Natuurverbinding Zwaluwenberg

Gebruik door mens en dier

E.A. van der Grift, G.A. de Groot, F.G.W.A. Ottburg, H.A.H. Jansman, J. Bovenschen, I. Laros, M. Waanders, J. Willemsen, T. Denayère

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH
Movares consultants & engineers
RPS

Natuurverbinding Zwaluwenberg

Gebruik door mens en dier

E.A. van der Grift[1], G.A. de Groot[1], F.G.W.A. Ottburg[1], H.A.H. Jansman[1], J. Bovenschen[1], I. Laros[1], M. Waanders[2], J. Willemsen[2], T. Denayère[2]

1 Wageningen Environmental Research
2 RPS advies- en ingenieursbureau bv

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research, RPS advies- en ingenieursbureau bv en Movares, in opdracht van de provincie Noord-Holland.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, april 2024

Gereviewd door:
M.P. Huijser, Senior research ecologist (Western Transportation Institute – Montana State University, USA)

Akkoord voor publicatie:
M. Kluivers-Poodt, teamleider Dierecologie

Rapport 3335
ISSN 1566-7197

Van der Grift, E.A., G.A. de Groot, F.G.W.A. Ottburg, H.A.H. Jansman, J. Bovenschen, I. Laros, M. Waanders, J. Willemsen, T. Denayère, 2024. *Natuurverbinding Zwaluwenberg; Gebruik door mens en dier.* Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3335. 382 blz.; 206 fig.; 112 tab.; 137 ref.

In opdracht van de provincie Noord-Holland is onderzocht of Natuurverbinding Zwaluwenberg – een circa 1 kilometer lange, ecologische verbindingszone inclusief twee ecoducten in Het Gooi – de uitwisseling van de doelsoorten mogelijk maakt en daarmee de overlevingskansen van de populaties vergroot. Tevens is verkend welke effecten menselijk medegebruik van de natuurverbinding hebben op het gebruik door zoogdieren. De studie doet aanbevelingen voor inrichtings- en beheermaatregelen die het functioneren van de natuurverbinding kunnen verbeteren. Daarnaast presenteert dit rapport innovatieve onderzoekstechnieken die kunnen worden ingezet bij toekomstige evaluaties van natuurverbindingen of faunapassages.

Commissioned by the province North-Holland, research has been conducted into whether the Zwaluwenberg Nature Link – an approximately 1 kilometer long ecological corridor, including two ecoducts, in Het Gooi – makes the exchange of target species possible and thus increases the chances of survival of the populations. The effects of human co-use of the ecological corridor on use by mammals have also been explored. The study makes recommendations for design and management measures that can improve the functioning of the ecological corridor. In addition, this report presents innovative research techniques that can be used in future evaluations of ecological corridors or wildlife passages.

Trefwoorden: versnippering, ontsnippering, habitat fragmentatie, natuurverbinding, ecologische corridor, natuurbrug, ecoduct, faunapassage, verkeersweg, spoorweg, monitoring, Het Gooi

Dit rapport is gratis te downloaden van https://doi.org/10.18174/647958 of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

🅭 2024 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem.
In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.
Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3335 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: E.A. van der Grift

Inhoud

Verantwoording **7**

Woord vooraf **9**

Samenvatting **11**

1 Inleiding **17**

1.1 Achtergrond 17
1.2 Doel van het onderzoek 18
1.3 Onderzoeksvragen 18
1.4 Aanpak van het onderzoek 18
1.5 Scope van het onderzoek 20
1.6 Leeswijzer 20

2 Natuurverbinding Zwaluwenberg **22**

2.1 Ligging 22
2.2 Begrenzing natuurverbinding 23
2.3 Infrastructurele barrières 24
2.4 Doel van de natuurverbinding 26
2.5 Doelsoorten 26
2.6 Menselijk medegebruik 28
2.7 Natuurbrug Zwaluwenberg 30
2.8 Natuurbrug Hoorneboeg 37

3 Ontwikkeling van de vegetatie in de natuurverbinding **44**

3.1 Inleiding 44
3.2 Methode 44
3.2.1 Verzamelen gegevens 44
3.2.2 Bewerking gegevens 44
3.3 Vegetatieontwikkeling 2014-2020 45
3.4 Conclusies 54
3.5 Aanbevelingen beheer 55

4 Gebruik van de natuurverbinding door zoogdieren **58**

4.1 Inleiding 58
4.2 Doel van het onderzoek 58
4.3 Onderzoeksvragen 59
4.4 Toetsingskader 59
4.5 Methoden 62
4.5.1 Studieopzet 62
4.5.2 Verzamelen gegevens 62
4.5.3 Verwerken van de fotobeelden 73
4.5.4 Analyse gegevens 74
4.5.5 Verkenning gebruik natuurbruggen elders in de regio 83
4.6 Resultaten 84
4.6.1 Soorten 84
4.6.2 Passagefrequenties soorten 90
4.6.3 Passagefrequenties individuen 90
4.6.4 Bevestigde oversteken 96
4.6.5 Trend in passagefrequenties over de jaren 96
4.6.6 Passagefrequentie natuurverbinding versus omgeving 98
4.6.7 Levensvatbaarheid populaties 101

4.6.8 Verdeling passages over het jaar 102
4.6.9 Verdeling passages over het etmaal 104
4.6.10 Gemiddeld tijdstip van passage 106
4.6.11 Verdeling passages over lichttoestand 108
4.6.12 Geslachtsverhouding 110
4.6.13 Leeftijdsverdeling 110
4.6.14 Loopwijze 111
4.6.15 Gedrag 113
4.6.16 Vergelijking met gebruik natuurbruggen elders in de regio 115
4.6.17 Toetsing functionaliteit natuurbrug 116
4.7 Discussie 119
4.7.1 Doelsoorten 119
4.7.2 Overige soorten 123
4.8 Conclusies 125

5 Gebruik van de natuurverbinding door mens en huisdier 126

5.1 Inleiding 126
5.2 Doel van het onderzoek 126
5.3 Onderzoeksvragen 126
5.4 Methode 127
5.4.1 Verzamelen gegevens 127
5.4.2 Verwerken van de fotobeelden 131
5.4.3 Analyse gegevens mensen 133
5.4.4 Analyse gegevens huisdieren 137
5.5 Resultaten 139
5.5.1 Gebruik van de natuurverbinding door mensen 139
5.5.2 Gebruik van de natuurverbinding door huisdieren 146
5.6 Discussie 150
5.6.1 Gebruik van de natuurverbinding door mensen 150
5.6.2 Gebruik van de natuurverbinding door huisdieren 152
5.7 Conclusies 154

6 Effect menselijk medegebruik natuurverbinding op het gebruik door zoogdieren 155

6.1 Inleiding 155
6.2 Methode 155
6.2.1 Verzamelen gegevens 155
6.2.2 Analyse gegevens 155
6.3 Resultaten 157
6.3.1 Effect op het aantal passages van dieren 157
6.3.2 Effect op het tijdstip waarop dieren passeren 160
6.4 Discussie 163
6.5 Conclusies 164

7 Gebruik van de natuurverbinding door reptielen 165

7.1 Inleiding 165
7.2 Doel van het onderzoek 166
7.3 Onderzoeksvragen 166
7.4 Toetsingskader 166
7.5 Methoden 167
7.5.1 Studieopzet 167
7.5.2 Studiegebied 168
7.5.3 Verzamelen gegevens 168
7.5.4 Kanttekeningen bij de gebruikte inventarisatiemethoden 176
7.5.5 Analyse gegevens transect-inventarisaties 177
7.5.6 Effect op de levensvatbaarheid van de populaties 181
7.5.7 Verkenning gebruik natuurbruggen elders in Nederland 183
7.5.8 Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor reptielen 184
7.6 Resultaten 185

7.6.1 Natuurbrug Zwaluwenberg 185
7.6.2 Natuurbrug Hoorneboeg 194
7.6.3 Uitwisseling van individuen 203
7.6.4 Toetsing functionaliteit natuurverbinding 209
7.6.5 Effect op levensvatbaarheid populaties 217
7.6.6 Gebruik natuurbruggen door reptielen elders in Nederland 218
7.6.7 Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor reptielen 222
7.7 Discussie 227
7.8 Conclusies 237

8 Populatie-genetische effecten van de natuurverbinding voor hazelworm en levendbarende hagedis 238

8.1 Inleiding 238
8.1.1 Meerwaarde populatie-genetisch onderzoek 238
8.1.2 Genetisch onderzoek natuurverbindingen 239
8.2 Doel van het onderzoek 239
8.3 Onderzoeksvragen 240
8.4 Methoden 240
8.4.1 Verzamelen DNA 240
8.4.2 Monsteraantallen en algemene proefopzet 242
8.4.3 Genetische analyse 244
8.5 Resultaten 245
8.5.1 Hazelworm 245
8.5.2 Levendbarende hagedis 251
8.6 Conclusies 255

9 Casestudie: Evaluatie van het gebruik van kunstmatige schuilplekken voor de inventarisatie van reptielen 256

9.1 Inleiding 256
9.2 Doel van het onderzoek 257
9.3 Onderzoeksvragen 257
9.4 Methode 257
9.4.1 Dataverzameling 257
9.4.2 Data-analyse 259
9.5 Bevindingen 261
9.5.1 Waarnemingen in kunstmatige schuilplekken 261
9.5.2 Potentieel voordeel schuilplekken voor thermoregulatie 261
9.5.3 Thermoregulatie 264
9.5.4 Verschillen in gebruik tussen typen kunstmatige schuilplekken 266
9.5.5 Verklaring verschillen tussen typen kunstmatige schuilplekken 268
9.6 Discussie 269
9.7 Conclusies 272

10 Gebruik van de natuurverbinding door amfibieën 273

10.1 Inleiding 273
10.2 Doel van het onderzoek 273
10.3 Onderzoeksvragen 274
10.4 Toetsingskader 274
10.5 Methoden 274
10.5.1 Verzamelen gegevens 274
10.5.2 Kanttekeningen bij de gebruikte inventarisatiemethoden 277
10.5.3 Analyse gegevens inventarisaties transecten 277
10.5.4 Analyse gegevens inventarisaties poelen 279
10.5.5 Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor amfibieën 279
10.6 Resultaten 279
10.6.1 Natuurbrug Zwaluwenberg 279
10.6.2 Natuurbrug Hoorneboeg 293

10.6.3 Toetsing functionaliteit natuurverbinding 305
10.6.4 Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor amfibieën 307
10.7 Discussie 311
10.8 Conclusies 314

11 Gebruik van de natuurverbinding door dagvlinders 315

11.1 Inleiding 315
11.2 Doel van het onderzoek 315
11.3 Onderzoeksvragen 316
11.4 Methoden 316
11.4.1 Verzamelen gegevens 316
11.4.2 Analyse gegevens 319
11.5 Resultaten 320
11.5.1 Doelsoorten 320
11.5.2 Gebruik van de natuurverbinding door dagvlinders 320
11.5.3 Kwalificering functioneren natuurverbinding voor dagvlinders 321
11.6 Discussie 322
11.7 Conclusies 323

12 Gebruik van de natuurverbinding door rode bosmieren 324

12.1 Inleiding 324
12.2 Kale rode bosmier 325
12.3 Doel van het onderzoek 326
12.4 Onderzoeksvragen 326
12.5 Methoden 327
12.5.1 Verzamelen gegevens 327
12.6 Resultaten 329
12.6.1 Gebruik natuurverbinding door kale rode bosmier 329
12.6.2 Nesten kale rode bosmier in de brongebieden 332
12.6.3 Geschiktheid natuurverbinding en brongebieden 332
12.6.4 Gebruik natuurverbinding door andere soorten mieren 334
12.7 Aanbevelingen inrichting en beheer 335
12.8 Conclusies 336

13 Tot slot 338

Dankwoord 342

Literatuur 344

Bijlage 1 Ordening vegetatieopnamen 2014-2020 350

Bijlage 2 Bijzondere planten 355

Bijlage 3 Cameravallen op referentieplekken 356

Bijlage 4 IJking cameravallen 362

Bijlage 5 Aantal inventarisaties van transecten reptielen 365

Bijlage 6 Indeling sectoren natuurbruggen 367

Bijlage 7 Toets abundantie reptielen 368

Bijlage 8 Genetische merkers 371

Bijlage 9 Genetische differentiatie 372

Bijlage 10 Kunstmatige schuilplekken 373

Bijlage 11 Toets abundantie amfibieën 376

Verantwoording

Rapport: 3335
Projectnummer: 5241037-01

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld:

functie: senior research ecologist (Western Transportation Institute - Montana State University, USA)

naam: M.P. Huijser

datum: 18 januari 2024

Akkoord teamleider voor de inhoud:

naam: M. Kluivers-Poodt

datum: 25 februari 2024

Woord vooraf

Soms zijn er van die projecten waarbij alles samenvalt. De ontsnippering van de natuurgebieden in Het Gooi is zo'n project. De afgelopen decennia zijn er tal van maatregelen genomen om de versnipperde Gooise heide- en bosgebieden met elkaar te verbinden. De natuurbruggen of ecoducten zijn de meest in het oog springende ontsnipperingsmaatregelen. In Het Gooi liggen er inmiddels zes over drukke wegen en spoorlijnen en er is er nog één in voorbereiding, over de provinciale weg bij de Westerheide. Die natuurbruggen zijn imposante bouwwerken, maar de vraag was of ze goed werken. Het blijkt dat vossen en reeën er al snel gebruik van maken, maar werken de bruggen ook voor dieren die veel schuwer zijn of zich heel moeizaam verspreiden? Dragen al die passages bij aan het duurzaam voortbestaan van de beoogde populaties? Profiteren die populaties ook van de natuurbruggen? Ecologen vinden ontsnippering pas geslaagd als er ook genetische uitwisseling plaatsvindt. Lukt dat hier? Ondanks de grote investeringen in natuurbruggen vindt er vrijwel geen monitoring plaats. We weten dus niet of de natuurbruggen doen wat ze moeten doen: bijdragen aan het duurzaam voortbestaan van de populaties waarvoor ze zijn bedoeld.

In Het Gooi is het voor het eerst gelukt om langlopend en diepgravend onderzoek te doen naar de effectiviteit van natuurbruggen. Over een periode van zeven jaar hebben onderzoekers van Wageningen University & Research en hun studenten, samen met ecologen van RPS en Movares, allerlei diergroepen onderzocht. In een aantal gevallen met nieuwe, innovatieve technieken. Door het slim combineren van allerlei budgetten konden in de loop van de tijd deelonderzoeken worden toegevoegd, zoals de invloed van recreanten op de passerende dieren. De uitkomsten en betekenis van deze onderzoeken reiken veel verder dan Het Gooi. Veel resultaten zijn al gepresenteerd tijdens excursies, symposia en congressen. In de afgelopen zeven jaar was er ook veel aandacht vanuit de media en zelfs vanuit het buitenland, tot Zuid-Korea aan toe.

Het heeft even geduurd, maar ook het eindverslag is af. Alle bevindingen staan nu overzichtelijk in dit lijvige boekwerk. Het resultaat van tien jaar hechte samenwerking. In het veld tussen de onderzoekers, studenten, vrijwilligers en de boswachters van het Goois Natuurreservaat. En op kantoor door een hecht collectief van Goois Natuurreservaat, Rijkswaterstaat, ProRail en de Provincie Noord-Holland. Het was een project waarbij tien jaar lang alles perfect samenviel. Een feest om aan mee te mogen werken!

Nico Jonker, projectleider monitoring bij de Provincie Noord-Holland

Samenvatting

Achtergrond
In Nederland is de natuur steeds meer 'versnipperd'. Veranderingen in landgebruik hebben ervoor gezorgd dat natuurgebieden op veel plekken kleiner zijn geworden en meer van elkaar geïsoleerd zijn geraakt. Dit heeft gevolgen voor de planten- en diersoorten die in deze gebieden voorkomen. Het kleiner worden van natuurgebieden maakt dat de populaties van planten en dieren in omvang afnemen, waardoor hun overlevingskansen dalen. De geïsoleerde ligging maakt dat er weinig of geen uitwisseling van planten en dieren meer kan plaatsvinden tussen de verschillende natuurgebieden. Dit kan de overlevingskansen van populaties verder verkleinen, inteelt veroorzaken en de mogelijkheden voor (her)kolonisatie van leefgebieden sterk beperken. Om deze effecten van de versnippering tegen te gaan, is het 'ontsnipperen' van natuurgebieden een belangrijk onderdeel van het natuurbeleid in Nederland geworden. Hieraan wordt vormgegeven door bestaande natuurgebieden te vergroten, nieuwe natuurgebieden te ontwikkelen en tussen de natuurgebieden – zowel bestaande als nieuwe – natuurverbindingen aan te leggen.

Natuurverbinding Zwaluwenberg is hiervan een voorbeeld. Deze natuurverbinding is circa 1 km lang en moet de bos- en heidegebieden op de Utrechtse Heuvelrug en die in Het Gooi ten zuiden van Hilversum weer met elkaar verbinden. De natuurverbinding overbrugt hiervoor drie verkeersaders: rijksweg A27, spoorlijn Utrecht-Hilversum en de provinciale weg N417. Binnen de natuurverbinding is feitelijk sprake van een opeenvolging van 'wegversmallingen' die het de dieren wellicht lastiger maakt om daadwerkelijk uit te wisselen tussen de natuurgebieden aan weerszijden van de infrastructurele bundel. De vraag is dan ook niet alleen of dergelijke complexe verbindingen door de dieren worden gebruikt, maar tevens of de frequentie van dit gebruik overeenkomt met de ambities. Een ander vraagstuk is of natuurverbindingen daadwerkelijk bijdragen aan het vergroten van de levensvatbaarheid en genetische vitaliteit van dierpopulaties. Natuurverbindingen moeten steeds vaker ruimte bieden aan recreatieve verbindingen voor wandelaars, fietsers en ruiters. Ook delen van Natuurverbinding Zwaluwenberg zijn voor mensen opengesteld. Er is echter nog weinig bekend over hoe dergelijk menselijk medegebruik van een natuurverbinding het gebruik door fauna beïnvloedt en of een eventueel effect de ecologische doelstellingen (ver)hindert.

De provincie Noord-Holland wil – samen met haar partners Rijkswaterstaat, ProRail, Gemeente Hilversum en het Goois Natuurreservaat – meer inzicht krijgen in deze vraagstukken en heeft daarom een zevenjarig onderzoeksproject geïnitieerd (2014-2020), waarin het ecologisch functioneren van Natuurverbinding Zwaluwenberg voor diverse diergroepen is onderzocht. Dit rapport presenteert de bevindingen van dat onderzoek.

Doel van het onderzoek
Een eerste doel van het onderzoek is het leveren van een onderbouwde bijdrage aan de discussie over nut en noodzaak van natuurverbindingen en de faunapassages die hier in veel gevallen een belangrijk onderdeel van zijn. Het onderzoek moet kennis genereren over de manier waarop natuurverbindingen werken en inzicht verschaffen in de rol die ze spelen bij het in stand houden van dierpopulaties. Een tweede doel is om inzicht te verschaffen in de eventuele effecten van menselijk medegebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg op het gebruik door fauna en de ecologische betekenis van deze effecten. Een derde doel is het ontwikkelen van een monitoringssystematiek die ook elders gehanteerd kan worden, tijdens evaluaties van andere natuurverbindingen. Een vierde doel is het verschaffen van inzicht in mogelijke knelpunten wat betreft inrichting en beheer van de natuurverbinding. Ingeval knelpunten worden geconstateerd, moet het onderzoek leiden tot een advies over bijstelling van inrichting en beheer, met als doel het gebruik door de doelsoorten te optimaliseren.

Aanpak van het onderzoek
Het gebruik van een natuurverbinding door fauna kan pas goed worden geduid als bekend is welke diersoorten in de omgeving voorkomen en in welke (relatieve) dichtheden deze soorten aanwezig zijn. De kern van de hier gekozen aanpak bestaat voor alle onderzochte diergroepen dan ook uit het simultaan doen

van metingen in de natuurverbinding en in de omliggende natuurgebieden. Deze aanpak stelt ons allereerst in staat om voor iedere doelsoort meetbare doelen te formuleren en die vervolgens te toetsen. Het biedt daarmee de kans om te bepalen of de natuurverbinding aan de ambities voldoet en waar er eventueel nog knelpunten zijn. De aanpak stelt ons ook in staat om uitspraken te doen over de mate waarin de natuurverbinding de barrièrewerking van de infrastructuur voor de doelsoorten wegneemt. En het biedt de mogelijkheid om het functioneren van de natuurverbinding voor een doelsoort in een standaard indexwaarde uit te drukken, waardoor een betere vergelijking met metingen in andere natuurverbindingen mogelijk wordt.

Een natuurverbinding moet zorgen dat dieren kunnen uitwisselen tussen de leefgebieden en populaties aan weerszijden. Voor sommige diersoorten – zoals reptielen – is hiervoor een 'leefgebied-corridor' vereist, dus een plek waar permanent geschikt leefgebied aanwezig is en de dieren dus langere tijd, of zelfs hun hele leven, in kunnen verblijven. Uitwisseling tussen de populaties aan weerszijden ontstaat dan als de hele natuurverbinding door de soort is gekoloniseerd. De aanwezigheid van dergelijke soorten is hier daarom over nagenoeg de hele lengte van de natuurverbinding gemonitord. Hierbij is ook onderzocht welke leeftijdscategorieën voorkomen, zodat een beeld ontstaat van de mate waarin de natuurverbinding de verschillende levensstadia faciliteert. Daarnaast zijn technieken gebruikt om de bewegingen van individuele dieren door de natuurverbinding te volgen en de door deze dieren afgelegde afstanden te bepalen.

Voor twee soorten reptielen – de hazelworm en levendbarende hagedis – is genetisch onderzoek uitgevoerd met als doel de mate van uitwisseling tussen de populaties binnen en aan weerszijden van de natuurverbinding te achterhalen. Hiervoor is allereerst een genetische nulmeting verricht op het moment dat de natuurverbinding nog niet (geheel) was opengesteld. Een tweede meting is zes jaar later gedaan, waarna de twee metingen met elkaar zijn vergeleken. De aandacht ging hierbij primair uit naar eventuele veranderingen in de genetische differentiatie tussen de populaties. Daarnaast hebben we ons gericht op het vaststellen of een individueel dier in de populatie aan de ene kant van de infrastructuur afkomstig is van de populatie aan de andere kant ervan.

Er is gebruikgemaakt van het populatie-dynamische model METAPOP om voor een selectie van doelsoorten uitspraken te doen over het effect van het gemeten gebruik van de natuurverbinding op de levensvatbaarheid van de populaties. Het model legt een relatie tussen het aantal passages dat in een natuurverbinding of faunapassage wordt geregistreerd en de levensvatbaarheid van de populatie. Voor soorten die nog niet in dit model zijn opgenomen, is voor een inschatting van de effecten op de levensvatbaarheid gebruikgemaakt van het expertsysteem LARCH. Dit systeem bevat voor een grote groep diersoorten normen voor levensvatbaarheid, dus drempelwaarden voor de minimale populatiegrootte die nodig is om een populatie duurzaam te laten voortbestaan. Door toetsing van de geschatte populatiegrootte voor en na de realisatie van de natuurverbinding aan deze normen, ontstaat een globaal beeld wat de effecten van de verbinding zijn wat betreft de (lokale) overlevingskansen van de soort.

Bevindingen

De resultaten van het onderzoek vatten we hier samen per onderzoeksvraag die is gedestilleerd uit de doelen voor het onderzoek.

Functioneert de natuurverbinding voor de doelsoorten, i.e. faciliteert ze de uitwisseling van individuen en vergroot ze daarmee de overlevingskansen van populaties?

Natuurverbinding Zwaluwenberg functioneert goed voor de doelsoorten ree en das. Deze soorten hebben de natuurverbinding in gebruik genomen en de gestelde doelen voor de frequentie van passeren zijn voor beide soorten gehaald. Modelsimulaties laten zien dat de uitwisseling van ree voldoende is om de levensvatbaarheid van de populaties te waarborgen. Het territoriale gedrag van reebokken zorgt ervoor dat het aantal bokken dat de natuurverbinding gebruikt, beperkt is. De gemeten uitwisseling van reeën is naar verwachting wel voldoende groot om ook genetische vitaliteit van de populaties te waarborgen. Modelsimulaties indiceren dat de uitwisseling van dassen nog onvoldoende is voor het bereiken van levensvatbare populaties. Het gebruikte model houdt echter geen rekening met het territoriale gedrag van de dassen, die rijksweg A27 als territoriumgrens hebben gekozen. De passages van dassen die zijn geregistreerd, laten zien dat de soort de natuurverbinding weet te vinden en te gebruiken en er dus geen belemmering is voor (dispergerende) dieren om nieuwe leefgebieden en andere familiegroepen te bereiken. Natuurverbinding Zwaluwenberg functioneert nog niet goed voor de boommarter. De soort is slechts eenmaal geregistreerd. Dit betekent dat de boommarter

naar schatting hooguit enkele keren per jaar passeert. Hiermee is aan geen van de doelstellingen wat betreft uitwisseling voldaan. De oorzaak lijkt voor een deel gelegen in het ontbreken van voldoende opgaande begroeiing op de natuurbruggen. Daarnaast zorgen de huidige faunarasters niet voor geleiding van de dieren naar de overgangen, aangezien deze naar verwachting wel door de soort kunnen worden gepasseerd.

De natuurverbinding is relatief snel in gebruik genomen door de doelsoorten hazelworm en levendbarende hagedis. De doelsoort zandhagedis maakt (nog) geen gebruik van de natuurverbinding. Deze soort komt momenteel niet voor in de brongebieden. Voor zowel hazelworm als levendbarende hagedis is over de jaren een toename in het gebruik gemeten. De abundanties in de natuurverbinding zijn in het laatste onderzoeksjaar vergelijkbaar of hoger dan die in omliggende, geschikte leefgebieden. Een goed teken is ook dat er binnen de natuurverbinding voortplanting is vastgesteld en alle leeftijdsgroepen er voorkomen. De genetische studie heeft laten zien dat er op beide natuurbruggen uitwisseling plaatsvindt van zowel de hazelworm als levendbarende hagedis. Het is echter ook duidelijk geworden dat de op basis van deze uitwisseling verwachte genetische veranderingen zich langzaam manifesteren. Voor levendbarende hagedis zijn er aanwijzingen dat de soort ook uitwisselt tussen de twee natuurbruggen. Voor hazelworm is dat nog niet het geval. De oorzaak lijkt gelegen in de inrichting van (een deel van) het tussengebied en de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Op basis van deze bevindingen is de conclusie dat de natuurverbinding op dit moment nog niet voldoende goed functioneert om na ontsnippering de gewenste levensvatbaarheid van de populaties van hazelworm en levendbarende hagedis te kunnen bewerkstelligen.

De doelsoorten heideblauwtje en heivlinder maken geen gebruik van de natuurverbinding. Niet omdat deze ongeschikt is, maar omdat deze soorten momenteel niet meer voorkomen in de brongebieden. De tellingen van andere vlindersoorten laten echter zien dat de natuurverbinding wel regelmatig door dagvlinders wordt gebruikt en de relatieve dichtheden hier niet verschillen van die in de nabijgelegen heidegebieden. De kale rode bosmier heeft de natuurverbinding gekoloniseerd en het aantal nesten is gedurende de onderzoeksperiode toegenomen. Vooralsnog zijn echter nog niet alle delen van de natuurverbinding in gebruik genomen en zijn er ook nog geen aanwijzingen dat de verschillende kolonies binnen de natuurverbinding met elkaar in verbinding staan. Naast enkele ingrepen, zoals versterking/uitbreiding van stobbenwallen en ontwikkeling van meer bos, is voor deze soort naar verwachting vooral tijd de sleutel tot succes. De vegetatie in de natuurverbinding is nog jong en de condities voor bosmieren zijn hierdoor pas op termijn optimaal.

Welke effecten heeft het menselijk medegebruik van de natuurverbinding op het gebruik door de fauna?

Natuurverbinding Zwaluwenberg is niet alleen een verbindingszone voor fauna, maar ook voor mensen. Op basis van onze metingen concluderen we dat hier jaarlijks naar schatting meer dan 100.000 mensen passeren. Als we corrigeren voor de onderschatting die we maken omdat geen volledige jaren zijn gemeten, wordt het menselijk gebruik zelfs op circa 200.000 geschat. Dit betekent dat er dan gemiddeld 388 fietsers, 172 voetgangers en 7 ruiters per dag passeren. Dit gebruik door mensen vindt gedurende het hele jaar plaats. In het weekend is het gebruik hoger dan op werkdagen. Het gebruik vindt vooral overdag plaats, vanaf circa 7:00 uur, maar is ook geregistreerd in de avond tot circa middernacht. Van middernacht tot 7:00 uur zijn er nauwelijks passages van mensen op beide natuurbruggen.

Er zijn binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg verschillende vormen van illegaal gebruik door mensen geregistreerd, te weten (1) gebruik van de niet opengestelde natuurzone, (2) gebruik van het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg door anderen dan ruiters, (3) gebruik door voertuigen die niet zijn toegestaan en (4) gebruik na zonsondergang. Op Natuurbrug Hoorneboeg en op het centrale fiets-/voetpad in het tussengebied vormen illegale vormen van gebruik circa 1% van het totale gebruik door mensen. Op Natuurbrug Zwaluwenberg daarentegen is circa de helft van al het gebruik door mensen illegaal. De belangrijkste oorzaak hiervan is dat het ruiterpad op deze natuurbrug frequent wordt gebruikt door voetgangers en, in mindere mate, fietsers. Het al op een grotere afstand ontwikkelen van een stevige, fysieke afscheiding tussen het centrale fiets-/voetpad in het tussengebied en het ruiterpad dat vanaf daar naar de natuurbrug leidt, kan naar verwachting helpen om dit illegale gebruik door niet-ruiters terug te dringen.

Ondanks dat een groot aantal mensen de natuurverbinding gebruikt, is het aantal illegale passages via de natuurzones op de natuurbruggen relatief beperkt. Op Natuurbrug Zwaluwenberg vormen de illegale passages via de natuurzone circa 5% van alle passages, op Natuurbrug Hoorneboeg vormen ze minder dan

0,01%. In absolute aantallen is dit illegale gebruik op genoemde natuurbruggen vergelijkbaar met die op andere natuurbruggen in Het Gooi. En bij vergelijking met het illegale gebruik door mensen van Natuurbrug Groene Woud, een ecoduct dat niet voor mensen is opengesteld, moet geconcludeerd worden dat het aantal passages op deze niet-opengestelde natuurbrug ongeveer gelijk is aan die in de natuurzone op Natuurbrug Zwaluwenberg en zelfs viermaal hoger dan die op Natuurbrug Hoorneboeg. Openstelling van natuurbruggen voor mensen leidt dus niet (per definitie) tot meer betreding van de natuurzone. Een voorwaarde is dan wel dat er een fysieke afscheiding wordt aangelegd tussen de zone waar mensen zijn toegestaan en de natuurzone waar het publiek niet mag komen.

Op jaarbasis passeren er naar schatting 2.600 honden Natuurverbinding Zwaluwenberg. Een deel hiervan betreedt ook de natuurbruggen, hoewel hier een verbod voor honden geldt. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn dit er naar schatting minder dan honderd per jaar; op Natuurbrug Hoorneboeg bijna duizend. Dit verschil lijkt vooral samen te hangen met de openstelling van laatstgenoemde natuurbrug voor voetgangers. Het merendeel van de honden op de natuurbruggen is niet aangelijnd. Toch passeren de meeste honden wel via de zone die voor mensen is opengesteld en niet via de natuurzone. Dit indiceert dat de maatregelen tussen de natuurzone en de voor mensen opengestelde zone – rasters, grondwallen, beplanting – goed als afscheiding functioneren. Op Natuurbrug Hoorneboeg passeren honden ook in de (late) avond, op Natuurbrug Zwaluwenberg passeren honden bijna uitsluitend overdag. Ook huiskatten maken frequent gebruik van de natuurbruggen. De schatting is dat huiskatten Natuurbrug Zwaluwenberg circa vijftig maal per jaar passeren en Natuurbrug Hoorneboeg circa tweehonderd maal. Deze aantallen wijken niet veel af van die op andere natuurbruggen in Het Gooi.

Het aantal passages per nacht van de zoogdieren die gebruikmaken van de natuurverbinding – al dan niet aangewezen als doelsoort – wordt niet negatief beïnvloed door het aantal mensen dat de voorgaande dag is gepasseerd. Voor de meeste soorten geldt zelfs dat het aantal passages van de dieren na dagen met veel mensen juist hoger is in vergelijking met dagen waarop weinig mensen de natuurverbinding gebruiken. Naar verwachting wordt de passagefrequentie van de hier onderzochte middelgrote zoogdieren vooral verklaard door seizoen en weersomstandigheden. Wel blijken de dieren Natuurbrug Zwaluwenberg later op de avond te passeren als overdag veel mensen zijn gepasseerd. Dit uitstel van passeren kan oplopen tot circa anderhalf uur. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit effect niet waargenomen. Dit lijkt vooral een gevolg van de veel hogere passagefrequenties van mensen. Tussen drukke en zeer drukke dagen is geen verschil in gemiddeld tijdstip van passeren van de diersoorten meer te meten.

Welke monitoringssystematiek is aan te bevelen voor toekomstige evaluaties van ontsnipperende maatregelen?

Voor een zorgvuldige evaluatie van ontsnipperende maatregelen is het vaststellen van een lijst van soorten die in de natuurverbinding zijn gezien, niet voldoende. Het is nodig om kwantitatieve gegevens te verzamelen, te beginnen met die van passagefrequenties, om een goed inzicht te krijgen in de mate waarin de soorten een natuurverbinding accepteren en gebruiken. Metingen moeten zich daarbij niet beperken tot de natuurverbinding, maar ook plaatsvinden in de brongebieden aan weerszijden van de infrastructuur. Laatstgenoemde metingen kunnen dan dienen als referentie en medebepalen of de natuurverbinding aan de verwachtingen voldoet of niet. Dergelijke metingen bieden ook de kans om een 'stuwingsindex' te berekenen op basis waarvan ontsnipperende maatregelen op verschillende plekken in het land op eenduidige wijze met elkaar kunnen worden vergeleken. Genoemde index houdt namelijk rekening met verschillen in de dichtheden waarin soorten kunnen voorkomen.

Tijdens de planvorming en uitwerking van ontwerpen voor ontsnipperende maatregelen worden meestal doelen geformuleerd waaraan de maatregelen moeten voldoen. Niet zelden beperken deze doelstellingen zich tot een lijst met doelsoorten waarvoor de verbinding moet gaan functioneren. Voor zorgvuldige evaluatie achteraf is dat onvoldoende. Daarvoor zijn eenduidige, meetbare doelen nodig op basis waarvan kan worden bepaald of de maatregelen een succes zijn of niet. Een toetsingskader dus. Bij voorkeur zijn hierin doelen opgenomen die samenhangen met zowel het gebruik als de effectiviteit van de natuurverbinding. Doelen voor gebruik geven aan welke soorten de natuurverbinding zouden moeten gaan gebruiken, maar bijvoorbeeld ook hoe vaak en op welke wijze zij dit zouden moeten doen. Doelen voor effectiviteit geven aan in welke mate na een gegeven termijn een versnipperingsprobleem moet zijn opgelost, bijvoorbeeld met welk percentage aanrijdingen met fauna moet worden teruggebracht of wanneer de genetische verschillen

van de populaties moeten zijn opgeheven. De kracht van dergelijke toetsingskaders is dat het op een systematischer wijze in beeld brengt waar een natuurverbinding nog aandacht verdient. Het dwingt ook om vooraf beter na te denken en vast te stellen wanneer een natuurverbinding als succes wordt gezien en wanneer niet. Daarnaast resulteert het consequent toetsen aan meetbare doelen tot meer kennis over de factoren die de functionaliteit van natuurverbindingen bepalen en biedt het betere kansen om bevindingen uit diverse studies te vergelijken en in samenhang te analyseren.

In monitoringsstudies moet altijd oog zijn voor vernieuwing. Het is wel verstandig om veelbelovende, nieuwe technieken eerst te testen alvorens deze breed toe te passen. In dit kader is binnen dit onderzoek een vergelijking gemaakt tussen vier typen kunstmatige schuilplekken die kunnen worden gebruikt bij de monitoring van reptielen. Er blijken duidelijke verschillen te bestaan in het aantal waarnemingen van reptielen tussen de vier onderzochte typen. Tapijttegels en stalen platen leveren significant meer waarnemingen op dan houten platen en ACO's van polymeerbeton. Tapijttegels en stalen platen zijn dan ook de aan te bevelen typen schuilplekken voor toekomstige inventarisaties.

Genetische technieken zijn tijdens dit onderzoek een werkbare methode gebleken om uitwisseling vast te stellen. Deze studie heeft ook laten zien dat we zonder deze technieken niet alles in beeld hebben. Zo lieten de tellingen van hazelworm en levendbarende hagedis op beide natuurbruggen zien dat deze in behoorlijke – en toenemende – aantallen aanwezig zijn binnen de natuurverbinding. Normaliter zou dan de conclusie zijn dat de natuurverbinding goed functioneert als verbinding. Op basis van genetica is echter gebleken dat we dat punt nog niet hebben bereikt. De uitwisseling via beide natuurbruggen gaat goed, maar het tussengebied vormt nog een barrière, vooral voor hazelworm. Toepassing van de genetische technieken zijn hiermee een belangrijke aanvulling gebleken op tellingen en zijn dan ook nadrukkelijk aan te bevelen voor toekomstige evaluaties van natuurverbindingen.

In dit onderzoek is getracht de bewegingen van reptielen te reconstrueren op basis van individuele herkenning. Voor hazelworm is dit gedaan door de dieren van een chip te voorzien en hun biometrische kenmerken vast te leggen. Van ringslangen zijn buikpatronen gefotografeerd, die per individu verschillen. De verkenning toont aan dat de techniek lastig is. Individuen zijn minder vaak teruggevangen dan verwacht, waardoor de bevindingen weinig robuust zijn. Een belangrijk probleem bij de hazelworm is dat de chips alleen in grotere dieren konden worden ingebracht. Anderzijds zorgt het gebruik van biometrische kenmerken voor enige onzekerheid. Binnen het onderzoek is daarom een pilot gestart om hazelwormen op basis van fotobeelden van de kaken individueel te herkennen. Dit blijkt een werkbare methode, met als voordeel dat alle beesten kunnen worden herkend, klein of groot, er geen invasieve handelingen meer nodig zijn en er weinig onzekerheid over correcte identificatie is. Voor toekomstige evaluaties bevelen we deze techniek dan ook aan.

Uitspraken doen over het effect van ontsnipperende maatregelen op de overlevingskansen van populaties is lastig. Empirische populatiestudies zijn meestal intensief en vergen een lange adem. Een alternatief is om modellen te gebruiken die de ontwikkeling van populaties en effecten van ontsnippering kunnen simuleren. Innovatief aan het hier gebruikte model METAPOP is dat het een direct verband legt tussen het aantal uitwisselingen via een natuurbrug of natuurverbinding en de overlevingskansen van de populatie, uitgedrukt als percentage van de tijd dat een leefgebied bezet is. Ook uniek is dat de met dit model gegenereerde output door iedereen te gebruiken is via een eenvoudige webtool, de *RoadMitigationCalculator*. Met behulp van deze instrumenten is in dit onderzoek aangetoond dat de natuurverbinding naar verwachting voor voldoende uitwisseling zorgt om levensvatbare populaties voor ree aan weerszijden van de infrastructuur te waarborgen. Voor das en boommarter geldt dat (nog) niet. Behalve op basis van simulaties kunnen ook uitspraken over de effecten van een natuurverbinding op de levensvatbaarheid van populaties worden gedaan op basis van een habitatanalyse en normen voor de minimale grootte van een levensvatbare populatie. Dat is in dit onderzoek uitgevoerd voor de doelsoorten hazelworm en levendbarende hagedis. De analyse heeft duidelijk gemaakt dat de natuurverbinding voor beide soorten onmisbaar is om in alle deelgebieden levensvatbare populaties te creëren.

Op welke wijze kunnen inrichting en beheer van de natuurverbinding worden verbeterd?
In de periode 2014-2020 zijn op Natuurbrug Zwaluwenberg door successie en beheer de eerste ontwikkelfasen van de nagestreefde vegetaties ontstaan. Kort na de aanleg bepaalden schrale graslandvegetaties het beeld, gedomineerd door pijpenstrootje dan wel verschillende soorten struisgrassen. In de loop der jaren nemen deze

graslandvegetaties sterk in omvang af; grasland met pijpenstrootje verdwijnt zelfs geheel. Daarvoor in de plaats komt een heidevegetatie tot ontwikkeling. De heide wordt gedomineerd door struikhei, maar verspreid komt ook dophei voor. Ze is nu nog relatief jong en heeft daarom nog weinig structuur. De op deze natuurbrug gewenste opgaande begroeiing ontwikkelt zich eveneens goed. Enerzijds uit de aanplant van onder meer ruwe berk en lijsterbes, anderzijds door spontane opslag van vooral grove den en wilg. Op veel plekken is inmiddels de stakenfase bereikt. In de poelen is een verlandingsvegetatie ontstaan die past bij de (matig) voedselrijke omstandigheden. De samenstelling van deze vegetaties zal naar verwachting niet veel veranderen, vooral omdat door afspoeling van water vanaf de natuurbrug nutriënten aangevoerd zullen blijven worden.

In het gebied tussen beide natuurbruggen zijn relatief weinig veranderingen in de vegetatie opgetreden. Grote delen van de hier aanwezige opgaande begroeiing, met vooral beuk en zomereik, zijn niet in samenstelling veranderd. Door boskap is het eikenbos wel in omvang afgenomen. Hiervoor in de plaats kwam aanvankelijk een graslandvegetatie met vooral bochtige smele. In de laatste jaren heeft zich op deze plekken een (jonge) heidevegetatie ontwikkeld. Hoewel deze nog beperkt in omvang is en ook nog nauwelijks structuur kent, is hiermee een duidelijke stap in de richting van de gewenste vegetatieontwikkeling gezet.

In de periode 2017-2020 zijn op Natuurbrug Hoorneboeg nog niet alle gewenste vegetatietypen tot ontwikkeling gekomen. Aanvankelijk bepaalden schrale graslandvegetaties met pijpenstrootje het beeld. Deze zijn geleidelijk veranderd in grasland waarin struisgrassen domineren. De ontwikkeling van heidevegetaties uit deze graslandvegetaties is echter nog niet opgetreden, hoewel struikhei zich er inmiddels wel heeft gevestigd. Goed ontwikkelde heidevegetaties zijn wel aanwezig aan de voet van de westelijke toeloop, maar hier betreft het vegetaties die al aanwezig waren vóór de aanleg van de natuurbrug. De ontwikkeling van opgaande begroeiing langs de randen van de natuurbrug verloopt naar verwachting. De aangeplante bomen, vooral berken, domineren het beeld en hebben nagenoeg de stakenfase bereikt. In de poelen is een vergelijkbare verlandingsvegetatie ontstaan als die in de drie poelen op Natuurbrug Zwaluwenberg, indicatief voor (matig) voedselrijke omstandigheden.

Op basis van het onderzoek zijn meerdere aanbevelingen voor de inrichting van de natuurverbinding gedaan. De belangrijkste zijn: (1) de ontwikkeling van een doorgaande bosstrook op beide natuurbruggen en hun toelopen, (2) het regelmatig maar gefaseerd versterken van de bestaande stobbenwallen op de bruggen en toelopen en de aanleg van een nieuwe stobbenwal op de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg, (3) de verbreding van de strook met heidevegetaties in het tussengebied en het realiseren van een betere aansluiting van deze strook op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg, (4) de aanleg van meerdere stobbenwallen over de hele lengte van het tussengebied, (5) de ontwikkeling van een heidecorridor aan weerszijden van de natuurverbinding, die voor een verbinding zorgt met de brongebieden Hilversums Wasmeer en Hoorneboegse Heide en (6) de aanleg van twee nieuwe, grote wateren – een aan de oostzijde en een aan de westzijde van de natuurverbinding – die door grondwater worden gevoed. In aanvulling op bovenstaande inrichtingsmaatregelen is het advies ook om de huidige rasters langs de snelweg aan te passen, zodat boommarters hier niet meer overheen kunnen klimmen en om de omheining van Landgoed Zwaluwenberg aan de voet van de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg circa 50 m naar het zuiden te verplaatsen, zodat hier ruimte ontstaat voor een robuuste heideverbinding.

Wat betreft het beheer van de natuurverbinding zijn geen grote aanpassingen vereist. De aanbeveling is om vooral het huidige beheer – bestaande uit kleinschalig maai- en begrazingsbeheer en gefaseerd schonen van de poelen – voort te zetten. Binnen de zich ontwikkelende bosvegetaties worden bij voorkeur op zeer kleine schaal en gefaseerd in de tijd bomen gekapt, zodat de opgaande begroeiing structuurrijker wordt en er ruimte ontstaat voor een struiklaag. Kleinschalig plaggen kan zorgen voor meer structuur in de heidevegetatie, waarin heide van verschillende leeftijd – in de pioniers-, opbouw-, volwassen en afbraakfase – een plek heeft. Het uitstrooien van (heide)maaisel uit nabijgelegen heideterreinen kan helpen om plantensoorten terug te krijgen die niet meer in de zaadbank voorkomen. Boomopslag moet tijdig worden verwijderd op plekken waar heidevegetatie en/of heischraal grasland het streven is. Het beheer van de poelen moet zich richten op het voorkomen van verlanding en het permanent aanwezig zijn van (oever)vegetaties die beschutting bieden aan fauna. Gefaseerd schonen is dan ook het advies, bij voorkeur in het najaar en niet alle poelen tegelijkertijd. Baggeren moet plaatsvinden als de poelen te ondiep worden en daardoor te vroeg en te vaak droogvallen in de zomer. Beschaduwing van de poelen moet worden voorkomen door jaarlijks opgaande begroeiing in een strook van minimaal 5 meter rond de poel te verwijderen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In Nederland is de natuur steeds meer 'versnipperd'. Veranderingen in landgebruik hebben ervoor gezorgd dat natuurgebieden op veel plekken kleiner zijn geworden en meer van elkaar geïsoleerd zijn geraakt. Dit heeft gevolgen voor de planten- en diersoorten die in deze gebieden voorkomen. Het kleiner worden van natuurgebieden maakt dat de populaties van planten en dieren in omvang afnemen, waardoor hun overlevingskansen dalen. De geïsoleerde ligging maakt dat er weinig of geen uitwisseling van planten en dieren meer kan plaatsvinden tussen de verschillende natuurgebieden. Dit kan de overlevingskansen van populaties verder verkleinen, inteelt veroorzaken en de mogelijkheden voor (her)kolonisatie van leefgebieden sterk beperken. Om deze effecten van de versnippering tegen te gaan, is het 'ontsnipperen' van natuurgebieden een belangrijk onderdeel van het natuurbeleid in Nederland geworden. Hieraan wordt vormgegeven door bestaande natuurgebieden te vergroten, nieuwe natuurgebieden te ontwikkelen en tussen de natuurgebieden – zowel bestaande als nieuwe – natuurverbindingen aan te leggen. Natuurverbinding Zwaluwenberg is hiervan een voorbeeld. Deze natuurverbinding is circa 1 km lang en moet de bos- en heidegebieden op de Utrechtse Heuvelrug en die in Het Gooi ten zuiden van Hilversum weer met elkaar verbinden. De natuurverbinding overbrugt hiervoor drie verkeersaders: rijksweg A27, spoorlijn Utrecht-Hilversum en provinciale weg N417.

Op de Utrechtse Heuvelrug en in Het Gooi is inmiddels al enige ervaring opgedaan met de aanleg van natuurverbindingen. Zo zijn er natuurbruggen gerealiseerd over de A1, A12, A28, N227, N237, N524 en de spoorlijnen Hilversum-Bussum, Hilversum-Baarn, Utrecht-Amersfoort en Utrecht-Wageningen. Daarnaast zijn er op veel plekken faunatunnels aangelegd, van klein tot groot, die eveneens als doel hebben dieren veilig door het landschap te laten bewegen. Het gebruik van deze faunapassages door dieren is op meerdere plekken gemonitord. Dit heeft laten zien dat diersoorten dergelijke voorzieningen meestal snel ontdekken en er dan ook gebruik van gaan maken, mits deze aan de wensen van de (doel)soorten voldoen. Minder kennis is er echter over natuurverbindingen die bestaan uit een serie van faunapassages, zoals het geval is bij Natuurverbinding Zwaluwenberg. Hier is feitelijk sprake van een opeenvolging van 'wegversmallingen' die het de dieren wellicht lastiger maakt om daadwerkelijk uit te wisselen tussen de natuurgebieden aan weerszijden. De vraag is dan ook niet alleen of dergelijke complexe verbindingen door de dieren worden gebruikt, maar tevens of de frequentie van dit gebruik overeenkomt met de ambities. Een ander vraagstuk is of natuurverbindingen daadwerkelijk bijdragen aan het vergroten van de levensvatbaarheid en genetische vitaliteit van dierpopulaties. De vaststelling dat een faunapassage of natuurverbinding door een diersoort wordt gebruikt, is daarvoor niet genoeg. Dit gebruik moet intensief genoeg zijn om de verschillende delen van leefgebieden optimaal te kunnen benutten en demografische schommelingen in de populaties op te kunnen vangen. Het gebruik moet ook leiden tot genetische uitwisseling en daarmee tot een toename in genetische variatie in de (deel)populaties aan weerszijden van de verbinding. Daarbij komt dat natuurverbindingen steeds vaker ook ruimte moeten bieden aan recreatieve verbindingen voor wandelaars, fietsers en ruiters. Er is nog weinig bekend over hoe dergelijk menselijk medegebruik van een natuurverbinding het gebruik door fauna beïnvloedt en of een eventueel effect de ecologische doelstellingen verhindert.

De provincie Noord-Holland wil – samen met haar partners Rijkswaterstaat, ProRail, Gemeente Hilversum en het Goois Natuurreservaat – meer inzicht krijgen in deze vraagstukken en heeft daarom een zevenjarig onderzoeksproject geïnitieerd (2014-2020), waarin het ecologisch functioneren van Natuurverbinding Zwaluwenberg voor diverse diergroepen is onderzocht. Dit rapport presenteert de bevindingen van dat onderzoek.

1.2 Doel van het onderzoek

Een eerste doel van het onderzoek is het leveren van een onderbouwde bijdrage aan de discussie over nut en noodzaak van natuurverbindingen en de faunapassages die hier in veel gevallen een belangrijk onderdeel van zijn. Het onderzoek moet kennis genereren over de manier waarop natuurverbindingen werken en inzicht verschaffen in de rol die ze spelen bij het in stand houden van dierpopulaties.

Een tweede doel is meer kennis op te doen over de effecten van menselijk medegebruik van natuurverbindingen. Het landschap is voor mensen vaak net zo versnipperd als voor dieren en het openstellen van natuurverbindingen voor mensen kan hiervoor een oplossing zijn. Daarbij komt dat de maatschappelijke acceptatie van investeringen in robuuste faunapassages, zoals natuurbruggen, meestal toeneemt als deze een multifunctioneel karakter krijgen. Een voorwaarde moet dan zijn dat het medegebruik door mensen het functioneren van een faunapassage niet dusdanig aantast dat de ecologische doelen niet langer bereikt worden. Het onderzoek moet inzicht verschaffen in de eventuele effecten van menselijk medegebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg op het gebruik door fauna en de ecologische betekenis van deze effecten.

Een derde doel is het ontwikkelen van een monitoringssystematiek die ook elders gehanteerd kan worden, tijdens evaluaties van andere natuurverbindingen. Het onderzoek moet handvatten bieden om het gemeten gebruik van de natuurverbinding door fauna ecologisch te duiden. Het moet tevens toetsen of aan vooraf gestelde, meetbare doelen voor ontsnippering is voldaan. Hierbij moet rekening worden gehouden met verschillen in dichtheden waarin soorten voorkomen. Het onderzoek moet het daarnaast mogelijk maken om de metingen in Natuurverbinding Zwaluwenberg eenduidig te vergelijken met metingen in andere natuurverbindingen.

Een vierde doel is het evalueren van de inrichting en het beheer van Natuurverbinding Zwaluwenberg. Diersoorten stellen, in meer of mindere mate, eisen aan de wijze waarop een natuurverbinding is ingericht en wordt beheerd. Het onderzoek moet daarom inzicht verschaffen in mogelijke knelpunten wat betreft inrichting en beheer. Ingeval knelpunten worden geconstateerd, moet het onderzoek leiden tot een advies over bijstelling van inrichting en beheer van de natuurverbinding, met als doel het gebruik door de doelsoorten te optimaliseren.

1.3 Onderzoeksvragen

Om deze vier doelen te bereiken, richten we ons in het onderzoek op de volgende primaire onderzoeksvragen:

- Functioneert de natuurverbinding voor de doelsoorten, i.e. faciliteert ze uitwisseling van individuen en vergroot ze daarmee de overlevingskansen van de populaties?
- Welke effecten heeft het menselijk medegebruik van de natuurverbinding op het gebruik door de fauna?
- Welke monitoringssystematiek is aan te bevelen voor toekomstige evaluaties van ontsnipperende maatregelen?
- Op welke wijze kunnen inrichting en beheer van de natuurverbinding worden verbeterd?

Voor iedere te onderzoeken soortgroep (zie Paragraaf 1.5) zijn deze primaire onderzoeksvragen uitgewerkt in een uitgebreidere set van deelvragen. Deze deelvragen zijn opgenomen in de hoofdstukken waarin het onderzoek naar de diverse soortgroepen is gepresenteerd.

1.4 Aanpak van het onderzoek

Het gebruik van een natuurverbinding door fauna kan pas goed worden geduid als bekend is welke diersoorten in de omgeving voorkomen en in welke (relatieve) dichtheden deze soorten aanwezig zijn. De kern van de hier gekozen aanpak bestaat voor alle diergroepen dan ook uit het simultaan doen van metingen in de natuurverbinding en in de omliggende natuurgebieden. De metingen in de omgeving noemen we referentiemetingen, omdat dit de metingen zijn die we als referentie gebruiken om het functioneren van de natuurverbinding te beoordelen. Deze aanpak stelt ons allereerst in staat om meetbare doelen te formuleren

en die vervolgens te toetsen (Van der Grift & Van der Ree, 2015). Het biedt daarmee de kans om te bepalen of de natuurverbinding aan de ambities voldoet en waar er eventueel nog knelpunten zijn. De aanpak stelt ons ook in staat om uitspraken te doen over de mate waarin de natuurverbinding de barrièrewerking van de infrastructuur voor de doelsoorten wegneemt. En het biedt de mogelijkheid om het functioneren van de natuurverbinding voor een soort in een standaard indexwaarde uit te drukken, waardoor een betere vergelijking met metingen in andere natuurverbindingen mogelijk wordt.

Een natuurverbinding moet zorgen dat dieren kunnen uitwisselen tussen de leefgebieden en populaties aan weerszijden. Het waarnemen van dieren in Natuurverbinding Zwaluwenberg is een goed teken, maar betekent nog niet dat die gewenste uitwisseling is gerealiseerd (Van der Grift et al., 2013a). Hiermee moet vooral rekening worden gehouden bij minder mobiele diersoorten, dus soorten met een relatief klein leefgebied en beperkte dispersiecapaciteit. Reptielen zijn hiervan een goed voorbeeld. Zij zullen een natuurverbinding niet in één keer doorsteken. De natuurverbinding zal voor deze soorten een zogenoemde 'leefgebied-corridor' moeten zijn, dus een plek waar permanent geschikt leefgebied aanwezig is en de dieren dus langere tijd, of zelfs hun hele leven, in kunnen verblijven (Broekmeyer & Steingröver, 2001). Uitwisseling tussen de populaties aan weerszijden ontstaat dan als de hele natuurverbinding door de soort is gekoloniseerd. In onze aanpak hebben we ons dan ook gericht op het monitoren van het voorkomen van deze minder mobiele soorten over nagenoeg de hele lengte van de natuurverbinding. Hierbij is ook onderzocht welke leeftijdscategorieën voorkomen, zodat een beeld ontstaat van de mate waarin de natuurverbinding de verschillende levensstadia faciliteert. Daarnaast zijn technieken gebruikt om de bewegingen van individuele dieren door de natuurverbinding te volgen en de door deze dieren afgelegde afstanden te bepalen.

In aanvulling hierop is voor een selectie van soorten genetisch onderzoek uitgevoerd, met als doel de mate van uitwisseling tussen de populaties binnen en aan weerszijden van de natuurverbinding te achterhalen. Hiervoor is allereerst een genetische nulmeting verricht op het moment dat de natuurverbinding nog niet (geheel) was opengesteld. Een tweede meting is zes jaar later gedaan, waarna de twee metingen met elkaar zijn vergeleken. De aandacht ging hierbij primair uit naar eventuele veranderingen in de genetische differentiatie tussen de populaties. Als tijdens de nulmeting sprake is van genetische differentiatie tussen de populaties aan weerszijden van de infrastructuur – de populaties dus genetisch verschillend zijn –, is de verwachting dat deze differentiatie na enkele jaren vermindert of zelfs verdwijnt als er dieren uitwisselen via de natuurverbinding en aan de andere zijde aan de voortplanting deelnemen. Deze genetische verandering is te meten en geeft dan inzicht in de mate waarin de populaties door de natuurverbinding verbonden zijn. Daarnaast hebben we ons gericht op het vaststellen of een individueel dier in de populatie aan de ene kant van de infrastructuur afkomstig is van de populatie aan de andere kant ervan.

Empirisch onderzoek dat zich richt op de effecten van natuurverbindingen op de levensvatbaarheid van dierpopulaties is doorgaans complex, tijdrovend en daarmee vaak ook kostbaar (Van der Grift et al., 2013a). Zo is het voor dergelijk onderzoek belangrijk dat er zowel voor als na de aanleg van de natuurverbinding gedurende een reeks van jaren wordt gemonitord en dat er simultaan metingen worden gedaan op één of meerdere vergelijkbare plekken zonder natuurverbinding. Bij voorkeur wordt dergelijk onderzoek dan nog eens herhaald op andere locaties. In geval van Natuurverbinding Zwaluwenberg kon bij aanvang van het onderzoek niet aan al deze voorwaarden worden voldaan. Er is hier daarom voor een alternatieve aanpak gekozen om voor een selectie van soorten toch uitspraken te kunnen doen over het effect van het gemeten gebruik van de natuurverbinding op de levensvatbaarheid van de populaties. Hiervoor maken we gebruik van een door Wageningen Environmental Research ontwikkeld populatie-dynamisch model dat een relatie legt tussen het aantal passages dat in een natuurverbinding of faunapassage wordt geregistreerd en de levensvatbaarheid van de populatie (Van der Grift et al., 2013b). Om het model te kunnen gebruiken, zijn slechts drie parameters nodig: (1) het aantal uitwisselingen van een diersoort via de natuurverbinding, (2) een schatting van de grootte van de populatie en (3) de procentuele verdeling van de populatie over de leefgebieden aan weerszijden van de infrastructuur. Voor soorten die nog niet in dit model zijn opgenomen, maken we hier gebruik van een eveneens door Wageningen Environmental Research ontwikkeld expertsysteem (LARCH). Dit systeem bevat voor een grote groep diersoorten normen voor levensvatbaarheid, dus drempelwaarden voor de minimale populatiegrootte die nodig is om een populatie duurzaam te laten voortbestaan. Door toetsing van de geschatte populatiegrootte aan deze normen voor en na de realisatie van de natuurverbinding, ontstaat een globaal beeld wat de effecten van de verbinding zijn wat betreft de (lokale) overlevingskansen van de soort.

1.5 Scope van het onderzoek

- Het onderzoek richt zich primair op vier diergroepen: (1) zoogdieren, (2) reptielen, (3) dagvlinders en (4) mieren. Binnen deze diergroepen richt het onderzoek zich primair op de soorten die als doelsoort zijn aangewezen voor Natuurverbinding Zwaluwenberg (zie Paragraaf 2.2).
- De hier gebruikte onderzoeksmethoden om het gebruik van de natuurverbinding door de doelsoorten te monitoren, zijn in veel gevallen ook geschikt om het gebruik door andere soorten zoogdieren, reptielen, dagvlinders en mieren te onderzoeken die niet als doelsoort zijn aangewezen. Deze 'bijvangsten' van niet-doelsoorten zijn in het onderzoek betrokken, waarbij het accent ligt op het beschrijven van het waargenomen gebruik van de natuurverbinding en het toetsen van dit gebruik aan de verwachtingen. Hierbij moet bedacht worden dat de gebruikte onderzoeksmethoden niet zijn ontworpen voor deze niet-doelsoorten en het onderzoek voor deze soorten dus wellicht geen volledig beeld geeft van het gebruik. Indien dit het geval is, wordt dit besproken in de betreffende hoofdstukken.
- De gebruikte onderzoeksmethoden zijn in sommige gevallen ook geschikt om het gebruik van de natuurverbinding door diersoorten van andere diergroepen te onderzoeken. Dit is hier het geval bij de monitoring van reptielen, waarbij vaak tegelijkertijd ook amfibieën kunnen worden waargenomen. Ook deze 'bijvangsten' van amfibieën zijn in het onderzoek betrokken, waarbij opnieuw het accent ligt op het beschrijven van het waargenomen gebruik van de natuurverbinding en het toetsen van dit gebruik aan de verwachtingen. Ook hier moet bedacht worden dat de gebruikte onderzoeksmethode voor het inventariseren van reptielen niet is ontworpen voor amfibieën en er voor deze laatste diergroep dus geen volledig beeld van het gebruik van de natuurverbinding ontstaat. We bespreken dit in meer detail in het hoofdstuk over amfibieën.
- Naast de monitoring van genoemde diergroepen is ook de vegetatieontwikkeling in de natuurverbinding gemonitord. Het accent lag daarbij op de (veranderingen in) vegetatietypen, soortensamenstelling en bedekking.

De keuze om doelsoorten uit meerdere diergroepen in het onderzoek te betrekken, is voor een belangrijk deel gebaseerd op het voornemen van de provincie Noord-Holland en haar partners om dit onderzoek aan te grijpen voor een brede discussie over nut, noodzaak en effectiviteit van natuurverbindingen. Een breed palet aan te onderzoeken soorten draagt daar beter aan bij. Tevens is het de wens van de provincie om met dit onderzoek kennis op te doen die dit specifieke ontsnipperingsproject overstijgt. De nadruk in het onderzoek ligt dan ook op de verbindende functie van de natuurverbinding voor het hele ecosysteem, met alle soorten die daarbij horen. De selectie van meerdere diergroepen en doelsoorten – van groot tot klein, van gewerveld tot ongewerveld – past hier goed bij.

1.6 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 is een beschrijving van Natuurverbinding Zwaluwenberg gegeven. Naast ligging en begrenzing zijn hier het doel en de doelsoorten voor de natuurverbinding gepresenteerd. Ook geeft dit hoofdstuk een korte karakteristiek van de twee natuurbruggen die deel uitmaken van de natuurverbinding, inclusief afmetingen, inrichting en geleidende voorzieningen. Hoofdstuk 3 beschrijft de vegetatieontwikkeling in de natuurverbinding. Op basis van de soortensamenstelling zijn vegetatietypen onderscheiden en deze zijn gekarteerd. Hierbij is aandacht voor zowel kenmerkende als bijzondere soorten. Hoofdstuk 4 presenteert het gebruik van de natuurverbinding door zoogdieren. Het laat zien welke doelsoorten binnen deze soortgroep de natuurbruggen gebruiken, hoe frequent ze dit doen, op welke manier ze passeren en welk gedrag ze vertonen tijdens het passeren. Er is ook aandacht voor de passages van zoogdieren die niet als doelsoort zijn aangewezen. Het gebruik door zoogdieren wordt beoordeeld op basis van een toetsingskader dat bestaat uit een set van criteria. Tevens worden aanbevelingen voor inrichting en beheer gepresenteerd die het gebruik door zoogdieren kunnen verbeteren. In Hoofdstuk 5 is het gebruik van de natuurverbinding door mens en huisdier beschreven, zowel wat betreft omvang als aard van het gebruik. Hierbij is ook aandacht voor illegale vormen van gebruik die tijdens het onderzoek zijn waargenomen. Hoofdstuk 6 richt zich op de vraag of het medegebruik van de natuurverbinding door mensen effect heeft op het gebruik door zoogdieren. De aandacht gaat daarbij vooral uit naar effecten op passagefrequenties van soorten en op het tijdstip dat de natuurverbinding door de dieren wordt gebruikt. Hoofdstuk 7 presenteert de uitkomsten van het onderzoek

naar gebruik van de natuurverbinding door reptielen. Soorten, aantallen, abundanties en populatiekenmerken zijn beschreven, evenals de uitkomsten van onderzoek naar de bewegingen van individuele dieren in de natuurverbinding. Tevens is een inschatting gemaakt van het effect van de natuurverbinding op de levensvatbaarheid van de populaties, zijn de bevindingen vergeleken met onderzoek op andere ecoducten en zijn aanbevelingen gedaan voor inrichting en beheer. In Hoofdstuk 8 presenteren we de bevindingen van de genetische monitoring van hazelworm en levendbarende hagedis. Het accent ligt hierbij op het vaststellen van uitwisseling tussen de populaties in en rond de natuurverbinding en de mate waarin deze uitwisseling optreedt. Hoofdstuk 9 beschrijft een korte casestudie, waarin de effectiviteit van verschillende kunstmatige schuilplekken voor inventarisaties van reptielen is onderzocht. Hoofdstuk 10 presenteert de uitkomsten van het onderzoek naar gebruik van de natuurverbinding door amfibieën. Hierbij gaat de aandacht vooral uit naar soorten, aantallen, abundanties en aanbevelingen voor inrichting en beheer. Hoofdstuk 11 presenteert de monitoring van dagvlinders en Hoofdstuk 12 dat van mieren. Beide onderzoeken moeten vooral gezien worden als 'pilot', waarin is geïllustreerd hoe de functionaliteit van de natuurverbinding voor deze soortgroepen kan worden geëvalueerd. Ten slotte is in Hoofdstuk 13 de eindconclusie van het onderzoek gepresenteerd.

2 Natuurverbinding Zwaluwenberg

2.1 Ligging

Natuurverbinding Zwaluwenberg is een circa 1 km lange ecologische corridor net ten zuiden van Hilversum. De natuurverbinding sluit aan beide zijden aan op natuurgebieden van het Goois Natuurreservaat. In het oosten is dat het gebied De Zuid en in het westen Zwarte Berg. Via een smalle zone tussen de autosnelweg en de spoorlijn is er ook een verbinding met het noordelijker gelegen natuurgebied Laapersheide. Deze natuurgebieden sluiten op hun beurt weer aan op enkele andere bos- en heidegebieden in Het Gooi en op de Utrechtse Heuvelrug. In het oosten zijn dit het Maartendijkse Bos (Utrechts Landschap), Cronebos (Natuurmonumenten), Landgoed Eykenstein (particulier), Smithuyserbos (particulier) en Lage Vuursche (Staatsbosbeheer). In het westen zijn dit de Hoorneboegse Heide (Goois Natuurreservaat), Zonneheide (Goois Natuurreservaat) en Einde Gooi (Natuurmonumenten). Tussen de spoorlijn en provinciale weg liggen dan nog de natuurgebieden Laapersveld, Laapersbos en Dassenveld, alle in eigendom van het Goois Natuurreservaat (Figuur 2.1).

Figuur 2.1 *Ligging van Natuurverbinding Zwaluwenberg en de omliggende natuurgebieden.*

De omliggende natuurgebieden worden gekenmerkt door bos- en heidevegetaties van droge zandgrond (Figuur 2.2). Op kleine schaal komen droge, schrale graslanden, houtsingels en bomenlanen voor. De bossen bestaan voor een groot deel uit naaldhout, maar lokaal is ook loofbos en gemengd bos aanwezig. Naast gesloten bosopstanden zijn er, vooral aan de westzijde, grote percelen met meer open bos met ondergroei

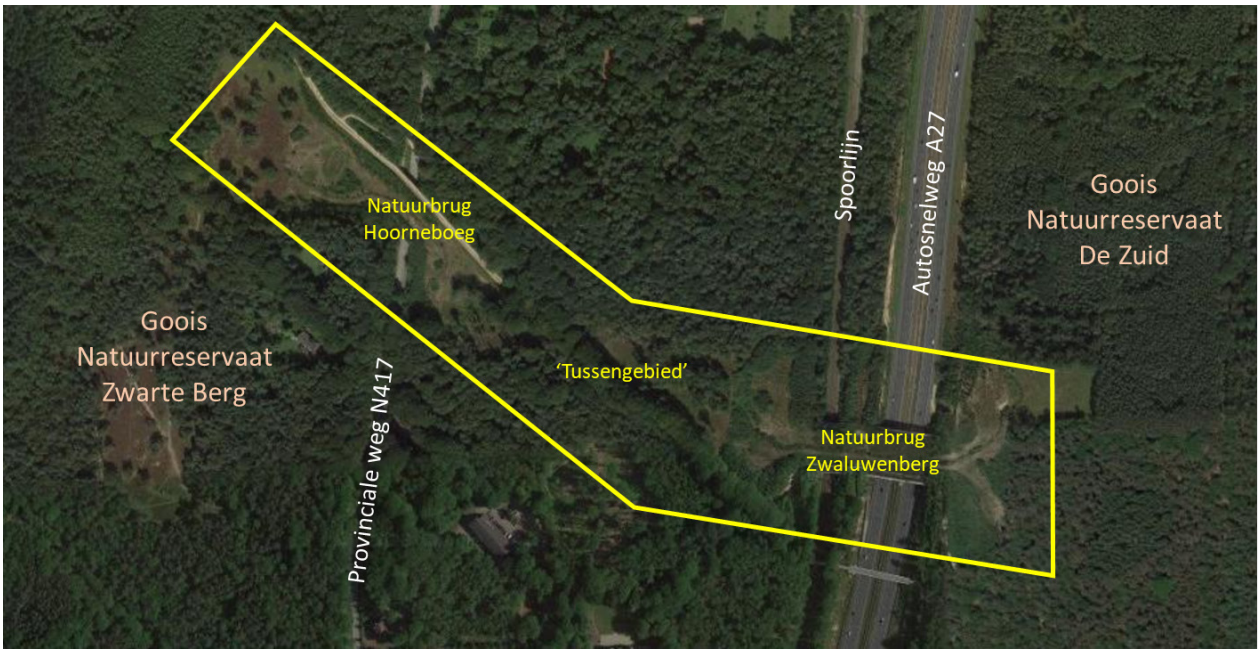
van bosbes, vossenbes en heide. Het betreft vooral bosaanplant van relatief jonge leeftijd (<75 jaar). De heidevegetaties bestaan vooral uit droge heide, dat gedomineerd wordt door struikheide. Op de Hoorneboegse Heide – aan de westzijde van de natuurverbinding – is deze grootschalig en open, min of meer omgeven door een zone met boomheide. De heideterreinen in Zonneheide en Zwarte Berg zijn kleinschaliger. Hoewel het ook hier droge heide betreft, zijn hier lokaal ook soorten van natte heide aan te treffen. Aan de oostzijde van de natuurverbinding is minder heide aanwezig. De meeste heidevegetaties liggen hier rond het Hilversums Wasmeer. Dit is een groot, door regenwater gevoed ven met brede oeverzones waarin soorten domineren die van vochtige, zure en voedselarme standplaatsen houden, zoals pitrus en veenpluis. Rond dit ven komt naast droge heide ook natte heide voor met dopheide, klokjesgentiaan, witte snavelbies en kleine zonnedauw. Daarnaast zijn er aan de oostzijde van de natuurverbinding enkele (restanten van) kleine heideterreinen aanwezig en heidestroken langs een aantal brede bospaden. Deze heidevegetaties zijn verarmd en bestaan vooral uit (vergraste) droge heide. Ook aan de westzijde van de natuurverbinding is een ven aanwezig – het Zonneven – gelegen in gebied Zonneheide. Behalve deze twee genoemde vennen zijn er weinig andere zoete wateren in het gebied. Aan de oostzijde ligt nog een drietal poelen verspreid over het gebied. Aan de westzijde reikt het Tienhovensch Kanaal tot in het gebied.

Figuur 2.2 *Het Hilversums Wasmeer (rechtsboven), een van de kleine heideterreinen in De Zuid (linksboven), bosgebied in De Zuid (rechtsonder) en open bos in Zwarte Berg (linksonder).*
© Foto's: E. van der Grift.

2.2 Begrenzing natuurverbinding

De natuurverbinding bestaat uit een serie van drie ecoducten die in elkaars verlengde liggen. Van oost naar west overbruggen deze ecoducten achtereenvolgens de autosnelweg A27, de spoorlijn Hilversum-Utrecht en de provinciale weg N417. Het ecoduct over de snelweg en de spoorlijn liggen direct naast elkaar en dragen samen de naam Natuurbrug Zwaluwenberg. Het ecoduct over de provinciale weg ligt circa 500 m ten westen hiervan en draagt de naam Natuurbrug Hoorneboeg. Het gebied tussen beide natuurbruggen duiden we hier aan als het 'tussengebied' (Figuur 2.3). De oostgrens van de natuurverbinding ligt circa 50 m vanaf de voet

van de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. De westgrens ligt circa 100 m vanaf de voet van de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Het tussengebied wordt aan de noordzijde begrensd door Landgoed Uytwijck (particulier) en aan de zuidzijde door Landgoed Zwaluwenberg (Ministerie van Defensie). Het Goois Natuurreservaat is eigenaar van een groot deel van de gronden binnen de natuurverbinding en is de beheerder van de natuurverbinding.



Figuur 2.3 *Begrenzing van Natuurverbinding Zwaluwenberg.*

2.3 Infrastructurele barrières

Rijksweg A27

Rijksweg A27 is een circa 108 km lange autosnelweg die Breda met Almere verbindt. Natuurverbinding Zwaluwenberg kruist de snelweg op het traject Maartensdijk-Hilversum. Dit traject is in juni 1972 aangelegd. Op het moment van aanleg van de natuurbrug over de snelweg waren er 2x2 rijstroken. Er waren destijds echter al plannen gemaakt om de weg te verbreden naar 2x3 rijstroken. In september 2014 is het tracébesluit voor de wegaanpassing gepubliceerd. In februari 2016 is deze door de Raad van State onherroepelijk verklaard. De werkzaamheden zijn tussen juli 2017 en oktober 2018 uitgevoerd.

Ter hoogte van de natuurverbinding is de weg nu circa 50 m breed, inclusief vluchtstroken en een circa 12 m brede middenberm (Figuur 2.4). Bij de start van dit onderzoek in 2014 gebruikten gemiddeld 85.550 voertuigen het traject op werkdagen (bron: wegenwiki.nl). In de jaren daarna nam de verkeersintensiteit geleidelijk toe, naar gemiddeld 100.700 voertuigen op een werkdag in 2019. In 2020 daalde de intensiteit naar gemiddeld 80.300 voertuigen per werkdag. Deze daling is naar verwachting geheel veroorzaakt door de uitbraak van de Covid-19-pandemie en de lockdowns die in dat kader werden ingesteld. De maximaal toegestane rijsnelheid op het traject is 100 km/u tussen 6:00 en 19:00 uur en 120 km/u tussen 19:00 en 6:00 uur.

Spoorlijn Hilversum-Utrecht

De spoorlijn Utrecht-Hilversum, geopend in 1874, is tweesporig. Sinds 1942 is deze geëlektrificeerd. De bovenleidingportalen, bestaande uit betonnen, hoefijzervormige spanten (zie ook Figuur 2.10), zijn uniek en daarom aangewezen als rijksmonument. Voor de bouw van de natuurbrug over de spoorlijn moesten deze portalen met een beschermde status daarom worden ontzien. De spoorlijn, inclusief bermen, is circa 15 m breed en ligt ter hoogte van de natuurverbinding verdiept. Per etmaal passeren er circa 150-160 treinen. De baanvaksnelheid is 130 km/u.

Figuur 2.4 *Autosnelweg A27 ter hoogte van de kruising met de natuurverbinding na de wegverbreding in juni 2019, met 2x3 rijstroken. © Foto: E. van der Grift.*

Provinciale weg N417

De N417 is een gebiedsontsluitingsweg tussen afslag 32 van de A27 bij Nieuwe Wetering en de grens van de bebouwde kom van Hilversum. Het is een tweebaansweg, circa 6 m breed. Aan weerszijden van de weg ligt een circa 2,5 m breed fietspad waarop in één richting kan worden gereden (Figuur 2.5). Er zijn ter hoogte van de natuurverbinding geen bermen tussen de weg en de fietspaden. De totale breedte van de weg met fietspaden is hier daarom circa 11 m. In 2009 was de verkeersintensiteit gemiddeld 6.500 voertuigen per werkdag (bron: wegenwiki.nl). In 2019 was dit afgenomen tot gemiddeld 5.600 voertuigen per werkdag. In 2020, toen een lockdown als gevolg van de Covid-19-pandemie werd ingesteld, daalde dit aantal verder tot gemiddeld 4.500 voertuigen per werkdag. De jaren daarna nam dit aantal weer iets toe. In 2022 passeerden er gemiddeld bijna 5.000 voertuigen per werkdag. De maximaal toegestane rijsnelheid op het traject ter hoogte van de natuurverbinding is 60 km/u.

Figuur 2.5 *De N417 ter hoogte van Landgoed Zwaluwenberg, net ten zuiden van de plek waar Natuurverbinding Zwaluwenberg is gerealiseerd, in januari 2010. © Foto: E. van der Grift.*

2.4 Doel van de natuurverbinding

Een belangrijke pijler in het nationale en provinciale natuurbeleid is het bevorderen van de ruimtelijke samenhang tussen natuurgebieden door het realiseren van een natuurnetwerk. Een dergelijk netwerk – dat aanvankelijk Ecologische Hoofdstructuur werd genoemd en inmiddels Natuurnetwerk Nederland is gaan heten – waar natuurgebieden met elkaar in verbinding staan, maakt het immers mogelijk dat planten en dieren weer kunnen uitwisselen tussen de leefgebieden, waardoor de overlevingskansen van populaties toenemen en de biodiversiteit wordt beschermd. In dit kader is er ook in Het Gooi en op de Heuvelrug nagedacht over ontsnipperen en het realiseren van een (regionaal) natuurnetwerk. In het *Uitvoeringsprogramma Noordelijke Heuvelrug* (Goois Natuurreservaat, 2003) is een visie geschetst voor een netwerk van natuurgebieden op de noordelijke Heuvelrug, inclusief plannen voor de ontwikkeling van ecologische verbindingszones en ecoducten. Deze visie is gebaseerd op de ideeën en ambities die zijn verwoord in het plan *Heel de Heuvelrug* (Stichting Het Utrechts Landschap et al., 1999), dat gericht is op herstel van de landschappelijke samenhang op de Heuvelrug en in Het Gooi, voor zowel mens (recreatie, cultuur) als natuur (flora, fauna). Een van de voorstellen in genoemd plan was de ontwikkeling van een ecologische verbindingszone ten zuiden van Hilversum, gericht op het verbinden van de natuurgebieden van het zuidelijke Gooi en die van de Utrechtse Heuvelrug. Deze gebieden worden gekenmerkt door bos- en heidelandschappen van droge zandgrond. De verbindingszone werd onderdeel van het *Meerjarenprogramma Ontsnippering* (MJPO) van het Rijk, waarin de realisatie van een ecoduct over de snelweg A27 en spoorlijn Utrecht-Hilversum werd voorgesteld (Ministerie V&W et al., 2004). De natuurverbinding is vervolgens opgenomen in het natuurbeheerplan van de provincie Noord-Holland (Provincie Noord-Holland, 2014; 2018).

Het concrete doel van Natuurverbinding Zwaluwenberg is het versterken van de landschappelijke, ecologische en recreatieve samenhang tussen Het Gooi ten zuiden van Hilversum en de Utrechtse Heuvelrug (Goois Natuurreservaat, 2003; Goois Natuurreservaat, 2009). Of, zoals *Meerjarenprogramma Ontsnippering* het stelt, de natuurverbinding moet zorgen voor *'herstel in de verbinding tussen Het Gooi, de Heuvelrug en de Vechtstreek',* wat *'kan worden bereikt door een grote verbindingszone voor heide en bossystemen te realiseren'* (Ministerie van V&W et al., 2004). Dit betekent dat de natuurverbinding de uitwisseling van mens en dier mogelijk moet maken tussen de natuurgebieden aan weerszijden van de infrastructurele bundel N417-spoorlijn-A27. De ambitie is hier dat de natuurverbinding bijdraagt aan het herstellen en behouden van levensvatbare populaties van planten- en diersoorten die kenmerkend zijn voor het gebied (Van der Grift et al., 2003; Ministerie van V&W et al., 2004). De natuurverbinding moet hierbij zorgen voor een ecosysteemverbinding. Dit betekent dat de natuurverbinding voldoende ruimte moet bieden om de gewenste biotooptypen van bos en heide, met alle daarbinnen levende planten- en diersoorten, duurzaam een plek te geven en ruimte moet bieden aan ecosysteemprocessen. Daarnaast moet de natuurverbinding ook een verbindende functie voor mensen hebben.

2.5 Doelsoorten

In een eerste verkennende studie naar manieren om een natuurverbinding te realiseren ten zuiden van Hilversum zijn negen diersoorten en twee soortgroepen voorgesteld als 'doelsoort': ree, das, boommarter, hazelworm, levendbarende hagedis, zandhagedis, kamsalamander, heivlinder, heideblauwtje, rode bosmier-soorten en loopkeversoorten (Van Helden et al., 2001). Dit voorstel is vervolgens, met enkele kleine wijzigingen (Tabel 2.1), overgenomen door het Projectteam Ecocorridor Hilversum-Zuid – bestaande uit Rijkswaterstaat, ProRail, Provincie Noord-Holland, Goois Natuurreservaat, Gemeente Hilversum en het Ministerie van Defensie – die plannen maakte voor de realisatie van de natuurverbinding (Projectteam Ecocorridor Hilversum-Zuid, 2005). De kale bosmier is door het projectteam genoemd als specifieke doelsoort voor de groep van rode bosmieren. De groene zandloopkever is genoemd als specifieke doelsoort voor de groep van loopkevers. Verder is de veldkrekel als doelsoort toegevoegd en de kamsalamander juist weggelaten. Voor laatstgenoemde soort werd de afstand tot de dichtstbijzijnde, bestaande populaties als te groot geschat.

Tabel 2.1 *De doelsoorten voor Natuurverbinding Zwaluwenberg en de in het gebied aanwezige natuurtypen waarin deze soorten kunnen voorkomen.*

	Droge heide	Vochtige heide	Zwak gebufferd ven	Heischraal grasland	Dennen-, eiken- en beukenbos
Zoogdieren					
Ree	X	X	-	X	X
Das	X	X	-	-	X
Boommarter	-	-	-	-	X
Reptielen					
Hazelworm	X	X	-	-	X
Levendbarende hagedis	X	X	-	X	-
Zandhagedis	X	X	-	X	-
Ongewervelden					
Heivlinder	X	-	-	X	-
Heideblauwtje	X	X	-	-	-
Kale bosmier	-	-	-	-	X
Groene zandloopkever	X	X	-	X	X
Veldkrekel	X	-	-	X	-

Deze elf doelsoorten moeten worden gezien als paraplu- of indicatorsoorten: als de natuurverbinding functioneel is voor deze soorten, is de verwachting dat de natuurverbinding ook zal werken voor veel andere soorten die in het gebied voorkomen. De doelsoorten zijn ook de soorten die zijn gebruikt bij het uitwerken van het ontwerp van de natuurbruggen (Cleveringa & Krekels, 2011). Van der Grift & Wegman (2010) onderzochten welke diersoorten naar verwachting kunnen gaan meeprofiteren van de realisatie van Natuurverbinding Zwaluwenberg. Als basis hebben zij hiervoor een in het kader van het MJPO opgestelde lijst van 88 diersoorten gebruikt, die alle gevoelig zijn voor de versnipperende werking van infrastructuur (Van der Grift et al., 2009). Dit betreft grondgebonden zoogdieren, vleermuizen (exclusief soorten die dwaalgast of regelmatige gast zijn), reptielen en amfibieën, dagvlinders en enkele overige ongewervelden (mieren, spinnen, slakken). Voor iedere soort in de lijst is verkend of de geplande inrichting de natuurverbinding geschikt zou maken voor de betreffende soort of niet. De conclusie was dat de natuurverbinding een functionele verbinding zou kunnen zijn voor 37 van de 88 onderzochte diersoorten, onder voorwaarde dat er voldoende vochtige en natte biotopen – zoals vochtige heide en poelen – een plek zouden krijgen binnen de natuurverbinding. Deze selectie omvatte acht soorten die als doelsoort voor de natuurverbinding zijn aangewezen. De overige 29 soorten zijn geen doelsoort, maar kunnen dus naar verwachting wel meeprofiteren. Deze groep omvat 20 zoogdieren, 1 reptiel, 7 amfibieën en 1 dagvlinder (Tabel 2.2). Zowel de lijst van doelsoorten als de lijst van soorten die kunnen meeprofiteren, bevat soorten die actueel voorkomen in het gebied en soorten die niet (meer) aanwezig zijn, maar op termijn wel kunnen worden verwacht.

Tabel 2.2 *Diersoorten die niet zijn geselecteerd als doelsoort, maar naar verwachting wel kunnen meeprofiteren van Natuurverbinding Zwaluwenberg op basis van de verkenning door Van der Grift & Wegman (2010).*

Zoogdieren		Reptielen	Amfibieën	Dagvlinders
Eekhoorn	Wezel	Ringslang	Gewone pad	Aardbeivlinder
Rosse woelmuis	Hermelijn		Rugstreeppad	
Aardmuis	Bunzing		Bruine kikker	
Bosmuis	Steenmarter		Heikikker	
Bruine rat	Baardvleermuis		Kamsalamander	
Haas	Franjestaart		Kleine watersalamander	
Konijn	Rosse vleermuis		Alpenwatersalamander	
Egel	Gewone dwergvleermuis			
Dwergspitsmuis	Laatvlieger			
Vos	Gewone grootoorvleermuis			

2.6 Menselijk medegebruik

Natuurverbinding Zwaluwenberg heeft ook een functie voor mensen. De *Weg van 's-Graveland naar de Vuursche* – een gecombineerd fiets-/voetpad – doorkruist de natuurverbinding van het noordwesten naar het zuidoosten (Figuur 2.6). Ter hoogte van de N417 kent deze recreatieve verbinding een 'aftakking' die fietsers, wandelaars en andere vormen van langzaam verkeer (scootmobiel, rolstoel e.a.) de mogelijkheid geeft om genoemde weg bovenlangs te passeren via Natuurbrug Hoorneboeg (Figuur 2.7). Dit is alleen toegestaan van zonsopgang tot zonsondergang. Ter hoogte van de spoorlijn en de A27 is die aftakking er niet; hier kunnen fietsers en wandelaars via twee bruggen passeren die in het verlengde van elkaar liggen, circa 100 m ten zuiden van Natuurbrug Zwaluwenberg (Figuur 2.8). Natuurbrug Zwaluwenberg is dus gesloten voor fietsers en wandelaars. Binnen de natuurverbinding zijn er voor fietsers verder geen andere paden aanwezig. Voor wandelaars is er een wandelpad in noord-zuid richting – het 'Lambert Veenspad' – net ten westen van de spoorlijn. Deze loopt onder Natuurbrug Zwaluwenberg door.

Figuur 2.6 *De Weg van 's-Graveland naar de Vuursche is een recreatieve verbinding voor fietsers, wandelaars en ruiters, gezien vanuit het westen (links) en oosten (rechts). © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 2.7 *Het gecombineerde fiets-/voetpad op Natuurbrug Hoorneboeg en het hiernaast gelegen ruiterpad (links) op de dag van de opening van deze natuurbrug (21 mei 2016). © Foto: E. van der Grift.*

Figuur 2.8 *De fiets-/voetgangersbrug over de spoorlijn (links) en over de A27 (rechts). © Foto's: E. van der Grift.*

Ruiters kunnen ook gebruikmaken van de natuurverbinding. Sinds de openstelling van Natuurbrug Hoorneboeg kunnen zij alleen nog via deze natuurbrug passeren en niet meer de N417 op maaiveld oversteken. Op de natuurbrug is hiervoor een apart ruiterpad aangelegd, direct naast het gecombineerde fiets-/voetpad aan de noordrand van de natuurbrug (Figuur 2.7). Ook voor ruiters geldt dat zij de natuurbrug alleen mogen gebruiken van zonsopgang tot zonsondergang. Aan de voet van de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg kruist het ruiterpad de Weg van 's-Graveland naar de Vuursche en ligt dan in het tussengebied direct ten noorden van deze recreatieve verbinding. Ruiters kunnen vervolgens de spoorlijn en A27 passeren via Natuurbrug Zwaluwenberg. Hiervoor is een ruiterpad aangelegd (Figuur 2.9), aan de zuidrand van de natuurbrug, dat gebruikt mag worden van zonsopgang tot zonsondergang. Hiermee is een veiligere en gemakkelijkere route voor ruiters gerealiseerd. In het verleden konden ruiters alleen via de fiets-/voetgangersbrug passeren, maar moesten dan wel altijd afstappen, omdat deze brug relatief smal is. In het tussengebied is er een aftakking van het ruiterpad naar het noorden. Deze route loopt langs de zuidgrens van Landgoed Uytwijck en buigt dan af naar het noorden, net ten westen van de spoorlijn.

Figuur 2.9 *Het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg kort na de openstelling van de natuurbrug (november 2013). Ruiters zijn op deze natuurbrug dus toegestaan, maar gebruik door fietsers en wandelaars niet. © Foto: E. van der Grift.*

De natuurverbinding, inclusief de twee natuurbruggen, is niet opengesteld voor snorfietsen, bromfietsen, scooters en motoren. Honden (en andere huisdieren) zijn – aangelijnd of loslopend, mits onder appel – alleen toegestaan op de *Weg van 's-Graveland naar de Vuursche*, maar niet op beide natuurbruggen, hun toelopen of in het tussengebied buiten genoemd pad.

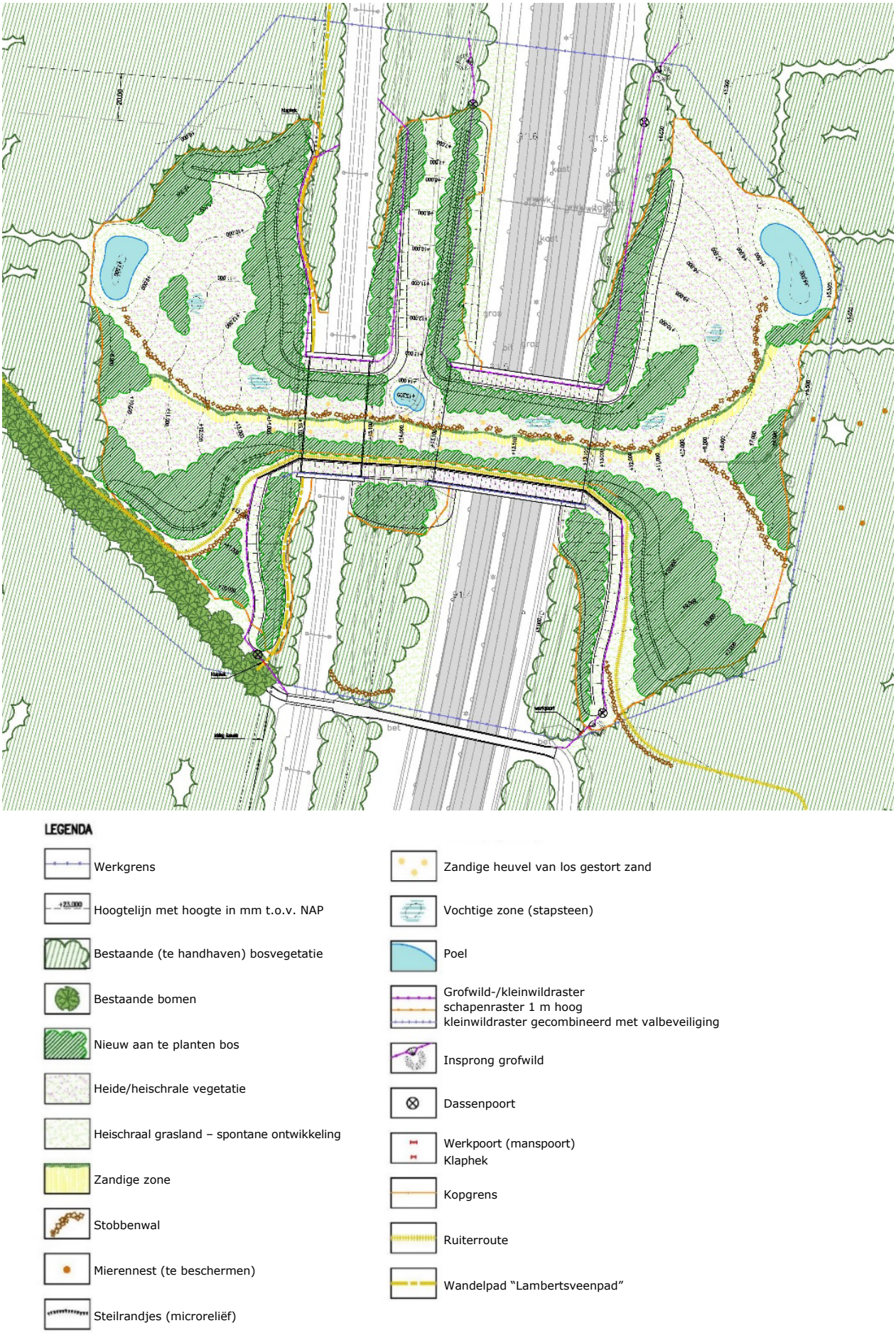
2.7 Natuurbrug Zwaluwenberg

Natuurbrug Zwaluwenberg is in het voorjaar van 2013 opengesteld. De natuurbrug bestaat uit twee in het verlengde van elkaar gelegen ecoducten (Figuur 2.10). Het oostelijke ecoduct overbrugt de autosnelweg A27. Dit ecoduct is circa 70 m lang en 50 m breed. Het westelijke ecoduct overbrugt de spoorlijn Utrecht-Hilversum. Dit ecoduct is circa 30 m lang en eveneens 50 m breed. De afstand tussen de twee ecoducten is circa 30 m. De ecoducten liggen 5 tot 7 m boven het maaiveld; zowel de snelweg als de spoorlijn liggen hier enigszins verdiept.

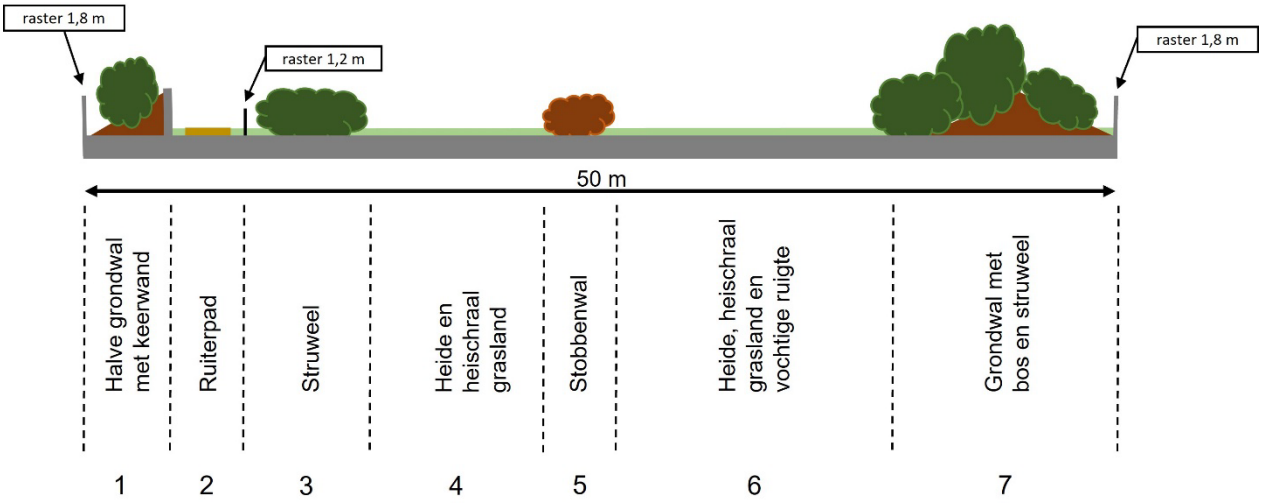
De natuurbrug kent drie toelopen, aan respectievelijk de oost-, west- en noordzijde. De helling van deze taluds is gemiddeld 1:15, plaatselijk steiler. De oostelijke toeloop heeft min of meer de vorm van een halve cirkel, hoewel niet symmetrisch. De afstand van de voet van deze toeloop tot het ecoduct over de autosnelweg varieert hier van 100 tot 140 m. De westelijke toeloop heeft eveneens min of meer de vorm van een halve cirkel. De afstand van de voet van deze toeloop tot het ecoduct over de spoorlijn varieert hier van 60 tot 120 m. De taluds zijn hier korter, omdat de natuurverbinding ingeklemd ligt tussen de landgoederen Uytwijck en Zwaluwenberg. De noordelijke toeloop is lijnvormig. Deze toeloop ligt immers ingeklemd tussen de spoorlijn en de autosnelweg. De afstand van de voet van deze toeloop tot de natuurbrug is circa 80 m. De breedte varieert van 10 m ter hoogte van de natuurbrug tot 25 m aan de voet. De natuurbrug heeft hiermee, inclusief toelopen, een lengte van circa 400 m.

Figuur 2.10 *Het ecoduct over autosnelweg A27 (boven) en de spoorlijn Utrecht-Hilversum (onder) in januari 2015. © Foto's: E. van der Grift.*

De functionele breedte van de natuurbrug is 50 m. Dit betekent dat de natuurbrug over de hele breedte te benutten is door diersoorten om te passeren. Op de natuurbrug worden diverse natuurtypen nagestreefd. Aan de randen is er vooral ruimte gereserveerd voor opgaande begroeiingen, in het centrale deel zijn open, laagblijvende vegetaties het streven (Figuur 2.11). Maken we een dwarsdoorsnede van de natuurbrug, dan zijn er zeven zones te onderscheiden (Figuur 2.12; Tabel 2.3).



Figuur 2.11 *Inrichtingsplan voor Natuurbrug Zwaluwenberg. Bron: Combinatie H2ECO, 2011.*



Figuur 2.12 *Schematische dwarsdoorsnede van Natuurbrug Zwaluwenberg, gezien vanuit het oosten, waarbij wat betreft de inrichting zeven zones zijn onderscheiden (zie ook Tabel 2.3 en Figuur 2.13 en 2.14).*

Tabel 2.3 *De verschillende zones, van zuid naar noord, op Natuurbrug Zwaluwenberg.*

Zone	Breedte (m)	Inrichting
1	4	Zone met een halve grondwal met aan de noordzijde een 1,90 m hoge, betonnen keerwand. De grondwal is begroeid met vooral heide en brem en sluit aan op de heidebermen langs de autosnelweg en bosstroken langs de spoorlijn.
2	2,5	Zone met het ruiterpad (1,5 m) met aan weerszijden een smalle berm (0,5 m). Het ruiterpad is afgewerkt met een toplaag van gebiedseigen schraal zand. Het ruiterpad is op het brugdek gescheiden van de rest van de natuurbrug door een 1,20 m hoog schapenraster. Op de toelopen is het ruiterpad afgeschermd van de rest van de natuurbrug door een grondwal met opgaande begroeiing.
3	7,5	Zone met struweel.
4	5	Zone met open zand en laagblijvende vegetaties, bestaande uit heide en heischraal grasland.
5	5	Zone met een stobbenwal.
6	18,5	Zone met laagblijvende vegetaties, bestaande uit heide en heischraal grasland. Delen van deze zone zijn vochtiger en kennen een begroeiing van vooral pitrus. In deze zone is ook een kleine poel aangelegd, in het gebied tussen het ecoduct over de snelweg en die over de spoorlijn.
7	7,5	Zone met een grondwal, begroeid met struweel en bos.

De breedte van de zones varieert enigszins, omdat er in het beheer geen strakke overgangen worden nagestreefd. De leeflaag op de natuurbrug is 0,6 m dik en bestaat uit gebiedseigen materiaal. In de zones met struweel en bos is humusrijke bosgrond aangebracht. In de zones met open, heischrale vegetaties is schraal zand gebruikt. Er is op meerdere plekken enig microreliëf aangebracht, evenals een aantal steilrandjes. Daarnaast zijn lokaal – zowel op het brugdek als op de toelopen – vochtige plekken gecreëerd door het aanbrengen van een leemlaag. Aan de voet van zowel de oostelijke als westelijke toeloop van de natuurbrug is een poel aangelegd. Deze moeten leefgebied bieden aan (semi-)aquatische diersoorten, zoals amfibieën en libellen. De poelen zijn daarnaast drinkplaatsen voor zoogdieren.

Voor de ontwikkeling van bosvegetatie op de natuurbrug zijn soorten aangeplant die horen bij droog Zomereiken-Berkenbos, zoals zomereik, ruwe berk en lijsterbes. Daarnaast is hier grove den aanwezig door spontane opslag. Het struweel bestaat uit (aanplant van) vuilboom, eenstijlige meidoorn, hazelaar, hondsroos en brem. In de zones met heide en heischraal grasland zijn heidemaaisel en -plagsel uit nabijgelegen heideterreinen uitgestrooid. De taluds van de grondwallen zijn gefixeerd door het inzaaien – via hydroseeding – van een zadenmengsel met onder meer struikheide, fijnbladig schapengras en zandblauwtje. Sinds de openstelling van de natuurbrug heeft de vegetatie zich snel ontwikkeld, zowel op het brugdek als op de toelopen (Figuur 2.15). Voor een uitgebreidere beschrijving van de aanwezige vegetatietypen en een lijst met kenmerkende plantensoorten verwijzen we naar Hoofdstuk 3.

Figuur 2.13 *Van rechts naar links zone 1 tot en met 5 op Natuurbrug Zwaluwenberg, gezien vanuit het westen (september 2016). © Foto: E. van der Grift.*

Figuur 2.14 *Van rechts naar links zone 5 tot en met 7 op Natuurbrug Zwaluwenberg, gezien vanuit het westen (september 2016). © Foto: E. van der Grift.*

Figuur 2.15 *Begroeiing op Natuurbrug Zwaluwenberg in juni 2017. © Foto: E. van der Grift.*

De grondwallen aan de randen van de natuurbrug zijn bedoeld voor de afscherming van licht, beweging en geluid vanaf de infrastructuur. Deze grondwallen strekken zich aan weerszijden van de natuurbrug tot circa 150 m naar het noorden en zuiden uit, langs respectievelijk de snelweg (oost) en spoorlijn (west). Daarnaast zijn faunakerende rasters aangebracht die de dieren van de infrastructuur moeten weren en naar de natuurbrug moeten geleiden.

Op de noordelijke buitenrand van het brugdek staat een 1,8 m hoog combinatieraster dat bestaat uit een amfibiescherm (0,4 m hoog), een dassenraster (1,0 m hoog) en een grofwildraster (1,8 m hoog). Dit raster is aan de oostzijde van de snelweg over een lengte van circa 100 m doorgezet tot aan het bestaande grofwildraster (Figuur 2.16). Aan de westzijde van de snelweg en aan de oostzijde van de spoorlijn – dus aan weerszijden van de noordelijke toeloop (zie Figuur 2.11) – is dit raster over een lengte van circa 400 m doorgezet. De uiteinden van deze twee rasters zijn daar met elkaar verbonden via een soortgelijk raster. Daarnaast zijn ook hier de rasters aangesloten op de bestaande grofwildrasters langs zowel snelweg als spoorlijn. Aan de westzijde van de spoorlijn is genoemd combinatieraster over een lengte van circa 100 m doorgezet, tot aan het bestaande raster van Landgoed Uytwijck. De combinatierasters buiten het brugdek zijn 2,2 m hoog en bestaan ook hier uit een amfibiescherm (0,4 m hoog, 0,1 m ingegraven), een dassenraster (1,0 m hoog, 0,2 m ingegraven) en een grofwildraster (2,2 m hoog).

Op de zuidelijke buitenrand van het brugdek staat een 1,1 m hoog dassenraster. Een hoger raster is hier niet geplaatst, omdat de keerwand langs het ruiterpad de grotere dieren hier al weghoudt. Aan zowel de oostzijde van de snelweg als de westzijde van de spoorlijn is in aansluiting op de keerwand een 1,8 m hoog combinatieraster geplaatst, vergelijkbaar met het raster aan de noordzijde. Deze rasters zijn circa 100 m lang en sluiten ter hoogte van de fiets-/voetgangersbrug aan op respectievelijk het bestaande grofwildraster (oost) en het raster van Landgoed Zwaluwenberg (west).

In 2018 zijn in het kader van de wegverbreding van de A27 alle bestaande (grof)wildrasters langs de snelweg vervangen door 2,2 m hoge combinatierasters. Hierop is vanaf 1 m hoogte tevens een 0,75 hoog, glad scherm aangebracht om klimmende diersoorten – zoals boommarters en eekhoorns – tegen te houden (Figuur 2.17). Dergelijke schermen zijn toen ook toegevoegd aan de combinatierasters langs de snelweg direct rond de natuurbrug. De rasters langs de spoorlijn zijn niet aangepast.

Figuur 2.16 *Een combinatieraster met een amfibiescherm, dassenraster en grofwildraster langs de A27 moet de dieren van de weg houden en naar de natuurbrug geleiden. © Foto: E. van der Grift.*

Figuur 2.17 *Het combinatieraster langs de snelweg is aangepast met een glad scherm om ook klimmende dieren tegen te houden (april 2020). © Foto: E. van der Grift.*

In het raster aan de oostkant van de natuurbrug zijn twee insprongen en twee dassenpoorten aangelegd (Figuur 2.18 en 2.19). Ook in het verbindende raster aan het eind van de twee rasters tussen de snelweg en spoorlijn zijn een insprong en een dassenpoort aangelegd. Aan de westzijde van de spoorlijn is een dassenpoort aangelegd, nabij de fiets-/voetgangersbrug. Al deze voorzieningen moeten dieren in staat stellen om het raster te passeren als ze onverhoopt aan de verkeerde kant van het raster terecht zijn gekomen.

