wanden, wel tussenwanden of middenberm
- Lijkt ruimte te zijn voor horizontale uitbreiding
- Afmetingen: 20m lengte x 75- 100m breedte x 5m hoogte
- Faunapassage aanwezig, afgescheiden door een houten muur
- Aanwezigheid kunstmatige verlichting

Onderdoorgang Biltsestraatweg/Utrechtseweg

Sociaal:



- Functievervulling: gemengd verkeer
- Zichtbaarheid: bomen en waterweg vormen zichtbelemmerend obstakel; geen hoge gesloten wanden langs aanvoerroute; weinig zicht vanuit omringende bebouwing; route door tunnel recht, vrij lang, maar zeer breed. Verschillende weggedelen wel gescheiden door betonnen palen. Voetpad afgescheiden van fietspad en weg
- Tekenen van verloedering: graffiti, zwerfafval, tekenen van drugsgebruik

Ecologie:

- Watergang: ja

Contextfactoren

- Wel schuine wanden, wel tussenwanden of middenberm
- Beperkte ruimte voor horizontale uitbreiding
- Afmetingen: schatting 50-60 m lengte x 75 m breedte x 4 m hoogte
- Geen faunapassage
- Aanwezigheid kunstmatige verlichting, maar niet bij voetpad.

Onderdoorgang Aansluiting tot Uithof



Sociaal:

- Functievervulling: langzaam verkeer
- Zichtbaarheid: geen zichtbelemmerend obstakel; gesloten wanden langs aanvoerroute; geen zicht vanuit omringende bebouwing; route door tunnel recht, zeer lang en niet breed. Tunnel vormt een donker gat.
- Tekenen van verloedering: graffiti, zwerfafval, tekenen van drugsgebruik.

Ecologie:

- Watergang: nee

Contextfactoren

- Enigszins schuine wanden, geen tussenwanden of middenberm
- Beperkte ruimte voor horizontale uitbreiding
- Afmetingen: schatting 100-125 m lengte x 75 m breedte x 2,3 m hoogte
- Geen faunapassage
- Aanwezigheid kunstmatige verlichting.

Onderdoorgang toegang tot Uithof



Sociaal:

- Functievervulling: gemengd verkeer
- Zichtbaarheid: geen zichtbelemmerend obstakel; geen hoge gesloten wanden langs aanvoerroute; beperkt zicht vanuit omringende bebouwing; route door tunnel recht, vrij lang en breed. Verschillende wegdelen wel gescheiden door betonnen palen.
- Tekenen van verloedering: graffiti, zwerfafval, tekenen van drugsgebruik

Ecologie:

- Watergang: nee

Contextfactoren

- Wel schuine wanden, wel tussenwanden of middenberm
- Beperkte ruimte voor horizontale uitbreiding
- Afmetingen: schatting 40-50 m lengte x 30m breedte x 4 m hoogte
- Geen faunapassage
- Geen kunstmatige verlichting

Onderdoorgang de Kromme Rijn



Sociaal:

- Functievervulling: gemengd verkeer, maar enkel door bestemmingsverkeer

- Zichtbaarheid: bomen, flauwe bocht en watergang vormen zichtbelemmerend obstakel; geen hoge gesloten wanden langs aanvoerroute; geen zicht vanuit omringende bebouwing; route door tunnel krom, lang en vrij breed. Verschillende wegdelen wel gescheiden door waterweg.
- Tekenen van verloedering: graffiti

Ecologie:

- Watergang: ja

Contextfactoren

- Wel schuine wanden, geen tussenwanden, watergang vormt middenberm
- Beperkte ruimte voor horizontale uitbreiding
- Afmetingen: schatting 60 m lengte x 30 m breedte x 2,30 m hoogte
- Faunapassage voor kleine dieren aanwezig
- Aanwezigheid kunstmatige verlichting, maar niet bij voetpad.

Onderdoorgang Fort 't Hemeltje (3 onderdoorgangen)



Sociaal:

- Functievervulling: langzaam verkeer
- Zichtbaarheid: flauwe bocht en hoogteverschil vormen zichtbelemmerend obstakel; wel hoge gesloten wanden langs aanvoerroute; geen zicht vanuit omringende bebouwing; route door tunnel krom, drie maal kort en niet zo breed.
- Tekenen van verloedering: graffiti,

Ecologie:

- Watergang: ja

Contextfactoren

- Geen schuine wanden, geen tussenwanden of middenberm
- Beperkte ruimte voor horizontale uitbreiding
- Afmetingen: schatting drie maal 15 m lengte x 7 m breedte x 2,50 m hoogte
- Geen faunapassage
- Geen kunstmatige verlichting