Figuur 2.18 *Een insprong gezien vanuit het natuurgebied (links) en vanuit de wegberm (rechts). Deze voorziening moet reeën in staat stellen om de wegberm te verlaten, mochten zij daar toch op een of andere wijze in terechtgekomen zijn. © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 2.19 *Een dassenpoort gezien vanuit het natuurgebied (links) en vanuit de wegberm (rechts). Deze voorziening moet middelgrote dieren, zoals dassen, in staat stellen om de wegberm te verlaten, mochten zij daar toch op een of andere wijze in terechtgekomen zijn. © Foto's: E. van der Grift.*

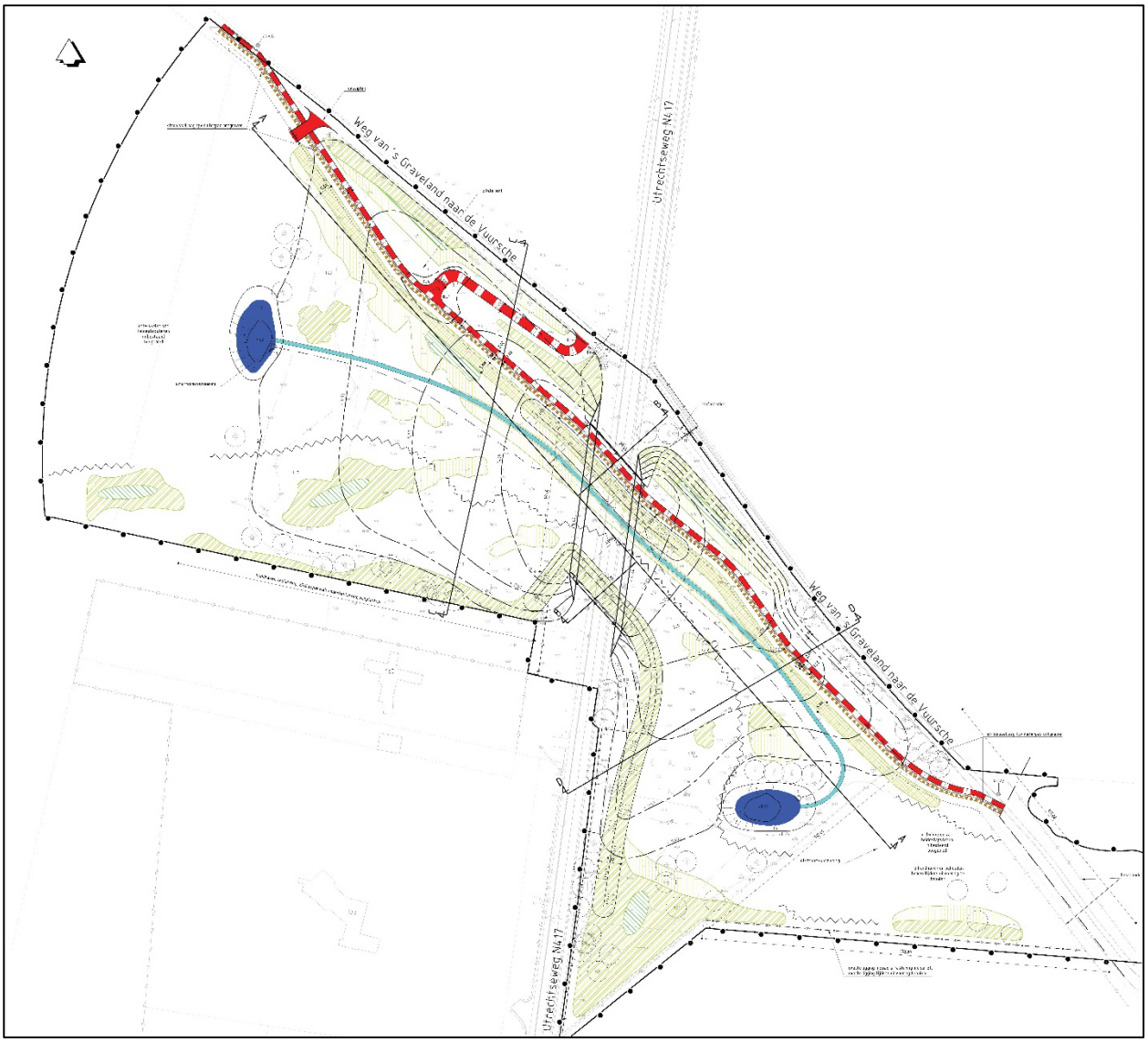
2.8 Natuurbrug Hoorneboeg

Natuurbrug Hoorneboeg is begin 2016 gereedgekomen en in mei 2016 officieel opengesteld. Deze natuurbrug overbrugd de provinciale weg N417 en de naastgelegen fietspaden. Het brugdek is circa 30 m lang en 45 m breed (Figuur 2.20). Het ecoduct overbrugt de weg enigszins schuin, in een hoek van circa 50 graden. Het gronddek op het ecoduct ligt circa 7 m boven het maaiveld.

De natuurbrug kent twee toelopen, aan respectievelijk de oost- en westzijde. De helling van het oostelijke talud is 1:20; die van het westelijke talud varieert van 1:10 tot 1:20. De toelopen zijn min of meer wigvormig. De toelopen zijn aan de noordzijde namelijk begrensd door de *Weg van 's-Graveland naar de Vuursche*. Aan de zuidzijde is de ruimte beperkt door Landgoed Zwaluwenberg (oost) en een particulier woonperceel (west). Om meer ruimte voor de oostelijke toeloop te creëren, is het raster van Landgoed Zwaluwenberg circa 50 m naar het oosten verplaatst. De afstand van de voet van deze toeloop tot het brugdek varieert van 130 tot 150 m. De afstand van de voet van de westelijke toeloop tot het brugdek varieert van 110 tot 130 m. De natuurbrug heeft hiermee, inclusief toelopen, een lengte van circa 300 m.

Figuur 2.20 *Het brugdek van Natuurbrug Hoorneboeg, nog zonder de leeflaag, in januari 2015. © Foto: E. van der Grift.*

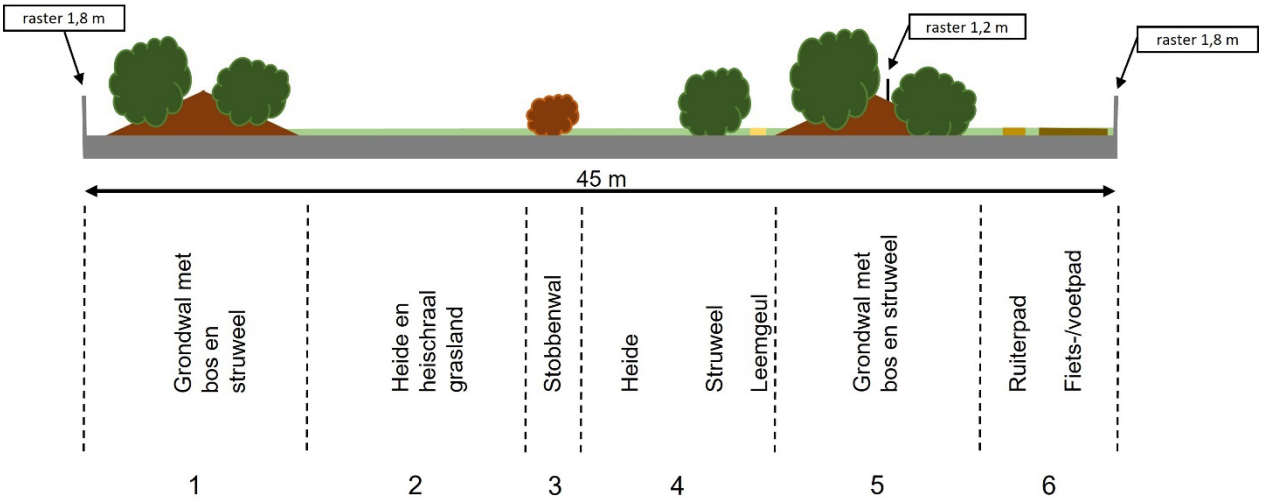
De functionele breedte van de natuurbrug is 45 m. Dit betekent dat de natuurbrug over de hele breedte te benutten is door diersoorten om te passeren. Op de natuurbrug worden diverse natuurtypen nagestreefd. Aan de randen is er vooral ruimte gereserveerd voor opgaande begroeiingen, in het centrale deel zijn open, laagblijvende vegetaties het streven (Figuur 2.21). Maken we een dwarsdoorsnede van de natuurbrug, dan zijn er zes zones te onderscheiden (Figuur 2.22; Tabel 2.4).



legenda

bestaande situatie	plaatsen wildrooster	bestaande afrastering
kadastrale grens	plaatsen ANWB-paddestoel	afrastering defensie, hoog 1.80
bestaande maaiveld hoogte	plaatsen anti intritpaaltjes	hekwerk/afrastering derden, n.t.b.
aanleg hoogte t.a.v. N.A.P.	aanplanten bomen (hoog)	wildkering, hoog 1.20
hoogtelijnen grondwerk	aanplanten veren (middel hoog)	wildkeriing, hoog 1.80
leemgoot vochtige zone, breedte var.	aanplanten bosplantsoen (laag)	hekwerk met geïntegreerde wildkering, hoog 1.80
dranage put met afvoerleiding	aanplantstrook langs ruuiterpad (middel hoog)	hekwerk, hoog 1.80 (groen geplastificeerd)
aanbrengen grondlichaam	handhaven boom	plaatsen landbouwhek
aanleggen fietspad, breedte var. zie tek.	stobbenwal	locatie dwarsprofiel
aanleggen ruiterpad, breed 1.00	boomstammen tussen fietspad en ruiterpad	werkgrens

Figuur 2.21 *Inrichtingsplan voor Natuurbrug Hoorneboeg. Bron: Provincie Noord-Holland/Arcadis, 2013.*



Figuur 2.22 *Schematische dwarsdoorsnede van Natuurbrug Hoorneboeg, gezien vanuit het oosten, waarbij wat betreft de inrichting zes zones zijn onderscheiden (zie ook Tabel 2.4).*

Tabel 2.4 *De verschillende zones, van zuid naar noord, op Natuurbrug Hoorneboeg.*

Zone	Breedte (m)	Inrichting
1	10	Zone met een beheerpad (1 m breed) en 2 m hoge grondwal (9 m breed), begroeid met struweel en bos.
2	9	Zone met open zand en laagblijvende vegetaties, bestaande uit heide en heischraal grasland.
3	2	Zone met een stobben-/boomstammenwal.
4	9	Zone met langs de stobbenwal laagblijvende vegetaties (heide/heischraal grasland) en langs de noordelijke grondwal struweel (vooral brem). In het struweel ligt een leemgeul (1 m breed) die de top van het ecoduct verbindt met twee poelen aan weerszijden van de natuurbrug.
5	9	Zone met een 2 m hoge grondwal, begroeid met struweel en bos.
6	6	Zone met een gecombineerd fiets-/voetpad (2 m breed) en ruiterpad (1 m breed) met tussen deze paden en aan weerszijden een smalle berm (1 m breed). Het gecombineerde fiets-/voetpad is halfverhard en afgewerkt met schotsgraniet. Het ruiterpad is afgewerkt met een toplaag van gebiedseigen, schraal zand. De paden zijn op het brugdek en de toelopen gescheiden van de rest van de natuurbrug door een 1,20 m hoog schapenraster.

De breedte van de zones varieert enigszins, omdat er in het beheer geen strakke overgangen worden nagestreefd (Figuur 2.23 en 2.24). De leeflaag op de natuurbrug is 0,75 m dik en bestaat uit gebiedseigen materiaal. Op de grondwallen is humusrijke bosgrond aangebracht. In de zones in het centrale deel van de natuurbrug is schraal zand gebruikt. In zone 4 is een leemgeul aangelegd. Deze staat aan weerszijden van de natuurbrug in verbinding met de daar gelegen poelen. Het streven is om in deze leemgeul regenwater langer vast te houden en, mede door de beschaduwing van het hier aanwezige struweel (Figuur 2.25), een vochtiger microklimaat te creëren. Aan de voet van zowel de oostelijke als westelijke toeloop van de natuurbrug is een poel aangelegd met een wateroppervlak (bij hoge waterstand) van circa 300 m^2 (Figuur 2.26). Deze poelen moeten leefgebied bieden aan (semi-)aquatische diersoorten, zoals amfibieën en libellen. De poelen zijn daarnaast drinkplaatsen voor zoogdieren.

Figuur 2.23 *Natuurbrug Hoorneboeg gezien vanuit het oosten, kort na de openstelling in september 2016. Op de voorgrond de strook waar heide en heischraal grasland wordt ontwikkeld (zone 2). © Foto: E. van der Grift.*

Figuur 2.24 *Natuurbrug Hoorneboeg in juni 2018, met de stobben-/boomstammenwal (zone 3), op de voorgrond de struweelzone (zone 4) en rechts het noordelijke talud (zone 5). © Foto: E. van der Grift.*

Figuur 2.25 *Heideontwikkeling in zone 2 en bloeiende brem in zone 4, april 2020.*
© Foto: E. van der Grift.

Figuur 2.26 *De poel aan de voet van de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg in juni 2017.*
© Foto: E. van der Grift.

Voor de ontwikkeling van opgaande begroeiingen op de natuurbrug en toelopen zijn boom- en struweelsoorten aangeplant: zomereik, lijsterbes, vuilboom, meidoorn, sleedoorn en brem (Provincie Noord-Holland, 2012). Daarnaast is hier grove den en ruwe berk aanwezig door spontane opslag. In de zones met heide en heischraal grasland zijn heidemaaisel en -plagsel uit nabijgelegen heideterreinen uitgestrooid. Sinds de openstelling van de natuurbrug heeft de vegetatie zich snel ontwikkeld, zowel op het brugdek als op de toelopen. Voor een uitgebreidere beschrijving van de aanwezige vegetatietypen en een lijst met kenmerkende plantensoorten verwijzen we naar Hoofdstuk 3.

De grondwallen aan de randen van de natuurbrug zijn 2 m hoog en bedoeld voor de afscherming van licht, beweging en geluid vanaf de N417. De noordelijke grondwal is circa 100 m lang en strekt zich uit van circa 40 m ten westen tot 30 m ten oosten van het brugdek. De zuidelijke grondwal is circa 200 m lang. Aan de oostzijde van het brugdek buigt deze af naar het zuiden en ligt dan voor circa 140 m langs de N417. Aan de westzijde van het brugdek maakt de grondwal ook een afbuiging naar het zuiden, maar is hier slechts 30 m lang en reikt tot aan het naastgelegen woonperceel.

Daarnaast zijn faunakerende rasters aangebracht die de dieren van de infrastructuur moeten weren en naar de natuurbrug moeten geleiden. Op het brugdek staan 1,8 m hoge combinatierasters op de buitenrand van het kunstwerk. Deze zijn geïntegreerd in de randafwerking die bestaat uit een stalen, roestkleurige takkenstructuur (Figuur 2.27). Dit combinatieraster bestaat uit een amfibiescherm (0,4 m hoog), een dassenraster (1,1 m hoog) en een grofwildraster (1,8 m hoog). Het raster op de noordrand buigt aan weerszijden van het brugdek naar het noorden af en sluit na 30-40 m aan op het raster van Landgoed Uytwijck. Aan beide kanten van de weg is hier een poort en wildrooster aangelegd dat fietsers en voetgangers in staat stelt hier het gebied binnen te gaan of te verlaten. Het raster op de zuidrand buigt aan weerszijden van het brugdek naar het zuiden af. Aan de westkant sluit het dan na circa 50 m aan op het raster rond het woonperceel. Aan de oostkant sluit het na circa 175 m aan op het raster van Landgoed Zwaluwenberg. Buiten het brugdek zijn de amfibieschermen en dassenrasters respectievelijk 0,1 m en 0,2 m ingegraven.

Figuur 2.27 *Op het brugdek van Natuurbrug Hoorneboeg zijn de 1,8 m hoge faunakerende rasters geïntegreerd in de randafwerking met een takkenstructuur. Het aanzicht van de noordelijke rand (links) en de achterkant van de zuidelijke rand (rechts). © Foto's: E. van der Grift.*

In het raster van Landgoed Zwaluwenberg, aan de voet van de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg, is een kleine faunaopening aangebracht om middelgrote zoogdieren (tot grootte das) in staat te stellen om de bossen van het landgoed te bereiken.

3 Ontwikkeling van de vegetatie in de natuurverbinding

3.1 Inleiding

Het ecologisch functioneren van Natuurverbinding Zwaluwenberg voor fauna is voor een deel afhankelijk van de vegetatie die binnen de natuurverbinding tot ontwikkeling komt. Vooral voor diersoorten die weinig mobiel zijn, dekking-biedende vegetatie nodig hebben of anderszins sterk gebonden zijn aan hun voorkeursbiotoop, is de vegetatieontwikkeling een sleutelfactor voor succes. De vegetatie binnen de natuurverbinding is daarom geïnventariseerd, met als doel een overzicht te gegeven van de plantendiversiteit en een karakterisering van de aanwezige vegetatie. Deze inventarisatie is tweemaal herhaald, zodat het ook inzicht geeft in de veranderingen die in de tijd hebben plaatsgevonden. Een tweede doel is om op basis hiervan, indien nodig, aanbevelingen voor (aanpassingen in) het beheer te doen. Tijdens de inventarisaties is gelet op de aanwezigheid van kenmerkende soorten, dus soorten die indicatief zijn voor een binnen de natuurverbinding gewenst vegetatietype of streefbeeld. Daarnaast zijn soorten in beeld gebracht die er eigenlijk niet thuishoren – aangeduid als 'bijzondere soorten' – en mogelijk tot de probleemsoorten gerekend kunnen worden.

3.2 Methode

3.2.1 Verzamelen gegevens

De vegetatie binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg is geïnventariseerd in 2014/2015, 2017 en 2020. In 2014/2015 betrof de inventarisatie Natuurbrug Zwaluwenberg – top en toelopen – en het tussengebied (zie ook Figuur 2.3). Natuurbrug Hoorneboeg was toen immers nog in aanbouw. In 2017 en 2020 is de vegetatie in de hele natuurverbinding geïnventariseerd. Tijdens iedere inventarisatie is de vegetatie gekarteerd. Hiervoor is allereerst het gebied verkend waarbij de belangrijkste vegetatievlakken op kaart zijn ingetekend. Vervolgens zijn in ieder onderscheiden vlak een of meer vegetatieopnamen gemaakt om de betreffende vegetatie te karakteriseren en vegetatietypen te onderscheiden. De vegetatieopnamen zijn gemaakt op representatieve plots, dus op plekken met een homogene vegetatie. De grootte van de plots verschilde, afhankelijk van de aanwezige vegetatie: 1x1 m in door (korst)mossen gedomineerde vegetaties, 2x2 m in grasland, 5x5 m in water- en oevervegetaties, 5x5 m in heide en 10x10 m in struweel- en bosvegetaties. Bij het opnemen van de vegetatie is de Braun-Blanquet-methode gehanteerd om de soortensamenstelling en de individuele bedekkingen te noteren (Den Held, 1976; Westhoff et al., 1995). Voor identificatie van de soorten is gebruikgemaakt van de veldgidsen van Touw (1989), Siebel & During (2006), Van der Meijden (2005) en Jäger et al. (2013). Mossen die behoren tot de Bryaceae zijn niet op soort gedetermineerd, maar tot op familiegroep. In 2014, 2015, 2017 en 2020 zijn respectievelijk 20, 15, 6 en 4 vegetatieopnamen gemaakt.

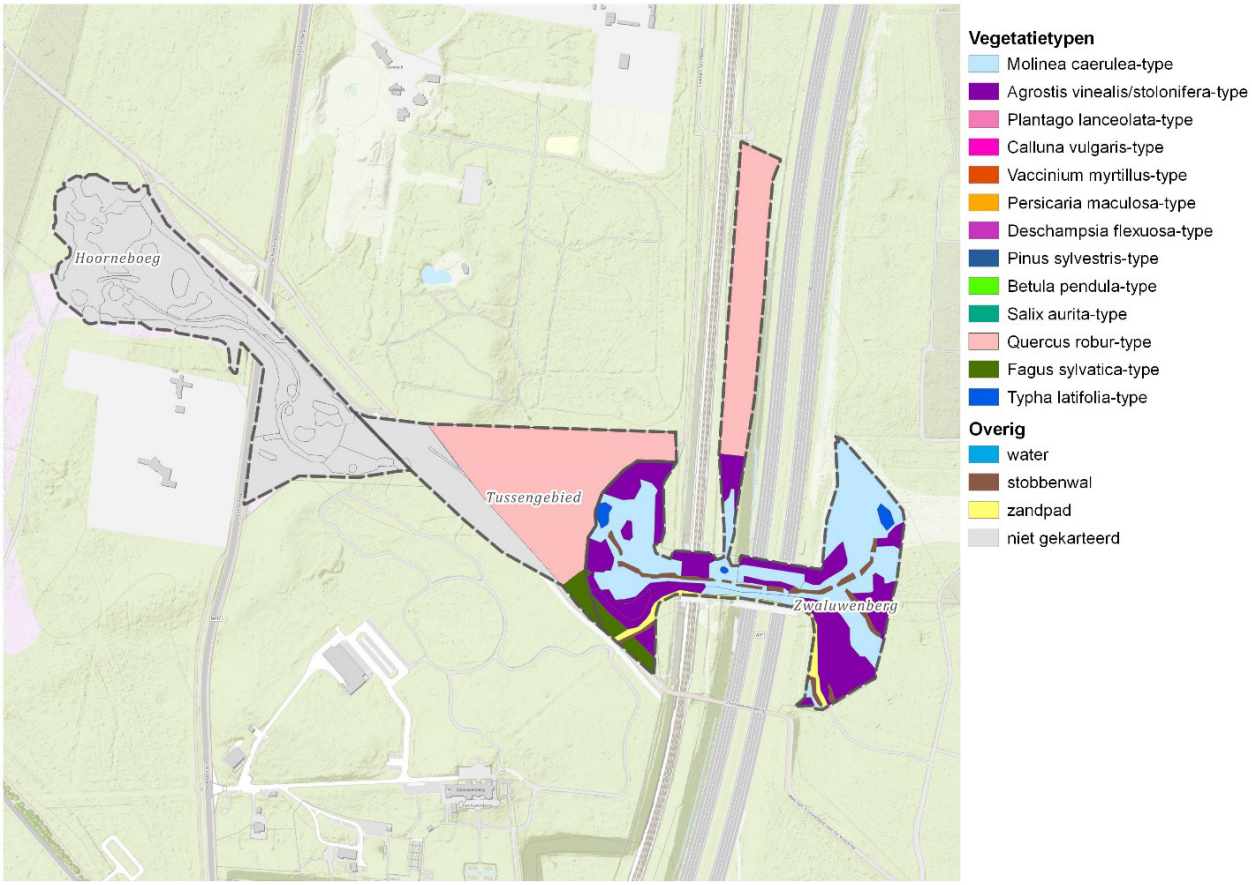
3.2.2 Bewerking gegevens

De opnamen zijn verwerkt in het programma *Juice* (Tichý, 2002). Deze software ordent de opnamen op basis van soortensamenstelling en bedekking, waarna vegetatietypen kunnen worden onderscheiden. Indien mogelijk zijn de vegetatietypen gekarakteriseerd volgens de *Vegetatie van Nederland* (Schaminée et al., 2017) en de *Veldgids rompgemeenschappen* (Schaminée et al., 2015). Op basis van deze verkregen typologie is de vegetatiekaart gemaakt. Zo nodig zijn op basis van de uitgevoerde ordening van opnamen vegetatievlakken samengevoegd of gesplitst. De schaal van de kartering is 1:3.000. Dit betekent dat vegetatietypen met een kleiner oppervlak dan 150 m² niet zijn weergegeven. In ieder meetjaar zijn de oppervlakten berekend van de onderscheiden vegetatietypen. Op basis hiervan is vastgesteld in welke mate de vegetatietypen zijn toe- of afgenomen.

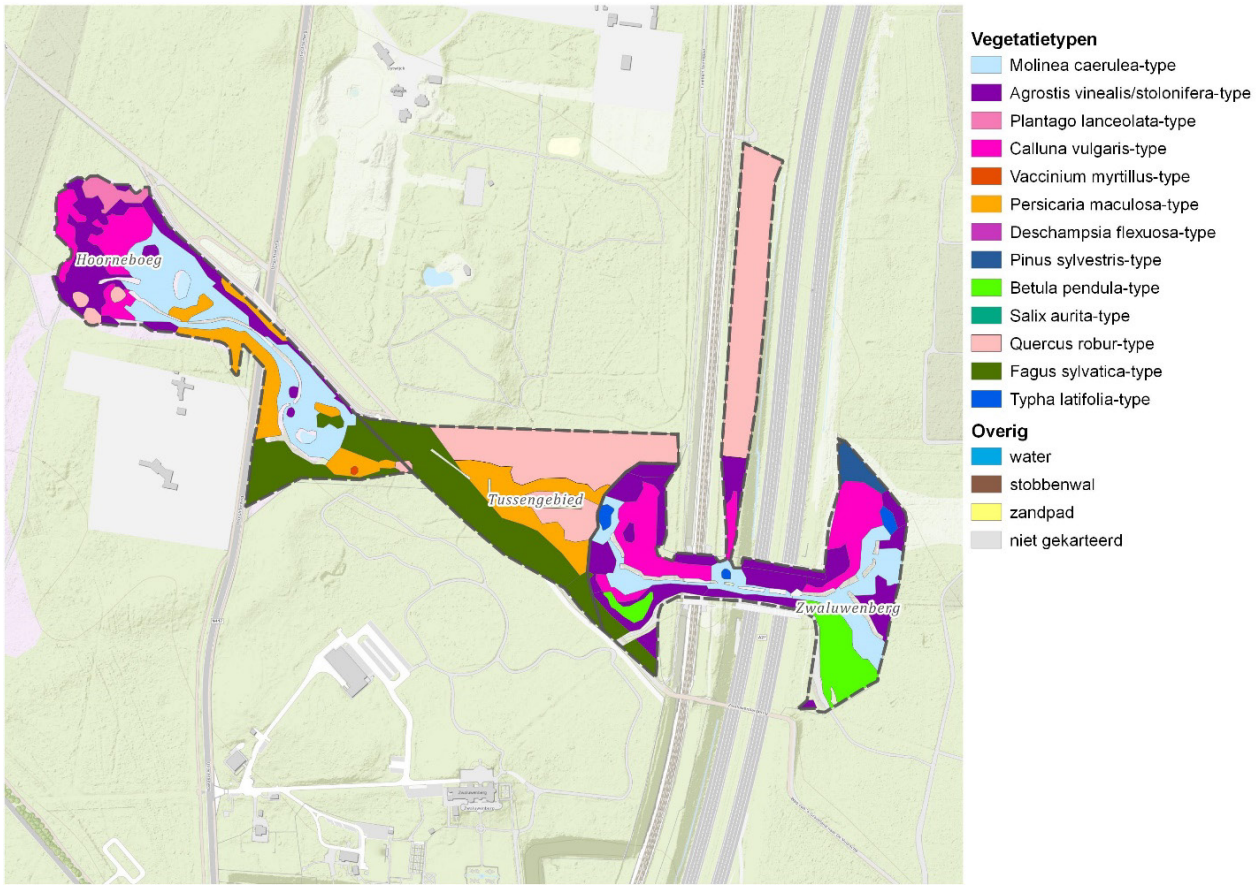
3.3 Vegetatieontwikkeling 2014-2020

Over alle meetjaren samen zijn – op basis van de opnamen (zie Bijlage 1) – binnen de natuurverbinding dertien vegetatietypen onderscheiden: (1) Molinea caerulea-type; (2) Agrostis vinealis/stolonifera-type; (3) Plantago lanceolata-type; (4) Calluna vulgaris-type; (5) Vaccinium myrtillus-type; (6) Persicaria maculosa-type; (7) Deschampsia flexuosa-type; (8) Pinus sylvestris-type; (9) Betula pendula-type; (10) Salix aurita-type; (11) Quercus robur-type; (12) Fagus sylvatica-type; (13) Typha latifolia-type.

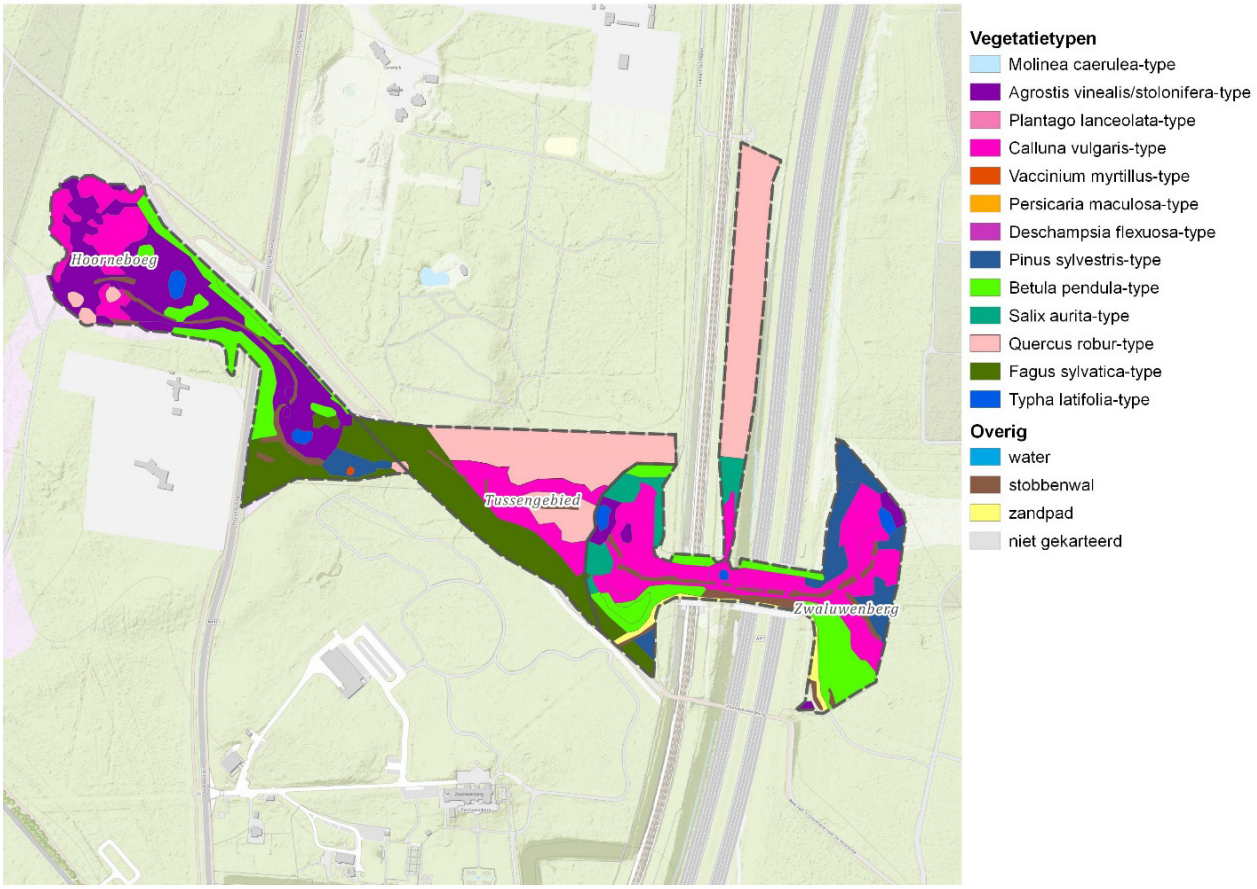
Hieronder bespreken we per vegetatietype de syntaxonomische plaats en kenmerken van het type binnen de natuurverbinding. Ook beschrijven we de plekken waar het vegetatietype is aangetroffen en de waargenomen veranderingen in oppervlakte tussen de meetjaren 2014/2015, 2017 en 2020. In Figuur 3.1, 3.2 en 3.3 zijn de ligging en omvang van de vegetatietypen binnen de natuurverbinding te zien voor respectievelijk 2014/2015, 2017 en 2020. Figuur 3.4 geeft een samenvatting van de veranderingen in oppervlak van de vegetatietypen over de jaren, onderscheiden naar deelgebied: Natuurbrug Zwaluwenberg, Tussengebied, Natuurbrug Hoorneboeg. Bijlage 2 geeft een overzicht van (incidentele) waarnemingen van plantensoorten die eigenlijk niet thuishoren in het gebied. In geval van exoten is hierbij aangegeven of de soort (potentieel) invasief is.



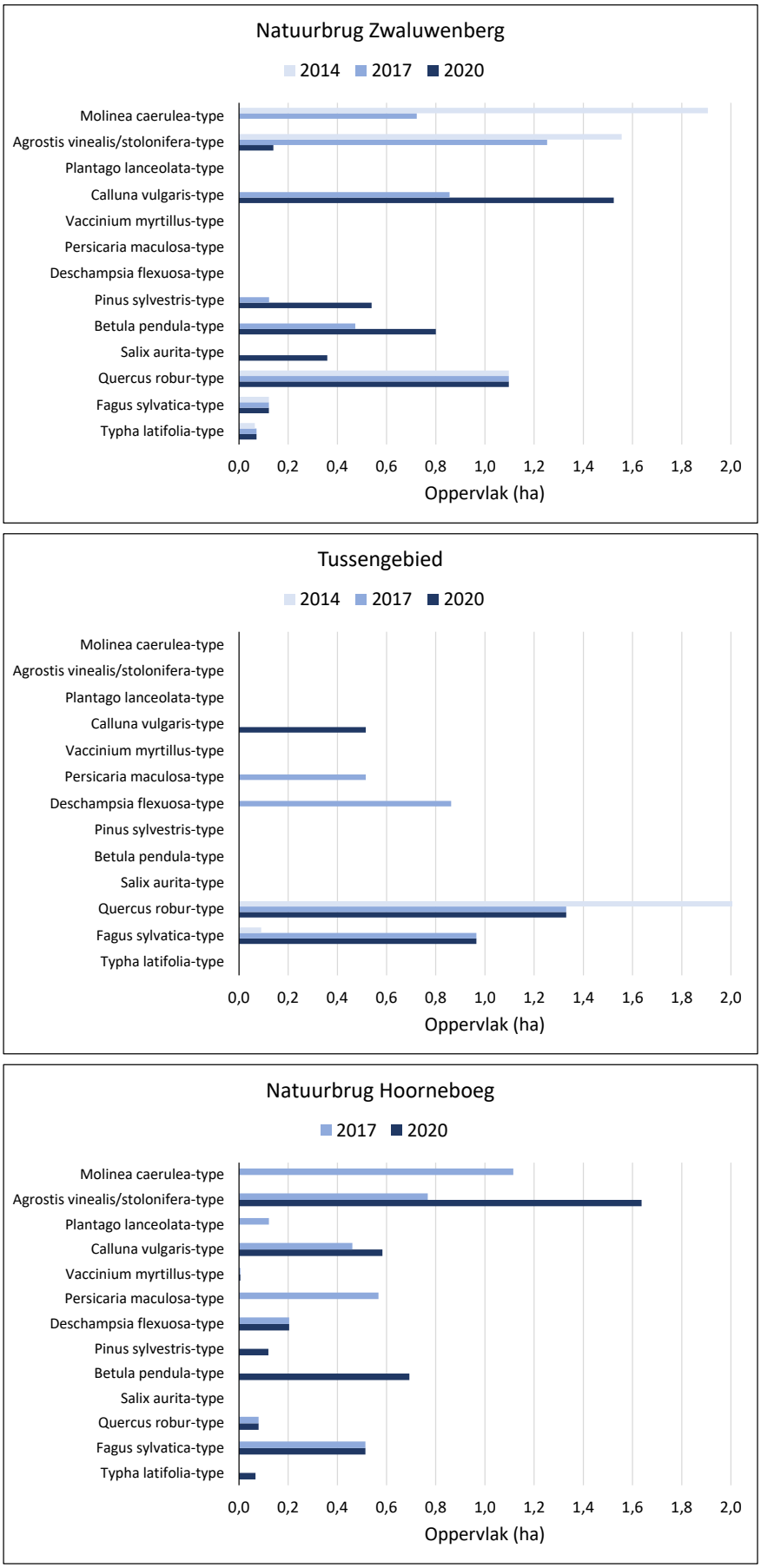
Figuur 3.1 *Vegetatiekartering van Natuurverbinding Zwaluwenberg in 2014/2015.*



Figuur 3.2 *Vegetatiekartering van Natuurverbinding Zwaluwenberg in 2017.*



Figuur 3.3 *Vegetatiekartering van Natuurverbinding Zwaluwenberg in 2020.*



Figuur 3.4 *Per deelgebied de veranderingen in oppervlak van de in Natuurverbinding Zwaluwenberg aangetroffen vegetatietypen in de periode 2014-2020.*

Molinea caerulea-type

Syntaxonomie: De syntaxonomische plaats van dit type komt overeen met de rompgemeenschap met pijpenstrootje en bochtige smele (RG *Molinia caerulea-Avenella flexuosa*-[*Calluno-Ulicetea*]). Dit type bestaat uit soorten die zich vestigen in pioniersomstandigheden op vochtige tot droge, zure zandgronden.

Voorkomen: In 2014/2015 is dit vegetatietype op grote delen van het brugdek en de toelopen van Natuurbrug Zwaluwenberg aangetroffen. In 2017 is het op beide natuurbruggen aanwezig. Op Natuurbrug Zwaluwenberg is het vegetatietype dan wel circa 63% in oppervlak afgenomen. Op veel plekken is het vegetatietype hier overgegaan in een heidevegetatie. Op Natuurbrug Hoorneboeg is het vegetatietype beeldbepalend in 2017, hoewel nog in een zeer jonge fase. In 2020 is het vegetatietype geheel verdwenen uit de natuurverbinding. Op Natuurbrug Zwaluwenberg is het vegetatietype overgegaan in heidevegetatie (*Calluna vulgaris*-type) en graslandvegetaties die worden gedomineerd door struisgrassen (*Agrostis vinealis/stolonifera*-type). Op Natuurbrug Hoorneboeg is het volledig overgegaan in grasland met struisgrassen. Mogelijk heeft droogte in de zomers van 2018 en 2019 eraan bijgedragen dat deze vochtminnende vegetatie haar positie verloren heeft.

Kenmerken: In de natuurverbinding bepalen naast pijpenstrootje (*Molinea caerulea*) vooral fijn schapengras (*Festuca filiformis*) en grove den (*Pinus sylvestris*) het beeld (Figuur 3.5). Er zijn binnen dit type wel enige variaties. Op de westelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg zijn meer vochtindicatoren aanwezig, zoals geoorde wilg (*Salix aurita*) en katwilg (*Salix viminalis*). Ook komt hier Canadese fijnstraal (*Conyza canadensis*) in relatief hoge bedekking voor, wat indicatief is voor voedselrijkere omstandigheden. Op de oostelijke toeloop van deze natuurbrug zijn de vochtminnende soorten afwezig en komt Canadese fijnstraal in lage bedekking voor. Op Natuurbrug Hoorneboeg domineren vooral zandstruisgras en zandhaarmos (*Polytrichum juniperinum*) het beeld. Hier zijn op sommige plekken jonge planten van struikhei (*Calluna vulgaris*) waargenomen.

Figuur 3.5 *Pioniersgemeenschap van het Molinea caerulea-type op Natuurbrug Zwaluwenberg in 2014. © Foto: M. Waanders.*

Agrostis vinealis/stolonifera-type

Syntaxonomy: De syntaxonomische plaats van dit type komt overeen met de rompgemeenschap van gewoon struisgras (RG *Agrostis capillaris-Hypochaeris radicata*-[*Trifolio-Festucetalia ovinae*]). Het betreft een soortenarm graslandtype van schrale, droge zandbodems.

Voorkomen: In 2014/2015 is dit vegetatietype op veel plekken op het brugdek en de toelopen van Natuurbrug Zwaluwenberg aangetroffen. Ook in 2017 is het hier nog aanwezig, maar dan is het wel circa 22% in oppervlak afgenomen. Het vegetatietype is dan voor een deel overgegaan in struweel met ruwe berk (*Betula pendula*-type) en in heidevegetatie (*Calluna vulgaris*-type). Anderzijds heeft dit type zich dat jaar juist uitgebreid op plekken waar in 2014 nog grasland met pijpenstrootje voorkwam. In 2020 is dit vegetatietype sterk afgenomen (91%) op Natuurbrug Zwaluwenberg. De oorzaak ligt in de vorming van een boomlaag van ruwe berk (*Betula pendula*-type) of grove den (*Pinus sylvestris*-type). In 2017 is dit vegetatietype op Natuurbrug Hoorneboeg vooral aan de noordzijde aangetroffen, waar bosplantsoen is aangeplant. Daarnaast komt het type dan voor aan de voet van de westelijke toeloop. Het betreft hier vegetatie die tijdens de aanleg van de natuurbrug is gespaard. In 2020 is dit vegetatietype aan de noordzijde van de natuurbrug overgegaan in het *Betula pendula*-type. Anderzijds heeft dit type zich snel op de toelopen kunnen uitbreiden ten koste van de graslanden met pijpenstrootje (*Molinia caerulea*-type).

Kenmerken: In 2014/2015 komen zandstruisgras (*Agrostis vinealis*) en in mindere mate fioringras (*Agrostis stolonifera*) in hoge bedekkingen voor, waardoor andere soorten zich niet of nauwelijks hebben gevestigd (Figuur 3.6). De hoge bedekking van zandstruisgras indiceert dat de bodem zeer voedselarm is. Fioringras komt alleen voor op plekken waar regenwater blijft staan en de bodem vervolgens langzaam uitdroogt. In 2017 is op Natuurbrug Zwaluwenberg gewoon struisgras gaan domineren en zandstruisgras juist in bedekking afgenomen. Dit is ook het geval in 2020. Ook op Natuurbrug Hoorneboeg wordt het vegetatietype gedomineerd door gewoon struisgras, zowel in 2017 als 2020. Plaatselijk komt struikhei voor. In 2014 en 2017 is op drie plekken op Natuurbrug Zwaluwenberg hondsviooltje (*Viola canina*) waargenomen binnen dit vegetatietype (maar buiten de opnamenplots). Met name op de hogere zandgronden is deze soort sinds de jaren 50 van de vorige eeuw sterk afgenomen. De soort staat op de Rode Lijst vermeld als 'gevoelig'.

Figuur 3.6 *Open grasland van het Agrostis vinealis/stolonifera-type op Natuurbrug Zwaluwenberg in 2014. © Foto: M. Waanders.*

Plantago lanceolata-type
Syntaxonomie: Dit type wordt syntaxonomische geplaatst in de rompgemeenschap met gewoon struisgras en gewoon biggenkruid (RG *Agrostis capillaris-Hypochaeris radicata*-[*Trifolio-Festucetalia ovinae*]), maar is soortenrijker dan het Agrostis vinealis/stolonifera-type.

Voorkomen: Dit vegetatietype komt alleen voor aan de voet van de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft een plek waar tijdens de bouw van de natuurbrug een bouwkeet heeft gestaan. Op deze locatie is waarschijnlijk, na het verwijderen van de bouwkeet, de bodem losgemaakt, wat een tijdelijke verhoging van nutriënten en basen tot gevolg heeft gehad. Onder deze omstandigheden kunnen planten van matig voedselrijk grasland zich vestigen. De omvang van dit vegetatietype is in 2017 en 2020 min of meer gelijk.

Kenmerken: Gewoon struisgras en smalle weegbree (*Plantago lanceolata*) bepalen het beeld. Daarnaast komen vooral zandstruisgras, fijn schapengras, gewoon biggenkruid en Canadese fijnstraal voor.

Calluna vulgaris-type
Syntaxonomie: De syntaxonomische plaats van dit type komt overeen met de associatie van struikhei en stekelbrem (*Genisto anglicae-Callunetum*). Dit vegetatietype betreft een droge heidevegetatie dat wordt gedomineerd door struikhei.

Voorkomen: In 2014/2015 komt dit vegetatietype nog niet voor binnen de natuurverbinding. Struikhei is dan al wel aangetroffen, maar uitsluitend in lage dichtheden binnen de graslanden met struisgrassen (Figuur 3.7). In 2017 is het vegetatietype aanwezig op de top en de drie toelopen van Natuurbrug Zwaluwenberg (Figuur 3.7). Deze heeft zich vooral ontwikkeld op plekken waar eerder het *Molinea caerulea*-type voorkwam. Op het brugdek over de spoorlijn heeft het type zich dan ook ontwikkeld op plekken waar eerder grasland met vooral struisgrassen aanwezig was. In 2020 heeft deze heidevegetatie zich op Natuurbrug Zwaluwenberg verder uitgebreid, opnieuw vooral ten koste van grasland met pijpenstrootje of struisgrassen. In dat jaar is dit vegetatietype ook in het tussengebied tot ontwikkeling gekomen, op open plekken waar eerder bochtige smele domineerde (*Deschampsia flexuosa*-type). Op het brugdek en de toelopen van Natuurbrug Hoorneboeg is het vegetatietype in zowel 2017 als 2020 nog niet aanwezig. Het komt wel voor aan de voet van de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg.

Figuur 3.7 *Struikhei op de top van Natuurbrug Zwaluwenberg in 2014 (links) en 2017 (rechts).*
© Foto's: M. Waanders.

Kenmerken: Struikhei (Calluna vulgaris) bepaalt het beeld in dit vegetatietype. In 2017 is het vegetatietype op Natuurbrug Zwaluwenberg nog in een relatief jonge fase. Pijpenstrootje komt dan nog in relatief hoge bedekkingen voor. Plaatselijk komen dophei (Erica tetralix) en grondster (Illecebrum verticillatum) voor. Grondster is een eenjarige soort en een typische pionierssoort in heidesystemen op locaties waar tijdelijk water stagneert. De soort gaat op veel plekken achteruit doordat open plekken door stikstofdepositie sneller vermossen en vergrassen. Kruipbrem (Genista polisa), kensoort voor de associatie, is binnen dit

vegetatietype op één plek op Natuurbrug Zwaluwenberg waargenomen, zowel in 2017 als 2020. In 2020 is stekelbrem (Genista anglica), eveneens een kensoort voor de associatie, op zowel Natuurbrug Zwaluwenberg als Natuurbrug Hoorneboeg gezien. Op de westelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg is in dat jaar klein warkruid (Cuscuta epithymum) gezien. Op de noordelijke toeloop van deze natuurbrug zijn stijf havikskruid (Hieracium laevigatum) en dwergviltkruid (Logfia minima) waargenomen.

Aan de westzijde van Natuurbrug Hoorneboeg is een volgroeide vorm van dit vegetatietype aanwezig. Het betreft vegetatie die tijdens de aanlegfase van de natuurbrug is gespaard. Het type is hier relatief soortenarm. Struikhei bepaalt ook hier het beeld, samen met een aantal mossoorten, i.e. gewoon haarmos (Polytrichum commune) en heideklauwtjesmos (Hypnum jutlandicum).

Vaccinium myrtillus-type
Syntaxonomie: Dit vegetatietype wordt syntaxonomisch geplaatst in de associatie van bosbessen-dennenbos (*Vaccinio myrtili-Pinetum sylvestris*), dat behoort tot het verbond van naaldbossen (*Dicrano-Pinion*).

Voorkomen: In 2014/2015 is dit vegetatietype niet aangetroffen. In 2017 en 2020 komt dit vegetatietype alleen voor op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg, op een plek waar (naald)bos is gekapt ten behoeve van de ontwikkeling van heidevegetaties. Het oppervlak is beperkt en min of meer gelijk gebleven tussen 2017 en 2020.

Kenmerken: Blauwe bosbes (*Vaccinium myrtillus*) komt binnen dit vegetatietype vlakdekkend voor, met een ondergroei van enkele mossoorten, zoals gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*), breekblaadje (*Campylopus pyriformis*) en heideklauwtjesmos (*Hypnum jutlandicum*). Op enkele plekken is brede stekelvaren (*Dryopteris dilatata*) waargenomen.

Persicaria maculosa-type
Syntaxonomie: Dit vegetatietype wordt syntaxonomisch geplaatst in de rompgemeenschap met grote brandnetel (RG *Urtica dioica*-[*Galio-Urticetea*]). Het betreft een zeer soortenarme ruigte die vooral op voedselrijke plekken kan worden gevonden.

Voorkomen: In 2014/2015 is dit vegetatietype niet aangetroffen. In 2017 komt dit vegetatietype voor op Natuurbrug Hoorneboeg, zowel op het brugdek als op de toelopen. Het betreft hier plekken waar bosplantsoen is aangeplant. Roering van de grond heeft naar verwachting gezorgd voor een toename in de beschikbaarheid van nutriënten waardoor dit vegetatietype zich kon ontwikkelen. In 2020 is het vegetatietype verdwenen. Met de kroonsluiting van de aangeplante bomen is lichtgebrek ontstaan, waardoor dit type zich niet heeft weten te handhaven. De vegetatie is overgegaan in een bosvegetatie met ruwe berk (*Betula pendula*-type).

Kenmerken: Binnen de natuurverbinding is het vegetatietype gedomineerd door perzikkruid (*Persicaria maculosa*). Daarnaast komt melganzenvoet (*Chenopodium album*) in relatief hoge bedekking voor.

Deschampsia flexuosa-type
Syntaxonomie: De syntaxonomische plaats van dit vegetatietype komt overeen met de associatie van berken-zomereikenbos (*Betulo-Quercetum roboris*).

Voorkomen: In 2014/2015 is dit vegetatietype niet aangetroffen. In 2017 is dit vegetatietype aangetroffen in het tussengebied en op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Het is ontstaan uit de aanwezige zaadbank en uitgestrooid heidemaaisel nadat de strooisellaag op deze plekken verwijderd was. In 2020 is dit vegetatietype niet meer aanwezig in het tussengebied. Het is hier overgegaan in heidevegetatie. Op Natuurbrug Hoorneboeg is het dan op dezelfde plek en in een vergelijkbaar oppervlak aanwezig als in 2017.

Kenmerken: Het vegetatietype wordt gedomineerd door bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*). Daarnaast komt ook pijpenstrootje in relatief hoge bedekkingen voor. Verspreid zijn zomereik (*Quercus robur*), hulst (*Ilex aquifolium*) en Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*) aanwezig. Doordat er geen boomlaag van zomereik aanwezig is, is de vegetatie niet binnen het *Quercus robur*-type geclassificeerd.

Pinus sylvestris-type
Syntaxonomie: De syntaxonomische plaats van dit vegetatietype komt overeen met de associatie van korstmossen-dennenbos (*Cladonio-Pinetum sylvestris*).

Voorkomen: In 2014/2015 en 2017 is dit vegetatietype niet aangetroffen. In 2020 is het waargenomen op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. Het is hier ontstaan uit heide- en graslandvegetaties, op plekken waar opgaande (bos)begroeiing wordt nagestreefd.

Kenmerken: Grove den (*Pinus sylvestris*) is beeldbepalend (Figuur 3.8). De ondergroei bestaat vooral uit struis- en schapengrassen en struikhei.

Figuur 3.8 *Ontwikkeling van bos met grove den langs het raster op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg in 2020. © Foto: E. van der Grift.*

Betula pendula-type
Syntaxonomie: De syntaxonomische plaats van dit vegetatietype komt overeen met de associatie van berken-zomereikenbos (*Betulo-Quercetum roboris*).

Voorkomen: In 2014/2015 is dit vegetatietype niet aangetroffen. In 2017 komt dit type voor op de zuidelijke delen van de toelopen van Natuurbrug Zwaluwenberg. Dit betreft plekken waar ruwe berken (*Betula pendula*) zijn aangeplant. In 2020 heeft het vegetatietype zich hier uitgebreid tot op het brugdek, zowel aan de noord- als zuidzijde. In datzelfde jaar is het vegetatietype ook aangetroffen op Natuurbrug Hoorneboeg, zowel aan de noord- als zuidzijde van het brugdek en beide toelopen. Het is hier ontstaan op plekken waar eerder grasland met struisgras aanwezig was (*Agrostis vinealis/stolonifera*-type) of ruigte met perzikkruid (*Persicaria maculosa*-type).

Kenmerken: Ruwe berk is beeldbepalend en komt min of meer vlakdekkend voor (stakenfase). De ondergroei bestaat voornamelijk uit gewoon struisgras en gewone braam (*Rubus fruticosus*).

Salix aurita-type
Syntaxonomie: Dit vegetatietype wordt syntaxonomisch geplaatst in de associatie van geoorde wilg (*Salicetum auritae*), behorende tot het verbond van wilgenbroekstruwelen (*Salicion cinereae*). Het type groeit op locaties waar het bodemmateriaal vocht goed kan vasthouden, zoals leemhoudend zand, of op locaties waar afstromend regenwater infiltreert in de bodem.

Voorkomen: In 2014/2015 en 2017 is dit vegetatietype niet aangetroffen. In 2020 is het aangetroffen aan de voet van de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. Op deze plek is het vegetatietype ontstaan uit spontane opslag van wilgen. Middels beheermaatregelen wordt deze vegetatie regelmatig afgezet, waardoor de bedekking van jaar tot jaar varieert.

Kenmerken: Geoorde wilg is beeldbepalend. Daarnaast komen katwilg en ruwe berk voor. De ondergroei bestaat vooral uit pitrus (*Juncus effusus*).

Quercus robur-type
Syntaxonomie: De syntaxonomische plaats van dit type komt overeen met de associatie van berken-zomereikenbos (*Betulo-Quercetum roboris*).

Voorkomen: Het vegetatietype is in alle jaren aangetroffen. Het komt voor in het tussengebied, in de bosstrook tussen de spoorlijn en autosnelweg ten noorden van Natuurbrug Zwaluwenberg en aan de voet van de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft in alle gevallen opgaande begroeiingen die al aanwezig waren voor de aanleg van de natuurverbinding en gehandhaafd zijn. In 2015 is een deel van het bos in het tussengebied gekapt ten behoeve van heideontwikkeling, waardoor het oppervlak van dit vegetatietype hier enigszins is afgenomen ten opzichte van 2014.

Kenmerken: Dit type bestaat voornamelijk uit bos van zomereik met grove den en ruwe berk in lage bedekkingen. De kruidlaag bestaat vooral uit bochtige smele. Daar waar voldoende licht aanwezig is, komt de gewone braam tot dominante ontwikkeling.

Fagus sylvatica-type
Syntaxonomie: De syntaxonomische plaats van dit type komt overeen met de associatie van bochtige smele-beukenbos (*Deschampsio-Fagetum*), een associatie uit het zomereik-verbond (*Quercion roboris*).

Voorkomen: Dit vegetatietype is aangetroffen in het tussengebied, waar in het verleden een oude beukenlaan is aangelegd, en aan de voet van de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Het vegetatietype is over de jaren niet in oppervlak veranderd.

Kenmerken: Beuk (*Fagus sylvatica*) is de dominante boomsoort. Het vegetatietype kent weinig ondergroei door beschaduwing en het moeilijk afbreekbare strooisel van de beuken. Op plekken waar meer licht op de bodem valt en de strooisellaag dun is, zijn klein springzaad (*Impatiens parviflora*) en brede stekelvaren aanwezig. Op enkele plekken komt braam voor. De beukenlaan is inmiddels in de aftakelingsfase. Dit betekent dat er meer gaten in het kronendak ontstaan waardoor er meer licht op de bodem valt en andere plantensoorten zich zullen kunnen vestigen. De bomen op de toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg zijn nog niet in aftakeling.

Typha latifolia-type
Syntaxonomie: De syntaxonomische plaats van dit type komt overeen met de rompgemeenschap van grote lisdodde (RG *Typha latifolia*-[*Phragmitetea*]).

Voorkomen: Op Natuurbrug Zwaluwenberg is het vegetatietype in alle jaren aangetroffen. Het komt daar voor in de drie poelen. Op Natuurbrug Hoorneboeg is het vegetatietype alleen in 2020 waargenomen, eveneens in de daar aangelegde poelen. In 2017 zijn hier al wel (de eerste) planten van grote lisdodde aangetroffen, maar was de vegetatie nog onvoldoende ontwikkeld om het toe te wijzen aan het *Typha latifolia*-type.

Kenmerken: Het betreft een verlandingsvegetatie, soortenarm, maar met een hoge productie van biomassa. De grote lisdodde (*Typha latifolia*) is de dominante soort (Figuur 3.9). Het vegetatietype wijst op matig voedselrijke omstandigheden. De poelen op Natuurbrug Zwaluwenberg vangen het overtollige regenwater van de brug op en hiermee spoelen ook veel voedingsstoffen naar de wateren. De verwachting is dat de voedselrijkdom in de poelen zal toenemen naarmate de water- en oevervegetatie zich ontwikkelt en meer organisch materiaal produceert. Dit zal op termijn leiden tot het dichtgroeien en verlanden van de wateren, als hier geen beheer op wordt gevoerd.

Figuur 3.9 *Water- en oevervegetatie van het Typha latifolia-type in de poel op de top van Natuurbrug Zwaluwenberg in 2014. © Foto: M. Waanders.*

3.4 Conclusies

Natuurbrug Zwaluwenberg: In de periode 2014-2020 zijn door successie en beheer de eerste ontwikkelfasen van de nagestreefde vegetaties ontstaan. Kort na de aanleg bepaalden schrale graslandvegetaties het beeld, gedomineerd door pijpenstrootje dan wel verschillende soorten struisgrassen. In de loop der jaren nemen deze graslandvegetaties sterk in omvang af; grasland met pijpenstrootje verdwijnt zelfs geheel. Daarvoor in de plaats komt een heidevegetatie tot ontwikkeling, naar verwachting vooral als gevolg van een afname van nutriënten en basen waardoor zuurdere groeiplaatsen zijn ontstaan. Ook het beheer – en dan vooral het verwijderen van opslag van boom- en struweelvormers – heeft aan de vorming van de heidevegetaties bijgedragen. De heide wordt gedomineerd door struikhei, maar verspreid komt ook dophei voor. Ze is nu nog relatief jong en heeft daarom nog weinig structuur. De op deze natuurbrug gewenste, opgaande begroeiing ontwikkelt zich eveneens goed. Enerzijds uit de aanplant van onder meer ruwe berk en lijsterbes, anderzijds door spontane opslag van vooral grove den en wilg. Op veel plekken is inmiddels de stakenfase bereikt. In de poelen is een verlandingsvegetatie ontstaan die past bij de (matig) voedselrijke omstandigheden. De samenstelling van deze vegetaties zal naar verwachting niet veel veranderen, vooral omdat door afspoeling van water vanaf de natuurbrug nutriënten aangevoerd zullen blijven worden.

Tussengebied: In de periode 2014-2020 zijn hier relatief weinig veranderingen in de vegetatie opgetreden. Grote delen van de hier aanwezige opgaande begroeiing, met vooral beuk en zomereik, zijn niet in samenstelling veranderd. Door boskap is het eikenbos wel in omvang afgenomen. Hiervoor in de plaats kwam aanvankelijk een graslandvegetatie met vooral bochtige smele. In de laatste jaren heeft zich op deze plekken

een (jonge) heidevegetatie ontwikkeld. Hoewel deze nog beperkt in omvang is en ook nog nauwelijks structuur kent, is hiermee een duidelijke stap in de richting van de gewenste vegetatieontwikkeling gezet.

Natuurbrug Hoorneboeg: In de periode 2017-2020 zijn nog niet alle gewenste vegetatietypen tot ontwikkeling gekomen. Aanvankelijk bepaalden schrale graslandvegetaties met pijpenstrootje het beeld. Deze zijn geleidelijk veranderd in grasland waarin struisgrassen domineren, waarschijnlijk mede als gevolg van een reeks van (zeer) droge zomers. De ontwikkeling van heidevegetaties uit deze graslandvegetaties is echter nog niet opgetreden, hoewel struikhei zich er inmiddels wel heeft gevestigd. Goed ontwikkelde heidevegetaties zijn wel aanwezig aan de voet van de westelijke toeloop, maar hier betreft het vegetaties die al aanwezig waren voor de aanleg van de natuurbrug. De ontwikkeling van opgaande begroeiing langs de randen van de natuurbrug verloopt naar verwachting. De aangeplante bomen, vooral berken, domineren het beeld en hebben nagenoeg de stakenfase bereikt. In de poelen is een vergelijkbare verlandingsvegetatie ontstaan als die in de drie poelen op Natuurbrug Zwaluwenberg, indicatief voor (matig) voedselrijke omstandigheden.

3.5 Aanbevelingen beheer

De eerste en wellicht belangrijkste aanbeveling is om vooral het huidige beheer – bestaande uit kleinschalig maai- en begrazingsbeheer en gefaseerd schonen van de poelen – voort te zetten. Dit heeft in grote delen van de natuurverbinding immers al geleid tot de ontwikkeling van de (eerste stadia van) gewenste vegetatietypen. In andere delen, zoals op Natuurbrug Hoorneboeg, zal dit beheer naar verwachting tot vergelijkbare resultaten leiden.

Het maaien moet er vooral op gericht zijn om bosvorming tegen te gaan op plekken waar laagblijvende grasland- of dwergstruikvegetaties worden nagestreefd. Het wordt bij voorkeur uitgevoerd met de hand of met een bosmaaier (Figuur 3.10). Maaien met groot materieel wordt afgeraden, omdat dit weinig doelgericht is en leidt tot bodemverdichting, wat kan leiden tot ongewenste vegetatietypen met een homogene structuur. Ook zal bij grootschalig maaien het microreliëf verdwijnen, waardoor de variatie aan groeiplaatsen afneemt. Het maaien wordt bij voorkeur in de wintermaanden uitgevoerd, eenmaal in de twee jaar.

Figuur 3.10 *Verwijdering van spontane boomopslag met de hand door vrijwilligers (links) of met de bosmaaier (rechts) op Natuurbrug Hoorneboeg. © Foto: E. van der Grift.*

Het begrazen moet er vooral op gericht zijn om dominantie van grassoorten in heidevegetaties en vervilting van de graslanden te voorkomen, waardoor andere plantensoorten zich beter kunnen vestigen of zich kunnen handhaven. Het wordt bij voorkeur uitgevoerd door schapen, onder toezicht van een herder (Figuur 3.11). Hierdoor kan worden voorkomen dat kwetsbare vegetaties (over)begraasd worden of (bos)aanplant wordt aangevreten. Eventueel kan met behulp van een flexibel raster de begrazingsdruk worden gestuurd, bijvoorbeeld door intensiever te begrazen ('drukbegrazing') op plekken waar ongewenste vegetatie zich ontwikkelt (Smits & Noordijk, 2013). De begrazing wordt bij voorkeur tweemaal per jaar uitgevoerd, eenmaal in het voorjaar (juni) en eenmaal in het najaar (oktober/november) wanneer alle

planten zaad gezet hebben. De duur van de begrazing in de natuurverbinding is afhankelijk van de conditie van de vegetatie, maar zal doorgaans niet meer dan twee tot vijf dagen in beslag nemen.

Figuur 3.11 *De natuurverbinding is in de periode 2014-2020 enkele keren begraasd door de schaapskudde van het Goois Natuurreservaat. De aanbeveling is om dit jaarlijks tweemaal te doen om vergrassing en vervilting tegen te gaan. © Foto: E. van der Grift.*

In de toekomst kan kleinschalig plaggen een geschikte beheermaatregel zijn om meer structuur te ontwikkelen in de heidevegetatie, waarin heide van verschillende leeftijd – in de pioniers-, opbouw-, volwassen en afbraakfase – een plek heeft (Figuur 3.12; Smits & Noordijk, 2013). De plagplekken moeten kleinschalig zijn, i.e. maximaal 10 m^2 per plek, en zorgvuldig worden gekozen, om zeldzame planten niet te schaden. Deze beheermaatregel kan het gehele jaar worden uitgevoerd.

Figuur 3.12 *Een voorbeeld van een structuurrijke heide (Westerheide/Aardjesberg), streefbeeld voor de heidevegetaties die binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg worden ontwikkeld. © Foto: M. Waanders.*

Planten die thuishoren in de te ontwikkelen heidevegetaties en het heischraal grasland vestigen zich misschien niet, omdat de soorten uit de zaadbank zijn verdwenen en potentiële bronpopulaties te ver weg zijn. De aanbeveling is om dan op kansrijke plekken, zoals recent geplagde plekken of plekken waar de vegetatie de bodem (nog) niet volledig bedekt, maaisel uit te strooien uit nabijgelegen bermen of natuurgebieden met goed ontwikkelde heide of heischraal grasland, waarin de gewenste soorten voorkomen. Het gaat dan bijvoorbeeld om soorten als muizenoor (*Hieracium pilosella*), stijf havikskruid (*Hieracium laevigatum*) en tormentil (*Potentila erecta*). Op deze wijze kan ook de ontwikkeling van dophei worden gestimuleerd, mits de gewenste, enigszins vochtigere condities hiervoor aanwezig zijn.

De recent ontwikkelde bosvegetaties in de natuurverbinding, door aanplant en spontane opslag, kennen nog weinig variatie in leeftijd en structuur. De aanbeveling is om hier op zeer kleine schaal en gefaseerd in de tijd een aantal bomen te kappen, zodat de opgaande begroeiing structuurrijker wordt en er ruimte ontstaat voor een struiklaag.

Het beheer van de poelen moet zich enerzijds richten op het voorkomen van verlanding en anderzijds op het permanent aanwezig zijn van (oever)vegetaties die beschutting bieden aan fauna. De aanbeveling is dan ook om de poelen altijd gefaseerd te schonen, waarbij steeds maximaal 50% van de poel en oevers wordt gemaaid. De frequentie van schonen hangt af van de snelheid waarmee de poel dichtgroeit. Schonen wordt aanbevolen als het oppervlak open water <50% is. Het schonen wordt bij voorkeur in het najaar uitgevoerd (oktober). De aanbeveling is om hierbij niet alle poelen tegelijk te schonen. Baggeren, dus het verwijderen van de sliblaag, wordt aanbevolen als de poelen te ondiep worden en daardoor te vroeg en te vaak droogvallen in de zomer. Beschaduwing van de poelen moet worden voorkomen door jaarlijks opgaande begroeiing in een strook van minimaal 5 m rond de poel te verwijderen.

4 Gebruik van de natuurverbinding door zoogdieren

4.1 Inleiding

Verkeers- en spoorwegen 'versnipperen' leefgebieden van zoogdieren. Enerzijds doordat leefgebieden verloren gaan of aan kwaliteit verliezen door de aanleg en het gebruik van dergelijke infrastructuur, anderzijds doordat (spoor)wegen barrières kunnen vormen die vrije bewegingen van zoogdieren door het landschap bemoeilijken of zelfs onmogelijk maken. Deze barrièrewerking kan een gevolg zijn van de fysieke kenmerken van de infrastructuur, de verstoring die het verkeer met zich brengt, maar ook van de verhoogde kans op een onnatuurlijke dood als een dier toch de oversteek waagt. Het wegnemen van de barrièrewerking en het voorkomen – of op z'n minst reduceren – van sterfte van fauna door aanrijdingen is essentieel, omdat beide een effect kunnen hebben op populatiedichtheden en de overleving van dierpopulaties (Fahrig & Rytwinski, 2009; Seiler et al., 2016). Er zijn meerdere oplossingen bedacht en toegepast om aanrijdingen met fauna te voorkomen. De aanleg van faunakerende rasters is daarvan vooralsnog de succesvolste maatregel gebleken (Rytwinski et al., 2016). Rasters kunnen op zich echter ook weer tot isolatie van populaties leiden. Ze dienen dan ook altijd in combinatie met faunapassages te worden aangelegd (Van der Grift et al., 2017; OBrien et al., 2018). De faunapassages moeten daarbij wat betreft ligging, ontwerp en aantal aansluiten op de wensen van de soorten die er gebruik van moeten maken.

Natuurbruggen – ook wel ecoducten genoemd – hebben bewezen een natuurverbinding voor zoogdieren te kunnen vormen over (spoor)wegen. Meerdere studies hebben laten zien dat kleine zoogdieren, zoals muizen, spitsmuizen en woelmuizen, een natuurbrug meestal snel koloniseren zodra hier begroeiing is of er andere vormen van dekking zijn (zie bijvoorbeeld Lambrechts et al. (2017)). Middelgrote en grote zoogdieren hebben in veel gevallen ook geen moeite om een natuurbrug te vinden en te gebruiken, mits het ontwerp en de locatiekeuze van de brug op deze soorten zijn afgestemd (Smulders et al., 2021). Monitoringsstudies presenteren dan ook meestal concrete lijsten van zoogdiersoorten die op een natuurbrug zijn aangetroffen. Om het functioneren van een natuurbrug te kunnen evalueren en zo nodig te optimaliseren, is echter meer nodig. Het vraagt allereerst om een kwantificering van de passagefrequenties van de soorten en een toetsing van deze passagefrequenties aan vooraf gestelde doelen. Daarnaast vraagt het om plaatsing van het gemeten gebruik van de faunapassage in de context van de lokale situatie. Geen of weinig gebruik van een natuurbrug door een diersoort hoeft namelijk niet te betekenen dat de voorziening ongeschikt is voor die soort. Het gebruik hangt immers samen met de populatiedichtheid. Soorten die (lokaal) zeldzaam zijn, zullen meestal niet of weinig op een natuurbrug worden aangetroffen, hoewel deze qua ontwerp en ligging goed op de betreffende soort kan zijn afgestemd. Voor een zorgvuldige beoordeling van het functioneren van een natuurbrug is het dus nodig om (relatieve) populatiedichtheden te betrekken.

4.2 Doel van het onderzoek

Een eerste doel van dit onderzoek is het gebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg door zoogdieren in beeld te brengen en te toetsen of de frequentie en aard van het gebruik overeenkomt met vooraf gestelde, meetbare doelen. We richten ons daarbij primair op de doelsoorten – ree, das en boommarter (zie Paragraaf 2.5) –, maar hebben ook oog voor het gebruik van de natuurverbinding door andere middelgrote zoogdiersoorten. In het verlengde hiervan is een tweede doel om te onderzoeken of er wat betreft het gebruik van de natuurverbinding nog ruimte is voor verbetering, i.e. of er kansen zijn om het gebruik door zoogdieren te vergroten, bijvoorbeeld door aanpassingen wat betreft de inrichting en het beheer. Ten slotte moet het onderzoek meer inzicht verschaffen in de ecologische betekenis van het gebruik van de natuurverbinding en de effecten die dit gebruik naar verwachting heeft op de levensvatbaarheid van de populaties.

4.3 Onderzoeksvragen

Om deze doelen te bereiken, zijn de volgende concrete onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Maken de doelsoorten gebruik van de natuurverbinding?
2. Welke andere middelgrote zoogdiersoorten die in het gebied voorkomen, passeren de natuurverbinding en welke niet?
3. Wat is de frequentie waarin de doel- en overige soorten de natuurbruggen passeren?
4. Welke trend vertoont dit gebruik over de onderzoeksjaren?
5. Voldoet het gebruik van de natuurverbinding door de doelsoorten aan gestelde doelen wat betreft frequentie van passage, aard van gebruik en het effect op de levensvatbaarheid van de populaties?
6. Hoe verhoudt het gebruik van de natuurverbinding door de doelsoorten zich tot het gebruik van natuurbruggen elders in Het Gooi?
7. Welke aanbevelingen zijn op basis van het onderzoek te geven voor het optimaliseren van de inrichting en het beheer van de natuurverbinding voor de doelsoorten?

4.4 Toetsingskader

We formuleren hier een aantal meetbare doelen voor het gebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg door zoogdieren, waarmee het functioneren van de natuurverbinding – en met name dat van de twee natuurbruggen – op transparante wijze kan worden geëvalueerd. We volgen hierbij de richtlijnen van Van der Grift & Van der Ree (2015), die aanbevelen om doelen voor het gebruik van faunapassages te relateren aan een 'minimum verwacht gebruik'. Dit 'minimum verwacht gebruik' bepalen we hier op basis van metingen in de natuurgebieden rondom de natuurverbinding (zie Paragraaf 4.5).

We onderscheiden hier drie typen doelen: (1) primaire doelen, (2) secundaire doelen en (3) tertiaire doelen. Primaire doelen zijn gedefinieerd als doelen die gericht zijn op het realiseren van de minimaal gewenste uitwisseling tussen de gebieden aan weerszijden van de infrastructurele barrières. Secundaire doelen zijn gedefinieerd als doelen die gericht zijn op het maximaliseren van de uitwisseling. Dit zijn doelen waarin de passagefrequentie van een (doel)soort is gerelateerd aan vergelijkbare metingen in de omgeving. Deze secundaire doelen zijn indicatief voor de mate waarin de barrièrewerking van de infrastructuur is opgeheven. Tertiaire doelen zijn gedefinieerd als doelen die gericht zijn op het karakter van de uitwisseling, zoals de snelheid of tred waarmee dieren passeren of het gedrag dat ze in de natuurverbinding laten zien. De primaire doelen hebben de hoogste prioriteit. Deze hangen immers direct samen met de mate van uitwisseling die de natuurverbinding (minimaal) moet faciliteren. Aan de secundaire en tertiaire doelen kan een lagere prioriteit worden toegekend. Als de minimaal gewenste uitwisseling is behaald, is verdere maximalisatie van de uitwisseling immers minder relevant. En dat een dier de overkant haalt, is bijvoorbeeld belangrijker dan de manier waarop het dier dat doet: in stap en rustig grazend of in galop zonder te stoppen.

Primaire doelen
Een eerste en voor de hand liggende graadmeter voor de functionaliteit van een natuurverbinding is of alle doelsoorten er daadwerkelijk gebruik van maken. Daarnaast vormt ook het aantal keer dat de doelsoorten per tijdseenheid passeren een goede indicator. Om hiervoor een meetbaar doel te stellen, is het nodig om per doelsoort te bepalen welk type gebruik wordt nagestreefd (Van der Grift & Van der Ree, 2015). Globaal zijn er drie typen gebruik te onderscheiden: (1) frequent gebruik tijdens dagelijkse bewegingen binnen het leefgebied; (2) regelmatig gebruik tijdens seizoensgebonden bewegingen tussen verschillende delen van het leefgebied; (3) incidenteel gebruik tijdens verkenningstochten of dispersiebewegingen van (jonge) dieren op zoek naar een eigen territorium of nieuw leefgebied.

Voor de doelsoorten kiezen we in dit verband dan ook de volgende, primaire doelen:

- *Doel 1: Binnen vijf jaar na de realisatie van de natuurverbinding maken de doelsoorten er gebruik van.*
- *Doel 2: Reeën maken op de korte en lange termijn frequent gebruik van de natuurverbinding, gemiddeld minimaal eenmaal per dag.*
- *Doel 3: Dassen maken op de korte en lange termijn incidenteel gebruik van de natuurverbinding, gemiddeld minimaal eenmaal per maand.*

- *Doel 4: Boommarters maken op de korte termijn incidenteel gebruik van de natuurverbinding, gemiddeld minimaal eenmaal per maand. Deze soort maakt op de lange termijn frequent gebruik van de natuurbrug, gemiddeld minimaal eenmaal per week.*

Korte termijn is hier gedefinieerd als <5 jaar en lange termijn is >15 jaar na de aanleg van de natuurverbinding. Dit onderzoek heeft tot zeven jaar na openstelling van Natuurbrug Zwaluwenberg en tot vijf jaar na openstelling van Natuurbrug Hoorneboeg – en daarmee de voltooiing van de natuurverbinding – plaatsgevonden, dus hier richten we ons uitsluitend op de gestelde doelen voor de korte termijn.

Reeën komen al lange tijd in de gebieden aan weerszijden van de natuurverbinding voor. Hier is dan ook sprake van een stabiele, gevestigde populatie. De natuurverbinding moet deze doelsoort in staat stellen om binnen zijn leefgebied voedsel, water, slaapplekken en partners te bereiken en daarnaast om dispersiebewegingen van (jonge) dieren te faciliteren. Dit betekent dat het doel is dat deze soort min of meer dagelijks passeert.

Dassen waren veertig jaar geleden bijna uitgestorven in het gebied, maar laten sinds 1995 een gestage groei in zowel de populatiegrootte als hun verspreidingsgebied zien (Vink et al., 2008; Vink & Schröder, 2022a; 2022b). Aanvankelijk waren er alleen nog een aantal dassenfamilies aan de westzijde van de A27 in natuurgebied Einde Gooi. Inmiddels zit de soort aan weerszijden van de snelweg en zijn er min of meer aansluitende territoria tussen de bebouwing van Utrecht en die van Hilversum (Mulder, 2016). Op basis van zenderonderzoek is in de periode 2012-2015 de ligging van tien verschillende dassenterritoria rond Natuurverbinding Zwaluwenberg bepaald (Mulder, 2016). De A27 bleek voor de dassen een territoriumgrens. Geen van de gezenderde dassen had zijn/haar territorium deels aan de west- en deels aan de oostzijde van de snelweg. Incidenteel maakten de dieren wel 'uitstapjes' naar de andere kant van de snelweg – via Natuurbrug Zwaluwenberg of via een dassentunnel –, maar die waren vaak kort en leidden niet tot aanpassing van de territoriumgrens (Mulder, 2016). De natuurverbinding moet deze doelsoort dus vooral in staat stellen om nieuwe leefgebieden en partners te bereiken en daarmee voor genetische uitwisseling te zorgen tussen de (deel)populaties aan weerszijden van de infrastructuur.

In de centrale bosgebieden van de Heuvelrug is al vele decennia een permanente populatie aanwezig van de boommarter (Broekhuizen et al., 2016). In Het Gooi was de soort in de jaren negentig van de vorige eeuw vooral bekend van het Cronebos, gelegen aan de oostzijde van de A27 (Wijsman et al., 2014). Daarnaast werd de soort regelmatig gemeld als verkeersslachtoffer, onder meer op genoemde snelweg en op de N417 (Van der Grift & Wegman, 2010). Waarnemingen aan de westzijde van de A27 waren er toen wel, maar deze waren beperkt in aantal. Na de eeuwwisseling zijn boommarters vaker waargenomen, ook als verkeersslachtoffer, in het Vechtplassengebied. Vanaf 2010 is hier frequent voortplanting vastgesteld (Wijsman et al., 2014). Het aantal waarnemingen in de bos- en heidegebieden van Einde Gooi, Zwarte Berg en Hoorneboegse Heide bleef echter beperkt. Nestbomen in deze gebieden waren in 2012 niet bekend. Kort voor de aanleg van Natuurverbinding Zwaluwenberg leek er dus nog geen sprake te zijn van een permanente populatie boommarters in deze gebieden ten westen van de A27. Bewegingen via de natuurverbinding moeten boommarters dus allereerst in staat stellen om veilige dispersie van (jonge) dieren en kolonisatie van nieuwe leefgebieden te faciliteren en de ontwikkeling van een stabiele populatie ten westen van de natuurverbinding te bevorderen. Op langere termijn is gebruik van de natuurverbinding tijdens dagelijkse (foerageer)bewegingen in het leefgebied het doel.

Secundaire doelen

Het aantal passages per tijdseenheid van een soort in de natuurverbinding geeft geen inzicht in de mate waarin 'het potentieel' van de natuurverbinding wordt benut. Een dergelijk inzicht is echter wel relevant, vooral wanneer blijkt dat de gestelde doelen wat betreft passagefrequentie (nog) niet worden gehaald. Het is dan immers van belang om vast te stellen of de lage passagefrequenties een gevolg zijn van het ontwerp of de inrichting van de natuurverbinding of dat andere factoren een rol spelen, zoals lage populatiedichtheden. Daarnaast is het van belang om te toetsen of de waargenomen passagefrequenties voldoende zijn om de levensvatbaarheid van de populaties aan weerszijden van de infrastructuur op de lange termijn te waarborgen.

Voor de doelsoorten kiezen we in dit verband dan ook de volgende, secundaire doelen:

- *Doel 5: De passagefrequentie van een doelsoort in de natuurverbinding is minimaal gelijk aan de gemiddelde passagefrequentie van deze soort op referentieplekken binnen voor de soort geschikte biotopen.*
- *Doel 6: De passagefrequentie van een doelsoort in de natuurverbinding is voldoende hoog om de levensvatbaarheid van de populaties op de lange termijn te waarborgen.*

Met het vijfde doel wordt het aantal passages in de natuurverbinding afgezet tegen het gemiddelde aantal passages op 'referentieplekken' binnen voor de doelsoort geschikte biotopen in de omgeving. Is de passagefrequentie van de doelsoort in de natuurverbinding gelijk aan die in de omgeving, dan nemen we aan dat de habitatkwaliteit van de natuurverbinding vergelijkbaar is met die in de omliggende, geschikte biotopen. Is de passagefrequentie in de natuurverbinding hoger dan die in de omgeving, dan indiceert dit dat de dieren de natuurverbinding actief dan wel passief (geleiding) opzoeken (zie ook Andis et al., 2017). We spreken dan van 'stuwing' (zie ook Paragraaf 4.5.4.5). Is de passagefrequentie in de natuurverbinding lager dan die in de omgeving, dan indiceert dit dat de dieren de natuurverbinding vermijden. In geval van vermijding kan er sprake zijn van een belemmering in de natuurverbinding. Deze kan van tijdelijke aard zijn, bijvoorbeeld als de soort een bepaalde vegetatieontwikkeling vereist, maar ook van structurele aard, bijvoorbeeld als de dimensies van de natuurverbinding en de inrichting onvoldoende aansluiten op de eisen die de soort hieraan stelt.

Het gebruik van de natuurverbinding door de doelsoorten moet ervoor zorgen dat dieren regelmatig uitwisselen tussen de populaties aan weerszijden van de infrastructuur. Deze uitwisseling moet dusdanig frequent zijn dat de twee populaties feitelijk één populatie gaan vormen. Dieren die uitwisselen, mengen zich daarbij in de populatie aan de overkant en nemen hier deel aan de voortplanting. De gewenste passagefrequentie om levensvatbare populaties te waarborgen, hangt af van de grootte van de populaties aan weerszijden. Hoe kleiner de populaties zijn, hoe meer uitwisseling nodig is. Daarnaast is er voor levensvatbaarheid een minimale omvang van de totale populatie nodig; als dit minimum niet wordt behaald, zijn aanvullende maatregelen gewenst. Toetsing aan dit doel geeft dus inzicht in wat de natuurverbinding betekent op het niveau van de populatie.

Tertiaire doelen

Gedurende een jaar laten zoogdieren meestal duidelijke verschillen in activiteit zien. Bijvoorbeeld tijdens perioden dat er een territorium gevestigd moet worden, in de voortplantingstijd of tijdens de winter. De activiteit in de natuurverbinding komt bij voorkeur overeen met die in de omgeving. De verdeling van passages over de maanden en seizoenen is dan ook een goede indicator om het functioneren van de natuurbrug te toetsen. Datzelfde geldt voor het tijdstip van passeren binnen het etmaal en de mate waarin de natuurbrug bij daglicht wordt gebruikt.

De geslachtsverhouding en leeftijdsverdeling in de natuurverbinding zijn bij voorkeur een afspiegeling van die in de omgeving. Dit betekent immers dat alle dieren, ongeacht geslacht of leeftijd, de natuurverbinding hebben geaccepteerd en gebruiken. Een afwijkende geslachtsverhouding of leeftijdsverdeling kan indiceren dat de natuurverbinding voor een deel van de populatie niet optimaal functioneert.

De manier waarop dieren de natuurverbinding passeren, verschaft ook meer inzicht in de functionaliteit van de voorziening. Te denken valt aan de snelheid van passeren, dus de loopwijze of tred, en het gedrag dat de dieren vertonen tijdens het passeren. Idealiter zijn er geen verschillen met dieren die zich door het omliggende leefgebied bewegen. Dit zou immers betekenen dat de natuurverbinding op dezelfde manier wordt 'ervaren' en gebruikt als een willekeurige plek in het leefgebied. Afwijkingen ten opzichte van de omgeving kunnen erop duiden dat de dieren een zekere barrièrewerking ervaren of juist aangetrokken worden om de natuurverbinding te gebruiken.

Voor de doelsoorten kiezen we in dit verband dan ook de volgende, tertiaire doelen:

- *Doel 7: De procentuele verdeling van het aantal passages op de natuurbruggen over het jaar komt overeen met die op referentieplekken binnen voor de doelsoort geschikte biotopen.*
- *Doel 8: De procentuele verdeling van het aantal passages op de natuurbruggen over het etmaal komt overeen met die op referentieplekken binnen voor de doelsoort geschikte biotopen.*

- *Doel 9: Het gemiddelde tijdstip waarop een doelsoort de natuurbruggen passeert, komt overeen met het gemiddelde tijdstip van passeren op referentieplekken binnen voor de soort geschikte biotopen.*
- *Doel 10: De procentuele verdeling van het aantal passages over de lichttoestanden licht/schemer/donker op de natuurbruggen komt overeen met die op referentieplekken binnen voor de doelsoort geschikte biotopen.*
- *Doel 11: De geslachtsverhouding van een doelsoort op de natuurbruggen komt overeen met de gemiddelde geslachtsverhouding op referentieplekken binnen voor de soort geschikte biotopen.*
- *Doel 12: De leeftijdsverdeling van een soort op de natuurbruggen komt overeen met de gemiddelde leeftijdsverdeling op referentieplekken binnen voor de soort geschikte biotopen.*
- *Doel 13: De manier van lopen waarmee een doelsoort de natuurbruggen passeert, komt overeen met de loopwijze op referentieplekken binnen voor de soort geschikte biotopen.*
- *Doel 14: Het gedrag dat de doelsoort op de natuurbruggen vertoont, komt overeen met het gedrag op referentieplekken binnen voor de soort geschikte biotopen.*

Bovenstaand toetsingskader – bestaande uit een set van veertien concrete, toetsbare doelen – gebruiken we hier dus om de functionaliteit van de natuurverbinding te evalueren (zie onderzoeksvraag 6). Het toetsingskader maakt het daarmee mogelijk om op basis van alle verzamelde gegevens conclusies te trekken over het succes van de natuurverbinding. Het maakt expliciet welke doelen gehaald zijn en welke (nog) niet (zie ook Van der Grift & Van der Ree, 2015).

4.5 Methoden

4.5.1 Studieopzet

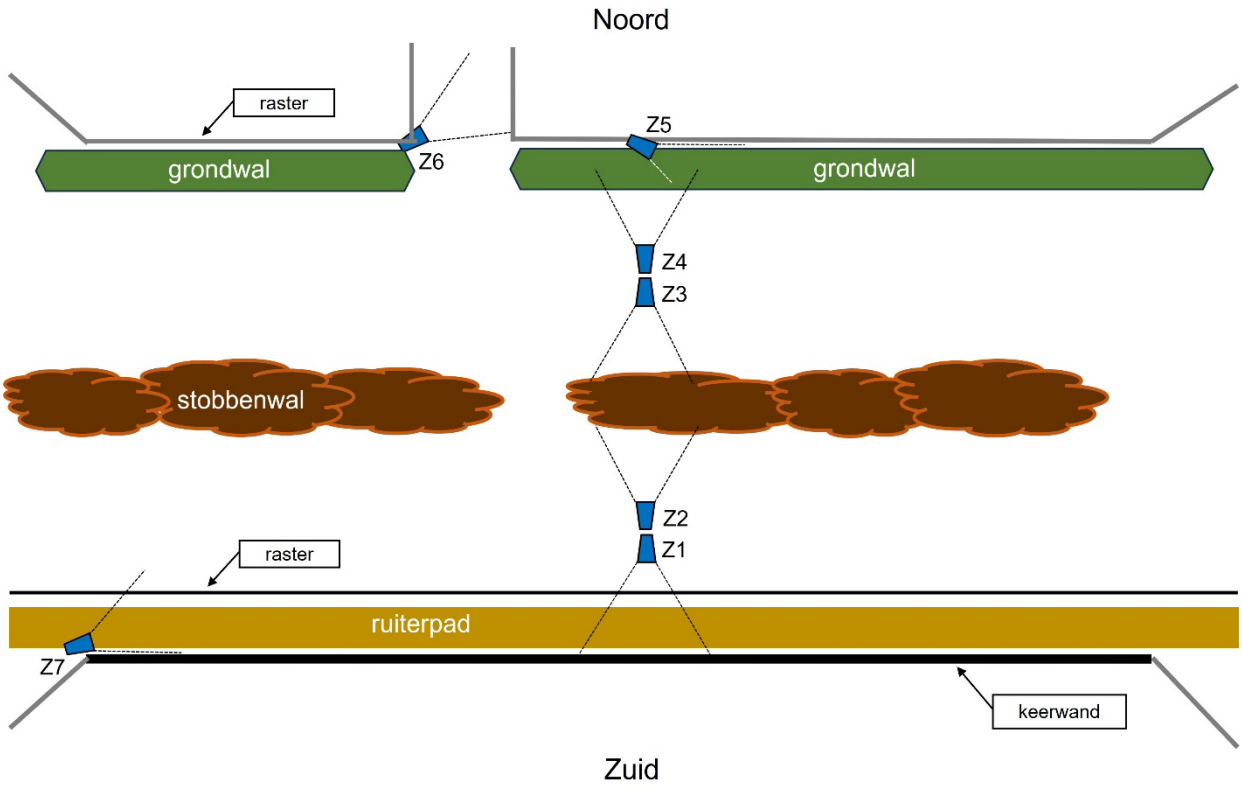
Het gebruik van de natuurverbinding door zoogdieren is onderzocht over een tijdsperiode van zeven jaar: 2014-2020. Dit betekent dat het onderzoek kort na de opening (in het najaar van 2013) van Natuurbrug Zwaluwenberg is gestart en is voortgezet tot vijf jaar na de opening (vroeg in 2016) van Natuurbrug Hoorneboeg.

Het gebruik van de natuurverbinding door zoogdieren is onderzocht met behulp van cameravallen. Deze cameravallen zijn op beide natuurbruggen geïnstalleerd, maar niet in het tussengebied. Tegelijkertijd zijn vergelijkbare metingen met cameravallen gedaan op willekeurig gekozen referentieplekken in de natuurgebieden rondom de natuurverbinding. Deze aanpak maakt het mogelijk om de metingen in de natuurverbinding te vergelijken met die in de omgeving en daarmee de vraag te beantwoorden of aan de gestelde doelen (zie Paragraaf 4.4) voor het gebruik van de natuurverbinding door zoogdieren is voldaan. Deze opzet biedt ook de kans om het functioneren van de natuurverbinding voor een doelsoort in een standaard indexwaarde uit te drukken, waardoor metingen op verschillende plekken beter met elkaar kunnen worden vergeleken (Van der Grift & Van der Ree, 2015).

4.5.2 Verzamelen gegevens

4.5.2.1 Natuurbrug Zwaluwenberg

Het gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg is onderzocht met behulp van zeven cameravallen (Figuur 4.1). Vier camera's (Z1-Z4) zijn op een rij op het ecoduct over de A27 geplaatst, min of meer in het midden van de natuurbrug. Deze camera's zijn alle aan een in beton verankerde paal op een hoogte van circa 0,5 m geïnstalleerd (Figuur 4.2). De camera's Z5 en Z6 zijn aan rasterpalen bevestigd, eveneens op een hoogte van circa 0,5 m. De camera's Z1-Z6 zijn alle zijwaarts gericht in een hoek van 0 graden, dus parallel aan het maaiveld. Camera Z7 is in een paal op een hoogte van circa 2,2 m geïnstalleerd. Deze camera is enigszins schuin naar beneden gericht in een hoek van 40 graden. De vegetatie in het zichtveld van de camera's is regelmatig gemaaid om voldoende zicht op passerende dieren te waarborgen. De camera's waren alle van het type Reconyx HyperFire PC900. Deze infraroodcamera met bewegings- en warmtesensor heeft een reactietijd van 0,2 sec, een maximaal detectiebereik van 30 m en een flitsbereik (infrarood) van 20 m.



Figuur 4.1 *Schematische weergave van de opstelling van de cameravallen op Natuurbrug Zwaluwenberg.*

Figuur 4.2 *Cameraval Z1 en Z2 (linksboven), Z5 (rechtsboven) en Z6 (linksonder) op Natuurbrug Zwaluwenberg. Alle camera's zijn van een sticker voorzien (rechtsonder) die voorbijgangers verzoekt om de camera niet te verstoren en verwijzen naar het onderzoek. © Foto's: E.A. van der Grift.*

Camera Z1 was op het zuiden gericht en had een zichtveld van 7,5 m tot aan de keerwand (Figuur 4.3). Camera Z2 was op het noorden gericht en had een zichtveld van 7,5 m tot aan de stobbenwal. Camera Z3 was op het zuiden gericht en had een zichtveld van 9 m tot aan de stobbenwal. Camera Z4 was op het noorden gericht en had een zichtveld van 9,5 m tot aan de grondwal. Camera Z5 was aan de noordzijde van de grondwal geïnstalleerd en had een zichtveld van circa 1 m. Camera Z6 was bij de noordelijke toeloop geplaatst. Het zichtveld van deze camera was circa 10 m noordoostwaarts. Camera Z7 was aan de westzijde van het ruiterpad geplaatst. Het zichtveld van deze camera was circa 10 m oostwaarts.

De monitoring van Natuurbrug Zwaluwenberg omvatte drie meetjaren, waarbij ieder meetjaar de duur van twaalf maanden had (Tabel 4.1). De cameravallen waren in principe 24/7 actief. Door diefstal/vandalisme van een deel van de camera's – zowel in augustus 2014 als in september 2020 – en door enkele technische storingen hebben de camera's echter niet altijd alle 365 dagen van de meetjaren gewerkt. Na diefstal of vernieling kostte het immers enige tijd om de camera's opnieuw te installeren en de beveiliging te verbeteren. De tabellen 4.2, 4.3 en 4.4 geven per meetjaar een overzicht van het aantal dagen dat iedere camera op de Natuurbrug Zwaluwenberg operationeel was.

Tabel 4.1 *De meetjaren waarin het gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg door zoogdieren is gemonitord.*

Meetjaar	Duur (maanden)	Datum start	Datum eind
2014-2015	12	1 maart 2014	28 februari 2015
2017-2018	12	1 mei 2017	30 april 2018
2020	12	1 januari 2020	31 december 2020

Na de diefstal van de camera's in augustus 2014 is een afweging gemaakt welke camera's onmisbaar zijn om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden en welke niet. Deze afweging resulteerde in het niet opnieuw installeren van camera Z5, Z6 en Z7. Camera Z5 was zes maanden operationeel geweest tot het moment van de diefstal. In deze maanden zijn bijna uitsluitend bosmuizen geregistreerd. Eenmaal is een vos gepasseerd. De doelsoorten zijn door deze camera niet waargenomen. Ook blijkt uit de passage van slechts één vos in een periode van een halfjaar dat deze smalle zone aan de noordkant van de grondwal nauwelijks door (overige) middelgrote zoogdieren wordt gebruikt. Het niet terugplaatsen van camera Z5 zou dus weinig tot geen effect hebben op schattingen van passagefrequenties van middelgrote zoogdieren. Camera Z6 was bedoeld om het gebruik van de noordelijke toeloop te monitoren. Deze toeloop sluit aan op de bosstrook die tussen de snelweg en de spoorlijn ligt, die circa 1,5 km naar het noorden aansluit op de Laapersheide. Voor de doelsoort ree kon het gebruik van deze toeloop echter niet leiden tot uitwisseling met de populatie op de Laapersheide e.o. vanwege een faunakerend raster circa 400 m ten noorden van de natuurbrug. Reeën konden in principe overigens wel vanuit de Laapersheide naar de natuurbrug bewegen, omdat er in genoemd raster een insprong is aangelegd. Deze insprong werd echter niet door reeën gebruikt (zie kader *To jump or not to jump?*). Camera Z6 monitorde wat reeën betreft dus alleen de mate waarin zij de bosstrook tot aan het raster bezochten. Voor de doelsoorten das en boommarter was genoemd faunakerend raster geen belemmering. Voor de das niet, omdat er in het raster een dassenpoort zat die permanent was opengezet. Voor de boommarter niet, omdat deze over het raster heen kan klimmen. Camera Z6 monitorde voor deze doelsoorten dus wel de eventuele bewegingen van en naar de Laapersheide, maar niet de – belangrijker geachte – bewegingen tussen de uitgestrekte leefgebieden oost en west van de infrastructurele barrières. Camera Z7 monitorde het gebruik van het ruiterpad door mens en dier. Deze camera deed daarmee hetzelfde als camera Z1 en was bedoeld om de registraties van laatstgenoemde camera te ijken. Op het moment van diefstal had deze camera inmiddels zes maanden gewerkt, wat voldoende werd geacht om de ijking uit te kunnen voeren (zie ook Hoofdstuk 5).

Na de diefstal en vernieling van de camera's in september 2020 zijn niet opnieuw camera's aan de palen geïnstalleerd. De kans was immers groot dat deze opnieuw zouden verdwijnen of worden vernield. In plaats daarvan zijn vier nieuwe camera's verdekt in de vegetatie en stobbenwallen opgehangen. Deze camera's monitorden opnieuw de natuurbrug over nagenoeg de hele breedte, tussen keerwand en grondwal. Deze gecamoufleerde camera's zijn niet ontdekt en dus operationeel geweest tot het einde van meetjaar 2020.

Camera Z1

Camera Z2

Camera Z3

Camera Z4

Camera Z5

Camera Z6

Camera Z7

Figuur 4.3 *Zichtvelden van de cameravallen Z1-Z7 op Natuurbrug Zwaluwenberg.*
© Foto's: E.A. van der Grift.

Tabel 4.2 *Het aantal volledige dagen dat de cameravallen op Natuurbrug Zwaluwenberg operationeel zijn geweest in meetjaar 2014-2015. Max NZ = het aantal dagen dat een volledige meting is uitgevoerd in de natuurzone.*

	2014										2015		
Camera	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**J**	**F**	**Totaal**
Z1	31	30	31	30	31	26	4	31	30	31	31	28	334
Z2	31	30	31	30	31	26	4	31	30	31	31	28	334
Z3	31	30	31	30	31	26	4	31	30	31	31	28	334
Z4	31	30	31	30	31	26	4	31	30	31	31	28	334
Z5	31	30	31	30	31	31	-	-	-	-	-	-	184
Z6	30	2	31	17	31	31	-	-	-	-	-	-	142
Z7	19	30	31	30	31	26	-	-	-	-	-	-	167
Max NZ*	31	30	31	30	31	26	4	31	30	31	31	28	334

* Camera Z5 is hier niet betrokken bij de bepaling van het aantal dagen dat een volledige meting in de natuurzone is uitgevoerd, omdat met deze camera nauwelijks passages van dieren zijn geregistreerd. Camera Z6 en Z7 zijn niet betrokken, omdat deze niet complementair waren aan de registraties door camera's Z1-Z4.

Tabel 4.3 *Het aantal volledige dagen dat de cameravallen op Natuurbrug Zwaluwenberg operationeel zijn geweest in meetjaar 2017-2018. Max NZ = het aantal dagen dat een volledige meting is uitgevoerd in de natuurzone.*

	2017								2018				
Camera	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**J**	**F**	**M**	**A**	**Totaal**
Z1	31	15	0	17	30	31	30	31	31	28	31	30	305
Z2	31	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	365
Z3	31	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	365
Z4	31	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	365
Max NZ	31	15	0	17	30	31	30	31	31	28	31	30	305

Tabel 4.4 *Het aantal volledige dagen dat de cameravallen op Natuurbrug Zwaluwenberg operationeel zijn geweest in meetjaar 2020. Max NZ = het aantal dagen dat een volledige meting is uitgevoerd in de natuurzone.*

	2020												
Camera	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**Totaal**
Z1	31	29	31	30	31	30	31	31	2	24	30	31	331
Z2	31	29	31	30	31	30	31	31	2	24	30	31	331
Z3	31	29	31	30	31	30	31	31	2	24	30	31	331
Z4	31	29	31	30	31	30	31	31	2	24	30	31	331
Max NZ	31	29	31	30	31	30	31	31	2	24	30	31	331

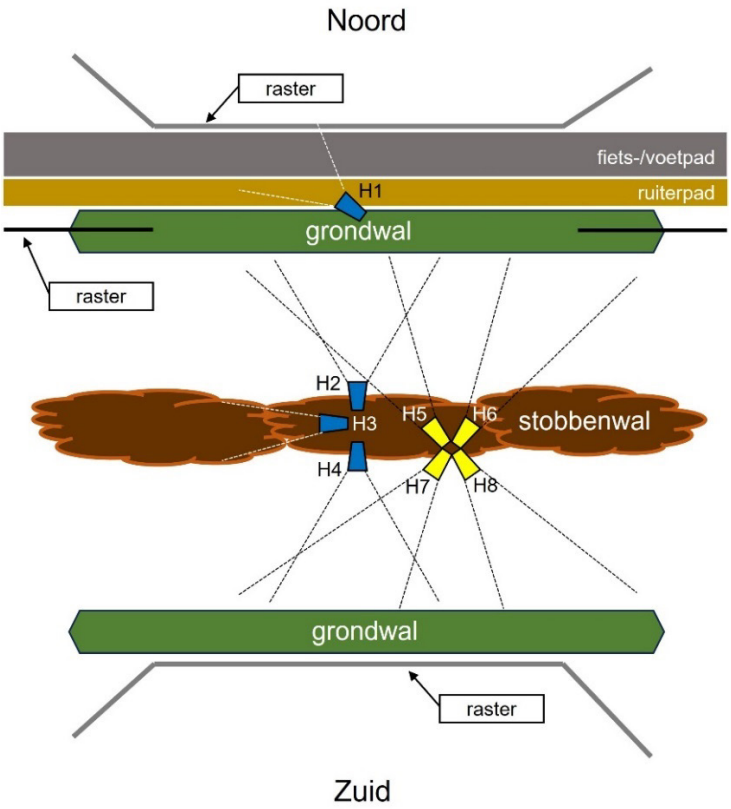
To jump or not to jump?

De drie insprongen rond Natuurbrug Zwaluwenberg zijn bedoeld om reeën in staat stellen om de berm van de snelweg of spoorweg te verlaten, ingeval zij daar toch op een of andere wijze terecht zijn gekomen. De insprong in het raster aan de noordzijde van de noordelijke toeloop is 125 dagen gemonitord (29 april-31 augustus 2014) met behulp van een cameraval. Het doel was om te onderzoeken of de insprong daadwerkelijk door reeën wordt gebruikt. Vanaf 25 mei tot 1 juni hebben enkele reeën de insprong frequent bezocht, tientallen keren per dag, zowel overdag als 's nachts. Meestal bewogen ze zich heen en weer langs het hek (foto links). Veertienmaal werd een ree boven op de insprong geregistreerd (foto rechts). Niet eenmaal is waargenomen dat een ree de sprong waagde.

Na 1 juni verdwenen de dieren en zijn deze ook niet meer bij de insprong gesignaleerd. De houten keerwand van de insprong is 1,4 m hoog. Het maaiveld aan de voet van de keerwand is echter wat weggespoeld, waardoor de effectieve afsprong circa 2 m is. Naar verwachting ervaren de dieren dit als te diep en wagen ze de sprong niet. De aanbeveling is om door het aanbrengen van grond het maaiveld te herstellen, zodat de afsprong weer gelijk is aan de hoogte van de keerwand (zie ook Huijser & Getty, 2022). Een tweede aanbeveling is om ook in het raster aan de noordzijde van de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg twee insprongen aan te leggen. Hierdoor kunnen reeën vanuit het noordelijk van genoemde toeloop gelegen particuliere landgoed de natuurverbinding bereiken, waardoor de kans afneemt dat ze hier de N417 oversteken.

4.5.2.2 Natuurbrug Hoorneboeg

Het gebruik van Natuurbrug Hoorneboeg is onderzocht met behulp van acht cameravallen (Figuur 4.4). Eén camera (H1) is naast het fiets-/voetpad en ruiterpad geplaatst. Drie camera's (H2, H3 en H4) zijn op een rij in de natuurzone midden op het ecoduct geplaatst. Deze camera's zijn alle aan een in beton verankerde paal op een hoogte van circa 0,5 m (H1, H2 en H4) of 1,1 m (H3) geïnstalleerd (Figuur 4.5). De camera's zijn alle zijwaarts gericht in een hoek van 0 graden, dus parallel aan het maaiveld. In het laatste meetjaar zijn er vier camera's bijgeplaatst (H5-H8). Deze zijn in een paal op een hoogte van circa 4 m geïnstalleerd (Figuur 4.6). Twee van deze camera's zijn gericht op het noordelijke deel van de natuurzone op de natuurbrug, de andere twee op het zuidelijke deel. Deze camera's zijn alle schuin naar beneden gericht in een hoek van 60 graden. De vegetatie in het zichtveld van de camera's is regelmatig gemaaid om voldoende zicht op passerende dieren te waarborgen. Camera H1, H2, H3 en H4 waren alle van het type Reconyx HyperFire PC900. Dit type infraroodcamera met bewegings- en warmtesensor heeft een reactietijd van 0,2 sec, maximaal detectiebereik van 30 m en een flitsbereik (infrarood) van 20 m. Camera H5, H6, H7 en H8 waren alle van het type Reconyx MicroFire MR5. Dit type infraroodcamera met bewegings- en warmtesensor heeft een reactietijd van 0,1 sec, een maximaal detectiebereik van 12 m en een flitsbereik (infrarood) van 15 m.



Figuur 4.4 *Schematische weergave van de opstelling van de cameravallen op Natuurbrug Hoorneboeg.*

Figuur 4.5 *Cameraval H2 en H3 (links en rechtsboven) en H4 (rechtsonder) die midden op Natuurbrug Hoorneboeg zijn geplaatst. © Foto's: E.A. van der Grift.*

Figuur 4.6 *Cameraval H5, H6, H7 en H8 op Natuurbrug Hoorneboeg in 2020.*
© Foto's: E.A. van der Grift.

Camera H1 was op het noordwesten gericht en had een zichtveld van 7 m tot aan de rand van het brugdek (Figuur 4.7). Hiermee bestreek deze camera beide paden. Camera H2 was op het noorden gericht en had een zichtveld van 9 m tot aan de grondwal. Camera H3 was op het westen gericht en had een zichtveld van circa 10 m. Deze camera had als doel om passages van fauna via de boomstammen-/stobbenwal te registreren. Camera H4 was op het zuiden gericht en had een zichtveld van 9 m tot aan de grondwal. De camera's H5 en H6 waren respectievelijk op het noordwesten en noordoosten gericht en hadden een zichtveld van circa 15 m. De camera's H7 en H8 waren respectievelijk op het zuidwesten en zuidoosten gericht en hadden een zichtveld van circa 15 m.

De monitoring van Natuurbrug Hoorneboeg omvatte drie meetjaren, waarbij ieder meetjaar de duur van twaalf maanden had (Tabel 4.5). De cameravallen waren in principe 24/7 actief. Door diefstal/vandalisme van een deel van de camera's – zowel in april 2016, oktober 2016 als in mei 2017 – is het aantal meetdagen in de eerste twee meetjaren echter zeer beperkt geweest. In 2016-2017 hebben de camera's in de natuurzone 65 dagen een volledige meting uitgevoerd, i.e. dat alle camera's gelijktijdig hebben gewerkt. In 2017-2018 is slechts 21 dagen een volledige meting uitgevoerd. Laten we camera H3 buiten beschouwing – omdat deze camera weinig registreerde wat niet al door H2 en H4 was geregistreerd –, dan zijn er in dit meetjaar 36 volledige meetdagen. In 2020 is wel een volledig jaar gemonitord (366 dagen). Tabel 4.6, 4.7 en 4.8 geven per meetjaar een overzicht van het aantal dagen dat iedere camera op de natuurbrug operationeel was.

Tabel 4.5 *De meetjaren waarin het gebruik van Natuurbrug Hoorneboeg door zoogdieren is gemonitord.*

Meetjaar	Duur (maanden)	Datum start	Datum eind
2016-2017	12	1 april 2016	31 maart 2017
2017-2018	12	1 april 2017	31 maart 2018
2020	12	1 januari 2020	31 december 2020

Na de diefstal en vernieling van de camera's in 2016 en 2017 is besloten om camera H1 en H3 niet meer te plaatsen in meetjaar 2020. Fauna werd door camera H1 slechts incidenteel geregistreerd. Camera H1 was primair bedoeld voor de monitoring van het gebruik van het fiets-/voetpad en ruiterpad door mensen. In 2020 zijn voor dit doel twee nieuwe camera's in een hoge paal op de oostelijke toeloop geplaatst (zie Hoofdstuk 5). Camera H3 registreerde in de eerste twee meetjaren maar weinig dieren en de meeste van deze registraties (65-100%, afhankelijk van de soort) betroffen dubbeltellingen van registraties die met camera H2 of H4 waren gedaan. Het bijplaatsen van vier extra camera's (H5-H8) in 2020 had als doel de kans op diefstal te verkleinen – door plaatsing in een hoge paal – en tevens om een 'back-up' te hebben ingeval de camera's H2 en H4 opnieuw zouden verdwijnen. Hierdoor was er sprake van een 'dubbele opstelling', aangezien beide sets van camera's de gehele natuurzone tussen de grondwallen monitorden. De laag bij de grond geplaatste camera's H2-H4 resulteerden in meer registraties en in betere beelden. Daarom zijn de registraties door deze camera's als basis genomen voor de analyses en zijn de registraties van de hooggeplaatste camera's H5-H8 slechts gebruikt toen camera H2 en H4 nog niet waren geïnstalleerd (1-22 januari 2020) en toen camera H4 niet werkte door een technische storing (7 april-18 mei 2020). De camera's H5-H8 hebben het hele jaar gewerkt, maar in Tabel 4.8 zijn voor deze camera's alleen de meetdagen opgenomen die in de analyses zijn betrokken.

Tabel 4.6 *Het aantal volledige dagen dat de cameravallen op Natuurbrug Hoorneboeg operationeel zijn geweest in meetjaar 2016-2017. Max NZ = het aantal dagen dat een volledige meting is uitgevoerd in de natuurzone.*

	2016									2017			
Camera	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**J**	**F**	**M**	**Totaal**
H1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
H2	25	0	0	0	0	10	30	0	0	0	0	0	65
H3	25	0	0	0	0	10	30	0	0	0	0	0	65
H4	25	0	0	0	0	10	30	0	0	0	0	0	65
Max NZ	25	0	0	0	0	10	30	0	0	0	0	0	65

Tabel 4.7 *Het aantal volledige dagen dat de cameravallen op Natuurbrug Hoorneboeg operationeel zijn geweest in meetjaar 2017-2018. Max NZ = het aantal dagen dat een volledige meting is uitgevoerd in de natuurzone.*

	2017								2018				
Camera	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**J**	**F**	**M**	**A**	**Totaal**
H1	10	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
H2	17	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
H3	17	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
H4	17	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
Max NZ*	17	19*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36

* Camera H3 is hier niet betrokken bij de bepaling van het aantal dagen dat een volledige meting in de natuurzone is uitgevoerd, omdat met deze camera weinig passages van dieren zijn geregistreerd die niet ook door camera H2 of H4 zijn geregistreerd.

Tabel 4.8 *Het aantal volledige dagen dat de cameravallen op Natuurbrug Hoorneboeg operationeel zijn geweest in meetjaar 2020. Voor camera H5-H8 zijn alleen de meetdagen opgenomen die in de analyses zijn betrokken ter compensatie van dagen dat camera H2 en/of H4 niet operationeel is/zijn geweest. Max NZ = het aantal dagen dat een volledige meting is uitgevoerd in de natuurzone.*

	2020												
Camera	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**Totaal**
H2	9	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	344
H4	9	29	31	6	12	30	31	31	30	31	30	31	301
H5	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
H6	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
H7	22	0	0	24	19	0	0	0	0	0	0	0	65
H8	22	0	0	24	19	0	0	0	0	0	0	0	65
Max NZ	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	366

Camera H1

Camera H2

Camera H3

Camera H4

Camera H5

Camera H6

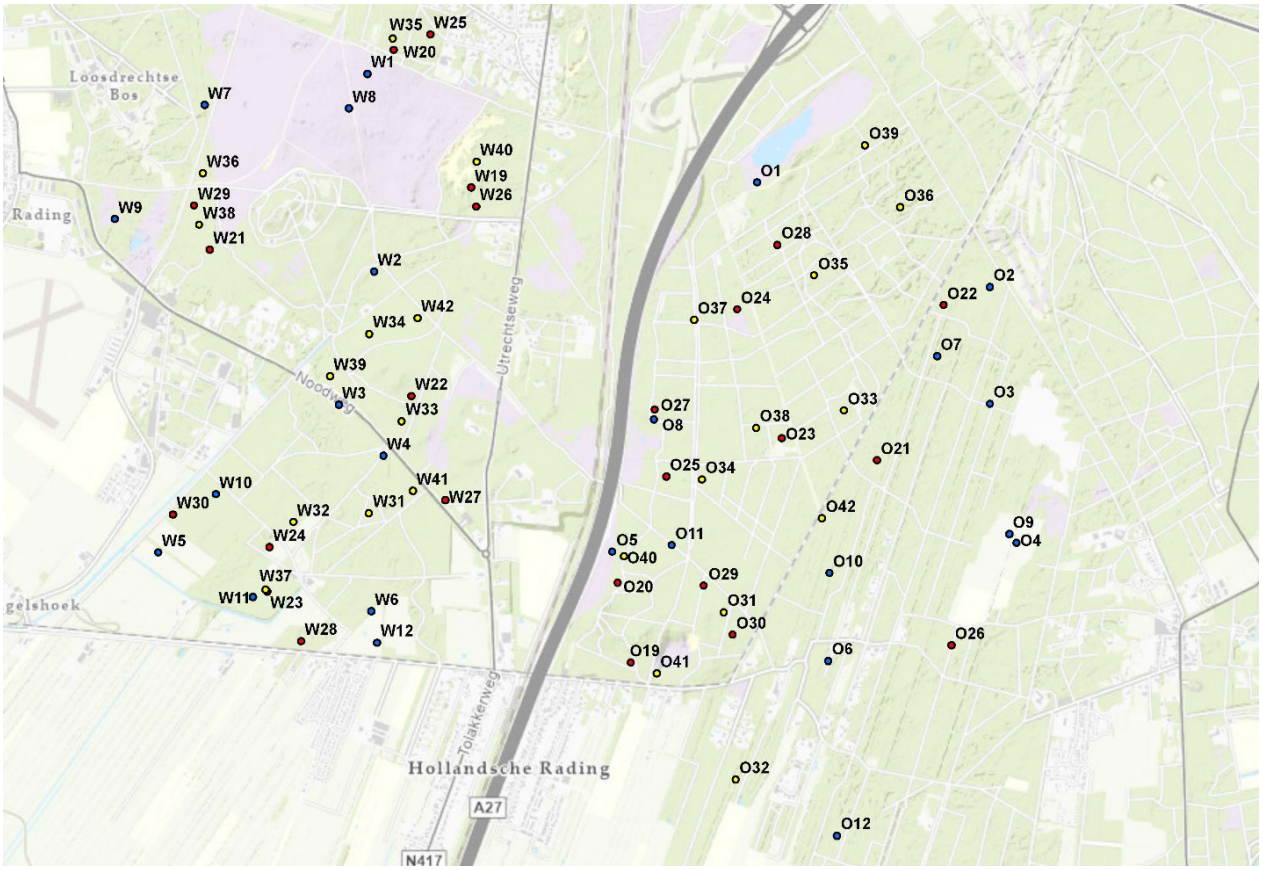
Camera H7

Camera H8

Figuur 4.7 *Zichtvelden van de cameravallen H1-H8 op Natuurbrug Hoorneboeg.*
© Foto's: E.A. van der Grift.

4.5.2.3 Referentieplekken

In de natuurgebieden rondom de natuurverbinding zijn cameravallen opgesteld die als referentie zijn gebruikt voor de metingen in de natuurverbinding. In alle meetjaren zijn steeds metingen uitgevoerd op 24 referentieplekken, waarvan er 12 aan de oostzijde en 12 aan de westzijde van de infrastructurele bundel lagen (Figuur 4.8). Op iedere referentieplek is zes maanden gemeten; op de helft van een meetjaar zijn de camera's dus steeds naar een nieuwe plek verplaatst. Deze referentieplekken zijn random – dus willekeurig of 'door loting' – bepaald binnen een straal van 2 km vanaf de natuurverbinding. De referentieplekken liggen hierdoor in diverse biotopen. Op iedere referentieplek is een cameraval geïnstalleerd van het type Reconyx HyperFire PC900 (Figuur 4.9). De camera's zijn op een hoogte van circa 0,5 m boven het maaiveld gehangen. Het zichtveld van de camera's – dus de richting waarin deze is opgesteld – is eveneens random bepaald. Eventuele (dichte) vegetatie in het zichtveld van de camera's is regelmatig verwijderd om voldoende zicht op passerende dieren te waarborgen.



Figuur 4.8 *Ligging van de willekeurig gekozen referentieplekken in de natuurgebieden rondom Natuurverbinding Zwaluwenberg waar cameravallen zijn geïnstalleerd. Blauw: inventarisatie 2014-2015; Rood: inventarisatie 2016-2017; Geel: inventarisatie 2020.*

Figuur 4.9 *Voorbeelden van cameravallen op referentieplekken in de gebieden rondom Natuurverbinding Zwaluwenberg. © Foto's: E. van der Grift.*

De monitoring op de referentieplekken omvatte drie meetjaren, waarbij ieder meetjaar de duur van twaalf maanden had (Tabel 4.9). Het eerste meetjaar is gelijk aan het eerste meetjaar van Natuurbrug Zwaluwenberg. Het derde meetjaar is gelijk aan zowel het derde meetjaar van Natuurbrug Zwaluwenberg als dat van Natuurbrug Hoorneboeg. Het tweede meetjaar is zo gekozen dat deze circa zes maanden overlap heeft met zowel het tweede meetjaar van Natuurbrug Zwaluwenberg als het eerste en tweede meetjaar van Natuurbrug Hoorneboeg.

Tabel 4.9 *De meetjaren waarin het gebruik van de natuurgebieden rondom Natuurverbinding Zwaluwenberg door zoogdieren is gemonitord.*

Meetjaar	Duur (maanden)	Datum start	Datum eind
2014-2015	12	1 april 2014	31 maart 2015
2016-2017	12	4 oktober 2016	3 oktober 2017
2020	12	1 januari 2020	31 december 2020

De cameravallen waren in principe 24/7 actief. Door incidentele verstoringen van de positie van camera's – door mensen of grote grazers – hebben echter niet alle camera's in ieder meetjaar 365 dagen goede opnamen gemaakt. Daarnaast zijn er door sommige camera's meetdagen gemist als gevolg van een technische storing of het vroegtijdig vol raken van de geheugenkaart, bijvoorbeeld door grote grazers die lange tijd rond de camera verbleven. Bijlage 3 geeft per meetjaar een overzicht van het aantal dagen dat iedere camera operationeel was. In deze bijlage is ook per camera vermeld in welk gebied en welke biotoop deze was geplaatst. De monitoring op de referentieplekken, alle camera's samen, omvat 4.308 meetdagen in het eerste meetjaar, 4.213 meetdagen in het tweede meetjaar en 4.095 meetdagen in het derde meetjaar.

4.5.3 Verwerken van de fotobeelden

Op het moment dat een cameraval door een passerend dier werd geactiveerd, maakte de camera tien opnamen direct na elkaar. Als een dier na de tiende opname nog in het sensorveld van de camera aanwezig was, is de camera een nieuwe serie van tien foto's gestart. Dergelijke aaneengesloten series zijn als één gebeurtenis geanalyseerd.

De camera's registreren voor iedere gemaakte foto een groot aantal (technische) gegevens automatisch, waaronder datum en tijdstip van de opname. Daarnaast zijn alle fotobeelden van de cameravallen bekeken en geannoteerd, waarbij per gebeurtenis de volgende meetvariabelen in een database zijn opgenomen: (1) soort, (2) geslacht, (3) leeftijd, (4) looprichting, (5) loopwijze (tred), (6) gedrag en (7) lichtsituatie. Tabel 4.10 geeft een overzicht van de mogelijke waarden per meetvariabele. Als een van de eerste vijf meetvariabelen niet met zekerheid kon worden vastgesteld, is 'onbekend' ingevuld.

Voor 'leeftijd' zijn twee categorieën onderscheiden: juveniel en adult. Subadulten, zoals jaarlingen bij reeën, zijn niet onderscheiden, omdat dieren die behoren tot deze categorie in veel gevallen lastig te herkennen zijn op basis van de camerabeelden. Om fouten en/of veel dieren met een classificering 'leeftijd onbekend' te voorkomen, zijn alle subadulte dieren dus consequent geclassificeerd als 'adult'. In april/mei geboren reekalven zijn tot 31 december van hun geboortejaar aangeduid als juveniel. Vanaf 1 januari van het volgende jaar zijn ze opgenomen in de categorie adult.

Voor 'looprichting' is geregistreerd of het dier in het fotobeeld van rechts naar links (RL) of van links naar rechts (LR) beweegt, dan wel aan de rechter- (RR) of linkerkant (LL) van het fotobeeld blijft. In de analysefase zijn voor de camera's op de twee natuurbruggen deze richtingen 'vertaald' in een geografische richting, op basis van de positionering van de betreffende camera. Zo betekent een looprichting RL voor een dier dat met camera Z1 op Natuurbrug Zwaluwenberg is waargenomen dat het dier van west naar oost bewoog.

Het gedrag van de dieren is geregistreerd door voor zes typische gedragingen te scoren of deze wel/niet zijn vertoond. Een waargenomen dier kan tijdens een gebeurtenis één of meerdere gedragingen laten zien.

Voor 'lichtsituatie' zijn drie klassen onderscheiden: licht, schemer en donker. Voor de toekenning van een waarneming aan een van deze klassen zijn de volgende beslisregels gebruikt: (1) een waarneming valt in de

klasse 'licht' als de foto's van de serie in kleur zijn; (2) een waarneming valt in de klasse 'schemer' als de foto's van de serie in grijstinten zijn; (3) een waarneming valt in de klasse 'donker' als de foto's van de serie in zwart-wit zijn.

Tabel 4.10 *Meetvariabelen en bijbehorende waarden die bij de analyse van de fotobeelden zijn geregistreerd voor waargenomen middelgrote zoogdieren.*

Meetvariabelen	Waarden
Soort	soortnaam, onbekend
Geslacht	man, vrouw, onbekend
Leeftijd	adult, juveniel, onbekend
Looprichting	RL, LR, RR, LL, onbekend
Loopwijze (tred)	stap, draf, galop, huppelgang, sprongengalop, sluipgang, onbekend
Gedrag	
passeert	ja/nee
zit/staat/ligt	ja/nee
foerageert/jaagt	ja/nee
alert	ja/nee
markeert/defaecatie/urineert	ja/nee
wassen/lichaamsverzorging	ja/nee
graven	ja/nee
sociale interactie	ja/nee
Lichtsituatie	licht, schemer, donker

4.5.4 Analyse gegevens

4.5.4.1 Definities

Een passage definiëren we hier als een waarneming of 'vangst' van een zoogdier met een cameraval. De looprichting van het dier speelt hierbij geen rol; ook dieren die alleen maar stilzitten aan een kant van het fotobeeld zijn een 'passage'. Het aantal passages is met deze definitie een maat voor activiteit en maakt het mogelijk om de activiteit van dieren op de natuurbruggen in de natuurverbinding te vergelijken met die in de omgeving. Hebben dieren op de natuurbruggen wel een duidelijke looprichting – oost-west of west-oost –, dan spreken we hier van een 'bevestigde oversteek'. Hebben dieren dat niet, dan spreken we van een 'bezoek'.

4.5.4.2 Passagefrequenties natuurverbinding

Passagefrequentie per soort

Om de passagefrequentie van een soort op de natuurbruggen te schatten, is eerst per meetjaar het aantal passages – alle looprichtingen – per camera bepaald. Op Natuurbrug Zwaluwenberg is dit gedaan voor camera Z1, Z2, Z3 en Z4. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit in de eerste twee meetjaren gedaan voor camera H2, H3 en H4. In meetjaar 2020 is dit hier gedaan voor camera H2, H4 en H5-H8. Dubbeltellingen tussen camera H3 en de camera's H2 en H4 zijn verwijderd. Bij de bepaling of er sprake is van een dubbeltelling zijn datum en tijdstip van de passage betrokken, maar ook het geslacht, de leeftijd en de looprichting van de dieren. De loopwijze en het gedrag zijn niet betrokken, omdat deze snel kunnen wisselen en verschillende camera's dus een andere loopwijze of andere gedragingen van hetzelfde dier kunnen vastleggen.

Iedere soort kent een eigen detectieafstand, i.e. een maximale afstand waarover de camera de soort nog kan waarnemen. Logischerwijs hebben grotere soorten ook een grotere detectieafstand. Het zichtveld van de camera's in de natuurverbinding is op een aantal plekken groter dan de detectieafstand van sommige soorten. Dit betekent dat de kans bestaat dat passages van de betreffende soorten zijn gemist en de gemiddelde passagefrequenties dus zijn onderschat. Om hiervoor te corrigeren, is per soort en per camera het verkregen aantal passages vermenigvuldigd met een correctiefactor (C1), die is berekend volgens: C1 = zichtveld (m)/detectieafstand soort (m). De detectieafstand van een soort is, behalve van het type camera, afhankelijk van factoren als het protocol dat is gebruikt voor het opstellen van de camera's, aanwezige begroeiing, weersomstandigheden, seizoen, hoeveelheid daglicht etc. De hier gebruikte detectieafstanden voor de soorten

zijn schattingen van gemiddelde detectieafstanden, gebaseerd op eerder onderzoek waarbij metingen op sporenbedden zijn vergeleken met metingen door RECONYX-cameravallen (Tabel 4.11; Van der Grift, ongepubliceerde data). Begroeiing die de detectieafstand zou kunnen beperken, is regelmatig verwijderd.

Tabel 4.11 *Per soort de geschatte, gemiddelde detectieafstand van de cameravallen op de natuurbruggen en de hiervan afgeleide correctiefactor voor het schatten van de passagefrequentie.*

Soort	Detectie-afstand cameraval	Correctiefactor passagefrequentie						
		Natuurbrug Zwaluwenberg				Natuurbrug Hoorneboeg		
		Z1	*Z2*	*Z3*	*Z4*	*H2,H5,H6*	*H3*	*H4,H7,H8*
Ree	10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vos	7,5	1,00	1,00	1,20	1,27	1,20	1,00	1,20
Das	7,5	1,00	1,00	1,20	1,27	1,20	1,00	1,20
Boommarter	7,5	1,00	1,00	1,20	1,27	1,20	1,00	1,20
Bunzing	5	1,50	1,50	1,80	1,90	1,80	1,00	1,80
Haas	7,5	1,00	1,00	1,20	1,27	1,20	1,00	1,20
Konijn	5	1,50	1,50	1,80	1,90	1,80	1,00	1,80
Eekhoorn	5	1,50	1,50	1,80	1,90	1,80	1,00	1,80
Egel	5	1,50	1,50	1,80	1,90	1,80	1,00	1,80

In een volgende stap is per camera de passagefrequentie per jaar berekend – voor iedere soort en meetjaar – door het gecorrigeerde aantal passages te delen door het aantal meetdagen dat de betreffende camera operationeel is geweest en vervolgens te vermenigvuldigen met 365. De passagefrequenties per maand, week en dag zijn vervolgens berekend door dit aantal te delen door respectievelijk 12, 52 en 365. De passagefrequenties voor de hele natuurbrug – Zwaluwenberg dan wel Hoorneboeg – zijn verkregen door sommatie van de verkregen passagefrequenties per camera.

Passagefrequentie per individu

Voor de meeste dieren die van de natuurverbinding gebruikmaken, geldt dat ze niet individueel herkend kunnen worden op basis van de verkregen camerabeelden. Hoewel soms een uniek uiterlijk kenmerk in beeld kan zijn, zoals een bijzonder kleurpatroon van de vacht of beschadiging van bijvoorbeeld een oor, is dit bij de meeste individuen niet het geval en/of is het kenmerk niet altijd goed in beeld, wat een systematische analyse van de bewegingen van individuen lastig maakt. In dit onderzoek zijn hierop twee uitzonderingen: (1) reebokken zijn individueel te herkennen aan de hand van hun gewei; (2) een aantal dassen is individueel te herkennen omdat ze in het kader van ander onderzoek met een zender zijn uitgerust met unieke reflecterende markeringen op de halsband (Mulder, 2016; 2019). Deze twee uitzonderingen gebruiken we hier om enig licht te werpen op de passagefrequenties van individuele dieren.

Reebokken

Individuele reebokken zijn geïdentificeerd op basis van de vorm, hoogte en verticale stand van hun gewei. Dit is gedaan voor alle waarnemingen van reebokken op zowel Natuurbrug Zwaluwenberg als Natuurbrug Hoorneboeg, in alle meetjaren. De geweivorm van een bok blijft meestal vrij constant, dus bokken zijn ook over meerdere jaren te herkennen. In sommige gevallen lieten de camerabeelden individuele herkenning van een reebok niet toe. Dit was het geval als (1) de kop of het gewei van het dier buiten beeld was, (2) de vorm van het gewei niet duidelijk zichtbaar was, bijvoorbeeld door bewegingsonscherpte, of (3) het een bok was die zijn gewei had afgeworpen. In al deze gevallen is de waarneming geclassificeerd als ‘individu onbekend’. Mannelijke kalveren zijn niet in deze analyse betrokken. Deze hebben meestal nog geen gewei of slechts een knopgeweitje dat niet voldoende kenmerken heeft voor individuele herkenning. Bokken met een bastgewei zijn eveneens buiten de analyse gelaten. Het gewei is dan immers nog onvolgroeid en verandert snel, wat identificatie onzeker maakt.

Dassen

In de periode september 2012-november 2015 (Mulder, 2016) en juni 2017-november 2018 (Mulder, 2019) zijn de bewegingen van dassen onderzocht aan weerszijden van de A27 tussen Utrecht en Hilversum. Hiervoor zijn in de eerste periode zestien en in de tweede periode acht dassen van een halsband met gps-

zender voorzien. De halsbanden zijn beplakt met reflecterend materiaal, elke halsband in een ander patroon, zodat de betreffende dassen individueel herkenbaar waren op foto's van cameravallen. De halsbanden zijn na afloop van het onderzoek niet verwijderd. De dieren waren hierdoor ook na de beëindiging van bovengenoemd onderzoek nog individueel te herkennen. Onderzocht is daarom (1) of dassen met een halsband de natuurbrug zijn gepasseerd, (2) welk individu of individuen dit betrof op basis van de unieke reflectiepatronen en (3) wat de passagefrequentie was per individu per meetjaar. De passagefrequentie van een individu per meetjaar is berekend door deling van het aantal passages van het individu door het aantal meetdagen in het betreffende meetjaar. Het aantal meetdagen is het aantal dagen dat het individu van een zender was voorzien binnen de meetjaren waarin het gebruik van de natuurbrug werd gemonitord. In 2018 zijn de cameravallen op Natuurbrug Zwaluwenberg nog een tijd actief geweest nadat het tweede meetjaar was afgerond. De laatste meetdag verschilde per camera, maar tot 10 augustus 2018 hebben de camera's Z1-Z4 alle nog gewerkt. Deze post-meetjaarperiode is hier betrokken om een betere schatting van de passagefrequenties van individuele dassen te krijgen.

4.5.4.3 Percentage bevestigde oversteken natuurbruggen

Per natuurbrug en meetjaar is het percentage bevestigde oversteken per soort berekend volgens: totaalaantal passages met looprichting LR of RL (alle camera's) / aantal passages alle looprichtingen * 100.

4.5.4.4 Trend in passagefrequenties over de jaren

De trendanalyse is voor beide natuurbruggen afzonderlijk uitgevoerd. Hiervoor zijn de geschatte jaarlijkse passagefrequenties in de drie meetjaren gebruikt (zie Paragraaf 4.5.4.2). Indien een meetjaar is verdeeld over twee kalenderjaren – zoals het eerste (2014-205) en tweede (2017-2018) meetjaar van Natuurbrug Zwaluwenberg –, dan is de passagefrequentie toegekend aan het kalenderjaar met de meeste meetdagen.

De trendanalyse is uitgevoerd met behulp van lineaire regressie.[1] Hierbij is getoetst of de gemiddelde verandering in passagefrequentie in de meetperiode significant ($p \leq 0,05$) afwijkt van nul. Indien sprake is van een significante verandering, is de grootte van de gemiddelde verandering in passagefrequentie per jaar gekwalificeerd. Hierbij zijn vijf klassen onderscheiden: (1) zeer lichte toename/afname (gemiddeld <10% per jaar), (2) lichte toename/afname (gemiddeld 10-25% per jaar), (3) matige toename/afname (gemiddeld 25-50% per jaar), (4) sterke toename/afname (gemiddeld 50-100% per jaar), (5) zeer sterke toename/afname (gemiddeld >100% per jaar).

4.5.4.5 Vergelijking passagefrequenties natuurverbinding versus omgeving

Om de passagefrequenties in de natuurverbinding te kunnen vergelijken met die in de omgeving, zijn voor iedere soort vier stappen doorlopen:

Stap 1: Berekening passagefrequentie op de referentieplekken
Per referentieplek is voor iedere soort de passagefrequentie per meetjaar berekend volgens: aantal geregistreerde passages van de soort op de referentieplek / aantal meetdagen op de referentieplek * 365.

Stap 2: Standaardisatie passagefrequentie referentieplekken
De passagefrequentie per jaar is voor iedere referentieplek gestandaardiseerd naar de functionele breedte van de twee natuurbruggen op basis van de detectieafstand van de soort. Dit is gedaan met behulp van een correctiefactor (C2) die berekend is volgens: C2 = functionele breedte natuurbrug (m) / detectieafstand van de soort (m) (Tabel 4.12). De gestandaardiseerde passagefrequenties voor de referentieplekken zijn verkregen door de bij stap 1 berekende passagefrequenties per jaar te vermenigvuldigen met de correctiefactor.

Stap 3: Berekening gemiddelde passagefrequentie omgeving
Voor de omgeving is de gemiddelde passagefrequentie per meetjaar berekend door het gemiddelde te nemen van de jaarlijkse passagefrequenties die in stap 2 voor de afzonderlijke referentieplekken zijn berekend, met als voorwaarde dat de betreffende referentieplekken binnen voor de soort geschikte biotoop liggen. Met deze werkwijze wegen alle referentieplekken even zwaar in de berekening van het gemiddelde. Tabel 4.12 geeft een overzicht van de geschikt geachte biotopen per soort. De op bovenstaande wijze verkregen jaarlijkse passagefrequenties per meetjaar zijn vervolgens gemiddeld om tot een gemiddelde, jaarlijkse passagefrequentie te komen over alle meetjaren. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg is hierbij het

[1] Alle statistische analyses in dit onderzoek zijn uitgevoerd met GENSTAT (22e editie).

gemiddelde genomen over alle meetjaren. Voor Natuurbrug Hoorneboeg is hierbij het gemiddelde genomen over de meetjaren 2016-2017 en 2020.

Tabel 4.12 *Per soort de gebruikte correctiefactor voor het standaardiseren van de passagefrequentie op de referentieplekken, zodat een vergelijk met de passagefrequenties op beide natuurbruggen mogelijk wordt. Tevens de biotopen die voor de tijdens het onderzoek geregistreerde soorten als geschikt zijn geacht.*

	Correctiefactor passagefrequentie		
Soort	**Natuurbrug Zwaluwenberg**	**Natuurbrug Hoorneboeg**	**Geschikte biotopen voor de soort**
Ree	3,35	1,80	Bos / Heide / Grasland / Weiland
Vos	4,47	2,40	Bos / Heide / Grasland / Weiland
Das	4,47	2,40	Bos / Heide / Grasland / Weiland
Boommarter	4,47	2,67	Bos
Bunzing	6,70	3,60	Bos / Heide / Grasland / Weiland
Haas	4,47	2,40	Bos / Heide / Grasland / Weiland
Konijn	6,70	3,60	Bos / Heide / Grasland / Weiland
Eekhoorn	6,70	4,00	Bos
Egel	6,70	3,60	Bos / Grasland / Weiland

Stap 4: Berekening stuwingsindex
Per natuurbrug en per soort is een zogenoemde 'stuwingsindex' (SI) berekend. Hiervoor zijn twee rekenregels gebruikt:

- Als de passagefrequentie op de natuurbrug groter is dan of gelijk is aan de gemiddelde passagefrequentie voor de omgeving, dan geldt:
  SI = passagefrequentie natuurbrug / gemiddelde passagefrequentie omgeving;
- Als de passagefrequentie op de natuurbrug kleiner is dan de gemiddelde passagefrequentie voor de omgeving, dan geldt:
  SI = gemiddelde passagefrequentie omgeving / passagefrequentie natuurbrug * -1.

Als SI=1, dan zijn de passagefrequenties op de natuurbrug en in de omgeving dus gelijk. Bij een SI>1 is de passagefrequentie op de natuurbrug groter dan die in de omgeving. Er is dan sprake van 'stuwing' of 'trechtering'; het aantal passages is er dan hoger dan je op basis van de metingen op de referentieplekken zou mogen verwachten. Bij een SI<-1 is de passagefrequentie op de natuurbrug kleiner dan die in de omgeving. Er is dan sprake van 'vermijding' of 'barrièrewerking'; het aantal passages is er dan lager dan je op basis van de metingen op de referentieplekken zou mogen verwachten.

4.5.4.6 Levensvatbaarheid populaties

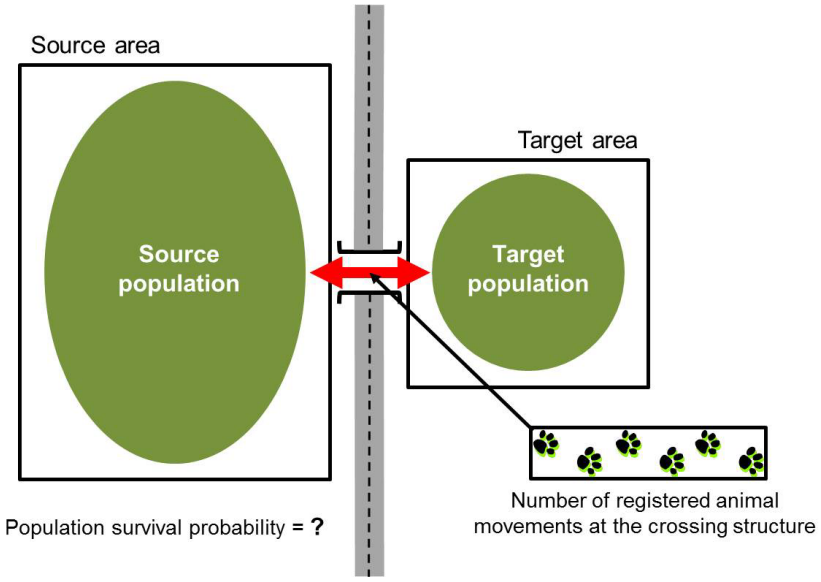
Voor de doelsoorten is onderzocht of de uitwisseling via de natuurverbinding voldoende is om de levensvatbaarheid van de populaties aan weerszijden van de infrastructuur op de lange termijn te waarborgen. Hierbij is gebruikgemaakt van de *RoadMitigationCalculator*. Dit is een app die voor diverse diergroepen, waaronder middelgrote zoogdieren, de benodigde uitwisseling via een natuurverbinding berekent op basis van de grootte van de populaties en de gewenste overlevingskans (zie kader *RoadMitigationCalculator*). Met 'uitwisseling' bedoelen we hier de bewegingen van individuele dieren vanuit de populatie aan de ene kant naar de populatie aan de andere kant van de infrastructurele bundel, onder de voorwaarde dat de dieren minimaal 24 uur aan de andere kant verblijven. Het gaat dus om dieren die de gehele natuurverbinding passeren, waarbij beide natuurbruggen worden overgestoken. En het gaat niet om passages van dieren die in dezelfde nacht nog terugkeren naar de kant waar ze vandaan kwamen. De aanname is dat we door deze voorwaarde alleen dieren betrekken die zich – voor minimaal een etmaal – mengen in de populatie aan de andere kant van de infrastructuur.

De *RoadMitigationCalculator* onderscheidt een 'bronpopulatie' en een 'doelpopulatie', die respectievelijk het brongebied en doelgebied bewonen, van elkaar gescheiden door de infrastructurele barrières. De doelpopulatie is gedefinieerd als de kleinste populatie van de twee populaties. Om de benodigde uitwisseling voor levensvatbare populaties te kunnen berekenen, vraagt de app de grootte van de bron- en doelpopulatie in te voeren – exclusief juvenielen – en de gewenste overlevingskans. Voor het schatten van de grootte van de

populaties is het nodig om allereerst per doelsoort vast te stellen hoe groot het bron- en doelgebied is. Grenzen van leefgebieden van soorten zijn in veel situaties echter niet bekend. We ontwikkelen hier per doelsoort dan ook diverse scenario's, waarbij de grootte van de bron- en/of doelgebieden varieert van klein tot groot. Vervolgens gebruiken we gemiddelde populatiedichtheden (voor ree en boommarter) of gegevens over de bewoning van burchten (voor das) om de populatiegrootte te schatten voor zowel het bron- als doelgebied. Zo nodig onderscheiden we ook hier diverse scenario's, bijvoorbeeld omdat de populatiedichtheid in het gebied niet precies bekend is. De gewenste overlevingskans is steeds op 100% gezet, wat betekent dat het uitgangspunt voor de berekening is dat de populaties zonder onderbrekingen hun leefgebied bezetten.

RoadMitigationCalculator

De *RoadMitigationCalculator* (zie: https://roadmitigationcalculator.wur.nl/) is een app die de overlevingskansen van dierpopulaties schat met behulp van het model METAPOP. Dit model simuleert de dynamiek van dierpopulaties in ruimte en tijd. De RoadMitigationCalculator richt zich vooralsnog op vijf diergroepen: (1) kleine zoogdieren, (2) middelgrote zoogdieren, (3) grote zoogdieren, (4) padden en (5) salamanders. De simulaties zijn uitgevoerd voor een modellandschap, met een bronpopulatie aan een zijde van de infrastructuur en een doelpopulatie aan de andere zijde, verbonden via een of meer natuurverbindingen (zie figuur).



In de simulaties voor zoogdieren is de draagkracht van het bron- en doelgebied gevarieerd en daarmee de maximale grootte van de populaties aan beide zijden van de infrastructuur. Ook het percentage 'mixing' is gevarieerd, dus het percentage van het totale aantal dieren in een populatie dat deelneemt aan de uitwisseling via de natuurverbinding. Dit percentage mixing relateert aan het aantal passages dat in de natuurverbinding is geregistreerd. Als indicator voor de levensvatbaarheid van de populaties is het percentage van de tijd gebruikt dat het doelgebied bezet is door een populatie. Een populatie is hierbij gedefinieerd als minimaal één volwassen man en één volwassen vrouw. De simulaties zijn uitgevoerd vanaf een draagkracht van 75% en bestrijken 200 jaar. Bezetting van het doelgebied is gemonitord tussen jaar 100 en 200. Voor elk scenario, dat verschilt in populatiegrootte voor het bron- en doelgebied en het percentage mixing, zijn 100 simulaties uitgevoerd (Van der Grift et al., 2013b; Van der Grift & Schippers, 2013).

Modellen kunnen empirische studies naar de effectiviteit van ontsnipperende maatregelen nooit vervangen, maar bieden wel de kans om relatief eenvoudig te verkennen of er mogelijke knelpunten zijn wat betreft de mate van uitwisseling tussen populaties. Daarnaast kunnen ze helpen om indicatieve voorspellingen te doen of gestelde doelen kunnen worden gehaald, bijvoorbeeld ten aanzien van de overlevingskans van een populatie. Bij het gebruik van de *RoadMitigationCalculator* moet bedacht worden dat de modelsimulaties een versimpeling zijn van de werkelijkheid, als gevolg van de gebruikte aannamen en het relatief eenvoudige modellandschap. De uitkomsten van de simulaties moeten dan ook vooral gebruikt worden als globale indicatie of het gemeten gebruik van de natuurverbinding leidt tot levensvatbare populaties.

Per doelsoort zijn keuzes gemaakt wat betreft de (scenario's voor de) begrenzing van de bron- en doelgebieden en schatting van de grootte van de in deze gebieden aanwezige populaties. We beschrijven hieronder de gevolgde aanpak per doelsoort.

Ree
We onderscheiden voor doelsoort ree één brongebied en drie doelgebieden (Tabel 4.13). De populatiedichtheid variëren we tussen 2,5, 5, 10, 15 en 20 adulte dieren per 100 ha. Dit betekent dat we voor ree 15 scenario's doorrekenen (Tabel 4.14). We kiezen hier voor scenario's die variëren in populatiedichtheid, omdat deze niet bekend is voor het studiegebied. In de literatuur is vermeld dat dichtheden onder optimale omstandigheden – in rijk cultuurlandschap met veel afwisseling in biotopen – kunnen oplopen tot 20-25 dieren/100 ha (Peltzer et al., 2011). In veel gebieden is de populatiedichtheid echter beduidend lager. In de provincie Groningen, Drenthe en Overijssel zijn de maximale dichtheden respectievelijk circa 4, 8 en 7,5 dieren per 100 ha (FBE Groningen, 2023; FBE Drenthe, 2023; FBE Overijssel, 2023). Op veel plekken in deze provincies worden deze maximale dichtheden echter niet gehaald. Daarbij komt dat deze dichtheden gebaseerd zijn op alle tellingen van zowel subadulte als adulte dieren, terwijl we hier populatiedichtheden van alleen adulte dieren zoeken. Om deze reden nemen we hier daarom scenario's op die rekenen met relatief lage populatiedichtheden.

Tabel 4.13 *Ligging, begrenzing en grootte van de voor de levensvatbaarheidsanalyse onderscheiden bron- en doelgebieden voor de doelsoort ree.*

Leefgebied	Ligging	Naam	Begrenzing	Grootte (ha)
Brongebied 1	Oost van A27	Heuvelrug-Noord	Onbebouwd gebied tussen A27, A1, N221, A28	8.500
Doelgebied 1	West van N417	Het Gooi-Zuid	Onbebouwd gebied tussen N417, stadsrand Hilversum, bebouwing Nieuw-Loosdrecht en Hollandsche Rading	1.100
Doelgebied 2	West van N417	Het Gooi-Zuid / Loosdrecht	Doelgebied 1 plus het gebied ten westen van Nieuw-Loosdrecht, ten noorden van het Tienhovens Kanaal	1.700
Doelgebied 3	West van N417	Het Gooi-Zuid / Loosdrecht / Maarsseveen	Doelgebied 2 plus het gebied Oud-Maarsseveen ten zuiden van het Tienhovens Kanaal	2.900

Tabel 4.14 *Het brongebied, doelgebied en de populatiedichtheid per scenario voor de doelsoort ree.*

		Dichtheid (aantal dieren per 100 ha)				
Brongebied	**Doelgebied**	**2,5**	**5**	**10**	**15**	**20**
1	1	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
1	2	Scenario 6	Scenario 7	Scenario 8	Scenario 9	Scenario 10
1	3	Scenario 11	Scenario 12	Scenario 13	Scenario 14	Scenario 15

Das
We onderscheiden voor doelsoort das twee brongebieden en twee doelgebieden (Tabel 4.15). In brongebied Heuvelrug-Noord gaan we uit van 70 bewoonde burchten, het minimumaantal dat hier in 2020 aanwezig was (H. Vink, persoonlijke communicatie). In geval van brongebied Heuvelrug/Het Gooi gaan we uit van een verdubbeling van dit aantal burchten. Dit is geen weerspiegeling van het werkelijke aantal burchten dat in 2020 op de zuidelijke Heuvelrug en in Het Gooi is aangetroffen en moet dus gezien worden als een toekomstscenario dat rekening houdt met de gestage groei in verspreiding (Vink & Schröder, 2022a; 2022b). Gemiddeld leven er 2-3 (sub)adulte dieren per burcht. Om tot een schatting van de populatiegrootte te komen, onderscheiden we daarom scenario's waarin met het minimumaantal van twee of het maximumaantal van drie (sub)adulte dassen wordt gerekend.

In doelgebied Het Gooi-Zuid gaan we uit van het werkelijke aantal (sub)adulten dat hier tijdens veldinventarisaties in 2020 is waargenomen. In dit gebied zijn in dat jaar dertien bewoonde burchten aangetroffen. Deze zijn met cameravallen gemonitord door vrijwilligers van de Stichting Dassenwerkgroep Utrecht-'t Gooi en medewerkers van onderhavig onderzoek. In totaal zijn op deze wijze 35 (sub)adulte dieren geteld (Figuur 4.10). In doelgebied Het Gooi-Zuid/Loosdrecht variëren we het aantal (sub)adulten, waarbij we starten met het getelde aantal in 2020 en hier vervolgens 5, 10 15, 20 of 25 (sub)adulten bij optellen. De rationale hiervoor is dat in recente jaren nieuwe bewoonde burchten zijn aangetroffen rondom Nieuw Loosdrecht en deze dassenfamilies naar verwachting tot dezelfde populatie behoren als die rond Einde Gooi (Vink & Schröder, 2022a). Dit alles betekent dat we voor de doelsoort das 24 scenario's doorrekenen (Tabel 4.16).

Tabel 4.15 *Ligging en begrenzing van de voor de levensvatbaarheidsanalyse onderscheiden bron- en doelgebieden voor de doelsoort das en het aantal (sub)adulten per populatie.*

Leefgebied	Ligging	Naam	Begrenzing	Aantal burchten	Aantal (sub)adulten
Brongebied 1	Oost van A27	Heuvelrug-Noord	Onbebouwd gebied tussen A27, A1, N221, A28	50	100-150
Brongebied 2	Oost van A27	Heuvelrug / Het Gooi	Utrechtse Heuvelrug en Het Gooi	100	200-300
Doelgebied 1	West van N417	Het Gooi-Zuid	Onbebouwd gebied tussen N417, stadsrand Hilversum, Nieuw-Loosdrecht en Hollandsche Rading	13	35
Doelgebied 2a	West van N417	Het Gooi-Zuid / Loosdrecht	Doelgebied 1 plus de gebieden rondom Nieuw-Loosdrecht	>13	35+5
Doelgebied 2b	Idem	Idem	Idem	>13	35+10
Doelgebied 2c	Idem	Idem	Idem	>13	35+15
Doelgebied 2d	Idem	Idem	Idem	>13	35+20
Doelgebied 2e	Idem	Idem	Idem	>13	35+25

Tabel 4.16 *Het brongebied, doelgebied en aantal (sub)adulte dieren in de bronpopulatie per scenario voor de doelsoort das.*

Brongebied	Aantal dieren bronpopulatie	Doelgebied 1	2a	2b	2c	2d	2e
1	100	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
1	150	Scenario 7	Scenario 8	Scenario 9	Scenario 10	Scenario 11	Scenario 12
2	200	Scenario 13	Scenario 14	Scenario 15	Scenario 16	Scenario 17	Scenario 18
2	300	Scenario 19	Scenario 20	Scenario 21	Scenario 22	Scenario 23	Scenario 24

Figuur 4.10 *Voorbeelden van fotobeelden op basis waarvan het aantal (sub)adulte en juveniele dassen per bewoonde burcht is bepaald in de gebieden rondom Natuurverbinding Zwaluwenberg.*
© Foto's: E. van der Grift.

Boommarter
We onderscheiden voor de doelsoort boommarter drie brongebieden en drie doelgebieden (Tabel 4.17). De populatiedichtheid variëren we tussen 1, 2 en 3 adulte dieren per 100 ha. Dit betekent dat we voor boommarter 27 scenario's doorrekenen (Tabel 4.18). We kiezen hier voor scenario's die variëren in populatiedichtheid, omdat deze niet precies bekend is voor het studiegebied. In de literatuur is vermeld dat dichtheden nogal kunnen verschillen. Verkem et al. (2003) geven aan dat populatiedichtheden van boommarters variëren van 1 tot 30 dieren/1000 ha. In 2020 zijn zes gebieden – samen met een oppervlak van circa 2.000 ha – nabij De Bilt met behulp van cameravallen onderzocht (Hartman, 2021). Hier zijn 52 individuen geteld, waarvan 19 adulte boommarters. Dit betekent een dichtheid van circa 1 dier per 100 ha. Omdat er tijdens cameraonderzoek altijd dieren worden gemist, nemen we hier ook scenario's op met tweemaal de door Hartman gevonden dichtheid, dus 2 per 100 ha. Ten slotte nemen we ook de maximale door Verkem et al. (2003) gegeven dichtheid als optie, dus 3 dieren per 100 ha, om door te kunnen rekenen wat maximaal mogelijk is.

Tabel 4.17 *Ligging, begrenzing en grootte van de voor de levensvatbaarheidsanalyse onderscheiden bron- en doelgebieden voor de doelsoort boommarter.*

Leefgebied	Ligging	Naam	Begrenzing	Grootte (ha)
Brongebied 1	Oost van A27	Heuvelrug-Noord	Bosgebieden tussen A27, A1, N221, A28	6.500
Brongebied 2	Oost van A27	Heuvelrug-Noord / Het Gooi	Bosgebieden tussen A27, A1, N221, A28 + Het Gooi	8.050
Brongebied 3	Oost van A27	Heuvelrug / Het Gooi	Utrechtse Heuvelrug en Het Gooi	18.000
Doelgebied 1	West van N417	Het Gooi-Zuid	Bosgebieden tussen N417, stadsrand Hilversum, bebouwing Nieuw-Loosdrecht en Hollandsche Rading	1.000
Doelgebied 2	West van N417	Het Gooi-Zuid / Loosdrecht	Doelgebied 1 plus het moeras(bos)gebied ten westen van Nieuw-Loosdrecht, ten noorden van het Tienhovens Kanaal	1.600
Doelgebied 3	West van N417	Het Gooi-Zuid / Loosdrecht / Maarsseveen	Doelgebied 2 plus het moeras(bos)gebied Oud-Maarsseveen ten zuiden van het Tienhovens Kanaal	2.800

Tabel 4.18 *Het brongebied, doelgebied en de populatiedichtheid per scenario voor de doelsoort boommarter.*

		Dichtheid (aantal dieren per 100 ha)		
Brongebied	**Doelgebied**	**1**	**2**	**3**
1	1	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
1	2	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
1	3	Scenario 7	Scenario 8	Scenario 9
2	1	Scenario 10	Scenario 11	Scenario 12
2	2	Scenario 13	Scenario 14	Scenario 15
2	3	Scenario 16	Scenario 17	Scenario 18
3	1	Scenario 19	Scenario 20	Scenario 21
3	2	Scenario 22	Scenario 23	Scenario 24
3	3	Scenario 25	Scenario 26	Scenario 27

De door de *RoadMitigationCalculator* berekende, benodigde uitwisseling voor een soort – per scenario – vergelijken we met een schatting van de werkelijke uitwisseling. Als de werkelijke uitwisseling frequenter is dan de benodigde uitwisseling, dan is de verwachting dat de levensvatbaarheid van de populaties is gewaarborgd. De werkelijke uitwisseling is geschat op basis van de registraties van passages op beide natuurbruggen. Het betreffen schattingen, omdat in de meeste gevallen dieren niet individueel te herkennen zijn op fotobeelden en we hier dus gebruik moeten maken van een set beslisregels. In een eerste stap is voor iedere periode van 12 uur op meetdag X tot 12 uur op meetdag X+1 onderzocht of een passage van een soort op een van de natuurbruggen wordt gevolgd door een passage van de soort in dezelfde richting op

de andere natuurbrug. Indien dit optreedt, is aangenomen dat het hier een volledige passage van de natuurverbinding door een individueel dier betreft. In een tweede stap is voor iedere tijdsperiode onderzocht wat het netto aantal passages is. De aanname is hier dat een volledige passage in bijvoorbeeld de westelijke richting en binnen de gestelde tijdsperiode gevolgd door een volledige passage in oostelijke richting hetzelfde dier betreffen en deze bewegingen elkaar dus opheffen. Een voorbeeld: stel dat er in een nacht vier passages van een soort in westelijke richting zijn geregistreerd en deze worden gevolgd door drie in oostelijke richting, dan is de uitwisseling geschat op (netto) één passage.

4.5.4.7 Procentuele verdeling passages over het jaar

Per doelsoort is de procentuele verdeling van het aantal passages over het jaar op de natuurbruggen en in de omgeving met elkaar vergeleken. De maand is hierbij gebruikt als kleinste tijdseenheid. Voor de natuurbruggen is per soort hiervoor allereerst het gemiddelde aantal passages per maand geschat op basis van alle meetjaren. Dit is gedaan door de waarnemingen te sommeren die in de verschillende meetjaren in de betreffende maand zijn gedaan, deze te delen door het totale aantal meetdagen in de betreffende maand over de drie meetjaren en dit vervolgens te vermenigvuldigen met het aantal dagen dat er in de betreffende maand zijn. Voor februari zijn 28 dagen aangehouden. Vervolgens is berekend hoeveel procent van het jaarlijkse aantal passages van de soort in iedere maand plaatsvindt.

Voor de omgeving zijn de aantallen passages eerst per referentieplek berekend op basis van: aantal geregistreerde passages van de soort op de referentieplek in maand X / aantal meetdagen op de referentieplek in maand X * aantal dagen in maand X. Vervolgens is, per maand, het gemiddelde aantal passages berekend, waarbij alleen referentieplekken in de voor de soort geschikte biotoop zijn meegenomen. Daarna is voor de omgeving berekend hoeveel procent van het gemiddelde aantal passages per jaar in iedere maand plaatsvindt. Een Chi-square-test is gebruikt om vast te stellen of eventuele gevonden verschillen in de verdeling van de passages over het jaar statistisch significant ($p \leq 0,05$) zijn of niet. Hierbij was de nulhypothese dat de verdeling van de passages over het jaar op de natuurbruggen en in de omgeving niet verschilt.

4.5.4.8 Procentuele verdeling passages over het etmaal

Per doelsoort is de procentuele verdeling van het aantal passages over het etmaal op de natuurbruggen en in de omgeving met elkaar vergeleken. Uur is hierbij gebruikt als kleinste tijdseenheid. In een eerste stap zijn per natuurbrug de waarnemingen per uur gesommeerd, over alle meetjaren. Vervolgens is voor zowel de natuurbrug als de referentieplekken berekend hoeveel procent van het totale aantal passages in ieder uur plaatsvond. Een Chi-square-test is gebruikt om vast te stellen of eventuele gevonden verschillen in de verdeling van de passages over het etmaal statistisch significant ($p \leq 0,05$) zijn of niet. Hierbij was de nulhypothese dat de verdeling van de passages over het etmaal op de natuurbruggen en in de omgeving niet verschilt.

4.5.4.9 Gemiddelde tijdstip van passage

Om het gemiddelde tijdstip van passeren voor een soort te berekenen, zijn allereerst alle tijden van passage geconverteerd naar tijden in een fictief etmaal dat start om 12:00 uur en eindigt om 12:00 uur de volgende dag. Alle passages die tussen 12:00 en 24:00 uur plaatsvonden, zijn dus omgezet naar tijden tussen 0:00 en 12:00 uur. En passages die tussen 0:00 en 12:00 uur plaatsvonden, zijn omgezet naar tijden tussen 12:00 en 24:00 uur. Vervolgens zijn de (aangepaste) tijden van passage geconverteerd naar een tijdwaarde, i.e. een serieel getal voor tijd tussen 0 (00:00:00) en 0,999988426 (23:59:59). Daarna is het gemiddelde berekend van deze tijdwaarden, waarna de gemiddelde tijdwaarde weer is geconverteerd naar tijd in het fictieve etmaal. Ten slotte is die tijd weer omgezet in de werkelijke tijd binnen een etmaal van 0:00 tot 24:00 uur. Het verschil in tijdstip van passage tussen de omgeving en de natuurbruggen is bepaald door de gemiddelde tijden van passage van elkaar af te trekken. Een two-sample t-test is gebruikt om vast te stellen of gevonden verschillen statistisch significant ($p \leq 0,05$) zijn of niet. Hierbij was de nulhypothese dat de gemiddelde tijd van passage op de natuurbruggen en in de omgeving niet verschilt en er tevens geen verschil is tussen de natuurbruggen.

4.5.4.10 Verdeling van passages over lichttoestand

De verdelingen van het aantal passages van een doelsoort over de drie lichttoestanden – daglicht, schemer, donker – op de natuurbruggen en in de omgeving zijn met elkaar vergeleken. Voor zowel de natuurbruggen

als de referentieplekken is berekend hoeveel procent van het aantal passages in iedere periode plaatsvindt. Een Chi-square-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant (p≤0,05) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat de verdeling van de passages over de verschillende lichttoestanden op de natuurbruggen en in de omgeving niet verschilt.

4.5.4.11 Geslachtsverhouding

Voor de doelsoorten is, zo mogelijk, de geslachtsverhouding in de omgeving vergeleken met die op de natuurbruggen. De geslachtsverhouding tussen man en vrouw is berekend door het aantal registraties van vrouwen te delen door het aantal registraties van mannen. In de berekening zijn alleen adulte dieren meegenomen, omdat het geslacht van juveniele dieren in veel gevallen niet kon worden bepaald. Dieren waarvan het geslacht niet kon worden bepaald, zijn buiten de analyses gehouden. De geslachtsverhouding is uitgedrukt in man:vrouw (M:V). Een Chi-square-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant (p≤0,05) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat de geslachtsverhouding op de natuurbruggen en in de omgeving niet verschilt.

4.5.4.12 Leeftijdsverdeling

Voor de doelsoorten is, zo mogelijk, de leeftijdsverdeling in de omgeving vergeleken met die op de natuurbruggen. De leeftijdsverdeling is berekend door het aantal registraties van juveniele dieren te delen door het aantal registraties van adulten. Dieren waarvan de leeftijdscategorie niet kon worden bepaald, zijn buiten de analyses gehouden. De leeftijdsverdeling is uitgedrukt in adult:juveniel. Een Chi-square-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant (p≤0,05) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat de leeftijdsverdeling op de natuurbruggen en in de omgeving niet verschilt.

4.5.4.13 Loopwijze

De procentuele verdeling van de passages van een doelsoort over de loopwijzen (zie Tabel 4.10) – op de natuurbruggen en in de omgeving – is als volgt berekend: aantal passages per loopwijze / totaalaantal passages * 100. Passages waarbij geen loopwijze kon worden bepaald, zijn buiten de analyses gehouden. Een Chi-square-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant (p≤0,05) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat de loopwijze op de natuurbruggen en in de omgeving niet verschilt.

4.5.4.14 Gedrag

Per gedragsvorm is de proportie van het aantal gedragsobservaties berekend waarin de gedragsvorm is vertoond. Dit is gedaan voor zowel de natuurbruggen als de omgeving. De berekening is als volgt gedaan: som van het aantal keer dat een gedragsvorm door de doelsoort is vertoond / som van het totaalaantal van alle door de doelsoort vertoonde gedragsvormen * 100. Een Chi-square-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant (p≤0,05) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat de gedragsvormen op de natuurbruggen en in de omgeving niet verschillen.

4.5.5 Verkenning gebruik natuurbruggen elders in de regio

Naast de twee natuurbruggen die deel uitmaken van Natuurverbinding Zwaluwenberg zijn er twaalf andere natuurbruggen gerealiseerd in Het Gooi en op de Utrechtse Heuvelrug (Tabel 4.19). Een natuurbrug over de N226 is momenteel in aanbouw. Op zes van de gerealiseerde natuurbruggen is het gebruik door (middelgrote) zoogdieren systematisch onderzocht en de resultaten hiervan zijn gepubliceerd. Op drie andere natuurbruggen is eveneens gemonitord, maar de resultaten zijn niet gepubliceerd. De overige drie natuurbruggen zijn (nog) niet onderzocht (zie ook Broek et al., 2021). Tabel 4.19 presenteert de publicaties waarin de resultaten van de monitoring zijn gerapporteerd. Deze publicaties zijn hier gebruikt voor de beantwoording van de vraag hoe het gebruik van de twee natuurbruggen in Natuurverbinding Zwaluwenberg – door de doelsoorten en de overige soorten – zich verhoudt tot het gebruik van natuurbruggen elders in de regio. Per soort ging de aandacht daarbij primair uit naar de schattingen van de passagefrequenties per jaar. Voor de doelsoorten is daarnaast een vergelijking gemaakt tussen de gevonden stuwingsindexen voor Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg in 2020 en de stuwingsindexen die voor de andere natuurbruggen zijn gepubliceerd of op basis van de in genoemde publicaties gepresenteerde gegevens konden worden berekend.

Tabel 4.19 *De overige natuurbruggen in Het Gooi en op de Utrechtse Heuvelrug.*

Naam natuurbrug	Infrastructurele barrière	Gereed	Breedte (m)	Jaar van onderzoek	Onderzoeksrapport
Leusderheide	A28	2005	53	2006	Brandjes et al., 2006
				2009-2010	Kreeftenberg, 2010
				2012	De Keijzer et al., 2013
Zanderij Crailoo	N524/spoor	2006	50	2007-2008	Van der Grift et al., 2009
Beukbergen	N237	2009	30	2012	De Keijzer et al., 2013
Treeker Wissel	N227	2009	45	2009-2010	Kreeftenberg, 2010
Op Hees	spoor	2012	62	-	-
Sterrenberg[1]	A28	2012	40	2014	Emond & Brandjes, 2015c
Mollebos	A12/spoor	2013	53	2013	Geen[2]
Grebbeberg	N225	2014	3	2021	Geen[3]
Laarderhoogt	A1/lokale weg	2015	30-40	2018-2019	Van der Grift et al., 2020
Boele Staal	N237	2016	60	2020	Geen[4]
Renée van Notten Wissel	N227	2018	50	-	-
De Groene Schakel	spoor/lokale weg	2023	50	-	-
Maarsbergen	N226	-[5]	50	-	-

1 Deze natuurbrug werd voorheen 'Huis ter Heide' genoemd.

2 Natuurbrug Mollebos is in 2013 gemonitord met behulp van sporenbedden. Hierbij is gebruik door ree vastgesteld. De studie is echter (nog) niet gepubliceerd en passagefrequenties zijn dan ook niet bekend.

3 Natuurbrug Grebbeberg is in 2021 vier maanden gemonitord met behulp van een cameraval. Hierbij is gebruik door boommarter en eekhoorn vastgesteld (Kuhl, 2021). De studie is echter (nog) niet gepubliceerd en passagefrequenties zijn dan ook niet bekend.

4 Natuurbrug Boele Staal is in 2020 (18 maart-4 augustus) gemonitord met behulp van cameravallen. Hierbij is gebruik door ree, vos, das, boommarter, bunzing en konijn vastgesteld (Broek et al., 2021). De studie is echter (nog) niet gepubliceerd en passagefrequenties zijn dan ook niet bekend.

5 Natuurbrug Maarsbergen is nog in aanbouw; dit ecoduct moet de N226 overbruggen tussen de landgoederen Maarsbergen en Kombos. Opening is voorzien in 2024.

4.6 Resultaten

4.6.1 Soorten

Tijdens het onderzoek is het gebruik van de natuurverbinding door acht middelgrote zoogdieren vastgesteld. Hiertoe behoren de drie doelsoorten ree, das en boommarter (Figuur 4.11). Daarnaast zijn vos, bunzing, haas, konijn en eekhoorn geregistreerd (Figuur 4.12). Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn vijf soorten geregistreerd; op Natuurbrug Hoorneboeg zeven (Tabel 4.20). De doelsoort boommarter is niet waargenomen op Natuurbrug Zwaluwenberg. Datzelfde geldt voor de bunzing en eekhoorn.

De natuurverbinding is snel in gebruik genomen door zoogdieren. Over alle meetjaren zijn er op Natuurbrug Zwaluwenberg 2.569 passages en op Natuurbrug Hoorneboeg 1.601 passages van middelgrote zoogdieren geregistreerd (Tabel 4.21). In slechts 33 gevallen (0,8%) kon de soort niet worden bepaald. De doelsoorten ree en das maakten er al het eerste meetjaar gebruik van, dus voordat de natuurverbinding geheel voltooid was. Ook vos, haas en konijn maakten direct gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg. Na voltooiing van de natuurverbinding met de opening van Natuurbrug Hoorneboeg zijn ree, vos en haas frequente gebruikers gebleven van de natuurverbinding (Tabel 4.21). Konijn is na het eerste meetjaar niet meer waargenomen. Daarnaast zijn sindsdien nog drie soorten geregistreerd: boommarter, bunzing en eekhoorn. Het aantal registraties van deze drie soorten was echter gering. Boommarter en eekhoorn zijn beide slechts eenmaal gezien; bunzing is elfmaal gepasseerd.

Op de referentieplekken in de omgeving zijn acht soorten middelgrote zoogdieren waargenomen (Tabel 4.22 en 4.23). Alle soorten die in de natuurverbinding zijn geregistreerd, zijn in de omgeving waargenomen, met uitzondering van de bunzing. Daarnaast is op de referentieplekken wel de egel geregistreerd, terwijl deze soort niet in de natuurverbinding is gezien. Het aantal plekken waar een soort is geregistreerd, verschilt sterk. Zo zijn ree, das, vos en haas op nagenoeg alle plekken gezien, terwijl konijn en egel op respectievelijk slechts 3 en 2 plekken zijn waargenomen. Boommarter en eekhoorn nemen een tussenpositie in, met

respectievelijk waarnemingen op 25 en 21 plekken. Ree, das, vos en konijn zijn op een min of meer gelijk aantal plekken aan de oost- en westzijde van de infrastructuur aangetroffen. De boommarter is vooral aan de oostzijde geregistreerd. Haas is iets vaker aan de westzijde gezien. Dat geldt ook voor eekhoorn. Egel is alleen aan de westzijde geregistreerd. Met uitzondering van konijn en egel zijn de soorten in alle meetjaren geregistreerd. Konijn is alleen het eerste meetjaar gezien; egel alleen het laatste meetjaar.

Tabel 4.20 *In Natuurverbinding Zwaluwenberg waargenomen doelsoorten en overige zoogdiersoorten per natuurbrug.*

	Doelsoorten			**Overige soorten**					
Natuurbrug	**Ree**	**Das**	**Boommarter**	**Vos**	**Bunzing**	**Haas**	**Konijn**	**Eekhoorn**	**Aantal passages**
Zwaluwenberg	X	X	-	X	-	X	X	-	5
Hoorneboeg	X	X	X	X	X	X	-	X	7

Tabel 4.21 *Per natuurbrug en soort het aantal geregistreerde passages in Natuurverbinding Zwaluwenberg over alle meetjaren.*

	Doelsoorten			**Overige soorten**					
Natuurbrug	**Ree**	**Das**	**Boommarter**	**Vos**	**Bunzing**	**Haas**	**Konijn**	**Eekhoorn**	**Aantal passages**
Zwaluwenberg	877	70	-	173	-	1.162	287	-	2.569
Hoorneboeg	900	26	1	128	11	534	-	1	1.601

Figuur 4.11 *Fotobeelden van de zoogdiersoorten die Natuurbrug Zwaluwenberg passeren: (1) ree; (2) das; (3) vos; (4) haas; (5) konijn. © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 4.12 *Fotobeelden van de zoogdiersoorten die Natuurbrug Hoorneboeg passeren: (1) ree; (2) das; (3) boommarter; (4) vos; (5) bunzing; (6) haas; (7) eekhoorn. © Foto's: E. van der Grift.*

Tabel 4.22 *In de omgeving van Natuurverbinding Zwaluwenberg – aan de oostzijde van de infrastructurele bundel – waargenomen zoogdiersoorten per referentieplek. Grijze cellen in de tabel betreffen plekken zonder geschikte biotoop voor de betreffende soort.*

	Doelsoorten			**Overige soorten**					
Locatie	**Ree**	**Das**	**Boommarter**	**Vos**	**Bunzing**	**Haas**	**Konijn**	**Eekhoorn**	**Egel**
2014-2015									
O1	X	-		X	-	-	-		-
O2	X	X	-	X	-	X	-	-	-
O3	X	X	-	X	-	-	-	-	-
O4	X	X	-	X	-	-	-	-	-
O5	X	X	X	X	-	-	-	X	-
O6	X	X	-	X	-	-	-	-	-
O7	X	-	-	X	-	-	-	X	-
O8	X	X	X	X	-	X	-	-	-
O9	X	X		X	-	X	X		-
O10	X	X	-	X	-	-	-	X	-
O11	X	X	-	X	-	X	-	-	-
O12	X	X	-	X	-	X	-	X	-
2016-2017									
O19	X	X	-	X	-	X	-	X	-
O20	X	-	-	X	-	X	-	X	-
O21	X	X	X	X	-	X	-	-	-
O22	X	-	X	X	-	-	-	-	-
O23	X	X	-	-	-	X	-	-	-
O24	X	-	X	X	-	X	-	-	-
O25	X	X	X	X	-	X	-	-	-
O26	X	X	X	X	-	-	-	-	-
O27	X	X	X	X	-	-	-	-	-
O28	X	X	X	X	-	X	-	X	-
O29	X	X	X	X	-	X	-	-	-
O30	X	X	-	X	-	X	-	-	-
2020									
O31	X	X	X	X	-	X	-	-	-
O32	X	X	-	X	-	X	-	-	-
O33	X	X	X	X	-	X	-	-	-
O34	X	X	-	X	-	X	-	-	-
O35	X	X	X	X	-	X	-	-	-
O36	X	-	-	-	-	X	-	-	-
O37	X	X	X	X	-	X	-	-	-
O38	X	X	X	X	-	X	-	X	-
O39	X	X	X	X	-	X	-	-	-
O40	X	X	X	X	-	X	-	X	-
O41	X	-	X	X	-	X	-	-	-
O42	X	X	X	X	-	-	-	-	-
Aantal plekken	**36**	**29**	**19**	**34**	**0**	**25**	**1**	**9**	**0**

Tabel 4.23 *In de omgeving van Natuurverbinding Zwaluwenberg – aan de westzijde van de infrastructurele bundel – waargenomen zoogdiersoorten per referentieplek. Grijze cellen in de tabel betreffen plekken zonder geschikte biotoop voor de betreffende soort.*

	Doelsoorten			**Overige soorten**					
Locatie	**Ree**	**Das**	**Boommarter**	**Vos**	**Bunzing**	**Haas**	**Konijn**	**Eekhoorn**	**Egel**
2014-2015									
W1	X	X		X	-	X	-		-
W2	X	X	-	X	-	X	X	-	-
W3	X	X	-	X	-	X	-	X	-
W4	X	X	-	X	-	X	-	-	-
W5	X	X	X	X	-	X	-	X	-
W6	X	X		X	-	X	-		-
W7	X	X	-	X	-	X	-	X	-
W8	X	X		X	-	X	X		-
W9	X	X	-	X	-	X	-	-	-
W10	X	-	-	X	-	X	-	-	-
W11	X	X	X	X	-	X	-	X	-
W12	X	X	-	X	-	X	-	-	-
2016-2017									
W19	X	X	-	X	-	X	-	-	-
W20	X	X	-	X	-	-	-	X	-
W21	X	-	X	X	-	X	-	-	-
W22	X	X	-	X	-	X	-	X	-
W23	X	X	-	X	-	X	-	X	-
W24	X	X		X	-	X	-		-
W25	X	-	-	X	-	X	-	X	-
W26	X	-	-	X	-	X	-	-	-
W27	X	X	-	X	-	-	-	X	-
W28	X	X	-	X	-	X	-	X	-
W29	X	X	X	X	-	X	-	X	-
W30	X	X	-	X	-	X	-	-	-
2020									
W31	X	X	-	X	-	X	-	-	-
W32	X	X	-	X	-	X	-	-	-
W33	X	X	-	X	-	-	-	-	-
W34	X	-	-	-	-	-	-	-	-
W35	X	-	-	X	-	X	-	-	-
W36	X	X	-	X	-	X	-	X	X
W37	X	X	X	X	-	X	-	-	X
W38	X	X	-	X	-	X	-	-	-
W39	X	X	-	X	-	-	-	-	-
W40	-	X	-	X	-	X	-	-	-
W41	X	X	X	X	-	X	-	-	-
W42	X	X	-	X	-	-	-	-	-
Aantal plekken	**35**	**30**	**6**	**35**	**0**	**30**	**2**	**12**	**2**

4.6.2 Passagefrequenties soorten

Het gemiddelde aantal passages van middelgrote zoogdieren per jaar is geschat op 992 en 2.028 dieren voor respectievelijk Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg (Tabel 4.24). Dit betekent dat er op Natuurbrug Zwaluwenberg gemiddeld 2-3 middelgrote zoogdieren per dag passeren, circa 19 per week en circa 83 per maand. Op Natuurbrug Hoorneboeg passeren er gemiddeld 5-6 middelgrote zoogdieren per dag, 39 per week en 169 per maand.

Er zijn grote verschillen tussen soorten. Van de drie doelsoorten passeert ree het frequentst; op Natuurbrug Zwaluwenberg gemiddeld eenmaal per dag, op Natuurbrug Hoorneboeg gemiddeld tweemaal per dag. De das passeert gemiddeld eenmaal per twee weken Natuurbrug Zwaluwenberg en eenmaal per week Natuurbrug Hoorneboeg. De boommarter passeert Natuurbrug Hoorneboeg gemiddeld eenmaal per kwartaal. Van de overige soorten passeert haas het frequentst op beide natuurbruggen, gevolgd door vos. De gemiddelde passagefrequentie van konijn is net iets hoger dan die van vos, maar deze passeert alleen op Natuurbrug Zwaluwenberg. Bunzing passeert Natuurbrug Hoorneboeg incidenteel, gemiddeld eenmaal in de twee weken. De eekhoorn passeert deze natuurbrug zeer incidenteel, gemiddeld minder dan eenmaal per jaar.

Tabel 4.24 *Per natuurbrug en soort de gemiddelde passagefrequentie per dag, week, maand en jaar.*

	Gemiddelde aantal passages			
Soort	**Per dag**	**Per week**	**Per maand**	**Per jaar**
Natuurbrug Zwaluwenberg				
Ree	0,9	6,0	26	312
Vos	0,2	1,4	6	71
Das	0,1	0,5	2	27
Boommarter	0	0	0	0
Bunzing	0	0	0	0
Haas	1,3	9,1	40	474
Konijn	0,3	2,1	9	108
Eekhoorn	0	0	0	0
Egel	0	0	0	0
Alle soorten	*2,7*	*19*	*83*	*992*
Natuurbrug Hoorneboeg				
Ree	2,1	14,5	63	753
Vos	0,4	2,9	12	148
Das	0,2	1,1	5	56
Boommarter	<0,1	0,1	<1	4
Bunzing	<0,1	0,3	2	18
Haas	2,9	20,2	87	1.049
Konijn	0	0	0	0
Eekhoorn	<0,1	<0,1	<0,1	<1
Egel	0	0	0	0
Alle soorten	*5,6*	*39*	*169*	*2.028*

4.6.3 Passagefrequenties individuen

4.6.3.1 Reebokken

In de natuurverbinding zijn – over alle meetjaren samen – acht volwassen reebokken waargenomen (Tabel 4.25; Figuur 4.13-4.18). De perioden waarin deze bokken gebruikmaakten van de natuurverbinding verschilden (Figuur 4.19). Dat geldt ook voor de plek binnen de natuurverbinding waar deze bokken zijn geregistreerd.

Tabel 4.25 *De gewei-kenmerken van de in Natuurverbinding Zwaluwenberg waargenomen mannelijke reeën in de periode 2014-2020.*

ID bok	Basisvorm	Verschijnings-vorm[1]	Hoogte	Verticale stand[1]	Overige kenmerken
Bok 1	zesender	eivorm	tot ver boven de oren	rechtopstaand	achtereinden kort
Bok 2	zesender	eivorm	tot ver boven de oren	rechtopstaand	rechter oogeind langer dan linker
Bok 3	zesender	eivorm	tot ver boven de oren	rechtopstaand	-
Bok 4	zesender	eivorm	tot kort boven de oren	rechtopstaand	-
Bok 5	gaffel	liervorm	tot kort boven de oren	rechtopstaand	rechterstang korter dan linkerstang
Bok 6	zesender	eivorm	tot ver boven de oren	rechtopstaand	geen achtereind aan rechterstang
Bok 7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	bastgewei is beschadigd; na enige tijd ontbreekt de linkerstang en hangt de rechterstang langs de kop naar beneden
Bok 8	zesender	korfvorm	tot kort boven de oren	rechtopstaand	oog- en achtereinden kort

1 Zie Worm (2014).

In 2014-2015 is op Natuurbrug Zwaluwenberg het gebruik door één volwassen bok geregistreerd (bok 1; Figuur 4.13). Deze bok is gezien vanaf de start van de metingen in maart 2014 tot in oktober van datzelfde jaar (n=33). In september 2014 is deze bok niet gezien. In deze maand zijn echter maar vier dagen metingen gedaan, omdat de camera's werden gestolen. In de laatste maanden van 2014 en de eerste maanden van 2015 is bok 1 niet meer waargenomen/herkend. Naar verwachting had het dier toen zijn gewei al afgeworpen.

In 2016 is op Natuurbrug Hoorneboeg het gebruik door één volwassen bok geregistreerd (bok 2; Figuur 4.14). Deze bok is gezien in alle maanden waarin metingen zijn verricht, dus april, september en oktober (n=41). In 2017 is deze bok opnieuw waargenomen op Natuurbrug Hoorneboeg (n=30) en tevens op Natuurbrug Zwaluwenberg (n=96). Op laatstgenoemde natuurbrug is hij gezien vanaf maart tot november. In december 2017 en januari-februari 2018 is hij niet waargenomen/herkend. In maart en april 2018 is bok 2 opnieuw op Natuurbrug Zwaluwenberg geregistreerd (n=14). In april 2018 is hier eenmaal een andere bok gezien (bok 3; Figuur 4.14).

Figuur 4.13 *Bok 1 – de enige volwassen reebok die Natuurbrug Zwaluwenberg gebruikte in 2014-2015. © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 4.14 *Bok 2 (links en midden), die de natuurverbinding gebruikte in 2016, 2017 en 2018. En bok 3 (rechts), die Natuurbrug Zwaluwenberg eenmaal heeft bezocht in 2018. © Foto's: E. van der Grift.*

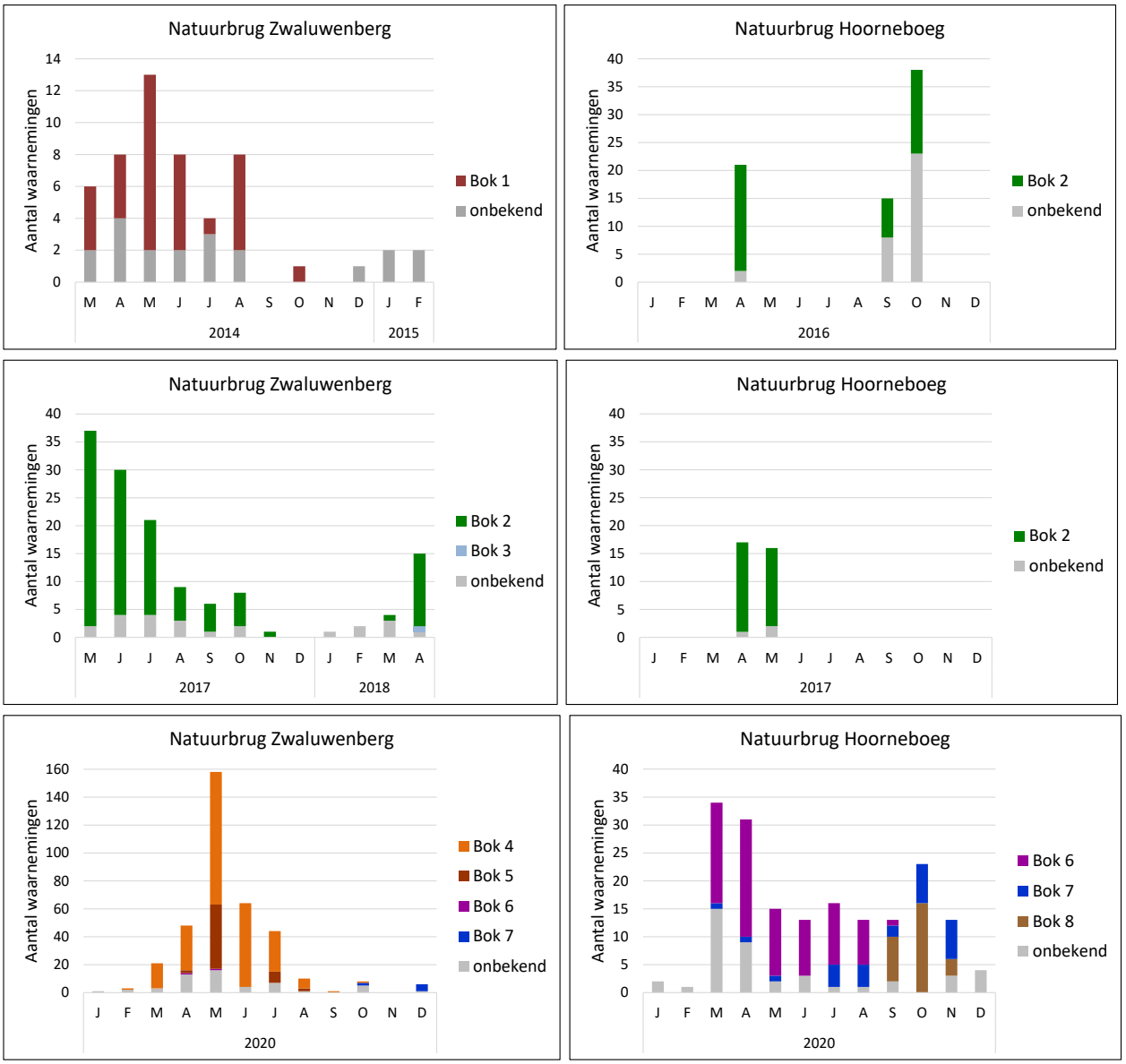
Figuur 4.15 *Bok 4, die Natuurbrug Zwaluwenberg gebruikte in 2020, maar niet is gezien op Natuurbrug Hoorneboeg. © Foto's: E. van der Grift.*

In 2020 zijn in de natuurverbinding vijf bokken geregistreerd. Op Natuurbrug Zwaluwenberg betreffen de meeste waarnemingen (n=254) bok 4, die hier vanaf februari tot oktober is gezien (Figuur 4.15). Deze bok is niet geregistreerd op Natuurbrug Hoorneboeg. Een tweede bok die in de periode april-augustus regelmatig op Natuurbrug Zwaluwenberg is gezien (n=58), is bok 5 (Figuur 4.16). Ook deze bok is niet gezien op Natuurbrug Hoorneboeg. Op Natuurbrug Hoorneboeg betreffen de meeste waarnemingen (n=254) bok 6 (Figuur 4.17). Deze bok is hier vanaf maart tot september gezien. Op Natuurbrug Zwaluwenberg is hij ook waargenomen, maar dit betrof slechts twee waarnemingen, een in april en een in mei. Bok 7 (Figuur 4.18) is vooral op Natuurbrug Hoorneboeg waargenomen (n=27), maar ook op Natuurbrug Zwaluwenberg (n=7). Het dier is vanaf maart tot december gezien. Bok 8 is alleen op Natuurbrug Hoorneboeg gezien (Figuur 4.18). Dit dier is voor het eerst in september en voor het laatst in november 2020 geregistreerd.

Figuur 4.16 *Bok 5, die door bok 4 lijkt te zijn 'gedoogd' op Natuurbrug Zwaluwenberg in 2020. © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 4.17 *Bok 6, die Natuurbrug Hoorneboeg gebruikte in 2020 en incidenteel is waargenomen op Natuurbrug Zwaluwenberg in 2020. © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 4.18 *Bok 7 (links en midden), die in 2020 op beide natuurbruggen is waargenomen. Met een beschadigd bastgewei op 27 maart 2020 (links), waarbij de linkerstang over het linkeroog ligt en de rechterstang langs de kop naar beneden hangt. De linkerstang wordt kort daarna afgeworpen, de rechterstang blijft hangen tot in december 2020 (midden). Bok 8 (rechts), die vanaf september 2020 op Natuurbrug Hoorneboeg verschijnt. © Foto's: E. van der Grift.*



Figuur 4.19 *Het aantal waarnemingen per geïdentificeerde reebok per maand op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg in alle meetjaren. Let op: in 2014 zijn er op Natuurbrug Zwaluwenberg maar vier meetdagen geweest in september; in 2016 zijn er op Natuurbrug Hoorneboeg alleen metingen gedaan in april, september en oktober; in 2017 zijn er op laatstgenoemde natuurbrug alleen metingen gedaan in april en mei.*

4.6.3.2 Dassen

Tijdens het eerste meetjaar van Natuurbrug Zwaluwenberg (maart 2014-februari 2015) waren vier dassen nabij de natuurverbinding van een zender voorzien (Mulder, 2016). Aan de westkant van de natuurverbinding betrof dit das 'Floris' (vanaf 10 juli 2014) en das 'Akke' (vanaf 7 oktober 2014). Aan de oostkant van de natuurverbinding betrof dit das 'Hans' (vijf nachten in mei 2014) en das 'John' (twintig nachten in december 2014). Het telemetrisch onderzoek liet zien dat geen van deze dassen de natuurbrug bezocht, hoewel Akke en Floris wel een aantal keer in de buurt kwamen. Onze monitoring met cameravallen bevestigt dit: er zijn in het eerste meetjaar geen passages van dassen met een zender waargenomen op Natuurbrug Zwaluwenberg.

Tijdens het tweede meetjaar van Natuurbrug Zwaluwenberg (mei 2017-april 2018) waren twee dassen nabij de natuurverbinding van een zender voorzien (Mulder, 2019). Dit betrof das 'Daphne' (juni-augustus 2017) en das 'Evert' (vanaf maart 2018). Beide dassen hadden leefgebieden aan de oostzijde van de snelweg; Daphne ter hoogte van de Hengstenberg en Bosberg, Evert ter hoogte van het Dassenbos en Erfgooiersbos. In dit meetjaar zijn op Natuurbrug Zwaluwenberg tien passages van een das met een zender geregistreerd.

Het betrof in alle gevallen das Evert (J. Mulder, persoonlijke communicatie). Das Daphne is niet waargenomen op de natuurbrug. De eerste passage van Evert vond plaats op 3 maart 2018, kort nadat deze van een zender was voorzien. Op 13 en 19 maart passeerde het dier opnieuw. In de daaropvolgende maand zijn vijf passages van Evert geregistreerd, achtereenvolgens op 1, tweemaal op 8, op 12 en op 19 april 2018 (Figuur 4.20). Op 8 april liep het dier eerst van oost naar west en twee uur later van west naar oost. Op alle andere dagen is een passage in slechts één richting geregistreerd. In de post-meetjaarperiode (mei-augustus 2018) zijn geen passages van Evert meer geregistreerd. De geschatte passagefrequentie van das Evert op basis van het tweede meetjaar en de post-meetjaarperiode is 18 passages per jaar. Dit is circa 70% van het geschatte jaarlijkse aantal passages van dassen via Natuurbrug Zwaluwenberg in het tweede meetjaar.

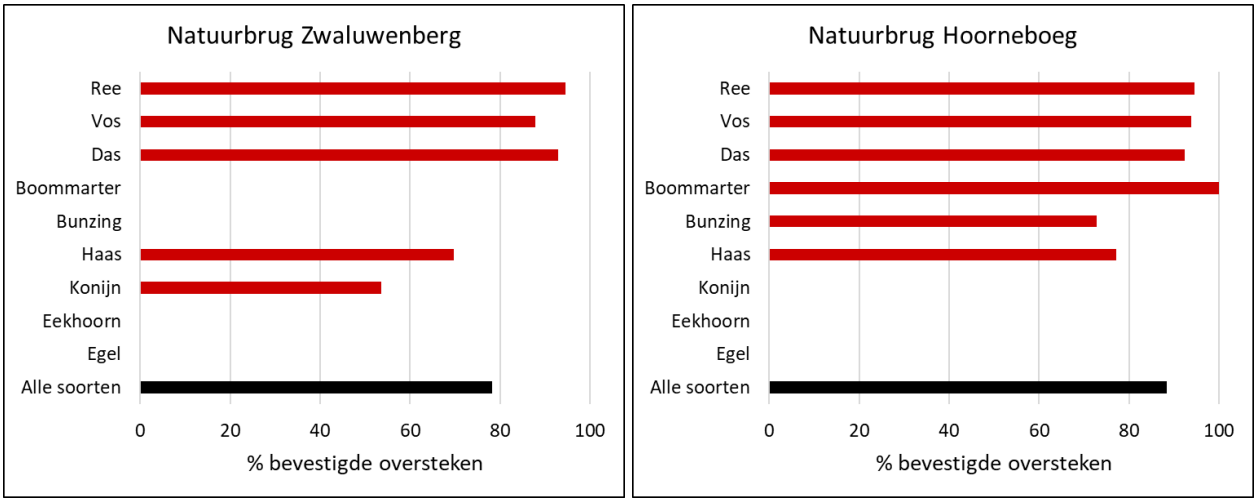
Figuur 4.20 *Das 'Evert' passeert Natuurbrug Zwaluwenberg van west naar oost op 19 april 2018.*
© Foto: E. van der Grift.

Het is niet bekend hoeveel dassen met een halsband in het derde meetjaar van Natuurbrug Zwaluwenberg (1 januari-31 december 2020) nog in het gebied leefden. Drie van de dassen die in 2017 of 2018 van een halsband met zender waren voorzien, hadden deze aan het eind van het onderzoek in november 2018 nog om (Mulder, 2019). Dit betrof de dassen 'Faye', 'Willem' en 'Evert'. In 2018 lag het leefgebied van Faye aan de westkant van de A27, ten zuiden van Maartensdijk. Het leefgebied van Willem lag aan de oostzijde van de A27, ten zuiden van Hollandsche Rading. Omdat de dassen na november 2018 niet meer systematisch zijn gevolgd en de zenders in de loop van 2019 niet meer werkten, was bij aanvang van het derde meetjaar niet bekend of deze dieren nog in het gebied rondliepen. Op 6 april 2020 werd duidelijk dat dit voor Evert wel het geval was, omdat hij toen op Natuurbrug Zwaluwenberg werd geregistreerd. Een tweede passage van deze das vond plaats op 27 april 2020. Na die datum is hij in het derde meetjaar niet meer op de natuurbrug gezien. Dit kan zijn omdat hij niet meer passeerde of omdat hij (kort) na 27 april het gebied heeft verlaten of is gestorven. Omdat de oorzaak voor zijn afwezigheid niet kon worden bepaald, zijn hier twee passagefrequenties berekend: over twaalf maanden (januari-december) en over vier maanden (januari-april). De eerste passagefrequentie is gebaseerd op de aanname dat Evert minimaal tot het eind van het jaar heeft geleefd. De tweede passagefrequentie is gebaseerd op de periode dat hij met zekerheid leefde. De geschatte passagefrequentie van das Evert op basis van twaalf maanden is twee passages per jaar. Dit is

circa 4% van het geschatte, jaarlijkse aantal passages van dassen via Natuurbrug Zwaluwenberg in het derde meetjaar. De geschatte passagefrequentie van das Evert op basis van vier maanden is zes passages per jaar. Dit is circa 12% van het geschatte, jaarlijkse aantal passages van dassen via Natuurbrug Zwaluwenberg in het derde meetjaar.

4.6.4 Bevestigde oversteken

Voor alle soorten samen geldt dat 78% en 88% van de passages op respectievelijk Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg kan worden geclassificeerd als een bevestigde oversteek (Figuur 4.21). Dit betekent dat voor deze dieren een duidelijke oost-west- of west-oost-beweging over de natuurbruggen is geregistreerd. Voor ree, vos en das geldt dat nagenoeg alle passages een bevestigde oversteek zijn. Voor boommarter geldt dat ook, maar dit betrof slechts één waarneming. Voor bunzing, haas en konijn ligt dit percentage lager. Deze soorten zijn relatief vaker jagend dan wel foeragerend aangetroffen, waarbij de dieren geen oversteek maakten. De passages van de eekhoorn zijn voor 0% geclassificeerd als een bevestigde oversteek, maar ook dit cijfer is slechts gebaseerd op één waarneming.



Figuur 4.21 *Per natuurbrug het percentage van de geregistreerde passages die als bevestigde oversteek zijn geclassificeerd, per soort en voor alle soorten samen.*

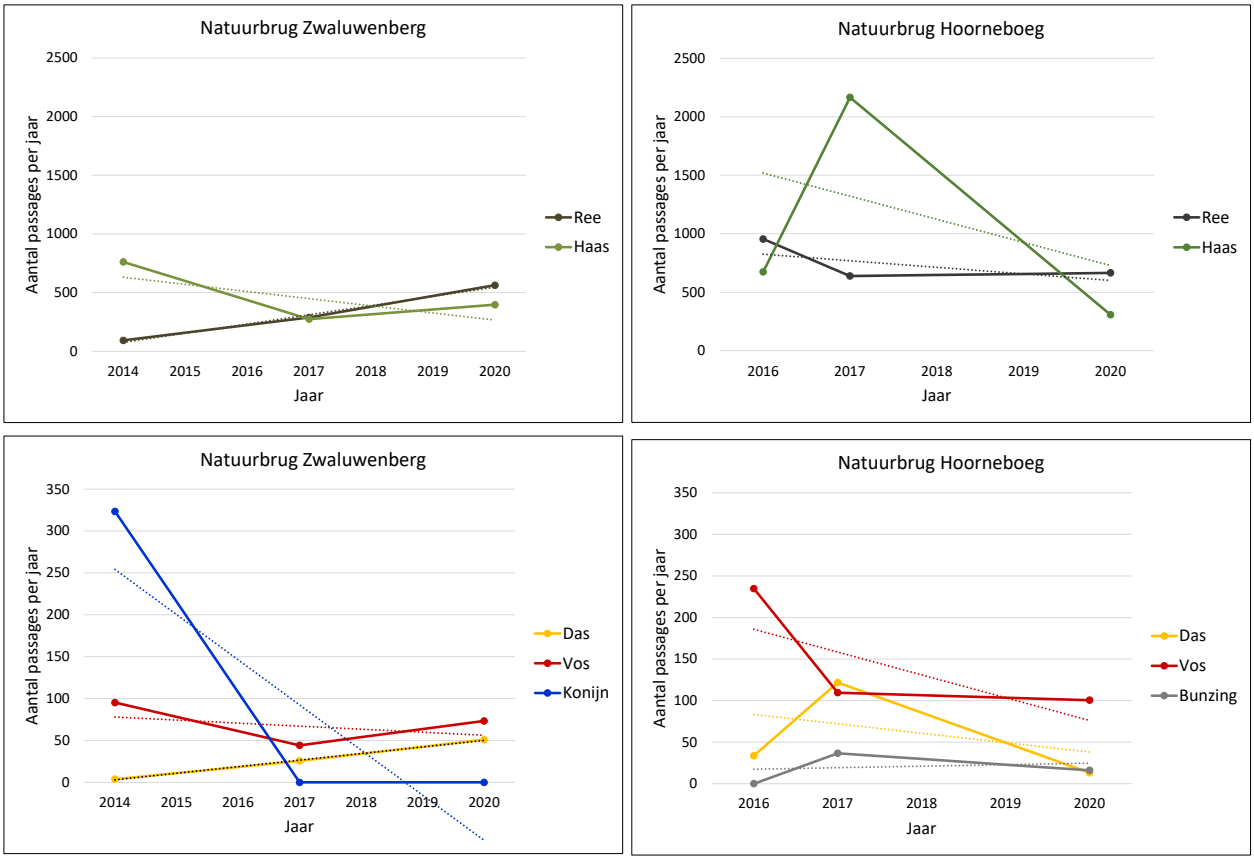
4.6.5 Trend in passagefrequenties over de jaren

Op Natuurbrug Zwaluwenberg is voor de doelsoorten ree en das een toename te zien in de jaarlijkse passagefrequentie (Figuur 4.22). Het aantal passages stijgt voor deze doelsoorten met respectievelijk circa 78 en 8 passages per jaar. Voor de soorten vos, haas en konijn is een afname te zien in de jaarlijkse passagefrequentie. Het aantal passages daalt voor deze soorten met respectievelijk circa 4, 61 en 54 passages per jaar. Voor de das is sprake van een statistisch significante trend die te kwalificeren is als een sterke toename (gemiddeld 63% groei per jaar). Voor alle overige soorten geldt dat (nog) geen sprake is van een statistisch significante trend (Tabel 4.26).

Tabel 4.26 *Per soort de gemiddelde verandering in het aantal passages per jaar (M) op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg, berekend over drie meetjaren. Tevens de uitkomsten van de lineaire regressie om vast te stellen of er sprake is van een significante trend. * = er is een significante trend.*

Soort	M	R^2	t	df	P	Kwalificatie trend
Natuurbrug Zwaluwenberg						
Ree	78,3	0,993	10,44	2	0,06	n.v.t.
Das	7,8	0,998	27,14	2	0,02*	Sterke toename
Vos	-3,7	0,220	-0,48	2	0,72	n.v.t.
Haas	-60,8	0,574	-1,04	2	0,49	n.v.t.
Konijn	-53,8	0,790	-1,73	2	0,33	n.v.t.
Natuurbrug Hoorneboeg						
Ree	-53,8	0,428	-0,83	2	0,56	n.v.t.
Das	-12,4	0,173	-0,5	2	0,71	n.v.t.
Vos	-26,5	0,558	-1,09	2	0,47	n.v.t.
Bunzing	1,5	0,045	0,17	2	0,90	n.v.t.
Haas	-214	0,179	-0,51	2	0,70	n.v.t.

Op Natuurbrug Hoorneboeg is voor de doelsoorten ree en das een afname te zien in de jaarlijkse passagefrequentie (Figuur 4.22). Het aantal passages daalt voor deze doelsoorten met respectievelijk 54 en 12 passages per jaar. Voor de soorten vos en haas is eveneens een afname te zien in de jaarlijkse passagefrequentie. Het aantal passages daalt voor deze soorten met respectievelijk 27 en 214 passages per jaar. Voor de bunzing geldt dat de passagefrequentie over de jaren min of meer gelijk is gebleven. Voor alle soorten geldt dat (nog) geen sprake is van een statistisch significante trend (Tabel 4.26).



Figuur 4.22 *Per soort de trend in het aantal passages per jaar op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg.*

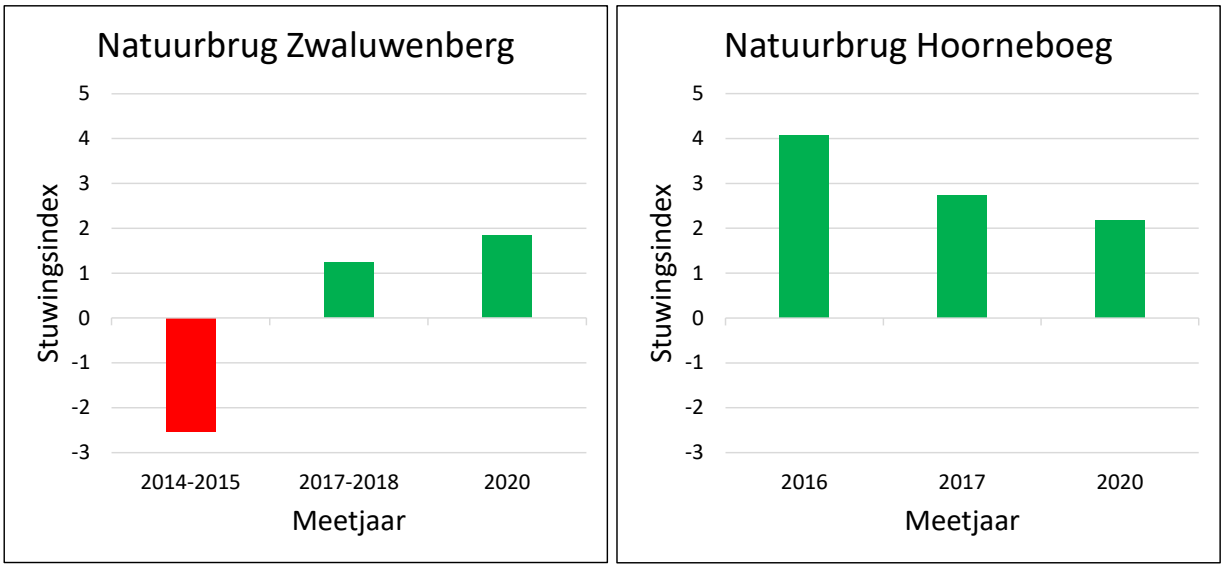
4.6.6 Passagefrequentie natuurverbinding versus omgeving

Doelsoorten
Op Natuurbrug Zwaluwenberg is de passagefrequentie van ree in het eerste meetjaar ruim tweemaal lager dan de gemiddelde passagefrequentie op de referentieplekken binnen voor deze soort geschikte biotopen (Figuur 4.23). Voor ree wijst dit op vermijding: de natuurbrug is minder vaak bezocht dan op basis van toeval kon worden verwacht. In het tweede meetjaar is de passagefrequentie van ree op deze natuurbrug ongeveer gelijk aan die in de omgeving. In het derde meetjaar is er pas sprake van stuwing: de passagefrequentie is tweemaal zo hoog als de gemiddelde passagefrequentie in de omgeving. Op Natuurbrug Hoorneboeg is de stuwingsindex voor ree in alle meetjaren positief, i.e. in alle jaren passeert de soort vaker dan op basis van toeval kon worden verwacht. Deze neemt wel enigszins af over de jaren, van circa 4 in het eerste meetjaar tot circa 2 in het laatste meetjaar. In 2020 komen de stuwingsindexen voor beide natuurbruggen dus met elkaar overeen.

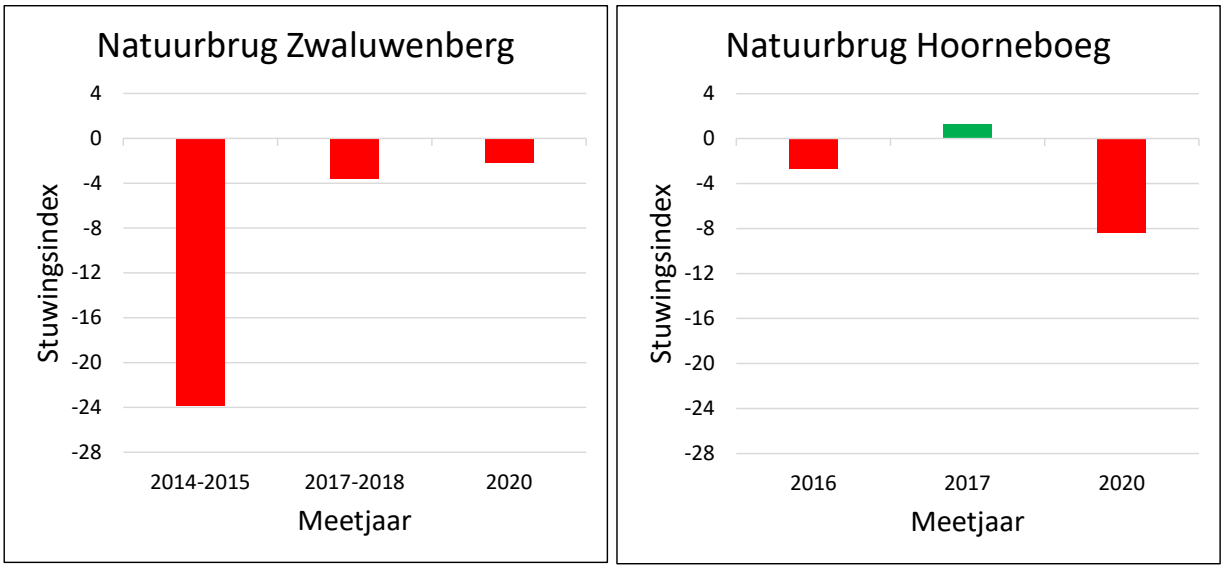
Op Natuurbrug Zwaluwenberg is de stuwingsindex voor das in alle meetjaren negatief (Figuur 4.24). Van stuwing is dus geen sprake; de soort passeert alle meetjaren minder vaak dan op de referentieplekken in de omgeving. De verschillen tussen deze natuurbrug en de omgeving worden over de jaren wel kleiner; terwijl in het eerste meetjaar de soort 24x minder vaak passeert dan in de omgeving, is dit in het derde jaar 2x minder. Op Natuurbrug Hoorneboeg is de stuwingsindex in het eerste meetjaar ook negatief, maar minder extreem dan op Natuurbrug Zwaluwenberg; de soort passeert 3x minder vaak in vergelijking met de referentieplekken in de omgeving. In het tweede jaar is de passagefrequentie op de natuurbrug ongeveer gelijk aan die in de omgeving. In het derde meetjaar is deze opnieuw lager dan die in de omgeving, ditmaal een factor 8.

Voor de boommarter kon alleen een stuwingsindex berekend worden voor het tweede meetjaar op Natuurbrug Hoorneboeg; de soort is immers alleen op deze natuurbrug en alleen in dat meetjaar geregistreerd. De stuwingsindex laat zien dat de geschatte passagefrequentie voor de natuurbrug min of meer gelijk is aan de gemiddelde passagefrequentie in de omgeving (Figuur 4.25). Voor deze soort is er dan dus geen aanwijzing voor stuwing noch vermijding.

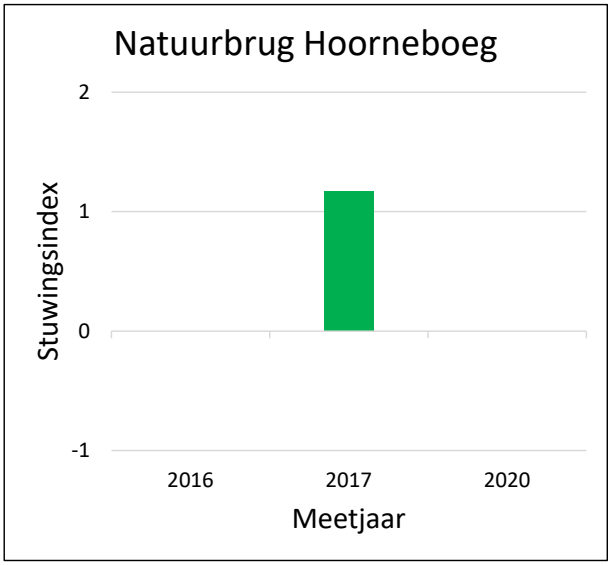
Overige soorten
Op Natuurbrug Zwaluwenberg passeert de vos in het eerste en derde meetjaar min of meer even vaak als in de omgeving (Figuur 4.26). In het tweede meetjaar is er sprake van een negatieve stuwingsindex van 2,5; in dit meetjaar is er dus een indicatie voor vermijding. Op Natuurbrug Hoorneboeg is er in het eerste en derde meetjaar een aanwijzing voor stuwing, met respectievelijk een stuwingsindex van circa 2 en circa 1,5. In het tweede meetjaar komt de passagefrequentie op de natuurbrug overeen met die op de referentieplekken in de omgeving. Voor bunzing kon geen stuwingsindex worden berekend, omdat deze soort nergens in de omgeving is geregistreerd. Op beide natuurbruggen is er voor haas in alle meetjaren sprake van stuwing (Figuur 4.27). Op Natuurbrug Zwaluwenberg varieert deze tussen circa 2 en 6. Op Natuurbrug Hoorneboeg varieert deze tussen circa 4 en 18. Ook voor konijn is de stuwingsindex positief: in het eerste meetjaar passeert de soort Natuurbrug Zwaluwenberg bijna tweemaal vaker als op de referentieplekken in de omgeving (Figuur 4.28). Voor de andere meetjaren kon geen stuwingsindex voor konijn berekend worden, omdat de soort toen niet meer is waargenomen. Dat geldt ook voor Natuurbrug Hoorneboeg, waar konijn niet is geregistreerd. Eekhoorn is alleen op Natuurbrug Hoorneboeg gezien, in het laatste meetjaar. De soort heeft dan een negatieve stuwingsindex: eekhoorn passeert circa tweemaal minder vaak dan gemiddeld op de referentieplekken in de omgeving (Figuur 4.28).



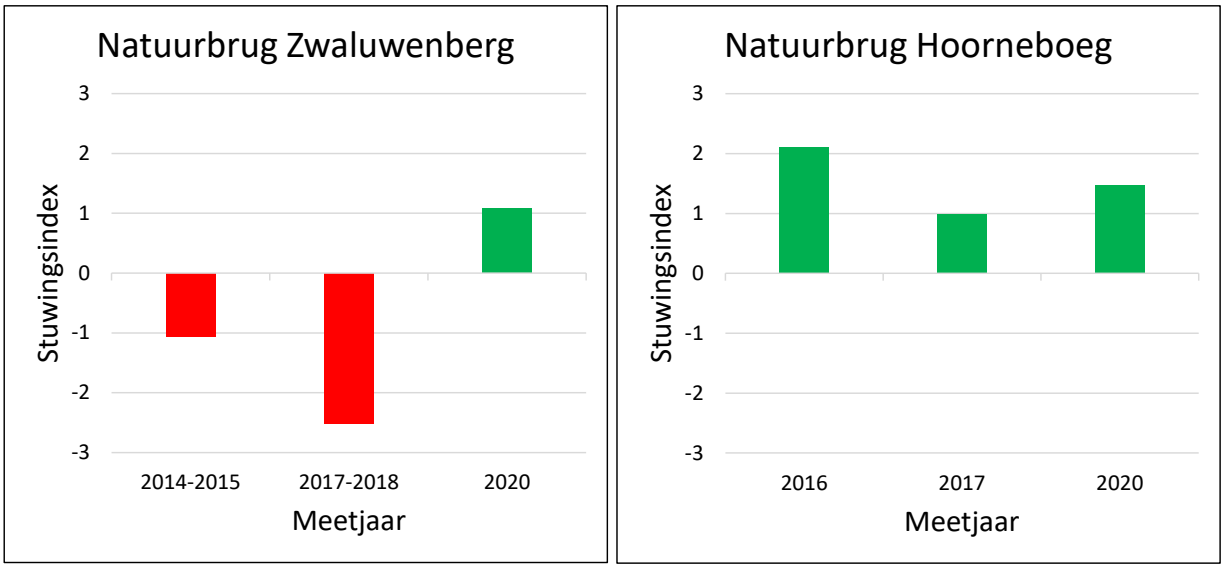
Figuur 4.23 *Stuwingsindex voor de doelsoort ree per meetjaar en per natuurbrug.*



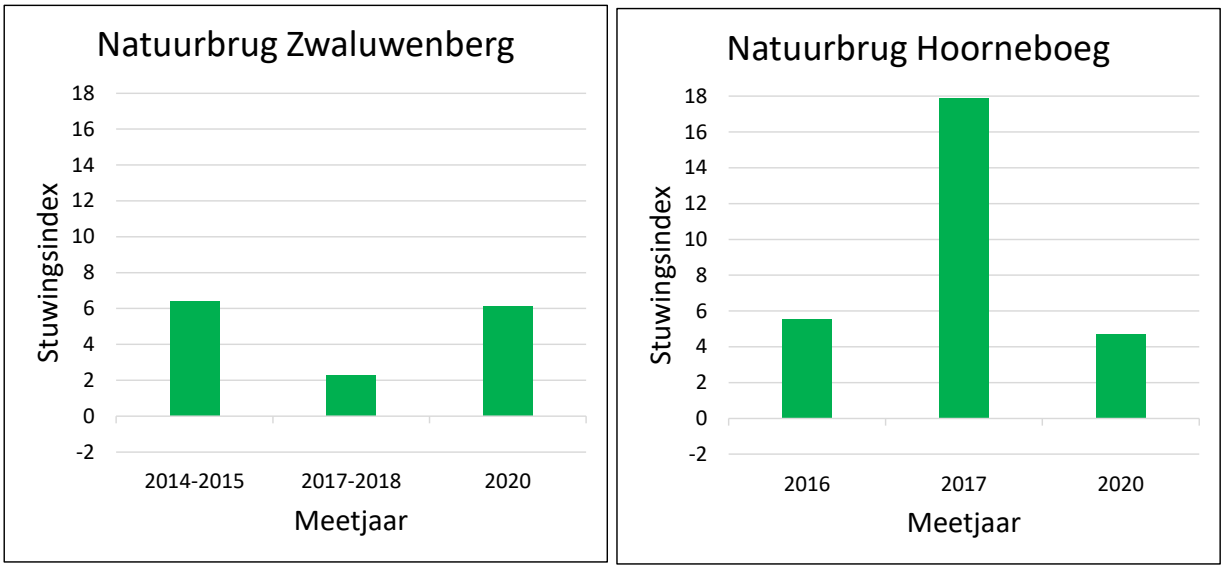
Figuur 4.24 *Stuwingsindex voor de doelsoort das per meetjaar en per natuurbrug.*



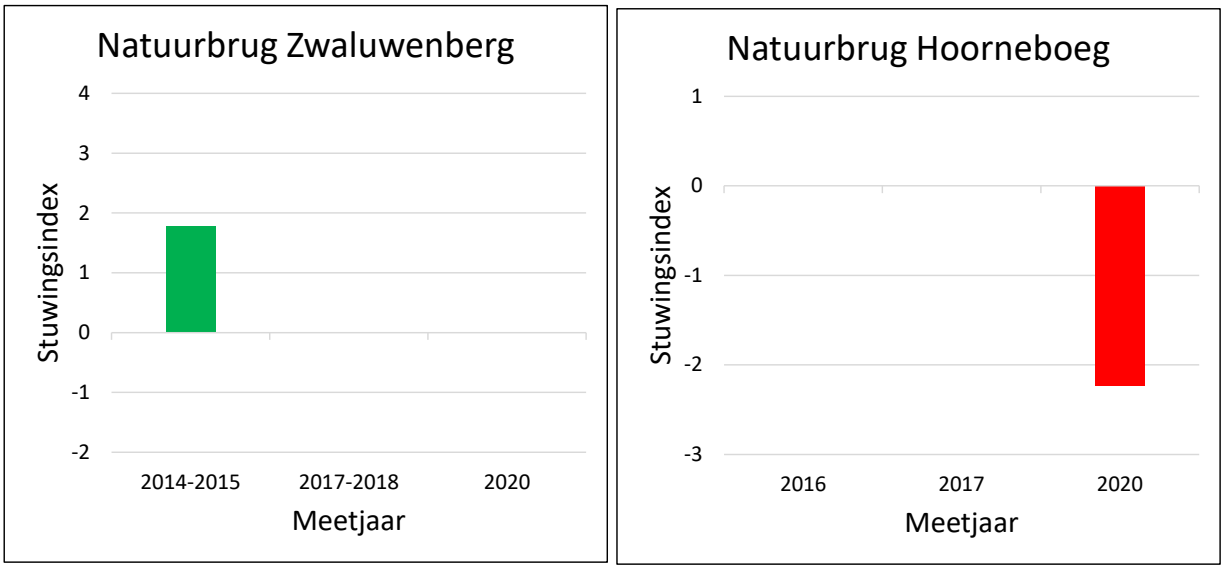
Figuur 4.25 *Stuwingsindex per meetjaar voor de doelsoort boommarter op Natuurbrug Hoorneboeg.*



Figuur 4.26 *Stuwingsindex voor vos per meetjaar en per natuurbrug.*



Figuur 4.27 *Stuwingsindex voor haas per meetjaar en per natuurbrug.*



Figuur 4.28 *Stuwingsindex per meetjaar voor konijn op Natuurbrug Zwaluwenberg (links) en voor eekhoorn op Natuurbrug Hoorneboeg (rechts).*

4.6.7 Levensvatbaarheid populaties

Ree

Ingeval we uitgaan van doelpopulatie Het Gooi-Zuid en we rekenen met de laagste populatiedichtheid, zijn er via de natuurverbinding jaarlijks 70 passages van adulte reeën nodig om de populaties levensvatbaar te houden (Tabel 4.27). Als we uitgaan van een tweemaal hogere populatiedichtheid van vijf dieren per 100 ha, zijn 10 passages per jaar al voldoende. Datzelfde aantal passages is nodig als we uitgaan van de grotere doelpopulatie Het Gooi-Zuid/Loosdrecht en de laagste populatiedichtheid. Voor alle overige scenario's geldt dat de populatiegrootte in het doelgebied groot genoeg is voor levensvatbare populaties. Passages zijn dan niet meer nodig om 100% van de tijd een door ree bewoond doelgebied te hebben. In 2020 is het aantal volledige passages van de natuurverbinding, zonder terugkeer in dezelfde nacht, geschat op 74. Dit aantal is hoger dan wat nodig is volgens de doorgerekende scenario's. Dit betekent dat de natuurverbinding voor voldoende uitwisseling zorgt om levensvatbare populaties voor ree aan weerszijden van de infrastructuur te waarborgen, zelfs bij de meest strikte begrenzing van het doelgebied en de laagste schatting voor de populatiedichtheid.

Tabel 4.27 *Per scenario het aantal passages dat voor de doelsoort ree nodig is om de levensvatbaarheid van de populaties te waarborgen.*

		Dichtheid (aantal dieren per 100 ha)				
Brongebied	**Doelgebied**	**2,5**	**5**	**10**	**15**	**20**
1	1	70	10	0	0	0
1	2	10	0	0	0	0
1	3	0	0	0	0	0

Das

Ingeval we uitgaan van doelpopulatie Het Gooi-Zuid en we rekenen met een op de in 2020 uitgevoerde telling gebaseerde populatiegrootte (35 adulten) in het doelgebied, zijn er via de natuurverbinding jaarlijks 30 passages van adulte dassen nodig om de populatie levensvatbaar te houden (Tabel 4.28). Dit geldt voor zowel een bronpopulatie van 100 dieren als 150 dieren. Als we uitgaan van een doelpopulatie met 40 adulten zijn 20 passages per jaar nodig. Bestaat de doelpopulatie uit 45, 50 of 55 dieren, dan zijn 10 passages per jaar al voldoende. Bevat de doelpopulatie 60 adulten of meer, dan is deze groot genoeg om de levensvatbaarheid van de populatie te waarborgen en is uitwisseling niet meer nodig om het doelgebied bevolkt te houden. Als we uitgaan van het grotere brongebied Heuvelrug/Het Gooi, dan zijn de uitkomsten hetzelfde. De grootte van het doelgebied is hier voor de das dus limiterend en niet de grootte van het brongebied. In 2020 is het aantal volledige passages van de natuurverbinding door dassen, zonder terugkeer in dezelfde nacht, geschat op 0. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn 35 passages van de das geregistreerd zonder terugkeer in dezelfde nacht. Op Natuurbrug Hoorneboeg waren dit er 11. Maar geen van deze passages correspondeerde met een passage op de andere natuurbrug, waardoor er geen sprake is van volledige passages van de natuurverbinding. Dit betekent dat volgens het model de natuurverbinding vooralsnog voor onvoldoende uitwisseling zorgt om levensvatbare populaties voor das aan weerszijden van de infrastructuur te waarborgen.

Tabel 4.28 *Per scenario het aantal passages dat voor de doelsoort das nodig is om de levensvatbaarheid van de populaties te waarborgen.*

		Doelgebied					
Brongebied	**Aantal (sub)adulte dieren in de bronpopulatie**	**1**	**2a**	**2b**	**2c**	**2d**	**2e**
1	100	30	20	10	10	10	0
1	150	30	20	10	10	10	0
2	200	30	20	10	10	10	0
2	300	30	20	10	10	10	0

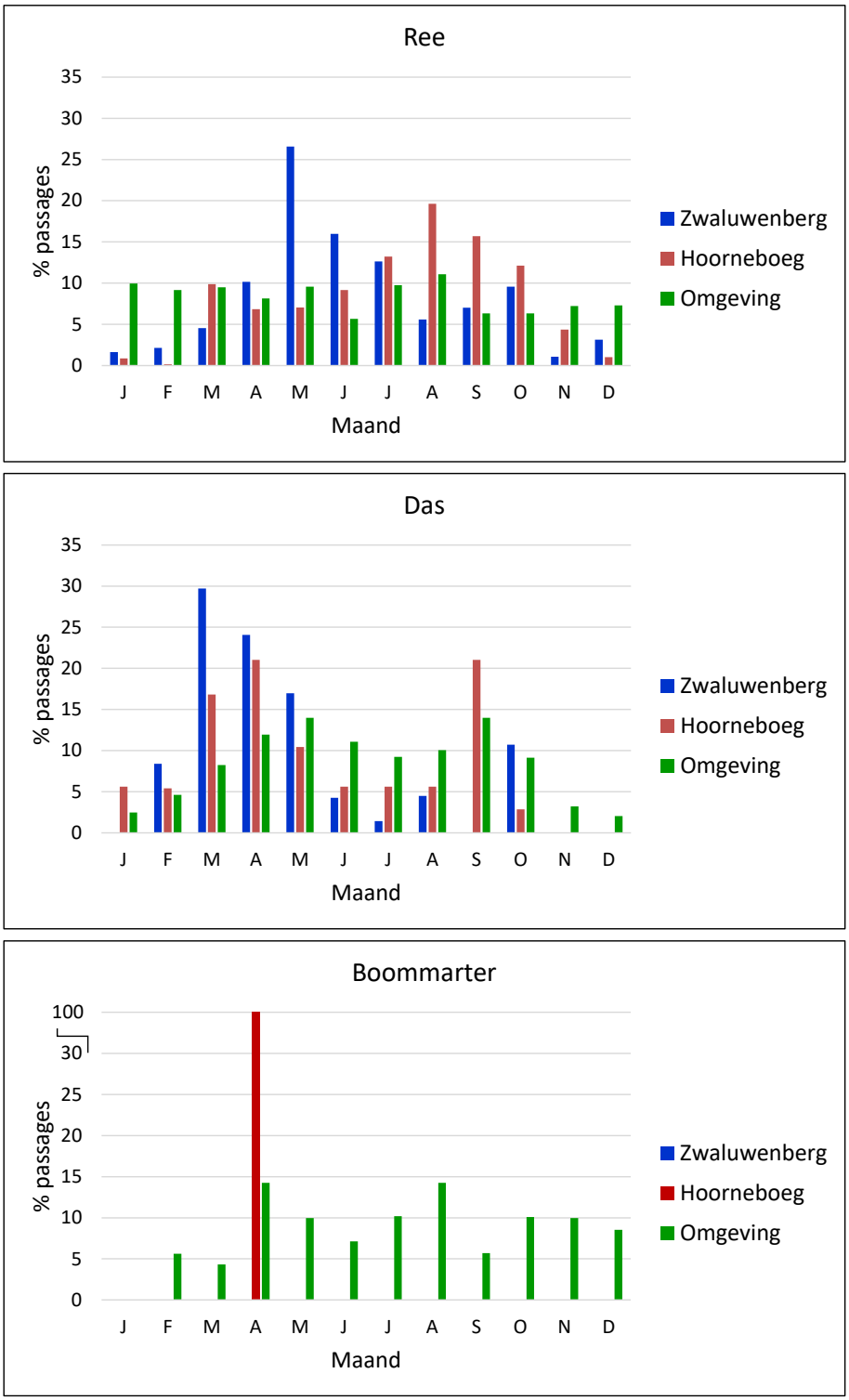
Boommarter
Ingeval we uitgaan van een populatiedichtheid van 1 dier per 100 ha kan een overlevingskans van 100% alleen bereikt worden bij de bronpopulaties Heuvelrug-Noord/Het Gooi of Heuvelrug/Het Gooi in combinatie met doelpopulatie Het Gooi-Zuid/Loosdrecht/Maarsseveen (Tabel 4.29). Er zijn dan respectievelijk 90 en 80 passages van adulte boommarters nodig. In alle andere scenario's met deze populatiedichtheid is geen 100% overlevingskans voor de populaties te bereiken, ongeacht het aantal passages. Bij een populatiedichtheid van 2 dieren per 100 ha ontstaat een vergelijkbaar beeld, alleen zijn dan ook al levensvatbare populaties te bereiken voor de doelpopulatie Het Gooi/Loosdrecht. Het aantal passages dat in deze scenario's nodig is voor een overlevingskans van 100% ligt beduidend lager en varieert tussen 10 en 30 passages per jaar. Ingeval we uitgaan van een populatiedichtheid van 3 dieren per 100 ha kan in alle scenario's een overlevingskans van 100% bereikt worden. Hiervoor zijn jaarlijks 50 passages nodig als Het Gooi-Zuid de doelpopulatie is. Is Het Gooi-Zuid/Loosdrecht de doelpopulatie, dan zijn jaarlijks 10 passages nodig. Als we rekenen met de grootste doelpopulatie – Het Gooi-Zuid/Loosdrecht/Maarsseveen – dan is uitwisseling via de natuurverbinding geen vereiste meer om een overlevingskans van 100% te bereiken. In 2020 is het aantal volledige passages van de natuurverbinding door boommarters, zonder terugkeer in dezelfde nacht, geschat op 0. Op beide natuurbruggen zijn er immers geen passages van boommarters geregistreerd. In 2017 is er wel een passage van boommarter waargenomen op Natuurbrug Hoorneboeg. Deze passage correspondeerde echter niet met een passage op Natuurbrug Zwaluwenberg. Van een volledige passage van de natuurverbinding was daarom geen sprake. Dit betekent dat volgens het model de natuurverbinding vooralsnog voor onvoldoende uitwisseling zorgt om levensvatbare populaties voor boommarter aan weerszijden van de infrastructuur te waarborgen.

Tabel 4.29 *Per scenario het aantal passages dat voor de doelsoort boommarter nodig is om de levensvatbaarheid van de populaties te waarborgen. X = Zelfs als de natuurverbinding zorgt voor 100% mixing van de twee populaties, zal de gewenste overlevingskans van 100% van de tijd niet worden bereikt.*

		Dichtheid (aantal dieren per 100 ha)		
Brongebied	**Doelgebied**	**1**	**2**	**3**
1	1	X	X	50
1	2	X	30	10
1	3	X	10	0
2	1	X	X	50
2	2	X	30	10
2	3	90	10	0
3	1	X	X	50
3	2	X	30	10
3	3	80	10	0

4.6.8 Verdeling passages over het jaar

De doelsoort ree is in de omgeving van Natuurverbinding Zwaluwenberg in alle maanden van het jaar geregistreerd, min of meer in gelijke proporties, variërend van circa 5 tot 10% van het jaarlijkse aantal passages (Figuur 4.29). Ook op de natuurbruggen is de soort in alle maanden waargenomen. In de wintermaanden, januari-februari en november-december, zijn er echter relatief weinig passages op de natuurbruggen geregistreerd in vergelijking met de omgeving. De proporties blijven in deze maanden beneden 5%. In de overige maanden zijn de proporties circa 5% of hoger. Er zijn wel verschillen tussen de twee natuurbruggen. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn de meeste passage geregistreerd in de maanden mei en juni. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dat in de maanden augustus-oktober. De verschillen in de procentuele verdeling van de passages over het jaar op de natuurbruggen en in de omgeving zijn voldoende groot om te spreken van een significant verschil (Zwaluwenberg: χ^2=149,5; df=11; p<0,001; Hoorneboeg: χ^2=227,3; df=11; p<0,001).



Figuur 4.29 *Per doelsoort de procentuele verdeling van het gemiddelde aantal passages over het jaar voor de twee natuurbruggen en de referentieplekken in de omgeving.*

De doelsoort das is in de omgeving van Natuurverbinding Zwaluwenberg in alle maanden van het jaar geregistreerd (Figuur 4.29). De proporties verschillen echter wel per maand. In de wintermaanden, januari-februari en november-december, zijn er relatief weinig passages (<5%). In de overige maanden varieert het aantal passages tussen 8 en 14% van het jaarlijkse aantal passages. Ook op de natuurbruggen is de soort niet in alle maanden waargenomen. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn geen passages van dassen geregistreerd in de maanden januari, september, november en december. Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn geen passages van dassen geregistreerd in de maanden november en december. Op beide natuurbruggen zijn relatief veel passages geregistreerd in april en mei. Op Natuurbrug Hoorneboeg is daarnaast een piek in passages te zien in september. De verschillen in de procentuele verdeling van de passages over het jaar op Natuurbrug Zwaluwenberg en in de omgeving zijn voldoende groot om te spreken van een significant verschil (χ^2=21,1; df=11; p=0,03). Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit niet het geval, de procentuele verdeling van de passages over het jaar verschilt hier niet significant van die in de omgeving (χ^2=6,5; df=11; p=0,84).

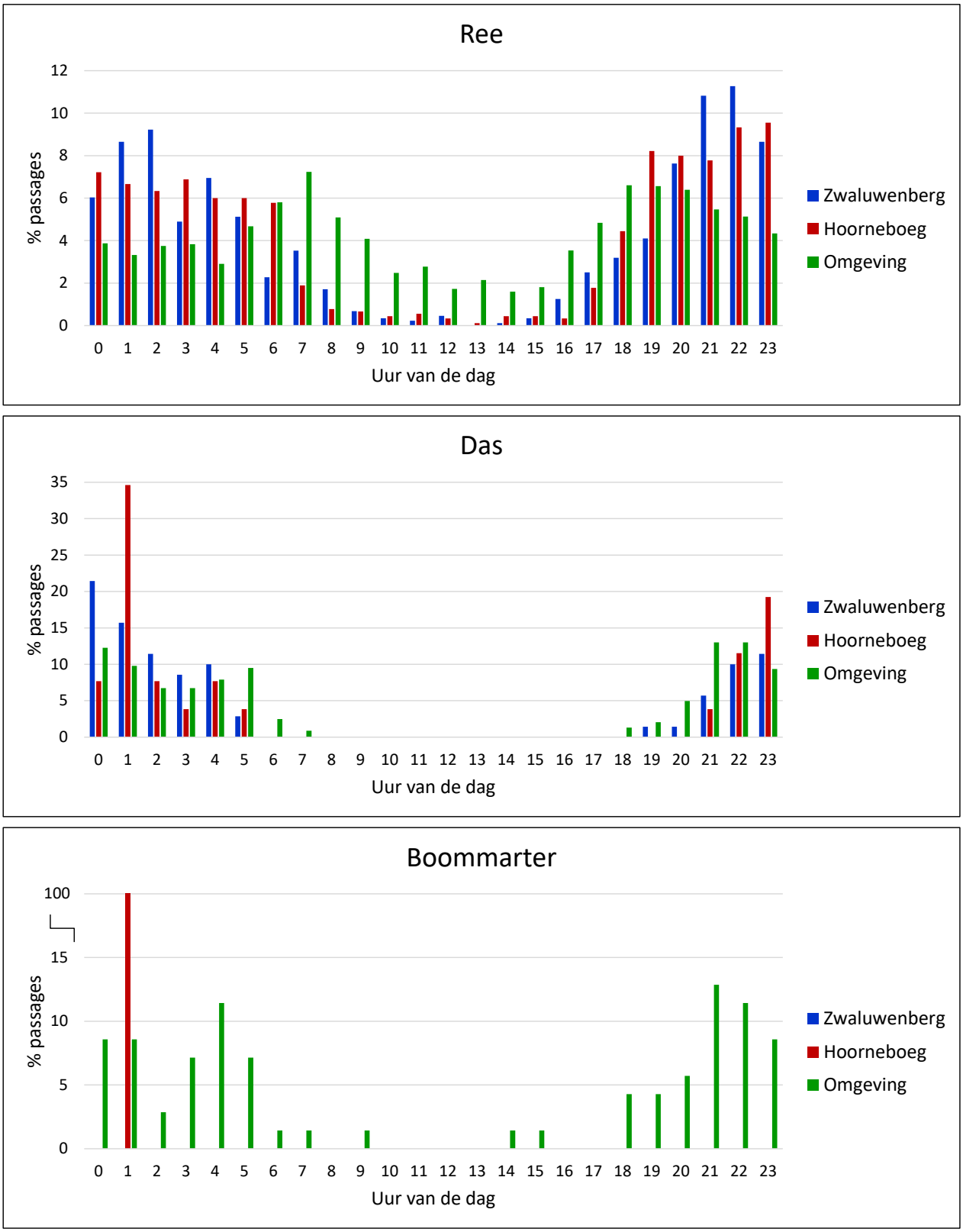
De doelsoort boommarter is in de omgeving van Natuurverbinding Zwaluwenberg in alle maanden van het jaar geregistreerd, behalve in januari (Figuur 4.29). De proporties variëren van circa 5 tot 15% per maand. De meeste passages zijn geregistreerd in april en augustus. De boommarter is slechts eenmaal in de natuurverbinding waargenomen, in de maand april. Hierdoor is een statistische vergelijking van de proportionele verdeling van de passages over de maanden van het jaar tussen de natuurbruggen en de omgeving niet te maken.

4.6.9 Verdeling passages over het etmaal

Voor ree zien we dat de procentuele verdeling van de passages over het etmaal op zowel Natuurbrug Zwaluwenberg (χ^2=389,8; df=23; p<0,001) als Natuurbrug Hoorneboeg (χ^2=338,1; df=23; p<0,001) significant verschilt van die in de omgeving (Figuur 4.30). In de omgeving zijn relatief veel passages in de ochtend waargenomen (rond 7:00 uur), zien we dat de dieren ook gedurende de dag een zekere activiteit laten zien en is er sprake van een piek in passages in de vroege avond tussen 18:00 en 21:00 uur. Voor de natuurbrug is het beeld anders. Tussen 7:00 en 18:00 uur zijn er relatief weinig passages. Na 18:00 uur neemt het aantal passages pas toe. Vanaf 20:00 uur tot 6:00 uur zijn de percentages op beide natuurbruggen hoger dan die in de omgeving. In deze uren vindt op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg 80 respectievelijk 74% van alle passages plaats. In de omgeving passeert in deze periode 44% van alle passages.

Voor das zien we dat de procentuele verdeling van de passages over het etmaal op zowel Natuurbrug Zwaluwenberg (χ^2=11,0; df=13; p=0,61) als Natuurbrug Hoorneboeg (χ^2=13,1; df=13; p=0,44) niet significant verschilt van die in de omgeving (Figuur 4.30). Gedurende de dag is de das niet actief. De eerste waarnemingen zijn gedaan vanaf 18:00 uur, maar deze zijn beperkt in aantal. Na 20:00 uur neemt het aantal passages in de omgeving toe. Tussen 21:00 en 06:00 uur varieert het percentage passages voor de omgeving tussen 7 en 13%. Na 06:00 neemt de activiteit weer snel af; na 08:00 uur zijn er in de omgeving geen waarnemingen meer gedaan. In de natuurverbinding is het beeld vergelijkbaar. Ook hier zijn dassen pas na 18:00 uur waargenomen. Een toename in passages is te zien vanaf 21:00 uur, dus een uur later dan in de omgeving. Tussen 22:00 en 23:00 uur is de activiteit op de bruggen en in de omgeving vergelijkbaar. Vanaf 23:00 tot 03:00 uur is er relatief meer activiteit op de natuurbruggen dan in de omgeving. In deze uren vindt op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg 60 respectievelijk 69% van alle passages plaats. In de omgeving passeert in deze uren 38% van alle passages die daar plaatsvinden. Vanaf 03:00 tot 05:00 uur is activiteit op de natuurbruggen en in de omgeving weer min of meer vergelijkbaar. Tussen 05:00 en 06:00 uur zijn de percentages voor de natuurbruggen lager dan die in de omgeving. Na 06:00 uur zijn geen dassen meer waargenomen in de natuurverbinding.

In de omgeving is de boommarter incidenteel gedurende de dag geregistreerd (Figuur 4.30). De meeste passages – 80% – zijn echter in de nacht gedaan, tussen 21:00 en 06:00 uur. In de natuurverbinding is de boommarter maar eenmaal waargenomen. Hierdoor is een statistische vergelijking van de proportionele verdeling van de passages over de uren van het etmaal tussen de natuurbruggen en de omgeving niet te maken.



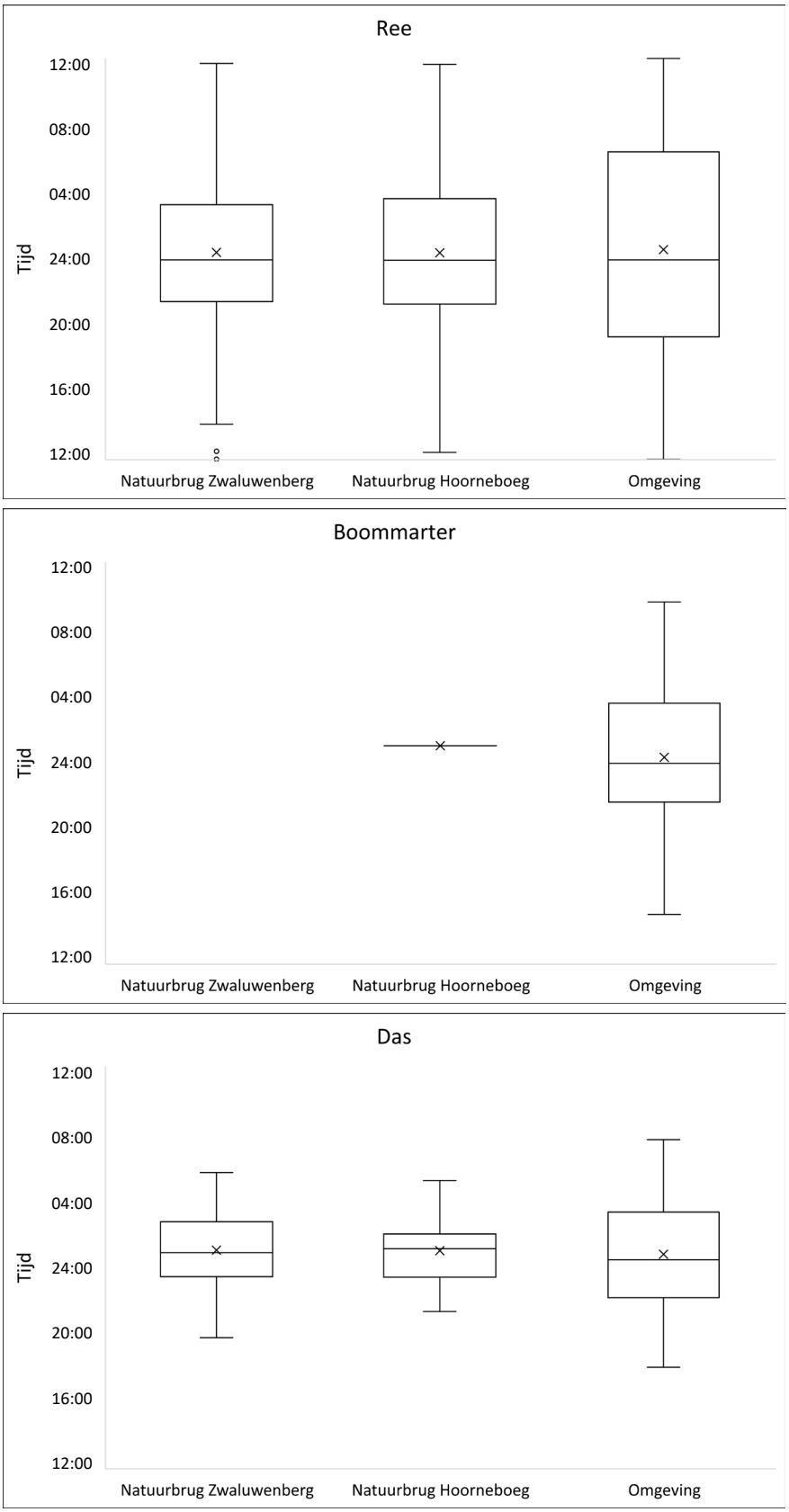
Figuur 4.30 *Per doelsoort de procentuele verdeling van het gemiddelde aantal passages over het etmaal voor de twee natuurbruggen en de referentieplekken in de omgeving.*

4.6.10 Gemiddeld tijdstip van passage

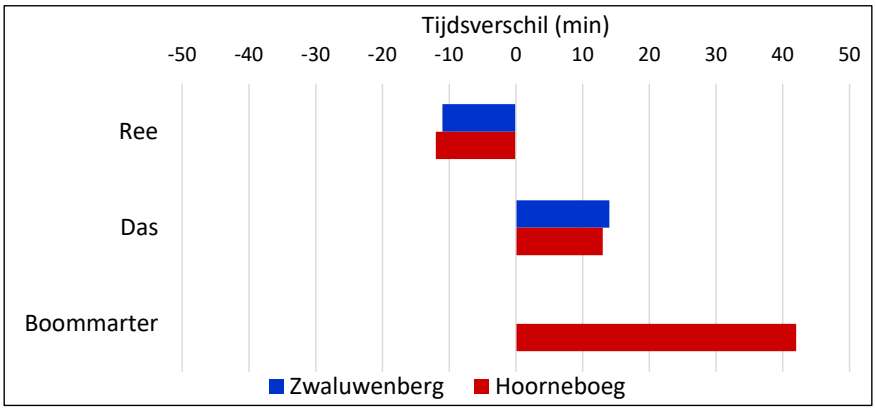
Het gemiddelde tijdstip van passeren door ree op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg is respectievelijk 00:23 en 00:22 uur (Figuur 4.31). In de omgeving passeren reeën gemiddeld ruim tien minuten later, om 00:34 uur (Figuur 4.32). Er is geen significant verschil wat betreft gemiddeld tijdstip van passeren tussen de natuurbruggen (t=0,12, df=1.776, p=0,906). Dat geldt ook voor het gemiddelde tijdstip van passeren in de omgeving versus die op Natuurbrug Zwaluwenberg (t=-0,95, df=2.423, p=0,342) en Natuurbrug Hoorneboeg (t=-1,06, df=2.422, p=0,289).

Het gemiddelde tijdstip van passeren door das op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg is respectievelijk 01:03 en 01:01 uur (Figuur 4.31). In de omgeving passeren dassen gemiddeld bijna een kwartier eerder, om 00:48 uur (Figuur 4.32). Er is geen significant verschil wat betreft gemiddeld tijdstip van passeren tussen de natuurbruggen (t=0,05, df=97, p=0,959). Dat geldt ook voor het gemiddelde tijdstip van passeren in de omgeving versus die op Natuurbrug Zwaluwenberg (t=0,83, df=103, p=0,411) en Natuurbrug Hoorneboeg (t=0,52, df=30, p=0,604).

De boommarter passeerde Natuurbrug Hoorneboeg om 01:02 (Figuur 4.31). In de omgeving passeren boommarters gemiddeld ruim 40 minuten eerder, om 00:21 uur (Figuur 4.32). Voor deze soort kon niet op significantie worden getoetst, omdat de soort in de natuurverbinding slechts eenmaal is waargenomen.



Figuur 4.31 *Per doelsoort de spreiding in tijdstip waarop de dieren de natuurbruggen en referentieplekken passeren. De middellijn in de box is de mediaan; de ondergrens van de box is de grenswaarde voor het eerste kwartiel (25% van alle waarden ligt onder deze grenswaarde); de bovengrens van de box is het derde kwartiel (75% van alle waarden ligt onder deze grenswaarde). De 'whiskers' onder en boven de box geven respectievelijk de minimum- en maximumwaarde in de dataset; de punten zijn 'outliers'. De X geeft de gemiddelde waarde.*



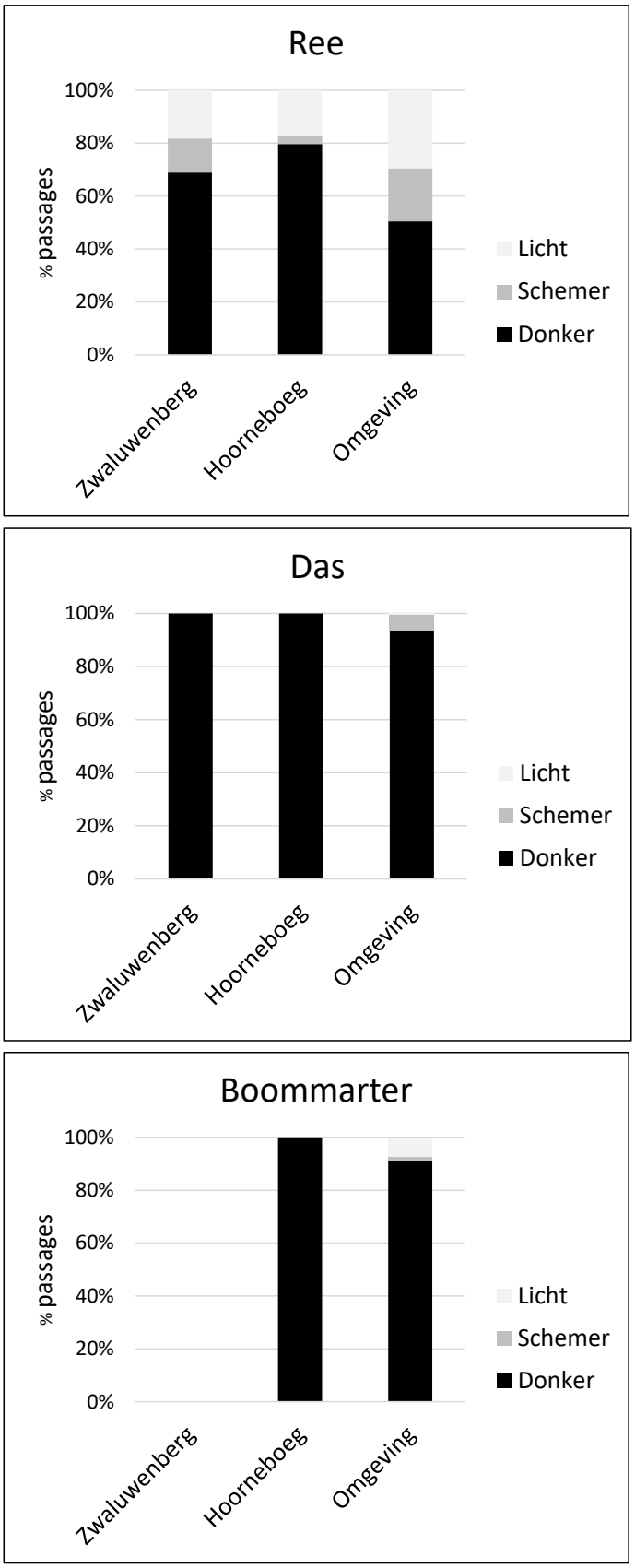
Figuur 4.32 *Per doelsoort het gemiddelde tijdsverschil tussen passages op de natuurbruggen en passages in de omgeving.*

4.6.11 Verdeling passages over lichttoestand

De verdeling van het aantal passages over de drie lichttoestanden in de omgeving verschilt voor ree significant van die op Natuurbrug Zwaluwenberg (χ^2=88,2; df=2; p<0,001) en op Natuurbrug Hoorneboeg (χ^2=253,7; df=2; p<0,001). In de omgeving passeert 50% van de dieren in het donker (Figuur 4.33). Op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg is dit respectievelijk bijna 70 en 80%.

De verdeling van het aantal passages over de drie lichttoestanden in de omgeving verschilt voor das niet significant van die op Natuurbrug Zwaluwenberg (χ^2=4,7; df=2; p=0,097) en op Natuurbrug Hoorneboeg (χ^2=1,7; df=2; p=0,419). In de omgeving passeert bijna 95% van de dieren in het donker (Figuur 4.33). Op beide natuurbruggen is dit 100%. Een klein deel van de passages in de omgeving is geregistreerd in de schemering. Er zijn geen waarnemingen gedaan bij daglicht.

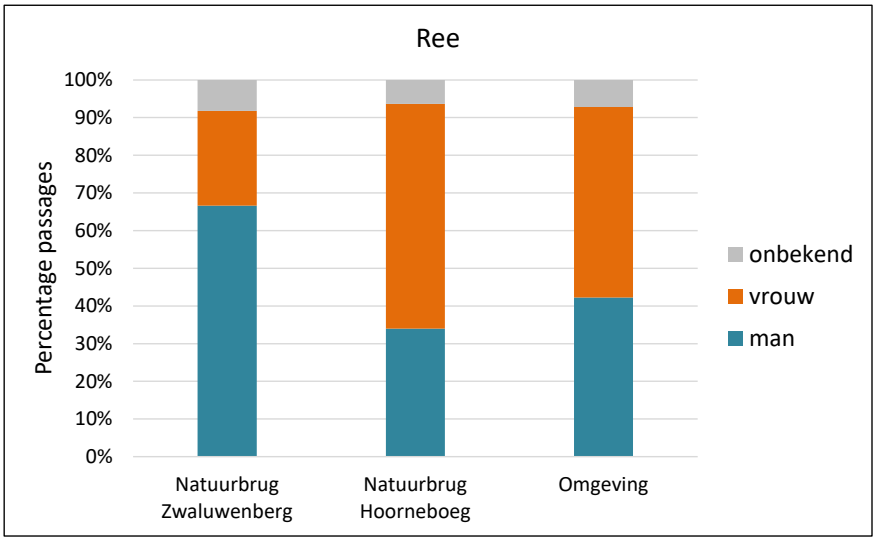
De boommarter passeerde Natuurbrug Hoorneboeg in het donker. In de omgeving passeert ruim 90% van de dieren in het donker (Figuur 4.33). Deze soort is echter ook tijdens daglicht geregistreerd. Voor de boommarter kon niet op significantie worden getoetst, omdat de soort in de natuurverbinding slechts eenmaal is waargenomen.



Figuur 4.33 *Per doelsoort de procentuele verdeling van de passages over de drie lichttoestanden, in de omgeving en op beide natuurbruggen.*

4.6.12 Geslachtsverhouding

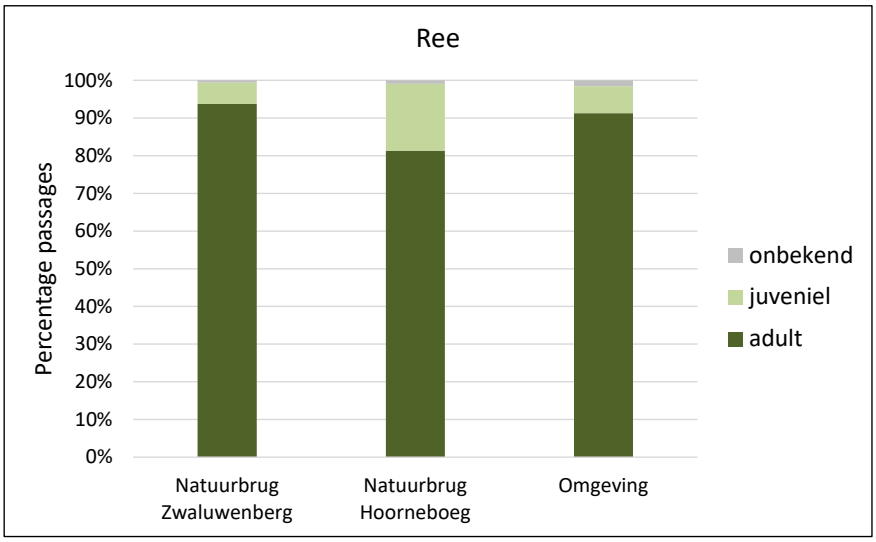
Alleen voor de doelsoort ree kon het geslacht worden bepaald op basis van de camerabeelden (Figuur 4.34). Das en boommarter blijven hier dus buiten beschouwing. Op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg kon voor respectievelijk 8 en 6% van de passerende, adulte reeën het geslacht niet worden bepaald. In de omgeving was dit het geval voor 7% van de passages. De geslachtsverhouding van ree op Natuurbrug Zwaluwenberg is 1:0,4. Op Natuurbrug Hoorneboeg is de geslachtsverhouding 1:1,8. Dit betekent dat op Natuurbrug Zwaluwenberg 27% van de passerende dieren waarvan het geslacht kon worden bepaald, vrouw is. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit 64% van de passerende reeën. De geslachtsverhoudingen op de natuurbruggen verschillen beide significant van die in de omgeving (Zwaluwenberg: χ^2=66,6; df=1; p<0,001; Hoorneboeg: χ^2=18,0; df=1; p<0,001), waar gemiddeld 55% van de passerende dieren vrouw is (M:V = 1:1,2).



Figuur 4.34 *Voor de doelsoort ree de procentuele verdeling van de passages over de geslachten op de natuurbruggen en in de omgeving.*

4.6.13 Leeftijdsverdeling

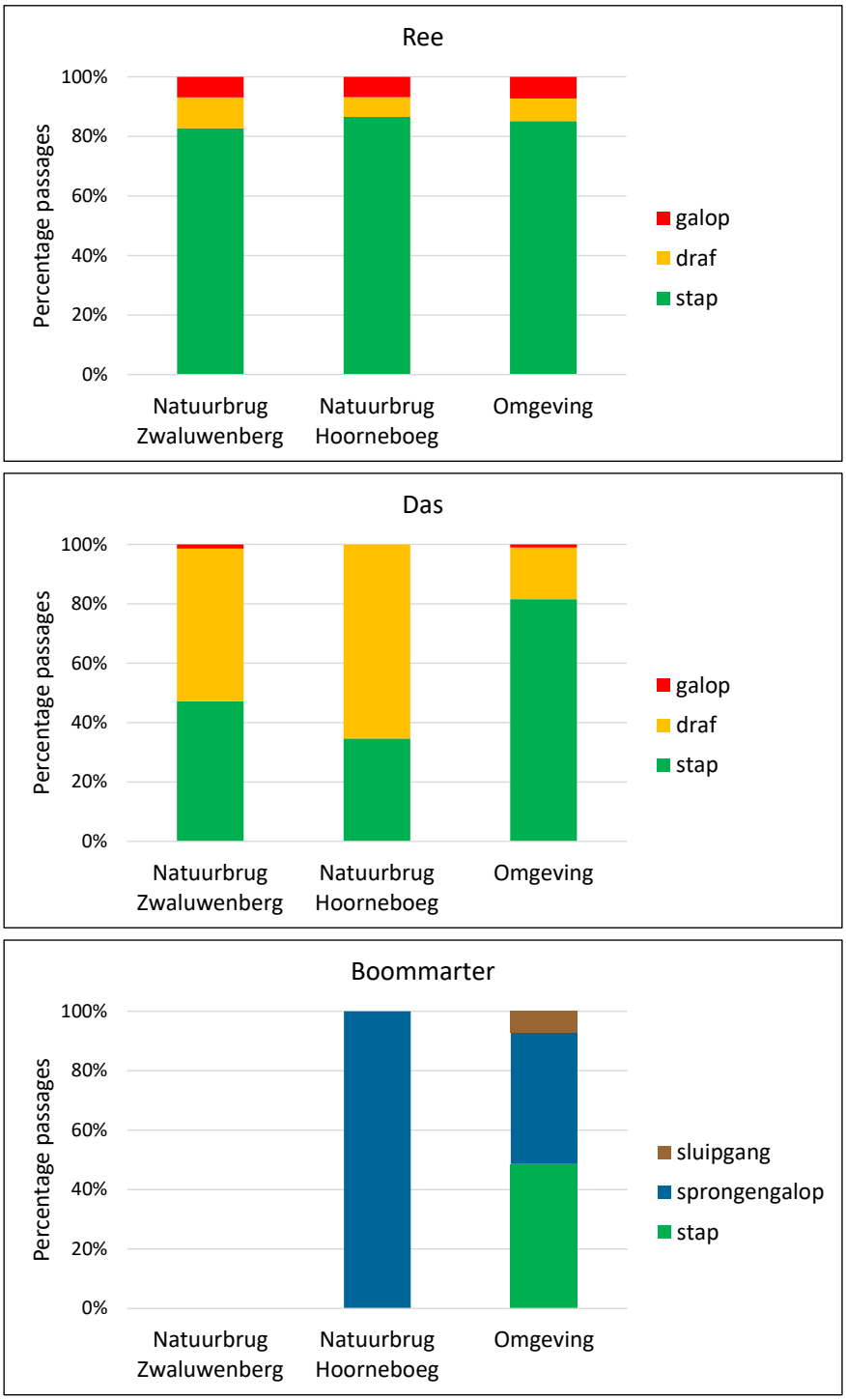
Alleen voor de doelsoort ree zijn naast adulten ook juveniele dieren op de natuurbruggen geregistreerd (Figuur 4.35). Das en boommarter blijven hier dus buiten beschouwing. Over alle meetjaren zijn op Natuurbrug Zwaluwenberg 50 passages van een reekalf geregistreerd. Op deze natuurbrug kon voor 1% van de passerende reeën de leeftijd niet worden bepaald. Over alle meetjaren zijn op Natuurbrug Hoorneboeg 160 passages van een reekalf geregistreerd. Op deze natuurbrug kon eveneens voor 1% van de passerende reeën de leeftijd niet worden bepaald. Over alle meetjaren zijn in de omgeving 170 passages van een reekalf geregistreerd. In de omgeving kon voor 2% van de passerende reeën de leeftijd niet worden bepaald. De verhouding adult:juveniel op Natuurbrug Zwaluwenberg is 1:0,06. Op Natuurbrug Hoorneboeg is deze verhouding 1:0,22. Dit betekent dat op Natuurbrug Zwaluwenberg 6% van de passerende dieren waarvoor de leeftijd kon worden bepaald, juveniel is. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit 18% van de passerende reeën. De leeftijdsverdeling op Natuurbrug Zwaluwenberg verschilt niet significant van die in de omgeving (χ^2=2,4; df=1; p<0,120), waar gemiddeld 7% van de passerende dieren juveniel is (adult:juveniel = 1:1,08). De leeftijdsverdeling op Natuurbrug Hoorneboeg verschilt wel significant van die in de omgeving (χ^2=66,03; df=1; p<0,001).



Figuur 4.35 *Voor de doelsoort ree de procentuele verdeling van de passages over de leeftijdscategorieën op de natuurbruggen en in de omgeving.*

4.6.14 Loopwijze

De loopwijze van een dier kon niet altijd worden bepaald, bijvoorbeeld omdat het dier niet bewoog of slechts voor een (klein) deel te zien was op de fotobeelden. Op de natuurbruggen kon voor <1% van de geregistreerde reeën geen loopwijze worden bepaald. In de omgeving gold dit eveneens voor <1% van de passages van deze soort. Op de natuurbruggen kon voor alle geregistreerde dassen een loopwijze worden bepaald. In de omgeving kon voor <1% van de geregistreerde dassen geen loopwijze worden bepaald. Voor boommarter kon altijd een loopwijze worden bepaald, zowel op de natuurbrug als in de omgeving. Er is een (klein) significant verschil tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de omgeving wat betreft de loopwijzen waarmee reeën passeren (χ^2=0,1; df=2; p=0,04). Op Natuurbrug Hoorneboeg is dat verschil er niet (χ^2=1,8; df=2; p=0,59). In de omgeving passeert 85% van de reeën in stap. Op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg is dit respectievelijk 83 en 87% (Figuur 4.36). De loopwijzen draf en galop komen in min of meer gelijke proporties voor, op de natuurbruggen en in de omgeving. De loopwijzen van de das in de omgeving verschillen significant van die op Natuurbrug Zwaluwenberg (χ^2<0,001; df=2; p<0,001) en Natuurbrug Hoorneboeg (χ^2<0,001; df=2; p<0,001). In de omgeving passeert 82% van de dassen in stap. Op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg is dit respectievelijk 47 en 35% (Figuur 4.36). Dassen passeren de natuurbruggen vooral in draf. Passages in galop komen slechts incidenteel voor, zowel op de natuurbruggen als in de omgeving. In de omgeving laten boommarters de loopwijzen stap en sprongengalop in min of meer gelijke proporties zien (Figuur 4.36). De loopwijze sluipgang is incidenteel geregistreerd. Omdat binnen de natuurverbinding slechts eenmaal een boommarter is geregistreerd, is voor deze soort geen statistische vergelijking te maken.



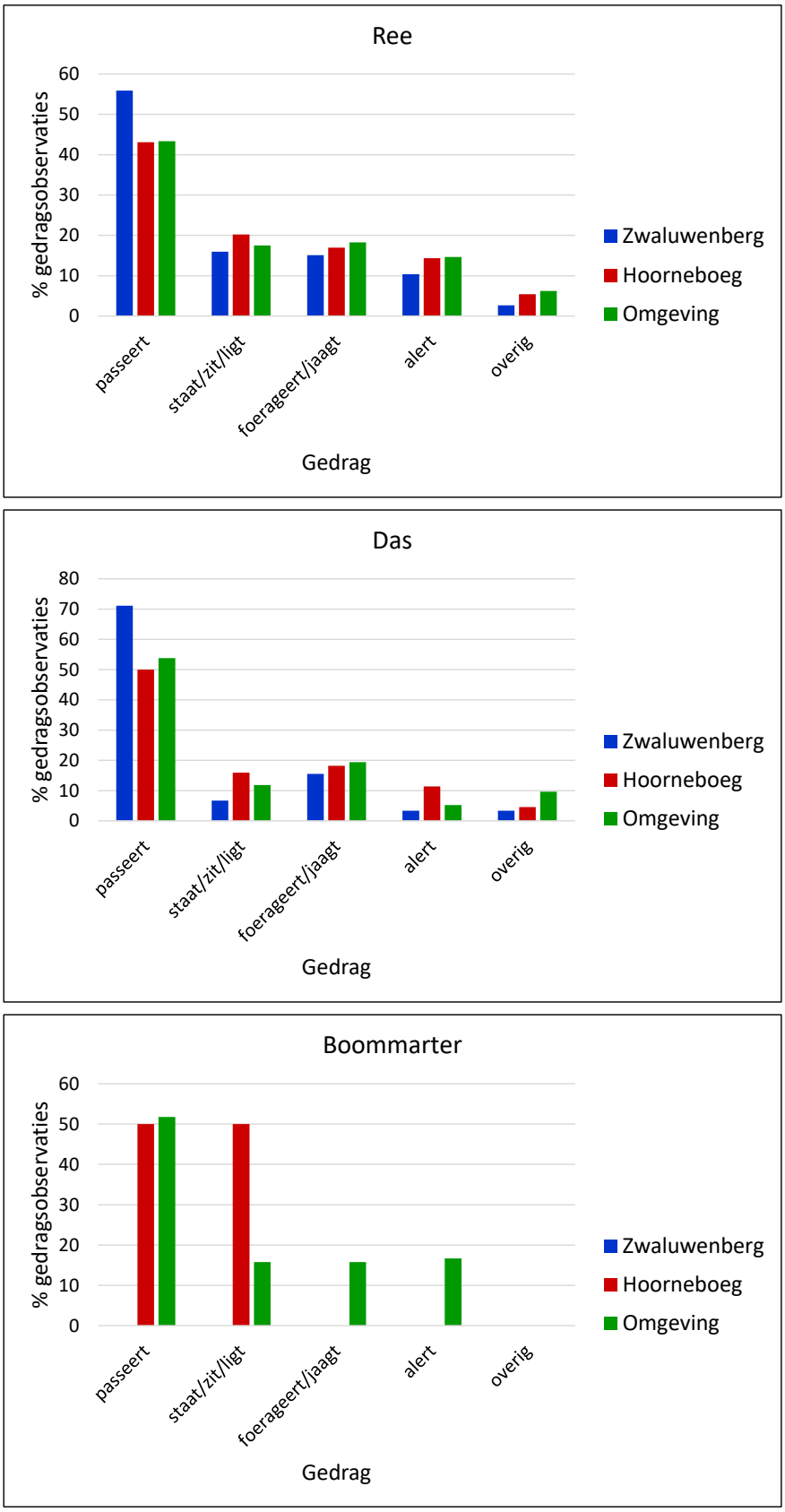
Figuur 4.36 *Per doelsoort de procentuele verdeling van de passages over de loopwijzen op de natuurbruggen en in de omgeving.*

4.6.15 Gedrag

Op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg zijn respectievelijk 1.271 en 1.557 gedragsobservaties voor ree gedaan. Op de referentieplekken in de omgeving waren dit er 3.643. De meest voorkomende gedragsvorm van ree op de natuurbruggen is passeren (Figuur 4.37). Op Natuurbrug Zwaluwenberg betreft ruim 55% van alle gedragsobservaties deze gedragsvorm. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dat ruim 40%. Op beide natuurbruggen vormen stilstaan, zitten of liggen circa 15-20% van alle gedragsobservaties. Datzelfde geldt voor foerageren en jagen. Circa 10-15% van alle observaties op de natuurbruggen betreft enige vorm van alert gedrag. Overig gedrag, zoals wassen/verzorgen of sociale interacties met soortgenoten, is relatief weinig (<5%) waargenomen. In de omgeving komt de verdeling van gedragsvormen van ree in grote mate overeen met die op de natuurbruggen. Het opvallendste verschil is dat het percentage passeren in de omgeving duidelijk lager is dan dat op Natuurbrug Zwaluwenberg. Daarnaast is in de omgeving net iets vaker foerageergedrag en overig gedrag waargenomen. De verschillen in gedragingen tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de omgeving zijn significant (χ^2<0,001; df=4; p<0,001); tussen Natuurbrug Hoorneboeg en de omgeving zijn deze niet significant (χ^2=0,91; df=4; p=0,08).

Op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg zijn respectievelijk 84 en 37 gedragsobservaties voor das gedaan. Op de referentieplekken in de omgeving waren dit er 890. De meest voorkomende gedragsvorm van das op de natuurbruggen is passeren (Figuur 4.37). Op Natuurbrug Zwaluwenberg betreft circa 70% van alle gedragsobservaties deze gedragsvorm. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dat circa 50%. Er is ook een duidelijk verschil in het percentage stilstaan, zitten of liggen op beide natuurbruggen. Op Natuurbrug Zwaluwenberg is dit circa 5%, terwijl dit op Natuurbrug Hoorneboeg circa 15% is. Een derde verschil is de mate waarin alert gedrag is waargenomen; minder dan 5% van alle observaties op Natuurbrug Zwaluwenberg tegenover meer dan 10% op Natuurbrug Hoorneboeg. De percentages voor de gedragsvorm foerageren en jagen komen op beide natuurbruggen min of meer overeen; circa 15-20% van alle gedragsobservaties. Overig gedrag, zoals markeren en graven, is relatief weinig (<5%) waargenomen op de natuurbruggen. De in de omgeving waargenomen verdeling van gedragsvormen van de das komt voor een deel overeen met die op de natuurbruggen. Het opvallendste verschil, net als bij ree, is dat het percentage passeren in de omgeving duidelijk lager is dan op Natuurbrug Zwaluwenberg. Alle overige gedragsvormen zijn op Natuurbrug Zwaluwenberg juist minder vaak waargenomen dan in de omgeving. De percentages voor passeren op Natuurbrug Hoorneboeg en in de omgeving komen overeen. Dat geldt ook voor de percentages voor foerageren/jagen. Staan, zitten of liggen is in de omgeving minder vaak waargenomen dan op Natuurbrug Hoorneboeg en dat geldt ook voor vormen van alert gedrag. Overig gedrag is in de omgeving juist weer vaker gezien. De verschillen in gedragingen tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de omgeving zijn significant (χ^2=0,48; df=4; p=0,02); tussen Natuurbrug Hoorneboeg en de omgeving zijn deze niet significant (χ^2=2,24; df=4; p=0,31).

Op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg zijn respectievelijk 0 en 2 gedragsobservaties voor boommarter gedaan. Op de referentieplekken in de omgeving waren dit er 95. De boommarter die Natuurbrug Hoorneboeg passeerde, deed dat aanvankelijk in sprongengalop, maar onderbrak zijn passage door een korte tijd stil te staan (Figuur 4.37). In de omgeving is passeren de meest voorkomende gedragsvorm van boommarter: circa 50% van alle observaties betreft deze gedragsvorm. Staan/zitten/liggen, foerageren/jagen en vormen van alert gedrag zijn in gelijke proporties waargenomen; alle circa 15% van de observaties. Omdat binnen de natuurverbinding slechts eenmaal een boommarter is geregistreerd, is voor deze soort geen statistische vergelijking te maken.



Figuur 4.37 *Per doelsoort de procentuele verdeling van de gedragsobservaties over de door de soort vertoonde gedragsvormen, op de natuurbruggen en in de omgeving.*

4.6.16 Vergelijking met gebruik natuurbruggen elders in de regio

Doelsoorten
Ree is op alle overige, gemonitorde natuurbruggen in de regio waargenomen (Tabel 4.30). De jaarlijkse passagefrequenties voor ree op de twee natuurbruggen in Natuurverbinding Zwaluwenberg liggen beneden het gemiddelde voor de natuurbruggen elders in de regio. De passagefrequentie op Natuurbrug Zwaluwenberg is lager dan die op de overige, onderzochte natuurbruggen, met uitzondering van Natuurbrug Beukbergen. De passagefrequentie op Natuurbrug Hoorneboeg is lager dan die op Natuurbrug Zanderij Crailoo en Natuurbrug Leusderheide, vergelijkbaar met die op de natuurbruggen Sterrenberg en Laarderhoogt en hoger dan die op de natuurbruggen Beukbergen en Treeker Wissel. De stuwingsindex voor ree in de natuurverbinding – voor beide natuurbruggen geldt SI=2 – ligt beneden het gemiddelde van de overige natuurbruggen in de regio waarvoor een stuwingsindex kon worden bepaald (n=6) en is ook lager dan op enig andere natuurbrug (Tabel 4.31).

Das is op drie van de overige natuurbruggen in de regio waargenomen (Tabel 4.30). De jaarlijkse passagefrequenties voor das op de twee natuurbruggen in Natuurverbinding Zwaluwenberg liggen boven het gemiddelde voor de natuurbruggen elders in de regio. Dit is vooral een gevolg van de afwezigheid van das op drie van de overige natuurbruggen, i.e. Beukbergen, Treeker Wissel en Sterrenberg. Het aantal passages per jaar op Natuurbrug Zwaluwenberg is – samen met Natuurbrug Laarderhoogt – het hoogst van alle natuurbruggen in de regio. De stuwingsindex voor das in de natuurverbinding – met een SI=-2 voor Natuurbrug Zwaluwenberg en een SI=-8 voor Natuurbrug Hoorneboeg – ligt beneden het gemiddelde van de overige natuurbruggen in de regio waar een stuwingsindex kon worden bepaald (n=3). In tegenstelling tot de andere natuurbruggen zijn de stuwingsindexen in de natuurverbinding negatief (Tabel 4.31).

Boommarter is op drie van de overige natuurbruggen in de regio waargenomen (Tabel 4.30). Op Natuurbrug Zwaluwenberg is de boommarter niet waargenomen. Op Natuurbrug Hoorneboeg alleen in meetjaar 2017. Ook op drie van de zes overige, onderzochte natuurbruggen is de soort niet waargenomen. De hoogste jaarlijkse passagefrequentie is gevonden op Natuurbrug Leusderheide. Boommarter is hier in zowel 2006 als 2009-2010 waargenomen, maar tijdens de studie in 2012 niet. Voor de natuurbruggen in de natuurverbinding konden (voor 2020) geen stuwingsindexen berekend worden. Relatief hoge stuwingsindexen zijn gevonden op Natuurbrug Leusderheide en Natuurbrug Zanderij Crailoo. Op Natuurbrug Laarderhoogt was, met een SI van circa 1-2, nauwelijks sprake van stuwing (Tabel 4.31).

Overige soorten
Vos is op alle overige, gemonitorde natuurbruggen in de regio waargenomen (Tabel 4.30). De jaarlijkse passagefrequenties voor vos op de twee natuurbruggen in Natuurverbinding Zwaluwenberg liggen beneden het gemiddelde voor de natuurbruggen elders in de regio. De passagefrequenties in de natuurverbinding zijn lager dan die op alle andere natuurbruggen, met uitzondering van Natuurbrug Leusderheide in het eerste meetjaar.

Bunzing is op drie van de overige natuurbruggen in de regio waargenomen (Tabel 4.30). Jaarlijkse passagefrequenties voor deze soort zijn hier relatief laag. Het aantal passages per jaar van bunzing op Natuurbrug Hoorneboeg is eveneens beperkt, maar bovengemiddeld in vergelijking met de overige natuurbruggen.

Haas is op vijf van de overige natuurbruggen in de regio waargenomen (Tabel 4.30). Jaarlijkse passagefrequenties voor deze soort lopen hier sterk uiteen. Het aantal passages per jaar van haas in de natuurverbinding is bovengemiddeld in vergelijking met de overige natuurbruggen. De jaarlijkse passagefrequentie op Natuurbrug Zwaluwenberg is het hoogst van alle natuurbruggen in de regio.

Konijn is op vijf van de overige natuurbruggen in de regio waargenomen (Tabel 4.30). Jaarlijkse passagefrequenties voor deze soort lopen hier uiteen, maar zijn overal relatief hoog. Het aantal passages per jaar van haas in de natuurverbinding is benedengemiddeld in vergelijking met de overige natuurbruggen. De jaarlijkse passagefrequentie op Natuurbrug Zwaluwenberg is het laagst van alle natuurbruggen in de regio waar de soort is waargenomen.

Eekhoorn is op drie van de overige natuurbruggen in de regio waargenomen (Tabel 4.30). Jaarlijkse passagefrequenties voor deze soort zijn hier relatief laag. Het aantal passages per jaar van eekhoorn op Natuurbrug Hoorneboeg is vergelijkbaar met de overige natuurbruggen.

Tabel 4.30 *Passagefrequenties (per jaar) van de doelsoorten voor Natuurverbinding Zwaluwenberg en de overige binnen deze natuurverbinding waargenomen soorten op natuurbruggen elders in de regio. Tevens de gemiddelde, jaarlijkse passagefrequentie voor deze overige natuurbruggen.*

	Doelsoorten			**Overige soorten**					
Natuurbrug	**Ree**	**Das**	**Boom-marter**	**Vos**	**Bunzing**	**Haas**	**Konijn**	**Eekhoorn**	**Egel**
Leusderheide 1*	54	13	33	47	0	3-4	496	0	0
Leusderheide 2**	1.318	0	66	1.133	0	506	5.102	0	0
Leusderheide 3***	1.871	0	0	679	0	145	2.375	0	0
Leusderheide gem.	1.081	4	33	469	0	218	2.658	0	0
Zanderij Crailoo	2.418	4	20	632	1	197	1.016	6	1
Beukbergen	61	0	0	1.136	0	0	1.399	1	0
Treeker Wissel	530	0	0	694	0	620	1.820	0	0
Sterrenberg	750	0	0	650	6	6	800	0	0
Laarderhoogt	711	56	6	510	19	669	0	2	0
Gemiddeld#	925	11	10	682	4-5	285	1.282	1-2	0-1

* Gebaseerd op het onderzoek dat in 2006 is uitgevoerd (zie Tabel 4.13).

** Gebaseerd op het onderzoek dat in 2009-1010 is uitgevoerd (zie Tabel 4.13).

*** Gebaseerd op het onderzoek dat in 2012 is uitgevoerd (zie Tabel 4.13).

Voor Natuurbrug Leusderheide is het gemiddelde van de drie studies gebruikt.

Tabel 4.31 *Stuwingsindex voor doelsoorten op natuurbruggen elders in de regio. Tevens de gemiddelde stuwingsindex voor deze overige natuurbruggen. gg = geen gegevens – metingen in de omgeving ontbreken waardoor geen stuwingsindexen konden worden bepaald; - = de soort is de natuurbrug niet gepasseerd en/of is niet in de omgeving waargenomen waardoor geen stuwingsindex kon worden bepaald.*

	Doelsoorten		
Natuurbrug	**Ree**	**Das**	**Boommarter**
Leusderheide 1*	gg	gg	gg
Leusderheide 2**	5	-	38
Leusderheide 3***	15	-	-
Leusderheide gem.	10	-	19
Zanderij Crailoo	7	3	23
Beukbergen	31	-	-
Treeker Wissel	4	-	-
Sterrenberg	gg	gg	gg
Laarderhoogt	9	61	1-2
Gemiddeld#	12	32	15

* Gebaseerd op het onderzoek dat in 2006 is uitgevoerd (zie Tabel 4.13).

** Gebaseerd op het onderzoek dat in 2009-1010 is uitgevoerd (zie Tabel 4.13).

*** Gebaseerd op het onderzoek dat in 2012 is uitgevoerd (zie Tabel 4.13).

Voor Natuurbrug Leusderheide is het gemiddelde van de drie studies gebruikt.

4.6.17 Toetsing functionaliteit natuurbrug

Het in Paragraaf 4.4 gepresenteerde toetsingskader om het functioneren van de natuurverbinding te evalueren, omvat veertien meetbare doelen. Sommige van deze doelen kunnen echter verdeeld worden in twee of drie 'subdoelen', omdat de doelsoorten apart beoordeeld worden. Dit betekent dat we hier 32 indicatoren gebruiken om het functioneren van de natuurverbinding te toetsen. Tabel 4.32, 4.33 en 4.34 geven voor respectievelijk de primaire, secundaire en tertiaire doelen een overzicht van de bevindingen en de beoordeling. Tabel 4.32 laat zien dat vier van de zes primaire (sub)doelen (67%) voor de

natuurverbinding zijn bereikt. Twee van de drie doelsoorten – ree en das – maken gebruik van beide natuurbruggen. Deze doelsoorten passeren ook in een voldoende hoge frequentie. Daartegenover staat dat boommarter slechts eenmaal op een van de natuurbruggen is gezien en de natuurverbinding vooralsnog dus niet geheel gebruikt wordt en in een te lage frequentie.

Tabel 4.32 *De gestelde primaire doelen voor het gebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg, de bevindingen en de beoordeling of een doel wel (✓), deels (✓) of niet (✓) gehaald is, of dat er te weinig waarnemingen zijn om een onderbouwd oordeel te kunnen vellen (-). R=Ree; D=Das; B=Boommarter.*

			Oordeel		
Doel	**Beschrijving**	**Bevindingen**	**R**	**D**	**B**
1	*Binnen vijf jaar na de realisatie van de natuurverbinding maken de doelsoorten er gebruik van.*	Ree en das maken gebruik van beide natuurbruggen. Boommarter is alleen op Natuurbrug Hoorneboeg waargenomen.	✓	✓	✓
2	*Reeën maken op de korte termijn frequent gebruik van de natuurverbinding, gemiddeld minimaal eenmaal per dag.*	Ree passeert gemiddeld eenmaal per dag op Natuurbrug Zwaluwenberg en gemiddeld tweemaal per dag op Natuurbrug Hoorneboeg.	✓		
3	*Dassen maken op de korte termijn incidenteel gebruik van de natuurverbinding, gemiddeld minimaal eenmaal per maand.*	Das passeert gemiddeld tweemaal per maand op Natuurbrug Zwaluwenberg en gemiddeld vijfmaal per maand op Natuurbrug Hoorneboeg.		✓	
4	*Boommarters maken op de korte termijn incidenteel gebruik van de natuurverbinding, gemiddeld minimaal eenmaal per maand.*	Boommarter is niet waargenomen op Natuurbrug Zwaluwenberg. De soort passeert gemiddeld minder dan eenmaal per maand op Natuurbrug Hoorneboeg.			✓

Tabel 4.33 laat zien dat twee van de zes secundaire (sub)doelen (33%) voor de natuurverbinding zijn bereikt. In 2020 is de passagefrequentie van ree hoger dan de gemiddelde passagefrequentie in de omgeving. Er is voor deze soort dus sprake van 'stuwing'. Voor das en boommarter geldt dat echter niet.

Ree passeert voldoende frequent om de levensvatbaarheid van de populatie te waarborgen. De passagefrequentie van das voldoet hier niet aan. Deze soort gebruikt wel beide natuurbruggen, maar volledige oversteken van de natuurverbinding zijn niet waargenomen. Boommarter passeert de natuurverbinding nog niet en dus treedt een positief effect op de levensvatbaarheid van de populatie nog niet op.

Tabel 4.33 *De gestelde secundaire doelen voor het gebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg, de bevindingen en de beoordeling of een doel wel (✓), deels (✓) of niet (✓) gehaald is, of dat er te weinig waarnemingen zijn om een onderbouwd oordeel te kunnen vellen (-). R=Ree; D=Das; B=Boommarter.*

			Oordeel		
Doel	**Beschrijving**	**Bevinding**	**R**	**D**	**B**
5	*In 2020 is de passagefrequentie van een doelsoort in de natuurverbinding minimaal gelijk aan de gemiddelde passagefrequentie van deze soort op referentieplekken binnen voor de soort geschikte biotopen.*	Ree passeert de natuurverbinding gemiddeld tweemaal vaker dan de referentieplekken in de omgeving. Das passeert gemiddeld de natuurverbinding minder vaak in vergelijking met de omgeving. Boommarter passeert de natuurverbinding nog niet.	✓	✓	✓
6	*In 2020 is de passagefrequentie van een doelsoort in de natuurverbinding voldoende hoog om de levensvatbaarheid van de populaties op de lange termijn te waarborgen.*	Ree passeert voldoende vaak per jaar om voor de populaties een overlevingskans van 100% te bereiken. Voor das en boommarter is dit niet het geval.	✓	✓	✓

Tabel 4.34 laat zien dat vier van de twintig tertiaire (sub)doelen (20%) voor de natuurverbinding zijn bereikt. Daarnaast zijn vijf (sub)doelen (25%) deels bereikt. Zes van de elf (sub)doelen die niet zijn bereikt, betreffen de boommarter. Omdat deze doelsoort slechts eenmaal is waargenomen in de natuurverbinding, is een goede (statistische) beoordeling niet mogelijk. Voor ree was een beoordeling mogelijk voor alle acht voor de soort relevante, tertiaire doelen. Eén doel voor deze soort is behaald, drie doelen deels en de overige vier niet. De doelen die niet gehaald zijn, hebben betrekking op de verdeling van passages over het jaar, het etmaal en de lichttoestand en over de geslachtsverhouding van reeën. Voor das was een beoordeling

mogelijk voor alle zes voor de soort relevante, tertiaire doelen. Drie doelen voor deze soort zijn behaald, twee doelen deels en één doel niet. Het doel dat niet gehaald is, heeft betrekking op de manier van lopen waarmee de soort de natuurbruggen passeert.

Tabel 4.34 *De gestelde tertiaire doelen voor het gebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg, de bevindingen en de beoordeling of een doel wel (✓), deels (✓) of niet (✓) gehaald is, of dat er te weinig waarnemingen zijn om een onderbouwd oordeel te kunnen vellen (-). R=Ree; D=Das; B=Boommarter.*

			Oordeel		
Doel	**Beschrijving**	**Bevinding**	**R**	**D**	**B**
7	*De procentuele verdeling van het aantal passages op de natuurbruggen over het jaar komt overeen met die op referentieplekken binnen voor de doelsoort geschikte biotopen.*	In vergelijking met de omgeving passeert ree de natuurbruggen relatief vaker in het voorjaar en de zomer en minder vaak in de winter. Voor das is er alleen een significant verschil voor Natuurbrug Zwaluwenberg, waar de soort in de winter nauwelijks passeert en in het vroege voorjaar sprake is van een piek in passages.	✓	✓	-
8	*De procentuele verdeling van het aantal passages op de natuurbruggen over het etmaal komt overeen met die op referentieplekken binnen voor de doelsoort geschikte biotopen.*	In vergelijking met de omgeving passeert ree de natuurbruggen relatief vaker in de nachtelijke uren. Voor das is dat verschil er niet.	✓	✓	-
9	*Het gemiddelde tijdstip waarop een doelsoort de natuurbruggen passeert, komt overeen met het gemiddelde tijdstip van passeren op referentieplekken binnen voor de doelsoort geschikte biotopen.*	Er is voor ree en das geen significant verschil in het gemiddelde tijdstip van passeren tussen de natuurbruggen en de omgeving.	✓	✓	-
10	*De procentuele verdeling van het aantal passages over de lichttoestanden licht/schemer/donker op de natuurbruggen komt overeen met die op referentieplekken binnen voor de doelsoort geschikte biotopen.*	In vergelijking met de omgeving passeert ree de natuurbruggen relatief vaker in het donker. Voor das is dat verschil er niet.	✓	✓	-
11	*De geslachtsverhouding van ree op de natuurbruggen komt overeen met de gemiddelde geslachtsverhouding op referentieplekken binnen voor deze doelsoort geschikte biotopen.*	Op Natuurbrug Zwaluwenberg is het percentage reegeiten lager in vergelijking met de omgeving; op Natuurbrug Hoorneboeg is het percentage reegeiten juist hoger dan in de omgeving.	✓		
12	*De leeftijdsverdeling van ree op de natuurbruggen komt overeen met de gemiddelde leeftijdsverdeling op referentieplekken binnen voor deze doelsoort geschikte biotopen.*	De leeftijdsverdeling van ree verschilt op de Natuurbrug Zwaluwenberg niet significant van die in de omgeving. Op Natuurbrug Hoorneboeg verschilt deze wel significant, omdat hier relatief veel passages van juveniele dieren zijn waargenomen.	✓		
13	*De manier van lopen waarmee een doelsoort de natuurbruggen passeert, komt overeen met de loopwijze op referentieplekken binnen voor de doelsoort geschikte biotopen.*	In vergelijking met de omgeving passeert ree Natuurbrug Zwaluwenberg significant vaker in draf en galop. Er is voor deze soort geen significant verschil in loopwijze tussen de omgeving en Natuurbrug Hoorneboeg. In vergelijking met de omgeving passeert das de natuurbruggen significant vaker in draf en galop.	✓	✓	-
14	*Het gedrag dat de doelsoort op de natuurbruggen vertoont, komt overeen met het gedrag op referentieplekken binnen voor de doelsoort geschikte biotopen.*	In vergelijking met de omgeving laten ree en das de gedragsvorm 'passeren' op Natuurbrug Zwaluwenberg vaker zien en alle overige gedragsvormen juist minder vaak. Voor ree en das is er geen significant verschil in gedrag tussen de omgeving en Natuurbrug Hoorneboeg.	✓	✓	-

4.7 Discussie

4.7.1 Doelsoorten

Ree
Van de drie doelsoorten is ree het meest waargenomen in de natuurverbinding. Op Natuurbrug Zwaluwenberg passeert de soort gemiddeld ruim 300 keer per jaar, op Natuurbrug Hoorneboeg is dat gemiddeld ruim 750 maal. Opgemerkt moet worden dat de schatting van het gemiddelde aantal passages op Natuurbrug Hoorneboeg meer onzekerheid kent dan die op Natuurbrug Zwaluwenberg, omdat het gemiddelde voor zowel 2016 als 2017 op een beperkt aantal meetdagen is gebaseerd. Kijken we echter naar het aantal passages in 2020, toen alle dagen van het jaar zijn gemeten, dan zien we geen groot verschil in passages (n=665) met de schatting over alle meetjaren samen. Een ander aspect dat de schatting van het aantal passages op Natuurbrug Hoorneboeg beïnvloedt, is dat de camera's H1 en H3 na de diefstal/vernieling ervan niet meer zijn teruggeplaatst in het laatste meetjaar. Hierdoor zijn passages van reeën wellicht gemist – via de zone met de twee recreatieve paden dan wel in de strook langs de boomstammen-/stobbenwal in de natuurzone –, wat tot een onderschatting van de passagefrequentie leidt. Naar verwachting is deze onderschatting echter beperkt. Het niet meenemen van de registraties van camera H1 in de eerste twee meetjaren zou de passagefrequenties van ree met 6% onderschatten. Het niet meenemen van de registraties van camera H3 in de eerste twee meetjaren zou de passagefrequenties van ree met 2% onderschatten. Opgeteld resulteert het niet terugplaatsen van de camera's H1 en H3 op Natuurbrug Hoorneboeg dus naar verwachting in een 8% onderschatting van de passagefrequentie van ree.

Voor ree geldt dat alle primaire en secundaire doelen zijn behaald. Dit betekent dat de belangrijkste doelen wat betreft uitwisseling zijn bereikt, inclusief het waarborgen van levensvatbare populaties. Vier tertiaire doelen zijn niet behaald. Twee daarvan hebben betrekking op het moment van de dag waarop de dieren passeren. De verdeling van passages over het etmaal blijkt op de natuurbruggen te verschillen van die in de omgeving. Datzelfde geldt voor de verdeling over de lichttoestand. Reeën blijken de natuurbruggen minder vaak gedurende de dag en minder vaak bij daglicht te passeren. Het gemiddelde tijdstip van passeren verschilt niet tussen de natuurbruggen en de omgeving, maar in de omgeving zijn de passages duidelijk meer gespreid in de tijd. Dit kan erop duiden dat de dieren wel beseffen dat de natuurbruggen geen willekeurige plek zijn in hun leefgebied, maar een plek waar enig risico bestaat en passage in duisternis dus de voorkeur heeft. De verdeling van passages over het jaar verschilt ook tussen de natuurbruggen en de omgeving. In de wintermaanden passeren reeën de natuurverbinding relatief minder vaak. Wellicht is dit een gevolg van een versterking van het hierboven beschreven risico dat de dieren lijken te zien in maanden dat het blad van de bomen gevallen is en de mate van dekking op de brugdekken en toelopen dus kleiner is. Hier speelt naar verwachting ook mee dat reeën in de winter de beste voedselgebieden opzoeken en deze niet meer verlaten. In deze tijd van het jaar zijn de dieren ook minder actief – leggen kleinere afstanden af – om energie te sparen. Reeën die rondom de natuurverbinding hun leefgebied hebben, passeren in de winter daardoor wellicht dus minder vaak de natuurbruggen. Een verklaring waarom het percentage reegeiten op beide natuurbruggen verschilt met dat in de omgeving is lastig te geven. Het kan op toeval berusten. Het feit dat het percentage reegeiten op Natuurbrug Zwaluwenberg lager en op Natuurbrug Hoorneboeg hoger is dan in de omgeving wijst er in ieder geval op dat dit percentage nogal kan variëren en het gevonden verschil niet direct op een positieve dan wel negatieve selectie door reegeiten duidt.

Naast volwassen dieren zijn op beide natuurbruggen ook frequent reekalveren gezien. Op Natuurbrug Hoorneboeg zelfs relatief vaker dan op de referentieplekken in de omgeving. Juveniele dieren zijn op beide natuurbruggen al vanaf de maand juni waargenomen, dus kort nadat ze zijn geboren. Dit is een positief kenmerk van het gebruik van de natuurverbinding door reeën. Het laat zien dat deze door alle leeftijdscategorieën is geaccepteerd en dat dieren er ook in een kwetsbare periode, zoals de eerste maanden na de geboorte, gebruik van maken. Positief is ook dat loopwijze en gedrag op Natuurbrug Hoorneboeg niet verschillen van die in de omgeving. Reeën passeren deze natuurbrug dus in een vergelijkbare tred en laten op de natuurbrug natuurlijk gedrag zien. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg geldt dit niet. Hier passeren de reeën relatief vaker in draf of galop en laten ze minder vaak het gedrag zien, zoals foerageren, dat ze in de omgeving vertonen. De verschillen zijn echter gering en van een zeer afwijkende loopwijze of zeer afwijkend gedrag op deze natuurbrug is dan ook geen sprake.

Hoewel de passagefrequenties van ree op de natuurbruggen in de natuurverbinding hoog zijn in vergelijking met de andere doelsoorten en er wordt voldaan aan het gestelde doel wat betreft passagefrequentie, is het aantal passages per tijdseenheid hier toch lager dan op veel andere natuurbruggen in de regio. Ook de stuwingsindex voor ree in de natuurverbinding ligt beneden het gemiddelde van de overige natuurbruggen in de regio waarvoor een stuwingsindex kon worden bepaald. Een mogelijke verklaring is dat tijdens het eerste meetjaar van Natuurbrug Zwaluwenberg de natuurverbinding nog niet compleet was. Aan Natuurbrug Hoorneboeg werd toen immers nog gebouwd. Behalve dat dit zorgde voor verstoring als gevolg van de bouwactiviteiten op en rond de N417, resulteerde dit ook in een voor reeën min of meer 'doodlopende' verbinding. Daarbij komt dat er in het tussengebied – met rasters rond zowel Landgoed Uytwijk als Landgoed Zwaluwenberg – ook niet veel ruimte is voor de soort. Deze verklaring wordt ondersteund door het feit dat in het eerste meetjaar het geschatte aantal passages per jaar op Natuurbrug Zwaluwenberg (n=93) aanmerkelijk lager lag in vergelijking met de jaren dat de hele natuurverbinding was gerealiseerd (n=289 in het tweede meetjaar; n=556 in het derde meetjaar). Dit lage aantal trekt het gemiddelde aantal passages over alle meetjaren dus omlaag. De lagere passagefrequenties in vergelijking met andere natuurbruggen in de regio kunnen ook komen door een verschil in lengte van de natuurverbinding. Natuurverbindingen waarbij alleen een (spoor)weg wordt overbrugd, zijn relatief kort en worden daardoor meestal snel geaccepteerd en gebruikt. Bij langere natuurverbindingen met meerdere natuurbruggen en tussengebied(en), is de drempel om te passeren wellicht hoger. Dit lijkt te worden ondersteund door de relatief lage stuwingsindexen voor Natuurbrug Zanderij Crailoo en Natuurbrug Laarderhoogt, die beide bestaan uit twee in het verlengde van elkaar gelegen ecoducten. Dat de stuwingsindex in Natuurverbinding Zwaluwenberg ook lager is dan die voor deze twee natuurbruggen komt wellicht doordat de afstand tussen de oostzijde van Natuurbrug Zwaluwenberg en de westzijde van Natuurbrug Hoorneboeg ruim 600 m is, terwijl dit voor de twee andere natuurbruggen circa de helft is. Ten slotte kan een 'leereffect' ook een rol spelen. Over de jaren gaan dieren faunapassages in veel gevallen frequenter gebruiken. Sommige van de andere natuurbruggen bestonden al enige jaren voordat de stuwingsindex werd bepaald.

Tijdens het onderzoek is de natuurverbinding door acht volwassen reebokken gebruikt. Dit moet gezien worden als een minimumaantal, omdat er in alle onderzoeksjaren op beide bruggen ook waarnemingen van reebokken zijn geweest die niet individueel konden worden herkend. Dit betrof 17 en 28% van alle waarnemingen op respectievelijk Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg. Het aantal waarnemingen van individueel herkenbare bokken is in alle jaren echter dusdanig groot dat het onwaarschijnlijk is dat een bok is gemist die frequent van de natuurverbinding gebruikmaakte. Ook het gegeven dat er maanden zijn waarbij (nagenoeg) alle bokken konden worden geïdentificeerd, verkleint de kans dat er andere bokken zijn geweest die frequent passeerden. Een incidentele passage van een niet-geïdentificeerde bok kan niet worden uitgesloten.

Reebokken zijn een deel van het jaar territoriaal. Dominante bokken nemen in het voorjaar – vanaf april, soms al vanaf eind maart – hun territorium in. Zij markeren dan de grenzen en jagen andere bokken weg. Dit territorium wordt verdedigd tot na de bronst, die in juli-augustus plaatsvindt. Meestal pas in oktober vervagen de territoriumgrenzen weer en gaan de bokken zich socialer gedragen of worden sprongen (groepen) gevormd. Dit gedrag vindt zijn weerslag in het gebruik van de natuurverbinding. In 2014-2015 was er één dominante bok (bok 1) die gebruikmaakte van Natuurbrug Zwaluwenberg. In 2016-2017-2018 was er één dominante bok (bok 2) die gebruikmaakte van beide bruggen. En in 2020 waren er twee dominante bokken, waarbij de één (bok 4) Natuurbrug Zwaluwenberg en de ander (bok 6) Natuurbrug Hoorneboeg tot zijn territorium rekende. Het territoriale gedrag kan dan ook goed verklaren waarom relatief weinig verschillende bokken in de natuurverbinding zijn gezien. Opmerkelijk is echter wel dat ook in de maanden dat er geen territoria verdedigd worden, het niet 'storm loopt' met andere bokken. Het effect van de tijdelijke territorialiteit op het gebruik door andere bokken lijkt enigszins door te werken gedurende de niet-territoriale periode van het jaar.

Dominante bokken accepteren in veel gevallen jonge, niet-dominante bokken in hun territorium. In 2020 zien we daar een voorbeeld van op Natuurbrug Zwaluwenberg, waar naast de dominante bok 4 ook bok 5 vanaf april tot augustus – dus tot in de bronsttijd – te zien was. Iets soortgelijks zien we in dat jaar op Natuurbrug Hoorneboeg, waar de dominante bok 6 de aanwezigheid van bok 7 lijkt te gedogen, vanaf maart tot september. Hier betrof het geen jonge bok, want bok 7 was een volwassen dier. Wellicht heeft het beschadigde gewei van bok 7 geleid tot de acceptatie door bok 6. Bok 6 is voor het laatst op Natuurbrug

Hoorneboeg waargenomen op 19 september 2020. Dat is opvallend, omdat reebokken hun leefgebied meestal hun leven lang trouw blijven en daar na de bronst dus niet uit wegtrekken. Wellicht heeft bok 6 toch het gebied verlaten of is hij gestorven. Bok 8 lijkt dat gat direct op te vullen.

Het territoriale gedrag van de reebokken beperkt dus de uitwisseling van mannelijke dieren tussen de populaties aan weerszijden van de infrastructuur. Dominante bokken maken de natuurverbinding – of een deel daarvan – immers deel van hun territorium en jagen andere bokken vervolgens weg. Dit kan de genetische uitwisseling tussen de populaties bemoeilijken/vertragen, vooral omdat Natuurverbinding Zwaluwenberg de enige plek is tussen Hilversum-Zuid en Hollandsche Rading waar reeën de N417, spoorlijn en snelweg (een traject met een lengte van circa 4 km) kunnen passeren. De verwachting is echter dat de mate van uitwisseling via de natuurverbinding voldoende is om gene flow mogelijk te maken en de genetische vitaliteit van de populaties te waarborgen. Hiervoor geldt immers als vuistregel dat de uitwisseling van één tot tien individuen per generatie voldoende is (Mills & Allendorf, 1996). Het moeten dan wel 'effectieve immigranten' zijn, dus immigranten die zich ook daadwerkelijk voortplanten in de populatie waarin zij terecht zijn gekomen. Dergelijke uitwisseling biedt de mogelijkheid om genetische kenmerken die in een populatie verloren zijn gegaan af en toe weer aan te vullen. In Natuurverbinding Zwaluwenberg lijkt aan deze vuistregel te worden voldaan. Naast de dominante bokken, passeerden er immers enkele niet-dominante bokken. Daarnaast passeerden geiten ongestoord en veelvuldig en dat geldt ook voor hun kalveren, inclusief mannelijke bokjes. Bij sterk fluctuerende populaties en populaties waar een groot verschil is tussen het totaalaantal dieren en het aantal dieren dat deelneemt aan de voortplanting, zijn vaak meer dan tien immigranten per generatie gewenst om de genetische variatie in de populatie op peil te houden (Vucetich & Waite, 2000). Het is waarschijnlijk dat in Natuurverbinding Zwaluwenberg hieraan kan worden voldaan, gezien het relatief grote aantal reeën – bokken, geiten en kalveren samen – dat er jaarlijks passeert (gemiddeld ruim 70 volledige passages per jaar). Alleen genetische bemonstering van de populaties reeën aan weerszijden van de infrastructuur kan echter zekerheid verschaffen of de mate van uitwisseling via de natuurverbinding voldoende is om de genetische vitaliteit van de populaties te waarborgen.

Das

De doelsoort das is al snel binnen de natuurverbinding geregistreerd. Beide primaire doelen zijn behaald, aangezien de soort beide natuurbruggen gemiddeld meer dan eenmaal per maand passeert. In vergelijking met de metingen in de omgeving is het aantal passages echter relatief laag, zoals blijkt uit de negatieve stuwingsindexen. Daarbij komt dat er geen dassen zijn waargenomen die binnen 24 uur beide natuurbruggen zijn overgestoken. Dat dergelijke volledige passages wel hebben plaatsgevonden, kan niet worden uitgesloten. Een dier kan immers voor langere tijd in het gebied tussen A27 en N417 zijn verbleven, alvorens de tweede natuurbrug te passeren. Het beeld dat hier ontstaat, past echter bij de bevindingen van de in 2012-2015 uitgevoerde studie met gezenderde dassen (Mulder, 2016). Dieren bleken de snelweg als territoriumgrens te zien. Incidenteel werden uitstapjes gemaakt via Natuurbrug Zwaluwenberg of de dassentunnels, maar meestal bleven de dieren aan één zijde van de snelweg. Illustratief in dit verband zijn de looproutes van das 'Vince' in de buurt van genoemde natuurbrug in de maand augustus 2014 (Figuur 4.38). Hij bezoekt de natuurbrug vaak, maar loopt er niet helemaal overheen. Dat de snelweg en Natuurbrug Zwaluwenberg een territoriumgrens zijn, blijkt ook uit de latrines die op dit ecoduct zijn aangetroffen (Figuur 4.38). Dassen plaatsen dergelijke latrines om hun territorium te markeren. Een vervolgstudie in 2017-2018 laat hetzelfde beeld zien (Mulder, 2019): de snelweg is een duidelijke grens tussen dassenterritoria, die daarom slechts incidenteel wordt overgestoken voor (korte) verkenningstochten.

Omdat volledige oversteken via de natuurverbinding niet zijn geregistreerd, wordt niet voldaan aan het minimumaantal passages dat nodig is voor levensvatbare populaties. Het model waarmee in de *RoadMitigationCalculator* wordt gerekend, houdt echter geen rekening met territoriaal gedrag. Het model gaat immers uit van een gelijke kans voor alle individuen om deel te nemen aan de uitwisseling. Een dier met een afgebakend territorium beperkt echter zijn/haar bewegingen. Dassen blijken de natuurbruggen duidelijk te accepteren en ook te gebruiken, maar territoriaal gedrag zet dus 'een rem' op het gebruik van de natuurverbinding. Het is echter aannemelijk dat er wel uitwisseling van (dispergerende) dieren plaatsvindt, op zoek naar een eigen leefgebied en/of partner. Zo is voor 32 van de 37 in 2020 waargenomen passages van dassen op Natuurbrug Zwaluwenberg geen terugkeer geregistreerd binnen 24 uur. Voor Natuurbrug Hoorneboeg betrof het zelfs alle 11 passages. Daarnaast zal het openvallen van een leefgebied aan de andere kant van de snelweg snel worden opgemerkt en door nieuwe dassen worden ingenomen. De essentie

is hier dus dat de natuurverbinding voor dassen een geschikte corridor is, maar dat de dieren het gebruik zelf doseren als gevolg van hun leefwijze en territoriaal gedrag. Meer faunapassages vormen hiervoor niet per se een oplossing. Ook daar kunnen de dieren immers de snelweg als territoriumgrens kiezen, zoals de studies van Mulder (2016; 2019) ook laten zien. Het over langere afstanden aanleggen van verkeerswegen in tunnels biedt wellicht meer soelaas; dan ontbreekt immers een lineaire landschapsstructuur die 'uitnodigt' om als territoriumgrens te dienen.

Figuur 4.38 *De looproutes van de gezenderde das 'Vince' (links) nabij Natuurbrug Zwaluwenberg in augustus 2014 (bron: Mulder, 2016); latrine van een das op Natuurbrug Zwaluwenberg (rechts).*
© Foto: E. Gazzea.

Wat betreft de tertiaire doelen zijn er voor das drie gehaald, twee deels gehaald en een niet gehaald. Er is geen verschil tussen de natuurverbinding en de omgeving in de verdeling van passages over het etmaal of de lichttoestand en ook het gemiddelde tijdstip van passage komt overeen. De temporele kenmerken van de passages van de natuurbruggen door dassen zijn dus vergelijkbaar met die in de omringende gebieden, wat positief is. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg geldt wel dat er een verschil is in de verdeling van passages over het jaar. Hier moet echter wel in acht worden genomen dat het aantal passages van das relatief beperkt is en er dus snel afwijkingen in genoemde verdeling kunnen optreden. De loopwijze op de natuurbruggen verschilt van die in de omgeving. Dassen passeren er vaker in draf en galop. Dit kan erop duiden dat ze zich ervan bewust zijn dat ze via een (smalle) corridor bewegen en dit snel willen doen. Het relatief hoge percentage waarmee alert gedrag op Natuurbrug Hoorneboeg is geregistreerd, ondersteunt dit. Op Natuurbrug Zwaluwenberg is het aandeel alert gedrag echter vergelijkbaar met dat in de omgeving. Daar staat tegenover dat de dieren op deze natuurbrug vaker gewoon passeren, zonder stil te staan of te foerageren, wat er eveneens op kan duiden dat de natuurbrug door de dieren ervaren wordt als (smalle) doorgang die bij voorkeur snel moet worden gepasseerd.

Boommarter
De doelsoort boommarter is alleen op 19 april 2017 geregistreerd. Hij passeerde toen Natuurbrug Hoorneboeg in sprongengalop. Daarnaast is tijdens een veldbezoek op 28 april 2020 een zichtwaarneming gedaan van een boommarter op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Deze is niet door de camera's geregistreerd en is naar verwachting de brug dan ook niet overgestoken. Het geringe gebruik van de natuurverbinding door boommarter lijkt niet te worden veroorzaakt door afwezigheid of weinig activiteit in de omliggende bosgebieden. De soort is op 25 referentieplekken gezien, inclusief O8, O25 en O27 op circa 50 m vanaf de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. Boommarters zijn ook zeventien keer gezien – in de periode mei-augustus 2014 – in de zone tussen de snelweg en de spoorlijn, ter hoogte van de insprong voor reeën, circa 400 m ten noorden van de natuurverbinding. In 2014 zijn ook sporen van boommarters (mest) aangetroffen op een boommarterkast op Landgoed Zwaluwenberg (H. Wijsman,

persoonlijke communicatie), net ten zuiden van het tussengebied. Een mogelijke verklaring voor de afwezigheid van de boommarter in de natuurverbinding is dat de vegetatieontwikkeling – op de brugdekken, maar ook op de toelopen – tijdens het onderzoek nog onvoldoende was om de soort een aantrekkelijke corridor te bieden. De soort is sterk gebonden aan bos en dit is op de natuurbruggen nog in ontwikkeling.

Een andere oorzaak kan zijn dat de boommarters elders de infrastructuur passeren, bijvoorbeeld via dassentunnels of andere onderdoorgangen. Monitoring van de dassentunnels in het gebied heeft inderdaad laten zien dat boommarters van sommige van deze voorzieningen gebruikmaken (Mulder, 2016). Ter hoogte van de Bosberg, circa 500 m ten zuiden van de natuurverbinding, is een serie van drie in elkaars verlengde liggende dassentunnels aanwezig, respectievelijk onder de A27, de spoorlijn Utrecht-Hilversum en de N417. Over een periode van drie jaar (juni 2012-juni 2015) zijn hier respectievelijk 12, 16 en 61 passages van boommarters geregistreerd. Een andere optie is dat de dieren elders de infrastructuur op maaiveld oversteken. Als boombewonende soort zijn het goede klimmers die niet worden tegengehouden door faunakerende rasters die qua ontwerp geen rekening houden met klimmende soorten. Na de verbreding van de A27 zijn de faunakerende rasters langs deze snelweg verlengd en van een glad scherm voorzien. Het is niet bekend in hoeverre dit de boommarters ervan weerhoudt om de weg over te steken. Een gepland telemetrisch onderzoek, waarbij boommarters een zender krijgen en vervolgens tijdens hun bewegingen door het gebied worden gevolgd, gaat daar wellicht meer licht op werpen (V. Loehr, RWS, persoonlijke mededeling). Een gegeven is echter wel dat na de opening van Natuurbrug Zwaluwenberg boommarters nog steeds als verkeersslachtoffer op de snelweg tussen Hollandsche Rading en de afslag naar Hilversum-Zuid zijn gemeld (zes in 2015, drie in 2017), ook na plaatsing van de rasters met schermen (één in 2022) (bron: waarneming.nl). In 2021 is ook op de N417 een boommarter als verkeersslachtoffer gemeld. Het met rasters voorkomen dat boommarters de weg oversteken en/of naar de natuurverbinding worden geleid, blijkt dus lastig. In dit licht zijn er twee maatregelen aan te bevelen: (1) ontwikkelen van een ononderbroken bosstrook op de toelopen en de brugdekken, aan de noordzijde van de natuurverbinding; (2) aanpassing van de huidige rasters langs de snelweg, zodat boommarters hier niet meer overheen kunnen klimmen.

De doelstelling dat boommarters gemiddeld minimaal eenmaal per maand gebruikmaken van de natuurverbinding is vooralsnog dus niet gehaald. Op de referentieplekken is het gemiddelde aantal passages per jaar echter ook niet hoog. Dit blijkt al uit het gegeven dat één waarneming op Natuurbrug Hoorneboeg in 2017 – na correctie voor ontbrekende meetdagen – resulteert in een schatting van gemiddeld 12 passages per jaar en een stuwingsindex van net iets meer dan 1. In dat meetjaar zou het doel wat betreft passagefrequentie en stuwingsindex dus gehaald zijn als ook op Natuurbrug Zwaluwenberg een passage van boommarter was geregistreerd. Dit illustreert hoe een of enkele passages het beeld kunnen doen kantelen voor een soort die rondom de natuurverbinding in relatief lage dichtheden voorkomt. Om ook levensvatbare populaties te waarborgen, is echter meer nodig. Uitgaande van de laagste populatiedichtheid, gebaseerd op de veldinventarisaties van Hartman (2021) op de Heuvelrug rond De Bilt en goede verbindingen tussen de Heuvelrug-Noord en Het Gooi en/of de rest van de Heuvelrug, zijn 80-90 passages per jaar van boommarters nodig om een overlevingskans van 100% voor de populaties te bereiken. Dit kunnen passages via de natuurverbinding zijn of via de aanwezige kleine faunatunnels. Dit aantal passages lijkt momenteel echter nog ver weg en benadrukt het belang om een goed ontwikkelde bosstrook op de toelopen en brugdekken van de natuurbruggen te ontwikkelen.

4.7.2 Overige soorten

Vos

De vos passeert beide natuurbruggen regelmatig; in het laatste meetjaar gemiddeld eenmaal per 3-4 dagen. Dit is niet verrassend, aangezien de soort op nagenoeg alle referentieplekken – 69 van de 72 – is waargenomen. Op Natuurbrug Hoorneboeg is het aantal passages naar verwachting enigszins onderschat door het na de diefstal/vernieling niet terugplaatsen van de camera's H1 en H3. Naar schatting betreft dit een onderschatting van circa 5%. Van stuwing is voor de vos nauwelijks sprake, zoals blijkt uit de stuwingsindexen van circa 1 en 1,5 op respectievelijk Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg in 2020. Dit is opvallend lager dan op andere natuurbruggen in de regio. Op Natuurbrug Zanderij Crailoo is voor vos een stuwingsindex van 4 gemeten (Van der Grift et al., 2009), op Natuurbrug Laarderhoogt was deze 7 (Van der Grift et al., 2020).

Bunzing
De bunzing is Natuurbrug Hoorneboeg voor het eerst gepasseerd op 14 april 2017. Twee weken later is hij nogmaals geregistreerd. In 2020 zijn acht passages waargenomen tussen 22 en 30 maart. De laatste keer dat de soort is geregistreerd, was op 10 juni 2020. Hier lijkt dus sprake te zijn van zwervende dieren die incidenteel de natuurverbinding gebruiken. Dit lage aantal passages is niet verrassend, aangezien de natuurverbinding en omliggende bos- en heidegebieden geen optimale habitat zijn voor de soort. De bunzing komt hier naar verwachting dus in (zeer) lage dichtheden voor, zoals ook blijkt uit het gegeven dat de soort niet op de referentieplekken is waargenomen. Het eerdergenoemde driejarige onderzoek naar het gebruik van dassentunnels bevestigt dit eveneens: de bunzing is wel op vier plaatsen geregistreerd, maar het aantal waarnemingen was beperkt, i.e. tweemaal in een dassentunnel onder de snelweg ten zuiden van Hollandsche Rading, eenmaal in een dassentunnel onder de N417 ter hoogte van Hollandsche Rading (manege), eenmaal in een dassentunnel onder de N417 ter hoogte van het Dassenveld en driemaal in een dassentunnel onder de spoorlijn (Mulder, 2016). Ook deze waarnemingen laten zien dat de bunzing een incidentele bezoeker is van het gebied en er geen sprake is van een permanent bewoond leefgebied.

Haas
Haas is de soort die het meest is gepasseerd. Op Natuurbrug Zwaluwenberg gemiddeld een- tot tweemaal per dag, op Natuurbrug Hoorneboeg gemiddeld driemaal per dag. Deze hoge aantallen betekenen niet dat hazen voortdurend uitwisselen tussen de leefgebieden aan weerszijden van de infrastructuur. De soort bezoekt (bijna) dagelijks de natuurbruggen en verblijft er dan meestal enige tijd om te foerageren. Hierbij worden de cameravallen meerdere keren gepasseerd. Hazen zijn ook vaak samen gezien, zowel volwassen als jonge dieren. De stuwingsindexen waren in alle meetjaren positief, op beide natuurbruggen. In 2020 varieerde deze tussen 4 en 6, wat duidt op meer activiteit op de natuurbruggen dan op basis van toeval kan worden verwacht. Dit is een gunstig signaal en bevestigt dat de soort de natuurverbinding niet vermijdt.

Konijn
Konijn is alleen in het eerste meetjaar binnen de natuurverbinding en op drie plekken in de omgeving waargenomen. In het tweede en derde meetjaar is de soort niet meer gezien. Dit past in het landelijke beeld van een sterk afnemende konijnenpopulatie sinds 2015 als gevolg van een nieuwe variant van de dodelijke virusziekte *Rabbit Haemorrhagic Disease* (RHDV-2) (Dijkstra et al., 2023). De beperkte verspreiding en dalende populatieomvang van de soort kunnen dus goed verklaren dat konijn na het eerste meetjaar verdween uit de natuurverbinding. Konijnen leven in familiegroepen en hebben een leefgebied dat varieert – afhankelijk van de groepsgrootte en de kwaliteit van de habitat – van minder dan 1 tot circa 6 ha. Dit betekent dat het leefgebied zich meestal niet verder uitstrekt dan enkele tientallen tot circa 150 m rond de burcht. Aangezien de toelopen circa 150 m lang zijn, lag de natuurverbinding waarschijnlijk buiten het bereik van eventueel nog aanwezige families. Er is ook een kans dat konijn de natuurverbinding in het tweede en derde meetjaar wel heeft gebruikt, maar door de camera's is gemist. Deze kans achten we echter niet groot, omdat als konijnen aanwezig zijn – zoals ook in het eerste meetjaar het geval was – ze meestal veelvuldig in beeld komen tijdens het foerageren.

Eekhoorn
De eekhoorn is niet geregistreerd op Natuurbrug Zwaluwenberg en slechts eenmaal op Natuurbrug Hoorneboeg. Die waarneming vond plaats op 5 april 2020, dus in het laatste meetjaar. De eekhoorn is in de omgeving op 21 plekken geregistreerd, inclusief referentieplekken op relatief korte afstand van de natuurverbinding, zoals O5 en O40 op een afstand van circa 400 m van de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg en W22 op een afstand van circa 100 m van de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Frequenter gebruik van de natuurverbinding door deze soort is dus wel te verwachten. Dat de soort nog nauwelijks passeert lijkt, net als voor de boommarter, vooral een gevolg van het (nog) ontbreken van een goed ontwikkelde bosstrook op de toelopen en brugdekken. De soort is zeker in staat om open terrein over te steken, maar zal dit alleen doen als bomen niet ver weg zijn. Ook voor de eekhoorn geldt dat de meeste faunakerende rasters geen belemmering vormen. De soort passeert wellicht dus elders de infrastructuur. Verkeersslachtoffers op de N417 – vijf registraties in de periode 2014-2022 – bevestigen dit (bron: waarneming.nl). Op de snelweg zijn in deze periode geen verkeersslachtoffers gemeld. Hier wordt de oversteek wellicht niet gewaagd. In de meeste dassentunnels is de soort niet waargenomen (Mulder, 2016), met uitzondering van twee relatief korte tunnels onder de spoorlijn bij de Laapersheide (zes waarnemingen) en het Laapersbos (één waarneming). De barrièrewerking van de infrastructuur is voor eekhoorn dus nog

niet opgeheven. Om dit te bewerkstelligen via de natuurverbinding geldt een vergelijkbare aanbeveling als voor de boommarter, i.e. doorgaan met de ontwikkeling van een bosstrook in de natuurverbinding.

Egel
Dat de egel wel in de omgeving maar niet binnen de natuurverbinding is geregistreerd, betekent niet dat de natuurverbinding niet geschikt is voor de soort. Egel is de eerste twee meetjaren niet in de omgeving geregistreerd en in het derde meetjaar is de soort slechts op twee plekken waargenomen. Op referentieplek W36 is de egel vijfmaal gepasseerd: op 7, 8, 10 en 24 mei en op 8 juni 2020. Op referentieplek W37 is de soort tweemaal gepasseerd in de nacht van 4 augustus 2020. Afwezigheid van de egel in de natuurverbinding lijkt dan ook vooral een gevolg van de zeer lage dichtheden waarin deze soort in het gebied voorkomt. Daarnaast is er ook een kans dat de soort op de natuurbruggen is gemist, aangezien het een relatief kleine soort betreft en de detectieafstand beperkt is. Als de soort bijvoorbeeld consequent is gepasseerd via het struweel op de grondwallen, dan kan hij zijn gemist.

4.8 Conclusies

Natuurverbinding Zwaluwenberg functioneert goed voor de doelsoort ree. De passagefrequentie voldoet aan de doelstelling, de stuwingsindex is positief en de gemeten uitwisseling is voldoende om de levensvatbaarheid van de populaties te waarborgen. Positief is ook dat de natuurverbinding niet alleen door zowel geiten als bokken wordt gebruikt, maar ook door de kalveren. Het aantal volwassen reebokken dat gebruikmaakt van de natuurverbinding is beperkt. Dit lijkt een gevolg van het territoriale gedrag dat de bokken in een deel van het jaar vertonen. De gemeten uitwisseling van reeën – bokken, geiten en kalveren – via Natuurverbinding Zwaluwenberg is naar verwachting wel voldoende groot om de levensvatbaarheid en genetische vitaliteit van de populaties aan weerszijden van de infrastructuur te waarborgen.

Natuurverbinding Zwaluwenberg functioneert goed voor de doelsoort das, hoewel niet alle doelen die samenhangen met uitwisseling zijn bereikt. De passagefrequentie voldoet aan de doelstelling, maar de stuwingsindex is negatief en passages waarbij de hele natuurverbinding wordt overgestoken, zijn niet waargenomen. Dit betekent ook dat de natuurverbinding vooralsnog voor onvoldoende uitwisseling zorgt om levensvatbare populaties voor das aan weerszijden van de infrastructuur te waarborgen. De oorzaak hiervan is het territoriale gedrag van de dieren. De snelweg A27 is een duidelijke grens tussen territoria, die daarom slechts incidenteel wordt overgestoken voor verkenningstochten. De natuurverbinding is dus geschikt voor dassen en ook geaccepteerd als corridor, maar de dieren doseren het gebruik zelf als gevolg van hun leefwijze en territoriale gedrag.

Natuurverbinding Zwaluwenberg functioneert nog niet goed voor de doelsoort boommarter. De soort is op slechts een van de natuurbruggen geregistreerd en passeert hier naar schatting slechts enkele keren per jaar. Hiermee is aan geen van de doelstellingen wat betreft uitwisseling voldaan. Mogelijke verklaringen zijn het nog ontbreken van een doorlopende bosstrook op de natuurbruggen, het prefereren van (kleine) faunapassages rondom de natuurverbinding en/of het oversteken van de infrastructuur op andere plekken na overklimmen van de faunarasters. Een eerste aanbeveling is daarom om een ononderbroken bosstrook op de toelopen en de brugdekken te ontwikkelen, aan de noordzijde van de natuurverbinding. Een tweede aanbeveling is om de huidige rasters langs de snelweg aan te passen, zodat boommarters hier niet meer overheen kunnen klimmen.

5 Gebruik van de natuurverbinding door mens en huisdier

5.1 Inleiding

Natuurverbinding Zwaluwenberg is niet alleen een corridor voor flora en fauna, maar ook voor mensen. De 'as' van de natuurverbinding bestaat immers uit de *Weg van 's-Graveland naar de Vuursche*, een gecombineerd fiets-/voetpad. Ook een ruiterpad doorkruist de natuurverbinding over de hele lengte. Er is wel een verschil tussen de twee natuurbruggen. Natuurbrug Zwaluwenberg is alleen opengesteld voor ruiters. Fietsers en voetgangers kunnen de spoorlijn en snelweg immers via een aparte brug passeren. Natuurbrug Hoorneboeg is opengesteld voor zowel ruiters als fietsers en voetgangers. Zie ook Paragraaf 2.6 voor een beschrijving van het padenstelsel binnen de natuurverbinding en de beperkingen die er aan het menselijk medegebruik zijn opgelegd.

Het openstellen van een natuurbrug voor mensen roept vaak discussie op. Sommigen zijn bezorgd dat het gebruik door mensen het gebruik door dieren negatief beïnvloedt. Een eerste zorg is dan dat de aanleg van (recreatieve) paden op natuurbruggen leidt tot extra betreding van de niet-opengestelde delen van de brug. Ook is soms de verwachting dat de paden 'uitnodigen' tot gebruik met vervoersmiddelen en/of op momenten die niet zijn toegestaan. Ten slotte stelt men ook de vraag of het gebruik van de brug door mensen niet leidt tot een dusdanige verstoring dat de dieren minder vaak of helemaal niet meer passeren. In dit hoofdstuk verkennen we daarom de omvang en aard van het gebruik van de natuurverbinding door mensen. Hierbij gaat de aandacht ook uit naar illegaal gebruik van de natuurverbinding. Het betreft dan gebruik met niet-toegestane voertuigen, gebruik op tijden die niet zijn toegestaan en/of gebruik op plekken waar dat niet is toegestaan. We onderzoeken een eventueel effect van het menselijk medegebruik van de natuurbruggen op het gebruik van dieren in Hoofdstuk 6. Huisdieren zijn in de natuurverbinding alleen toegestaan op het centrale fiets-/voetpad. De natuurbruggen zijn voor huisdieren verboden. Bekend is dat huisdieren, zoals honden en katten, wilde fauna kunnen verstoren en een negatief effect kunnen hebben op hun terreingebruik. We verkennen in dit hoofdstuk daarom ook de aard en omvang van het gebruik van de natuurverbinding door huisdieren, waarbij we eveneens onderscheid maken tussen legaal en illegaal gebruik.

5.2 Doel van het onderzoek

Een eerste doel is om een goed beeld – kwalitatief en kwantitatief – te krijgen van het gebruik van de natuurverbinding door mensen en huisdieren. Het onderzoek moet inzicht verschaffen in hoe de recreatieve voorzieningen zijn geaccepteerd en worden benut. Een tweede doel is om te onderzoeken in welke mate illegale vormen van gebruik – door mens en/of huisdier – optreden, die wellicht het gebruik door wilde fauna negatief beïnvloeden. Hierbij is het streven om ook eventuele trends wat betreft legaal dan wel illegaal gebruik te beschrijven. Een laatste doel is om met behulp van de gegevens over het menselijke gebruik van de natuurverbinding – en dan vooral die van de twee natuurbruggen – te onderzoeken of er effecten van dit medegebruik zijn op het gebruik door de wilde fauna (zie Hoofdstuk 6).

5.3 Onderzoeksvragen

Om deze doelen te bereiken, zijn de volgende concrete onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Hoeveel fietsers, voetgangers en ruiters maken per jaar gebruik van de natuurverbinding?
2. Hoe is de verdeling van dit gebruik over de maanden van het jaar, over de dagen van de week en over de uren van het etmaal op de natuurbruggen?
3. Welke huisdieren maken gebruik van de natuurverbinding en in welke mate?
4. Welke vormen van illegaal gebruik door mensen/huisdieren zijn waargenomen en in welke mate?

5.4 Methode

5.4.1 Verzamelen gegevens

Het gebruik van de natuurverbinding door mensen en huisdieren is onderzocht met behulp van cameravallen.

Centrale fiets-/voetpad
Het gebruik van de *Weg van 's-Graveland naar de Vuursche* – in het navolgende het 'centrale fiets-/voetpad' genoemd – is in 2014, 2017 en 2020 gemonitord. In 2014 is er een camera op circa 3 m hoogte in een boom geplaatst bij de westelijke toegang van de recreantenbrug over rijksweg A27 (Figuur 5.1). In 2017 is er een camera op circa 1 m hoogte in een paal geplaatst naast de toegang tot de natuurverbinding aan de oostzijde van de N417, met het zichtveld in oostelijke richting (Figuur 5.2). In 2020 is er een camera op circa 3 m hoogte in een boom geplaatst ter hoogte van het tussengebied (Figuur 5.2). Deze camera monitorde alleen het fiets-/voetpad. Het ernaast gelegen ruiterpad lag net te ver buiten het sensorveld om betrouwbaar passerende ruiters te registreren. In 2014 en 2017 betroffen het camera's van het type Reconyx HyperFire PC900. Deze infraroodcamera met bewegings- en warmtesensor heeft een reactietijd van 0,2 sec, een maximaal detectiebereik van 30 m en een flitsbereik (infrarood) van 20 m. In 2020 is een Reconyx MicroFire MR5 gebruikt. Deze infraroodcamera met bewegings- en warmtesensor heeft een reactietijd van 0,1 sec, een maximaal detectiebereik van 12 m en een flitsbereik (infrarood) van 15 m. Na activatie van een camera zijn in 2014 en 2017 steeds tien opnamen gemaakt. In 2020 is dit aangepast naar steeds drie opnamen om (te snel) vollopen van de geheugenkaart te voorkomen.

Figuur 5.1 *De cameraval waarmee in 2014 het centrale fiets-/voetpad is gemonitord, geïnstalleerd in een boom naast het pad (links), met zicht op de westelijke toegang van de fiets-/voetgangersbrug over de snelweg (rechts). © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 5.2 *Het zichtveld van de camera naast de toegangspoort bij de N417 in 2017 (links) en die van de in een boom geïnstalleerde camera ter hoogte van het tussengebied in 2020 (rechts).*
© Foto's: E. van der Grift.

De opzet was om het centrale fiets-/voetpad in ieder meetjaar continu te monitoren, dus voor de duur van 12 maanden, 7 dagen per week, 24 uur per dag. De camera's zijn echter meerdere malen gestolen of vernield. Het opnieuw plaatsen van camera's kostte tijd, omdat er steeds gezocht is naar een betere manier om de camera's te beschermen tegen diefstal en vandalisme. Het gevolg is dat in geen van de meetjaren een volledig jaar is gemonitord (Tabel 5.1). In totaal, dus over alle meetjaren, is het centrale fiets-/voetpad 268 volledige dagen gemonitord.

Tabel 5.1 *Per meetjaar het aantal volledige dagen dat de cameravallen langs het centrale fiets-/voetpad operationeel zijn geweest.*

Jaar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totaal
2014	0	0	19	30	31	30	31	13	0	0	0	0	154
2017	0	0	0	10	19	0	0	0	0	0	0	0	29
2020	9	29	25	10	6	0	0	0	0	0	0	0	79
Totaal	**9**	**29**	**44**	**56**	**56**	**30**	**31**	**13**	**0**	**0**	**0**	**0**	**268**

De registraties van passerende mensen en huisdieren zijn in 2014 en 2020 geijkt, doordat gelijktijdig met de camera's een telling door onderzoekers is uitgevoerd. In 2017 was dat ook het plan, maar heeft de ijking niet kunnen plaatsvinden, omdat de camera toen al snel is vernield. Zowel in 2014 als in 2020 is acht uur simultaan – door camera en onderzoekers – geteld, verdeeld over twee dagen (Bijlage 4).

Natuurbrug Zwaluwenberg

Het gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg door mensen en huisdieren is in de meetjaren 2014, 2015, 2017, 2018 en 2020 gemonitord (zie ook Hoofdstuk 4). Het gebruik van het ruiterpad is in alle meetjaren onderzocht met behulp van een net ten noorden van dit pad geplaatste camera (camera Z1; zie ook Figuur 4.1 in Hoofdstuk 4). Deze camera – van het type Reconyx HyperFire PC900 – was bevestigd aan een verankerde paal op circa 0,5 m hoogte. Na activatie van de camera zijn steeds tien opnamen gemaakt. Voor de monitoring van het gebruik door mens en huisdier van het niet voor publiek toegankelijke deel van de natuurbrug, is gebruikgemaakt van de camera's die hier voor de monitoring van de wilde fauna zijn geïnstalleerd (zie Hoofdstuk 4).

Het eerste meetjaar startte op 1 maart 2014 en eindigde op 28 februari 2015. In de periode 27 augustus-26 september 2014 zijn geen metingen gedaan als gevolg van diefstal van de camera's. Het tweede meetjaar startte op 1 mei 2017 en eindigde op 30 april 2018. In de periode 16 juni-14 augustus 2017 zijn met camera Z1 geen metingen van het ruiterpad gedaan als gevolg van een technische storing. Met camera Z6 (zie Hoofdstuk 4, Figuur 4.1) is echter nog tot 24 juni gemeten. Het derde meetjaar startte op 1 januari 2020 en eindigde op 31 december 2020. In de periode 3 september-7 oktober 2020 zijn geen metingen gedaan als gevolg van diefstal van de camera's. In totaal, dus over alle meetjaren, is het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg 978 dagen gemonitord (Tabel 5.2). Het niet voor publiek toegankelijke deel van de natuurbrug is over alle meetjaren 970 dagen gemonitord (zie Hoofdstuk 4, Tabel 4.2, 4.3 en 4.4).

Tabel 5.2 *Per meetjaar en per maand het aantal volledige dagen dat het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg is gemonitord.*

Meetjaar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totaal
2014-2015	31	28	31	30	31	30	31	26	4	31	30	31	334
2017-2018	31	28	31	30	31	23/15	0	17	30	31	30	31	313
2020	31	29	31	30	31	30	31	31	2	24	30	31	331
Totaal	*93*	*85*	*93*	*90*	*93*	*83*	*62*	*74*	*36*	*86*	*90*	*93*	*978*

De registraties door camera Z1 van passerende mensen en huisdieren op het ruiterpad zijn geijkt op basis van registraties met een tweede camera, die bij de westelijke toegang van het ruiterpad is geplaatst (camera Z6; zie Hoofdstuk 4, Figuur 4.1). Deze camera is direct naast het ruiterpad geïnstalleerd, op een hoogte van

2,20 m. Mensen en huisdieren passeerden de camera hierdoor op zeer korte afstand en frontaal, waardoor de kans op het niet detecteren van een passage als zeer klein is geschat (Figuur 5.3). Deze tweede camera heeft 167 dagen gelijktijdig met camera Z1 gewerkt, in de periode mei-augustus 2014.

Figuur 5.3 *Het zichtveld van camera Z1 naast het ruiterpad midden op Natuurbrug Zwaluwenberg (links) en die van camera Z6 bij de westelijke toegang van het ruiterpad (rechts). © Foto's: E. van der Grift.*

Natuurbrug Hoorneboeg

Het gebruik van Natuurbrug Hoorneboeg door mensen en huisdieren is in de meetjaren 2016, 2017 en 2020 gemonitord (zie ook Hoofdstuk 4). Het gebruik van het gecombineerde fiets-/voetpad en ruiterpad is in 2016 en 2017 onderzocht met behulp van een boven op de natuurbrug en net ten zuiden van deze paden geplaatste camera (camera H1; zie Figuur 4.2 in Hoofdstuk 4 en Figuur 5.4). Deze camera – van het type Reconyx HyperFire PC900 – was bevestigd aan een verankerde paal op circa 0,5 m hoogte. In 2016 is deze camera al snel gestolen. In 2017 is hij na korte tijd vernield. In 2020 is er daarom voor gekozen om de paden met twee camera's te monitoren vanuit een 4 m hoge paal. Deze paal is aan de voet van de oostelijke toeloop geplaatst (Figuur 5.5). De ene camera (H9) monitorde de twee paden in oostelijke richting, de ander (H10) deed dat in westelijke richting (Figuur 5.6). Het betrof in beide gevallen een camera van het type Reconyx MicroFire MR5. Na activatie van de camera's zijn steeds tien opnamen gemaakt. Voor de monitoring van het gebruik door mens en huisdier van het niet voor publiek toegankelijke deel van de natuurbrug, is gebruikgemaakt van de camera's die voor de monitoring van de wilde fauna zijn geïnstalleerd (zie Hoofdstuk 4).

Figuur 5.4 *Het zichtveld van camera H1 naast het ruiterpad en gecombineerde fiets-/voetpad boven op Natuurbrug Hoorneboeg. © Foto: E. van der Grift.*

Figuur 5.5 *De cameraopstelling – met camera H9 en H10 in een hoge paal – voor de monitoring van het ruiterpad en gecombineerde fiets-/voetpad op Natuurbrug Hoorneboeg in 2020. © Foto: E. van der Grift.*

Figuur 5.6 *Het zichtveld van camera H5 (rechts) en H6 (links) naast het ruiterpad en gecombineerde fiets-/voetpad op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg in 2020. © Foto's: E. van der Grift.*

De monitoring van het gecombineerde fiets-/voetpad en ruiterpad startte op 1 april 2016 en eindigde zes dagen later op 6 april 2016, omdat de camera verdween. In 2017 is, na het nemen van extra maatregelen om diefstal te voorkomen, de monitoring hervat. Deze startte op 21 april en eindigde op 19 mei, ditmaal door vernieling van de camera. In 2020 startte de monitoring op 1 januari en eindigde op 5 oktober, opnieuw voortijdig, omdat de camera's werden gestolen. In totaal, dus over alle meetjaren, zijn de twee recreatieve paden op Natuurbrug Hoorneboeg 314 dagen gemonitord (Tabel 5.3).

Tabel 5.3 *Per meetjaar en per maand het aantal volledige dagen dat het gecombineerde fiets-/voetpad en ruiterpad op Natuurbrug Hoorneboeg zijn gemonitord.*

Meetjaar	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totaal
2016	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
2017	0	0	0	10	19	0	0	0	0	0	0	0	29
2020	31	29	31	30	31	30	31	31	30	5	0	0	279
Totaal	*31*	*29*	*31*	*46*	*50*	*30*	*31*	*31*	*30*	*5*	*0*	*0*	*314*

5.4.2 Verwerken van de fotobeelden

De fotobeelden van de cameravallen zijn alle geanalyseerd, waarbij voor passerende mensen de volgende meetvariabelen zijn geregistreerd: (1) de wijze van voortbewegen; (2) of het de persoon was toegestaan om op de betreffende plek te zijn; (3) of de persoon deel uitmaakte van het onderzoeksteam of niet; (4) de richting waarin de persoon bewoog; (5) of de persoon passeerde bij daglicht, in de schemering of in het donker. Voor huisdieren zijn de soort en looprichting geregistreerd. Voor honden is daarnaast aangegeven of deze (1) losliep, (2) was aangelijnd of (3) in een aanhanger, bakfiets of fietsmand zat. Tabel 5.4 geeft een overzicht van de mogelijke waarden per meetvariabele.

Tabel 5.4 *Meetvariabelen en bijbehorende waarden die bij de analyse van de fotobeelden zijn geregistreerd voor waargenomen mensen en huisdieren.*

Meetvariabelen	Waarden
Mensen	
Type mens	fietser, voetganger, ruiter, scooter, auto
Toestemming aanwezigheid	legaal, illegaal
Onderzoeker	ja, nee
Richting	RL, LR, RR, LL, onbekend
Daglicht	licht, schemering, donker
Huisdieren	
Soort	soortnaam
Type (alleen voor hond)	aangelijnd, niet aangelijnd, in fietsmand, -bak of -aanhanger
Richting	RL, LR, RR, LL, onbekend
Daglicht	licht, schemering, donker

Voor de wijze van voortbewegen van mensen – in het navolgende 'type mens' genoemd – zijn vijf categorieën onderscheiden: (1) fietser, (2) voetganger, (3) ruiter, (4) scooter en (5) auto. De categorie 'voetganger' omvat zowel wandelaars als joggers, maar ook (ski)skaters, scootmobielen en (elektrische) rolstoelen. De categorie 'fietser' omvat alle typen fietsen, dus stadsfietsen, racefietsen, mountainbikes, e-bikes, bakfietsen, tandems, duofietsen, stepfietsen en driewielers. Een fiets is als één fietser geteld, ongeacht hoeveel personen er op de fiets zitten. Een ouder met een kind achterop, een tandem of duofiets met twee berijders en een bakfiets vol kinderen zijn dus alle geregistreerd als één fietser. De groep 'ruiter' omvat ruiters, ongeacht of ze op het paard zitten of ernaast lopen, en aanspanningen. De groep 'scooter' omvat scooters, brommers, snorfietsen, motoren en quads. De groep 'auto' bevat alle overige gemotoriseerde voertuigen, dus personenauto's, bedrijfswagens, vrachtauto's, tractoren, graafmachines, maaimachines en andere vormen van werkvoertuigen.

Als een persoon of huisdier niet op de betreffende plek mocht zijn, is deze geregistreerd als 'illegaal'. Was hiervoor wel toestemming, dan is deze geregistreerd als 'legaal'. Een voorbeeld: Een recreant te voet in het natuurdeel van een van de natuurbruggen is geregistreerd als illegaal, maar een recreant te voet op het fiets-/voetpad als legaal. Een recreant op een brommer op het fiets-/voetpad is daarentegen weer illegaal.

Om een indruk te krijgen hoeveel van de geregistreerde passages van mensen een gevolg zijn van het onderzoek, zijn alle passages van onderzoekers apart gelabeld. Het betreft hier uitsluitend onderzoekers die betrokken waren bij onderhavig onderzoek. Andere onderzoekers, bijvoorbeeld vrijwilligers van het Goois Natuurreservaat die de poelen monitoren, zijn dus wel gelabeld als legaal, maar niet als onderzoekers.

Voor de richting waarin de persoon of het huisdier bewoog – in het navolgende 'richting' genoemd – is geregistreerd of de persoon of het huisdier in het fotobeeld van rechts naar links (RL) of van links naar rechts (LR) beweegt, dan wel aan de rechter- (RR) of linkerkant (LL) van het fotobeeld blijft. Pas in de analysefase zijn deze richtingen 'vertaald' in een geografische richting, op basis van de positionering van de betreffende camera. Zo betekent een looprichting 'rechts-links' voor een ruiter die met camera Z1 op het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg is waargenomen, dat de ruiter van west naar oost bewoog. Als de richting niet met zekerheid kon worden vastgesteld, is 'onbekend' ingevuld.

Voor de meetvariabele 'daglicht' zijn drie klassen onderscheiden: licht, schemering en donker. Voor de toekenning van een waarneming aan een van deze klassen zijn de volgende beslisregels gebruikt:
- een waarneming valt in de klasse 'licht' als de foto's van de serie in kleur zijn;
- een waarneming valt in de klasse 'schemering' als de foto's van de serie in grijstinten zijn;
- een waarneming valt in de klasse 'donker' als de foto's van de serie in zwart-wit zijn.

5.4.3 Analyse gegevens mensen

5.4.3.1 Passagefrequentie van fietsers, voetgangers en ruiters

Tussengebied
Het aantal fietsers, voetgangers en ruiters dat de natuurverbinding jaarlijks passeert, is per meetjaar en voor alle meetjaren samen geschat.

In een eerste stap is voor ieder meetjaar het aantal passages via het fiets-/voetpad geschat voor iedere volledige dag dat de daar geïnstalleerde camera operationeel is geweest. Dit is gedaan door per type mens en per richting het aantal registraties op een dag te sommeren. Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Vervolgens zijn alle aantallen gecorrigeerd met behulp van de correctiefactoren die met de ijking per type mens en per richting zijn verkregen (Bijlage 4). De gecorrigeerde aantallen van beide richtingen zijn gesommeerd om te komen tot een schatting van het aantal passages per meetdag. Vervolgens is het gemiddelde aantal passages per dag op het fiets-/voetpad bepaald door het gemiddelde te berekenen over alle meetdagen. In 2017 en 2020 zijn ruiters niet gemonitord met de camera langs het centrale fiets-/voetpad. Om toch een beeld te krijgen van het totaalaantal mensen dat de natuurverbinding gebruikt, is hiervoor daarom de telling van ruiters op Natuurbrug Hoorneboeg gebruikt.

In een tweede stap is voor ieder meetjaar het aantal passages van mensen via het niet voor publiek toegankelijke deel van de natuurbrug geschat voor iedere volledige dag dat de daar geïnstalleerde camera's operationeel zijn geweest. Dit is gedaan door per type mens het aantal registraties op een meetdag te sommeren. Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Dubbeltellingen door verschillende camera's zijn verwijderd. Vervolgens is het gemiddelde aantal passages per dag in het niet voor publiek toegankelijke deel van de natuurbrug bepaald door het gemiddelde te berekenen over alle meetdagen.

In een derde stap is voor ieder meetjaar het gemiddelde aantal passages van mensen per dag geschat voor de gehele natuurbrug door optelling van de bij stap 1 en stap 2 berekende gemiddelden. Het aantal mensen dat op jaarbasis passeert, is geschat door dit verkregen gemiddelde te vermenigvuldigen met 365 (2017) of 366 (2016 en 2020). Op vergelijkbare wijze is ook het gemiddelde aantal passages per jaar geschat over alle meetjaren samen.

Natuurbrug Zwaluwenberg
Het aantal fietsers, voetgangers en ruiters dat Natuurbrug Zwaluwenberg jaarlijks passeert – via het ruiterpad of via het niet voor publiek toegankelijke deel van de brug – is per meetjaar en voor alle meetjaren samen geschat.

In een eerste stap is voor ieder meetjaar het aantal passages via het ruiterpad geschat voor iedere volledige dag dat de daar geïnstalleerde camera operationeel is geweest. Dit is gedaan door per type mens en per richting het aantal registraties op een dag te sommeren. Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Vervolgens zijn alle aantallen gecorrigeerd met behulp van de correctiefactoren die met de ijking per type mens zijn verkregen (Bijlage 4). Ten slotte is het gemiddelde aantal passages per dag op het ruiterpad bepaald door het gemiddelde te berekenen over alle meetdagen.

In een tweede stap is voor ieder meetjaar het aantal passages van mensen via het niet voor publiek toegankelijke deel van de natuurbrug geschat voor iedere volledige dag dat alle daar geïnstalleerde camera's operationeel zijn geweest. Dit is gedaan door per type mens het aantal registraties op een meetdag te sommeren. Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Dubbeltellingen door verschillende camera's zijn verwijderd. Vervolgens is het gemiddelde aantal passages per dag in het niet voor publiek toegankelijke deel van de natuurbrug bepaald door het gemiddelde te berekenen over alle meetdagen.

In een derde stap is voor ieder meetjaar het gemiddelde aantal passages van mensen per dag geschat voor de gehele natuurbrug door optelling van de bij stap 1 en stap 2 berekende gemiddelden. Het aantal mensen dat op jaarbasis passeert, is geschat door dit verkregen gemiddelde te vermenigvuldigen met 365 (2014 en 2017-2018) of 366 (2020). Op vergelijkbare wijze is ook het gemiddelde aantal passages per jaar geschat over alle meetjaren samen.

Natuurbrug Hoorneboeg
Het aantal fietsers, voetgangers en ruiters dat Natuurbrug Hoorneboeg jaarlijks passeert – via de recreatieve paden of via het niet voor publiek toegankelijke deel van de brug – is per meetjaar en voor alle meetjaren samen geschat.

In een eerste stap is voor ieder meetjaar het aantal passages via de twee recreatieve paden geschat voor iedere volledige dag dat de daar geïnstalleerde camera operationeel is geweest. Dit is gedaan door per type mens en per richting het aantal registraties op een dag te sommeren. Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. In 2020 zijn de paden met twee camera's gemonitord. Het aantal registraties op een meetdag verschilde in veel gevallen tussen de camera's. Daarom zijn per meetdag de registraties gebruikt van de camera met het hoogste aantal registraties op die dag. Vervolgens zijn alle aantallen gecorrigeerd met behulp van de correctiefactoren die met de ijking per type mens en per richting zijn verkregen (Bijlage 4). De gecorrigeerde aantallen van beide richtingen zijn gesommeerd om te komen tot een schatting van het aantal passages per meetdag. Vervolgens is het gemiddelde aantal passages per dag op de twee recreatieve paden bepaald door het gemiddelde te berekenen over alle meetdagen.

In een tweede stap is voor ieder meetjaar het aantal passages van mensen via het niet voor publiek toegankelijke deel van de natuurbrug geschat voor iedere volledige dag dat de daar geïnstalleerde camera's operationeel zijn geweest. Dit is gedaan door per type mens het aantal registraties op een meetdag te sommeren. Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Dubbeltellingen door verschillende camera's zijn verwijderd. Vervolgens is het gemiddelde aantal passages per dag in het niet voor publiek toegankelijke deel van de natuurbrug bepaald door het gemiddelde te berekenen over alle meetdagen.

In een derde stap is voor ieder meetjaar het gemiddelde aantal passages van mensen per dag geschat voor de gehele natuurbrug door optelling van de bij stap 1 en stap 2 berekende gemiddelden. Het aantal mensen dat op jaarbasis passeert, is geschat door dit verkregen gemiddelde te vermenigvuldigen met 365 (2017) of 366 (2016 en 2020). Op vergelijkbare wijze is ook het gemiddelde aantal passages per jaar geschat over alle meetjaren samen.

5.4.3.2 Procentuele verdeling passages over de maanden op de natuurbruggen

Natuurbrug Zwaluwenberg
De procentuele verdeling over de maanden van het jaar van het aantal fietsers, voetgangers en ruiters dat Natuurbrug Zwaluwenberg passeert, is geschat op basis van de tellingen in de meetjaren 2014-2015, 2017-2018 en 2020. De schatting is gebaseerd op de tellingen die op het ruiterpad en in de natuurzone zijn gedaan. Allereerst is per type mens het aantal passages per maand bepaald, ongeacht de richting, waarbij is gecorrigeerd voor dubbeltellingen en onderschattingen (zie Paragraaf 5.4.3.1). Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Vervolgens is per type mens het gemiddelde berekend over de drie meetjaren. Ten slotte is per type mens de proportie van het totale aantal passages per maand berekend. In augustus en september 2014, juni en augustus 2017 en september en oktober 2020 zijn niet alle dagen van de maand gemonitord. Om toch tot een vergelijkbare proportie te komen voor deze maanden, is het gemiddelde aantal passages per dag over de dagen dat wel is geteld, geëxtrapoleerd naar een volledige maand. In juli 2017 zijn geen metingen gedaan.

Natuurbrug Hoorneboeg
De procentuele verdeling over de maanden van het jaar van het aantal fietsers, voetgangers en ruiters dat Natuurbrug Hoorneboeg passeert, is alleen voor 2020 geschat. In 2016 en 2017 is te kort gemonitord – door diefstal en vandalisme – om een betrouwbaar beeld te genereren. De schatting is gebaseerd op de tellingen die op het gecombineerde fiets-/voetpad en ruiterpad zijn gedaan. Allereerst is per type mens het aantal passages per maand bepaald, ongeacht de richting, waarbij is gecorrigeerd voor dubbeltellingen en onderschattingen (zie Paragraaf 5.4.3.1). Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Vervolgens is per type mens de proportie van het totale aantal passages per maand berekend. In oktober zijn slechts vijf meetdagen gemonitord. Om toch tot een vergelijkbare proportie te komen voor die maand, is het gemiddelde aantal passages per dag over de vijf meetdagen geëxtrapoleerd naar een volledige maand. In november en december zijn geen metingen gedaan.

5.4.3.3 Procentuele verdeling passages over de weekdagen op de natuurbruggen

Natuurbrug Zwaluwenberg
De procentuele verdeling over de dagen van de week van het aantal fietsers, voetgangers en ruiters dat Natuurbrug Zwaluwenberg passeert, is geschat op basis van de tellingen in de meetjaren 2014-2015, 2017-2018 en 2020. De schatting is gebaseerd op de tellingen die op het ruiterpad en in de natuurzone zijn gedaan. Allereerst is per type mens het aantal passages per weekdag bepaald, ongeacht de richting. Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Vervolgens is per type de proportie van het totale aantal passages per weekdag berekend.

Natuurbrug Hoorneboeg
De procentuele verdeling over de dagen van de week van het aantal fietsers, voetgangers en ruiters dat Natuurbrug Hoorneboeg passeert, is alleen voor 2020 geschat. In 2016 en 2017 is te kort gemonitord – door diefstal en vandalisme – om een betrouwbaar beeld te genereren. De schatting is gebaseerd op de tellingen die op het gecombineerde fiets-/voetpad en ruiterpad zijn gedaan. Allereerst is per type mens het aantal passages per weekdag bepaald, ongeacht de richting, dat met beide camera's is geregistreerd. Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Vervolgens is per type mens de proportie van het totale aantal passages per weekdag berekend. Er is verkend of er een groot verschil in uitkomst is als alleen de registraties van camera H5 of alleen die van camera H6 worden gebruikt. Dat bleek niet het geval. Hierdoor achtten wij het verantwoord om de gegevens van beide camera's te gebruiken, dus inclusief dubbeltellingen.

5.4.3.4 Procentuele verdeling passages over het etmaal op de natuurbruggen

Natuurbrug Zwaluwenberg
De procentuele verdeling over de uren van het etmaal van het aantal fietsers, voetgangers en ruiters dat Natuurbrug Zwaluwenberg passeert, is geschat op basis van de tellingen in de meetjaren 2014-2015, 2017-2018 en 2020. De schatting is gebaseerd op de tellingen die op het ruiterpad en in de natuurzone zijn gedaan. Allereerst is per type mens het aantal passages per uur bepaald, ongeacht de richting. Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Vervolgens is per type mens de proportie van het totale aantal passages per uur berekend.

Natuurbrug Hoorneboeg
De procentuele verdeling over de uren van het etmaal van het aantal fietsers, voetgangers en ruiters dat Natuurbrug Hoorneboeg passeert, is alleen voor 2020 geschat. In 2016 en 2017 is te kort gemonitord – door diefstal en vandalisme – om een betrouwbaar beeld te genereren. De schatting is gebaseerd op de tellingen die op het gecombineerde fiets-/voetpad en ruiterpad zijn gedaan. Allereerst is per type mens het aantal passages per uur van de dag bepaald, ongeacht de richting, dat met beide camera's is geregistreerd. Passages van onderzoekers zijn niet meegerekend. Vervolgens is per type mens de proportie van het totale aantal passages per uur berekend. Er is verkend of er een groot verschil in uitkomst is als alleen de registraties van camera H5 of alleen die van camera H6 worden gebruikt. Dat bleek niet het geval. Hierdoor achtten wij het verantwoord om de gegevens van beide camera's te gebruiken, dus inclusief dubbeltellingen.

5.4.3.5 Verkenning illegaal gebruik door mensen

Definitie illegaal gebruik
Wat illegaal gebruik is en wat niet, hangt af van de locatie binnen de natuurverbinding. Tabel 5.5 geeft een overzicht van de diverse typen van illegaal gebruik die we hier onderscheiden en waar deze gelden. Uitgezonderd zijn passages van genoemde typen gebruik door bevoegden, zoals boswachters, beheerders en vrijwilligers van het Goois Natuurreservaat, evenals die van bij het onderzoek betrokken onderzoekers. Ook passages waarvoor toestemming is verleend, zoals excursies, zijn uitgezonderd. De onderscheiden vormen van illegaal gebruik zijn zo gedefinieerd dat deze complementair zijn aan elkaar. Hierdoor kan door sommatie van de per type berekende percentages illegaal gebruik inzicht worden verkregen in de totale omvang van het illegale gebruik per deelgebied.

Tabel 5.5 *Onderzochte vormen van illegaal gebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg door mensen per deelgebied.*

Type illegaal gebruik	Centrale fiets-/voetpad	Natuurbrug Zwaluwenberg	Natuurbrug Hoorneboeg
Passages via de natuurzone	-	X	X
Passages via het ruiterpad door anderen dan ruiters	-	X	-
Passages ruiters via het ruiterpad na zonsondergang	-	X	X
Passages via het fiets-/voetpad op een niet-toegestaan voertuig	X	-	X
Passages fietsers/voetgangers via het fiets-/voetpad na zonsondergang	X	-	X

Illegale passages via de natuurzone
Per natuurbrug is voor ieder meetjaar het gemiddelde aantal illegale passages per dag via de natuurzone berekend. Dit is afzonderlijk gedaan voor fietsers, voetgangers, ruiters, scooters en auto's. Dubbeltellingen door verschillende camera's zijn verwijderd. Het jaarlijkse aantal illegale passages via de natuurzone per type mens is geschat door dit gemiddelde te vermenigvuldigen met 365 of 366 (voor schrikkeljaren). Op basis van deze aantallen en het totale aantal passages van mensen – alle typen, legaal dan wel illegaal – per meetjaar via de natuurbrug, is per type mens en voor alle typen samen het percentage illegale passages berekend. Vervolgens is het gemiddelde berekend over alle meetjaren, opnieuw per type mens en voor alle typen samen.

Illegale passages via het ruiterpad door anderen dan ruiters
Voor Natuurbrug Zwaluwenberg is voor ieder meetjaar het gemiddelde aantal passages per dag door anderen dan ruiters via het ruiterpad berekend. Dit is afzonderlijk gedaan voor fietsers, voetgangers, scooters en auto's. Het jaarlijkse aantal van dergelijke illegale passages via het ruiterpad is per type mens geschat door dit gemiddelde te vermenigvuldigen met 365 (voor 2014-2015 en 2017-2018) of 366 (voor 2020). Op basis van deze aantallen en het totale aantal passages van mensen – alle typen, legaal dan wel illegaal – per meetjaar via de natuurbrug, is per type mens en voor alle typen samen het percentage illegale passages berekend. Vervolgens is het gemiddelde berekend over alle meetjaren, opnieuw per type mens en voor alle typen samen.

Illegale passages ruiters via het ruiterpad na zonsondergang
Het gebruik door ruiters van Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg na zonsondergang is verkend op basis van alle meetjaren. Per natuurbrug is allereerst het totale aantal passages door ruiters na zonsondergang bepaald, ongeacht de richting. Hierbij is als beslisregel gebruikt dat een passage classificeert als 'na zonsondergang' wanneer voor de meetvariabele daglicht 'donker' is ingevuld. Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn de registraties van beide camera's gebruikt, dus inclusief dubbeltellingen. Op basis van het verkregen aantal en het totale aantal geregistreerde passages van mensen – alle typen, legaal dan wel illegaal – over de betrokken meetjaren, is vervolgens het percentage illegale passages berekend.

Illegale passages via het fiets-/voetpad op een niet-toegestaan voertuig
Het illegale gebruik van het centrale fiets-/voetpad door voertuigen uit de categorieën scooter en auto is verkend op basis van alle meetjaren; 2014-2015, 2017-2018 en 2020. Hiervoor is eerst per meetjaar het gemiddelde aantal passages op verboden voertuigen per dag bepaald. Dit is afzonderlijk gedaan voor scooters en auto's. Vervolgens is het gemiddelde aantal passages op verboden voertuigen per dag berekend over alle jaren. In een volgende stap is het jaarlijkse aantal passages op verboden voertuigen geschat door het verkregen gemiddelde te vermenigvuldigen met 365. Op basis van dit gemiddelde aantal per meetjaar en het gemiddelde aantal geregistreerde passages van mensen – alle typen, legaal dan wel illegaal – per meetjaar, is vervolgens het percentage illegale passages berekend. Voor Natuurbrug Hoorneboeg is dezelfde werkwijze gevolgd, maar dan op basis van alleen meetjaar 2020. In 2016 en 2017 is te kort gemonitord – door diefstal en vandalisme – om een betrouwbaar beeld te genereren. Voor Natuurbrug Hoorneboeg geldt tevens dat dubbeltellingen door het gebruik van twee camera's zijn verwijderd.

Illegale passages fietsers/voetgangers via het fiets-/voetpad na zonsondergang
Illegaal gebruik van het centrale fiets-/voetpad na zonsondergang is verkend per meetjaar. Het ruiterpad in het tussengebied is hierbij buiten beschouwing gebleven, omdat deze buiten het bereik van de camera lag.

Allereerst is voor fietsers en voetgangers het aantal illegale passages na zonsondergang bepaald, ongeacht de richting. Hierbij is als beslisregel gebruikt dat een passage classificeert als 'na zonsondergang' wanneer voor de meetvariabele daglicht 'donker' is ingevuld. Vervolgens is voor fietsers en voetgangers afzonderlijk berekend welk percentage van alle passages na zonsondergang plaatsvindt en dus illegale passages betreffen. Voor Natuurbrug Hoorneboeg is dezelfde werkwijze gevolgd. Hierbij zijn de registraties van beide camera's gebruikt, dus inclusief dubbeltellingen.

5.4.4 Analyse gegevens huisdieren

5.4.4.1 Passagefrequentie

Natuurbrug Zwaluwenberg
Allereerst is per soort en per meetjaar het gemiddelde aantal passages via de natuurbrug – het ruiterpad en de natuurzone samen – per dag geschat. Hierbij is rekening gehouden met dagen dat de camera's niet operationeel waren. Er is tevens een gemiddelde berekend over alle meetjaren. Vervolgens is het aantal honden en huiskatten dat passeert op jaarbasis geschat door de verkregen gemiddelden per dag – per meetjaar en over alle meetjaren samen – te vermenigvuldigen met 365. Passages van schaapshonden van de schaapskudde van GNR zijn niet meegerekend. Voor hond is op vergelijkbare wijze ook het aantal aangelijnde dan wel niet-aangelijnde honden dat jaarlijks passeert, geschat.

Natuurbrug Hoorneboeg
Allereerst is per soort en per meetjaar het gemiddelde aantal passages via de natuurbrug – de recreatieve paden en de natuurzone – per dag geschat. Er is tevens een gemiddelde berekend over alle meetjaren. Hierbij is rekening gehouden met dagen dat de camera's niet operationeel waren. Vervolgens is het aantal honden en huiskatten dat passeert op jaarbasis geschat door de verkregen gemiddelden per dag – per meetjaar en over alle meetjaren samen – te vermenigvuldigen met 365. Passages van schaapshonden van de schaapskudde van GNR zijn niet meegerekend. Voor honden die via de recreatieve paden passeerden, zijn de aantallen gecorrigeerd op basis van de uitgevoerde ijking (Bijlage 4). In 2020 zijn de recreatieve paden met twee camera's gemonitord. Het aantal registraties op een meetdag verschilde in veel gevallen tussen de camera's. Daarom zijn per meetdag de registraties gebruikt van de camera met het hoogste aantal registraties op die dag. Voor hond is op vergelijkbare wijze ook het aantal aangelijnde dan wel niet-aangelijnde honden dat jaarlijks passeert, geschat.

Tussengebied
De passagefrequentie in het tussengebied van de natuurverbinding is alleen voor honden geschat. Hoewel huiskatten incidenteel wel op het centrale fiets-/voetpad zijn geregistreerd, zijn deze waarnemingen geen goede basis om het aantal huiskatten dat de natuurverbinding gebruikt te schatten. Passages via genoemd pad zijn naar verwachting immers een fractie van het totale aantal passages, omdat deze soort zich vooral buiten de paden verplaatst. Allereerst is per meetjaar het gemiddelde aantal passages van honden – per type en voor alle typen samen – via het centrale fiets-/voetpad per meetdag bepaald. Vervolgens is het aantal honden dat passeert op jaarbasis geschat door deze gemiddelden te vermenigvuldigen met 365. Voor het eerste meetjaar is hierbij het aantal opgeteld dat jaarlijks via Natuurbrug Zwaluwenberg passeert, omdat de tellingen van passages op het centrale fiets-/voetpad nabij de recreantenbrug over de snelweg plaatsvonden. Voor het tweede meetjaar is hierbij het aantal opgeteld dat jaarlijks via Natuurbrug Hoorneboeg passeert, omdat de tellingen van passages op het centrale fiets-/voetpad nabij de toegangspoort bij de N417 plaatsvonden. Voor het derde meetjaar was een dergelijke correctie niet nodig, omdat de tellingen van passages op het centrale fiets-/voetpad toen in het centrale deel van het tussengebied plaatsvonden.

5.4.4.2 Procentuele verdeling passages over de maanden op de natuurbruggen

Natuurbrug Zwaluwenberg
De procentuele verdeling over de maanden van het jaar van het aantal huisdieren dat Natuurbrug Zwaluwenberg passeert, is geschat op basis van de tellingen in de meetjaren 2014-2015, 2017-2018 en 2020. Hierbij zijn zowel waarnemingen op het ruiterpad als in de natuurzone betrokken. Per soort is allereerst per meetjaar het aantal passages per maand bepaald, ongeacht de richting. Vervolgens is het

gemiddelde aantal passages per maand berekend over de drie meetjaren. Ten slotte is dan de proportie van het totale aantal passages per maand berekend. In de perioden augustus-september 2014, juni-augustus 2017 en september-oktober 2020 zijn niet alle dagen van de maand gemonitord. Om toch tot een vergelijkbare proportie te komen voor deze maanden, is voor iedere dag dat in de betreffende periode niet is gemonitord, het gemiddelde aantal passages per dag genomen, berekend over de dagen in deze periode dat wel is geteld.

Natuurbrug Hoorneboeg
De procentuele verdeling over de maanden van het jaar van het aantal huisdieren dat Natuurbrug Hoorneboeg passeert, is alleen voor 2020 geschat. In 2016 en 2017 is te kort gemonitord – door diefstal en vandalisme – om een betrouwbaar beeld te genereren. De schatting is gebaseerd op de tellingen die op het gecombineerde fiets-/voetpad/ruiterpad en in de natuurzone zijn gedaan. Allereerst is per soort het aantal passages per maand bepaald, ongeacht de richting, waarbij voor honden op de paden is gecorrigeerd voor dubbeltellingen en onderschattingen (zie Paragraaf 5.4.3.1). Vervolgens is per soort de proportie van het totale aantal passages per maand berekend. In oktober zijn de paden slechts vijf meetdagen gemonitord. Om toch tot een vergelijkbare proportie te komen voor die maand, is het gemiddelde aantal passages per dag over de vijf meetdagen geëxtrapoleerd naar een volledige maand. In november en december zijn geen metingen gedaan op de paden, maar wel in de natuurzone.

5.4.4.3 Procentuele verdeling passages over het etmaal op de natuurbruggen

Natuurbrug Zwaluwenberg
De procentuele verdeling over de uren van het etmaal van het aantal huisdieren dat Natuurbrug Zwaluwenberg passeert, is geschat op basis van de tellingen in de meetjaren 2014-2015, 2017-2018 en 2020. Hierbij zijn zowel waarnemingen op het ruiterpad als in de natuurzone betrokken. Allereerst is per soort het aantal passages per uur bepaald over alle meetjaren, ongeacht de richting. Vervolgens is per uur de proportie van het totale aantal passages berekend.

Natuurbrug Hoorneboeg
De procentuele verdeling over de uren van het etmaal van het aantal huisdieren dat Natuurbrug Hoorneboeg passeert, is alleen voor 2020 geschat. In 2016 en 2017 is te kort gemonitord – door diefstal en vandalisme – om een betrouwbaar beeld te genereren. De schatting is gebaseerd op de tellingen die op het gecombineerde fiets-/voet-/ruiterpad en in de natuurzone zijn gedaan. Allereerst is per soort het aantal passages per uur van de dag bepaald, ongeacht de richting. Vervolgens is per soort de proportie van het totale aantal passages per uur berekend dat met beide camera's is geregistreerd. Er is verkend of er een groot verschil in uitkomst is als voor de recreatieve paden alleen de registraties van camera H5 of alleen die van camera H6 worden gebruikt. Dat bleek niet het geval. Hierdoor achtten wij het verantwoord om de gegevens van beide camera's te gebruiken, dus inclusief dubbeltellingen.

5.4.4.4 Verkenning illegaal gebruik door huisdieren

Centrale fiets-/voetpad
De natuurverbinding is voor honden en andere huisdieren gesloten. Uitzondering is het centrale fiets-/voetpad in de natuurverbinding. Hier zijn huisdieren wel toegestaan, aangelijnd dan wel loslopend, mits onder appel. Gebruik van dit pad door huisdieren na zonsondergang is verboden. Illegaal gebruik van het pad na zonsondergang is hier verkend op basis van de meetjaren 2014 en 2020. In 2017 is te kort gemonitord – door diefstal en vandalisme – om een betrouwbaar beeld te genereren. Allereerst is per soort huisdier het aantal illegale passages na zonsondergang bepaald over de betrokken meetjaren, ongeacht de richting. Hierbij is als beslisregel gebruikt dat een passage classificeert als 'na zonsondergang' wanneer voor de meetvariabele daglicht 'donker' is ingevuld. Vervolgens is per soort berekend welk percentage van alle passages illegaal is.

Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg
Huisdieren zijn niet toegestaan op beide natuurbruggen. Niet in de natuurzone en niet op de paden voor recreanten, niet op het brugdek en niet op de toelopen. De geschatte passagefrequenties (zie Paragraaf 5.4.4.1) zijn dus direct schattingen van het illegale gebruik van de natuurbruggen door huisdieren.

5.5 Resultaten

5.5.1 Gebruik van de natuurverbinding door mensen

5.5.1.1 Passagefrequenties per jaar

De schatting van het aantal passages van fietsers, voetgangers en ruiters dat de natuurverbinding jaarlijks passeert via het centrale fiets-/voetpad en ruiterpad in het tussengebied, varieert van circa 77.000 in 2014 tot 135.000 in 2020. Gemiddeld over alle meetjaren passeren jaarlijks ruim 100.000 mensen de natuurverbinding. Per dag zijn dat gemiddeld bijna 300 mensen. Het gebruik door mensen van Natuurbrug Zwaluwenberg is op basis van alle meetjaren geschat op circa 4.700 passages per jaar, dus gemiddeld 13 passages per dag. Voor Natuurbrug Hoorneboeg varieert de schatting van circa 60.000 tot circa 174.000 passages van mensen per jaar. Gemiddeld over alle meetjaren passeren jaarlijks ruim 100.000 mensen deze natuurbrug. Per dag zijn dat gemiddeld bijna 300 mensen (Tabel 5.6).

Tabel 5.6 *Schatting van het jaarlijkse aantal passages van fietsers, voetgangers en ruiters per deelgebied, berekend per meetjaar en over alle meetjaren samen.*

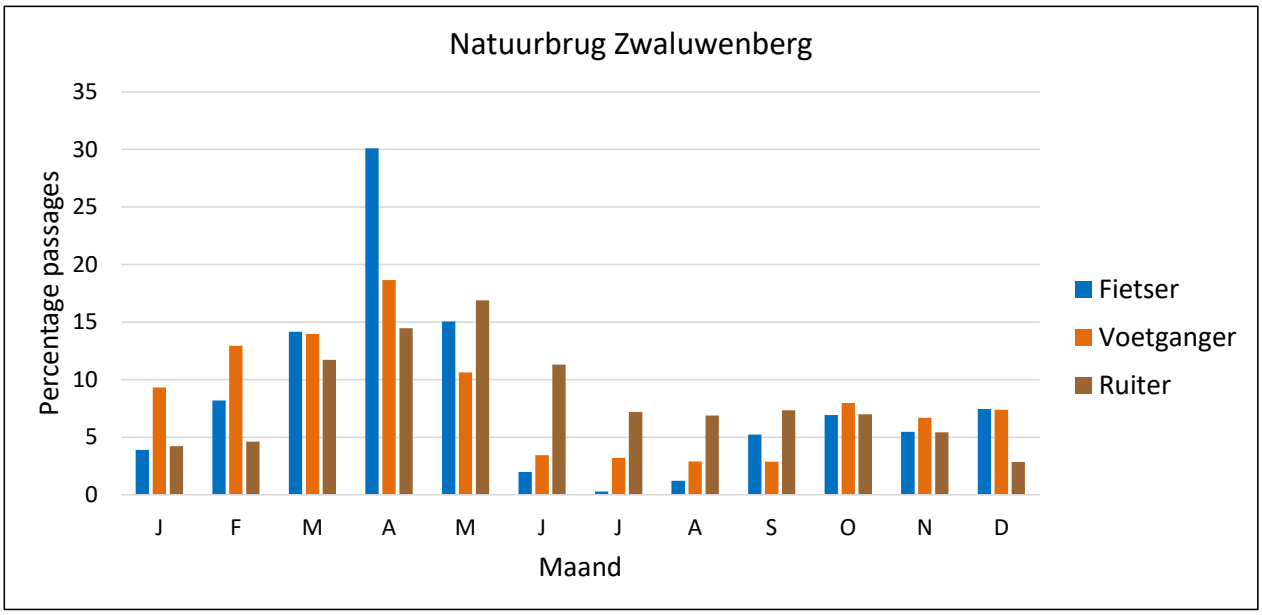
Type	2014(-2015)	2016	2017(-2018)	2020	Gemiddeld over alle meetjaren
Natuurbrug Zwaluwenberg					
Fietser	249	-	1.089	163	501
Voetganger	1.590	-	3.252	1.522	2.124
Ruiter	2.422	-	1.721	2.166	2.105
Totaal	*4.261*	-	*6.063*	*3.850*	*4.730*
Natuurbrug Hoorneboeg					
Fietser	-	55.244	30.814	111.822	65.808
Voetganger	-	22.250	26.467	59.277	35.924
Ruiter	-	1.525	2.738	2.553	2.268
Totaal	-	*79.019*	*60.018*	*173.652*	*104.060*
Tussengebied					
Fietser	53.831	-	66.144	96.682	72.302
Voetganger	22.672	-	35.516	35.983	31.919
Ruiter	322	-	2.738	2.553	2.676
Totaal	*76.825*	-	*104.397*	*135.217*	*106.896*

5.5.1.2 Verdeling passages over het jaar

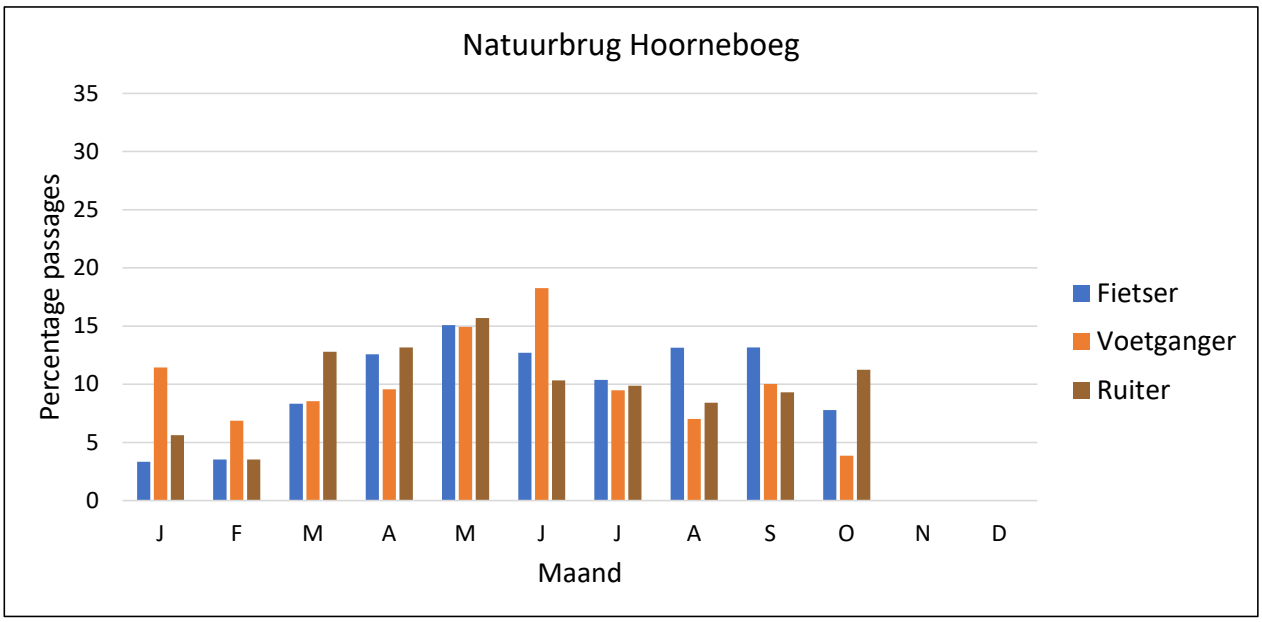
Fietsers, voetgangers en ruiters maken het hele jaar gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg (Figuur 5.7). Op deze brug neemt het aantal fietsers in het voorjaar toe vanaf maart, om een opvallende piek in gebruik te laten zien in april. In mei is het gebruik weer min of meer op het niveau van maart. In de maanden juni, juli en augustus is het aantal passages van fietsers laag. Vanaf september neemt dit weer toe, maar komt maandelijks dan niet boven de 8% van het jaarlijkse gebruik tot februari. Voetgangers laten een vergelijkbaar beeld zien, met een piek in gebruik in april. Deze is echter minder extreem dan die van de fietsers. Ook voor voetgangers geldt dat deze in de zomermaanden, van juni tot september, minder gebruikmaken van de brug. Vanaf oktober groeit het gebruik weer naar meer dan 5% per maand, waarna vanaf januari een verdere toename te zien is richting de april-piek. Het gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg door ruiters is wat evenrediger verdeeld over de maanden, hoewel ook deze groep een piekmaand kent. In tegenstelling tot fietsers en voetgangers begint het gebruik door ruiters pas toe te nemen in maart. De piek in het gebruik ligt in mei. Deze piek is minder hoog dan die van zowel fietsers als voetgangers. In de zomermaanden neemt ook het gebruik door ruiters af, maar niet zo sterk als voor fietsers en voetgangers. Vanaf juli tot oktober is het maandelijkse gebruik circa 7% van het jaarlijkse gebruik. In november neemt dat af en in december is het gebruik het laagst (circa 3% van het jaarlijkse gebruik).

Fietsers, voetgangers en ruiters maken het hele jaar gebruik van Natuurbrug Hoorneboeg (Figuur 5.8). Op deze natuurbrug komt de verdeling over de maanden van fietsers, voetgangers en ruiters redelijk met elkaar

overeen. Het gebruik door fietsers is laag in januari en februari, om vanaf maart snel toe te nemen naar een piek in gebruik in mei. In juni en juli neemt het gebruik weer wat af, maar komt niet beneden de 10% van het jaarlijkse gebruik. In augustus neemt het aantal fietsers weer toe. Vanaf oktober is er weer een daling in het gebruik te zien. Het gebruik door voetgangers is in januari circa 10% van het jaarlijkse gebruik. In februari is het gebruik lager, om vervolgens iedere maand toe te nemen tot een piek in de maand juni. In de maanden juli, augustus en september ligt het gebruik door voetgangers tussen de 5 en 10% van het jaarlijkse gebruik. In oktober daalt het naar minder dan 5%. Het gebruik door ruiters is laag in januari en februari. Vanaf maart neemt dit gebruik toe naar een piek van circa 15% van het jaarlijks gebruik in mei. In de zomermaanden neemt het gebruik weer wat af, tot circa 10% van het jaarlijks gebruik.



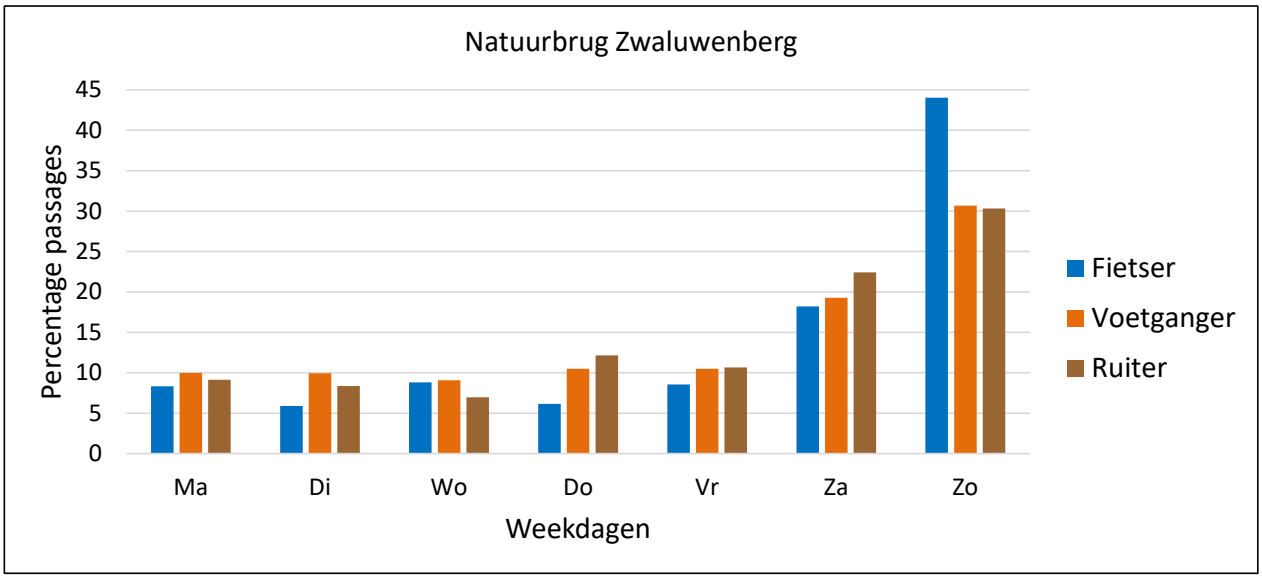
Figuur 5.7 *Proportionele verdeling van het gemiddelde aantal passages over de maanden van het jaar van fietsers, voetgangers en ruiters op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft passages via het ruiterpad en de natuurzone. De verdeling is gebaseerd op de tellingen in alle meetjaren.*



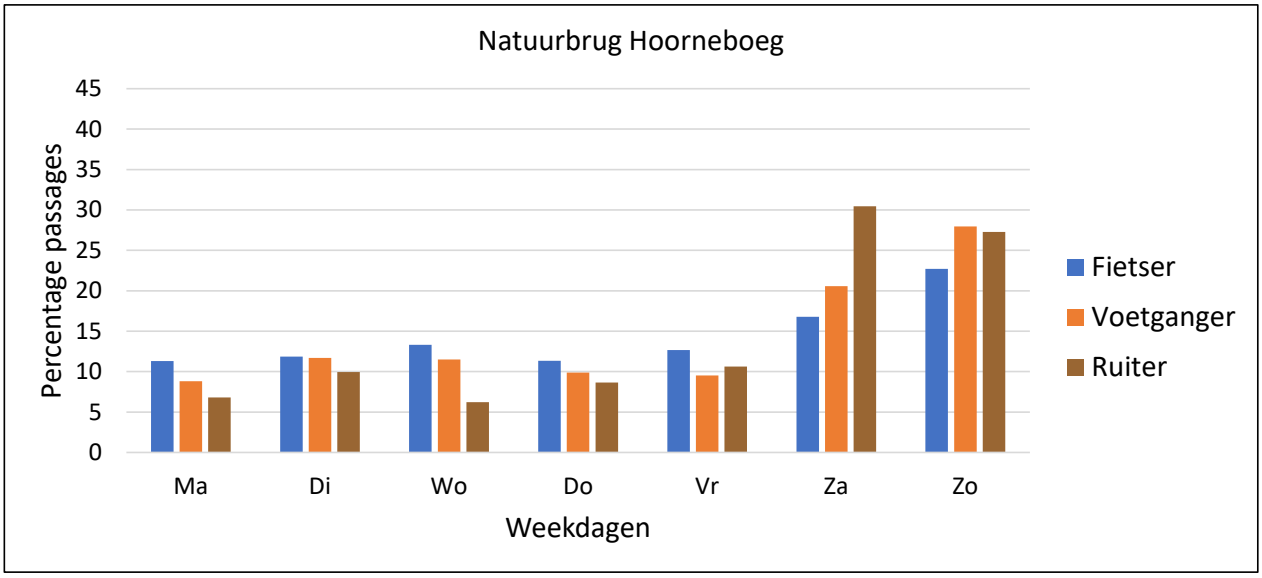
Figuur 5.8 *Proportionele verdeling van het aantal passages over de maanden van het jaar van fietsers, voetgangers en ruiters op Natuurbrug Hoorneboeg. Er zijn geen metingen voor de maanden november en december. Het betreft passages via het fiets-/voetpad, ruiterpad en de natuurzone. De verdeling is gebaseerd op de tellingen in het meetjaar 2020.*

5.5.1.3 Verdeling passages over de weekdagen

Op werkdagen is het gebruik van beide natuurbruggen duidelijk lager dan in het weekend (Figuur 5.9 en 5.10). Dit geldt voor zowel fietsers, voetgangers als ruiters. Het gebruik door fietsers en voetgangers is het hoogst op de zondag. Voor ruiters is het gebruik het hoogst op de zaterdag. Op Natuurbrug Zwaluwenberg is de 'zondagpiek' van fietsers wel aanmerkelijk hoger dan die op Natuurbrug Hoorneboeg: 44% versus 23% van het wekelijkse gebruik. Het aantal passages van voetgangers en ruiters op de zondag komt sterk overeen op beide bruggen.



Figuur 5.9 *Proportionele verdeling van het aantal passages over de dagen van de week van fietsers, voetgangers en ruiters op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft passages via het ruiterpad en de natuurzone. De verdeling is gebaseerd op de tellingen in alle meetjaren.*



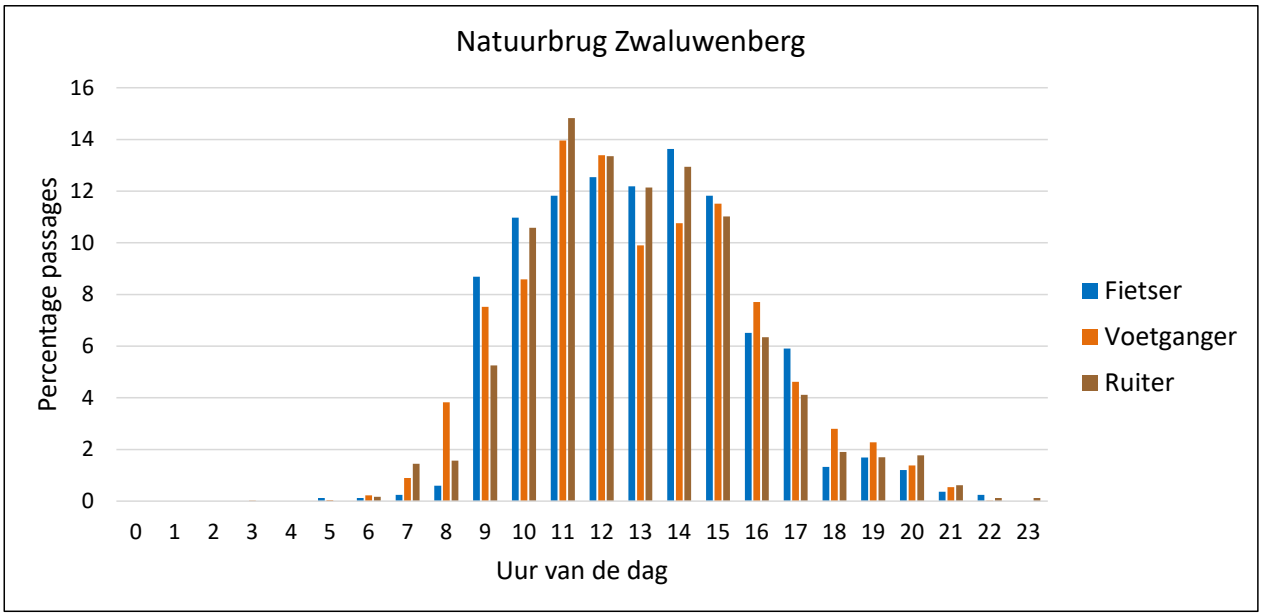
Figuur 5.10 *Proportionele verdeling van het aantal passages over de dagen van de week van fietsers, voetgangers en ruiters op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft passages via het fiets-/voetpad, ruiterpad en de natuurzone. De verdeling is gebaseerd op de tellingen in het meetjaar 2020.*

5.5.1.4 Verdeling passages over het etmaal

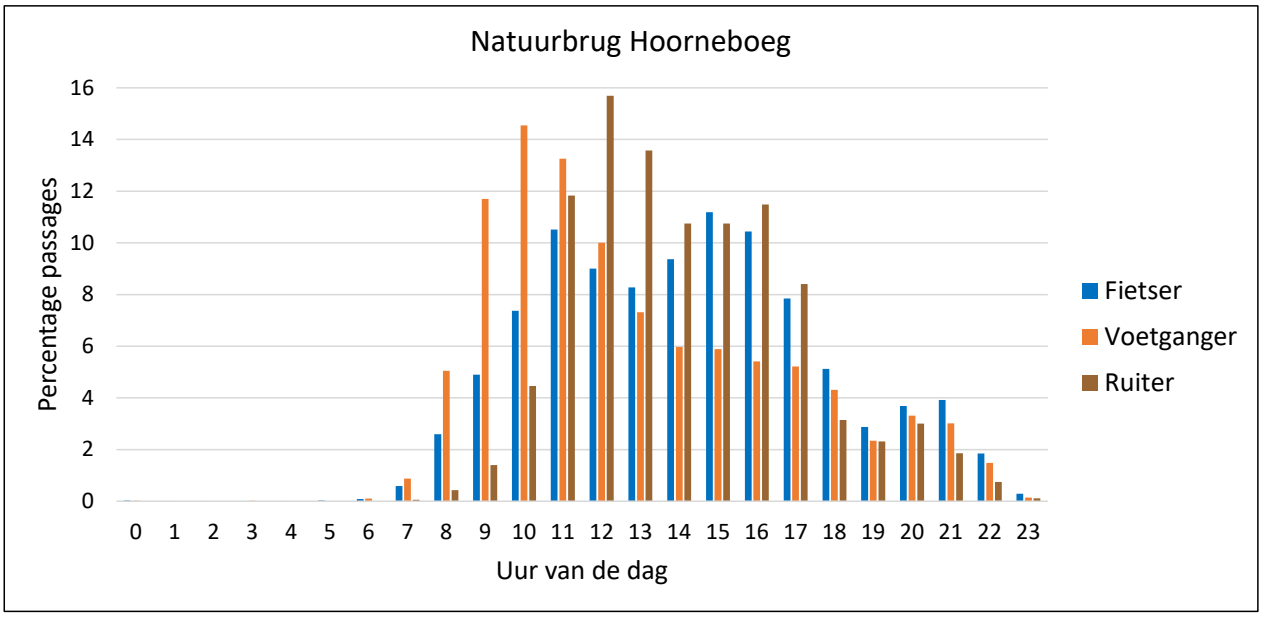
Van middernacht tot 7:00 uur zijn er nauwelijks passages van mensen op beide natuurbruggen (Figuur 5.11 en 5.12). Op Natuurbrug Zwaluwenberg passeren fietsers vooral tussen 9:00 en 16:00 uur. Het hoogste aantal passages van fietsers vindt plaats tussen 14:00 en 15:00 uur. Na 16:00 uur halveert het aantal

passages min of meer en na 18:00 uur passeert per uur slechts 1-2% van het gemiddelde aantal fietsers dat op een dag passeert. Voetgangers gebruiken Natuurbrug Zwaluwenberg vroeger dan fietsers. Het aantal voetgangers stijgt al vanaf 8:00 uur en de piek in het gebruik door voetgangers ligt tussen 11:00 en 12:00 uur. Het gebruik door voetgangers blijft relatief hoog tot 16:00 uur, om daarna geleidelijk te dalen naar nul rond 22:00 uur. Ruiters passeren Natuurbrug Zwaluwenberg in lage aantallen tussen 7:00 en 9:00 uur. Daarna neemt het aantal ruiters snel toe tot een piek van circa 15% van alle passages tussen 11:00 en 12:00 uur. Net als bij de voetgangers blijft het gebruik door ruiters relatief hoog tot circa 16:00 uur, om daarna geleidelijk te dalen naar nul.

Natuurbrug Hoorneboeg wordt door fietsers vanaf circa 7:00 uur gebruikt. In de uren daarna stijgt dit aantal geleidelijk tot ruim 10% van de dagelijkse passages tussen 11:00 en 12:00 uur. Het aantal fietsers blijft op Natuurbrug Hoorneboeg tot circa 17:00 uur relatief hoog. Daarna neemt het gebruik af, maar fietsers blijven tot circa 23:00 uur de brug regelmatig gebruiken. Voetgangers gebruiken Natuurbrug Hoorneboeg eveneens vanaf 7:00 uur, maar laten een veel scherpere toename zien dan fietsers. De piek in het aantal voetgangers ligt tussen 10:00 en 11:00 uur. Na 11:00 uur neemt het aantal voetgangers iedere uur wat meer af tot circa 20:00 uur. Tussen 20:00 en 22:00 uur is er weer een lichte toename in het gebruik van de natuurbrug door voetgangers. Ook voor voetgangers geldt dat ze de natuurbrug tot laat in de avond passeren. Ruiters passeren Natuurbrug Hoorneboeg vanaf 8:00 uur, maar vooral tussen 11:00 en 17:00 uur. Er is een piek in gebruik tussen 12:00 en 13:00 uur, een uur waarin gemiddeld meer dan 15% van de dagelijkse passages plaatsvindt. Na 18:00 uur neemt het aantal passages sterk af, na 23:00 uur is gebruik door ruiters nihil.



Figuur 5.11 *Proportionele verdeling van het aantal passages over het etmaal van fietsers, voetgangers en ruiters op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft passages via het ruiterpad en de natuurzone. De verdeling is gebaseerd op de tellingen in alle meetjaren.*



Figuur 5.12 *Proportionele verdeling van het aantal passages over het etmaal van fietsers, voetgangers en ruiters op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft passages via het fiets-/voetpad, ruiterpad en de natuurzone. De verdeling is gebaseerd op de tellingen in het meetjaar 2020.*

5.5.1.5 Illegaal gebruik van de natuurverbinding

Illegale passages via de natuurzone
Naar schatting passeren jaarlijks gemiddeld 242 mensen zonder toestemming de natuurzone op Natuurbrug Zwaluwenberg (Tabel 5.7). Dit zijn vooral voetgangers (~80%) en in mindere mate fietsers (~20%). Zeer incidenteel passeert een voertuig uit de categorie scooter. Ruiters zijn nooit in de natuurzone geregistreerd.

Deze illegale passages via de natuurzone vormen circa 5% van alle passages van mensen op deze natuurbrug. Op Natuurbrug Zwaluwenberg is sprake van een lichte afname in het percentage illegaal gebruik van de natuurzone gedurende de onderzoeksperiode. In het eerste meetjaar bedroeg het circa 6% van alle passages, terwijl het in het tweede en derde meetjaar beneden de 5% lag. In absolute aantallen was het illegale gebruik van de natuurzone door mensen het laagst in het laatste meetjaar. Er is vooralsnog geen trend – positief dan wel negatief – waar te nemen in het aantal illegale passages van de natuurzone door mensen.

Naar schatting passeren jaarlijks gemiddeld 60 mensen zonder toestemming de natuurzone op Natuurbrug Hoorneboeg (Tabel 5.7). Dit zijn vooral voetgangers (~87%). Fietsers en scooters passeren de natuurzone slechts zeer incidenteel. Ruiters zijn nooit in de natuurzone geregistreerd. Deze illegale passages van mensen via de natuurzone vormen minder dan 0,1% van alle passages van mensen op deze natuurbrug. Op Natuurbrug Hoorneboeg is sprake van een duidelijke afname in het percentage illegaal gebruik van de natuurzone gedurende de onderzoeksperiode. In het eerste meetjaar bedroeg het meer dan 0,1% van alle passages, terwijl het in het derde meetjaar beneden de 0,05% lag. In absolute aantallen was het illegale gebruik van de natuurzone door mensen het laagst in het tweede meetjaar. Er is vooralsnog geen trend – positief dan wel negatief – waar te nemen in het aantal illegale passages van de natuurzone door mensen.

Illegale passages via het ruiterpad door anderen dan ruiters
Naar schatting passeren jaarlijks gemiddeld circa 2.000 mensen zonder toestemming het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg. Dit betekent dat er gemiddeld 5 tot 6 illegale passages per dag plaatsvinden. Dit zijn vooral voetgangers (~82%) en in mindere mate fietsers (~17%). Zeer incidenteel passeert een voertuig uit de categorie scooter. Deze illegale passages via het ruiterpad vormen circa 41% van alle passages van mensen op Natuurbrug Zwaluwenberg (Tabel 5.8).

Tabel 5.7 *Per type mens het geschatte aantal illegale passages – per meetjaar en gemiddeld over de meetjaren samen – via de voor publiek afgesloten zone op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg, tevens uitgedrukt als percentage van het totale aantal mensen – alle typen en zowel legaal als illegaal – dat de natuurbrug jaarlijks passeert.*

Type	2014-2015	2016	2017(-2018)	2020	Alle meetjaren
Natuurbrug Zwaluwenberg					
Fietser	17	-	43	31	31
Voetganger	237	-	242	154	211
Ruiter	0	-	0	0	0
Scooter	0	-	1	0	<1
Auto	0	-	0	0	0
Totaal	*255*	*-*	*286*	*185*	*242*
In %	*5,96*	*-*	*4,71*	*4,80*	*5,11*
Natuurbrug Hoorneboeg					
Fietser	-	11	0	0	4
Voetganger	-	68	30	59	52
Ruiter	-	0	0	0	0
Scooter	-	11	0	0	4
Auto	-	0	0	0	0
Totaal	*-*	*90*	*30*	*59*	*60*
In %	*-*	*0,11*	*0,05*	*0,03*	*0,06*

Tabel 5.8 *Het percentage illegale passages via het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg door anderen dan ruiters, voor ieder meetjaar en gemiddeld over alle meetjaren samen.*

Type	2014-2015	2016	2017-2018	2020	Alle meetjaren
Natuurbrug Zwaluwenberg					
Fietser	3,91	-	13,09	2,49	7,15
Voetganger	22,08	-	48,40	27,06	33,92
Scooter	0,00	-	0,07	0,00	0,03
Auto	0,00	-	0,00	0,00	0,00
Totaal	*25,98*	*-*	*61,56*	*29,56*	*41,10*

Illegale passages ruiters via het ruiterpad na zonsondergang
Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn over alle meetjaren 19 passages van ruiters na zonsondergang geregistreerd. Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn over alle meetjaren 17 passages van ruiters na zonsondergang geregistreerd. Voor beide natuurbruggen geldt dat dit minder dan een 0,5% is van alle geregistreerde passages van ruiters. En het is voor Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg respectievelijk circa 0,2% en 0,02% van alle mensen die passeren (Tabel 5.9).

Tabel 5.9 *Per deelgebied het percentage illegale passages van ruiters via het ruiterpad na zonsondergang, voor ieder meetjaar en gemiddeld over alle meetjaren samen.*

Type	2014-2015	2016	2017(-2018)	2020	Alle meetjaren
Natuurbrug Zwaluwenberg	0,45	-	0,07	0,03	0,18
Natuurbrug Hoorneboeg	-	0,00	0,00	0,02	0,02

Illegale passages via het fiets-/voetpad op een niet-toegestaan voertuig
Op het centrale fiets-/voetpad vindt, gemiddeld over alle meetjaren, circa 0,2% van alle passages door mensen op een niet-toegestaan voertuig plaats. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit circa 0,1% (Tabel 5.10). Het betreft in alle gevallen voertuigen die behoren tot de categorie 'scooters'. Auto's kunnen de natuurverbinding alleen bereiken door het openen van een poort met een sleutel, dus alle door de camera's geregistreerde voertuigen in deze categorie zijn legaal. De percentages betekenen dat jaarlijks gemiddeld

circa 200 keer een voertuig uit de categorie scooter de natuurverbinding via het fiets-/voetpad passeert. Hiervan passeren er circa 40 Natuurbrug Hoorneboeg.

Tabel 5.10 *Per deelgebied het percentage illegale passages via het fiets-/voetpad van mensen op verboden voertuigen, voor ieder meetjaar en gemiddeld over alle meetjaren samen.*

Type	2014	2016	2017	2020	Alle meetjaren
Centrale fiets-/voetpad					
Scooter	0,46	-	0,21	0,08	0,24
Auto	0,00	-	0,00	0,00	0,00
Totaal	*0,46*	*-*	*0,21*	*0,08*	*0,24*
Natuurbrug Hoorneboeg					
Scooter	-	0,00	0,00	0,14	0,13
Auto	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaal	*-*	*0,00*	*0,00*	*0,14*	*0,13*

Illegale passages fietsers/voetgangers via het fiets-/voetpad na zonsondergang
Op het centrale fiets-/voetpad vindt, gemiddeld over alle meetjaren, 1,1% van alle passages door mensen na zonsondergang plaats. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit circa 0,7% (Tabel 5.11). Dit betekent dat er per dag gemiddeld circa drie passages van mensen na zonsondergang plaatsvinden via het centrale fiets-/voetpad. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit gemiddeld circa twee passages per dag.

Tabel 5.11 *Per deelgebied het percentage illegale passages via het fiets-/voetpad van mensen na zonsondergang, voor ieder meetjaar en gemiddeld over alle meetjaren samen.*

Type	2014	2016	2017	2020	Alle meetjaren
Centrale fiets-/voetpad					
Fietser	0,27	-	0,37	1,14	0,73
Voetganger	0,42	-	0,11	0,31	0,34
Totaal	*0,69*	*-*	*0,48*	*1,45*	*1,07*
Natuurbrug Hoorneboeg					
Fietser	-	0,15	0,04	0,64	0,61
Voetganger	-	0,07	0,04	0,14	0,14
Totaal	*-*	*0,22*	*0,09*	*0,79*	*0,74*

In Tabel 5.12 zijn bovenstaande bevindingen samengevat wat betreft illegaal gebruik van de natuurverbinding door mensen. Het illegale gebruik van het centrale fiets-/voetpad ligt net iets boven 1% van alle passages. Het merendeel van dit illegale gebruik (86%) bestaat uit mensen die na zonsondergang passeren. Het illegale gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg omvat bijna de helft van alle passages door mensen. Het merendeel van dit illegale gebruik (89%) bestaat uit niet-ruiters die via het ruiterpad passeren. Het illegale gebruik van Natuurbrug Hoorneboeg ligt net iets onder 1% van alle passages. Het merendeel van dit illegale gebruik (78%) bestaat uit mensen die na zonsondergang via het fiets-/voetpad passeren.

Tabel 5.12 *Per type en voor alle typen samen het percentage illegaal gebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg door mensen per deelgebied.*

Type illegaal gebruik	Centrale fiets-/voetpad	Natuurbrug Zwaluwenberg	Natuurbrug Hoorneboeg
Passages via de natuurzone	-	5,11	0,06
Passages via het ruiterpad door anderen dan ruiters	-	41,10	-
Passages ruiters via het ruiterpad na zonsondergang	-	0,18	0,02
Passages via het fiets-/voetpad op een niet-toegestaan voertuig	0,18	-	0,13
Passages fietsers/voetgangers via het fiets-/voetpad na zonsondergang	1,09	-	0,74
Totaal	***1,27***	***46,39***	***0,95***

5.5.2 Gebruik van de natuurverbinding door huisdieren

5.5.2.1 Passagefrequenties per jaar

In de natuurverbinding zijn drie soorten huisdieren waargenomen: hond, huiskat en mini-varken (Figuur 5.13). Het mini-varken is slechts eenmaal waargenomen en blijft in de verdere analyses daarom buiten beschouwing.

Figuur 5.13 *Een huiskat in de natuurzone op Natuurbrug Hoorneboeg, een hond in de natuurzone op Natuurbrug Zwaluwenberg en een mini-varken op het centrale fiets-/voetpad nabij de toegangspoort langs de N417. © Foto's: E. van der Grift.*

Natuurbrug Zwaluwenberg

Naar schatting passeren jaarlijks – gebaseerd op het gemiddelde over alle meetjaren – minder dan honderd honden en minder dan vijftig huiskatten Natuurbrug Zwaluwenberg (Tabel 5.13). De geschatte passagefrequentie van honden is daarmee één per 4-5 dagen; voor huiskatten is deze één per 9-10 dagen. Van de honden is het merendeel (66%) niet aangelijnd. De meeste honden (80%) passeren via het ruiterpad. De geschatte aantallen laten grote verschillen zien tussen de meetjaren. In het tweede meetjaar was het aantal honden dat Natuurbrug Zwaluwenberg gebruikte bijna verdubbeld in vergelijking met het eerste meetjaar. In het derde meetjaar was dit aantal juist bijna de helft van het aantal in het eerste meetjaar. Voor huiskatten geldt dat het gebruik van de natuurbrug in het tweede jaar is verviervoudigd ten opzichte van het eerste meetjaar. In het derde meetjaar neemt dit gebruik dan weer af tot circa tweemaal het gebruik in het eerste meetjaar. Er is vooralsnog geen trend – positief dan wel negatief – waar te nemen in het aantal passages van de natuurbrug door huisdieren.

Natuurbrug Hoorneboeg

Naar schatting passeren jaarlijks – gebaseerd op het gemiddelde over alle meetjaren – bijna duizend honden en ruim tweehonderd huiskatten Natuurbrug Hoorneboeg (Tabel 5.13). De geschatte passagefrequentie van honden is daarmee 2-3 per dag; voor huiskatten is dit één per 1-2 dagen. Van de honden is het merendeel (58%) niet aangelijnd. De meeste honden (99%) passeren via het fiets-/voetpad. De geschatte aantallen laten grote verschillen zien tussen de meetjaren. In het tweede meetjaar was het aantal honden dat Natuurbrug Hoorneboeg gebruikte bijna verdubbeld in vergelijking met het eerste meetjaar. In het derde meetjaar was dit aantal juist bijna de helft van het aantal in het eerste meetjaar. Iets soortgelijks is te zien voor de huiskat. In het tweede meetjaar is het gebruik van de natuurbrug door huiskatten met circa 75% toegenomen. In het derde meetjaar neemt dit gebruik sterk af, tot net iets meer dan 10% van het gebruik in het eerste meetjaar. Er is vooralsnog geen trend – positief dan wel negatief – waar te nemen in het aantal passages van de natuurbrug door huisdieren.

Tussengebied

Naar schatting passeren jaarlijks – gebaseerd op het gemiddelde over alle meetjaren – meer dan 2.600 honden de natuurverbinding via het centrale fiets-/voetpad in het tussengebied (Tabel 5.13). Van de honden is het merendeel (53%) niet aangelijnd. Er is vooralsnog geen trend – positief dan wel negatief – waar te nemen in het aantal passages van de natuurverbinding door honden.

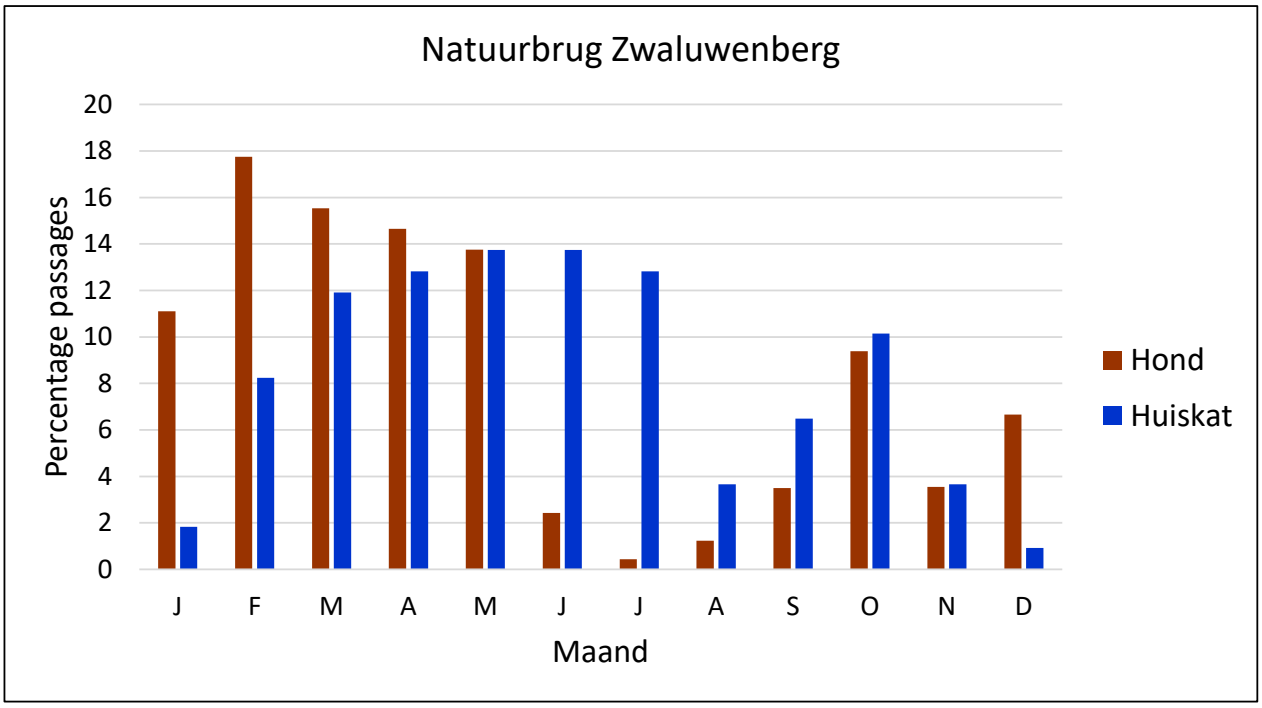
Tabel 5.13 *Per deelgebied een schatting van het jaarlijkse aantal passages van huisdieren per meetjaar en gemiddeld over alle meetjaren. Voor honden is onderscheid gemaakt naar type, dus of deze wel/niet was aangelijnd of passeerden in een fietsmand, fietsbak of fietsaanhanger.*

Type	2014(-2015)	2016	2017(-2018)	2020	Alle meetjaren
Natuurbrug Zwaluwenberg					
Hond	72	-	139	39	83
Niet aangelijnd	50	-	84	31	55
Aangelijnd	22	-	55	8	28
Huiskat	15	-	68	28	37
Totaal	*87*	-	*207*	*67*	*120*
Natuurbrug Hoorneboeg					
Hond	-	863	1.603	451	972
Niet aangelijnd	-	437	1.108	150	565
Aangelijnd	-	304	326	194	275
In fietsmand/-bak/-aanhanger	-	122	169	106	132
Huiskat	-	242	423	32	232
Totaal	-	*1.105*	*2.026*	*483*	*1.204*
Tussengebied					
Hond	2.146	-	3.201	2.638	2.662
Niet aangelijnd	979	-	1.674	1.585	1.413
Aangelijnd	1.077	-	1.345	984	1.135
In fietsmand/-bak/-aanhanger	90	-	182	69	114

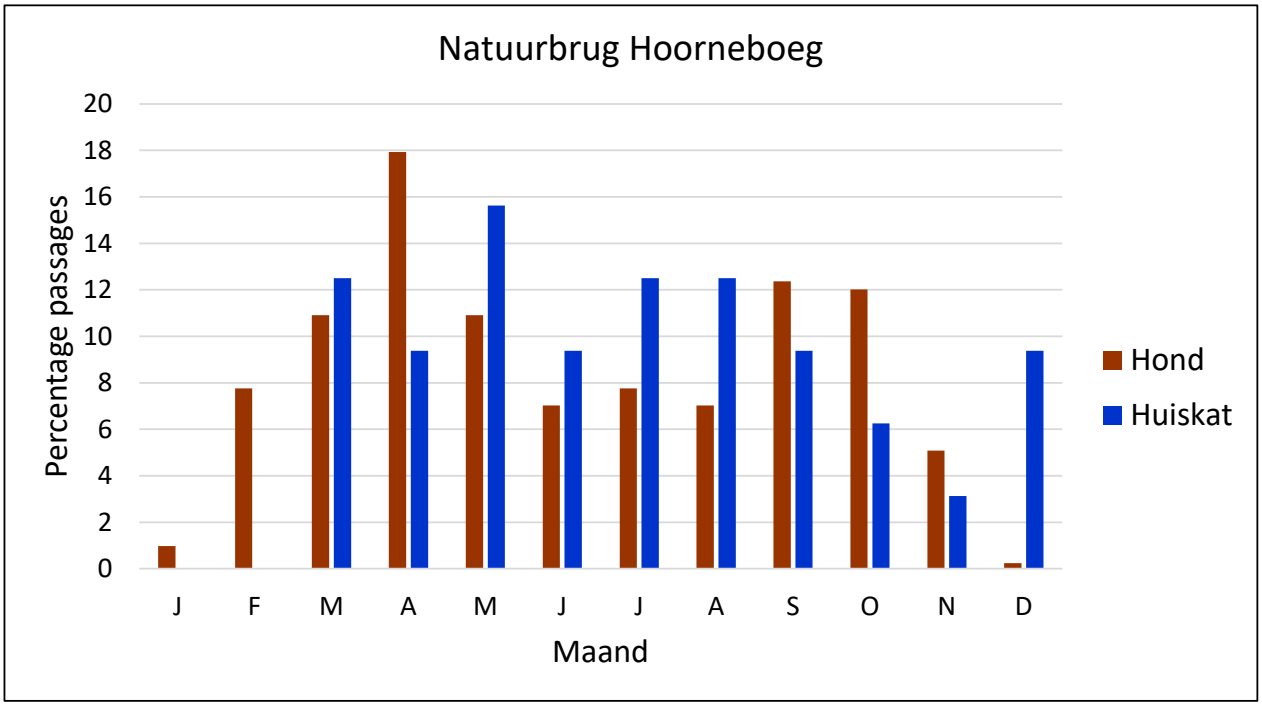
5.5.2.2 Verdeling passages over het jaar

Honden maken het hele jaar gebruik van de natuurbruggen (Figuur 5.14). Op Natuurbrug Zwaluwenberg passeren honden frequent in de periode januari-mei: maandelijks >10% van het jaarlijkse aantal passages. In de maanden juni tot september is het aantal passages van honden relatief laag. Dit komt overeen met het minder frequente gebruik van de natuurbrug door mensen – vooral voetgangers – in de zomer. Vanaf oktober neemt het aantal passages van honden weer toe, maar haalt in de maanden november en december niet de aantallen van het voorjaar. Op Natuurbrug Hoorneboeg passeren honden slechts zeer incidenteel in januari. Vanaf februari nemen de aantallen toe en bereiken een piek in april. Ook op deze natuurbrug is er sprake van een duidelijke daling in het aantal passages van honden in de zomermaanden, maar deze is minder groot dan op Natuurbrug Zwaluwenberg. In september en oktober passeren honden opnieuw frequent – maandelijks >10% van het jaarlijkse aantal passages –, om weer in aantal af te nemen in november en december. Omdat de recreatieve paden in deze laatste twee maanden niet zijn gemonitord, is hier sprake van een onderschatting van de werkelijke proporties.

Huiskatten maken het hele jaar gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg (Figuur 5.15). In januari zijn relatief weinig passages geregistreerd. Vanaf februari neemt het aantal passages toe en is relatief hoog in de maanden maart-juli: maandelijks >12% van het jaarlijkse aantal passages. In de maanden augustus en september is het aantal passages van huiskatten relatief laag. Vanaf oktober neemt het aantal passages van huiskatten toe tot >10% van het jaarlijkse aantal passages. In de maanden november en december is het aantal passages opnieuw relatief laag. Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn huiskatten vanaf maart tot december geregistreerd. Het betreft in alle gevallen waarnemingen in de natuurzone. Het gebruik van deze natuurbrug is evenrediger verdeeld over de maanden. De laagste proporties zijn in de maanden oktober en november vastgesteld.



Figuur 5.14 *Proportionele verdeling van het gemiddelde aantal passages over de maanden van het jaar van honden (n=75) en huiskatten (n=36) op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft passages via het ruiterpad en de natuurzone. De verdeling is gebaseerd op de tellingen in alle meetjaren.*

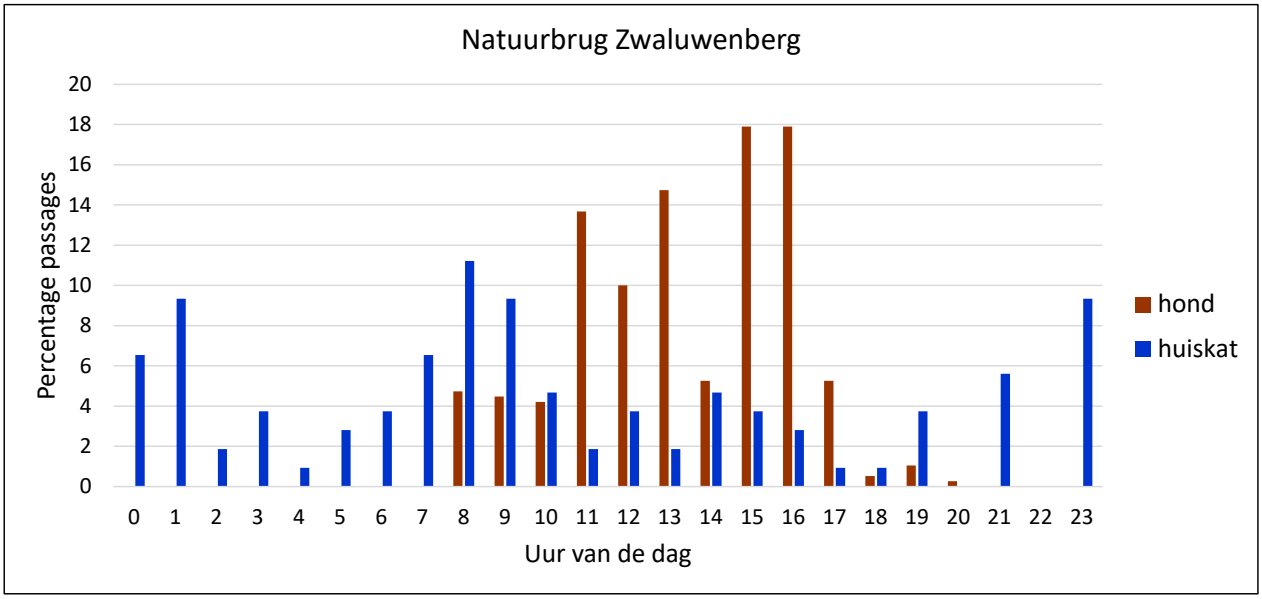


Figuur 5.15 *Proportionele verdeling van het aantal passages over de maanden van het jaar van honden (n=413) en huiskatten (n=32) op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft passages via het fiets-/voet-/ ruiterpad en de natuurzone. Er zijn geen metingen gedaan op de paden in de maanden november en december. De verdeling is gebaseerd op de tellingen in het meetjaar 2020.*

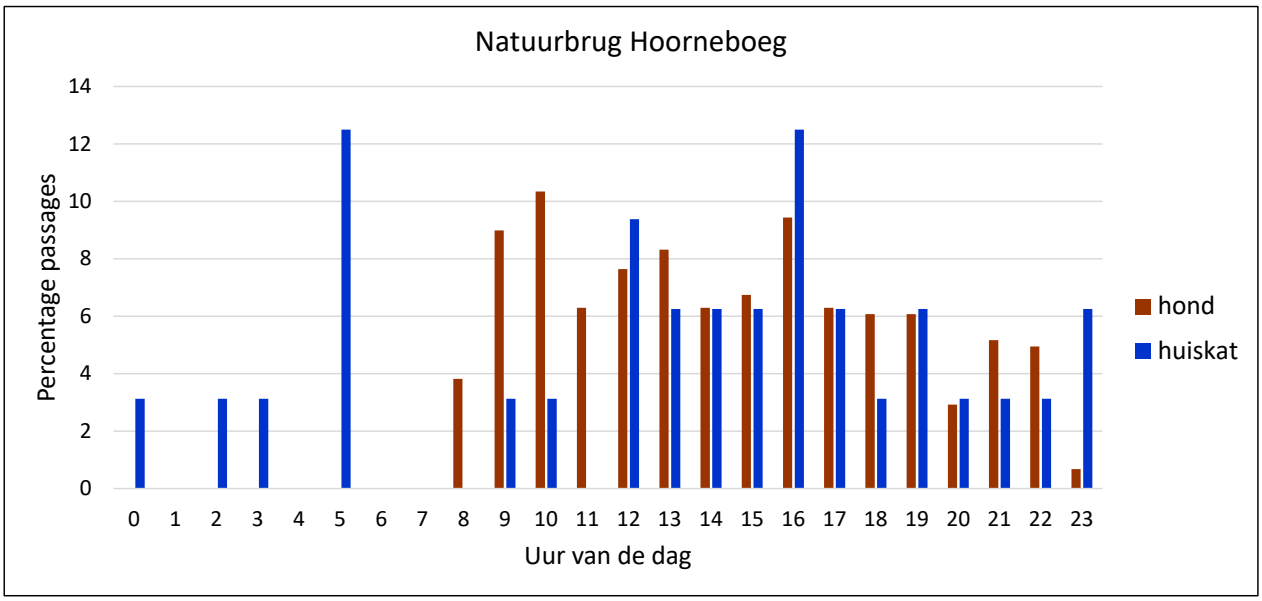
5.5.2.3 Verdeling passages over het etmaal

Honden passeren de natuurbruggen vanaf 8:00 uur (Figuur 5.16 en 5.17). Op Natuurbrug Zwaluwenberg is na 20:00 uur nauwelijks nog gebruik door honden. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit pas na 23:00 uur. Op Natuurbrug Zwaluwenberg passeert het merendeel (~80%) van de honden tussen 11:00 en 17:00 uur. Op

Natuurbrug Hoorneboeg is het gebruik evenrediger verdeeld over de dag. Hier passeert circa 82% van de honden tussen 9:00 uur en 20:00 uur. Huiskatten passeren de natuurbruggen zowel overdag als in de nacht. De proporties over de tijdsperioden 6:00-18:00 en 18:00-6:00 uur zijn min of meer gelijk; 45% van de huiskatten passeert Natuurbrug Zwaluwenberg in de nachtelijke helft van het etmaal, 47% van de huiskatten doet datzelfde op Natuurbrug Hoorneboeg. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn tijdens twee uren van het etmaal geen huiskatten geregistreerd. Op Natuurbrug Hoorneboeg geldt dit voor zes uren van het etmaal. Dit hangt naar verwachting niet samen met (verschillen in) activiteit van de dieren, maar lijkt vooral een gevolg van een beperkte steekproefgrootte.



Figuur 5.16 *Proportionele verdeling van het aantal passages over het etmaal van honden (n=380) en huiskatten (n=107) op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft passages via het ruiterpad en de natuurzone. De verdeling is gebaseerd op de tellingen in alle meetjaren.*



Figuur 5.17 *Proportionele verdeling van het aantal passages over het etmaal van honden (n=445) en huiskatten (n=32) op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft passages via het fiets-/voet-/ruiterpad en de natuurzone. De verdeling is gebaseerd op de tellingen in het meetjaar 2020.*

5.5.2.4 Illegaal gebruik van de natuurverbinding

Illegale passages huisdieren via het centrale fiets-/voetpad na zonsondergang
Naar schatting passeert <1% van de honden het centrale fiets-/voetpad na zonsondergang. Voor huiskat kon geen schatting worden gemaakt, omdat deze soort hier in 2014 en 2020 niet is geregistreerd.

Illegale passages huisdieren via de natuurbruggen
Huisdieren zijn niet toegestaan op beide natuurbruggen. De geschatte passagefrequenties – zie Paragraaf 5.5.2.1 – zijn dus direct schattingen van het illegale gebruik van de natuurbruggen door huisdieren.

5.6 Discussie

5.6.1 Gebruik van de natuurverbinding door mensen

De schattingen van het jaarlijkse aantal passages van fietsers, voetgangers en ruiters in de natuurverbinding is slechts een grove indicatie van de werkelijke aantallen. Het centrale fiets-/voetpad is immers in alle meetjaren geen volledig jaar gemonitord. Het aantal meetdagen in 2014, 2017 en 2020 was respectievelijk 42, 8 en 22% van het totaalaantal dagen in het betreffende meetjaar. Extrapolatie van daggemiddelden naar een schatting van het jaarlijkse aantal passages gaat bij dergelijke lage percentages gepaard met grote onzekerheden. Datzelfde geldt voor de schattingen van fietsers, voetgangers en ruiters op de voor deze groepen bestemde paden op Natuurbrug Hoorneboeg. Ook hier is, vooral in 2016 en 2017, een relatief beperkt aantal dagen gemonitord, waardoor de schattingen op jaarbasis onzeker zijn. De schattingen in 2020 zijn naar verwachting het meest robuust, aangezien toen 76% van de dagen in het jaar is gemonitord. De schattingen van het jaarlijkse aantal passages van mensen op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn het meest robuust. Hier is namelijk steeds circa 90% van alle dagen in een meetjaar gemonitord. De schattingen per meetjaar op deze natuurbrug zijn daarom ook beter onderling te vergelijken.

Opmerkelijk is dat de schatting van het aantal passages van mensen op Natuurbrug Hoorneboeg in 2020 hoger is dan de schatting op het centrale fiets-/voetpad in datzelfde jaar. Het aantal passages op het laatstgenoemde pad zou immers een optelsom moeten zijn van die op Natuurbrug Hoorneboeg en die op het pad dat naar de toegangspoort bij de N417 leidt. De verklaring moet vooral gezocht worden in, zoals hierboven uiteengezet, de onzekerheden van de schattingen als gevolg van het relatief beperkte aantal meetdagen. Daarbij komt dat de meetperiode op Natuurbrug Hoorneboeg en op het centrale fiets-/voetpad verschilde. Op de natuurbrug is ook tijdens de zomermaanden geteld, de periode met de meeste passages van mensen. Voor het centrale fiets-/voetpad geldt dit niet, waardoor de daggemiddelden aanzienlijk lager liggen. Dit wordt bevestigd als we het gemiddelde aantal passages voor de natuurbrug en het centrale fiets-/voetpad berekenen op basis van uitsluitend de meetdagen dat er op beide plekken is gemonitord. Op de natuurbrug passeert dan 79% van de fietsers die op het centrale fiets-/voetpad zijn geregistreerd. Gebruiken we dit percentage om op basis van de telling op de natuurbrug het aantal passages op het centrale fiets-/voetpad in de natuurverbinding te schatten, dan komen we op circa 142.000 fietsers per jaar. Als we datzelfde doen voor voetgangers, zien we echter nog steeds meer passages (circa 40%) op Natuurbrug Hoorneboeg dan via het centrale fiets-/voetpad. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat tijdens de ijking van de camera's relatief weinig voetgangers zijn geteld, in vergelijking met het aantal fietsers. De berekende correctiefactoren voor voetgangers zijn daarom minder robuust. Een kleine toename in het aantal voetgangers leidt dan immers al tot andere correctiefactoren. Dit lijkt vooral het geval bij camera H6, waarvoor een (relatief) hoge correctiefactor is bepaald. Als we de meetdagen weglaten waarop deze hoge correctiefactor is gebruikt (n=14 dagen), zien we dat op de natuurbrug 96% van de voetgangers passeert die op het centrale fiets-/voetpad zijn geregistreerd. Gebruiken we dit percentage om op basis van de telling op de natuurbrug het aantal passages in de natuurverbinding te schatten, dan komen we op circa 63.000 voetgangers per jaar. Voor fietsers, voetgangers en ruiters samen betekent dit dan circa 207.000 passages per jaar. Per dag passeren er dan gemiddeld 388 fietsers, 172 voetgangers en 7 ruiters.

De proportionele verdeling van het aantal passages van fietsers en voetgangers over de maanden van het jaar op Natuurbrug Zwaluwenberg verschillen duidelijk van die op Natuurbrug Hoorneboeg. Dit is niet verrassend, want bij beide bruggen is er voor fietsers en voetgangers een alternatieve route: via de poort bij

de N417 dan wel via de recreantenbrug over de spoorlijn en de snelweg. Daarbij komt dat de aantallen op Natuurbrug Zwaluwenberg veel lager zijn dan die op Natuurbrug Hoorneboeg, waardoor een relatief klein aantal passages al voor een verschuiving in de proportionele verdeling kan zorgen. De proportionele verdeling van het aantal passages van ruiters over de maanden van het jaar op Natuurbrug Zwaluwenberg en die op Natuurbrug Hoorneboeg komen sterk overeen. De (kleine) verschillen die er zijn, vinden naar verwachting hun oorzaak in het gegeven dat Natuurbrug Hoorneboeg de enige optie is voor ruiters om de N417 te passeren, maar er bij de snelweg een alternatief is in de vorm van de recreantenbrug. Na de opening van Natuurbrug Zwaluwenberg wordt deze door ruiters veel minder gebruikt, maar het gebruik is niet nul (zie Tabel 5.6: naar schatting zijn 322 ruiters in 2014-2015 de recreantenbrug gepasseerd). Daarnaast is er voor ruiters de mogelijkheid om in het tussengebied naar het noorden af te buigen, of daar vandaan te komen. Ten slotte kunnen ook de verschillende meetjaren en meetfouten (gemiste passages) op een of beide bruggen een verklaring zijn voor de verschillen in de verdelingen.

In het weekend passeren de meeste mensen de natuurverbinding. Dit suggereert dat het gebruik van de natuurverbinding door mensen vooral recreatief gebruik betreft. Voor voetgangers en ruiters ligt dit voor de hand, maar blijkbaar heeft het gebruik door fietsers – de grootste groep van menselijk medegebruikers van de natuurverbinding – ook vooral een recreatief karakter. Dit blijkt ook uit het verkregen beeldmateriaal: een groot deel van de fietsers bestaat uit (groepen) sporters op racefietsen of mountainbikes, recreërende families en toerende ouderen. Dat de natuurverbinding ook voor woon-werkverkeer wordt benut, blijkt uit waarnemingen van passages van dezelfde mensen op vaste tijden in de ochtend en middag. Deze waarnemingen zijn echter niet apart gelabeld, waardoor de omvang van het woon-werkverkeer niet bekend is.

Het openstellen van natuurbruggen voor mensen en het daarvoor aanleggen van fiets-, voet- en/of ruiterpaden roept vaak discussie op. Een van de zorgen is dan dat (veel) mensen de paden zullen verlaten en zich begeven in de (kwetsbare) biotopen die voor de flora en fauna zijn ingericht. Deze betreding kan de vegetatie schaden en de daar aanwezige fauna verstoren. Uit de monitoring van de twee natuurbruggen binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg blijkt dat het aantal illegale passages via de natuurzones relatief beperkt is. Op Natuurbrug Zwaluwenberg passeren naar schatting minder dan 300 mensen per jaar de natuurzone zonder toestemming, op Natuurbrug Hoorneboeg is dit naar schatting zelfs minder dan 100 mensen. Procentueel is het aandeel illegale passages op Natuurbrug Zwaluwenberg ook hoger dan dat op Natuurbrug Hoorneboeg. Op laatstgenoemde brug vormen de illegale passages via de natuurzone minder dan 0,01% van alle passages, op Natuurbrug Zwaluwenberg vormen ze circa 5%. Een mogelijke verklaring is dat de openheid van de westelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg wellicht 'uitnodigt' om de brug te verkennen. Wat naar verwachting ook meespeelt, is dat er op Natuurbrug Zwaluwenberg regelmatig illegale passages van dezelfde personen zijn waargenomen, zoals mensen die een rondje met de hond lopen, een dakloze die in het gebied verblijft en jongeren die er een speelplek hebben. Het percentage illegale passages via de natuurzone is op Natuurbrug Hoorneboeg een factor 10 lager dan op Natuurbrug Zanderij Crailoo en Natuurbrug Laarderhoogt, waar in beide gevallen circa 0,1% van de mensen die de brug passeert de niet-opengestelde natuurzone gebruikt (Van der Grift et al., 2009; 2020). Dit percentage is op Natuurbrug Zwaluwenberg weliswaar een factor 50 hoger dan op genoemde natuurbruggen elders in Het Gooi, maar in absolute aantallen is het illegale gebruik van de natuurzone door mensen minder afwijkend: per jaar gemiddeld 242 passages op Natuurbrug Zwaluwenberg versus 150 en 75 op respectievelijk Natuurbrug Zanderij Crailoo en Natuurbrug Laarderhoogt.

Als het om betreding van de natuurzone gaat, is het ook interessant om te verkennen hoe de aantallen in Natuurverbinding Zwaluwenberg zich verhouden tot die op natuurbruggen die niet voor mensen zijn opengesteld. Helaas is er nog maar weinig bekend over (illegaal) menselijk gebruik van niet-opengestelde natuurbruggen. Meestal omdat het gebruik door mensen niet is onderzocht of in de monitoringsrapporten niet is gepresenteerd. Een uitzondering vormt Natuurbrug Groene Woud. Op deze natuurbrug, die rijksweg A2 overbrugt nabij Boxtel, is gebruik door mensen niet toegestaan. Toch passeren hier jaarlijks gemiddeld 265 mensen (Van der Grift et al., 2010). Dit aantal is dus min of meer gelijk aan dat op Natuurbrug Zwaluwenberg en meer dan viermaal hoger dan op Natuurbrug Hoorneboeg. Openstelling van een natuurbrug voor mensen leidt dus niet (per definitie) tot meer betreding van de natuurzone. Cruciaal hierbij is wel dat er voor mensen een afgescheiden zone wordt gecreëerd en er maatregelen worden getroffen – zoals de plaatsing van een raster en ontwikkeling van dichte, opgaande begroeiing, al dan niet in combinatie met een grondwal – om betreding van de natuurzone te voorkomen (Van der Ree & Van der Grift, 2015).

Op Natuurbrug Zwaluwenberg is bijna de helft van het aantal passages door mensen een vorm van illegaal gebruik. De grootste groep bestaat uit mensen die het ruiterpad gebruiken, maar geen ruiter zijn. In het eerste meetjaar betrof dit naar schatting bijna 900 passages. Dit aantal was in het tweede meetjaar bijna verdriedubbeld in vergelijking met het eerste meetjaar. In het derde meetjaar nam dit aantal echter weer af tot min of meer de aantallen in het eerste meetjaar. Ook wat betreft de proportie van het totale aantal mensen – legaal en illegaal – dat de natuurbrug passeert, was er in het laatste meetjaar een afname te zien. Het is lastig om hier een oorzaak voor aan te wijzen. Een mogelijke verklaring kan de herinrichting van de toegang tot het ruiterpad aan de westzijde van de natuurbrug zijn. Aanvankelijk was hier kort voor het brugdek een poort aangelegd die door ruiters kon worden gebruikt. In 2018 is deze poort verwijderd en moet veel eerder voor het ruiterpad 'gekozen worden'. In de nieuwe situatie vormt een lage stobbenwal een afscheiding tussen het centrale fiets-/voetpad en het ruiterpad nabij de natuurbrug en is betreding van het ruiterpad op deze plek minder vanzelfsprekend. Het vergroten en verlengen van de stobbenwal en het stimuleren van opgaande begroeiing tussen het centrale fiets-/voetpad en het parallel hieraan gelegen ruiterpad in het tussengebied kan wellicht het illegale gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg door niet-ruiters verder terugdringen.

Het illegale gebruik van het fiets-/voet-/ruiterpad op Natuurbrug Hoorneboeg en het fiets-/voetpad in het tussengebied bestaat vooral uit passages van mensen na zonsondergang. In vergelijking met Natuurbrug Laarderhoogt, waar deze vorm van illegaal gebruik eveneens is gekwantificeerd en circa 6-7 passages per dag betreft, is het percentage passages na zonsondergang echter beperkt: rond 1% voor de paden op Natuurbrug Hoorneboeg en het centrale fiets-/voetpad in het tussengebied, versus 3,6% voor Natuurbrug Laarderhoogt. Passages op verboden voertuigen vormen slechts 14-15% van het illegale gebruik van genoemde paden. Hiervan passeert overigens een deel ook na zonsondergang: circa 5-8% van alle scooters die passeren. In het streven om illegaal gebruik van de fiets-/voetpaden in de natuurverbinding terug te dringen, zal handhaving van het verbod om na zonsondergang te passeren naar verwachting dus het meeste effect hebben.

5.6.2 Gebruik van de natuurverbinding door huisdieren

Op het centrale fiets-/voetpad in de natuurverbinding zijn huisdieren toegestaan. De metingen laten zien dat hier dan ook frequent honden passeren. Meestal samen met voetgangers, incidenteel samen met fietsers of ruiters. Naar schatting passeren er jaarlijks gemiddeld ruim 2.600 honden de natuurverbinding. Een deel hiervan – circa 3% – passeert de spoorlijn en snelweg niet via de recreantenbrug, maar via Natuurbrug Zwaluwenberg. Aan de andere kant van de natuurverbinding passeert een deel van de honden – circa 37% – niet via de toegangspoort bij de N417, maar via Natuurbrug Hoorneboeg. Deze passages van honden via de natuurbruggen zijn illegaal. Het grote verschil in percentage tussen de twee bruggen houdt naar verwachting vooral verband met het verschil in toegestaan gebruik door mensen. Natuurbrug Zwaluwenberg is alleen opengesteld voor ruiters. Hoewel hier, ondanks het verbod, toch voetgangers passeren, is dit aantal relatief laag; circa 7% van het aantal voetgangers dat de natuurverbinding gebruikt. En omdat gebruik door honden nauw gerelateerd is aan het gebruik door voetgangers, is ook het illegale gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg door honden relatief beperkt. Openstelling van een natuurbrug voor voetgangers kan dus leiden tot een aanmerkelijk hoger illegaal gebruik door honden dan wanneer deze alleen voor ruiters is opengesteld.

Gemiddeld passeren jaarlijks naar schatting 83 honden Natuurbrug Zwaluwenberg. Dit aantal is niet alleen significant lager dan de bijna duizend honden die Natuurbrug Hoorneboeg passeren, maar ook lager dan de aantallen op natuurbruggen elders in Het Gooi. Op Natuurbrug Zanderij Crailoo passeren naar schatting 150-260 honden per jaar (Van der Grift et al., 2009). Op Natuurbrug Laarderhoogt zijn dit er naar schatting 242 per jaar (Van der Grift et al., 2020). Op beide natuurbruggen zijn honden verboden, net als op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg. Voor beide natuurbruggen geldt echter ook dat er een gecombineerd fiets-/voetpad en ruiterpad is aangelegd. Opnieuw een indicatie dat het openstellen van een natuurbrug voor alleen ruiters kan leiden tot minder illegale passages van honden dan wanneer een natuurbrug ook voor fietsers en voetgangers wordt opengesteld. Openstelling voor alleen ruiters leidt daarnaast ook tot minder gebruik door honden in de (late) avonduren. Na 18:00 uur passeren honden Natuurbrug Zwaluwenberg nauwelijks meer; op Natuurbrug Hoorneboeg is dit pas na 23:00 uur.

Het aantal passages van honden op Natuurbrug Hoorneboeg is circa viermaal groter dan dat op Natuurbrug Zanderij Crailoo en Natuurbrug Laarderhoogt. Voor Natuurbrug Laarderhoogt kan dit voor een belangrijk deel verklaard worden door het feit dat Natuurbrug Hoorneboeg circa driemaal zoveel passages van mensen kent als Natuurbrug Laarderhoogt. En meer mensen betekent meestal ook meer honden. Voor Natuurbrug Zanderij Crailoo geldt dat echter niet. Het aantal mensen dat hier naar schatting jaarlijks passeert, is bijna tweemaal het aantal dat Natuurbrug Hoorneboeg passeert. Of, wanneer rekening wordt gehouden met een onderschatting van de aantallen, komt qua aantallen min of meer overeen met het aantal dat gebruikmaakt van Natuurbrug Hoorneboeg. Een mogelijke verklaring voor het verschil kan het toegenomen hondenbezit zijn. Vooral tijdens de coronapandemie in 2020 en 2021 is het aantal huishoudens met een hond sterk toegenomen. Naar schatting is 8% van de Nederlandse huishoudens een huisdier gaan houden tijdens de pandemie, waarbij circa de helft van de huishoudens koos voor een hond (Dibevo, 2021). De studies op Natuurbrug Zanderij Crailoo en Natuurbrug Laarderhoogt zijn uitgevoerd in respectievelijk 2007-2008 en 2018, dus vóór de coronapandemie. De hier gepresenteerde cijfers voor Natuurbrug Hoorneboeg hebben betrekking op 2020, dus het eerste jaar van de pandemie, tevens het jaar waarin de grootste groei van het aantal honden in Nederland te zien was (Dogzine, 2021). Een tweede verklaring kan gezocht worden in de plek van de natuurbrug: Natuurbrug Hoorneboeg ligt wellicht op een locatie die frequenter door hondenbezitters wordt bezocht dan de andere locaties.

Het merendeel van de honden die de natuurbruggen passeert, is niet aangelijnd: 66 en 58% voor respectievelijk Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg. Deze percentages komen redelijk overeen met de 69% niet-aangelijnde honden op Natuurbrug Laarderhoogt (Van der Grift et al., 2020). Ondanks dat de meeste honden loslopend zijn, passeren toch de meeste via de paden: 80% via het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg en 99% via het fiets-/voetpad op Natuurbrug Hoorneboeg. Dit is naar verwachting vooral een gevolg van het raster en de begroeide grondwallen die als afscheiding tussen de voor mensen toegankelijke zone en de natuurzone zijn aangelegd. Deze maatregelen kunnen dus voorkomen dat passerende, niet aangelijnde honden de natuurzones op natuurbruggen betreden en maken dan ook bij voorkeur altijd deel uit van het ontwerp van natuurbruggen waarop menselijk medegebruik wordt toegestaan. Het toch relatief hoge aantal honden dat Natuurbrug Hoorneboeg passeert, blijft wel een punt van zorg. Meerdere studies hebben gewezen op de verstorende effecten van (loslopende) honden in natuurgebieden (Hughes & Macdonald, 2013; Doherty et al., 2017). Frequente handhaving zal naar verwachting het aantal passages van honden kunnen terugdringen. Een andere optie is om niet alleen de natuurbruggen, maar de hele natuurverbinding als verboden gebied voor honden aan te wijzen. Illegaal gebruik door honden zal ook dan niet geheel kunnen worden voorkomen, maar naar verwachting wel tot veel minder gebruik van de natuurbruggen door honden leiden.

Het aantal huiskatten dat Natuurbrug Zwaluwenberg jaarlijks passeert, is fors lager dan het geschatte aantal voor Natuurbrug Hoorneboeg: 32 versus 232 per jaar. De kortere afstand van Natuurbrug Hoorneboeg tot woonbebouwing is hiervoor een mogelijke verklaring. Ook in vergelijking met andere natuurbruggen in Het Gooi, zijn de aantallen huiskatten op Natuurbrug Zwaluwenberg laag: naar schatting passeren jaarlijks 250 huiskatten Natuurbrug Zanderij Crailoo (Van der Grift et al., 2009) en 123 huiskatten Natuurbrug Laarderhoogt (Van der Grift et al., 2020). Er bestaat een kans dat het aantal huiskatten op Natuurbrug Zwaluwenberg is onderschat. In 2017-2018 zijn er namelijk 60 dagen geen metingen gedaan door camera Z1, de camera waarmee het zuidelijke deel van de natuurbrug, inclusief ruiterpad, werd gemonitord. Als dit al tot een onderschatting heeft geleid, dan is deze naar verwachting echter zeer beperkt, omdat huiskatten in 2014-2015 en 2020 niet via dit deel van de natuurbrug zijn gepasseerd en in de rest van 2017-2018 slechts eenmaal. Het aantal huiskatten op Natuurbrug Hoorneboeg is vrijwel zeker een onderschatting. De camera’s in de mast bleken wel in staat om mensen en honden op de paden te registreren, maar geen huiskatten. Het gemiddelde aantal passages van huiskatten per jaar is voor deze natuurbrug dan ook alleen gebaseerd op de registraties in de natuurzone en niet op passages van huiskatten via de voor mensen opengestelde zone.

5.7 Conclusies

Natuurverbinding Zwaluwenberg is niet alleen een verbindingszone voor fauna, maar ook voor mensen. Op basis van onze metingen concluderen we dat hier jaarlijks naar schatting meer dan 100.000 mensen passeren. Als we corrigeren voor de onderschatting die we maken omdat geen volledige jaren zijn gemeten, dan wordt het menselijk gebruik zelfs op circa 200.000 geschat. Dit betekent dat er dan gemiddeld 388 fietsers, 172 voetgangers en 7 ruiters per dag passeren. Dit gebruik door mensen vindt gedurende het hele jaar plaats. In het weekend is het gebruik hoger dan op werkdagen. Het gebruik vindt vooral overdag plaats, vanaf circa 7:00 uur, maar is ook geregistreerd in de avond tot circa middernacht. Van middernacht tot 7:00 uur zijn er nauwelijks passages van mensen op beide natuurbruggen.

Er zijn binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg verschillende vormen van illegaal gebruik door mensen geregistreerd, te weten (1) gebruik van de niet-opengestelde natuurzone, (2) gebruik van het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg door anderen dan ruiters, (3) gebruik door voertuigen die niet zijn toegestaan en (4) gebruik na zonsondergang. Op Natuurbrug Hoorneboeg en op het centrale fiets-/voetpad in het tussengebied vormen illegale vormen van gebruik circa 1% van het totale gebruik door mensen. Op Natuurbrug Zwaluwenberg daarentegen is circa de helft van al het gebruik door mensen illegaal. De belangrijkste oorzaak hiervan is dat het ruiterpad frequent wordt gebruikt door voetgangers en, in mindere mate, fietsers. Het al op een grotere afstand ontwikkelen van een stevige, fysieke afscheiding tussen het centrale fiets-/voetpad in het tussengebied en het ruiterpad dat vanaf daar naar de natuurbrug leidt, kan naar verwachting helpen om dit illegale gebruik door niet-ruiters terug te dringen.

Ondanks dat een groot aantal mensen de natuurverbinding gebruikt, is het aantal illegale passages via de natuurzones op de natuurbruggen relatief beperkt. Op Natuurbrug Zwaluwenberg vormen de illegale passages via de natuurzone circa 5% van alle passages, op Natuurbrug Hoorneboeg vormen ze minder dan 0,01%. In absolute aantallen is dit illegale gebruik op genoemde natuurbruggen vergelijkbaar met die op andere natuurbruggen in Het Gooi. En bij vergelijking met het illegaal gebruik door mensen van Natuurbrug Groene Woud, een ecoduct dat niet voor mensen is opengesteld, moet geconcludeerd worden dat het aantal passages op deze niet-opengestelde natuurbrug ongeveer gelijk is aan die in de natuurzone op Natuurbrug Zwaluwenberg en zelfs viermaal hoger dan die op Natuurbrug Hoorneboeg. Openstelling van natuurbruggen voor mensen leidt dus niet (per definitie) tot meer betreding van de natuurzone. Een voorwaarde is dan wel dat er een fysieke afscheiding wordt aangelegd tussen de zone waar mensen zijn toegestaan en de natuurzone waar het publiek niet mag komen.

Op jaarbasis passeren er naar schatting 2.600 honden Natuurverbinding Zwaluwenberg. Een deel hiervan betreedt ook de natuurbruggen, hoewel hier een verbod voor honden geldt. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn dit er naar schatting minder dan honderd per jaar; op Natuurbrug Hoorneboeg bijna duizend. Dit verschil lijkt vooral samen te hangen met de openstelling van laatstgenoemde natuurbrug voor voetgangers. Meer voetgangers leiden tot meer honden. Het aantal honden dat op Natuurbrug Hoorneboeg is geregistreerd, is ook fors hoger in vergelijking met de aantallen op andere natuurbruggen in Het Gooi. Dit kan een gevolg zijn van toegenomen hondenbezit of van lokale verschillen in bezoekfrequentie door hondenbezitters. Het merendeel van de honden op de natuurbruggen is niet aangelijnd. Toch passeren de meeste honden wel via de zone die voor mensen is opengesteld en niet via de natuurzone. Dit wijst erop dat de maatregelen tussen de natuurzone en de voor mensen opengestelde zone – rasters, grondwallen, beplanting – goed als afscheiding functioneren. Op Natuurbrug Hoorneboeg passeren honden ook in de (late) avond, op Natuurbrug Zwaluwenberg passeren honden bijna uitsluitend overdag. Ook huiskatten maken frequent gebruik van de natuurbruggen. De schatting is dat huiskatten Natuurbrug Zwaluwenberg circa vijftigmaal per jaar passeren en Natuurbrug Hoorneboeg circa tweehonderdmaal. Deze aantallen wijken niet veel af van die op andere natuurbruggen in Het Gooi.

6 Effect menselijk medegebruik natuurverbinding op het gebruik door zoogdieren

6.1 Inleiding

Het aantal mensen dat gebruikmaakt van Natuurverbinding Zwaluwenberg overtreft vele malen het aantal dieren dat passeert (zie Hoofdstuk 5). De vraag dringt zich dan ook op of dit gebruik door mensen het gebruik door de fauna beïnvloedt en zo ja, op welke wijze. In dit hoofdstuk adresseren we deze vraag. We richten ons daarbij op de middelgrote zoogdieren die de natuurverbinding gebruiken. Deze diergroep is naar verwachting immers de groep die het gevoeligst is voor verstoring.

De kennis over de effecten van het gebruik van faunapassages door mensen op fauna is nog beperkt. Binnen Nederland zijn vooralsnog twee studies uitgevoerd waarin deze problematiek aandacht kreeg. Beide studies betroffen een natuurbrug elders in Het Gooi: Natuurbrug Zanderij Crailoo (Van der Grift et al., 2009) en Natuurbrug Laarderhoogt (Van der Grift et al., 2020). Dit onderzoek kan daarom helpen om meer kennis op te doen waardoor beslissingen over het al dan niet openstellen van faunapassages beter kunnen worden onderbouwd. Enerzijds is dit van belang omdat openstelling er nooit toe mag leiden dat de ecologische doelen niet worden gehaald. Dit zou immers kunnen betekenen dat de levensvatbaarheid of genetische veerkracht van populaties niet is gewaarborgd omdat de gewenste uitwisseling niet wordt bereikt. Anderzijds is meer kennis en inzicht essentieel omdat het openstellen van faunapassages voor mensen het draagvlak voor dergelijke voorzieningen kan vergroten en daarmee de realiseerbaarheid.

Natuurverbinding Zwaluwenberg biedt een bijzondere setting, aangezien een van de natuurbruggen voor fietsers, voetgangers en ruiters is opengesteld – net als Natuurbrug Zanderij Crailoo en Natuurbrug Laarderhoogt –, maar de andere alleen voor ruiters. In het voorgaande hoofdstuk is vastgesteld dat dit tot grote verschillen leidt in het aantal mensen dat passeert. Interessant is daarom om te verkennen of er een verschil is tussen beide bruggen wat betreft het effect van het gebruik door mensen op het gebruik door middelgrote zoogdieren.

6.2 Methode

6.2.1 Verzamelen gegevens

We gebruiken hier de metingen van passages van zoogdieren en mensen in de natuurverbinding, zoals beschreven in respectievelijk Hoofdstuk 4 en Hoofdstuk 5.

6.2.2 Analyse gegevens

Een eventueel effect van het menselijk medegebruik van de natuurverbinding op het gebruik door middelgrote zoogdieren is op twee manieren verkend:

Analyse 1: Correlatieanalyse
De correlatieanalyse is een techniek om de correlatie – of samenhang – tussen twee variabelen vast te stellen. In dit geval onderzoeken we de correlatie tussen het aantal mensen dat de natuurbruggen op een dag is gepasseerd en twee variabelen die gerelateerd zijn aan het gebruik door middelgrote zoogdieren: (1) het aantal passages tussen 12:00 uur op de betreffende dag en 12:00 uur de volgende dag en (2) het gemiddelde tijdstip waarop de dieren passeren tussen 12:00 en 24:00 uur op de betreffende dag. Deze analyses zijn per soort gedaan – zowel voor de doelsoorten als de overige soorten –, onder voorwaarde dat de soort meer dan tienmaal is waargenomen binnen de steekproef. De correlaties zijn berekend op basis van

Pearson's Correlation Coëfficiënt (r), waarbij een t-test is gebruikt om te testen of een correlatie significant is of niet. Als grenswaarde is hiervoor een kans (p) van 0,05 aangehouden. Gevonden significante correlaties zijn als volgt gekwalificeerd: r=0,0-0,2 = zeer zwak; r=0,2-0,4 = zwak; r=0,4-0,7 = matig; r=0,7-0,9 = sterk; r=0,9-1,0 = zeer sterk.

Analyse 2: Drukke versus rustige dagen
Er is verkend of er een significant verschil is in het gemiddelde aantal passages van een soort dan wel het gemiddelde tijdstip van passeren van de dieren tussen dagen dat er relatief veel mensen zijn gepasseerd ('drukke dagen') en dagen dat er relatief weinig mensen zijn gepasseerd ('rustige dagen'). Drukke dagen zijn hier gedefinieerd als de 25% dagen waarop de meeste mensen passeerden. Rustige dagen zijn hier gedefinieerd als de 25% dagen waarop de minste mensen passeerden. De analyse is per soort gedaan – zowel voor de doelsoorten als de overige soorten –, onder voorwaarde dat de soort meer dan tienmaal is waargenomen binnen de steekproef. Een two-sample t-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant ($p \leq 0,05$) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat het gemiddelde aantal passages dan wel het gemiddelde tijdstip waarop de dieren passeren op drukke en rustige dagen niet verschilt.

In bovengenoemde analyses zijn uitsluitend meetdagen gebruikt waarop zowel zoogdieren als mensen zijn gemonitord. Voor konijn zijn alleen de meetdagen uit het eerste meetjaar gebruikt, omdat de soort vanaf het tweede meetjaar niet meer is gezien. Voor mensen geldt dat passages – legaal dan wel illegaal – in zowel de natuurzone als in de zone voor menselijk medegebruik in de analyse zijn meegenomen. Ook passages van aan het onderzoek verbonden onderzoekers zijn betrokken. Voor de passages van mensen via de zone voor menselijk medegebruik zijn, waar relevant, de op basis van de ijking verkregen correctiefactoren toegepast (zie Paragraaf 5.4.1 en 5.4.2).

In de analyses gericht op het verkennen van een verschil in het aantal passages – zowel de correlatieanalyses als vergelijkingen tussen drukke en rustige dagen – wordt de steekproefgrootte bepaald door het aantal meetdagen. Voor de correlatieanalyse bestaat de steekproefgrootte uit alle meetdagen waarop zowel zoogdieren als mensen zijn geteld. Voor de vergelijking tussen drukke en rustige dagen bestaat de steekproefgrootte per groep uit een kwart van dit aantal meetdagen. Tabel 6.1 geeft per natuurbrug een overzicht van de steekproefgrootte en het minimum, maximum en gemiddelde aantal mensen dat per meetdag passeert, voor alle meetdagen samen en voor de subsets van 25% drukke en 25% rustige dagen.

Tabel 6.1 *Per natuurbrug en soort(groep) de steekproefgrootte (N) – dus het aantal meetdagen – voor het verkennen van een effect van mensen op het aantal passages van middelgrote zoogdieren. Tevens het minimum, maximum en gemiddelde aantal mensen dat passeert per meetdag, voor alle meetdagen samen en voor de subsets van 25% drukke en 25% rustige meetdagen.*

	Alle meetdagen				**25% drukke dagen**				**25% rustige dagen**			
Soort	**N**	**Min**	**Max**	**Gem**	**N**	**Min**	**Max**	**Gem**	**N**	**Min**	**Max**	**Gem**
Zwaluwenberg												
Konijn	332	0	193	21	83	28	193	53	83	0	5	2
Overige soorten	966	0	193	17	242	21	193	44	242	0	4	1
Hoorneboeg												
Alle soorten	313	0	2.209	443	78	604	2.209	903	78	0	169	91

In de analyses gericht op het verkennen van een verschil in het tijdstip van passeren – zowel de correlatieanalyses als vergelijkingen tussen drukke en rustige dagen – wordt de steekproefgrootte bepaald door het aantal waarnemingen. De steekproefgrootte verschilt voor beide analyses daarom per soort. Tabel 6.2 geeft per natuurbrug een overzicht van de steekproefgrootte en het minimum, maximum en gemiddelde aantal mensen dat per meetdag passeert, voor alle meetdagen waarop de soort is waargenomen en voor de binnen deze selectie van meetdagen onderscheiden subsets van 25% drukke en 25% rustige meetdagen.

Tabel 6.2 *Per natuurbrug en soort de steekproefgrootte (N) voor het verkennen van een effect van mensen op het tijdstip van passeren van middelgrote zoogdieren. Tevens het minimum, maximum en gemiddelde aantal mensen dat passeert per meetdag, voor alle meetdagen waarop de soort is waargenomen en voor de binnen deze selectie van meetdagen onderscheiden subsets van 25% drukke en 25% rustige meetdagen.*

	Alle meetdagen				25% drukke dagen				25% rustige dagen			
Soort	**N**	**Min**	**Max**	**Gem**	**N**	**Min**	**Max**	**Gem**	**N**	**Min**	**Max**	**Gem**
Zwaluwenberg												
Ree	381	0	158	17	95	21	158	41	95	0	4	2
Das	21	1	19	5	5[1]	-	-	-	5[1]	-	-	-
Vos	59	0	80	15	15	20	80	34	15	0	4	2
Haas	542	0	145	23	136	36	145	54	136	0	8	4
Konijn	98	0	94	25	25	38	94	57	25	0	6	3
Hoorneboeg												
Ree	315	28	1.805	520	79	671	1.805	971	79	28	314	171
Das	9[1]	-	-	-	2[1]	-	-	-	2[1]	-	-	-
Boommarter	0[1]	-	-	-	0[1]	-	-	-	0[1]	-	-	-
Vos	26	73	1.101	499	6[1]	-	-	-	6[1]	-	-	-
Bunzing	3[1]	-	-	-	0[1]	-	-	-	0[1]	-	-	-
Haas	163	18	1.148	345	41	482	1.148	773	41	18	137	85
Eekhoorn	0[1]	-	-	-	0[1]	-	-	-	0[1]	-	-	-

1 Steekproefgrootte onvoldoende voor een analyse.

Ten behoeve van de verkenning van eventuele effecten op het tijdstip van passeren, zijn de tijden van passages geconverteerd naar een tijdwaarde, i.e. een serieel getal voor tijd tussen 0 (00:00:00) en 0,999988426 (23:59:59). Na berekening van de gemiddelde tijdwaarden en uitvoering van de statistische toetsing, zijn deze weer omgezet naar tijd binnen een etmaal van 0:00 tot 24:00 uur.

6.3 Resultaten

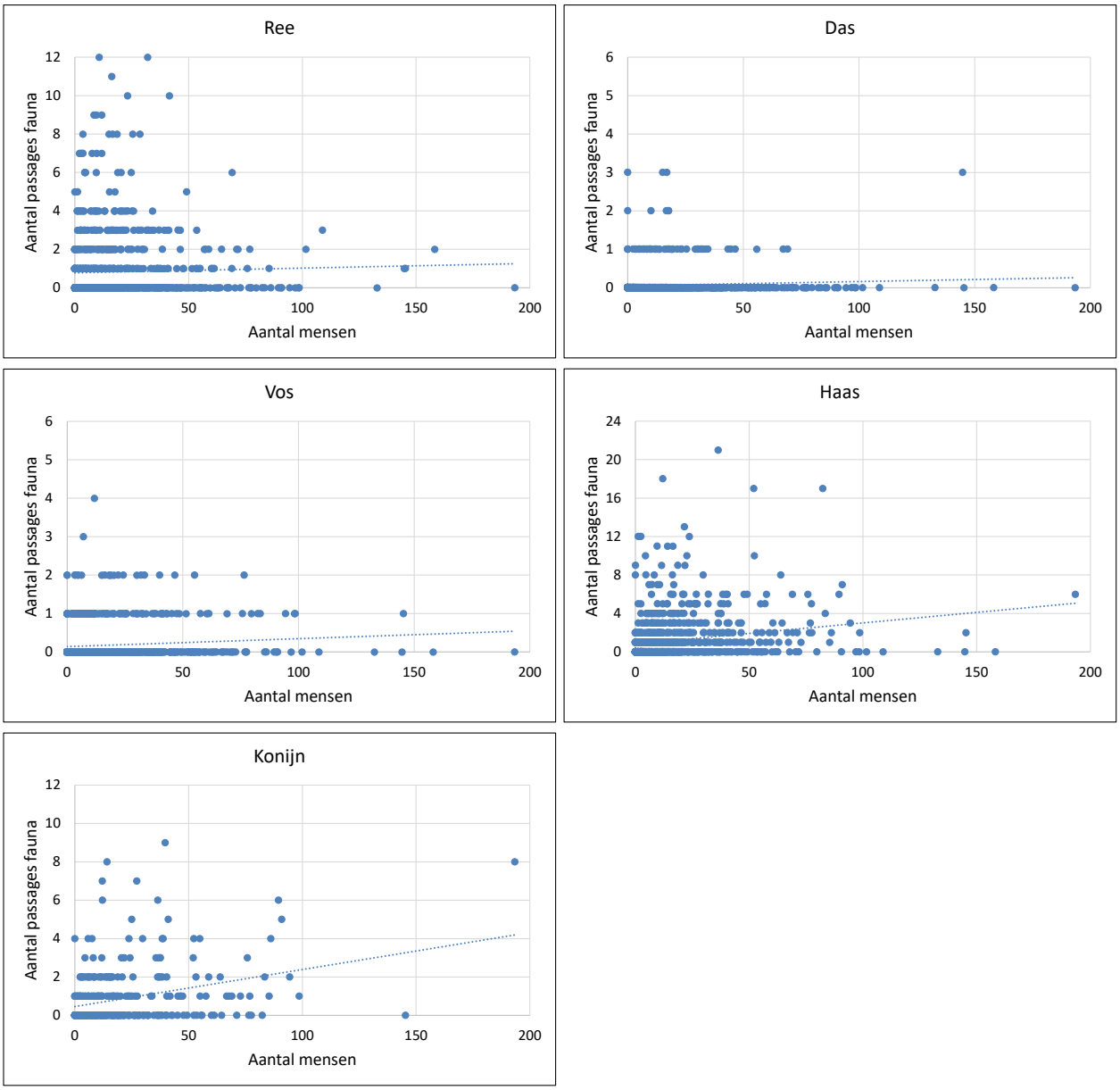
De analyses konden alleen voor ree, das, vos, haas en konijn worden uitgevoerd. Boommarter, bunzing en eekhoorn zijn niet of in te lage aantallen gepasseerd om een correlatieanalyse te kunnen uitvoeren of een goed vergelijk tussen drukke en rustige dagen te kunnen maken.

6.3.1 Effect op het aantal passages van dieren

6.3.1.1 Verkenning correlaties

Voor Natuurbrug Zwaluwenberg geldt dat er geen significante correlatie is gevonden tussen het aantal mensen en het aantal reeën dat passeert (Tabel 6.3; Figuur 6.1). Voor de overige soorten is wel een significante, licht positieve correlatie gevonden met het aantal mensen dat passeert. Voor das en vos is deze correlatie gekwalificeerd als zeer zwak, voor haas en konijn is deze zwak. De trendlijnen indiceren voor ree, das en vos een verschil van minder dan één passage per dag tussen dagen met de minste en met de meeste mensen, binnen het bereik van het gemeten gebruik door mensen op Natuurbrug Zwaluwenberg (0 tot ~200 passages per dag). Voor haas en konijn is dit een verschil van circa vier passages per dag.

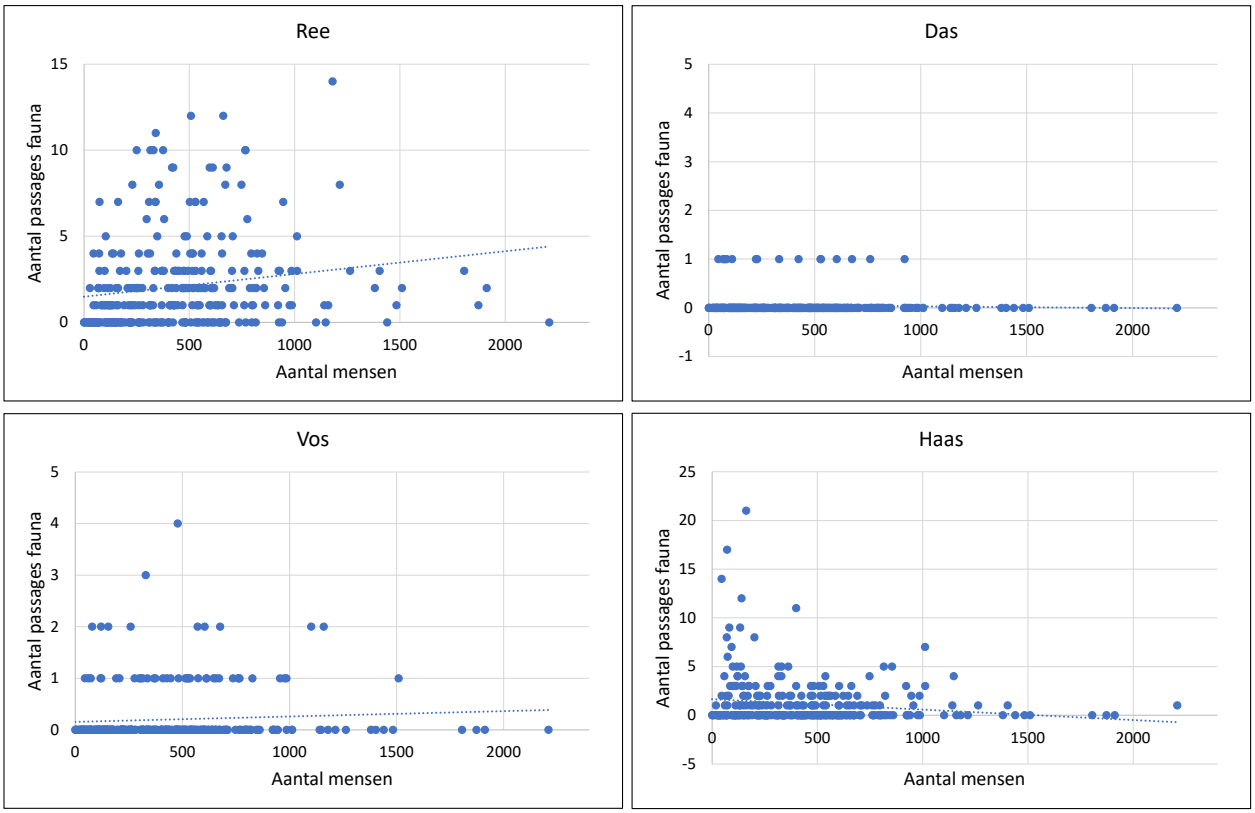
Voor Natuurbrug Hoorneboeg geldt dat er een significante, licht positieve correlatie is gevonden tussen het aantal mensen en het aantal reeën dat passeert (Tabel 6.3; Figuur 6.2). Voor haas is eveneens een significante, maar licht negatieve correlatie gevonden met het aantal mensen dat passeert. Beide correlaties zijn gekwalificeerd als zeer zwak. Voor das en vos is geen correlatie tussen het aantal passages van mensen en dat van de dieren vastgesteld. De trendlijnen indiceren voor das en vos een verschil van minder dan één passage per dag tussen dagen met de minste en met de meeste mensen, binnen het bereik van het gemeten gebruik door mensen op Natuurbrug Hoorneboeg (0 tot ~2.200 passages per dag). Voor ree en haas is dit een verschil van circa twee passages.



Figuur 6.1 *Voor Natuurbrug Zwaluwenberg per soort het aantal passages tussen 12:00 uur op dag X en 12:00 uur op dag X+1 als functie van het aantal passages van mensen op dag X. De stippellijn geeft de trendlijn weer.*

Tabel 6.3 *Per natuurbrug en soort de steekproefgrootte (N), de gemiddelde verandering in het aantal passages van de soort per 100 passages van mensen (G), de Pearson's Correlation Coëfficiënt (r) en uitkomsten van de t-toets voor het aantal mensen dat op een dag passeert en het aantal dieren dat die dag tussen 12:00 en 24:00 uur en de volgende dag tussen 0:00 en 12:00 uur passeert. * = significante correlatie.*

Soort	N	G	r	t	df	p	Correlatie
Natuurbrug Zwaluwenberg							
Ree	966	0,24	0,030	0,932	964	0,35	Geen
Das	966	0,11	0,069	2,143	964	0,03*	Zeer zwak
Vos	966	0,21	0,093	2,912	964	<0,01*	Zeer zwak
Haas	966	2,19	0,201	6,372	964	<0,01*	Zwak
Konijn	332	1,93	0,307	5,860	330	<0,01*	Zwak
Natuurbrug Hoorneboeg							
Ree	313	0,13	0,173	3,099	311	<0,01*	Zeer zwak
Das	313	<0,01	-0,059	-1,033	311	0,30	Geen
Vos	313	0,01	0,069	1,216	311	0,22	Geen
Haas	313	0,10	-0,153	-2,724	311	0,01*	Zeer zwak



Figuur 6.2 *Voor Natuurbrug Hoorneboeg per soort het aantal passages tussen 12:00 uur op dag X en 12:00 uur op dag X+1 als functie van het aantal passages van mensen op dag X. De stippellijn geeft de trendlijn weer.*

6.3.1.2 Drukke versus rustige dagen

Op Natuurbrug Zwaluwenberg is er een significant verschil in het aantal passages van ree, vos, haas en konijn op drukke dagen versus rustige dagen (Tabel 6.4). Voor al deze soorten geldt dat deze vaker zijn gepasseerd op drukke dagen. De mate waarin, verschilt per soort. Ree passeert op drukke dagen gemiddeld circa eenmaal vaker per drie dagen. Voor vos is dit gemiddeld eenmaal per tien dagen. Haas passeert op drukke dagen gemiddeld circa driemaal vaker per twee dagen. Konijn passeert gemiddeld eenmaal vaker per dag. Ook voor das geldt dat deze vaker op drukke dagen is geregistreerd. Hier is echter geen sprake van een significant verschil vanwege het relatief kleine aantal waarnemingen.

Op Natuurbrug Hoorneboeg is er een significant verschil in het aantal passages van ree en haas op drukke dagen versus rustige dagen (Tabel 6.4). Voor ree geldt dat deze vaker is gepasseerd op drukke dagen. Gemiddeld bijna tweemaal per dag. Haas is vaker gepasseerd op rustige dagen. Gemiddeld bijna anderhalf keer per dag. Vos is ook vaker op drukke dagen geregistreerd. Hier is echter geen sprake van een significant verschil vanwege het relatief kleine aantal waarnemingen.

Tabel 6.4 *Per natuurbrug en soort de steekproefgrootte (N), het aantal passages van de soort op de 25% drukste dagen en 25% rustigste dagen, het verschil in aantal passages tussen deze twee 'behandelingen' en de uitkomsten van de t-toets waarmee is onderzocht of er een significant verschil is in het aantal passages op drukke dan wel rustige dagen. * = het verschil is significant (p≤0,05).*

		Aantal passages		Verschil in aantal passages				
Soort	**N**	**25% drukke dagen**	**25% rustige dagen**	**totaal**	**gemiddeld per dag**	**t**	**df**	**p**
Natuurbrug Zwaluwenberg								
Ree	242	221	151	70	0,3	2,02	457	0,04*
Das	242	21	11	10	<0,1	1,51	471	0,13
Vos	242	60	25	35	0,1	3,61	430	<0,001*
Haas	242	472	242	341	1,4	6,60	360	<0,001*
Konijn	83	118	34	84	1,0	4,42	108	<0,001*
Natuurbrug Hoorneboeg								
Ree	78	206	75	131	1,7	4,29	113	<0,001*
Das[1]	-	-	-	-	-	-	-	-
Vos	78	20	11	9	0,1	1,48	154	0,14
Haas	78	61	172	-111	-1,4	-2,97	96	<0,01*

1 Onvoldoende data voor een vergelijking tussen drukke en rustige dagen.

6.3.2 Effect op het tijdstip waarop dieren passeren

6.3.2.1 Verkenning correlaties

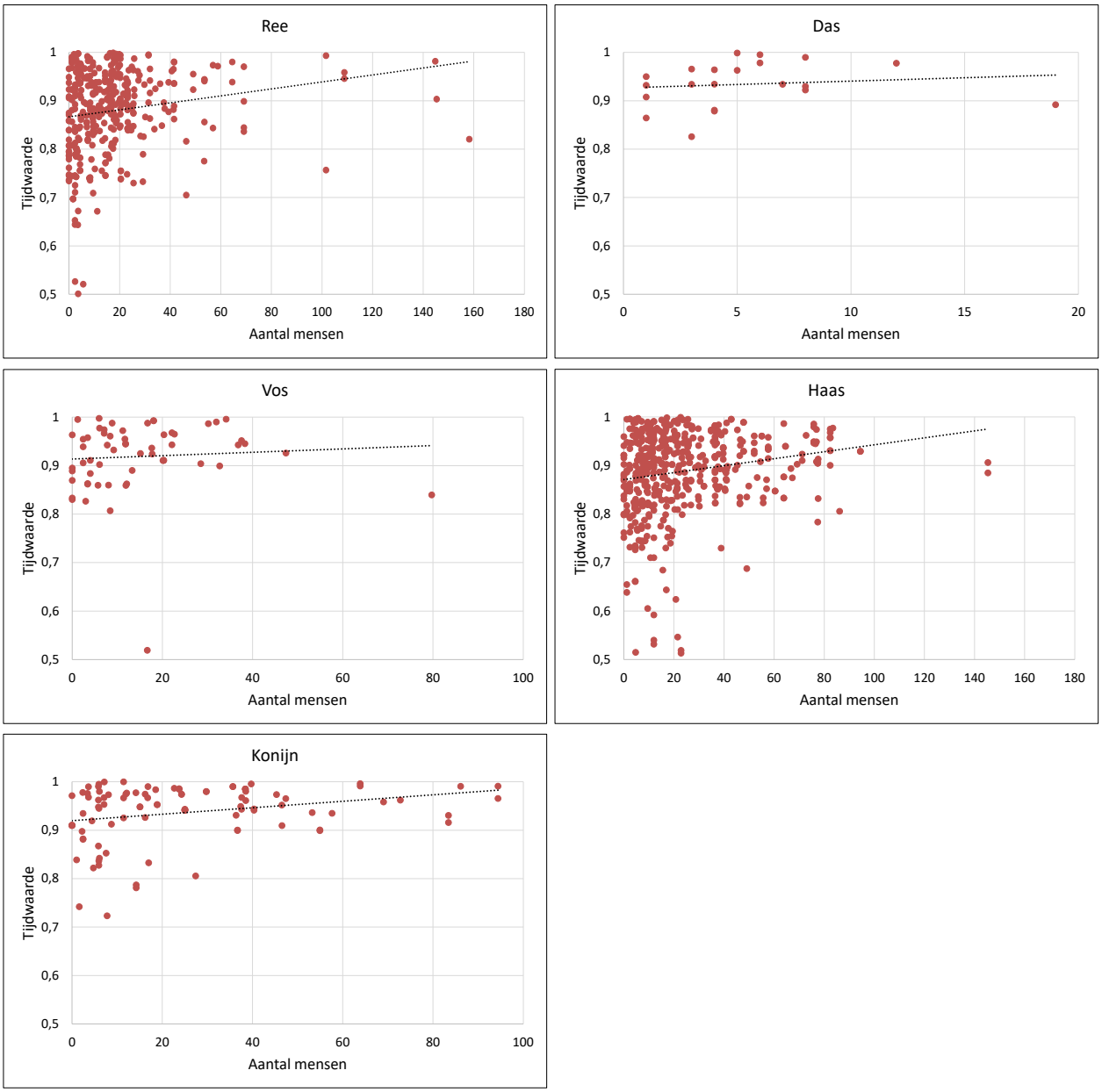
Op Natuurbrug Zwaluwenberg is er voor vier van de vijf soorten een significante correlatie tussen het aantal mensen dat op een dag passeert en het tijdstip waarop de dieren passeren (Tabel 6.5; Figuur 6.3). Voor konijn is deze correlatie zwak, voor ree, vos en haas zeer zwak. De trendlijn indiceert dat per 100 passages van mensen het gemiddelde tijdstip van passeren met 43 of 100 minuten verschuift voor vos respectievelijk ree, haas en konijn.

Op Natuurbrug Hoorneboeg is er alleen voor ree een significante correlatie tussen het aantal mensen dat op een dag passeert en het tijdstip waarop de dieren passeren (Tabel 6.5; Figuur 6.4). Deze correlatie is gekwalificeerd als zeer zwak. De trendlijn indiceert dat per 100 passages van mensen het gemiddelde tijdstip van passeren met 7 minuten verschuift.

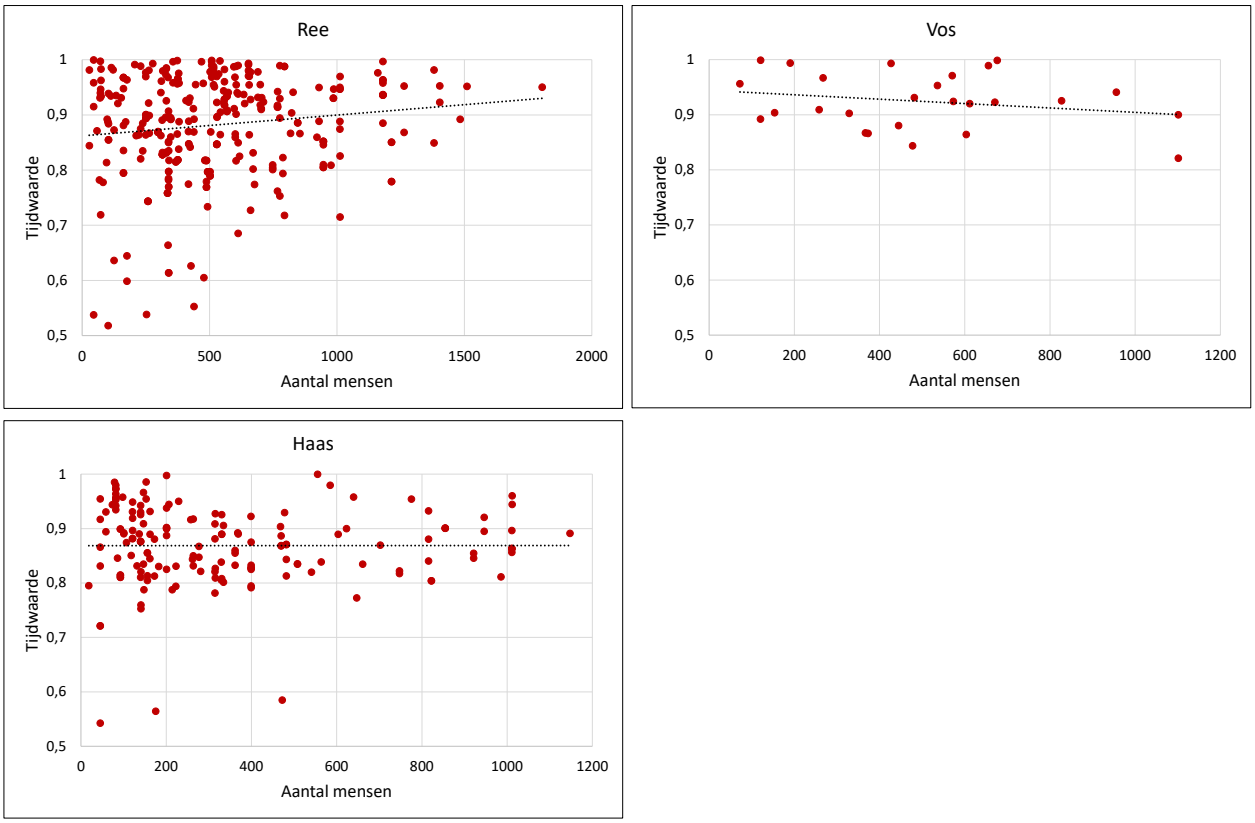
Tabel 6.5 *Per natuurbrug en soort het gemiddelde tijdstip van passage (U), de gemiddelde verandering in het tijdstip waarop de soort passeert per 100 passages van mensen in minuten (G), de Pearson's Correlation Coëfficiënt (r) en uitkomsten van de t-toets voor het aantal mensen dat op een dag passeert en het tijdstip waarop de dieren passeren. * = significante correlatie (p≤0,05).*

Soort	**U**	**G**	**r**	**t**	**df**	**p**	**Correlatie**
Natuurbrug Zwaluwenberg							
Ree	21:06	100	0,173	3,429	379	<0,001*	Zeer zwak
Das	22:25	201	0,127	0,560	19	0,58	Geen
Vos	22:03	43	0,068	0,518	57	0,03*	Zeer zwak
Haas	21:18	100	0,191	4,511	540	<0,001*	Zeer zwak
Konijn	22:28	100	0,264	2,677	96	0,01*	Zwak
Natuurbrug Hoorneboeg							
Ree	21:10	7	0,134	2,386	313	0,02*	Zeer zwak
Das[1]	22:59	-	-	-	-	-	-
Vos	22:11	-7	-0,226	-1,134	24	0,27	Geen
Haas	20:51	0	<0,001	0,004	161	0,99	Geen

1 Onvoldoende data voor een correlatieberekening.



Figuur 6.3 *Voor Natuurbrug Zwaluwenberg het tijdstip van passeren van ree, das, vos, haas en konijn tussen 12:00 en 24:00 uur, uitgedrukt in tijdwaarde, als functie van het aantal passages van mensen per meetdag. De stippellijn geeft de trendlijn weer.*



Figuur 6.4 *Voor Natuurbrug Hoorneboeg het tijdstip van passeren van ree, vos en haas tussen 12:00 en 24:00 uur, uitgedrukt in tijdwaarde, als functie van het aantal passages van mensen per meetdag. De stippellijn geeft de trendlijn weer.*

6.3.2.2 Drukke versus rustige dagen

Op Natuurbrug Zwaluwenberg is er voor alle soorten waarvoor deze analyse kon worden uitgevoerd – ree, vos, haas en konijn – een significant verschil in het tijdstip van passeren tussen drukke en rustige dagen (Tabel 6.6). Op rustige dagen passeren de dieren circa één tot anderhalf uur eerder in vergelijking met drukke dagen. Op Natuurbrug Hoorneboeg is er voor alle soorten waarvoor deze analyse kon worden uitgevoerd – ree en haas – geen significant verschil in het tijdstip van passeren tussen drukke en rustige dagen (Tabel 6.6).

Tabel 6.6 *Per natuurbrug en soort het gemiddelde tijdstip van passeren (U) op de 25% drukste dagen en 25% rustigste dagen, het verschil in tijd (in minuten) tussen deze twee 'behandelingen' en de uitkomsten van de t-toets waarmee is onderzocht of er een significant verschil is in het tijdstip van passeren op drukke dan wel rustige dagen. * = het verschil is significant (p≤0,05).*

	Gemiddeld tijdstip van passeren					
Soort	**25% drukste dagen**	**25% rustigste dagen**	**Verschil in tijd (minuten)**	**t**	**df**	**p**
Zwaluwenberg						
Ree	21:35	20:09	-86	4,75	155	<0,001*
Das[1]	-	-	-	-	-	-
Vos	22:36	21:33	-63	2,54	28	0,017*
Haas	21:53	20:41	-72	5,67	233	<0,001*
Konijn	22:59	21:54	-65	3,20	34	0,003*
Hoorneboeg						
Ree	21:21	20:59	-22	1,04	133	0,300
Das[1]	-	-	-	-	-	-
Vos[1]	-	-	-	-	-	-
Haas	20:58	21:14	16	-0,70	66	0,485

1 Onvoldoende data voor een vergelijking tussen drukke en rustige dagen.

6.4 Discussie

Voor Natuurbrug Zwaluwenberg geldt dat vier van de vijf soorten – ree, vos, haas en konijn – hier vaker passeren op drukke dagen dan op rustige dagen. Op Natuurbrug Hoorneboeg geldt hetzelfde voor ree. Dit wijkt af van wat tijdens eerder onderzoek op andere natuurbruggen is vastgesteld. Zowel op Natuurbrug Zanderij Crailoo als Natuurbrug Laarderhoogt bleek het aantal passages van de dieren niet te verschillen tussen drukke en rustige dagen (Van der Grift et al., 2009; Van der Grift et al., 2020). De correlaties tussen het aantal mensen en het aantal passages van genoemde diersoorten zijn echter zwak of zeer zwak. De variatie in het aantal passages is ook te groot om aan de trendlijnen enige voorspellende waarde te hechten. Zo blijkt dat als we een lineaire regressie uitvoeren, het gevonden verband (de trendlijn) minder dan 1% van de variantie in het aantal passages van ree op Natuurbrug Zwaluwenberg verklaart (R^2=0,0024; t=0,95; df=964; p=0,34). Voor de andere soorten is het beeld vergelijkbaar. Dit betekent dat het aantal mensen dat passeert niet als (directe) oorzaak moet worden gezien voor het hogere aantal passages van de dieren. Een mogelijke verklaring is dat gunstige omstandigheden voor passages van mensen wellicht ook gunstig zijn voor passages van dieren. Mensen zullen op (zeer) hete, koude of natte dagen naar verwachting minder vaak passeren. Voor dieren is dit veelal niet anders. In de wintermaanden zijn ze minder actief. En ook op dagen met slecht weer blijven ze meestal langer in de dekking. Het gevonden effect is dus wellicht een gevolg van verschillen als gevolg van seizoenen of weersomstandigheden. Een tweede verklaring kan zijn dat op dagen dat het druk is op de natuurbruggen, het ook druk is in de omgeving. Dit kan ertoe leiden dat dieren op drukke dagen vaker verstoord worden en dan (meer) gaan bewegen, waarbij ze ook vaker de natuurbruggen passeren.

Binnen de natuurverbinding is er alleen voor haas op Natuurbrug Hoorneboeg een significante, negatieve correlatie gemeten. Dit betekent dat op dagen met meer passages van mensen, er minder passages van hazen zijn geregistreerd. De correlatie is echter zeer zwak, wat opnieuw indiceert dat er nauwelijks sprake is van enige associatie tussen de variabelen. Dit blijkt ook als we een lineaire regressie uitvoeren op de dataset. Er is wel een significant verband tussen het aantal passages van mensen en hazen (R^2=0,023; t=-2,72; df=311; p=0,01), maar deze is zeer zwak en de trendlijn verklaart slechts 2% van de variantie in het aantal passages door de dieren. Ook voor deze soort zijn er naar verwachting dus (vooral) andere factoren die het aantal passages bepalen. Het gegeven dat er op Natuurbrug Zwaluwenberg een licht positieve correlatie en op Natuurbrug Hoorneboeg een licht negatieve correlatie is vastgesteld, lijkt hier ook op te wijzen. Het verschil in steekproefgrootte, dus het aantal meetdagen dat is betrokken in de analyse, en het feit dat op Natuurbrug Hoorneboeg geen representatieve steekproef kon worden verzameld in de eerste twee meetjaren, speelt hier naar verwachting ook een rol in.

De significant positieve correlaties tussen het tijdstip waarop ree, vos, haas en konijn Natuurbrug Zwaluwenberg passeren en het aantal mensen dat op een dag passeert, evenals de significante verschillen in het gemiddelde tijdstip van gebruik tussen drukke en rustige dagen door deze soorten, komt overeen met wat op Natuurbrug Zanderij Crailoo en Natuurbrug Laarderhoogt is gemeten. Ook op die bruggen gebruikten de dieren de natuurverbinding later als het gedurende de dag druk was geweest. Op Natuurbrug Zanderij Crailoo betrof dit een 'vertraging' in gebruik van enkele uren voor ree en voor alle middelgrote zoogdieren samen (Van der Grift et al., 2009). Op Natuurbrug Laarderhoogt betrof dit alleen ree. Voor deze soort werd een zwak verband gevonden tussen het gebruik door mensen en het tijdstip van passage (Van der Grift et al., 2020). Met iedere toename van 100 passerende mensen op een dag, lijken reeën daar het gebruik van de natuurbrug met circa een halfuur uit te stellen. Voor ree is er op genoemde natuurbrug ook een significant verschil gevonden tussen het gemiddelde tijdstip van passeren op drukke dagen (>250 mensen) in vergelijking met rustige dagen (<100 mensen). Op drukke dagen passeren de dieren gemiddeld drie uur later dan op rustige dagen. Voor vos en haas werd op Natuurbrug Laarderhoogt geen effect gemeten. Voor haas was dat vooral een gevolg van een te beperkt aantal waarnemingen.

Het beeld is echter anders op Natuurbrug Hoorneboeg. Er is alleen een (zeer zwakke) correlatie gevonden voor ree. Met iedere toename van 100 passerende mensen op een dag, lijken reeën het gebruik van de natuurbrug met gemiddeld slechts zeven minuten uit te stellen. Ook in de vergelijking van drukke en rustige dagen – uitgevoerd voor alleen ree en haas – zijn geen significante verschillen gevonden in het tijdstip van passeren door de dieren. Een mogelijke verklaring voor het verschil in bevindingen tussen beide natuurbruggen is het (grote) verschil in aantallen mensen dat passeert. Op Natuurbrug Zwaluwenberg

passeren gemiddeld minder dan 25 mensen per dag binnen de hier gebruikte steekproef voor de correlatieanalyse (Tabel 6.2). Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn dit er gemiddeld 345 of meer. Dit heeft tot gevolg dat het minimumaantal mensen op Natuurbrug Hoorneboeg, afhankelijk van de soort, min of meer gelijk of groter is dan het gemiddelde aantal mensen op Natuurbrug Zwaluwenberg. Dit verschil in gebruik is ook evident in de subsets voor drukke en rustige dagen. Het gemiddelde aantal mensen op rustige dagen op Natuurbrug Hoorneboeg ligt (ver) boven het gemiddelde op drukke dagen op Natuurbrug Zwaluwenberg. Dit betekent dat we op beide bruggen meten in een ander deel van het bereik wat betreft passages van mensen in de natuurverbinding. Binnen het bereik van Natuurbrug Zwaluwenberg, waar rustige dagen geen of slechts enkele passages van mensen kennen, is er een meetbaar effect. Binnen het bereik van Natuurbrug Hoorneboeg, waar de rustige dagen in verhouding tot Natuurbrug Zwaluwenberg dus als druk te definiëren zijn, is er geen effect meer. Na een aanvankelijke toename in het tijdstip lijken de dieren hun moment van passeren dus te stabiliseren. Anders gezegd: er is wel een verschil tussen (zeer) rustige en (weinig) drukke dagen, maar er is geen verschil meer tussen drukke en zeer drukke dagen. Er lijkt dus een limiet te zitten op het uitstellen van de activiteit en de passages op drukke dagen. Als die limiet is bereikt, wordt de natuurbrug gebruikt, ongeacht het (grote) aantal mensen dat tijdens de dag is gepasseerd.

6.5 Conclusies

Het aantal passages van middelgrote zoogdieren lijkt niet of nauwelijks te worden beïnvloed door het aantal passages van mensen. Voor de meeste soorten geldt zelfs dat er een (licht) positieve correlatie is tussen deze twee variabelen en/of het aantal passages van de dieren op dagen met veel mensen juist hoger is in vergelijking met dagen waarop weinig mensen de natuurverbinding gebruiken. De variatie in het aantal passages van middelgrote zoogdieren wordt naar verwachting dan ook verklaard door andere factoren, zoals seizoen en weersomstandigheden. Meer passages als gevolg van verstoring van de dieren op drukke dagen kan ook niet worden uitgesloten.

Op Natuurbrug Zwaluwenberg passeren de dieren later op de avond als het tijdens de dag druk met mensen is geweest. Dit uitstel kan oplopen tot circa anderhalf uur. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit effect niet waargenomen. Het relatief hoge aantal mensen dat hier passeert, lijkt hier een rol te spelen. Tussen drukke en zeer drukke dagen is geen verschil in gemiddeld tijdstip van passeren meer te meten. Het in tijd uitstellen van het passeren van deze natuurbrug op drukke dagen lijkt dus gelimiteerd.

7 Gebruik van de natuurverbinding door reptielen

7.1 Inleiding

Reptielen ondervinden op verschillende manieren negatieve effecten van de aanwezigheid en het gebruik van verkeers- en spoorwegen (Andrews et al., 2015a). Het zichtbaarste effect is wellicht de onnatuurlijke sterfte als gevolg van aanrijdingen in het verkeer. In geval van verkeerswegen komen de dieren onder de wielen, in geval van spoorwegen gaan de dieren meestal dood door de luchtdruk van passerende treinen die de dieren dooddrukt of meezuigt. Reptielen zijn wat dit betreft een kwetsbare groep, want veel soorten – zoals slangen en hazelworm – bewegen zich relatief langzaam voort. Een glad wegdek, waar de dieren weinig grip hebben, kan de snelheid waarmee een weg gepasseerd wordt nog verder verlagen en daarmee het risico om te worden doodgereden, vergroten. Datzelfde geldt voor een ballastbed zonder openingen onder de spoorstaven die dieren in staat stelt om bij een naderende trein het spoor snel te verlaten. Een complicerende factor hierbij is dat het wegdek en ballastbed een aantrekkende werking op reptielen kunnen hebben. Dit zijn immers goede plekken om snel op te kunnen warmen en het is dan ook niet ongewoon dat reptielen deze plekken juist opzoeken en er dan enige tijd verblijven.

Een ander effect dat (spoor)wegen op reptielen hebben is de fragmentatie van leefgebieden. Allereerst omdat er meestal leefgebied verloren gaat door de aanleg van de infrastructuur. Daarnaast ook door aantasting van de kwaliteit van leefgebieden die op korte afstand van de infrastructuur liggen. Bijvoorbeeld omdat de natuurtypen veranderen als gevolg van een gewijzigde waterhuishouding of ander beheer. Ten slotte veroorzaakt ook de barrièrewerking van infrastructuur fragmentatie. Deze barrièrewerking kan enerzijds een gevolg zijn van de fysieke kenmerken van wegen en spoorwegen die het de reptielen onmogelijk maken om te passeren. Bijvoorbeeld door de aanwezigheid van geluidschermen, verkeersgeleiders en drainagegoten. Anderzijds kan de barrièrewerking een gevolg zijn van de afschrikkende werking van de fysieke kenmerken van de infrastructuur in combinatie met het verkeer dat gebruikmaakt van de (spoor)weg. Het gevolg is dat op veel plaatsen leefgebieden kleiner worden en meer geïsoleerd van elkaar komen te liggen. De overlevingskansen van de populaties in deze leefgebieden neemt hierdoor af. Kleinere populaties hebben immers een grotere kans om uit te sterven. Daarnaast neemt de kans op verlies van genetische variatie in kleine populaties toe en daarmee het risico dat de fitness van de dieren en daarmee de veerkracht van de populatie afnemen.

Faunapassages kunnen de barrièrewerking van (spoor)wegen wegnemen (Andrews et al., 2015a). Daarnaast kunnen ze de kans op sterfte door aanrijdingen in het verkeer verkleinen als ze worden aangelegd in combinatie met voorzieningen die de dieren van de (spoor)weg weren en naar de faunapassage geleiden. Onderzoek heeft aangetoond dat reptielen faunapassages, zowel over- als onderdoorgangen, gebruiken (Struijk, 2011). Het aantal studies waarin het gebruik van faunapassages door reptielen is onderzocht, is echter nog zeer beperkt. In de recentelijk uitgebrachte *Leidraad faunavoorzieningen voor infrastructuur* (Smulders et al., 2021) is de geschiktheid van de diverse typen faunapassages voor reptielen onderzocht op basis van in Nederland en Vlaanderen uitgevoerde monitoringsstudies. Er zijn dertien typen faunapassages geïdentificeerd die in principe geschikt zouden moeten zijn voor reptielen. Het betreft vier typen overgangen en negen typen onderdoorgangen. De studie concludeert echter dat er voor negen typen faunapassages geen onderzoek beschikbaar is en voor drie typen faunapassages onvoldoende onderzoek. De enige uitzondering vormen ecoducten, maar ook voor dit type faunapassage geldt dat het aantal studies nog beperkt is en de monitoring meestal beperkt blijft tot het aantonen van de aanwezigheid van reptielen. Een kwantificering van het gebruik van ecoducten door reptielen en toetsing van dit gebruik aan een vooraf gesteld doel ontbreekt in de meeste studies, evenals een onderbouwde duiding of beoordeling van het ecologisch functioneren van de faunavoorziening voor de soortgroep.

7.2 Doel van het onderzoek

Dit meerjarige onderzoek in Natuurverbinding Zwaluwenberg, inclusief twee natuurbruggen, heeft als doel om meer te weten te komen over de geschiktheid van ecoducten als faunapassage voor reptielen en daarmee over het nut van dergelijke 'ontsnipperende' maatregelen voor deze soortgroep. Dit betekent dat een belangrijk eerste doel hier is om het gebruik van de natuurverbinding door reptielen in beeld te brengen, zowel in tijd als ruimte, inclusief de mate waarin de natuurverbinding daadwerkelijk tot uitwisseling van individuen tussen de populaties aan weerszijden van de infrastructuur leidt. Het doel is ook om te onderzoeken of Natuurverbinding Zwaluwenberg aan de verwachtingen voldoet en of er manieren zijn om het gebruik door reptielen te vergroten, bijvoorbeeld door aanpassingen wat betreft inrichting en beheer. Ten slotte moet het onderzoek meer inzicht verschaffen in de ecologische betekenis van het gebruik van de natuurverbinding en de effecten die dit gebruik naar verwachting heeft op de levensvatbaarheid van de populaties van reptielen.

7.3 Onderzoeksvragen

Om deze doelen te bereiken, zijn de volgende concrete onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Welke soorten reptielen maken gebruik van de natuurverbinding?
2. Welk patroon heeft dit gebruik gedurende het jaar?
3. Wat is de geslachtsverhouding in de natuurverbinding?
4. Hoe varieert de leeftijdsverdeling in de natuurverbinding over de maanden?
5. Welke trend vertoont het gebruik van de natuurverbinding over de onderzoeksjaren?
6. Is er een verschil in gebruik tussen de verschillende delen van de natuurverbinding?
7. Is er uitwisseling tussen de populaties aan weerszijden van de infrastructuur?
8. Voldoet het gebruik van de natuurverbinding door reptielen aan de verwachtingen?
9. Wat is naar verwachting het effect van het gebruik van de natuurverbinding op de levensvatbaarheid van de populaties?
10. Hoe verhoudt het gebruik van de natuurverbinding zich tot het gebruik van natuurbruggen elders in Nederland?
11. Welke aanbevelingen zijn op basis van het onderzoek te geven voor het optimaliseren van de inrichting en het beheer van de natuurverbinding voor reptielen?

7.4 Toetsingskader

Om te kunnen vaststellen of het gebruik van de natuurverbinding voldoet aan de verwachtingen (onderzoeksvraag 8), is een toetsingskader nodig. Idealiter bestaat een dergelijk toetsingskader uit een set concrete, toetsbare doelen op basis waarvan de functionaliteit van de natuurverbinding kan worden geëvalueerd (Van der Grift & Van der Ree, 2015). Een dergelijk toetsingskader maakt het mogelijk om op basis van verzamelde gegevens conclusies te trekken over het succes van de natuurverbinding. Het maakt duidelijk welke doelen gehaald zijn en welke (nog) niet.

Het vastleggen van de termijn waarop de doelen voor de natuurverbinding moeten zijn behaald, is een belangrijke voorwaarde om te kunnen toetsen. Deze termijn hangt in veel gevallen nauw samen met de manier waarop een soort de natuurverbinding gebruikt. Reptielen gebruiken deze naar verwachting vooral als *leefgebied-corridor* (Broekmeyer & Steingröver, 2001). Dit betekent dat de dieren de natuurverbinding meestal niet in korte tijd helemaal (kunnen) passeren. De natuurverbinding moet de reptielen dus geschikt leefgebied bieden, omdat een passage langere tijd in beslag neemt en zich soms zelfs over meerdere generaties kan uitstrekken. De eisen die de soorten stellen aan de natuurverbinding hangen dan ook vooral samen met de fysieke ruimte die nodig is om de gewenste biotoop te creëren en deze duurzaam binnen de natuurverbinding te kunnen handhaven. Reptielen zijn sterk afhankelijk van de vegetatieontwikkeling in de natuurverbinding en zullen deze dus meestal pas (goed) gebruiken als de gewenste natuurtypen, inclusief voldoende dekking, zijn ontwikkeld. Voor alle soorten reptielen is hier dan ook als tijdshorizon voor het bereiken van het gewenste gebruik drie jaar na opening van de natuurverbinding genomen.

Bij een evaluatie van de functionaliteit van Natuurverbinding Zwaluwenberg voor een diersoort is de eerste vraag die een antwoord behoeft of de soort in de natuurverbinding aanwezig is en in welke mate, zowel in ruimte als tijd. Aanwezigheid in (een deel van) de natuurverbinding is immers een voorwaarde om deze ook als corridor voor uitwisseling te kunnen benutten. De mate van voorkomen – zowel wat betreft verspreiding binnen de natuurverbinding als aanwezigheid over de maanden van het jaar – is meestal een goede indicator voor de geschiktheid van de natuurverbinding voor een soort. Essentieel hierbij is dat er een norm wordt bepaald waaraan moet worden voldaan. Ofwel, een meetbare waarde op basis waarvan er kan worden geconcludeerd dat de natuurverbinding naar wens functioneert of niet. Een tweede vraag die een antwoord behoeft bij een evaluatie van de functionaliteit van een natuurverbinding voor een diersoort is of de (deel)populatie in de natuurverbinding een goede 'afspiegeling' is van de (deel)populaties in de brongebieden, bijvoorbeeld wat betreft geslachtsverhouding en leeftijdsverdeling. Grote verschillen in dergelijke populatiekenmerken tussen de (deel)populatie in de natuurverbinding en die in de brongebieden kan er immers op wijzen dat de verbinding in sommige opzichten (sterk) afwijkt van deze gebieden, waardoor een deel van de populatie er geen of minder gebruik van maakt.

De normen waaraan we de metingen in Natuurverbinding Zwaluwenberg toetsen, baseren we hier op referentiemetingen in de brongebieden. Deze referentiemetingen moeten op identieke wijze zijn gedaan als de metingen in de natuurverbinding, zodat deze met elkaar kunnen worden vergeleken. Bij het vaststellen van normen moet ook rekening worden gehouden met eventuele verschillen in natuurtypen tussen de brongebieden en de natuurverbinding. De normen moeten dan ook worden ontleend aan referentiemetingen in voor de betreffende soort geschikte natuurtypen.

Hier zijn daarom de volgende toetsbare doelen voor reptielen in Natuurverbinding Zwaluwenberg geformuleerd:
- *Doel 1: Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de abundantie van de soort in de natuurverbinding minimaal overeen met die in voor de soort geschikte natuurtypen in de brongebieden.*
- *Doel 2: Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de verdeling van de waarnemingen van de soort over de meetperiode in de natuurverbinding overeen met die in de omgeving.*
- *Doel 3: Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de geslachtsverhouding van de soort in de natuurverbinding overeen met die in de brongebieden.*
- *Doel 4: Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de leeftijdsverdeling van de soort in de natuurverbinding overeen met die in de brongebieden.*
- *Doel 5: Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de biometrie van de soort in de* natuurverbinding overeen met die in de brongebieden.

7.5 Methoden

7.5.1 Studieopzet

Het voorkomen en de verspreiding van reptielen is onderzocht over een tijdsperiode van zeven jaar: 2014-2020. Dit betekent dat het onderzoek kort na de opening (in 2013) van Natuurbrug Zwaluwenberg is gestart en is voortgezet tot vier jaar na de opening (in 2016) van Natuurbrug Hoorneboeg.

De studieopzet kende vijf onderdelen:
1. Het systematisch en volgens een standaardprotocol inventariseren van reptielen binnen de natuurverbinding en op referentieplekken in de omliggende brongebieden. Binnen de natuurverbinding lag de nadruk hierbij op de twee natuurbruggen en hun toelopen.
2. Het vangen van dieren en deze vervolgens merken, fotograferen en/of meten, met als doel de dieren individueel te kunnen herkennen en zodoende na terugvangst hun bewegingen door het landschap in kaart te kunnen brengen.
3. Het verkennen van verwachte effecten van de natuurverbinding op de levensvatbaarheid van de populaties op basis van modelsimulaties.
4. Het beschrijven van de vegetatiesamenstelling en -structuur rond de vangplekken met als doel meer inzicht te verkrijgen in de habitatvoorkeur van de soorten.
5. Het verkennen van uitwisseling van dieren via de natuurverbinding met behulp van genetische technieken, waarbij veranderingen in de genetische samenstelling van de diverse deelpopulaties zijn onderzocht.

De aanpak en bevindingen van de eerste vier onderdelen zijn beschreven in dit hoofdstuk. De aanpak en bevindingen van de populatie-genetische studie zijn beschreven in Hoofdstuk 8.

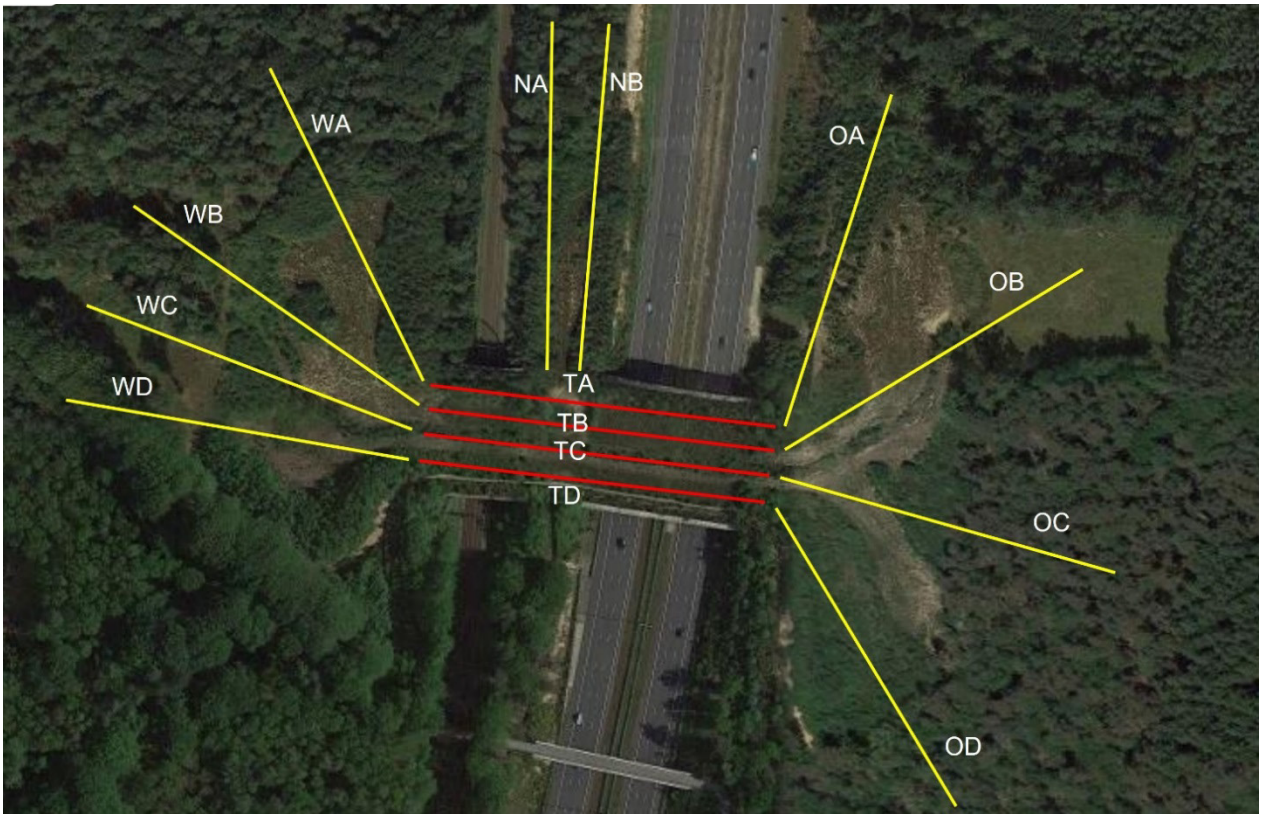
7.5.2 Studiegebied

Het studiegebied – circa 1.400 ha groot – strekte zich uit tot circa 2 km afstand van Natuurverbinding Zwaluwenberg. Aan de oostzijde van rijksweg A27 omvat het studiegebied daarom (delen van) het Hilversums Wasmeer (Goois Natuurreservaat), De Zuid-Erfgooiersbos (Goois Natuurreservaat), Maartendijkse Bos (Utrechts Landschap), Landgoed Eykenstein (particulier) en Smithuyserbos (particulier). Aan de westzijde van de provinciale weg N417 omvat het studiegebied (delen van) de Hoorneboegse Heide (Goois Natuurreservaat), Zonneheide (Goois Natuurreservaat), Zwarte Berg (Goois Natuurreservaat) en Einde Gooi (Natuurmonumenten). Ten noorden van de natuurverbinding, tussen rijksweg en spoorlijn, omvat het studiegebied de Laapersheide (Goois Natuurreservaat). Deze drie delen van het studiegebied worden in het navolgende achtereenvolgens 'brongebied Oost', 'brongebied West' en 'brongebied Noord' genoemd. Naast deze brongebieden is de aandacht in dit onderzoek ook uitgegaan naar de wegbermen van rijksweg A27, aangezien deze voor reptielen geschikte biotoop bevatten en dus ook als brongebieden zouden kunnen fungeren.

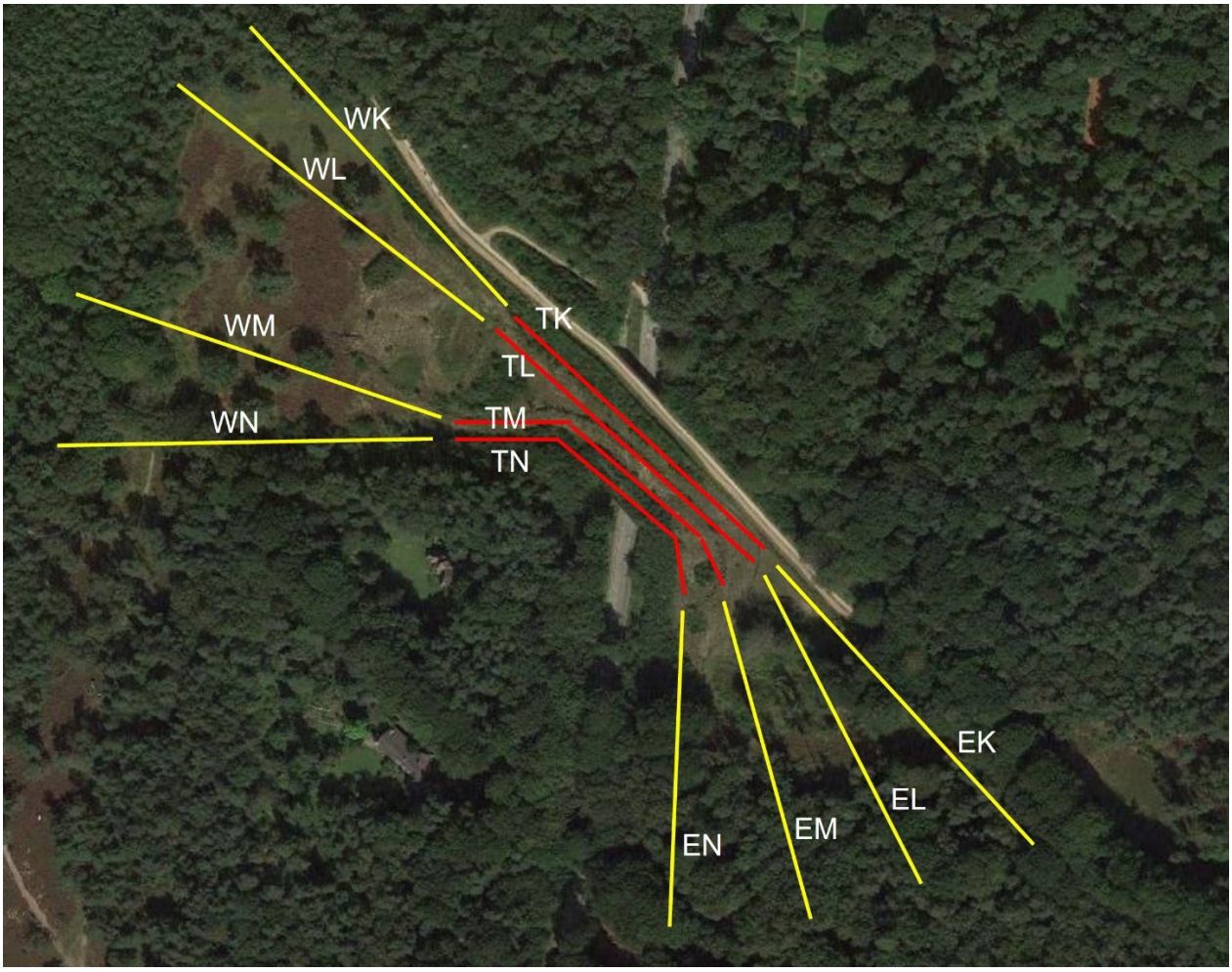
7.5.3 Verzamelen gegevens

7.5.3.1 Inventarisaties van transecten

De inventarisaties van reptielen in de natuurverbinding zijn uitgevoerd langs permanente transecten. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn veertien transecten uitgezet: vier boven op het ecoduct, vier op zowel de oostelijke als westelijke toeloop en twee op de noordelijke toeloop (Figuur 7.1). Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn twaalf transecten uitgezet: vier boven op het ecoduct en vier op zowel de oostelijke als westelijke toeloop (Figuur 7.2). De transecten die boven op de ecoducten zijn uitgezet, lagen parallel aan elkaar, op een onderlinge afstand van circa 10 m. De transecten op de toelopen van de ecoducten lagen niet parallel aan elkaar, maar 'waaierden uit', zodat deze min of meer evenredig verspreid lagen over de toelopen. De transecten op de top van Natuurbrug Zwaluwenberg zijn in 2014 uitgezet; de transecten op de toelopen van deze natuurbrug zijn in 2015 toegevoegd. De transecten op Natuurbrug Hoorneboeg, zowel die op de top als op de toelopen, zijn in 2017 uitgezet.

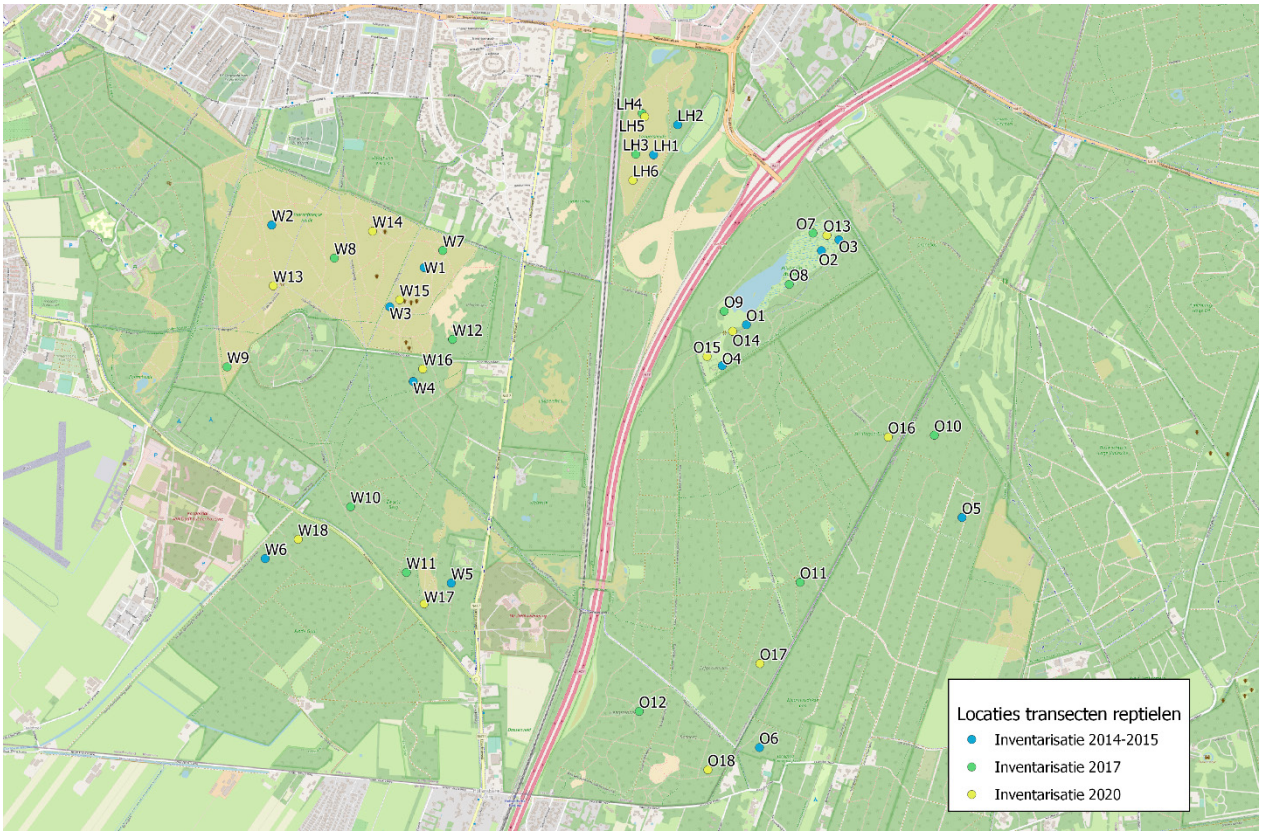


Figuur 7.1 *Ligging en codering van de transecten op de top (rood) en toelopen (geel) van Natuurbrug Zwaluwenberg.*



Figuur 7.2 *Ligging en codering van de transecten op de top (rood) en toelopen (geel) van Natuurbrug Hoorneboeg.*

De inventarisaties van reptielen in de brongebieden ten oosten, westen en noorden van de natuurverbinding zijn uitgevoerd langs tijdelijke transecten. Deze transecten zijn steeds gedurende één meetjaar gebruikt, met uitzondering van de meetjaren 2014 en 2015, waarin de transecten niet zijn gewijzigd (Figuur 7.3). In de brongebieden aan zowel de oost- als westzijde van de natuurverbinding zijn steeds drie transecten in open landschap met heide en heischraal grasland geplaatst en drie transecten in bosgebied. Voor het oostelijke brongebied betekende dit dat er telkens drie 'heide-transecten' in het Hilversums Wasmeer zijn uitgezet. Voor het westelijk brongebied zijn er telkens drie 'heide-transecten' in de Hoorneboegse Heide geplaatst. De precieze locatie van deze transecten binnen genoemde heidegebieden en de oriëntatie van de transecten, dus de richting waarin ze zijn uitgezet vanaf het startpunt, is random bepaald (zie ook Van der Grift & Van der Ree, 2015). Voor plaatsing van de transecten in de bosgebieden is een enigszins andere aanpak gebruikt. Deze 'bos-transecten' zijn 'stratified random' geplaatst om zeker te zijn van enige spreiding over het studiegebied. Hiervoor is het halfcirkelvormige studiegebied aan zowel de oost- als westzijde van de infrastructurele bundel in drie gelijke 'taartpunten' verdeeld. Vervolgens is er in ieder taartpunt random één transect geplaatst. Ook de oriëntatie van deze transecten is random bepaald. In het brongebied ten noorden van de natuurverbinding (Laapersheide) zijn steeds twee transecten in heide/heischraal grasland geplaatst. De precieze locatie en oriëntatie van deze transecten zijn random bepaald.



Figuur 7.3 *Ligging en codering van de transecten in de brongebieden ten oosten, westen en noorden van Natuurverbinding Zwaluwenberg in de verschillende meetjaren.*

De wegbermen van rijksweg A27 zijn ook (potentieel) leefgebied voor reptielen. Daarom zijn ook hier transecten geplaatst. Het betrof permanente transecten die niet qua locatie of oriëntatie veranderden tussen de meetjaren. In de wegbermen zijn vier transecten geplaatst: twee in de oostelijke en twee in de westelijke berm. Twee transecten, één in de oostelijke en één in de westelijke berm, startten 25 m ten noorden van Natuurbrug Zwaluwenberg en strekten zich naar het noorden uit. De andere twee, opnieuw één in de oostelijke en één in de westelijke berm, startten 25 m ten zuiden van Natuurbrug Zwaluwenberg en strekten zich naar het zuiden uit (Figuur 7.4).

Figuur 7.4 *Ligging en codering van de transecten in de wegbermen van rijksweg A27.*

Ieder transect was 150 m lang. Om de kans op het vinden van reptielen te vergroten, is op ieder transect een reeks kunstmatige schuilplekken geplaatst. Per transect zijn er zestien schuilplekken geplaatst, op een onderlinge afstand van 10 m. De schuilplek bestond meestal uit een tapijttegel (50x50 cm; Figuur 7.5, 7.6 en 7.7). Op een beperkt aantal, random gekozen plekken zijn echter houten platen, stalen platen of 'ACO-wildlife refuges' als schuilplek gebruikt in verband met een casestudie naar de geschiktheid van verschillende typen schuilplekken voor het inventariseren van reptielen (zie Hoofdstuk 9). Alle kunstmatige schuilplekken hadden een uniek nummer.

Figuur 7.5 *Een kunstmatige schuilplek – bestaande uit een tapijttegel – die voor het monitoren van reptielen is gebruikt (links). De schuilplekken hadden een uniek nummer en een sticker die duidelijk maakte dat de schuilplek deel uitmaakte van ecologisch onderzoek en voorbijgangers verzocht deze niet te verwijderen. © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 7.6 *Het uitzetten van de transecten op Natuurbrug Zwaluwenberg in maart 2014 (links) en op Natuurbrug Hoorneboeg in maart 2017 (rechts). © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 7.7 *Een kunstmatige schuilplek op een transect in het Hilversums Wasmeer (links), Maartendijkse Bos (midden) en op Natuurbrug Zwaluwenberg (rechts), mei 2014. © Foto's: E. van der Grift.*

7.5.3.2 Meetjaren

We onderscheiden hier zogenoemde 'volledige meetjaren' en 'onvolledige meetjaren'. Een volledig meetjaar is een jaar waarin alle transecten op een van de of op beide natuurbruggen (zowel top als toelopen) en in de brongebieden Oost, West en Noord zijn geïnventariseerd gedurende de hele meetperiode. Een onvolledig meetjaar is een jaar waarin slechts een deel van de transecten is geïnventariseerd en/of voor slechts een deel van de meetperiode. Bovenstaande definitie betekent dat we hier drie volledige meetjaren onderscheiden: 2015, 2017 en 2020 (Bijlage 5). Meetjaar 2014 is gekarakteriseerd als een onvolledig meetjaar, omdat er in dat jaar nog geen inventarisaties op de toelopen van Natuurbrug Zwaluwenberg zijn uitgevoerd. De meetjaren 2016 en 2018 zijn gekarakteriseerd als onvolledig meetjaar, omdat de brongebieden in die jaren niet zijn geïnventariseerd en de natuurbrug(gen) niet gedurende de hele meetperiode zijn gemonitord. De inventarisaties van de transecten in de wegbermen van de rijksweg zijn hier niet in de definitie van een 'meetjaar' opgenomen, omdat deze inventarisaties enkele jaren (2017-2019) niet konden worden uitgevoerd als gevolg van werkzaamheden in het kader van de verbreding van de A27. In de wegbermen zijn inventarisaties uitgevoerd in 2014, 2015, 2016 en 2020. In 2019 zijn nergens inventarisaties uitgevoerd (Bijlage 5).

7.5.3.3 Meetperiode en aantal inventarisaties

De inventarisaties van reptielen vonden plaats in de periode 1 april-30 september. In 2020 zijn de inventarisaties echter pas eind april gestart als gevolg van de uitbraak van de COVID-19-pandemie en de daarmee samenhangende lockdownmaatregelen. De transecten zijn in een volledig meetjaar minimaal 20 en maximaal 43 maal geïnventariseerd (Bijlage 5). Voor Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg was de gemiddelde meetfrequentie over alle volledige meetjaren respectievelijk 1,3 en 1,6 inventarisaties per week. Voor de transecten in de brongebieden Oost, West en Noord was dit 1,3 inventarisaties per week. De transecten in de wegbermen van de A27 zijn gemiddeld 1,1 maal per week geïnventariseerd in een meetjaar.

7.5.3.4 Tellingen en registratie van kenmerken

Inventarisaties, bestaande uit tellingen van alle waargenomen reptielen, zijn alleen uitgevoerd tijdens voor reptielen gunstige weersomstandigheden. Dit betekent dat de inventarisaties bij voorkeur op zonnige dagen zijn gedaan en er geen inventarisatie zijn uitgevoerd als de luchttemperatuur <10°C of >30°C was, het hard (en langdurig) regende en/of het geheel bewolkt was en er tegelijkertijd veel wind was (>6 Bft). Tijdens iedere inventarisatie zijn de transecten rustig afgelopen, waarbij tot circa 3 m links en rechts van het transect naar reptielen is gezocht. Hierbij zijn ook alle schuilplekken gecontroleerd (Figuur 7.8).

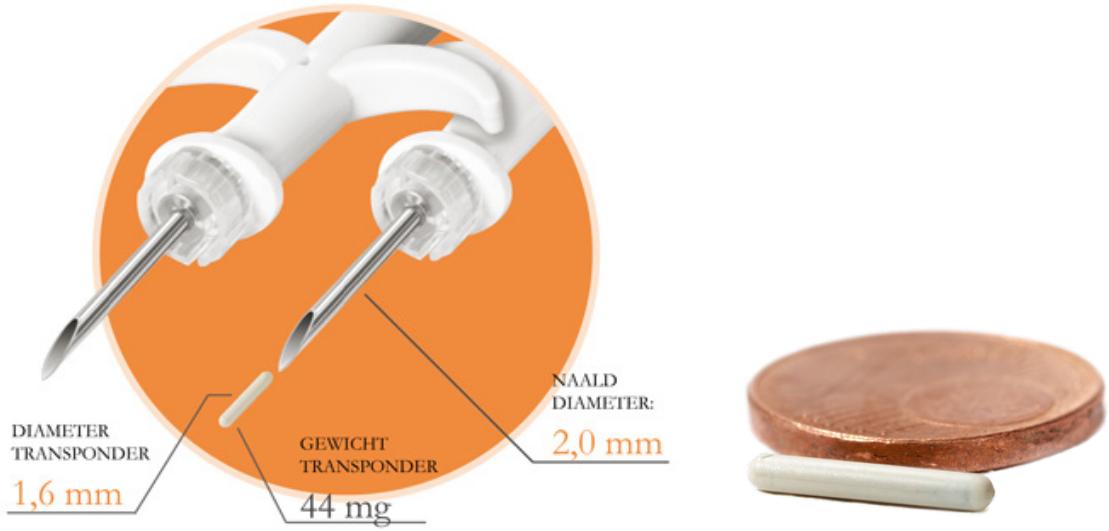
Ieder aangetroffen reptiel is genoteerd. Dat geldt ook voor eventueel dood gevonden dieren, vervellingshuiden of eischalen/-vliezen. Per waarneming zijn geregistreerd: datum, tijd, transect, vindplek ('schuilplek X' of 'tussen schuilplek X en Y'), type vindplek (land, oever, water) en type waarneming (gevangen, zichtwaarneming, dood gevonden, vervellingshuid, eischaal/-vlies). Van ieder individu is de soort, het geslacht en de leeftijd (adult, subadult, juveniel) bepaald. Biometrische gegevens zijn alleen systematisch verzameld voor hazelworm: alle gevangen hazelwormen zijn gewogen en de lengte van de kop-romp en van de staart zijn gemeten (Figuur 7.9). Van gevangen ringslangen is een foto van de hals en buik genomen.

Figuur 7.8 *Tijdens de inventarisatie van een transect zijn alle waargenomen reptielen geteld, inclusief die zich schuil hielden onder de tapijttegels. Ieder waargenomen dier is, inclusief kenmerken zoals vindplek, geslacht en leeftijd, genoteerd op een veldformulier. © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 7.9 *Een in de westelijke wegberm van de A27 gevangen hazelworm wordt gemeten en gewogen, juni 2015. © Foto's: E. van der Grift.*

7.5.3.5 Transponders

Gevangen hazelwormen zijn, indien mogelijk, voorzien van een *Passive Integrated Transponder* (PIT), met als doel de dieren individueel te kunnen herkennen bij terugvangst. In deze studie is gebruikgemaakt van transponders van het type *BackHome BioTec Slim Transponder*, geleverd door *Virbac Nederland BV*. Deze transponders wegen 0,44 g, zijn 10 mm lang en hebben een diameter van 1,6 mm (Figuur 7.10). De naald waarmee de transponder wordt ingebracht, heeft een diameter van 2 mm. De transponder bestaat uit een microchip, een spoeltje dat als antenne fungeert en een buisvormig omhulsel. Dit omhulsel is onbreekbaar en voorkomt dat de microchip met weefsel vergroeit of door het lichaam wordt afgestoten. De microchip bevat een unieke code. Met behulp van een chipreader kan de code worden afgelezen waardoor een gechipt dier individueel kan worden herkend.



Figuur 7.10 *Afmetingen en gewicht van de hier gebruikte transponders. Bron: virbac.nl.*

Een hazelworm heeft in deze studie alleen een transponder gekregen als het dier voldoende groot was: lichaamslengte ≥20 cm. In sommige gevallen (n=15) zijn dieren van 15-19 cm van een transponder voorzien, met als voorwaarde dat het dier voldoende breed was, i.e. de diameter van het dier >10 mm was. Het inbrengen van een transponder is steeds uitgevoerd door twee onderzoekers. De eerste fixeerde het dier, de tweede desinfecteerde de injectieplek met alcohol en injecteerde vervolgens de transponder direct onder de huid aan de laterale zijde van het dier, circa 2-3 cm onder de hals. Na het injecteren is de injectieplek circa 30 seconden dichtgedrukt waarna er een druppel wondlijm is aangebracht. Na het inbrengen van de transponder is het dier voorzichtig in een emmer gezet en voor minimaal vijf minuten geobserveerd (Figuur 7.11). Wanneer het dier geen afwijkend gedrag of bewegingen vertoonde, is deze vrijgelaten op de vangplek. De unieke code is genoteerd en in het gegevensbestand toegevoegd als kenmerk van het betreffende dier.

Nadat de eerste transponder gezet was, zijn alle gevangen hazelwormen gecontroleerd op de aanwezigheid van een transponder. Hiervoor is gebruikgemaakt van *BackHome* chipreaders, type iMax plus, Mini Max II en Compact Max (Figuur 7.11).

In 2020 zijn er geen transponders ingebracht. Vanwege de COVID-19-pandemie was het advies van de overheid om minimaal 1,5 m afstand tot elkaar te houden. Aangezien er voor het inbrengen van een transponder vier handen nodig zijn, was die handeling op dat moment dus niet mogelijk.

Figuur 7.11 *Hazelwormen die een transponder hebben gekregen en een chipreader waarmee de code van een op Natuurbrug Zwaluwenberg teruggevangen dier wordt geïdentificeerd.*
© Foto's: E. Gazzea (boven, linksonder) en F. Ottburg (rechtsonder).

7.5.3.6 Incidentele waarnemingen

Naast de dieren die tijdens de transect-inventarisaties zijn waargenomen, zijn ook incidentele waarnemingen van reptielen genoteerd. Dit betreft waarnemingen die door de onderzoekers zijn gedaan tijdens verplaatsingen van het ene naar het andere transect of tijdens veldbezoeken in het kader van de monitoring van andere soortgroepen. Per incidentele waarneming zijn geregistreerd: datum, tijd, vindplek (x- en y-coördinaat), type vindplek (land, oever, water) en type waarneming (gevangen, zichtwaarneming, dood gevonden, vervellingshuid, eischaal/-vlies). Van ieder individu is de soort, het geslacht en de leeftijd (adult, subadult, juveniel) bepaald. Van hazelwormen zijn biometrische gegevens verzameld: gewicht, lengte kop-romp, lengte staart.

7.5.3.7 Waarnemingen tijdens wegvangacties in de wegbermen

In 2017 zijn door RAVON reptielen (en amfibieën) weggevangen uit de wegbermen van rijksweg A27 in verband met de geplande verbreding van deze snelweg (Van Delft & Struijk, 2018). In mei en juni van dat jaar is vijftien dagen deelgenomen aan deze wegvangacties met als primaire doel om DNA-monsters van de weggevangen dieren te verzamelen (zie Hoofdstuk 8). Het betrof dieren uit zowel de oostelijke als westelijke wegbermen tussen Hollandsche Rading en afslag Hilversum-Zuid (afslag 33). Per gevangen dier zijn geregistreerd: datum, tijd, vindplek (x- en y-coördinaat), type vindplek (land, oever, water), type waarneming (gevangen, zichtwaarneming, dood gevonden, vervellingshuid, eischaal/-vlies) en uitzetplek, i.e. een globale beschrijving van de locatie waar de gevangen dieren naartoe zijn gebracht. Van ieder individu is de soort, het geslacht en de leeftijd (adult, subadult, juveniel) bepaald. Van hazelwormen zijn biometrische gegevens verzameld: gewicht, lengte kop-romp, lengte staart.

7.5.3.8 Vegetatieopnamen

In 2015 (juli-augustus) is er rond iedere kunstmatige schuilplek een vegetatieopname gemaakt (Brändle & Rademakers, 2016). Het betrof alle uitgelegde, kunstmatige schuilplekken (n=512) op Natuurbrug Zwaluwenberg (top en toelopen), in de brongebieden Oost, West en Noord en in de wegbermen van de A27. Voor de opnamen is de aangepaste Braun-Blanquet-methode gebruikt, zoals beschreven door Čeirān (2007). De schuilplek vormde het middelpunt voor een opname. De vegetatiesamenstelling en abundantie zijn rond de schuilplek bepaald binnen een straal van 1,5, 5 en 10 m voor respectievelijk de mos- en kruidlaag, struiklaag en boomlaag. Ook is de hoogte van de vegetatie bepaald. Tot een hoogte van 2 m is dit met een meetlint gedaan, daarboven zijn de hoogtes geschat.

7.5.4 Kanttekeningen bij de gebruikte inventarisatiemethoden

Met het gebruik van kunstmatige schuilplekken zijn soorten met een meer verborgen levenswijze, zoals de hazelworm, beter te inventariseren. Een ander voordeel van het gebruik van kunstmatige schuilplekken is dat de kans op een 'onderzoekerseffect' afneemt. De inventarisatievaardigheden van onderzoekers kan sterk verschillen. Dit is nadrukkelijker het geval als de inventarisaties worden uitgevoerd met relatief onervaren onderzoekers, zoals studenten. Voor het inventariseren van schuilplekken zijn echter weinig vaardigheden vereist, iedereen kan immers een tapijttegel omdraaien en tellen hoeveel dieren eronder zitten. Hierdoor zijn de gegevens die door verschillende, deels onervaren, onderzoekers zijn verzameld dus beter vergelijkbaar.

We gaan er in de hier gebruikte methode van uit dat het aantal waarnemingen van reptielen in kunstmatige schuilplekken positief gecorreleerd is met de dichtheid waarin de soorten voorkomen in een gebied. Dus hoe hoger de dichtheid, hoe meer waarnemingen in de kunstmatige schuilplekken. Theoretisch zou het echter kunnen dat die correlatie er niet is en dat de dieren juist minder vaak een schuilplek opzoeken in gebieden met hoge dichtheden. De hoge dichtheden weerspiegelen immers leefgebied van hoge kwaliteit, waarbinnen dus voldoende natuurlijke schuilplekken aanwezig zouden moeten zijn – schuilplekken die mede hebben gezorgd voor de hoge dichtheden. In dit onderzoek zijn daar echter geen aanwijzingen voor. Het Hilversums Wasmeer staat bekend als een leefgebied van hoge kwaliteit voor reptielen. De Hoorneboegse Heide staat daarentegen bekend als een leefgebied van matige kwaliteit voor deze diergroep. De karakteriseringen van deze twee gebieden worden ondersteund door de in het kader van dit onderzoek uitgevoerde inventarisaties. In vergelijking met de Hoorneboegse Heide zijn er in het Hilversums Wasmeer driemaal zoveel waarnemingen gedaan van reptielen. Vergelijken we echter het percentage van alle dieren die in de kunstmatige schuilplekken zijn waargenomen, dan zien we weinig verschil tussen de twee gebieden. Op de Hoorneboegse Heide is 92% van de waarnemingen in een schuilplek gedaan. In het Hilversums Wasmeer was dit 88%. Hoewel nader onderzoek gewenst is naar de interactie tussen metingen met kunstmatige schuilplekken en de populatiedichtheid, lijkt het vergelijken van (referentie)gebieden op basis van aantallen waarnemingen die tijdens inventarisaties van transecten met kunstmatige schuilplekken zijn gedaan, verdedigbaar.

Er is voor gekozen om de inventarisaties van reptielen te beperken tot zes maanden van het jaar (april-september). Dit zijn immers de maanden waarin de dieren actief zijn en zich dus goed laten waarnemen. In de periode oktober-maart zijn de dieren in winterrust en worden doorgaans (zeer) weinig waarnemingen van reptielen gedaan (Creemers & Van Delft, 2009). Daarbij komt dat inventarisaties in de herfst en winter, inclusief het optillen van potentiële schuilplekken, de dieren op een ongunstig moment kunnen verstoren waardoor hun overlevingskansen afnemen.

Het gebruik van transponders wordt inmiddels veelvuldig toegepast in ecologisch onderzoek (Gibbons & Andrews, 2004). In eerdere studies zijn transponders gebruikt voor het individueel merken van hagedissen, waarbij de transponder onder de huid of in de buikholte werd geplaatst. Uit evaluaties bleek dat implantatie in hagedissen meestal succesvol is, de transponders duurzaam en goed afleesbaar zijn en de groei en overleving van de dieren niet belemmeren (Germano & Williams, 1993; Le Galliard et al., 2011). In kleine soorten kan het echter tot verhoogde fysiologische stressniveaus leiden (Langkilde & Shine, 2006) of bewegingen (tijdelijk) belemmeren (Le Galliard et al., 2011). Dit was in dit onderzoek reden om geen transponders aan te brengen in levendbarende hagedissen. Hoe hazelwormen op transponders reageren, was bij aanvang van deze studie niet bekend, want er zijn geen eerdere studies gevonden waarin hazelwormen van een transponder zijn voorzien. Om deze reden is een eerste dier na het inbrengen van een transponder voor enkele weken in gevangenschap geobserveerd. Het dier was actief, bewoog gewoon en vertoonde geen

afwijkingen in eetgedrag. Ook is de 'vijf minuten observatietijd' gebruikt om te beoordelen of de dieren geen afwijkend gedrag vertonen en actief blijven na het inbrengen van een transponder. In deze studie heeft geen van de dieren met een transponder afwijkend gedrag laten zien.

7.5.5 Analyse gegevens transect-inventarisaties

7.5.5.1 Verdeling waarnemingen over de meetperiode

De verdeling van de waarnemingen over de maanden in de meetperiode is voor beide natuurbruggen afzonderlijk berekend. In een eerste stap is voor iedere soort per meetjaar en per maand het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie berekend. Dit is gedaan door het aantal waarnemingen in de betreffende maand van het betreffende meetjaar te delen door het aantal inventarisaties dat toen is uitgevoerd. Vervolgens is per maand het gemiddelde genomen over de drie meetjaren. In deze analyse zijn voor Natuurbrug Zwaluwenberg de waarnemingen betrokken die tijdens de meetjaren 2015, 2016, 2017, 2018 en 2020 zijn gedaan. De waarnemingen uit meetjaar 2014 zijn niet betrokken, omdat toen alleen de top van de natuurbrug is gemonitord. Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn de meetjaren 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken.

7.5.5.2 Geslachtsverhouding

De geslachtsverhouding – het aantal vrouwen per man (man:vrouw) – is voor beide natuurbruggen afzonderlijk berekend. Hiervoor zijn alleen waarnemingen van (sub)adulte dieren gebruikt waarvoor het geslacht met zekerheid kon worden vastgesteld. De geslachtsverhouding is voor iedere soort berekend per meetjaar en voor alle meetjaren samen. Hiervoor is het aantal waarnemingen van vrouwen over alle inventarisaties in het betreffende meetjaar – of in alle meetjaren samen – gedeeld door het aantal waarnemingen van mannen in diezelfde periode. De procentuele verdeling van het aantal waarnemingen in een meetjaar over mannen en vrouwen is berekend door het aantal waarnemingen van respectievelijk mannen en vrouwen te delen door het totaalaantal waarnemingen, inclusief de waarnemingen waarvoor het geslacht niet kon worden bepaald, en vervolgens te vermenigvuldigen met 100.

Voor Natuurbrug Zwaluwenberg geldt dat het geslacht kon worden vastgesteld voor 73%, 39% en 29% van de waarnemingen van respectievelijk hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang. Voor Natuurbrug Hoorneboeg geldt dat het geslacht kon worden vastgesteld voor 81%, 41% en 100% van de waarnemingen van respectievelijk hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang.

7.5.5.3 Leeftijdsverdeling per maand

De leeftijdsverdeling per maand is voor beide natuurbruggen afzonderlijk berekend. Deze berekening is per maand gedaan – en niet over alle maanden samen –, omdat niet ieder jaar in alle maanden is gemeten en het aantal inventarisaties per maand varieert. In de analyse zijn alleen de waarnemingen betrokken waarvoor de leeftijdscategorie ('ei', juveniel, subadult, adult) is vastgesteld; waarnemingen met het kenmerk 'leeftijdscategorie onbekend' zijn niet meegenomen. In de analyse zijn waarnemingen met het kenmerk 'ei' – juveniele hagedissen die net geboren waren en (deels) nog in eivlies zaten (n=9) – gerangschikt onder juveniel. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg zijn de waarnemingen uit de meetjaren 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken. Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn de waarnemingen uit de meetjaren 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken. De procentuele verdeling van het aantal waarnemingen over de leeftijdscategorieën is per maand berekend door het aantal waarnemingen van respectievelijk adulten, subadulten en juvenielen in de maand te delen door het totaalaantal waarnemingen in de betreffende maand waarvoor de leeftijdscategorie kon worden bepaald, en vervolgens te vermenigvuldigen met 100.

Voor Natuurbrug Zwaluwenberg geldt dat de leeftijdscategorie kon worden vastgesteld voor 100%, 96% en 100% van de waarnemingen van respectievelijk hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang. Voor Natuurbrug Hoorneboeg geldt dat de leeftijdscategorie kon worden vastgesteld voor 100%, 99% en 100% van de waarnemingen van respectievelijk hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang.

7.5.5.4 Trend in aantallen over de jaren

De trendanalyse is voor beide natuurbruggen afzonderlijk uitgevoerd. In een eerste stap is voor iedere soort per meetjaar en per maand het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie berekend. Dit is gedaan door het aantal waarnemingen in de betreffende maand van het betreffende meetjaar te delen door het

aantal inventarisaties dat toen is uitgevoerd. Vervolgens is per meetjaar het gemiddelde berekend over de maanden om tot een gemiddeld aantal waarnemingen per inventarisatie per jaar te komen. De reden dat eerst een maandgemiddelde is berekend, is dat we op deze wijze corrigeren voor verschillen in het aantal inventarisaties dat per maand is uitgevoerd en het gegeven dat de verdeling van waarnemingen over het jaar niet noodzakelijkerwijs evenredig is. Immers, als er meer inventarisaties worden uitgevoerd in een maand waarin er tijdens de inventarisaties veel waarnemingen worden gedaan ten opzichte van een maand waarin er tijdens de inventarisaties relatief weinig wordt gezien, geeft dit een vertekend beeld.

Voor Natuurbrug Zwaluwenberg zijn de meetjaren 2015, 2017 en 2020 in de analyse betrokken. De waarnemingen uit meetjaar 2014 zijn niet betrokken, omdat toen alleen de top van de natuurbrug is gemonitord. De tellingen in dat jaar zijn dan ook niet vergelijkbaar met die in de latere jaren. De waarnemingen uit de meetjaren 2016 en 2018 zijn niet betrokken, omdat toen niet in alle maanden tijdens de meetperiode is gemonitord. Het betrekken van waarnemingen uit deze meetjaren zou dan ook een vertekend beeld geven, omdat de verdeling van waarnemingen over het jaar niet noodzakelijkerwijs evenredig is.

Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn de meetjaren 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken. In 2017 en 2020 is in alle maanden (april-september) gemeten. In 2018 is dat niet het geval. Metingen zijn in dat jaar uitsluitend in de eerste vier maanden (april-juli) gedaan. Het meetjaar 2018 is toch betrokken, omdat we de trendanalyse bij voorkeur voor drie – in plaats van twee – meetjaren uitvoeren. Om de metingen in de drie meetjaren vergelijkbaar te maken, zijn in de analyse daarom voor alle meetjaren alleen de waarnemingen meegenomen die tijdens de inventarisaties in de eerste vier maanden van de meetperiode zijn gedaan.

De trendanalyse is uitgevoerd met behulp van lineaire regressie.[2] Hierbij is getoetst of de gemiddelde verandering in het aantal waarnemingen per inventarisatie in de meetperiode significant ($p \leq 0,05$) afwijkt van nul. Indien sprake is van een significante verandering, dan is de grootte van de gemiddelde verandering in het aantal waarnemingen per inventarisatie per jaar gekwalificeerd. Hierbij zijn vijf klassen onderscheiden: (1) zeer lichte toename/afname (gemiddeld <0,10 waarnemingen per inventarisatie per jaar), (2) lichte toename/afname (0,10-0,25), (3) matige toename/afname (0,25-0,50), (4) sterke toename/afname (0,50-1,0), (5) zeer sterke toename/afname (>1,0).

7.5.5.5 Verspreiding over de natuurbruggen

Om inzicht te krijgen in de ruimtelijke spreiding van de waarnemingen van reptielen op de twee natuurbruggen zijn twee analyses uitgevoerd.

Analyse verspreiding in lengterichting

In de eerste analyse is de spreiding van de waarnemingen over de lengterichting van de natuurbrug onderzocht. Hiervoor zijn de top en toelopen van de natuurbruggen elk in 16 sectoren verdeeld. Dit betekent dat op Natuurbrug Zwaluwenberg 64 sectoren en op Natuurbrug Hoorneboeg 48 sectoren zijn onderscheiden (Bijlage 6). Het verschil in het aantal sectoren tussen de twee natuurbruggen is een gevolg van de noordelijke toeloop die Natuurbrug Zwaluwenberg wel heeft en Natuurbrug Hoorneboeg niet. Op de top van beide natuurbruggen zijn de sectoren opeenvolgend genummerd van 1 tot 16 van west naar oost. Datzelfde geldt voor de oostelijke en westelijke toelopen. Op de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg zijn de sectoren opeenvolgend genummerd van 1 tot 16 van zuid naar noord. De sectoren zijn ieder 10 m lang en omvatten steeds de 10 m lange trajecten van de vier (top, toeloop Oost, toeloop West) of twee (toeloop Noord) transecten die binnen de sector vallen, inclusief de op deze trajecten gelegen kunstmatige schuilplekken. Voorbeeld: sector 9 op de top van Natuurbrug Zwaluwenberg bestaat uit de trajecten vanaf plaat 8 tot en met plaat 9 op de transecten TA, TB, TC en TD.

In een eerste stap zijn per soort en per sector alle waarnemingen gesommeerd. Vervolgens is de procentuele verdeling per soort en per sector bepaald door deze sommaties te delen door het totale aantal waarnemingen van de drie soorten samen. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg zijn de meetjaren 2015, 2016, 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken. De waarnemingen uit meetjaar 2014 zijn niet betrokken, omdat toen alleen de top van deze natuurbrug is gemonitord. Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn de meetjaren 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken.

[2] Alle statistische analyses in dit onderzoek zijn uitgevoerd met GENSTAT (22e editie).

Analyse verspreiding in dwarsrichting
In de tweede analyse is de spreiding van de waarnemingen over de dwarsrichting van de natuurbrug onderzocht. Hiervoor is de procentuele verdeling van de waarnemingen over de transecten berekend. Dit is voor de top en iedere toeloop van beide natuurbruggen afzonderlijk gedaan, omdat er soms verschillen zijn in het aantal inventarisaties dat op deze plekken is uitgevoerd (Bijlage 5). In een eerste stap zijn voor de betreffende top of toeloop per soort en per transect alle waarnemingen gesommeerd. Vervolgens is de procentuele verdeling per soort en per transect bepaald door deze sommaties te delen door het totale aantal waarnemingen van de drie soorten samen op de betreffende top of toeloop. Voor de top van Natuurbrug Zwaluwenberg zijn alle meetjaren in de analyse betrokken. Voor de toelopen van deze natuurbrug zijn de meetjaren 2015, 2016, 2017, 2018 en 2020 gebruikt. In 2014 lagen er immers nog geen transecten op de toelopen. Voor Natuurbrug Hoorneboeg – zowel top als toelopen – zijn de meetjaren 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken.

7.5.5.6 Uitwisseling van individuen
Om inzicht te krijgen in de uitwisseling van hazelwormen tussen de leefgebieden aan weerszijden van de infrastructuur zijn de bewegingen van individuen op en rond de natuurbruggen geanalyseerd. Tevens is verkend of er uitwisseling van individuen is geweest tussen de diverse brongebieden. De analyses zijn gebaseerd op de terugvangsten van individueel te herkennen dieren.

Hazelworm: individuele herkenning met transponders
Voor iedere terugvangst van een hazelworm met een transponder is de tijd (in dagen) die sinds de vorige vangst is verstreken, bepaald (T_x). Ook is de afstand (in meters) die sinds de vorige vangst is afgelegd, berekend (A_x). Dit is gedaan door een loodrechte lijn te trekken tussen de vindplek van de terugvangst en die van de voorgaande vangst. De tijd (T_{tot}) die is verstreken tussen de eerste vangst en de laatste terugvangst is berekend door sommatie van T_x. De totale afstand (A_{tot}) die is afgelegd op basis van alle terugvangsten samen, is berekend door sommatie van A_x. De gemiddelde verplaatsingssnelheid (V) is vervolgens bepaald op basis van A_{tot}/T_{tot} (in m/dag). Op basis van de vindplekken is bepaald of het dier een natuurbrug is gepasseerd dan wel van het ene naar het andere brongebied is gemigreerd. Een passage van een natuurbrug is hierbij gedefinieerd als een beweging van een van de toelopen van die natuurbrug naar een andere toeloop van dezelfde natuurbrug. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg zijn passages dus bewegingen van de oostelijke naar de westelijke toeloop, van de oostelijke naar de noordelijke toeloop, van de westelijke naar de noordelijke toeloop of vice versa. Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn passages dus bewegingen van de oostelijke naar de westelijke toeloop of vice versa. Bewegingen van de top van een natuurbrug naar een van de toelopen van diezelfde natuurbrug of vice versa, zijn dus niet als 'passage' geteld.

Hazelworm: individuele herkenning op basis van biometrie
Deze analyse is alleen uitgevoerd voor hazelwormen die op Natuurbrug Zwaluwenberg of Natuurbrug Hoorneboeg zijn waargenomen. Voor de identificatie van individuen zijn drie uiterlijke kenmerken gebruikt: (1) geslacht (man, vrouw), (2) leeftijd (subadult, adult) en (3) lengte kop-romp. Hazelwormen waarvoor een of meer van deze kenmerken niet konden worden vastgesteld, zijn buiten de analyse gehouden. Dieren die alleen zijn gezien en niet gevangen, zijn dus niet meegenomen, omdat de kop-romplengte niet is gemeten. Juveniele dieren zijn niet in de analyse betrokken, omdat er naar verwachting relatief kleine verschillen zijn in kop-romplengte en de dieren ook relatief snel in grootte veranderen. Herkenning van juveniele individuen op basis van uiterlijke kenmerken is na enkele weken daarom weinig betrouwbaar. We gebruiken de kop-romplengte en niet de lichaamslengte (kop-romp-staart), omdat deze maat betrouwbaarder is; de lichaamslengte van een individu verandert sterk wanneer het dier zijn staart afwerpt. Tijdens de eerste vangst is bij de meeste dieren de staartpunt geknipt voor het verkrijgen van een DNA-monster (zie Hoofdstuk 8). Bij latere vangsten is het al dan niet geknipt zijn van de staartpunt dan ook als aanvullend kenmerk gebruikt: een gevangen dier is aangemerkt als een nieuw individu als de staartpunt van het dier nog niet was geknipt. Uitzondering hierop vormden dieren waarbij niet kon worden vastgesteld of de staartpunt is geknipt of waar het knippen van de staartpunt niet mogelijk was, bijvoorbeeld omdat de staart (recent) is afgeworpen. In dat geval is op basis van alleen geslacht, leeftijd en kop-romplengte bepaald of het dier al eerder is gevangen en om welk dier het dan gaat. Als op basis van bovengenoemde kenmerken voor een teruggevangen dier niet kon worden vastgesteld welk individu het betrof, is het individu gelabeld als 'onzeker'. Voor alle op basis van biometrie individueel te herkennen hazelwormen zijn de parameters T_x,

A_x, T_{tot}, A_{tot} en V bepaald, op identieke wijze als bij de dieren met een transponder. Vervolgens is, eveneens op identieke wijze als bij de dieren met een transponder, bepaald of het dier een natuurbrug is gepasseerd.

Ringslang: individuele herkenning op basis van buikpatronen
De buikpatronen van ringslangen zijn per individu uniek, waardoor deze kunnen worden gebruikt voor het individueel herkennen van dieren. De patronen veranderen ook niet in de loop der tijd, dus dieren zijn ook na jaren nog te herkennen. Alle foto's met buikpatronen van gevangen ringslangen zijn hier met elkaar vergeleken, waarna aan ieder dier een uniek ID is toegekend. Voor alle op deze wijze individueel te herkennen ringslangen zijn de parameters T_x, A_x, T_{tot}, A_{tot} en V bepaald, op identieke wijze als bij de hazelworm, evenals of het dier een natuurbrug is gepasseerd.

7.5.5.7 Toetsing functionaliteit natuurverbinding

De functionaliteit van de natuurverbinding is getoetst met behulp van het ontwikkelde toetsingskader (zie Paragraaf 7.4). Dit betekent dat is nagegaan of de vijf gestelde doelen – die een weerspiegeling vormen van de verwachtingen – zijn behaald of niet.

Abundantie
Toetsing van het eerste doel: Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de abundantie van de soort in de natuurverbinding minimaal overeen met die in voor de soort geschikte natuurtypen in de brongebieden. Deze toetsing is gedaan door, per soort, het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie (alle transecten samen) op Natuurbrug Zwaluwenberg te vergelijken met die in een aantal referentiegebieden. Dit is gedaan voor de meetjaren 2014, 2017 en 2020. Hierbij zijn vier referentiegebieden onderscheiden: 'Omgeving', 'Heide', 'Bos' en 'Bermen A27'. Referentiegebied Omgeving omvat alle transecten in de brongebieden Oost, West en Noord. Referentiegebied Heide omvat alleen de transecten in de brongebieden Oost, West en Noord die in het natuurtype heide zijn uitgezet. Referentiegebied Bos omvat alleen de transecten in de brongebieden Oost, West en Noord die in het natuurtype bos zijn uitgezet. Referentiegebied Bermen A27 omvat de vier transecten in de wegbermen van de rijksweg. Voor het referentiegebied Omgeving is een gewogen gemiddelde gebruikt, waarbij rekening is gehouden met het aanwezige oppervlak heide (~15%) en bos (~85%) in het studiegebied. Voor Natuurbrug Hoorneboeg is dezelfde werkwijze gevolgd, maar dan voor de meetjaren 2017 en 2020. Een two-sample t-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant ($p \leq 0,05$) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat in een meetjaar het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie op de natuurbrug en in de omgeving niet verschilt.

Verdeling van waarnemingen over de meetperiode
Toetsing van het tweede doel: Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de verdeling van de waarnemingen van de soort over de meetperiode in de natuurverbinding overeen met die in de omgeving. Deze toetsing is gedaan door, per soort, de verdeling van het aantal waarnemingen over de maanden van de meetperiode op de natuurbruggen te vergelijken met die in de brongebieden Oost, West en Noord. Hierbij is gecorrigeerd voor verschillen in het aantal inventarisaties tussen de maanden en/of tussen de deelgebieden. De analyse is uitgevoerd op basis van de waarnemingen die in 2020 zijn gedaan, dus het jaar dat beide natuurbruggen minimaal drie jaar waren opengesteld. In de analyse zijn de waarnemingen van alle levensstadia betrokken. Een Chi-square-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant ($p \leq 0,05$) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat de verdeling van het aantal waarnemingen over de meetperiode in de natuurverbinding en in de omgeving niet verschilt.

Geslachtsverhouding
Toetsing van het derde doel: Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de geslachtsverhouding van de soort in de natuurverbinding overeen met die in de brongebieden. Deze toetsing is gedaan door, per soort, de geslachtsverhouding per maand van de dieren die op de natuurbruggen zijn waargenomen te vergelijken met die van de dieren die in de brongebieden Oost, West en Noord zijn waargenomen. De geslachtsverhouding is hierbij uitgedrukt in het aantal vrouwen per man. Alleen (sub)adulten zijn in de analyse betrokken, omdat van juveniele dieren het geslacht niet is bepaald. Subadulten en adulten waarvan het geslacht niet is bepaald, zijn buiten beschouwing gelaten. De aanname is dat de geslachtsverhouding in deze groep gelijk is aan die van de dieren waarvan het geslacht wel bepaald is: mannen en vrouwen hebben een even grote kans om in groep 'geslacht niet bepaald' te zitten. De waarden voor de natuurverbinding zijn

gebaseerd op de registraties die minimaal drie jaar na de opening van Natuurbrug Zwaluwenberg (meetjaren 2017, 2018 en 2020) en Natuurbrug Hoorneboeg (meetjaar 2020) zijn gedaan. De waarden voor de omgeving zijn gebaseerd op de registraties uit de periode 2014-2020. Een two-sample t-test (paired) is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant ($p \leq 0,05$) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat het verschil in de geslachtsverhouding tussen de natuurverbinding en de omgeving gemiddeld nul is.

Leeftijdsverdeling
Toetsing van het vierde doel: Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de leeftijdsverdeling van de soort in de natuurverbinding overeen met die in de brongebieden. Deze toetsing is gedaan door, per soort, de leeftijdsverdeling per maand van de dieren die op de natuurbruggen zijn waargenomen te vergelijken met die van de dieren die in de brongebieden Oost, West en Noord zijn waargenomen. De leeftijdsverdeling is hierbij uitgedrukt in het aantal subadulten/juvenielen per adult. Dieren waarvan de leeftijd niet is bepaald, zijn niet in de analyse betrokken. De waarden voor de natuurverbinding zijn gebaseerd op de registraties die minimaal drie jaar na de opening van Natuurbrug Zwaluwenberg (meetjaren 2017, 2018 en 2020) en Natuurbrug Hoorneboeg (meetjaar 2020) zijn gedaan. De waarden voor de omgeving zijn gebaseerd op de registraties uit de periode 2014-2020. Een two-sample t-test (paired) is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant ($p \leq 0,05$) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat het verschil in de leeftijdsverdeling tussen de natuurverbinding en de omgeving gemiddeld nul is.

Biometrie hazelworm
Toetsing van het vijfde doel: Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de biometrie van de soort in de natuurverbinding overeen met die in de brongebieden. Deze toetsing is gedaan door de kop-romplengte van hazelwormen die op de natuurbruggen zijn waargenomen te vergelijken met die van de dieren (1) die in de brongebieden Oost, West en Noord zijn waargenomen en (2) die in de wegbermen van de rijksweg zijn waargenomen. Voor de natuurverbinding zijn alleen waarnemingen betrokken die minimaal drie jaar na de opening van Natuurbrug Zwaluwenberg (meetjaren 2017, 2018 en 2020) en Natuurbrug Hoorneboeg (meetjaar 2020) zijn gedaan. Voor de omgeving zijn waarnemingen betrokken die in de meetjaren 2014, 2015, 2017 en 2020 zijn gedaan. Voor de wegbermen zijn waarnemingen betrokken die in de meetjaren 2014, 2015, 2016, 2017 en 2020 zijn gedaan. In de analyse zijn alle waarnemingen betrokken waarbij de kop-romplengte is bepaald, dus waarnemingen van hazelwormen tijdens de transect-inventarisaties, incidentele waarnemingen en waarnemingen tijdens de wegvangacties in de wegbermen.

In een eerste stap is met behulp van een two-sample t-test verkend of er een statistisch significant verschil is in de gemiddelde kop-romplengte tussen mannen en vrouwen. Dit is apart gedaan voor adulten en subadulten. Hierbij zijn de waarnemingen van alle deelgebieden en alle meetjaren gebruikt. De test liet zien dat er geen significant verschil in kop-romplengte is tussen adulte mannen ($n=139$) en adulte vrouwen ($n=303$) (gem=-0,33; se=0,21; t=-1,55; df=333; $p=0,122$). In de vergelijking van de biometrie van adulten tussen de natuurbruggen en de omgeving dan wel de wegbermen zijn daarom de waarnemingen van mannen, vrouwen en dieren waarvoor het geslacht niet is bepaald, samengenomen. Tussen sudadulte mannen ($n=64$) en subadulte vrouwen ($n=145$) is er wel een significant verschil aangetoond (gem=-0,86; se=0,26; t=3,33; df=207; $p=0,001$). In de vergelijking van de biometrie van subadulten tussen de natuurbruggen en de omgeving dan wel de wegbermen zijn daarom de mannen en vrouwen apart geanalyseerd en dieren waarvoor het geslacht niet is bepaald, buiten beschouwing gelaten. Een two-sample t-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant ($p \leq 0,05$) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat de gemiddelde kop-romplengte op de natuurbruggen niet verschilt van die in de omgeving en in de wegbermen.

7.5.6 Effect op de levensvatbaarheid van de populaties

Het verwachte effect van het gebruik van de natuurverbinding op de levensvatbaarheid van de aanwezige populaties reptielen is op twee schaalniveaus onderzocht, namelijk die van het studiegebied (regionaal) en die van de natuurverbinding (lokaal). Op het schaalniveau van het studiegebied is het verwachte effect voor de hazelworm en de levendbarende hagedis onderzocht, waarbij gebruik is gemaakt van bestaande modelanalyses van de duurzaamheid van leefgebieden. Op het schaalniveau van de natuurverbinding is

alleen het verwachte effect voor de hazelworm onderzocht, waarbij gebruik is gemaakt van de gegevens die zijn verzameld op basis van de individuele herkenning van dieren.

Analyse 1: Levensvatbaarheid populaties binnen het studiegebied
Het verwachte effect van de natuurverbinding op de levensvatbaarheid van de populaties van hazelworm en levendbarende hagedis is hier verkend door per soort drie vragen te beantwoorden:

1. Wat was de overlevingskans van de populatie in de versnipperde situatie, dus voordat de natuurverbinding was gerealiseerd?
2. Wat is de verwachte overlevingskans van de populatie in de ontsnipperde situatie, met als aanname een goed functionerende natuurverbinding?
3. Is deze verwachte overlevingskans al gerealiseerd, gegeven het gemeten gebruik van de natuurverbinding?

Voor de beantwoording van de eerste twee vragen is hier gebruikgemaakt van analyses die in het kader van het ontwikkelen van het *Meerjarenprogramma Ontsnippering* (Anoniem, 2004) zijn uitgevoerd (Van der Grift et al., 2003). Het betreft zogenoemde 'duurzaamheidsanalyses', uitgevoerd met het expertsysteem LARCH (Pouwels et al., 2002), waarbij per modelsoort[3] is nagegaan hoe ontsnipperende maatregelen bij verkeers- en spoorwegen de kans op (lokale) overleving van de betreffende modelsoort beïnvloedt.[4] Hiervoor is eerst een analyse gemaakt van de overlevingskans in de versnipperde situatie, dus zonder mitigerende maatregelen bij de infrastructuur. Vervolgens is dezelfde analyse uitgevoerd voor de situatie dat alle infrastructuur is gemitigeerd, i.e., de infrastructuur nergens meer een barrière vormt. Door vergelijking van de twee analyses zijn plekken geïdentificeerd waar door het opheffen van de barrièrewerking van de infrastructuur de overlevingskansen van de populaties naar verwachting significant toeneemt. Dit is gedaan door op basis van de omvang, kwaliteit en configuratie van habitat de draagkracht van de leefgebieden te schatten, uitgedrukt in zogenoemde *reproductieve eenheden* (RE).[5] Op basis van de berekende draagkracht en normen (drempelwaarden) voor duurzaamheid van leefgebied is vervolgens de duurzaamheid van de leefgebieden geschat, waarbij drie duurzaamheidsklassen zijn onderscheiden: *niet-duurzaam* (overlevingskans populatie <95% in 100 jaar), *duurzaam* (overlevingskans populatie 95-99% in 100 jaar), en *sterk duurzaam* (overlevingskans populatie >99% in 100 jaar). Leefgebieden met een draagkracht <1 RE zijn aangemerkt als *te klein*.

Voor de beantwoording van de derde vraag is op basis van de in deze studie verzamelde gegevens onderzocht of de natuurverbinding nu functioneert zoals deze zou moeten functioneren om tot de berekende overlevingskansen van de populatie te komen. Dit betekent dat we hebben getoetst (1) of de natuurverbinding inmiddels zorgt voor uitwisseling tussen de brongebieden aan weerszijden van de infrastructuur en (2) of deze uitwisseling van een dergelijke aard is dat we kunnen spreken van één ononderbroken populatie.

Analyse 2: Levensvatbaarheid populaties binnen de natuurverbinding
In deze analyse richten we ons op het schaalniveau van de natuurverbinding, dus de twee natuurbruggen, hun toelopen en het tussengebied. We toetsen hierbij opnieuw of de populatiegrootte voldoet aan de norm voor een levensvatbare populatie die door LARCH wordt gebruikt (150 RE). De populatiegrootte bepalen we nu echter niet op basis van de omvang en kwaliteit van habitat, zoals bij analyse 1, maar op basis van het aantal dieren (N_{ind}) dat in 2020 individueel kon worden herkend – door een merk of op basis van uiterlijke kenmerken – en de gemiddelde fractie terugvangsten per inventarisatie (T_{gem}). We richten ons hierbij

[3] We maken hier gebruik van de LARCH-analyses voor twee modelsoorten ('ecoprofielen'; Broekmeyer & Steingröver, 2001): modelsoort *Hazelworm* en modelsoort *Zandhagedis*. De eerste modelsoort is gebaseerd op de biologie van de hazelworm en is dus een goede representatie van deze soort. De tweede modelsoort is gebaseerd op de biologie van de zandhagedis en is daarom maar gedeeltelijk representatief voor de levendbarende hagedis. De overeenkomsten in habitatkeuze, oppervlaktebehoefte en dispersiecapaciteit zijn echter van dien aard dat op basis van de modelsoort *Zandhagedis* naar verwachting toch zinvolle inzichten kunnen worden opgedaan wat betreft het effect van de natuurverbinding op de levensvatbaarheid van de populaties van levendbarende hagedis.

[4] Recentelijk zijn voor de ontwikkeling van het *Ontsnipperingsbeeld Provincie Noord-Holland* (Van der Grift et al., 2021) ook duurzaamheidsanalyses uitgevoerd. Deze zijn hier echter niet gebruikt, omdat hierin alleen de 'ontsnipperde' situatie is geanalyseerd, met als aanname dat de natuurverbinding goed functioneert.

[5] Het aantal individuen in 1 RE is soortafhankelijk. Voor veel soorten is 1 RE synoniem voor een paartje. Ingeval soorten sociale groepen vormen, kan 1 RE echter meer dan twee individuen omvatten.

uitsluitend op vrouwelijke, adulte dieren, zodat de verkregen aantallen direct een weergave zijn van het aantal RE. De populatiegrootte (N_{pop}) is dan geschat volgens:

$N_{pop} = N_{ind} * (1/T_{gem})$

Deze schatting van de populatiegrootte van hazelworm in de natuurverbinding moet gezien worden als 'quick and dirty', dus met slechts een zeer indicatieve waarde. Zo kan de uitkomst een overschatting van de werkelijke populatiegrootte zijn, omdat geen rekening wordt gehouden met sterfte van (vrouwelijke) dieren in de loop van het jaar. Het kan een onderschatting zijn, omdat geen rekening wordt gehouden met immigratie van (vrouwelijke) dieren uit de brongebieden rondom de natuurverbinding. Betere schattingen zijn te verkrijgen door het toepassen van vang-merk-terugvang modellen, zoals de Lincoln-Petersen schatter (Thompson et al., 1998). Een dergelijke analyse is hier echter niet toepasbaar, omdat niet kan worden voldaan aan twee voorwaarden voor de analyse, i.e. een gesloten populatie en een gelijke kans voor individuen om opnieuw gevangen te worden.

Van een gesloten populatie is sprake als er (1) geen sterfte of reproductie is en (2) geen immigratie of emigratie is (Hill et al., 2005). Het eerste betekent dat er binnen een relatief korte tijdsperiode moet worden gemeten om te voorkomen dat sterfte of aanwas de aantalsschatting beïnvloedt. Hieraan kan in dit onderzoek in principe worden voldaan door aantalsschattingen te baseren op inventarisaties van alleen adulte dieren die kort na elkaar zijn uitgevoerd. Het tweede betekent dat het leefgebied van de onderzochte populatie in zijn geheel moet worden geïnventariseerd en duidelijk afgebakend/gescheiden moet zijn van andere populaties. Dat is bij de populatie in de natuurverbinding niet het geval. De brongebieden aan weerszijden sluiten immers direct aan op de natuurverbinding.

Ook aan de voorwaarde dat dieren een gelijke kans hebben om te worden teruggevangen, lijkt in dit onderzoek niet te worden voldaan. Meerdere dieren zijn immers een of meerdere keer onder dezelfde schuilplek gevangen. Zij lijken deze plek als onderdeel van hun leefgebied te hebben geaccepteerd en actief op te zoeken voor hun thermoregulatie (zie ook Hachtel et al., 2009). Hoewel het niet met zekerheid kon worden vastgesteld, was de indruk ook dat deze dieren vooral 'verticaal' bewegen, i.e. ze verlaten de schuilplek niet, maar gaan ter plekke ondergronds na opwarming. Dergelijk gedrag leidt dus tot een ongelijke kans op terugvangst tussen individuen.

7.5.7 Verkenning gebruik natuurbruggen elders in Nederland

Voor de beantwoording van de vraag hoe het gebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg zich verhoudt tot het gebruik van natuurverbindingen elders in Nederland, is een literatuuronderzoek uitgevoerd. We hebben ons daarbij gericht op studies waarin het gebruik van natuurbruggen door reptielen is onderzocht. De literatuur – bestaande uit Nederlandstalige onderzoeksrapporten en artikelen – is op vijf manieren bijeengebracht:

- Door verkenning van relevante literatuur in de database *ontsnippering.nl/ontsnippering/bibliotheek*.
- Met behulp van zoekopdrachten in de literatuurdatabase ARTIK. Hierbij zijn de volgende zoekopdrachten uitgevoerd:
  - De zoektermen 'reptiel', 'hagedis', 'slang' met 'natuurverbinding', 'natuurbrug', 'ecoduct' of 'wildwissel'. Dit resulteerde in 28 publicaties.
  - De zoektermen 'monitoring' met 'natuurverbinding', 'natuurbrug', 'ecoduct' of 'wildwissel'. Dit resulteerde in 18 publicaties.
- Met behulp van zoekopdrachten in de database *natuurtijdschriften.nl*. Hierbij zijn de volgende zoekopdrachten uitgevoerd:
  - De zoektermen 'reptiel', 'hagedis', 'slang' met 'natuurverbinding', 'natuurbrug', 'ecoduct' of 'monitoring'. Dit resulteerde in 112 publicaties.
- Met behulp van vergelijkbare zoekopdrachten in het door WENR opgebouwde archief met publicaties over de ecologische effecten van verkeerswegen en maatregelen die deze effecten kunnen voorkomen, mitigeren of compenseren.
- De referentielijsten in de met bovenstaande zoekopdrachten gevonden publicaties zijn geraadpleegd om publicaties op te sporen die niet via genoemde databases zijn achterhaald.

Alle op deze wijze verzamelde publicaties zijn op basis van de informatie in de titels en samenvattingen gescreend op relevantie. De kernvraag in deze screening was of de publicatie resultaten presenteert van de monitoring van reptielen op een natuurbrug. Deze screening resulteerde in 19 publicaties die in het literatuuronderzoek zijn betrokken.

Uit de gevonden publicaties is de volgende informatie gedestilleerd: onderzochte natuurbrug, jaar van onderzoek, aantal uitgevoerde inventarisaties, aangetroffen soorten reptielen, aantal registraties per soort. Het aantal registraties omvat zowel de waarnemingen die boven op de natuurbrug als op de toelopen zijn gedaan.

Om de metingen in de verschillende studies te kunnen vergelijken, is per studie voor alle op de studieplek voorkomende soorten de trefkans berekend. Trefkans is hierbij gedefinieerd als het gemiddelde aantal registraties van de soort per inventarisatie. Hierbij zijn alleen de waarnemingen betrokken die tijdens systematische inventarisaties zijn gedaan; incidentele of 'losse' waarnemingen zijn niet meegenomen in de berekening van de trefkans. Soorten die niet op de betreffende natuurbrug zijn gezien, maar tijdens het onderzoek wel in de directe omgeving van de natuurverbinding zijn geregistreerd, zijn in het overzicht opgenomen. Dat geldt ook voor soorten waarvan de onderzoekers melden dat deze kunnen worden verwacht op basis van eerder (verspreidings)onderzoek.

Met de hierboven beschreven trefkans zijn de metingen op verschillende plekken gecorrigeerd voor verschillen in het aantal inventarisaties, maar niet voor verschillen in de aard van de inventarisaties. Ook houdt de hier gebruikte trefkans geen rekening met eventuele verschillen in de dichtheden waarin de soort voorkomt in de gebieden rondom een natuurbrug. Deze problemen zijn te ondervangen door de verschillende natuurbruggen te vergelijken op basis van een abundantie-index. Een abundantie-index kan worden berekend als er niet alleen (systematische) inventarisaties op de natuurbrug (met toelopen) plaatsvinden, maar ook op referentieplekken in de gebieden rondom de natuurbrug. De referentiemetingen in de omgeving moeten daarbij op gelijke wijze worden uitgevoerd als die op de natuurbrug, zodat deze vergelijkbaar zijn. De abundantie-index kan dan worden berekend door de gemeten abundantie van de soort op de natuurbrug te delen door de gemeten abundantie op de referentieplekken in de omgeving van de natuurbrug. De meetvariabele voor abundantie kan hierbij variëren tussen studies, maar moet binnen een studie gelijk zijn, i.e. de meetvariabele mag niet verschillen voor de natuurbrug en de referentieplekken. We berekenen hier de abundantie-index per soort voor alle studies waar een studieopzet is gebruikt met metingen op zowel de natuurbrug als op referentieplekken in de omgeving. Vervolgens vergelijken we deze indexwaarden met die op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg. De abundantie-index van laatstgenoemde natuurbruggen zijn gebaseerd op de meetvariabele 'gemiddeld aantal waarnemingen per transect per inventarisatie in 2020'.

7.5.8 Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor reptielen

Aanbevelingen voor het optimaliseren van de inrichting en het beheer van de natuurverbinding voor reptielen zijn geïdentificeerd door drie vragen te beantwoorden:

1. Zijn er plekken op de natuurbruggen aan te wijzen waar reptielen niet of aanmerkelijk minder zijn waargenomen?
2. Zijn er plekken elders in de natuurverbinding (tussengebied) die mogelijk een belemmering vormen voor de uitwisseling?
3. Welk type habitat dient bij voorkeur op deze plekken ontwikkeld te worden?

Voor de beantwoording van de eerste vraag maken we gebruik van de analyse van de ruimtelijke spreiding van de waarnemingen over het lengteprofiel van beide natuurbruggen (zie Paragraaf 7.5.5.5). Voor de beantwoording van de tweede vraag maken we gebruik van (1) de analyse van de bewegingen van individuen op basis van terugvangsten (zie Paragraaf 7.5.3.5) en (2) de analyse van uitwisseling op basis van het genetisch onderzoek (zie Hoofdstuk 8). Voor de beantwoording van de derde vraag maken we gebruik van de vegetatieopnamen die op de transecten rond alle kunstmatige schuilplekken zijn uitgevoerd (zie Paragraaf 7.5.3.6). Hierbij relateren we de karakteristieken van deze plekken, wat betreft vegetatiesamenstelling en -structuur, aan de daar waargenomen reptielen. Op deze wijze krijgen we inzicht in de habitatvoorkeur van de soorten en daarmee in de maatregelen die nodig zijn om de bij de eerste twee

vragen geïdentificeerde 'zwakke' plekken binnen de natuurverbinding te optimaliseren voor reptielen. Voor een uitvoerige beschrijving van de methode waarmee de habitatvoorkeur is vastgesteld, verwijzen we hier naar Brändle & Rademakers (2016).

7.6 Resultaten

7.6.1 Natuurbrug Zwaluwenberg

7.6.1.1 Soorten

Er zijn drie soorten reptielen aangetroffen op Natuurbrug Zwaluwenberg: hazelworm (*Anguis fragilis*), levendbarende hagedis (*Zootoca vivipara*) en ringslang (*Natrix helvetica*) (Figuur 7.12). De zandhagedis, een van de doelsoorten voor de natuurverbinding, is niet aangetroffen.

Figuur 7.12 *De in Natuurverbinding Zwaluwenberg aangetroffen soorten reptielen: hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang. © Foto's: E. Gazzea (links), A. ter Heide (midden) en C. Gerritsen (rechts).*

7.6.1.2 Aantallen

Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn over de hele onderzoeksperiode 938 waarnemingen van reptielen gedaan (Tabel 7.1). Dit betreffen zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten zijn gedaan als incidentele waarnemingen die los van de systematische inventarisaties zijn gedaan. Levendbarende hagedissen zijn het meest gezien, ringslangen het minst. Alle soorten zijn zowel op de top van Natuurbrug Zwaluwenberg gezien als op de drie toelopen (Tabel 7.2). De waarnemingen op de top vormden 30% van alle op deze natuurbrug gedane registraties. Op de toelopen Oost, West en Noord zijn respectievelijk 21, 31 en 18% van de waarnemingen gedaan. De meeste waarnemingen (53%) betreffen vangsten (Tabel 7.3). Daarnaast zijn er vooral zichtwaarnemingen gedaan (41%), met name van levendbarende hagedissen. De andere typen waarnemingen vormen gezamenlijk een relatief klein deel (6%) van de registraties.

Tabel 7.1 *Het aantal waarnemingen van reptielen per meetjaar op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten gedaan zijn als incidentele waarnemingen.*

Soort	2014	2015	2016	2017	2018	2020	Totaal
Hazelworm	2	11	46	35	23	51	168
Levendbarende hagedis	13	24	160	127	251	150	725
Ringslang	0	1	4	4	13	23	45
Totaal	15	36	210	166	287	224	938

Tabel 7.2 *Het aantal waarnemingen van reptielen per plek op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten gedaan zijn als incidentele waarnemingen.*

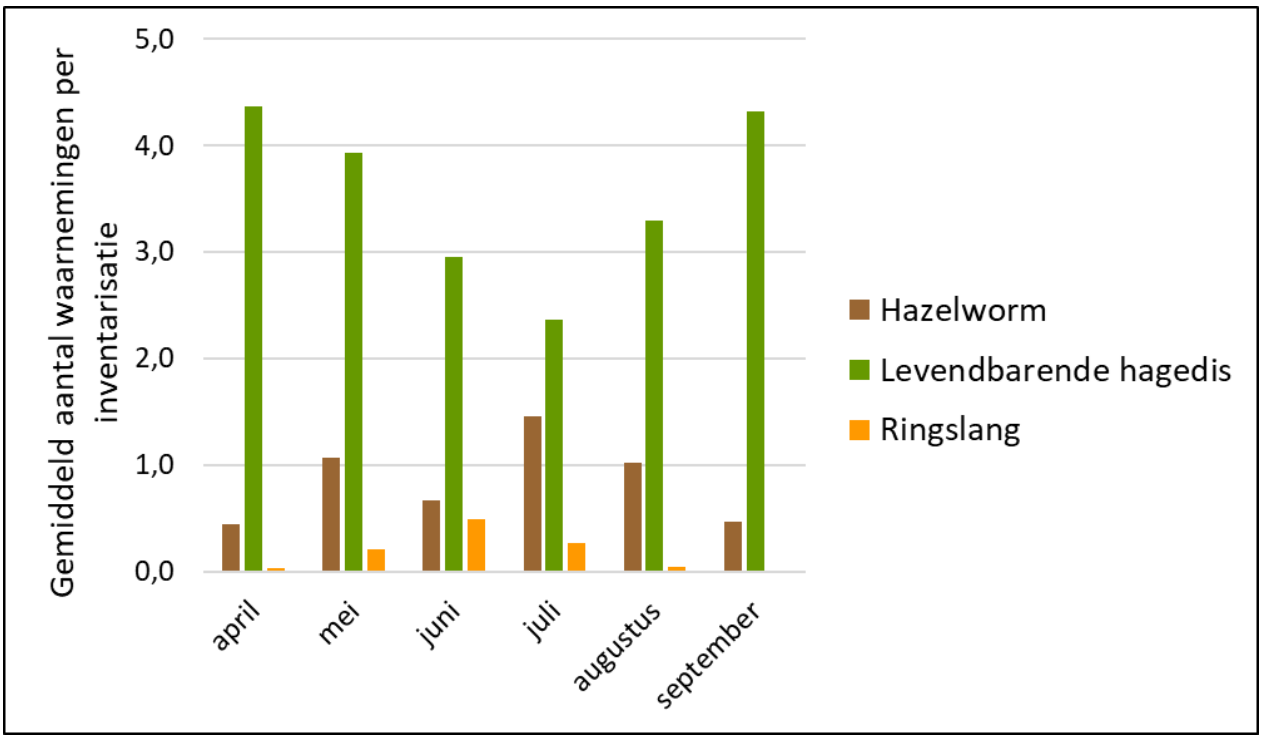
Soort	Top	Toeloop Oost	Toeloop West	Toeloop Noord	Totaal
Hazelworm	23	63	34	48	168
Levendbarende hagedis	244	121	246	114	725
Ringslang	18	14	8	5	45
Totaal	285	198	288	167	938

Tabel 7.3 *Het aantal waarnemingen van reptielen per type waarneming op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten gedaan zijn als incidentele waarnemingen.*

Type waarneming	Hazelworm	Levendbarende hagedis	Ringslang	Totaal
Gevangen	157	318	22	497
Zichtwaarneming	9	359	20	388
Gehoord ('ritsel')	n.v.t.	5	n.v.t.	5
Dood gevonden	1	26	0	27
Vervellingshuid	1	8	3	12
Eischaal/eivlies	0	9	0	9
Totaal	168	725	45	938

7.6.1.3 Verdeling waarnemingen over de meetperiode

Voor alle soorten geldt dat de waarnemingen niet gelijkmatig zijn gedaan over de maanden in de meetperiode (Figuur 7.13). De hazelworm is relatief vaak waargenomen in juli en relatief weinig in april en september. De levendbarende hagedis is relatief vaak waargenomen in april-mei en september en relatief weinig in juli. De ringslang is relatief vaak waargenomen in juni en relatief weinig in april en augustus-september.



Figuur 7.13 *Per soort het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie en per maand over de meetjaren 2015, 2016, 2017, 2018 en 2020 op Natuurbrug Zwaluwenberg (top en toelopen). Het betreft alleen waarnemingen die tijdens de transect-inventarisaties van hazelworm (n=163), levendbarende hagedis (n=683) en ringslang (n=38) zijn gedaan.*

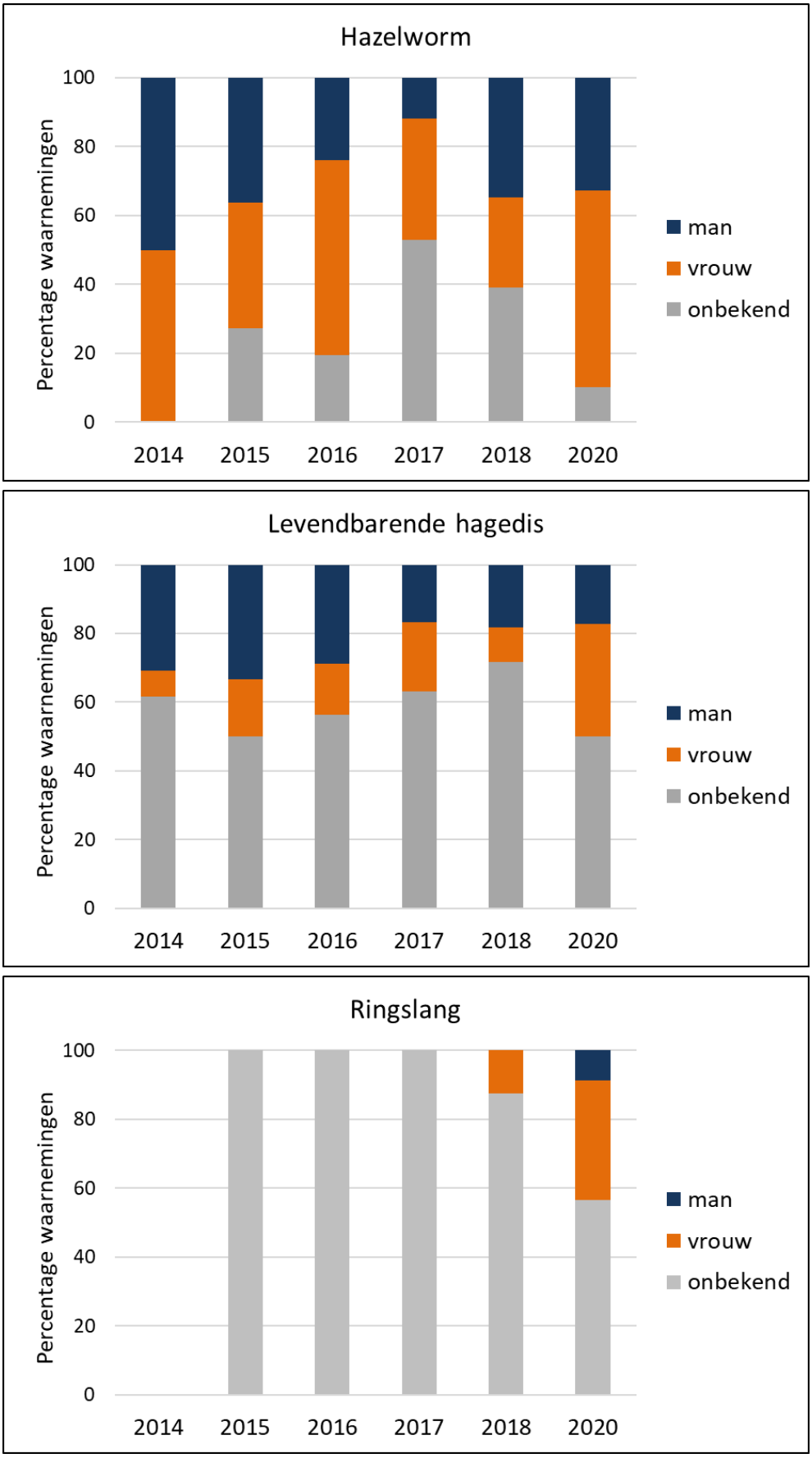
7.6.1.4 Geslachtsverhouding

Van alle soorten zijn beide geslachten op de natuurbrug aangetroffen (Tabel 7.4, Figuur 7.14 en 7.15). De geslachtsverhouding (man:vrouw) over alle meetjaren bedroeg 1:1,8 voor hazelworm, 1:0,9 voor levendbarende hagedis en 1:4,5 voor ringslang.

Tabel 7.4 *Het aantal waarnemingen per geslacht per meetjaar en de geslachtsverhouding op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft alleen waarnemingen die tijdens de transect-inventarisaties zijn gedaan.*

Geslacht	2014	2015	2016	2017	2018	2020	Totaal
Hazelworm							
man	1	4	11	4	8	16	44
vrouw	1	4	26	12	6	28	77
onbekend	0	3	9	18	9	5	44
Totaal	2	11	46	34	23	49	165
Geslachtsverhouding	*1:1*	*1:1*	*1:2,4*	*1:3*	*1:0,8*	*1:1,8*	*1:1,8*
Levendbarende hagedis							
man	4	8	46	20	42	26	146
vrouw	1	4	24	24	23	49	125
onbekend	8	12	90	75	165	75	425
Totaal	13	24	160	119	230	150	696
Geslachtsverhouding	*1:0,3*	*1:0,5*	*1:0,5*	*1:1,2*	*1:0,5*	*1:1,9*	*1:0,9*
Ringslang							
man	0	0	0	0	0	2	2
vrouw	0	0	0	0	1	8	9
onbekend	0	1	4	2	7	13	27
Totaal	0	1	4	2	8	23	38
Geslachtsverhouding	-	-	-	-	-	*1:4*	*1:4,5*

Figuur 7.14 *Een op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg gevangen levendbarende hagedis (adulte man), 3 april 2017. © Foto's: A. ter Heide.*



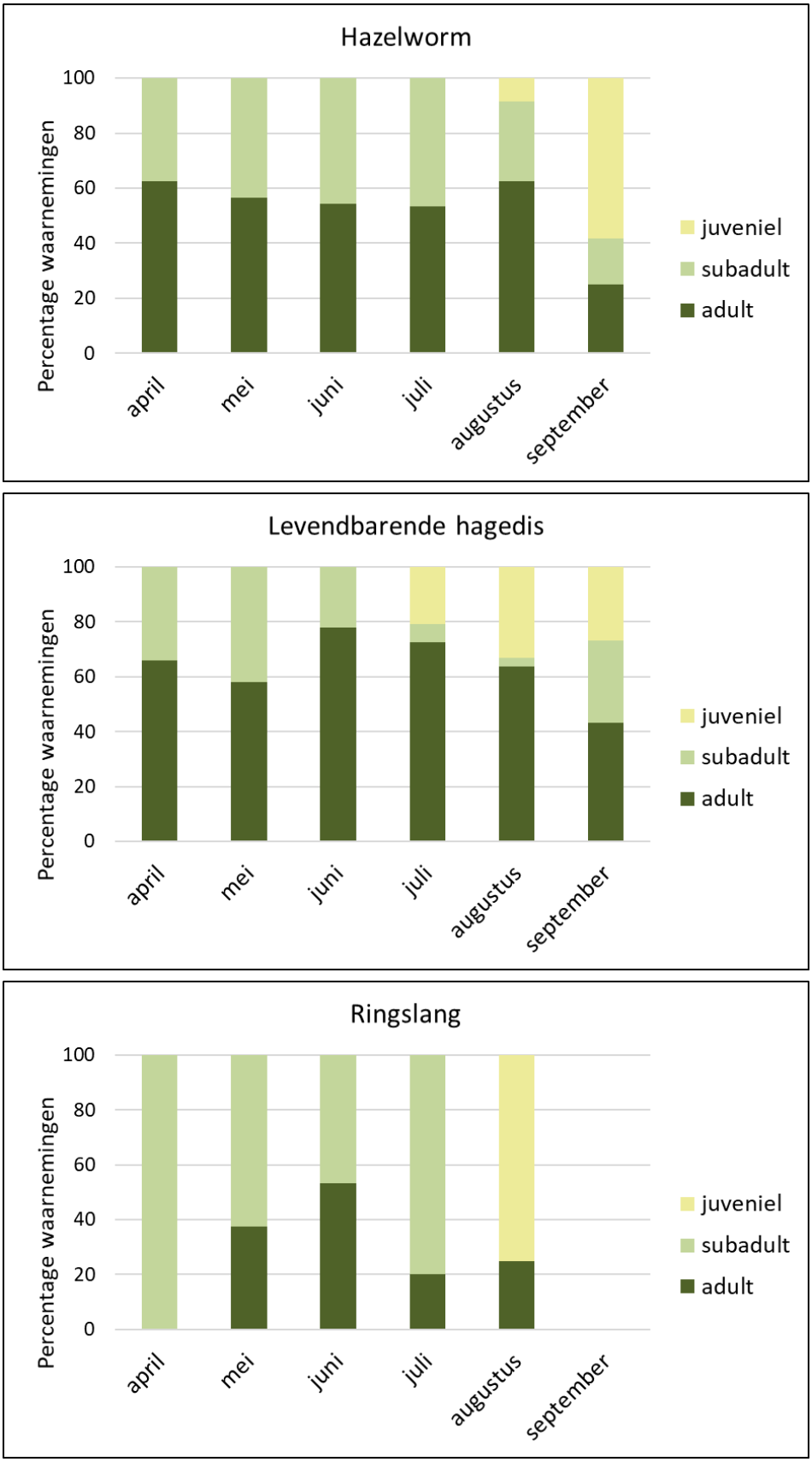
Figuur 7.15 *Per soort de procentuele verdeling van de waarnemingen over de geslachten per meetjaar op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft alleen waarnemingen van hazelworm (n=165), levendbarende hagedis (n=696) en ringslang (n=38) die tijdens de transect-inventarisaties zijn gedaan.*

7.6.1.5 Leeftijdsverdeling per maand

Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn voor zowel hazelworm, levendbarende hagedis als ringslang alle leeftijdscategorieën waargenomen. Van de geregistreerde hazelwormen waarvoor de leeftijdscategorie is bepaald (n=165), was 54% adult, 41% subadult en 5% juveniel (Figuur 7.16). Adulten en subadulten van deze soort zijn al in het eerste meetjaar waargenomen. Juvenielen zijn voor het eerst in 2016 geregistreerd. In dat jaar betrof het twee waarnemingen: een op de oostelijke toeloop en een op de westelijke toeloop. In 2017 zijn drie juvenielen waargenomen, alle op de oostelijke toeloop. In 2018 zijn geen juveniele hazelwormen op de natuurbrug gezien. In 2020 zijn er vier geregistreerd, een op de oostelijke toeloop, een op de westelijke toeloop en twee boven op de natuurbrug. Adulte en subadulte hazelwormen zijn gezien vanaf april tot september, juveniele dieren alleen in augustus-september (Figuur 7.18). Van de geregistreerde levendbarende hagedissen waarvoor de leeftijdscategorie is bepaald (n=669), was 63% adult, 25% subadult en 12% juveniel. Frequent zijn drachtige vrouwen gezien (Figuur 7.17). Alle leeftijdscategorieën van deze soort zijn al in het eerste meetjaar waargenomen. Daarnaast zijn er in 2016 zeven 'eieren' – pasgeboren dieren nog omhuld door eivlies – waargenomen op de oostelijke toeloop, verdeeld over twee plekken. Adulte en subadulte levendbarende hagedissen zijn gezien vanaf april tot september, juveniele dieren in juli-september (Figuur 7.18). Van de geregistreerde ringslangen waarvoor de leeftijdscategorie is bepaald (n=38), was 37% adult, 55% subadult en 8% juveniel. Subadulten van deze soort zijn vanaf 2015 op de natuurbrug waargenomen. De eerste adulte ringslang is in 2018 gezien. Juvenielen zijn voor het eerst in 2020 geregistreerd. In dat jaar betrof het drie waarnemingen, alle gedaan op de oostelijke toeloop nabij de poel. Subadulte ringslangen zijn gezien vanaf april tot juli, adulte dieren vanaf mei tot augustus en juveniele dieren zijn alleen in augustus waargenomen (Figuur 7.18). In geen van de meetjaren zijn er ringslangen in september gezien.

Figuur 7.16 *Enkele van de tijdens de transect-inventarisaties gevangen hazelwormen. Links: op de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg (man, 2 mei 2018). Midden: in de oostelijke wegberm van de A27 (vrouw, 3 juni 2015). Rechts: op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg (juveniel, geslacht niet bepaald, 30 augustus 2017). © Foto's: C. Gerritsen (links), D. Rademakers (midden), N. Otten (rechts).*

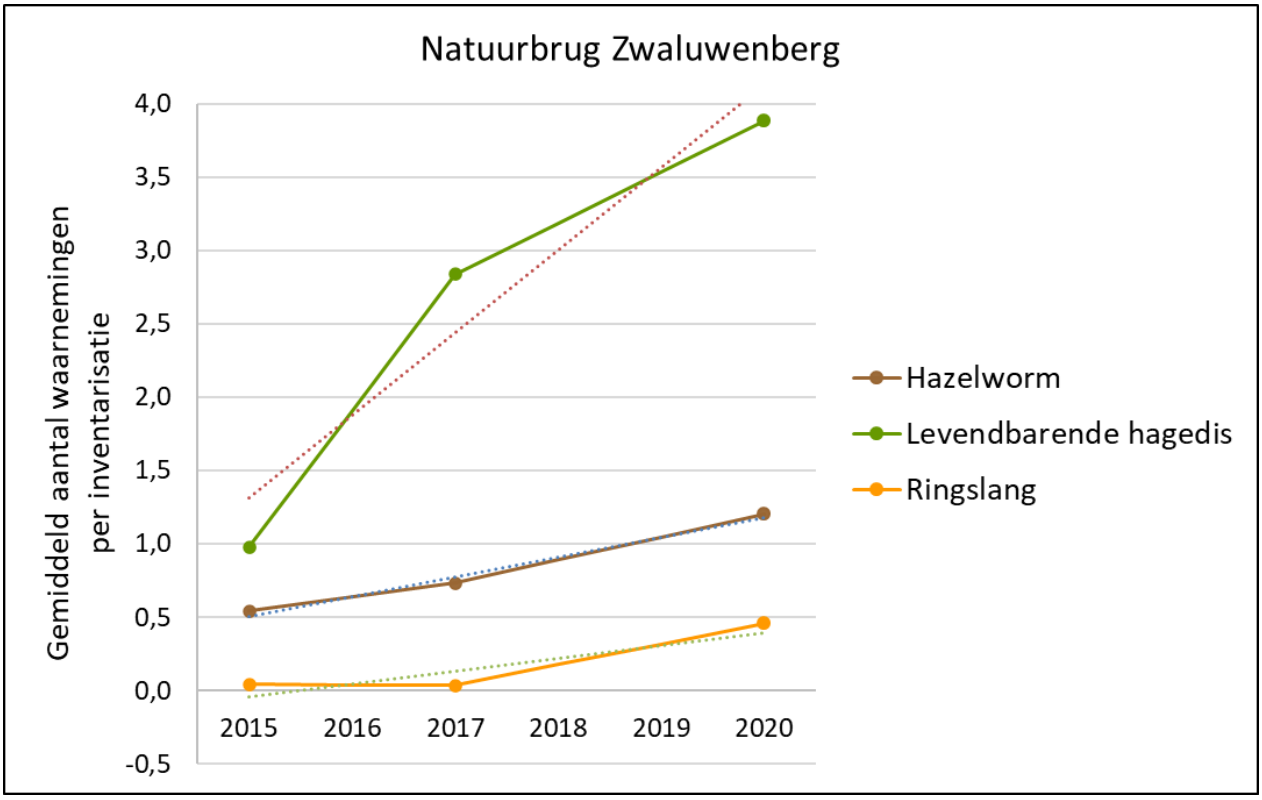
Figuur 7.17 *Een in bosgebied De Zuid (links) en op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg (rechts) gevangen levendbarende hagedis (adulte vrouw, drachtig). © Foto's: A. ter Heide.*



Figuur 7.18 *Per soort de procentuele verdeling van de waarnemingen over de leeftijdscategorieën per maand op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft alleen waarnemingen van hazelworm (n=165), levendbarende hagedis (n=669) en ringslang (n=38) die tijdens de transect-inventarisaties zijn gedaan.*

7.6.1.6 Trend in aantallen over de jaren

Op Natuurbrug Zwaluwenberg is voor alle soorten een toename te zien in het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie (Figuur 7.19; Tabel 7.5). Het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie stijgt jaarlijks met circa 0,1 voor hazelworm en ringslang. Voor levendbarende hagedis is dit een jaarlijkse stijging van bijna 0,6 waarnemingen. Voor alle soorten geldt dat (nog) geen sprake is van een statistisch significante trend.



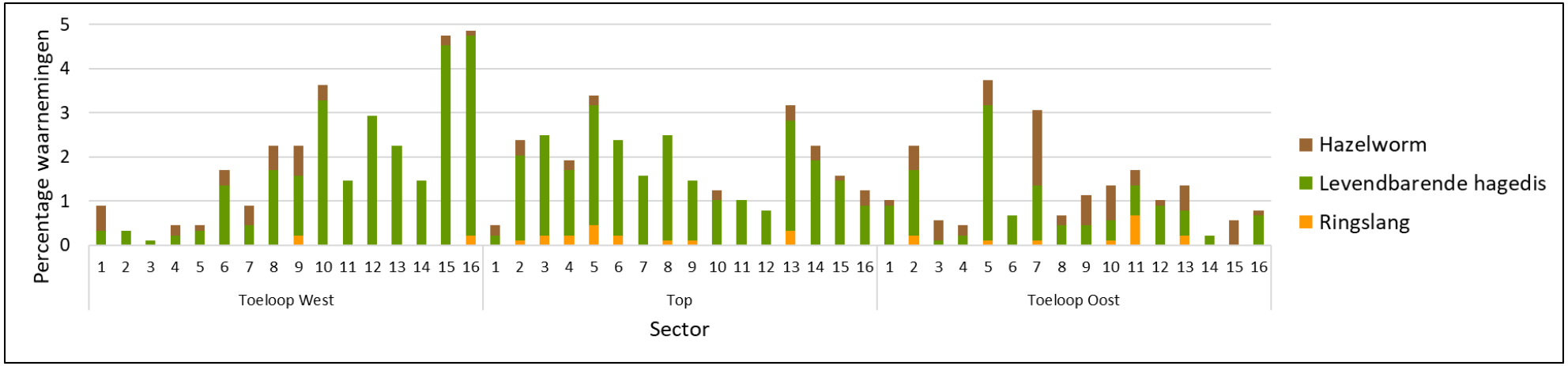
Figuur 7.19 *Per soort de trend in het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie op Natuurbrug Zwaluwenberg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in 2015, 2017 en 2020. De trendanalyse is gebaseerd op 94, 293 en 26 waarnemingen van respectievelijk hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang.*

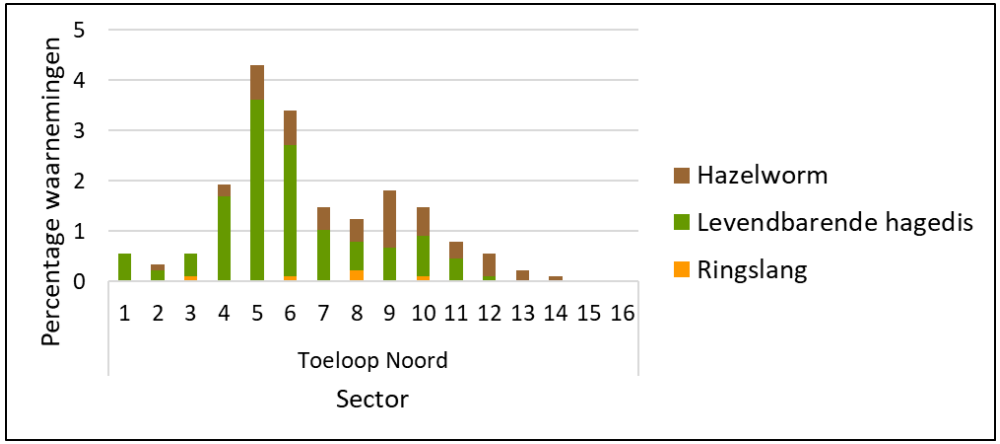
Tabel 7.5 *Per soort de gemiddelde verandering in het aantal waarnemingen per inventarisatie per jaar (M) op Natuurbrug Zwaluwenberg, berekend over de jaren 2015, 2017 en 2020. Tevens de uitkomsten van de lineaire regressie om vast te stellen of er sprake is van een significante trend. * = er is een significante trend.*

Soort	M	R^2	t	df	P	Kwalificatie trend
Hazelworm	0,13	0,9874	8,07	2	0,079	n.v.t.
Levendbarende hagedis	0,56	0,9378	3,52	2	0,176	n.v.t.
Ringslang	0,09	0,8555	2,23	2	0,269	n.v.t.

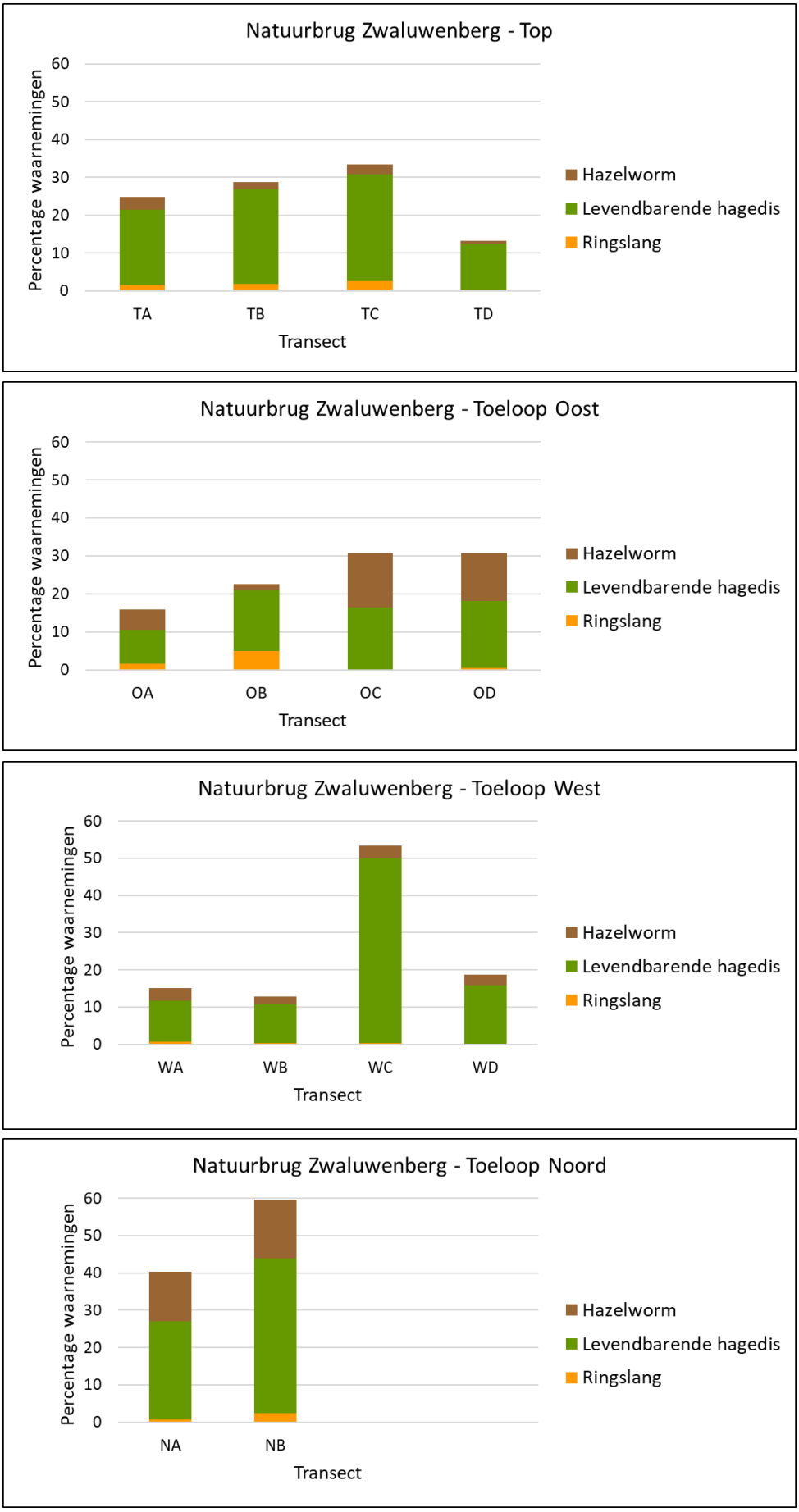
7.6.1.7 Verspreiding over de natuurbrug

Reptielen zijn in bijna alle sectoren van Natuurbrug Zwaluwenberg geregistreerd (Figuur 7.20). Alleen in de twee laatste sectoren van de noordelijke toeloop zijn geen waarnemingen gedaan. Hazelworm is in 70% van alle sectoren aangetroffen, levendbarende hagedis in 92% en ringslang in 31%. De percentages variëren tussen de sectoren van <1% tot bijna 5% van de waarnemingen. Op de westelijke toeloop en de top van de natuurbrug zijn per sector gemiddeld circa 2% van de waarnemingen gedaan. Voor de oostelijke en noordelijke toeloop zijn per sector gemiddeld circa 1% van de waarnemingen gedaan. De meeste waarnemingen, bijna 10%, zijn gedaan in de twee sectoren op de westelijke toeloop die aansluiten op de top van de natuurbrug. Relatief weinig waarnemingen zijn gedaan aan de voet van alle toelopen en in de drie sectoren van toeloop Noord die aansluiten op de top van de natuurbrug.





Figuur 7.20 *De procentuele verdeling van de waarnemingen van hazelworm (n=163), levendbarende hagedis (n=683) en ringslang (n=38) over de sectoren op Natuurbrug Zwaluwenberg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in de periode 2015-2020.*



Figuur 7.21 *Per deelgebied de procentuele verdeling van de waarnemingen van hazelworm (n=163), levendbarende hagedis (n=696) en ringslang (n=38) over de transecten op Natuurbrug Zwaluwenberg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in de periode 2014-2020.*

Op de top van de natuurbrug zijn de meeste waarnemingen gedaan in transect TC, gelegen aan de zuidkant van de stobbenwal (Figuur 7.21). De minste waarnemingen zijn gedaan in transect TD, grenzend aan het ruiterpad. Dit is ook het enige transect op de top waar geen ringslang is aangetroffen. Op de oostelijke toeloop zijn de meeste waarnemingen gedaan, vooral van hazelworm en levendbarende hagedis, op de twee zuidelijke transecten OC en OD. De ringslang is hier juist vaker geregistreerd op de noordelijke transecten en dan vooral in transect OB, dat deels grenst aan de poel (Figuur 7.22). Op de westelijke toeloop zijn de meeste waarnemingen, vooral van levendbarende hagedis, gedaan in transect WC. Hazelwormen zijn hier min of meer evenredig verspreid over alle transecten gevonden. De ringslang is niet aangetroffen in transect WD. Op de noordelijke toeloop zijn alle soorten op beide transecten aangetroffen. De meeste waarnemingen zijn gedaan in transect NB.

Figuur 7.22 *Op de top (links) en oostelijke toeloop (rechts) van Natuurbrug Zwaluwenberg gevangen ringslangen. © Foto's: B.J. van Norel (links) en C. Gerritsen (rechts)*

7.6.2 Natuurbrug Hoorneboeg

7.6.2.1 Soorten

Er zijn drie soorten reptielen aangetroffen op Natuurbrug Hoorneboeg: hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang. De zandhagedis, een van de doelsoorten voor de natuurverbinding, is niet aangetroffen.

7.6.2.2 Aantallen

Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn over de hele onderzoeksperiode 317 waarnemingen van reptielen gedaan (Tabel 7.6). Dit betreffen zowel waarnemingen die tijdens de transect-inventarisaties zijn gedaan als incidentele waarnemingen die los van de systematische inventarisaties zijn gedaan. Hazelwormen en levendbarende hagedissen zijn in ongeveer gelijke aantallen gezien, ringslangen slechts incidenteel. Alle soorten zijn zowel op de top van Natuurbrug Hoorneboeg gezien als op de westelijke toeloop (Tabel 7.7). Op de oostelijke toeloop zijn alleen hazelworm en levendbarende hagedis geregistreerd. De waarnemingen op de top vormde 38% van alle op Natuurbrug Hoorneboeg gedane registraties. De meeste waarnemingen (63%) betreffen vangsten (Tabel 7.8). Daarnaast zijn er veel zichtwaarnemingen gedaan (34%), ook hier vooral van levendbarende hagedissen. De andere typen waarnemingen vormen gezamenlijk een relatief klein deel (2%) van de registraties.

Tabel 7.6 *Het aantal waarnemingen van reptielen per meetjaar op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft zowel waarnemingen die gedaan zijn tijdens de systematische transect-inventarisaties als incidentele waarnemingen.*

Soort	2017	2018	2020	Totaal
Hazelworm	18	28	105	151
Levendbarende hagedis	11	26	123	160
Ringslang	0	0	6	6
Totaal	29	54	234	317

Tabel 7.7 *Het aantal waarnemingen van reptielen per plek op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft zowel waarnemingen die gedaan zijn tijdens de systematische transect-inventarisaties als incidentele waarnemingen.*

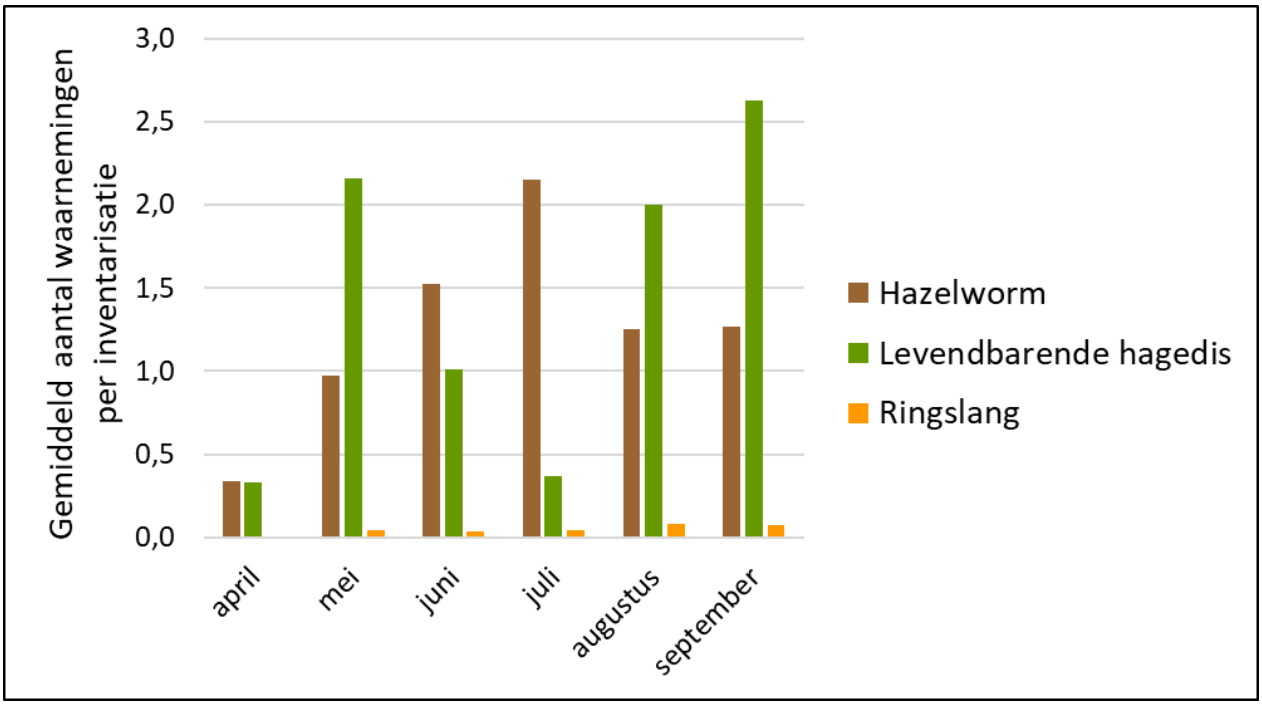
Soort	Top	Toeloop Oost	Toeloop West	Totaal
Hazelworm	51	30	70	151
Levendbarende hagedis	67	21	72	160
Ringslang	3	0	3	6
Totaal	121	51	145	317

Tabel 7.8 *Het aantal waarnemingen van reptielen per type waarneming op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft zowel waarnemingen die gedaan zijn tijdens de systematische transect-inventarisaties als incidentele waarnemingen.*

Type waarneming	Hazelworm	Levendbarende hagedis	Ringslang	Totaal
Gevangen	135	61	5	201
Zichtwaarneming	13	95	1	109
Gehoord ('ritsel')	n.v.t.	4	n.v.t.	4
Dood gevonden	3	0	0	3
Vervellingshuid	0	0	0	0
Eischaal/eivlies	0	0	0	0
Totaal	151	160	6	317

7.6.2.3 Verdeling waarnemingen over de meetperiode

Voor alle soorten geldt dat de waarnemingen niet gelijkmatig zijn gedaan over de maanden in de meetperiode (Figuur 7.23). De hazelworm is relatief vaak waargenomen in juli en relatief weinig in april. De levendbarende hagedis is relatief vaak waargenomen in mei en augustus-september en relatief weinig in april en juli. De ringslang is niet in april en in lage aantallen tijdens de overige maanden waargenomen.



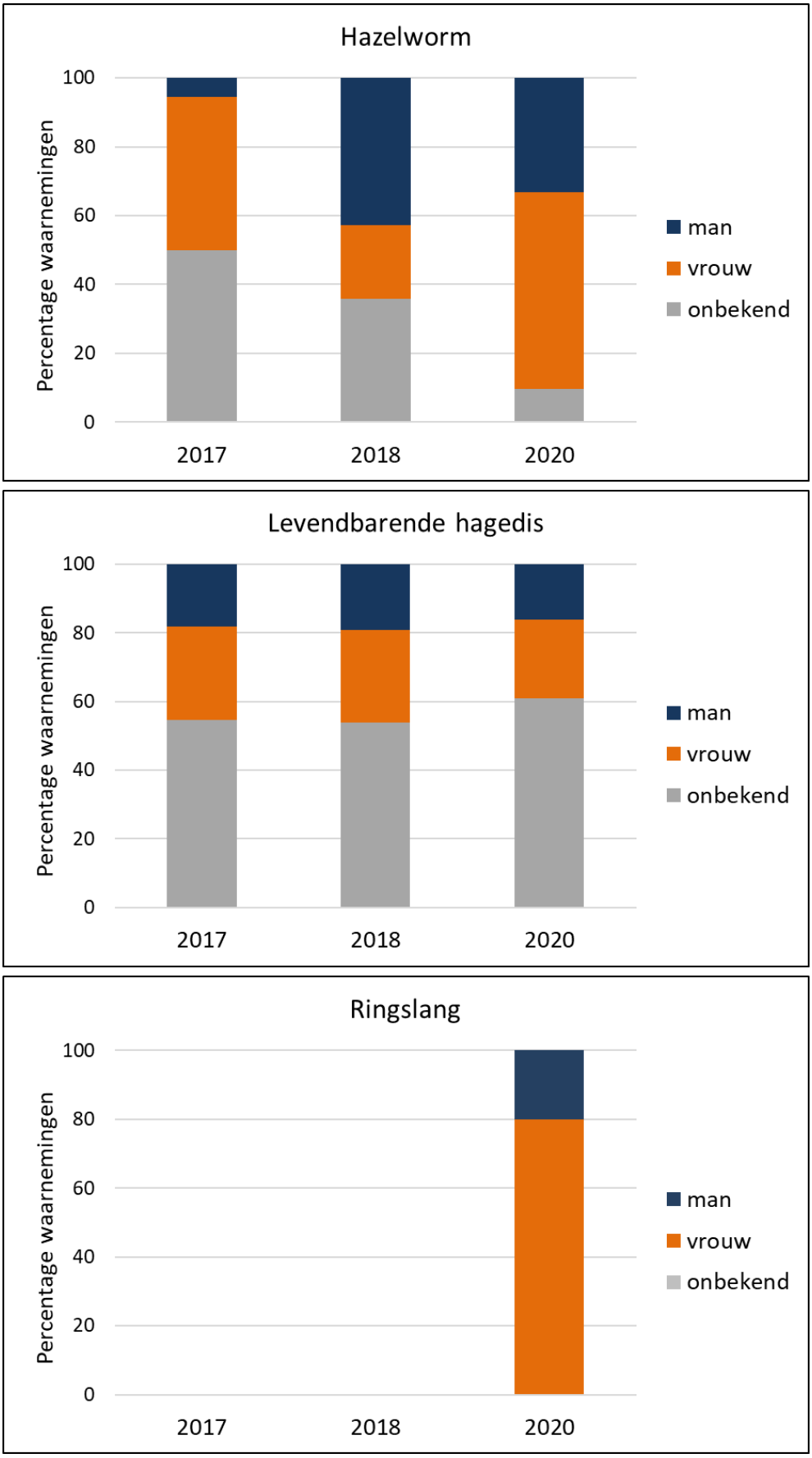
Figuur 7.23 *Per soort het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie en per maand over de meetjaren 2017, 2018 en 2020 op Natuurbrug Hoorneboeg (top en toelopen). Het betreft alleen waarnemingen die tijdens de transect-inventarisaties van hazelworm (n=151), levendbarende hagedis (n=160) en ringslang (n=5) zijn gedaan.*

7.6.2.4 Geslachtsverhouding

Van alle soorten zijn beide geslachten op de natuurbrug aangetroffen (Tabel 7.9, Figuur 7.24). De geslachtsverhouding (man:vrouw) over alle meetjaren bedroeg 1:1,5 voor hazelworm, 1:1,4 voor levendbarende hagedis en 1:4 voor ringslang.

Tabel 7.9 *Het aantal waarnemingen per geslacht per meetjaar en de geslachtsverhouding op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft alleen waarnemingen die tijdens de transect-inventarisaties zijn gedaan.*

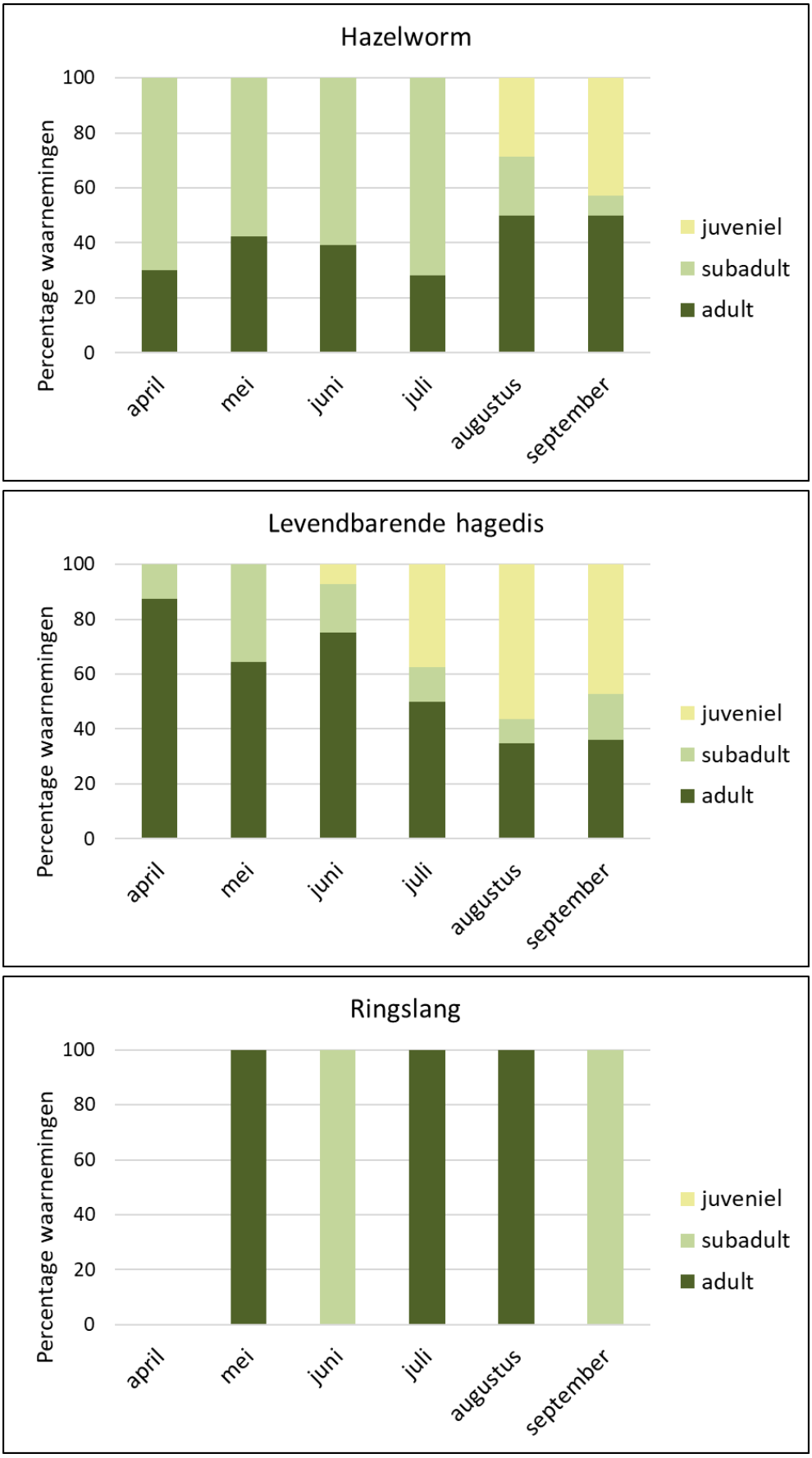
Geslacht	2017	2018	2020	Totaal
Hazelworm				
man	1	12	35	48
vrouw	8	6	60	74
onbekend	9	10	10	29
Totaal	18	28	105	151
Geslachtsverhouding	*1:8*	*1:0,5*	*1:1,7*	*1:1,5*
Levendbarende hagedis				
man	2	5	20	27
vrouw	3	7	28	38
onbekend	6	14	75	95
Totaal	11	26	123	160
Geslachtsverhouding	*1:1,5*	*1:1,4*	*1:1,4*	*1:1,4*
Ringslang				
man	0	0	1	1
vrouw	0	0	4	4
onbekend	0	0	0	0
Totaal	0	0	5	5
Geslachtsverhouding	-	-	*1:4*	*1:4*



Figuur 7.24 *Per soort de procentuele verdeling van de waarnemingen over de geslachten per meetjaar op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft alleen waarnemingen van hazelworm (n=151), levendbarende hagedis (n=160) en ringslang (n=5) die tijdens de transect-inventarisaties zijn gedaan.*

7.6.2.5 Leeftijdsverdeling per maand

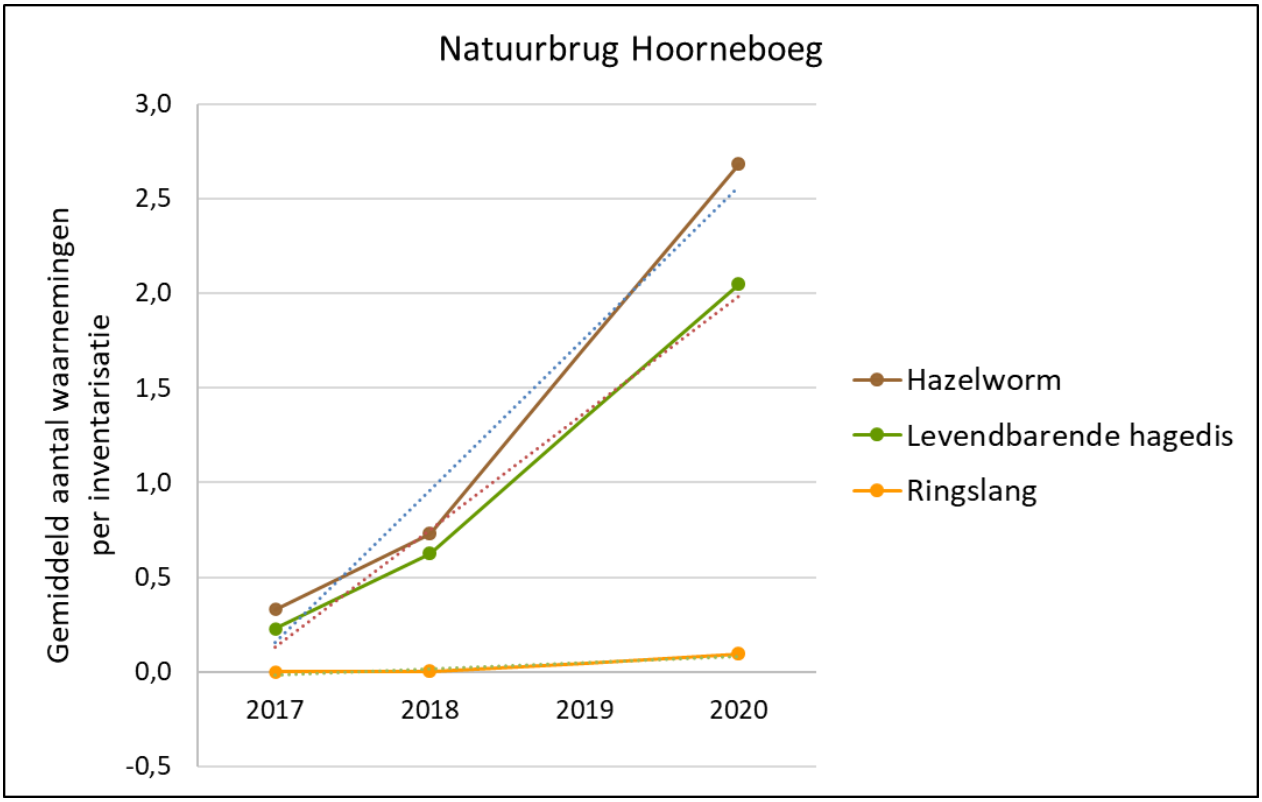
Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn van zowel hazelworm als levendbarende hagedis alle leeftijdscategorieën waargenomen. Van ringslag zijn alleen adulten en subadulten geregistreerd. Van de geregistreerde hazelwormen waarvoor de leeftijdscategorie is bepaald (n=151), was 38% adult, 55% subadult en 7% juveniel. Alle leeftijdscategorieën van deze soort zijn al in het eerste meetjaar op de natuurbrug waargenomen. In dat jaar betrof het twee waarnemingen van juvenielen, beide op de westelijke toeloop. In 2018 zijn geen juveniele hazelwormen op de natuurbrug gezien. In 2020 zijn er acht geregistreerd, driemaal op de oostelijke toeloop, driemaal op de top en tweemaal op de westelijke toeloop. Adulte en subadulte hazelwormen zijn gezien vanaf april tot september, juveniele dieren alleen in augustus-september (Figuur 7.25). Van de geregistreerde levendbarende hagedissen waarvoor de leeftijdscategorie is bepaald (n=159), was 56% adult, 22% subadult en 22% juveniel. Alle leeftijdscategorieën van deze soort zijn al in het eerste meetjaar waargenomen. In dat jaar betrof het nog slechts één waarneming van een juveniel dier, gedaan op de westelijke toeloop. In 2018 is tweemaal een waarneming van een juveniel dier gedaan, beide op de top van de natuurbrug. In 2020 zijn er 31 geregistreerd, 7 op de oostelijke toeloop, 9 op de top en 15 op de westelijke toeloop. Adulte en subadulte levendbarende hagedissen zijn gezien vanaf april tot september, juveniele dieren in de periode juni-september (Figuur 7.25). Van de geregistreerde ringslangen waarvoor de leeftijdscategorie is bepaald (n=5), was 60% adult en 40% subadult. Ringslangen zijn alleen in 2020 op Natuurbrug Hoorneboeg geregistreerd. De waarnemingen zijn gedaan in de periode mei-september (Figuur 7.25).



Figuur 7.25 *Per soort de procentuele verdeling van de waarnemingen over de leeftijdscategorieën per maand op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft alleen waarnemingen van hazelworm (n=151), levendbarende hagedis (n=159) en ringslang (n=5) die tijdens de transect-inventarisaties zijn gedaan.*

7.6.2.6 Trend in aantallen over de jaren

Op Natuurbrug Hoorneboeg is voor alle soorten een toename te zien in het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie (Figuur 7.26; Tabel 7.10). Het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie stijgt jaarlijks met <0,1 voor ringslang. Voor hazelworm en levendbarende hagedis is sprake van een jaarlijkse stijging van respectievelijk 0,8 en circa 0,6 waarnemingen. Voor alle soorten geldt dat (nog) geen sprake is van een statistisch significante trend.



Figuur 7.26 *Per soort de trend in het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie op Natuurbrug Hoorneboeg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in 2017, 2018 en 2020. De trendanalyse is gebaseerd op 123, 101 en 3 waarnemingen van respectievelijk hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang.*

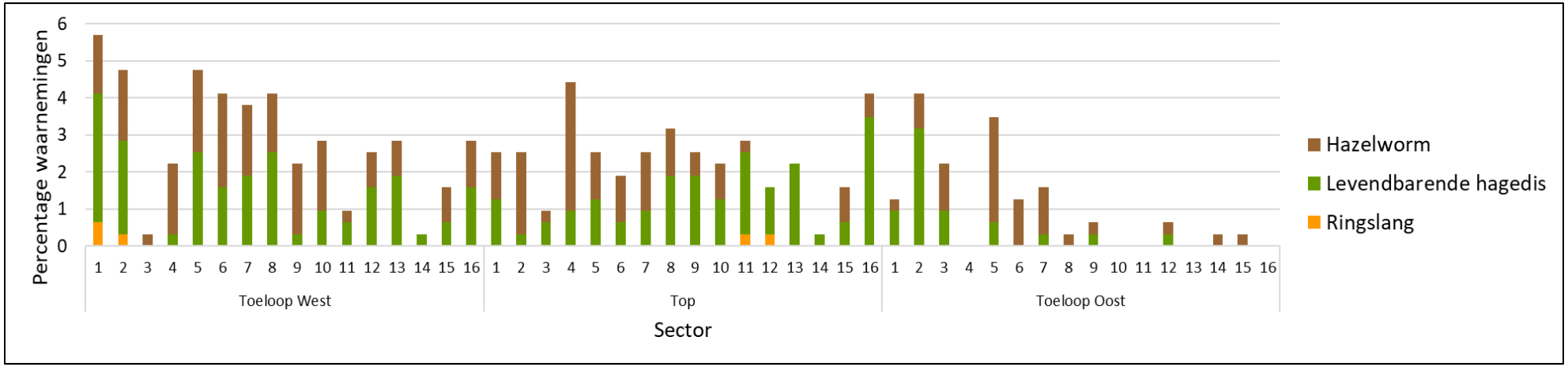
Tabel 7.10 *Per soort de gemiddelde verandering in het aantal waarnemingen per inventarisatie per jaar (M) op Natuurbrug Hoorneboeg, berekend over de jaren 2017-2020. Tevens de uitkomsten van de lineaire regressie om vast te stellen of er sprake is van een significante trend. * = er is een significante trend.*

Soort	M	R^2	t	df	P	Kwalificatie trend
Hazelworm	0,80	0,9702	5,71	2	0,110	n.v.t.
Levendbarende hagedis	0,62	0,9848	8,03	2	0,079	n.v.t.
Ringslang	0,03	0,8909	2,89	2	0,212	n.v.t.

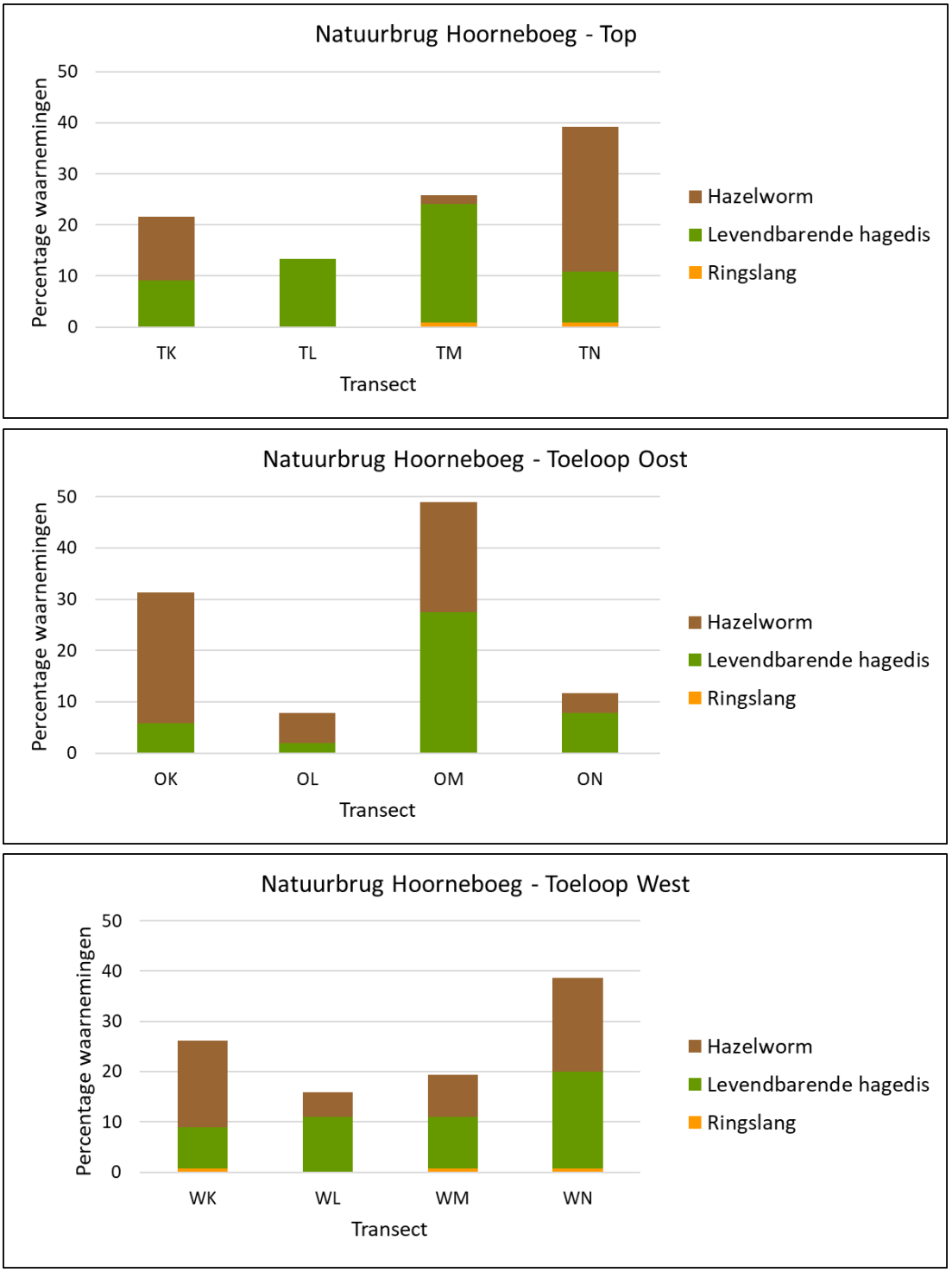
7.6.2.7 Verspreiding over de natuurbrug

Reptielen zijn in bijna alle sectoren van Natuurbrug Hoorneboeg geregistreerd (Figuur 7.27). Alleen in vijf sectoren op de oostelijke toeloop zijn geen waarnemingen gedaan. Hazelworm is in 81% van alle sectoren aangetroffen, levendbarende hagedis in 79% en ringslang in 8%. De percentages variëren tussen de sectoren van <1% tot bijna 6% van de waarnemingen. De meeste waarnemingen, circa 11%, zijn gedaan in de twee sectoren aan het uiteinde van de westelijke toeloop. Dit zijn ook de sectoren waar drie van de vijf ringslangen zijn gezien. Ook elders op de westelijke toeloop zijn frequent reptielen gezien, per sector gemiddeld circa 3% van de waarnemingen. Dat geldt ook voor de top, waar per sector gemiddeld circa 2,5% van de waarnemingen is gedaan. Relatief weinig waarnemingen zijn gedaan op de oostelijke toeloop, per sector gemiddeld circa 1% van de waarnemingen. Op deze toeloop zijn geen ringslangen geregistreerd. Op

de top van de natuurbrug zijn de meeste waarnemingen gedaan in transect TN, gelegen aan de zuidkant van de natuurbrug (Figuur 7.28). De hazelworm is vooral geregistreerd aan de randen van de natuurbrug. De levendbarende hagedis is min of meer in gelijke mate in de vier transecten aangetroffen. Ringslang is alleen geregistreerd in de twee zuidelijke transecten. Op de oostelijke toeloop zijn de meeste waarnemingen gedaan in transect OM, grenzend aan de zuidzijde van de stobbenwal. Ook in transect OK, langs de noordrand van de toeloop, zijn relatief veel waarnemingen gedaan. Op de westelijke toeloop zijn de meeste waarnemingen gedaan in transect WN, gevolgd door transect WK.



Figuur 7.27 *De procentuele verdeling van de waarnemingen van hazelworm (n=151), levendbarende hagedis (n=160) en ringslang (n=5) over de sectoren op Natuurbrug Hoorneboeg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in de periode 2017-2020.*



Figuur 7.28 *Per deelgebied de procentuele verdeling van de waarnemingen van hazelworm (n=151), levendbarende hagedis (n=160) en ringslang (n=5) over de transecten op Natuurbrug Hoorneboeg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in de periode 2017-2020.*

7.6.3 Uitwisseling van individuen

7.6.3.1 Hazelworm: individuele herkenning met transponders

Over de gehele onderzoeksperiode (2014-2020) zijn 129 hazelwormen van een transponder voorzien (Tabel 7.11). Het betrof dieren op de natuurbruggen (39%), in de drie brongebieden (47%) en in de wegbermen van de A27 (14%). Over de gehele onderzoeksperiode zijn er, over alle deelgebieden samen, 42 terugvangsten gedaan (Tabel 7.12). Dit betrof 26 verschillende individuen, waarvan een deel dus meer dan eenmaal is teruggevangen. Voor de terugvangsten geldt dat deze in alle gevallen in het deelgebied zijn

gedaan waarin het dier voor het eerst gevangen en van een transponder voorzien is. Gemeten verplaatsingen zijn alle dus lokaal, regionale verplaatsingen tussen deelgebieden zijn niet geregistreerd.

Tabel 7.11 *Het aantal hazelwormen dat van een transponder is voorzien per deelgebied en meetjaar.*

Deelgebied	2014	2015	2016	2017	2018	2020	Totaal
Natuurbrug Zwaluwenberg	0	0	16	14	8	-	38
Natuurbrug Hoorneboeg	-	-	-	6	6	-	12
Bermen A27	1	6	11	-	-	-	18
Brongebied Oost	5	3	-	33	-	-	41
Brongebied West	0	1	-	18	-	-	19
Brongebied Noord	0	0	-	1	-	-	1
Totaal	6	10	27	72	14	-	129

Een streepje (–) betekent dat er in het betreffende deelgebied en jaar geen actie is ondernomen om dieren te vangen.

Tabel 7.12 *Het aantal keer dat een hazelworm met een transponder is teruggevangen per deelgebied en meetjaar.*

Deelgebied	2014	2015	2016	2017	2018	2020	Totaal
Natuurbrug Zwaluwenberg	0	0	3	1	2	0	6
Natuurbrug Hoorneboeg	-	-	-	3	2	1	6
Bermen A27	0	0	6	-	-	0	6
Brongebied Oost	1	0	-	19	-	0	20
Brongebied West	0	0	-	4	-	0	4
Brongebied Noord	0	0	-	0	-	0	0
Totaal	1	0	9	28	4	1	42

Een streepje (–) betekent dat er in het betreffende deelgebied en jaar geen actie is ondernomen om dieren te vangen.

Van de hazelwormen die op Natuurbrug Zwaluwenberg een transponder hebben gekregen, zijn er vier teruggevangen (Tabel 7.13). Twee van deze dieren zijn eenmaal teruggevangen, de andere twee tweemaal. De tijd die is verstreken tussen de eerste en laatste vangst varieerde tussen 37 en 371 dagen. De afstand die deze dieren tussen de eerste en laatste vangst hebben afgelegd, varieerde tussen 0 en 80 m. Geen van de dieren is de natuurbrug in zijn geheel gepasseerd. Twee van de dieren zijn op de oostelijke toeloop gevangen en daar ook weer teruggevangen. Een derde dier is eveneens op de oostelijke toeloop gevangen, maar later op de top van de natuurbrug teruggevangen. Het vierde dier is op de noordelijke toeloop gevangen en daar ook weer teruggevangen.

Van de hazelwormen die op Natuurbrug Hoorneboeg een transponder hebben gekregen zijn er eveneens vier teruggevangen (Tabel 7.13). Twee van deze dieren zijn eenmaal teruggevangen, de andere twee tweemaal. De tijd die is verstreken tussen de eerste en laatste vangst varieerde tussen 2 en 757 dagen. De afstand die deze dieren tussen de eerste en laatste vangst hebben afgelegd, varieerde tussen 0 en 300 m. Een van de dieren is de natuurbrug gepasseerd. Dit dier is voor het eerst gevangen op de westelijke toeloop op 18 april 2018. Net iets meer dan twee jaar later – op 14 mei 2020 – is het dier voor de tweede keer gevangen op de oostelijke toeloop. Hemelsbreed had het dier een afstand van 300 m overbrugd. De drie andere hazelwormen met een transponder zijn op de westelijke toeloop gevangen en daar ook weer teruggevangen.

Tabel 7.13 *Geregistreerde verplaatsingen van hazelwormen met een transponder op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg.*

				T1		T2		T1+T2				
ID	**G**	**L**	**D**	***T***	***A***	***T***	***A***	T^{tot}	A^{tot}	**V**	**P**	**R**
Natuurbrug Zwaluwenberg												
528210004093295	v	a	6-7-16	2	0	35	0	37	0	0,0	Nee	O-O
528210004102212	v	a	1-8-16	48	30	241	50	289	80	0,3	Nee	N-N
528210004500526	v	a	12-5-17	371	50	-	-	371	50	0,1	Nee	O-T
528210004679755	m	a	9-4-18	45	10	-	-	45	10	0,2	Nee	O-O
Natuurbrug Hoorneboeg												
528210004502781	v	a	4-9-17	7	0	14	0	21	0	0,0	Nee	W-W
528210004599250	v	a	17-7-17	2	0	-	-	2	0	0,0	Nee	W-W
528210004674238	m	sa	18-4-18	2	0	34	0	36	0	0,0	Nee	W-W
528210004681812	m	a	18-4-18	757	300	-	-	757	300	0,4	Ja	W-O

Legenda:

ID = unieke code transponder
G = geslacht (m=man; v=vrouw)
L = leeftijdscategorie (a=adult; sa=subadult)
D = datum eerste vangst van het dier
T1 = eerste terugvangst van het dier
T2 = tweede terugvangst van het dier
T = tijd (in dagen) die is verstreken sinds vorige vangst
A = afstand (in meters) die is afgelegd sinds de vorige vangst
Ttot = de tijd (in dagen) die is verstreken tussen de eerste en laatste vangst
Atot = de totale afstand (in meters) die is afgelegd op basis van alle terugvangsten samen
V = verplaatsingssnelheid (in m/dag)
P = passage van de natuurbrug van oost naar west of omgekeerd
R = richting van de beweging (T=top; O=toeloop oost; W=toeloop west; N=toeloop noord)

Van de hazelwormen die binnen de brongebieden, inclusief de wegbermen, een transponder hebben gekregen, zijn er achttien teruggevangen (Tabel 7.14). Dertien hiervan zijn eenmaal teruggevangen, vier dieren zijn tweemaal teruggevangen en één dier is achtmaal teruggevangen. De tijd die is verstreken tussen de eerste en laatste vangst varieerde tussen 2 en 56 dagen. De dieren zijn alle binnen het transect teruggevangen waar ze tijdens de eerste vangst zijn aangetroffen. Zestien dieren zijn op precies dezelfde plaats teruggevangen als de eerste vangst. Eén dier heeft zich binnen het Hilversums Wasmeer verplaatst over een afstand van 30 m.

Tabel 7.14 *Geregistreerde verplaatsingen van hazelwormen met een transponder in de wegbermen van de A27 en in de brongebieden.*

ID	G	L	D	Deelgebied	#TV	T^{tot}	A^{tot}	V	M
Wegbermen A27									
528210004089907	v	a	1-7-16	Berm ZW	2	40	0	0	Nee
528210004094594	v	a	27-7-16	Berm ZO	2	28	0	0	Nee
528210004096554	v	a	6-7-16	Berm NO	2	56	0	0	Nee
Brongebied Oost									
528210004098544	v	a	23-6-14	Hilversums Wasmeer	1	44	0	0	Nee
528210004491358	v	a	30-6-17	Hilversums Wasmeer	8	53	0	0	Nee
528210004597315	v	a	20-7-17	Hilversums Wasmeer	1	7	0	0	Nee
528210004597949	v	a	4-4-17	Maartendijkse Bos	1	2	0	0	Nee
528210004598222	v	a	19-7-17	De Zuid – Hengstenberg	1	8	0	0	Nee
528210004598999	v	a	13-7-17	Hilversums Wasmeer	1	21	0	0	Nee
528210004604603	v	a	25-7-17	Hilversums Wasmeer	1	9	0	0	Nee
528210004605835	v	a	30-6-17	Hilversums Wasmeer	2	27	0	0	Nee
528210004678121	v	a	7-9-17	Hilversums Wasmeer	1	13	0	0	Nee
528210004680481	v	a	16-8-17	Hilversums Wasmeer	1	6	0	0	Nee
528210004598939	v	a	30-6-17	Hilversums Wasmeer	1	27	0	0	Nee
Brongebied West									
528210004494569	v	a	25-7-17	Hoorneboegse Heide	1	2	0	0	Nee
528210004596846	v	a	27-7-17	Einde Gooi	1	4	0	0	Nee
528210004600218	v	a	9-5-17	Hoorneboegse Heide	1	7	30	4,3	Nee
528210004678873	v	sa	5-9-17	Hoorneboegse Heide	1	7	0	0	Nee
Brongebied Noord									
Geen terugvangsten									

Legenda:
ID = unieke code transponder
G = geslacht (m=man; v=vrouw)
L = leeftijdscategorie (a=adult; sa=subadult)
D = datum eerste vangst van het dier
Gebied = het deelgebied waar het dier voor het eerst is gevangen
#TV = het aantal terugvangsten van het dier
Ttot = de tijd (in dagen) die is verstreken tussen de eerste en laatste vangst
Atot = de totale afstand (in meters) die is afgelegd op basis van alle terugvangsten samen
V = verplaatsingssnelheid (in m/dag)
M = migratie naar een ander deelgebied

7.6.3.2 Hazelworm: individuele herkenning op basis van biometrie

Over de gehele onderzoeksperiode (2014-2020) konden op de natuurbruggen 184 hazelwormen individueel herkend worden op basis van hun biometrie (Tabel 7.15). Voor 29 waarnemingen gold dat er geen zekerheid was of het een nieuw individu betrof of niet. Over de gehele onderzoeksperiode zijn er, over beide natuurbruggen, 38 terugvangsten gedaan (Tabel 7.15). Dit betrof 24 verschillende individuen waarvan een deel dus meer dan eenmaal is teruggevangen. Voor de terugvangsten geldt dat deze in alle gevallen op de natuurbrug zijn gedaan waar het dier voor het eerst gevangen en van een transponder voorzien is. Gemeten verplaatsingen hebben alle dus plaatsgevonden op de betreffende natuurbrug (top en toelopen); verplaatsingen van de ene naar de andere natuurbrug zijn niet geregistreerd.

Tabel 7.15 *Het aantal hazelwormen dat op basis van hun biometrie individueel kon worden herkend, het aantal individuen waarvoor niet met zekerheid kon worden vastgesteld dat het nieuwe individuen waren ('onzeker'), het aantal terugvangsten en het aantal verschillende individuen dat is teruggevangen per natuurbrug per jaar.*

Deelgebied	2014	2015	2016	2017	2018	2020	Totaal
Natuurbrug Zwaluwenberg							
Aantal te herkennen individuen	2	8	18	17	11	34	90
Aantal onzeker	0	3	2	1	1	3	10
Aantal terugvangsten	0	0	5	0	1	14	20
Aantal teruggevangen individuen	0	0	4	0	1	7	12
Natuurbrug Hoorneboeg							
Aantal te herkennen individuen	-	-	-	8	15	71	94
Aantal onzeker	-	-	-	1	2	16	19
Aantal terugvangsten	-	-	-	0	3	15	18
Aantal teruggevangen individuen	-	-	-	0	2	10	12

Een streepje (–) betekent dat er in het betreffende deelgebied en jaar geen actie is ondernomen om dieren te vangen.

Van de hazelwormen die op Natuurbrug Zwaluwenberg konden worden herkend op basis van hun biometrie zijn er twaalf teruggevangen (Tabel 7.16). Zes hiervan zijn eenmaal teruggevangen, vier dieren zijn tweemaal teruggevangen en twee dieren zijn driemaal teruggevangen. De tijd die is verstreken tussen de eerste en laatste vangst varieerde tussen 3 en 76 dagen. De afstand die de dieren tussen de eerste en laatste vangst hebben afgelegd, varieerde tussen 0 en 370 m. Twee dieren zijn de natuurbrug gepasseerd. Eén dier is eerst op de oostelijke toeloop gevangen en teruggevangen op de noordelijke toeloop. Hemelsbreed heeft dit dier een afstand van 180 m afgelegd. Het tweede dier is voor het eerst gevangen op de noordelijke toeloop en teruggevangen op de oostelijke toeloop. Dit dier heeft hiermee een afstand overbrugd van minimaal 370 m. Eén dier heeft zich verplaatst van de westelijke toeloop naar de top van de natuurbrug. Een ander deed hetzelfde, maar dan in omgekeerde richting. Drie dieren zijn op de oostelijke toeloop gevangen en daar ook weer teruggevangen. Op de noordelijke toeloop zijn vijf dieren teruggevangen die daar ook voor het eerst waren gevangen. Een dier is voor het eerst gevangen op de top en daar, na enkele dagen, nog eens gevangen.

Van de hazelwormen die op Natuurbrug Hoorneboeg konden worden herkend op basis van hun biometrie zijn er twaalf teruggevangen (Tabel 7.16). Acht hiervan zijn eenmaal teruggevangen, drie dieren zijn tweemaal teruggevangen en een dier is viermaal teruggevangen. De tijd die is verstreken tussen de eerste en laatste vangst varieerde tussen 7 en 95 dagen. De afstand die de dieren tussen de eerste en laatste vangst hebben afgelegd, varieerde tussen 0 en 740 m. Vijf dieren zijn de natuurbrug gepasseerd. Drie hiervan zijn op de oostelijke toeloop gevangen en teruggevangen op de westelijke toeloop. Een vierde is eerst op de westelijke toeloop gevangen, daarna op de oostelijke toeloop en vervolgens op de top van de natuurbrug. Het vijfde dier maakte dezelfde tocht, maar dan in omgekeerde richting: van de top naar oost en vervolgens naar west. Hemelsbreed hebben deze twee dieren een afstand van respectievelijk 375 en 740 m afgelegd. Eén dier is op de oostelijke toeloop gevangen en daar ook weer teruggevangen. Op de westelijke toeloop zijn vijf dieren teruggevangen die daar ook voor het eerst waren gevangen. Eén dier is voor het eerst gevangen op de top en daar, na circa vier weken, nog eens gevangen.

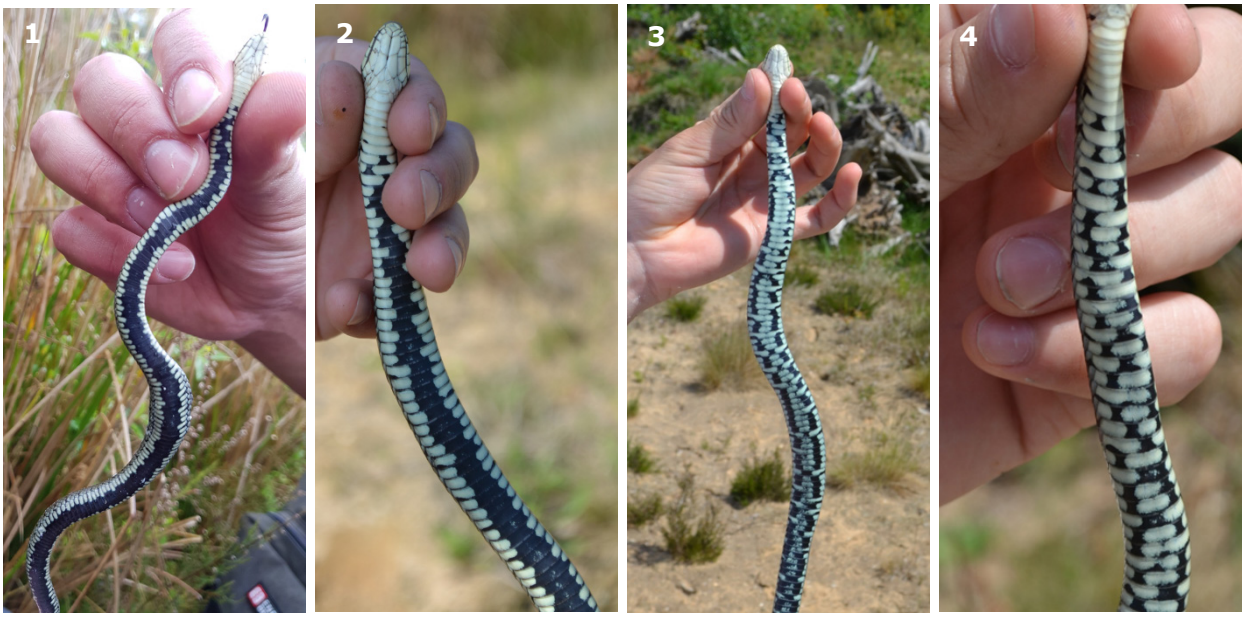
Tabel 7.16 *Geregistreerde verplaatsingen van hazelwormen die op basis van hun biometrie individueel te herkennen zijn op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg.*

				T1		T2		T3		T4		T1-T4				
ID	**G**	**L**	**D**	***T***	***A***	***T***	***A***	***T***	***A***	***T***	***A***	T^{tot}	A^{tot}	**V**	**P**	**R**
Natuurbrug Zwaluwenberg																
Z-2016-9	v	sa	13-7-16	16	40	-	-	-	-	-	-	16	40	2,5	Nee	O-O
Z-2016-10	v	sa	22-7-16	3	0	-	-	-	-	-	-	3	0	0,0	Nee	T-T
Z-2016-16	m	sa	1-8-16	28	10	-	-	-	-	-	-	28	10	0,4	Nee	O-O
Z-2016-17	m	sa	12-8-16	35	80	3	0	-	-	-	-	38	80	2,1	Nee	O-O
Z-2018-11	m	sa	19-6-18	23	0	-	-	-	-	-	-	23	0	0,0	Nee	N-N
Z-2020-1	v	a	29-4-20	19	60	28	40	29	270	-	-	76	370	4,9	Ja	N-O
Z-2020-3	v	a	4-5-20	3	180	-	-	-	-	-	-	3	180	60,0	Ja	O-N
Z-2020-4	v	sa	7-5-20	32	30	10	0	34	0	-	-	76	30	0,4	Nee	N-N
Z-2020-10	v	sa	15-6-20	3	60	-	-	-	-	-	-	3	60	20,0	Nee	N-N
Z-2020-12	v	a	1-7-20	12	140	14	100	-	-	-	-	26	240	9,2	Nee	W-T
Z-2020-14	v	a	12-7-20	11	130	62	80	-	-	-	-	73	210	2,9	Nee	T-W
Z-2020-22	m	sa	20-5-20	42	0	29	0	-	-	-	-	71	0	0,0	Nee	N-N
Natuurbrug Hoorneboeg																
H-2018-3	v	sa	20-4-18	5	40	9	0	-	-	-	-	14	40	2,9	Nee	W-W
H-2018-4	v	sa	23-4-18	23	0	-	-	-	-	-	-	23	0	0,0	Nee	W-W
H-2020-16	m	sa	4-6-20	14	190	14	185	-	-	-	-	28	375	13,4	Ja	W-O-T
H-2020-18	v	a	11-6-20	4	0	29	310	24	430	38	0	95	740	7,8	Ja	T-O-W
H-2020-22	v	sa	15-6-20	29	35	-	-	-	-	-	-	29	35	1,2	Nee	T-T
H-2020-39	v	sa	29-6-20	23	230	-	-	-	-	-	-	23	230	10,0	Ja	O-W
H-2020-49	v	sa	21-7-20	47	20	-	-	-	-	-	-	47	20	0,4	Nee	O-O
H-2020-51	v	a	21-7-20	2	0	7	0	-	-	-	-	9	0	0,0	Nee	W-W
H-2020-55	v	a	30-7-20	7	10	-	-	-	-	-	-	7	10	1,4	Nee	W-W
H-2020-59	m	sa	4-8-20	16	320	-	-	-	-	-	-	16	320	20,0	Ja	O-W
H-2020-64	m	a	31-8-20	14	350	-	-	-	-	-	-	14	350	25,0	Ja	O-W
H-2020-72	m	sa	6-7-20	17	10	-	-	-	-	-	-	17	10	0,6	Nee	W-W

Legenda:
ID = unieke code dier
G = geslacht (m=man; v=vrouw)
L = leeftijdscategorie (a=adult; sa=subadult)
D = datum eerste vangst van het dier
T1 = eerste terugvangst van het dier
T2 = tweede terugvangst van het dier
T3 = derde terugvangst van het dier
T4 = vierde terugvangst van het dier
T = tijd (in dagen) die is verstreken sinds vorige vangst
A = afstand (in meters) die is afgelegd sinds de vorige vangst
Ttot = de tijd (in dagen) die is verstreken tussen de eerste en laatste vangst
Atot = de totale afstand (in meters) die is afgelegd op basis van alle terugvangsten samen
V = verplaatsingssnelheid (m/dag)
P = passage van de natuurbrug van oost naar west of omgekeerd
R = richting van de beweging (T=top; O=toeloop oost; W=toeloop west; N=toeloop noord)

7.6.3.3 Ringslang: individuele herkenning op basis van buikpatronen

Over de gehele onderzoeksperiode (2014-2020) zijn er op de natuurbruggen zeventien verschillende ringslangen geregistreerd op basis van hun buikpatroon (Figuur 7.29). Twee dieren zijn eenmaal teruggevangen (Tabel 7.17). Het eerste teruggevangen dier betrof een ringslang die voor het eerst in mei 2017 op de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg is gevangen. Terugvangst vond plaats in mei 2018 op de top van dezelfde natuurbrug, circa 100 m vanaf de eerste vangplek. Het tweede teruggevangen dier betrof een ringslang die in juni 2020 op de top van Natuurbrug Zwaluwenberg is gevangen. Terugvangst vond een maand later plaats op de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg, hemelsbreed circa 800 m vanaf de eerste vangplek. Dit dier is dus het tussengebied gepasseerd en Natuurbrug Hoorneboeg overgestoken. Voor alle overige dieren geldt dat ze slechts eenmaal zijn gezien.



Figuur 7.29 *De buikpatronen van ringslangen verschillen per dier: (1) eerste vangst van ringslang R-2017-1 op de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg; (2) terugvangst van ringslang R-2017-1 boven op Natuurbrug Zwaluwenberg; (3) ringslang R-2018-1, gevangen op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg; (4) ringslang R-2018-3, gevangen op het brugdek van Natuurbrug Zwaluwenberg. © Foto 1: B. van der Meulen; Foto 2-4: B.-J. van Norel.*

Tabel 7.17 *Geregistreerde verplaatsingen van ringslangen die op basis van hun buikpatroon individueel konden worden herkend op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg.*

				T1		T2		T1+T2				
ID	**G**	**L**	**D**	***T***	***A***	***T***	***A***	T^{tot}	A^{tot}	**V**	**P**	**R**
Natuurbrug Zwaluwenberg												
R-2017-1	o	sa	12-5-17	367	100	-	-	367	100	0,3	Nee	N-T
R-2020-4	v	a	18-6-20	34	800	-	-	289	80	23,5	Ja	$T\text{-}W_{Hoorneboeg}$

ID = unieke code dier
G = geslacht (m=man; v=vrouw; o=onbekend)
L = leeftijdscategorie (a=adult; sa=subadult)
D = datum eerste vangst van het dier
T1 = eerste terugvangst van het dier
T2 = tweede terugvangst van het dier
T = tijd (in dagen) die is verstreken sinds vorige vangst
A = afstand (in meters) die is afgelegd sinds de vorige vangst
T^{tot} = de tijd (in dagen) die is verstreken tussen de eerste en laatste vangst
A^{tot} = de totale afstand (in meters) die is afgelegd op basis van alle terugvangsten samen
V = verplaatsingssnelheid (in m/dag)
P = passage van de natuurbrug van oost naar west of omgekeerd
R = richting van de beweging (T=top; O=toeloop oost; W=toeloop west; N=toeloop noord)

7.6.4 Toetsing functionaliteit natuurverbinding

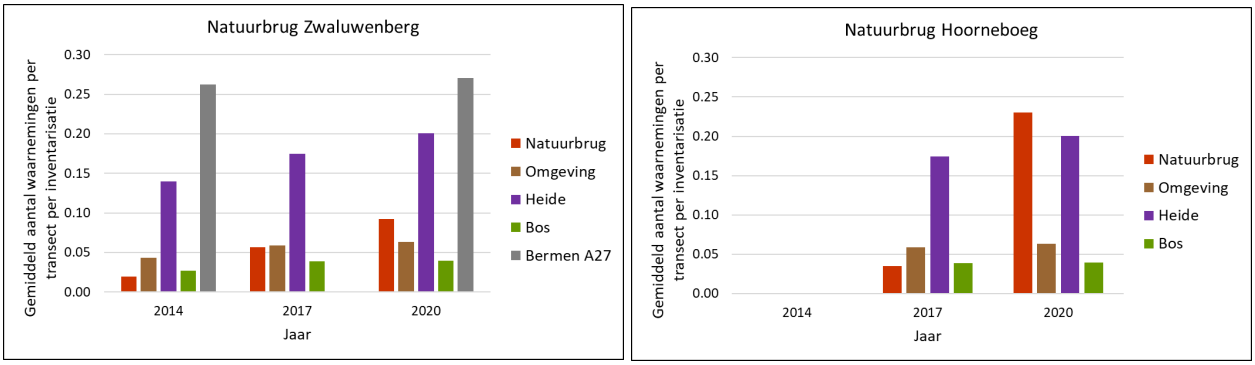
7.6.4.1 Abundantie

In 2014 is de abundantie van hazelworm op Natuurbrug Zwaluwenberg significant lager dan die in de heidegebieden en wegbermen, maar verschilt niet significant van die in de bosgebieden of de omgeving, d.w.z. de heide- en bosgebieden samen (Figuur 7.30; Bijlage 7). In 2017 is het beeld vergelijkbaar, met op de natuurbrug een significant lagere abundantie in vergelijking met de heidegebieden, maar geen significant verschil met de bosgebieden of de omgeving. In 2020 verandert dit beeld enigszins: de abundantie op de natuurbrug is nu wel significant hoger dan in de bosgebieden. In 2017 is de abundantie van hazelworm op Natuurbrug Hoorneboeg significant lager dan in de heidegebieden, maar verschilt niet significant van die in

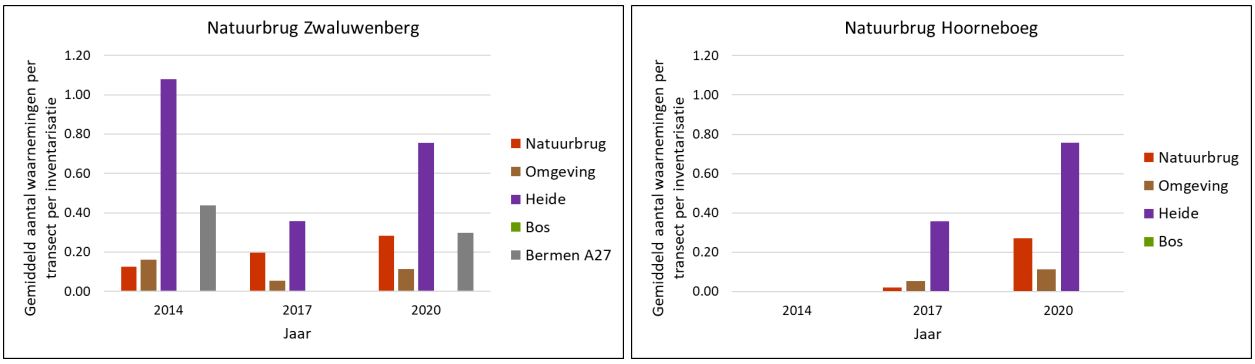
de bosgebieden of in de omgeving (Figuur 7.30; Bijlage 7). In 2020 is het beeld anders, met op de natuurbrug een significant hogere abundantie in vergelijking met zowel de bosgebieden als de omgeving, maar geen significant verschil met de heidegebieden.

In 2014 is de abundantie van levendbarende hagedis op Natuurbrug Zwaluwenberg significant lager dan in de heidegebieden en wegbermen, maar verschilt niet significant van die in de omgeving (Figuur 7.31; Bijlage 7). In 2017 verandert dit beeld, met op de natuurbrug nog steeds een significant lagere abundantie in vergelijking met de heidegebieden, maar een significant hogere abundantie in vergelijking met de omgeving. In 2020 zijn de verschillen in abundantie tussen de natuurbrug en de heidegebieden en de omgeving duidelijker. Daarentegen is er in dat jaar geen significant verschil in abundantie tussen de natuurbrug en de wegbermen. In 2017 is de abundantie van levendbarende hagedis op Natuurbrug Hoorneboeg significant lager dan in de heidegebieden en in de omgeving (Figuur 7.31; Bijlage 7). In 2020 is het beeld anders, met op de natuurbrug een significant hogere abundantie in vergelijking met de omgeving. In dat jaar is er nog steeds sprake van een significant lagere abundantie op de natuurbrug in vergelijking met de heidegebieden.

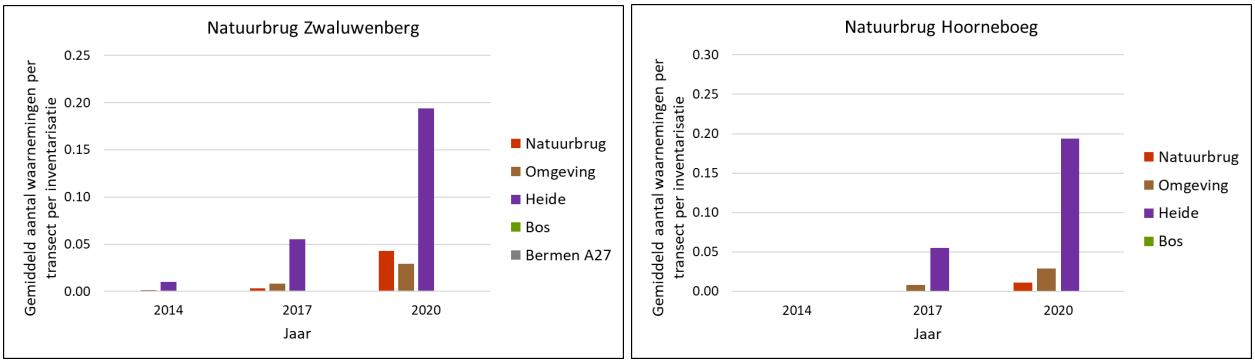
In 2014 zijn geen ringslangen waargenomen op Natuurbrug Zwaluwenberg. In dat jaar was de abundantie in de omgeving en heidegebieden laag. In 2017 is de abundantie van ringslang op de natuurbrug significant lager dan in de heidegebieden, maar is er geen significant verschil met de omgeving (Figuur 7.32; Bijlage 7). In 2020 is het beeld vergelijkbaar. In 2017 zijn er geen ringslangen waargenomen op Natuurbrug Hoorneboeg. In 2020 is de abundantie van ringslang op de natuurbrug significant lager in vergelijking met zowel de heidegebieden als de omgeving (Figuur 7.32; Bijlage 7).



Figuur 7.30 *Per jaar het gemiddelde aantal waarnemingen van hazelworm per transect per inventarisatie op de natuurbrug, in de omgeving (alle transecten in de brongebieden samen), in alleen heide/schraalgrasland, in bos en in de wegbermen van rijksweg A27.*



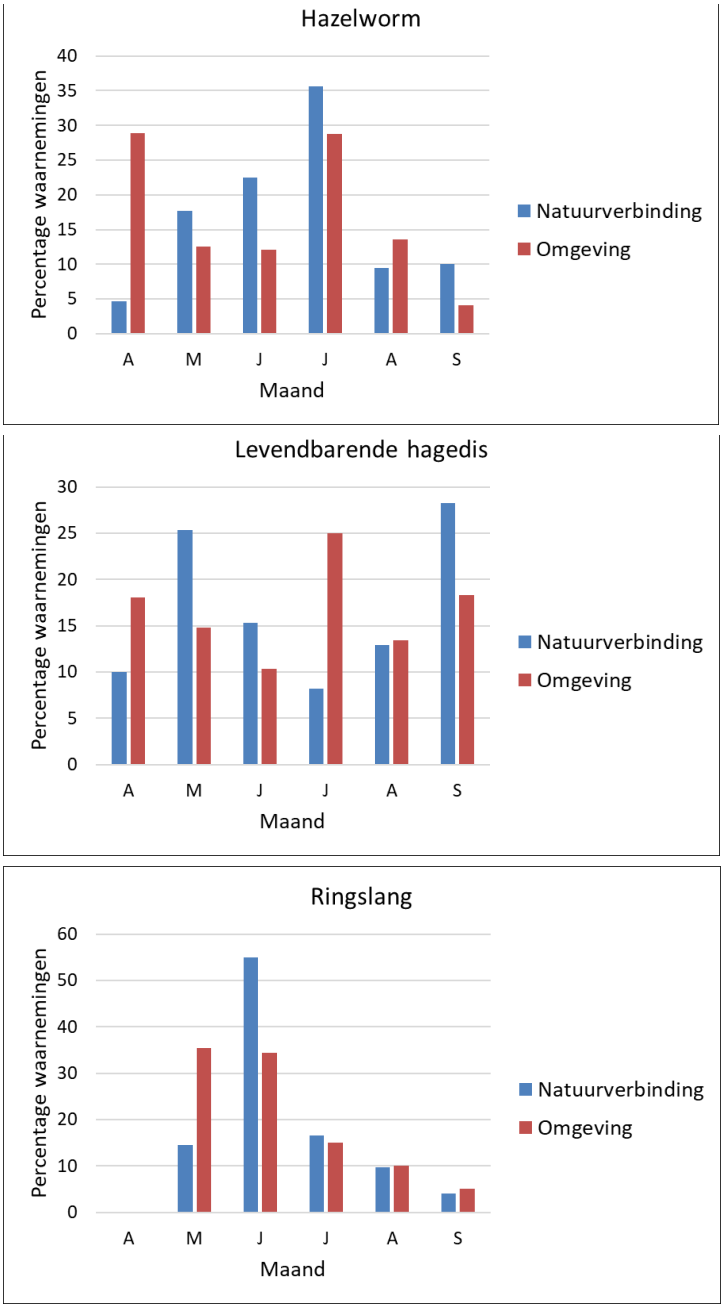
Figuur 7.31 *Per jaar het gemiddelde aantal waarnemingen van levendbarende hagedis per transect per inventarisatie op de natuurbrug, in de omgeving (alle transecten in de brongebieden samen), in alleen heide/schraalgrasland, in bos en in de wegbermen van rijksweg A27.*



Figuur 7.32 *Per jaar het gemiddelde aantal waarnemingen van ringslang per transect per inventarisatie op de natuurbrug, in de omgeving (alle transecten in de brongebieden samen), in alleen heide/schraalgrasland, in bos en in de wegbermen van rijksweg A27.*

7.6.4.2 Verdeling waarnemingen over de meetperiode

In 2020 zijn er voor zowel hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang duidelijke verschillen in de procentuele verdeling van de waarnemingen over de maanden, zowel in de natuurverbinding als in de omgeving (Figuur 7.33). Vergelijken we de verdeling van waarnemingen over de maanden in de natuurverbinding met die in de omgeving, dan zien we dat die voor zowel hazelworm (Chi2=30,0; df=5; p<0,001) als levendbarende hagedis (Chi2=42,0; df=5; p<0,001) significant van elkaar verschillen. Het opvallendste verschil voor hazelworm is dat deze soort in april relatief vaak in de omgeving is waargenomen, maar nauwelijks in de natuurverbinding. Het opvallendste verschil voor levendbarende hagedis is dat deze soort in juli relatief vaak in de omgeving is waargenomen, maar in de natuurverbinding dan juist het minst. Voor ringslang is geen verschil in de verdeling van de waarnemingen over de maanden aangetoond tussen de natuurverbinding en de omgeving (Chi2=6,1; df=5; p=0,298), hoewel ook hier wel enige verschillen bestaan in de maanden mei en juni.



Figuur 7.33 *Procentuele verdeling van de waarnemingen van hazelworm (n=224), levendbarende hagedis (n=511) en ringslang (n=87) over de maanden van de meetperiode in de natuurverbinding en in de omgeving.*

7.6.4.3 Geslachtsverhouding

Minimaal drie jaar na de opening van de natuurbruggen is de geslachtsverhouding van hazelworm in de natuurverbinding 1:1,7 (Tabel 7.18). Er zijn hier dus bijna tweemaal zoveel vrouwen als mannen geregistreerd. In de omgeving is dit verschil nog groter, met ruim driemaal zoveel registraties van vrouwen als van mannen. Er is echter geen sprake van een statistisch significant verschil tussen de geslachtsverhouding in de natuurverbinding en die in de omgeving (Tabel 7.19).

Minimaal drie jaar na de opening van de natuurbruggen is de geslachtsverhouding van levendbarende hagedis in de natuurverbinding 1:1,1 (Tabel 7.18). Er zijn hier dus min of meer net zoveel vrouwen als mannen geregistreerd. In de omgeving is dit ook het geval, met een geslachtsverhouding van 1:1,0. Er is geen significant verschil tussen de geslachtsverhouding in de natuurverbinding en die in de omgeving (Tabel 7.19).

Minimaal drie jaar na de opening van de natuurbruggen is de geslachtsverhouding van ringslang in de natuurverbinding 1:6,0 (Tabel 7.18). Er zijn hier dus zesmaal zoveel vrouwen als mannen geregistreerd. In de omgeving is dit niet het geval, met een geslachtsverhouding van 1:0,5. Statistische toetsing van het verschil tussen de natuurverbinding en de omgeving was niet mogelijk door een te kleine steekproef (Tabel 7.19).

Tabel 7.18 *Per soort de gemiddelde geslachtsverhouding, uitgedrukt in het aantal vrouwen per man, in de natuurverbinding (beide natuurbruggen samen) en in de omgeving (brongebieden Oost, West, Noord) per maand. De waarden voor de natuurverbinding zijn gebaseerd op de registraties die minimaal drie jaar na de opening van Natuurbrug Zwaluwenberg (dus de jaren 2017, 2018 en 2020) en de opening van Natuurbrug Hoorneboeg (2020) zijn gedaan. De waarden voor de omgeving zijn gebaseerd op de periode 2014-2020. N = het aantal waarnemingen waarop de geslachtsverhouding (alle maanden) is gebaseerd.*

Maand	Natuurverbinding	Omgeving
Hazelworm		
April	1,5	1,0
Mei	2,2	0,9
Juni	1,8	3,8
Juli	1,7	6,7
Augustus	0,6	6,4
September	0,8	7,0
Alle maanden	*1,7*	*3,4*
N	*169*	*203*
Levendbarende hagedis		
April	0,6	0,2
Mei	1,3	0,8
Juni	1,4	1,1
Juli	0,9	1,8
Augustus	2,0	1,2
September	1,3	0,7
Alle maanden	*1,1*	*1,0*
N	*232*	*324*
Ringslang		
April	-	-
Mei	3,0	0,7
Juni	-	0,5
Juli	-	0,4
Augustus	-	0,0
September	0,0	0,5
Alle maanden	*6,0*	*0,5*
N	*14*	*43*

Een streepje (–) betekent dat er in het betreffende deelgebied en maand geen dieren waargenomen zijn, het geslacht van waargenomen dieren niet is bepaald of de geslachtsverhouding niet kon worden berekend, omdat alleen vrouwelijke dieren zijn geregistreerd.

Tabel 7.19 *Het gemiddelde verschil (M) in de geslachtsverhouding van de soorten tussen Natuurverbinding Zwaluwenberg en de omgeving, uitgedrukt in het aantal vrouwen per man. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurverbinding en de omgeving. * = er is een significant verschil.*

Maand	M	*s.e.*	*t*	*df*	*P*
Hazelworm	-2,862	1,340	-2,13	5	0,086
Levendbarende hagedis	0,279	0,244	1,14	5	0,305
Ringslang	-0,89	-	-	-	-

7.6.4.4 Leeftijdsverdeling

Minimaal drie jaar na de opening van de natuurbruggen zijn er in de natuurverbinding gemiddeld 20% meer subadulte/juveniele hazelwormen geregistreerd dan adulte dieren (Tabel 7.20). In de omgeving zijn daarentegen 150% meer adulte hazelwormen waargenomen dan subadulten/juvenielen. Dit betekent dat er in vergelijking met de omgeving gemiddeld driemaal meer subadulten/juvenielen per adult zijn geregistreerd in de natuurverbinding. Dit verschil is statistisch significant (Tabel 7.21). Voor de levendbarende hagedis zien we een dergelijk verschil niet. Zowel in de natuurverbinding als in de omgeving zijn gemiddeld 67% meer adulten waargenomen dan subadulten/juvenielen. Voor de ringslang geldt dat er gemiddeld 20% meer subadulten/juvenielen per adult zijn geregistreerd in de natuurverbinding. Voor de omgeving betreft dit 50%. Of hier sprake is van een significant verschil tussen de natuurverbinding en de omgeving kon niet worden getoetst door een te kleine steekproef.

Tabel 7.20 *Per soort de gemiddelde leeftijdsverdeling, uitgedrukt in het aantal subadulten en juvenielen per adult, in de natuurverbinding (beide natuurbruggen samen) en in de omgeving (brongebieden Oost, West, Noord) per maand. De waarden voor de natuurverbinding zijn gebaseerd op de registraties die minimaal drie jaar na de opening van Natuurbrug Zwaluwenberg (2017, 2018 en 2020) en Natuurbrug Hoorneboeg (2020) zijn gedaan. De waarden voor de omgeving zijn gebaseerd op de periode 2014-2020. N = het aantal waarnemingen waarop de leeftijdsverdeling (alle maanden) is gebaseerd.*

Maand	Natuurverbinding	Omgeving
Hazelworm		
April	0,6	0,0
Mei	0,8	0,5
Juni	1,3	0,8
Juli	1,5	0,2
Augustus	1,1	0,3
September	1,8	0,6
Alle maanden	*1,2*	*0,4*
N	*211*	*232*
Levendbarende hagedis		
April	0,5	0,6
Mei	0,7	0,6
Juni	0,3	0,7
Juli	0,3	0,4
Augustus	1,2	0,5
September	1,6	0,8
Alle maanden	*0,6*	*0,6*
N	*603*	*662*
Ringslang		
April	-	1,0
Mei	1,3	0,9
Juni	1,4	2,3
Juli	1,0	1,3
Augustus	0,0	1,7
September	-	-
Alle maanden	*1,2*	*1,5*
N	*38*	*86*

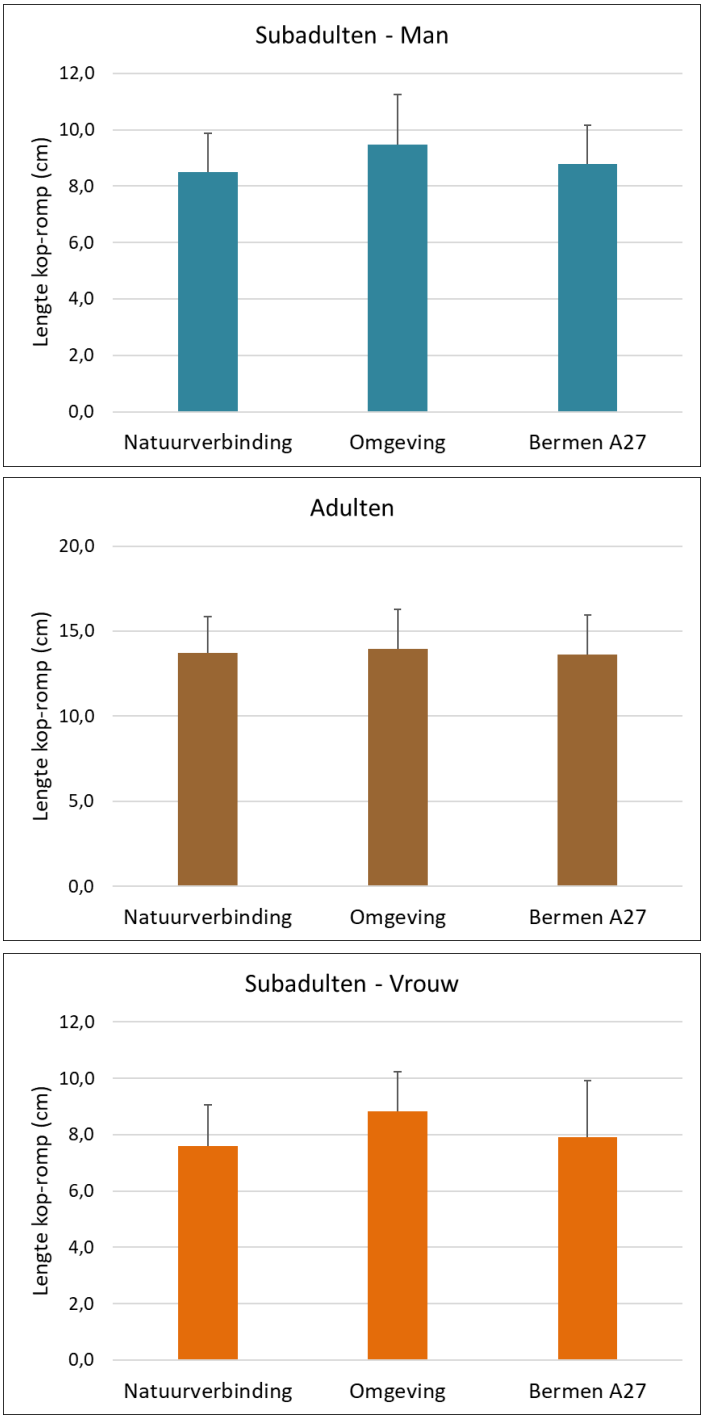
Een streepje (–) betekent dat er in het betreffende deelgebied en maand geen dieren waargenomen zijn, de leeftijd van waargenomen dieren niet is bepaald of de leeftijdsverdeling niet kon worden berekend, omdat alleen subadulte en/of juveniele dieren zijn geregistreerd.

Tabel 7.21 *Gemiddelde verschil (M) in de leeftijdsverdeling van de soorten tussen Natuurverbinding Zwaluwenberg en de omgeving, uitgedrukt in het aantal subadulten/juvenielen per adult. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurverbinding en de omgeving. * = er is een significant verschil.*

Soort	**M**	***s.e.***	***t***	***df***	***P***
Hazelworm	0,8117	0,1711	4,74	5	0,005*
Levendbarende hagedis	0,1670	0,1883	0,89	5	0,416
Ringslang	0,6000	-	-	-	-

7.6.4.5 Biometrie hazelworm

De gemiddelde kop-romplengte van adulte hazelwormen in de natuurverbinding, minimaal drie jaar na de opening van de natuurbruggen, is 13,7 cm. In de omgeving en wegbermen is dit respectievelijk 13,6 en 13,9 cm. De kop-romplengte van subadulte mannen in de natuurverbinding is gemiddeld 8,5 cm. In de omgeving en wegbermen is dit respectievelijk 9,5 en 8,8 cm. De kop-romplengte van subadulte vrouwen in de natuurverbinding is gemiddeld 7,6 cm. In de omgeving en wegbermen is dit respectievelijk 8,8 en 7,9 cm.



Figuur 7.34 *Gemiddelde kop-romplengte van adulten (n=413) en subadulten (man, n=48; vrouw, n=129) van hazelworm per deelgebied. Voor de natuurverbinding betreft het de waarnemingen op Natuurbrug Zwaluwenberg en die op Natuurbrug Hoorneboeg. Voor de natuurbruggen betreft het uitsluitend de meetjaren die minimaal drie jaar na de opening van de betreffende brug zijn gedaan. Voor de omgeving en de bermen van de rijksweg A27 betreft het alle meetjaren. Het gemiddelde is gebaseerd op alle dieren waarvan de kop-romplengte is gemeten, dus zowel waarnemingen die tijdens de transect-inventarisaties zijn gedaan, incidentele waarnemingen als waarnemingen die tijdens het wegvangen van hazelwormen in de wegbermen zijn gedaan. De foutbalken geven de standaarddeviatie.*

Er is geen significant verschil gevonden tussen de kop-romplengte van adulte hazelwormen in de natuurverbinding en die in de omgeving of de wegbermen van de A27 (Figuur 7.34; Tabel 7.22). Datzelfde geldt voor subadulte, mannelijke dieren. Voor subadulte, vrouwelijke dieren is er eveneens geen significant verschil in kop-romplengte tussen de natuurverbinding en de wegbermen, maar wel tussen de natuurverbinding en de omgeving. Subadulte vrouwen in de natuurverbinding zijn gemiddeld 1,2 cm kleiner dan die in de omgeving.

Tabel 7.22 *Gemiddelde verschil in de kop-romplengte van adulte en subadulte hazelwormen tussen Natuurverbinding Zwaluwenberg, de omgeving (brongebieden Oost, West, Noord) en de wegbermen van de A27. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurverbinding en de referentiegebieden. Voor de subadulten zijn mannen en vrouwen apart getest, omdat er een significant verschil in de kop-romplengte tussen de geslachten is aangetoond. * = er is een significant verschil.*

Maand	Gemiddelde verschil met de natuurverbinding	*s.e.*	*t*	*df*	*P*
Adulten					
Omgeving	-0,218	0,278	-0,78	326	0,434
Wegbermen A27	-0,083	0,334	-0,25	176	0,804
Subadulten - man					
Omgeving	-0,981	0,518	-1,89	37	0,066
Wegbermen A27	-0,304	0,533	-0,57	33	0,573
Subadulten - vrouw					
Omgeving	-1,227	0,306	-4,00	87	<0,001*
Wegbermen A27	-0,326	0,387	-0,84	71	0,402

7.6.5 Effect op levensvatbaarheid populaties

7.6.5.1 Levensvatbaarheid populaties binnen het studiegebied

Hazelworm

In de 'versnipperde' situatie, dus de situatie zonder Natuurverbinding Zwaluwenberg, verschillen de leefgebieden aan weerszijden van de infrastructuur in duurzaamheid. De leefgebieden aan de westzijde van de infrastructuur (Hoorneboegse Heide, Zwarte Bergen, Einde Gooi e.o.) zijn dan geclassificeerd als *niet-duurzaam*, terwijl die aan de oostzijde (De Zuid-Erfgooiersbos, Maartendijkse Bos, Hilversums Wasmeer, e.o.) zijn geclassificeerd als *duurzaam*. In de 'ontsnipperde' situatie is het beeld significant anders: beide leefgebieden gaan dan deel uitmaken van een groot, aaneengesloten leefgebied op de Heuvelrug en in Het Gooi dat *sterk duurzaam* is. Voor de populaties aan de westzijde van de infrastructuur is de natuurverbinding dus onmisbaar om te kunnen voortbestaan. Voor de populaties aan de oostzijde betekent de natuurverbinding dat de kans op overleving aanmerkelijk toeneemt.

De hazelworm is frequent op beide natuurbruggen in de natuurverbinding aangetroffen. En dit gebruik lijkt jaarlijks toe te nemen (zie Paragraaf 7.6.1 en 7.6.2). Individuen blijken in staat om een natuurbrug in zijn geheel te passeren (zie Paragraaf 7.6.3). Uitwisseling van individuen tussen de brongebieden aan weerszijden van de infrastructuur, waarbij de gehele natuurverbinding is gepasseerd, is echter nog niet vastgesteld. Er zijn ook geen aanwijzingen dat dieren die op een van de natuurbruggen zijn aangetroffen, de andere natuurbrug hebben bereikt. Er lijkt dus (nog) geen sprake te zijn van uitwisseling tussen de populaties in beide brongebieden. Dit wordt bevestigd door de uitkomsten van het genetisch onderzoek (zie Paragraaf 8.5.1.1 en Figuur 8.5): de genetische verschillen tussen de hazelwormen op respectievelijk Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg indiceren dat er nog geen of weinig individuen zijn uitgewisseld tussen beide natuurbruggen. Op basis van deze bevindingen concluderen we dat de natuurverbinding op dit moment nog niet voldoende goed functioneert om de met het model LARCH berekende levensvatbaarheid van de populaties na ontsnippering te kunnen bewerkstelligen.

Levendbarende hagedis
In de versnipperde situatie verschillen de leefgebieden aan weerszijden van de infrastructuur in duurzaamheid. De leefgebieden aan de westzijde van de infrastructuur (Hoorneboegse Heide e.o.) zijn dan geclassificeerd als *duurzaam*, terwijl die aan de oostzijde (Hilversums Wasmeer e.o.) zijn geclassificeerd als *te klein* of *niet-duurzaam*. Ook de leefgebieden die ten noorden van de natuurverbinding tussen de rijksweg A27 en de spoorweg liggen (Laapersheide e.o.), zijn als *niet-duurzaam* geclassificeerd. In de ontsnipperde situatie is het beeld anders: het leefgebied aan de westzijde blijft duurzaam, maar die aan de oost- en noordzijde veranderen van *niet-duurzaam* naar *duurzaam*. Voor de populaties van levendbarende hagedis in de Laapersheide en het Hilversums Wasmeer is de natuurverbinding dus onmisbaar om te kunnen voortbestaan. Voor de populaties in en rond de Hoorneboegse Heide betekent de natuurverbinding dat de kans op overleving wel enigszins toeneemt, maar niet in die mate dat hier een verschuiving plaatsvindt van *duurzaam* naar *sterk duurzaam* leefgebied.

De levendbarende hagedis is frequent op beide natuurbruggen in de natuurverbinding aangetroffen. En net als bij de hazelworm lijkt dit gebruik jaarlijks toe te nemen (zie Paragraaf 7.6.1 en 7.6.2). De uitkomsten van het genetisch onderzoek laten zien dat de dieren beide natuurbruggen weten te passeren (zie Paragraaf 8.5.2.1 en Figuur 8.7 en 8.8). Daarnaast zijn er aanwijzingen dat er uitwisseling is tussen de deelpopulaties op beide natuurbruggen. Deze deelpopulaties zijn na enkele jaren, hoewel nog niet identiek, genetisch meer op elkaar gaan lijken. Dat geldt niet voor de deelpopulaties op de natuurbruggen en die in de brongebieden. Genetische verschillen tussen de deelpopulatie op Natuurbrug Zwaluwenberg en die in het Hilversums Wasmeer zijn niet afgenomen. Datzelfde geldt voor de deelpopulatie op Natuurbrug Hoorneboeg en die van de Hoorneboegse Heide. Op basis van deze bevindingen concluderen we dat de natuurverbinding op dit moment nog niet voldoende goed functioneert om de berekende levensvatbaarheid van de populaties na ontsnippering te kunnen bewerkstelligen.

7.6.5.2 Levensvatbaarheid populaties binnen de natuurverbinding

Hazelworm
In 2020 zijn er binnen de natuurverbinding 26 vrouwelijke dieren geregistreerd die individueel herkenbaar waren omdat ze van een transponder waren voorzien, of op basis van hun uiterlijke kenmerken. De fractie aan terugvangsten varieerde tijdens de 38 uitgevoerde inventarisaties van 0 tot 1 en was gemiddeld 0,22. Op basis hiervan is de populatiegrootte in 2020 ruwweg geschat op 118 RE. Hiermee is de drempelwaarde voor een levensvatbare populatie niet gehaald. Dit benadrukt het belang om goede verbindingen te realiseren tussen de zich ontwikkelende populatie in de natuurverbinding en de populatiekernen van hazelworm in de omgeving, zoals die op de Hoorneboegse Heide en in het Hilversums Wasmeer.

7.6.6 Gebruik natuurbruggen door reptielen elders in Nederland

Tot op heden zijn de bevindingen van systematische inventarisaties van reptielen op dertien natuurbruggen gepubliceerd, buiten die in Natuurverbinding Zwaluwenberg. Op al deze bruggen bleken reptielen aanwezig, hoewel niet altijd alle soorten die er konden worden verwacht. In Nederland zijn zes soorten reptielen op natuurbruggen waargenomen: hazelworm, levendbarende hagedis, zandhagedis, ringslang, gladde slang en adder. Van de inheemse soorten is dus alleen de muurhagedis nog niet op een natuurbrug geregistreerd.

Hazelworm is aangetroffen op zes van de tien natuurbruggen waar de soort werd verwacht (Tabel 7.23). Naast deze waarnemingen tijdens systematische inventarisaties is de hazelworm ook incidenteel waargenomen op de natuurbruggen Woeste Hoeve en Terlet (Struijk, 2011; Struijk & De Boer, 2011a). De natuurbruggen Zwaluwenberg en Hoorneboeg hebben een relatief hoge trefkans voor de hazelworm in vergelijking met andere natuurbruggen (Figuur 7.35). De trefkans op de natuurbruggen Huis ter Heide, Petrea, Beukbergen en Leusderheide is circa 0,1. Dit betekent dat de soort daar gemiddeld eenmaal per tien inventarisaties is waargenomen. De soort is aanmerkelijk vaker geregistreerd op de natuurbruggen Hulshorst en Hoog Buurlo, maar bereiken hier nog niet de trefkansen die binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg zijn gemeten. Natuurbrug Hoorneboeg is de enige locatie waar gemiddeld meer dan één hazelworm per inventarisatie is waargenomen. De abundantie van hazelworm binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg kan vergeleken worden met die op twee andere natuurbruggen: Beukbergen en Leusderheide. De abundantie-index van hazelworm voor Natuurbrug Zwaluwenberg is driemaal hoger dan die voor Beukbergen, maar lager

dan die voor Leusderheide. De abundantie-index van hazelworm voor Natuurbrug Hoorneboeg is hoger dan die voor zowel Beukbergen als Leusderheide (Figuur 7.36).

Levendbarende hagedis is aangetroffen op zes van de elf natuurbruggen waar de soort werd verwacht (Tabel 7.23). Naast deze waarnemingen tijdens systematische inventarisaties is de levendbarende hagedis ook incidenteel waargenomen op natuurbrug Terlet (Struijk, 2011). Ook voor de levendbarende hagedis geldt dat de trefkans het hoogst is op de natuurbruggen Zwaluwenberg en Hoorneboeg (Figuur 7.35). Vooral Zwaluwenberg springt er wat dat betreft uit, met gemiddeld drie tot vier waarnemingen per inventarisatie. Van alle natuurbruggen elders in Nederland is de trefkans op De Borkeld het hoogst, maar deze bereikt nog niet het niveau van gemiddeld één waarneming per inventarisatie. De abundantie van levendbarende hagedis binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg kan vergeleken worden met die op één andere natuurbrug: Zanderij Crailoo. De abundantie-index van levendbarende hagedis voor zowel Natuurbrug Zwaluwenberg als Natuurbrug Hoorneboeg is aanmerkelijk hoger (factor 25) dan die voor Zanderij Crailoo (Figuur 7.36).

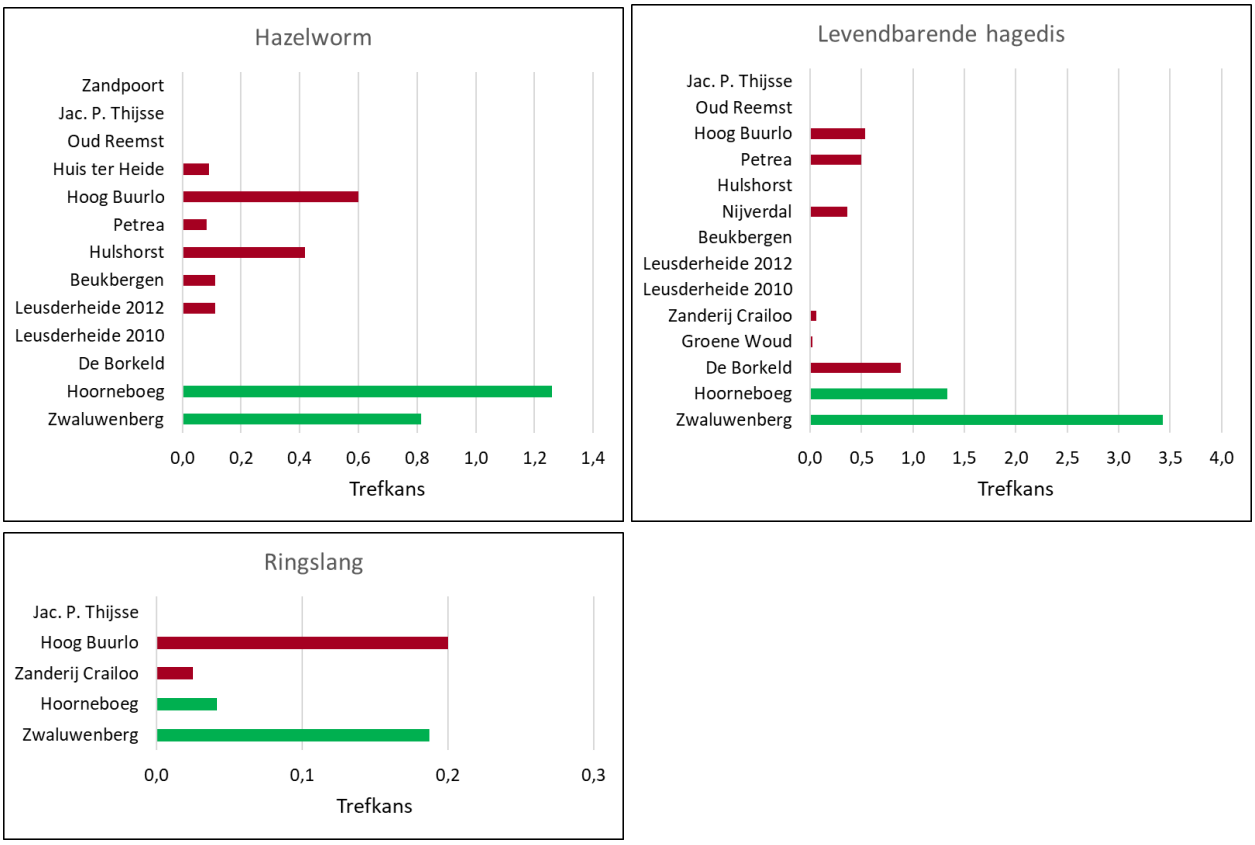
Zandhagedis is aangetroffen op negen van de tien natuurbruggen waar de soort werd verwacht (Tabel 7.23). De trefkans van de soort varieert op deze natuurbruggen tussen 0,03 (Zanderij Crailoo) en 3,80 (Leusderheide). Naast deze waarnemingen tijdens systematische inventarisaties is de zandhagedis ook incidenteel waargenomen op natuurbrug Terlet (Struijk, 2011).

Ringslang is aangetroffen op twee van de drie natuurbruggen waar de soort werd verwacht (Tabel 7.23). Naast deze waarnemingen tijdens systematische inventarisaties is de ringslang ook incidenteel waargenomen op de natuurbruggen Harm van de Veen en Terlet (Struijk, 2011; Anoniem, 2015). De soort is ook waargenomen tijdens inventarisaties op Natuurbrug Wolfheze, maar deze cijfers zijn nog niet gepubliceerd (RAVON, ongepubliceerde gegevens). De trefkans is het grootst op natuurbrug Hoog Buurlo en Zwaluwenberg (Figuur 7.35), waar de soort gemiddeld eenmaal per vijf inventarisaties is waargenomen. Op natuurbruggen Zanderij Crailoo en Hoorneboeg zijn er gemiddeld respectievelijk 40 en 24 inventarisaties nodig om de soort te registreren. De abundantie van ringslang binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg kan vergeleken worden met die op één andere natuurbrug: Zanderij Crailoo. De abundantie-index van ringslang voor zowel Natuurbrug Zwaluwenberg als Natuurbrug Hoorneboeg is hoger dan die voor Zanderij Crailoo. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg is het verschil een factor 6, voor Natuurbrug Hoorneboeg is dit een factor 1,5 (Figuur 7.36).

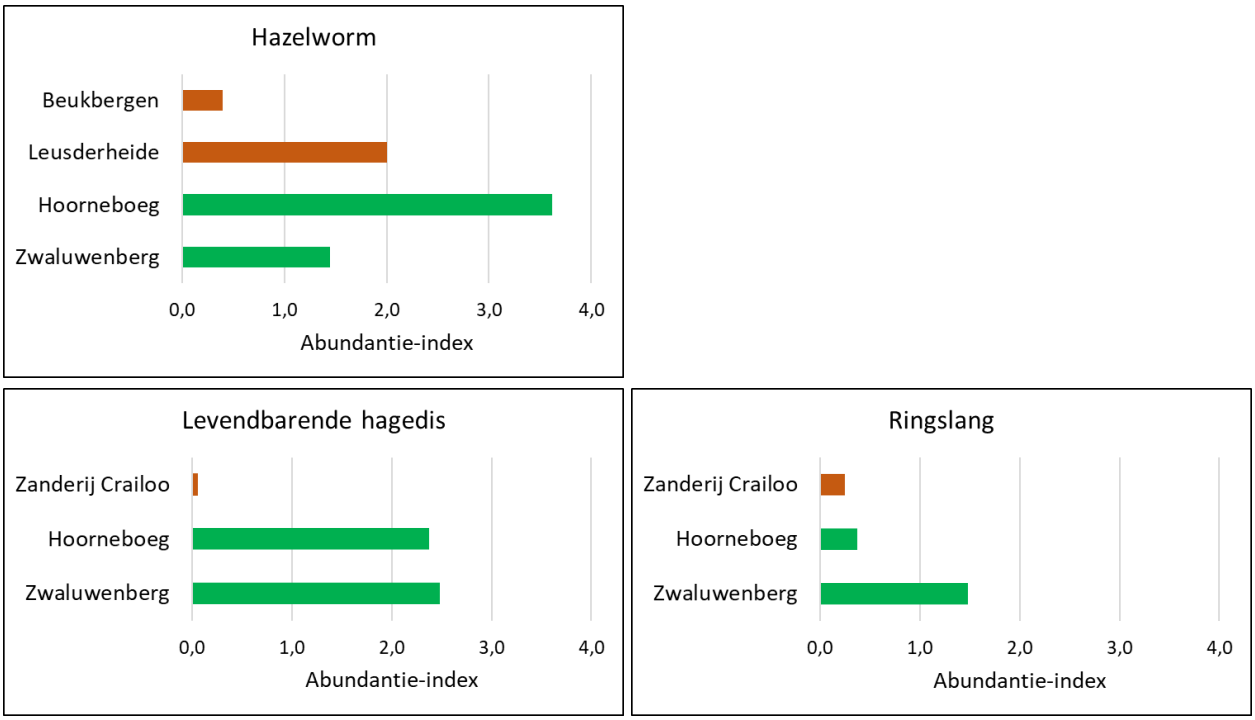
Gladde slang en adder zijn beide eenmaal aangetroffen op natuurbrug Oud Reemst (Tabel 7.23). De trefkans voor beide soorten is hier 0,1. Beide soorten werden niet op andere ecoducten verwacht. Naast deze waarnemingen tijdens systematische inventarisaties is de gladde slang ook incidenteel waargenomen op natuurbrug Terlet (Struijk & De Boer, 2011b). De soort is ook waargenomen tijdens inventarisaties op Natuurbrug Wolfheze, maar deze cijfers zijn nog niet gepubliceerd (RAVON, ongepubliceerde gegevens).

Tabel 7.23 *Waarnemingen van reptielen op natuurbruggen in Nederland. Het betreft uitsluitend de bevindingen van studies waarin systematische inventarisaties op de natuurbrug (en toelopen) zijn uitgevoerd.*

Natuurbrug	Provincie	Jaar van onderzoek	Aantal inventarisaties	Aantal registraties van de soort	Bron
Hazelworm					
De Borkeld	OV	2006-2007	26	0	Brandjes et al., 2007
Leusderheide	UT	2010	10	0	Kreeftenberg, 2010
Leusderheide	UT	2012	9	1	De Keijzer et al., 2013
Beukbergen	UT	2012	9	1	De Keijzer et al., 2013
Hulshorst	GL	2013	12	5	Emond & Brandjes, 2014b
Petrea	GL	2013	12	1	Emond & Brandjes, 2014c
Hoog Buurlo	GL	2013	15	9	Emond & Brandjes, 2014d
Huis ter Heide	UT	2014	11	1	Emond & Brandjes, 2015c
Jac. P. Thijsse	GL	2014	9	0	Emond & Brandjes, 2015a
Oud Reemst	GL	2014	10	0	Emond & Brandjes, 2015b
Zandpoort	NH	2014-2016	12-18	0	Van der Spek et al., 2017a;b
Levendbarende hagedis					
De Borkeld	OV	2006-2007	26	23	Brandjes et al., 2007
Groene Woud	NB	2006-2008	193	4	Van der Grift et al., ongepubl.
Zanderij Crailoo	NH	2007-2008	119	7	Van der Grift et al., 2009
Leusderheide	UT	2010	10	0	Kreeftenberg, 2010
Leusderheide	UT	2012	9	0	De Keijzer et al., 2013
Beukbergen	UT	2012	9	0	De Keijzer et al., 2013
Nijverdal	OV	2013	11	4	Emond & Brandjes, 2014a
Hulshorst	GL	2013	12	0	Emond & Brandjes, 2014b
Petrea	GL	2013	12	6	Emond & Brandjes, 2014c
Hoog Buurlo	GL	2013	15	8	Emond & Brandjes, 2014d
Oud Reemst	GL	2014	10	0	Emond & Brandjes, 2015b
Jac. P. Thijsse	GL	2014	9	0	Emond & Brandjes, 2015a
Zandhagedis					
Leusderheide	UT	2006	7	0	Brandjes et al., 2006
Leusderheide	UT	2010	10	38	Kreeftenberg, 2010
Leusderheide	UT	2012	9	4	De Keijzer et al., 2013
Zanderij Crailoo	NH	2007-2008	119	3	Van der Grift et al., 2009
Beukbergen	UT	2012	9	0	De Keijzer et al., 2013
Nijverdal	OV	2013	11	1	Emond & Brandjes, 2014a
Petrea	GL	2013	12	3	Emond & Brandjes, 2014c
Hoog Buurlo	GL	2013	15	3	Emond & Brandjes, 2014d
Jac. P. Thijsse	GL	2014	9	3	Emond & Brandjes, 2015a
Oud Reemst	GL	2014	10	1	Emond & Brandjes, 2015b
Huis ter Heide	UT	2014	11	18	Emond & Brandjes, 2015c
Zandpoort	NH	2014-2016	12-18	1	Van der Spek et al., 2017a;b
Ringslang					
Zanderij Crailoo	NH	2007-2008	119	3	Van der Grift et al., 2009
Hoog Buurlo	GL	2013	15	3	Emond & Brandjes, 2014d
Jac. P. Thijsse	GL	2014	9	0	Emond & Brandjes, 2015a
Gladde slang					
Oud Reemst	GL	2014	10	1	Emond & Brandjes, 2015b
Adder					
Oud Reemst	GL	2014	10	1	Emond & Brandjes, 2015b



Figuur 7.35 *Trefkans van de hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang voor Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg (groen) en voor natuurbruggen elders in Nederland (rood), waar deze soorten werden verwacht.*



Figuur 7.36 *Abundantie-index van de hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang voor Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg (groen) en voor natuurbruggen elders in Nederland (bruin), waar behalve op de natuurbrug ook op referentieplekken in de omgeving is gemeten.*

7.6.7 Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor reptielen

7.6.7.1 Kansen voor optimalisaties op de natuurbruggen

Op beide natuurbruggen zijn plekken aan te wijzen waar reptielen niet of aanmerkelijk minder zijn waargenomen. Voor een groot deel van deze plekken geldt dat deze evident minder geschikte habitat bieden aan reptielen, bijvoorbeeld door het ontbreken van een kruidlaag of de aanwezigheid van bos. Door kleinschalige herinrichting van deze plekken en/of beheeringrepen kan de natuurverbinding naar verwachting dan ook voor reptielen worden geoptimaliseerd.

Natuurbrug Zwaluwenberg

Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn reptielen in bijna alle sectoren – 62 van de 64 – geregistreerd (zie Paragraaf 7.6.1.7 en Figuur 7.20). Op de top van de natuurbrug is per sector gemiddeld 1,9% van alle waarnemingen gedaan. Hier is alleen in de sectoren 1 en 12 minder dan 1% van alle waarnemingen geregistreerd. Een duidelijke oorzaak voor de lagere aantallen in deze sectoren is niet te geven: de vegetatie is niet wezenlijk anders dan die in de aanliggende sectoren.

Op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg is per sector gemiddeld 1,3% van alle waarnemingen gedaan. Hier zijn zeven sectoren waar minder dan 1% van de waarnemingen is gedaan. Voor vier van deze sectoren – sector 3, 4, 6 en 8 – lijkt dit verband te houden met een groter aantal plekken waar nog weinig of geen goed ontwikkelde kruidlaag aanwezig is. De overige sectoren met relatief weinig waarnemingen – sector 14, 15 en 16 – liggen aan de voet van de toeloop. Deze sectoren liggen voor het merendeel in de bospercelen met veel naaldhout die bij de aanleg van de natuurbrug zijn gehandhaafd. Het lagere aantal waarnemingen reflecteert hier dus vooral het verschil in habitatkwaliteit voor reptielen tussen het halfopen terrein op het grondlichaam van de toeloop en het gesloten bosgebied.

Op de westelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg is per sector gemiddeld 1,9% van alle waarnemingen gedaan. Het aantal waarnemingen op deze toeloop is dus vergelijkbaar met het aantal dat op de top van de natuurbrug is gedaan. Toch zijn hier zes sectoren waar minder dan 1% van alle waarnemingen is gedaan. Deze sectoren – 1, 2, 3, 4, 5 en 7 – liggen alle aan de voet van de westelijke toeloop. Een groot deel hiervan ligt binnen het bos dat hier bij de aanleg van de natuurbrug is gehandhaafd en minder geschikte habitat is voor reptielen. Een ander deel van deze sectoren ligt binnen open terrein waar heidevegetatie wordt nagestreefd, maar waar dat vegetatietype maar moeilijk tot ontwikkeling komt, naar verwachting mede als gevolg van beschaduwing door de naastgelegen oude beukenlaan en de dikke strooisellaag die hier door bladval van deze beuken aanwezig is. Dekking biedende structuren, zoals een stobbenwal, ontbreken hier.

Op de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg is per sector gemiddeld 1,2% van alle waarnemingen gedaan. Relatief is dit een hoog percentage, omdat bedacht moet worden dat hier, in tegenstelling tot de top en andere toelopen, geen vier, maar twee transecten zijn geïnventariseerd. Er zijn op deze toeloop echter grote verschillen tussen de sectoren. In twee sectoren – 15 en 16 – aan de voet van deze toeloop zijn over alle jaren geen reptielen aangetroffen. Deze sectoren liggen in een gesloten bosstrook met weinig ondergroei of andere vormen van dekking op de bosbodem. Daarnaast zijn er nog zeven sectoren waar minder dan 1% van de waarnemingen is gedaan. Vier hiervan – sector 11, 12, 13 en 14 – liggen eveneens aan de voet van de toeloop binnen het daar gehandhaafde bos. De andere drie sectoren – 1, 2 en 3 – sluiten aan op de top van de natuurbrug. De heidevegetatie is hier wel tot ontwikkeling gekomen, maar heeft nog weinig structuur, en een stobbenwal ontbreekt (Figuur 7.37).

Figuur 7.37 *De noordelijke toeloop, gezien vanaf het zuiden, kort na de opening van de natuurbrug in februari 2014 (links), en ruim vijf jaar later in oktober 2019 (rechts). © Foto's: E. van der Grift.*

Natuurbrug Hoorneboeg
Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn reptielen eveneens in bijna alle sectoren – 43 van de 48 – geregistreerd (zie Paragraaf 7.6.2.7 en Figuur 7.27). Op de top van de natuurbrug is per sector gemiddeld 2,4% van alle waarnemingen gedaan. Hier is alleen in sector 3 en 14 minder dan 1% van alle waarnemingen geregistreerd. Een duidelijke oorzaak voor de lagere aantallen in deze sectoren is niet te geven: de vegetatie is niet wezenlijk anders dan die in de aanliggende sectoren.

Op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg is per sector gemiddeld 1% van alle waarnemingen gedaan. Hier zijn slechts zes sectoren die bovengemiddeld scoren, dus waar meer dan 1% van alle waarnemingen is gedaan. In vijf sectoren is minder dan 1% van de waarnemingen gedaan en in de overige vijf sectoren zijn tijdens het onderzoek geen waarnemingen gedaan. Voor de meeste sectoren (8-16) hangt dit samen met het ontbreken van geschikte habitat door beschaduwing door de hier gehandhaafde beuken, de aanwezigheid van een dikke strooisellaag en het ontbreken van een goed ontwikkelde kruidlaag. Dit is vooral het geval op de plek waar de toeloop van de natuurbrug aansluit op het tussengebied.

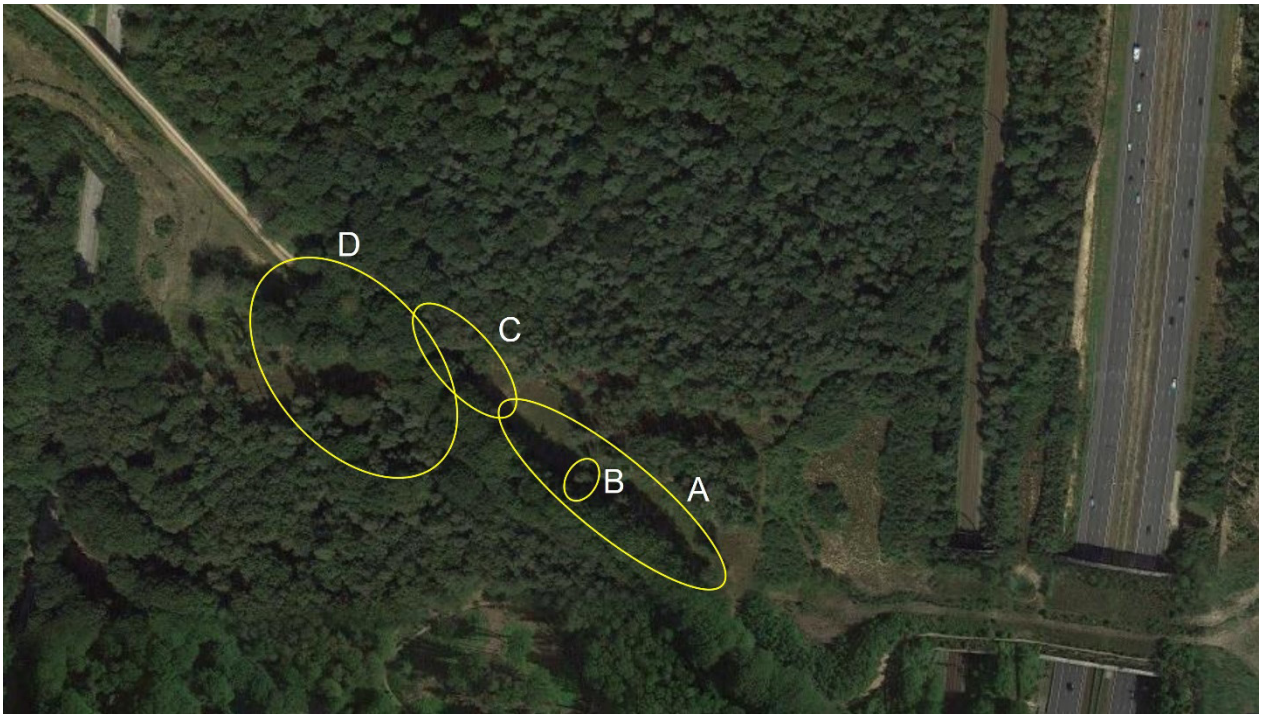
Op de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg is per sector gemiddeld 2,9% van alle waarnemingen gedaan. Het aantal waarnemingen op deze toeloop is dus het grootst in vergelijking met het aantal dat op de top van de natuurbrug en op de oostelijke toeloop is gedaan. Er zijn hier slechts drie sectoren waar minder dan 1% van alle waarnemingen is gedaan. Deze sectoren – 3, 11 en 14 – liggen verspreid over de toeloop en bevatten relatief meer plekken waar weinig tot geen dekking (structuurrijke kruidlaag) aanwezig is.

7.6.7.2 Kansen voor optimalisaties in het tussengebied
Er is geen uitwisseling van individueel herkenbare hazelwormen – via transponders of op basis van uiterlijke kenmerken – waargenomen tussen de twee natuurbruggen (zie Paragraaf 7.6.3). Daarentegen zijn op de natuurbruggen zelf wel bewegingen van hazelwormen geregistreerd. In sommige gevallen zijn hierbij relatief grote afstanden afgelegd, tot 370 m op Natuurbrug Zwaluwenberg en tot 740 m op Natuurbrug Hoorneboeg (zie Tabel 7.14 en 7.16). Dit maakt het des te opvallender dat er geen dieren zijn waargenomen die bijvoorbeeld van de westelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg zijn gemigreerd naar de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg, of vice versa, gezien het gegeven dat hiervoor een afstand van niet meer dan 250 m moet worden overbrugd. De duidelijke genetische verschillen die er, ook nog in het laatste onderzoeksjaar, bestaan tussen de hazelwormen op Natuurbrug Zwaluwenberg en die op Natuurbrug Hoorneboeg, ondersteunen dit beeld. Vooralsnog zijn er geen aanwijzingen dat beide deelpopulaties van deze soort individuen met elkaar uitwisselen (zie Hoofdstuk 8). Voor de levendbarende hagedis is het beeld enigszins anders. De genetische samenstelling van de deelpopulaties op beide natuurbruggen is aan het einde van de onderzoeksperiode meer op elkaar gaan lijken (zie Hoofdstuk 8). Na zeven jaar vertonen de deelpopulaties op beide bruggen echter nog steeds duidelijke genetische verschillen, wat betekent dat er nog geen sprake is van vrije/frequente uitwisseling.

In het tussengebied zijn meerdere plekken aan te wijzen die de uitwisseling van reptielen mogelijk belemmeren. In het oostelijke deel van het tussengebied, dat aansluit op de westelijke toeloop van

Natuurbrug Zwaluwenberg, is in het open terrein op het zuidelijke deel van de natuurverbinding onvoldoende dekking aanwezig, omdat hier weinig vegetatie tot ontwikkeling komt. Beschaduwing door de beukenlaan en het bosgebied op het aanliggende terrein van Landgoed Zwaluwenberg speelt hier een rol in, evenals de dikke strooisellaag die hier aanwezig is door bladval. Illustratief in dit verband is de luchtfoto van het gebied waarop de beschaduwing van het open terrein te zien is. De heidestrook is op het smalste stuk circa 25 m breed en ligt hier geheel in de schaduw (Figuur 7.38 en 7.39).

In het westelijke deel van het tussengebied, dat aansluit op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg, versmalt het open terrein sterk tot minder dan 10 m en is hier volledig beschaduwd. Ook hier komt een structuurrijke heidevegetatie moeilijk tot ontwikkeling en daarmee geschikte habitat voor reptielen. Op veel plekken is nauwelijks ondergroei aanwezig. Hier moet ook de Weg van 's-Graveland naar de Vuursche worden gepasseerd, die bestaat uit een ruiterpad, een halfverhard gecombineerd fiets-/ wandelpad en een onverharde beheerweg. Op deze oversteeklocatie ontbreekt voor reptielen geschikte habitat door de hier aanwezige bomenlaan, het bos op het terrein van Landgoed Zwaluwenberg en het beukenbos op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg (Figuur 7.38 en 7.39).



Figuur 7.38 *Het open terrein in het oostelijke deel van het tussengebied, waar heidevegetaties worden nagestreefd, ligt voor een groot deel in de schaduw van de bomenlaan en het bosperceel die hier direct ten zuiden van liggen (A). Plaatselijk is het open terrein hier niet meer dan 25 m breed (B). In het westelijke deel van het tussengebied is de strook waar heidevegetaties zijn voorzien nog smaller, tot minder dan 10 m (C). De bomenlaan, het bos op Landgoed Zwaluwenberg en het bos op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg, met weinig tot geen geschikte habitat voor reptielen, bemoeilijken hier de uitwisseling (D). Bron luchtfoto: Google Earth 2023*

Figuur 7.39 *Het tussengebied, gezien vanuit het oosten (links) in april 2018 en vanuit het westen (rechts) in april 2017. Op de eerste foto zijn links het hekwerk van Landgoed Zwaluwenberg en de beukenlaan zichtbaar, rechts het bij aanleg van de natuurbruggen gehandhaafde bosperceel. Op de tweede foto is de strooisellaag van (beuken)blad te zien en het ontbreken van een goed ontwikkelde, structuurrijke kruidlaag. © Foto's: E. van der Grift.*

7.6.7.3 Voorkeurshabitat reptielen

De hazelworm is vooral waargenomen op plekken met goed ontwikkelde, vochtige heidevegetaties (o.a. Hilversums Wasmeer) en niet of nauwelijks op plekken met voornamelijk droge heidevegetaties (o.a. Hoorneboegse Heide, Laapersheide en de westelijke wegberm). Deze soort is meer waargenomen in habitat waarin de vegetatie gedomineerd wordt door dophei en pijpenstro. Op plekken met relatief veel vochtige heidevegetatie, nam de kans op het waarnemen van een hazelworm met 24% toe. De hazelworm lijkt dan ook vooral een voorkeur te hebben voor structuurrijke dwergstruik- en graslandvegetaties op vochtige standplaatsen met een goed ontwikkelde moslaag. Kenmerkende soorten in deze gebieden zijn dopheide, pijpenstro, pitrus en veenmos. Verder is de hazelworm ook in bosvegetaties (o.a. berk en grove den) met een structuurrijke ondergroei (o.a. bochtige smele, braam) waargenomen. De soort mijdt pioniervegetaties met heischraal grasland (o.a. fijn schapengras, struisgras) en droge, open terreinen met een weinig ontwikkelde kruidlaag en slechts lokaal boomopslag (o.a. geoorde wilg).

De levendbarende hagedis is vooral waargenomen op plekken met goed ontwikkelde venvegetaties (o.a. Hilversums Wasmeer) en niet of nauwelijks op plekken met bosvegetaties waarin de ondergroei ontbreekt. Deze soort is dan ook relatief vaker waargenomen in habitat waarin de vegetatie gedomineerd wordt door pitrus en veenmos. Op plekken met venvegetaties nam de kans op het waarnemen van levendbarende hagedis met 27% toe ten opzichte van de gemiddelde kans op waarnemen. Op plekken met relatief veel bosvegetaties nam de kans op waarneming juist met 36% af. De levendbarende hagedis lijkt dan ook vooral een voorkeur te hebben voor structuurrijke dwergstruik- en graslandvegetaties op droge tot vochtige standplaatsen met een goed ontwikkelde moslaag. Kenmerkende soorten in deze gebieden zijn struikheide, dopheide, pijpenstro, pitrus, veenmos en klauwtjesmos. De soort mijdt bosvegetaties, vegetaties die worden gedomineerd door varens of weinig structuurrijke graslandvegetaties.

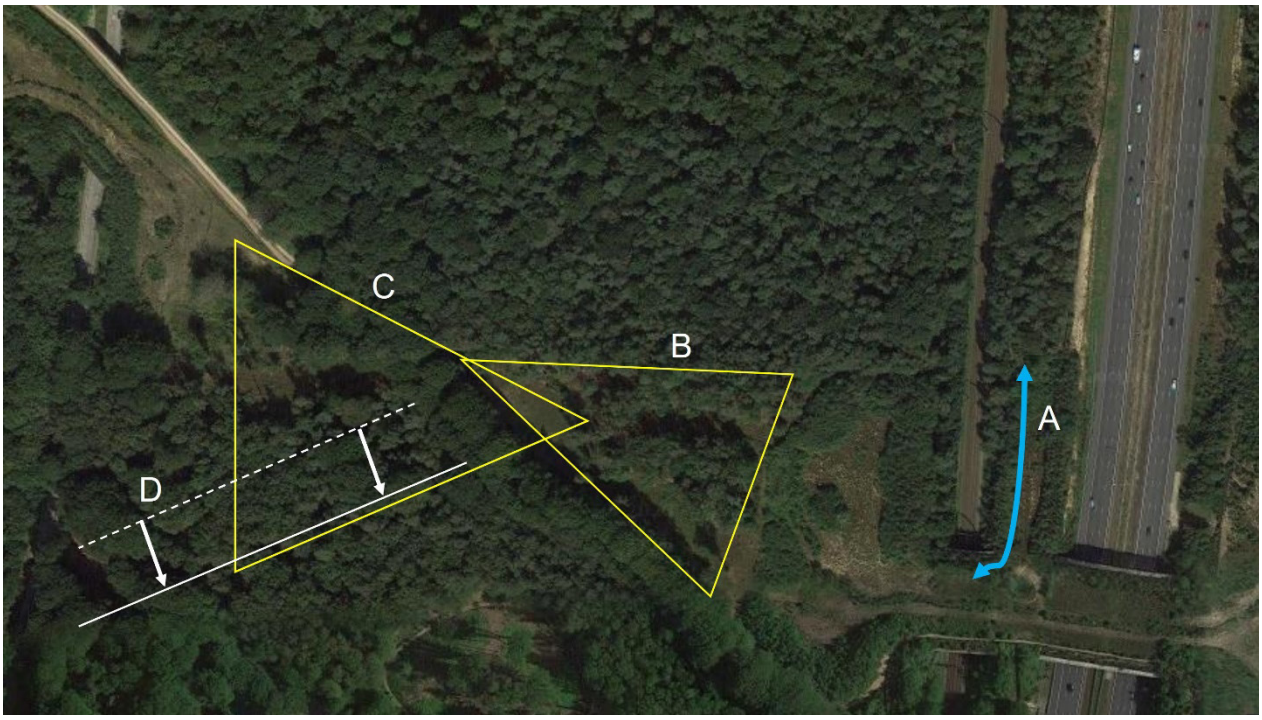
De ringslang is aangetroffen in droge tot vochtige heidevegetaties en structuurrijk grasland. De soort is niet waargenomen in bosvegetaties. Een gedetailleerde analyse kon voor deze soort niet worden gemaakt door een te klein aantal waarnemingen.

7.6.7.4 Aanbevelingen

Op basis van bovenstaande bevindingen zijn in relatie tot reptielen de volgende aanbevelingen te geven voor de inrichting en beheer van de natuurverbinding:

1. Stimuleer de ontwikkeling van een goed ontwikkelde, structuurrijke kruidlaag – met heide en heischraal grasland – op plekken waar de vegetatieontwikkeling op de natuurbruggen nu nog achterblijft, bijvoorbeeld door plaatselijk heidemaaisel uit te strooien.
2. Verwijder boomopslag – van onder meer berk en grove den – tijdig op plekken waar heidevegetatie en/of heischraal grasland het streven is.

3. Creëer een stobbenwal op de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg, vanaf de top van de natuurbrug tot in de bosstrook tussen de rijksweg A27 en de spoorlijn.
4. Verbreed de strook met open terrein in het oostelijke deel van het tussengebied door het hier gehandhaafde bos nagenoeg geheel te verwijderen, zodat meer ruimte ontstaat voor de ontwikkeling van structuurrijke heide (Figuur 7.40).
5. Creëer een goede aansluiting tussen de heidevegetaties in het tussengebied en die op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg door het verwijderen van hier gelegen bos en laanbomen (Figuur 7.40). Bij voorkeur wordt hierbij ook bos naar heide omgevormd op Landgoed Zwaluwenberg. De aanbeveling is om hiervoor de omheining van het landgoed 50 m naar het zuiden te verplaatsen (Figuur 7.41).
6. Creëer aan weerszijden van de natuurverbinding, dus in aansluiting op respectievelijk de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg en de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg, corridors met geschikte habitat voor reptielen die aansluiten op de diverse geschikte leefgebieden voor deze soortgroep in de brongebieden.



Figuur 7.40 *De functionaliteit van de natuurverbinding kan voor reptielen worden vergroot door de aanleg van een stobbenwal op de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg (A), door omvorming van bos naar heide in het oostelijke deel van het tussengebied (B), door omvorming van bos naar heide in het westelijke deel van het tussengebied, op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg en op een deel van Landgoed Zwaluwenberg (C) en door verplaatsing van de omheining van genoemd landgoed naar het zuiden (D), zodat ook hier meer open biotopen, geschikt voor reptielen, kunnen worden gecreëerd.*

Figuur 7.41 *De aanbeveling is om de omheining van Landgoed Zwaluwenberg 50 m naar het zuiden te verplaatsen en hier een deel van het bos om te vormen naar structuurrijke heide om de uitwisseling van reptielen tussen beide natuurbruggen te bevorderen. © Foto: E. van der Grift.*

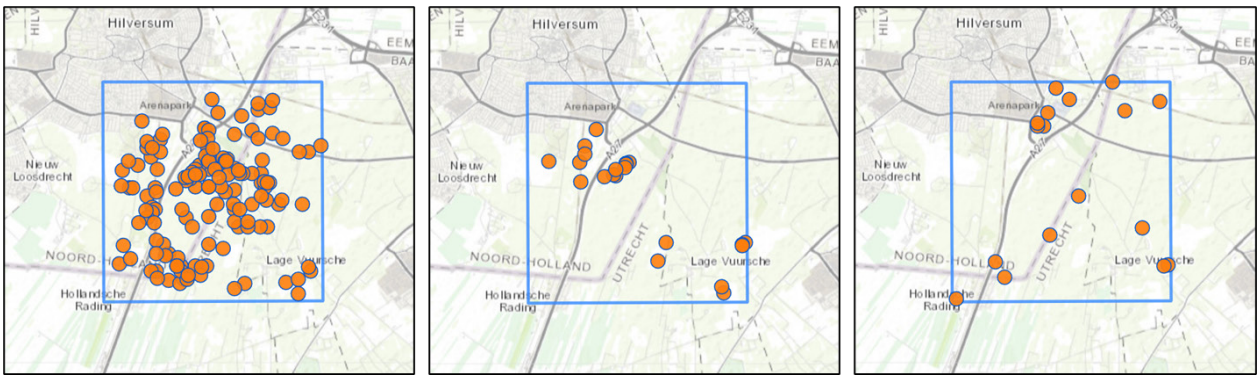
7.7 Discussie

Soorten en aantallen

De soorten die momenteel in het studiegebied voorkomen – hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang – zijn alle op beide natuurbruggen in Natuurverbinding Zwaluwenberg aangetroffen. Het is niet verrassend dat de zandhagedis, naast hazelworm en levendbarende hagedis een doelsoort, niet in de natuurverbinding is geregistreerd. Deze soort komt momenteel niet voor in het studiegebied. De dichtstbijzijnde populatie bevindt zich in natuurgebied De Zoom, nabij Soest. De afstand van dit leefgebied tot Natuurverbinding Zwaluwenberg is hemelsbreed ruim 6 km. Met een dispersiecapaciteit van circa 0,5 km lijkt deze afstand moeilijk overbrugbaar voor de zandhagedis. Daarbij komt dat het tussengelegen gebied vooral uit bos en agrarisch gebied bestaat, wat ongeschikt leefgebied is voor de zandhagedis. Tevens zijn infrastructurele barrières aanwezig, zoals de N234, die overbrugd moeten worden. Deze soort is dan ook alleen op lange termijn in de natuurverbinding te verwachten, onder voorwaarde dat er een leefgebied-corridor wordt ontwikkeld vanuit het bestaande leefgebied naar de natuurverbinding en omliggende brongebieden.

In de natuurverbinding is de levendbarende hagedis in de grootste aantallen waargenomen, gevolgd door hazelworm en dan ringslang. Dit is enigszins verrassend, omdat in de gebieden rond de natuurverbinding hazelwormen veel vaker zijn geregistreerd dan levendbarende hagedissen. Zo zijn in de vier jaar voorafgaand aan de start van dit onderzoek 146 hazelwormen, 29 levendbarende hagedissen en 25 ringslangen gemeld in het uurhok (5x5 km) waarin de natuurverbinding ligt (Figuur 7.42). Daarnaast laat de levendbarende hagedis een negatieve trend in verspreiding (afname van bijna circa 10%) en aantallen (afname van bijna 75%) zien, vanaf respectievelijk 1990 en 1994 (bron: Dataloket Netwerk Ecologische Monitoring (NEM); zie ook Herder et al., 2022). Beide trends zijn geclassificeerd als ‘matige afname’ (RAVON & CBS, 2022). Des te opmerkelijker dus dat de levendbarende hagedis in dit onderzoek ruim viermaal vaker is waargenomen dan de hazelworm. De verklaring zit waarschijnlijk in het feit dat een groot deel van de in

2010-2013 in dit uurhok geregistreerde reptielen door leden van de Gooise Atletiek Club (GAC) op bospaden zijn waargenomen tijdens het hardlopen. Met deze methode van inventariseren is de kans op het zien van een hazelworm naar verwachting aanmerkelijk groter dan het zien van een levendbarende hagedis. Een naderende renner zal beide soorten alarmeren, maar de levendbarende hagedis zal zich sneller aan het oog kunnen onttrekken dan een hazelworm. Deze bias in de waarnemingen blijkt ook als we naar alle waarnemingen kijken van de GAC die in een straal van circa 2,5 km rond Natuurverbinding Zwaluwenberg zijn gedaan in de periode 1998-2013: 544 hazelwormen, 6 levendbarende hagedissen en 35 ringslangen (bron: Jelle Harder, ongepubliceerde gegevens).



Figuur 7.42 *Waarnemingen van hazelworm (links), levendbarende hagedis (midden) en ringslang (rechts) in het uurhok (52.195475, 5.204381) waarin Natuurverbinding Zwaluwenberg ligt, in de periode 1-1-2010 t/m 31-12-2013 (bron: waarneming.nl).*

Verdeling waarnemingen over het jaar

In de natuurverbinding is de hazelworm relatief weinig gezien in april (Figuur 7.13 en 7.23). Dit correspondeert met de jaarritmiek van de soort: veel vrouwen en subadulten ontwaken pas in de loop van april uit de winterslaap. Mannen zijn meestal in maart al actief. Landelijk gezien worden de meeste waarnemingen van hazelwormen gedaan in mei, als de paartijd begint (Spitzen-Van der Sluijs & Creemers, 2009). In de natuurverbinding zien we in mei een duidelijke toename in het aantal waarnemingen ten opzichte van april, maar het is niet de maand met de hoogste aantallen. Dit zou erop kunnen duiden dat de natuurverbinding wel wordt benut in de paartijd, maar nog niet in die mate dat het in mei leidt tot een piek in waarnemingen. De hoogste aantallen zijn in de natuurverbinding gezien in de maand juli, gemiddeld circa 3,5 hazelwormen per inventarisatie. Drachtige vrouwtjes zoeken in die maand vaker open plekken op om te zonnen en op die manier de ontwikkeling van de embryo's te stimuleren. Dat 65% van de waarnemingen in de natuurverbinding in de maand juli vrouwen betrof, past in dit beeld. In Nederland neemt het aantal waarnemingen van hazelwormen in augustus en september duidelijk af en deze trend zet zich sterk door in oktober als de dieren de winterverblijfplaatsen gaan opzoeken (Spitzen-Van der Sluijs & Creemers, 2009). In de natuurverbinding zien we een vergelijkbaar beeld.

Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn de hoogste aantallen van levendbarende hagedis waargenomen in de maanden april-mei en september (Figuur 7.13). Mannen ontwaken in maart, en soms al eerder, uit hun winterslaap. Vrouwen en subadulten doen dat in april. Onmiddellijk na ontwaken begint de paartijd, die doorloopt tot in de eerste weken van mei. Een piek in waarnemingen in mei-april is dan ook goed te verklaren en past bij het landelijke beeld (Strijbosch, 2009). De piek in september is vooral een gevolg van het verschijnen van de juvenielen. Het aantal waarnemingen van adulten is in die maand het laagst, veel van deze dieren zoeken dan hun overwinteringsplek al op. Op Natuurbrug Hoorneboeg is de situatie in mei en september vergelijkbaar met die op Natuurbrug Zwaluwenberg, maar het aantal waarnemingen in april is opvallend laag (Figuur 7.23). Dit is vooral een gevolg van lage aantallen in het eerste meetjaar na de opening (2017) en het laatste meetjaar (2020). In april 2017 kan het ontbreken van vegetatie de lage aantallen verklaren. Ook op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn in het eerste hier betrokken meetjaar (2015), dus twee jaar na de opening, relatief weinig waarnemingen in april gedaan. Deze meting heeft echter minder effect, omdat het gemiddelde voor Natuurbrug Zwaluwenberg is berekend over meer meetjaren dan die voor Natuurbrug Hoorneboeg. In april 2020 is maar één inventarisatie uitgevoerd. De cijfers voor deze maand zijn

dan ook weinig robuust; één extra waarneming op Natuurbrug Hoorneboeg zou al tot een verdubbeling leiden van het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie in die maand. Op beide natuurbruggen is de levendbarende hagedis relatief weinig waargenomen in juli. Dit komt overeen met het landelijke beeld dat adulten dan relatief weinig worden gezien en de juvenielen pas aan het eind van die maand beginnen te verschijnen (Strijbosch, 2009).

In de natuurverbinding is de ringslang in alle maanden gezien, maar altijd in relatief lage aantallen (Figuur 7.13 en 7.23). Het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie was het hoogst in de maand juni, vooral door waarnemingen op Natuurbrug Zwaluwenberg. De verdeling van de waarnemingen over het jaar verschilt van het landelijke beeld, waarbij relatief meer waarnemingen zijn gedaan in april en september (De Wijer et al., 2009). In april is de piek in waarnemingen een gevolg van de activiteit die samenhangt met de paartijd. In september neemt het aantal waarnemingen toe, omdat dan de juvenielen verschijnen. Belangrijkste oorzaak voor het verschil tussen dit landelijke beeld en de waarnemingen in de natuurverbinding is dat het aantal waarnemingen relatief beperkt was, i.e. in totaal is de ringslang slechts 43 maal geregistreerd.

Geslachtsverhouding

In de natuurverbinding zijn van hazelworm meer vrouwen dan mannen waargenomen. Over alle meetjaren was de geslachtsverhouding 1:1,8 en 1:1,5 voor respectievelijk Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg (Tabel 7.4 en 7.9). Berekenen we de geslachtsverhouding over de natuurverbinding als geheel, dus op basis van de waarnemingen van beide natuurbruggen samen, dan is deze 1:1,6. Dat er gemiddeld meer vrouwen dan mannen zijn waargenomen, past in het landelijke beeld (Spitzen-Van der Sluijs & Creemers, 2009). Naar verwachting is dit vooral een gevolg van een verschil in gedrag tussen mannen en vrouwen. Vrouwen zoeken in de tijd dat ze drachtig zijn (juni-augustus) vaker zonplekken op en verblijven daar langer om de ontwikkeling van de embryo's te bevorderen. Daarnaast zijn ze in de laatste fase van de dracht ook minder mobiel, waardoor de kans op waarnemen toeneemt. Er zijn soms grote verschillen tussen de meetjaren. Naar verwachting is dit vooral een gevolg van een verschil in robuustheid van de cijfers. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg geldt dat in sommige meetjaren de cijfers weinig robuust zijn, omdat er relatief weinig dieren zijn gezien, zoals in 2014 en 2015, of omdat voor een relatief groot deel van de waarnemingen het geslacht niet bekend is, zoals in 2017 en 2018. Hetzelfde geldt voor Natuurbrug Hoorneboeg, met relatief weinig waarnemingen in 2017 en relatief veel dieren waarvan het geslacht niet is bepaald in 2017 en 2018. In dit verband zijn voor beide natuurbruggen de cijfers uit 2020 het meest robuust, omdat in dat jaar de meeste waarnemingen van de soort zijn gedaan en voor slechts 2% van de waarnemingen het geslacht niet is bepaald. Een andere verklaring voor het verschil tussen meetjaren kan zijn dat niet alle vrouwen ieder jaar deelnemen aan de voortplanting. Bij ongunstige omstandigheden, bijvoorbeeld in een droog of juist zeer nat jaar, is er weinig voedsel en kunnen kleine vrouwen zich niet voortplanten (Spitzen-Van der Sluijs & Creemers, 2009). Niet-drachtige vrouwen zonnen minder en worden dan ook minder vaak waargenomen.

In de natuurverbinding zijn van levendbarende hagedis ongeveer evenveel vrouwen als mannen waargenomen. De geslachtsverhouding in de natuurverbinding, dus op basis van de waarnemingen van beide natuurbruggen samen, was 1:0,9. Er was wel een verschil tussen de twee natuurbruggen. Op Natuurbrug Zwaluwenberg was de geslachtsverhouding 1:0,9, op Natuurbrug Hoorneboeg was deze 1:1,4 (zie Tabel 7.4 en 7.9). Op laatstgenoemde natuurbrug zijn dus relatief meer vrouwen waargenomen. Voor beide natuurbruggen geldt dat de berekende geslachtsverhouding enigszins onzeker is. Voor een groot deel van de waargenomen levendbarende hagedissen, circa 50%, is het geslacht namelijk niet bepaald. Dit betrof vooral dieren die wel (kort) zijn gezien, maar niet konden worden gevangen. De onzekerheid is het grootst voor Natuurbrug Hoorneboeg, omdat het aantal waarnemingen waarop de geslachtsverhouding is gebaseerd aanmerkelijk lager is dan die op Natuurbrug Zwaluwenberg, i.e. 65 versus 271 waarnemingen.

In de natuurverbinding zijn van ringslang meer vrouwen dan mannen waargenomen (Figuur 7.43). De geslachtsverhouding was 1:4,5 op Natuurbrug Zwaluwenberg, 1:4,0 op Natuurbrug Hoorneboeg en 1:4,3 in de natuurverbinding als geheel (Tabel 7.4 en 7.9). De berekende geslachtsverhouding is echter onzeker, omdat van 63% van alle waarnemingen (n=27) het geslacht niet is vastgesteld. Dat er meer vrouwen zijn gezien dan mannen komt naar verwachting doordat de vrouwen in de zomermaanden meer tijd besteden aan zonnen om de ontwikkeling van de eieren te bevorderen (De Wijer et al., 2009).

Figuur 7.43 *Een volwassen, vrouwelijke ringslang ligt te zonnen bovenaan de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. © Foto: B.J. van Norel.*

Leeftijdsverdeling per maand

In de natuurverbinding zijn vanaf april subadulten en adulten van hazelworm waargenomen. Dit is volgens verwachting, omdat beide leeftijdscategorieën uit hun winterslaap ontwaken in maart-april. Op Natuurbrug Zwaluwenberg varieert is het aandeel adulten in de maanden april-juli tussen 53% en 63% en is gemiddeld 57%. Op Natuurbrug Hoorneboeg varieert het aandeel adulten dan tussen 28% en 42% en is gemiddeld 35%. Een mogelijke verklaring voor dit verschil is dat de cijfers zijn gebaseerd op verschillende tijdsperioden na de opening van deze natuurbruggen. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg zijn metingen betrokken tot acht jaar na de opening. Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn het metingen tot vijf jaar na de opening. Op Natuurbrug Hoorneboeg is daarom een grotere proportie van de metingen gedaan in de jaren dat de vegetatie op de natuurbrug nog weinig ontwikkeld was en er nog geen sprake was van optimale habitat. Wanneer we veronderstellen dat adulten de beste plekken in het leefgebied bezetten, kan dit wellicht verklaren dat subadulten in die eerste jaren na opening van de natuurbrug relatief meer zijn gezien. Deze verklaring wordt echter niet ondersteund door de metingen op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het aandeel adulten in april-juli over de eerste vier jaar na opening van deze natuurbrug verschilt namelijk niet van het aandeel adulten over de hele onderzoeksperiode. Daarbij komt dat hazelwormen niet territoriaal zijn en elkaar goed verdragen. Alleen in de paartijd zijn er gevechten tussen mannen. De veronderstelling dat adulten de beste plekken opeisen en daardoor suboptimale habitat vooral door subadulten wordt bewoond, is dan ook niet erg waarschijnlijk. In de natuurverbinding verschijnen de eerste juveniele hazelwormen in augustus. In september neemt hun aandeel sterk toe. Over beide natuurbruggen vormen ze dan circa 50% van alle waarnemingen. Dit beeld past bij de landelijke metingen die een piek in het aantal waargenomen juvenielen laten zien in september. Het aandeel subadulten neemt in september juist sterk af, vooral op Natuurbrug Hoorneboeg. Wellicht zoeken deze dieren eerder hun overwinteringsplek op dan adulten, waardoor ze in die maand minder worden waargenomen.

In de natuurverbinding zijn adulten en subadulten van de levendbarende hagedis vanaf april tot september waargenomen. Juvenielen zijn in juni-september geregistreerd (Figuur 7.18 en 7.25). Deze waarnemingen passen goed in het landelijke beeld (Strijbosch, 2009). Juvenielen in juni zijn wel vroeg, maar ook elders is dit waargenomen. En het betreft hier slechts twee – van de 117 – waarnemingen.

In de natuurverbinding zijn adulten van de ringslang in de periode mei-augustus waargenomen. Subadulten zijn gezien in de periode april-september. Juvenielen zijn alleen in augustus geregistreerd (Figuur 7.18 en 7.25). Adulte ringslangen ontwaken in maart uit hun winterslaap. Subadulten meestal pas in april. In oktober zoeken ringslangen hun winterverblijf op. Dat er in de natuurverbinding geen adulten in april en september zijn gezien, is naar verwachting een gevolg van de beperkte aantallen die van deze soort zijn waargenomen. In 2020 – het meetjaar waarin driekwart van alle waarnemingen van ringslang zijn gedaan – kon maar één inventarisatie in april worden uitgevoerd, wat de kans op het 'missen' van adulten in die maand verder heeft vergroot. Juvenielen verschijnen in augustus en laten landelijk een piek in waarnemingen zien in september (De Wijer et al., 2009). De waarnemingen van juvenielen in de natuurverbinding passen bij dit beeld.

Trend in aantallen over de jaren

Voor alle soorten geldt dat het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie op beide natuurbruggen over de jaren is toegenomen. Dit past bij het gegeven dat de monitoring heeft plaatsgevonden in de eerste jaren na opening van de natuurbruggen. In deze periode moet de vegetatie op de top en toelopen van de natuurbruggen zich nog ontwikkelen en moeten de reptielen het nieuwe leefgebied gaan koloniseren. Voor alle soorten geldt dat de waargenomen toename niet kan worden aangeduid als een statistisch significante trend. Dit is niet heel verrassend, omdat de trendanalyse op slechts drie meetpunten is gebaseerd. Overigens is een positieve trend geen doel op zich. De verwachting is juist dat op niet al te lange termijn het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie zal stabiliseren, omdat de leefgebieden in de natuurverbinding 'gevuld' zijn geraakt. Het niveau waarop deze stabilisatie plaatsvindt, is dan een goede graadmeter voor het functioneren van de natuurverbinding. Bij voorkeur is deze dan minimaal gelijk aan die in optimaal leefgebied in de omgeving. Dit indiceert immers dat de dichtheid waarin de soort voorkomt binnen de natuurverbinding overeenkomt met die in optimaal leefgebied.

Verspreiding over de natuurverbinding

Reptielen komen verspreid over beide natuurbruggen voor. Hoewel er verschillen zijn in het aantal waarnemingen per sector en/of transect, zijn deze verschillen op de top van beide natuurbruggen niet groot. Deze verschillen indiceren naar verwachting dan ook geen brugdelen die de bewegingen van de dieren belemmeren. Een uitzondering hierop vormt de smalle toegang van de top van Natuurbrug Zwaluwenberg naar de noordelijk toeloop. Hier zijn in de eerste 30 meter relatief weinig waarnemingen van reptielen gedaan. In dit verband is dan ook voorgesteld om meer dekking te creëren door de aanleg van een stobbenwal, wat het gebruik door reptielen naar verwachting bevordert. Overigens is het aantal waarnemingen elders op de noordelijke toeloop relatief hoog. Op deze toeloop zijn namelijk 18% van alle waarnemingen op Natuurbrug Zwaluwenberg gedaan. Dit percentage is lager dan de 30% die op de top van de natuurbrug is gezien, maar hierbij moet bedacht worden dat op de noordelijke toeloop slechts twee – in plaats van vier – transecten zijn uitgezet. Voor beide natuurbruggen geldt dat er lagere aantallen reptielen aan de voet van alle toelopen zijn gezien. Dit is niet verrassend, omdat dit veelal plekken zijn waar de transecten de bospercelen bereiken en de lagere aantallen dus een reflectie zijn van de verandering in habitat. Dit sluit aan bij de bevindingen van onderzoek naar de temporele en ruimtelijke variatie in het gebruik van kunstmatige schuilplekken door hazelwormen dat tussen 2011 en 2013 in het Hilversums Wasmeer is uitgevoerd (Loehr, 2014). Bij vergelijking van het aantal waarnemingen op drie vergelijkbare transecten met schuilplekken in respectievelijk heide, bosrand en bos lagen de door hazelwormen gebruikte schuilplekken vooral in heide (55%) en in mindere mate in de bosrand (41%) of in het bos (5%). Het benadrukt het belang van zonnige, open biotopen op de natuurbruggen en toelopen als gebruik door reptielen het doel is. Duidelijke 'zwakke plekken' in de verspreiding van reptielen over de natuurverbinding zijn het tussengebied en de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. De relatief lage aantallen die hier zijn waargenomen, is voldoende reden om hier in te grijpen en meer bos om te vormen naar heide.

Uitwisseling van individuen

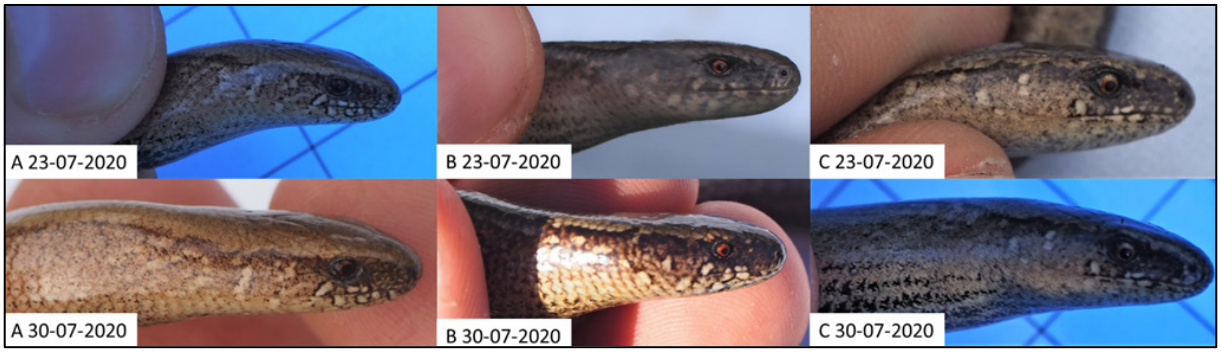
Op basis van individueel te herkennen dieren is er geen uitwisseling van hazelwormen tussen de populaties in de brongebieden aangetoond. Datzelfde geldt op het schaalniveau van de natuurverbinding: er zijn geen individuen waargenomen die van de ene naar de andere natuurbrug zijn gemigreerd. We kunnen niet uitsluiten dat er wel uitwisseling is geweest. Slechts een deel van de hazelwormen die in de brongebieden en op de natuurbruggen is aangetroffen, is immers teruggevangen. In de omgeving, inclusief de wegbermen, is circa 18% van de dieren met een transponder teruggevangen. Op Natuurbrug Zwaluwenberg is circa 13% van de waargenomen hazelwormen – individueel herkenbaar via een transponder of op basis van hun

uiterlijke kenmerken dan wel niet individueel herkenbaar en gelabeld als 'onzeker' – teruggevangen. Op Natuurbrug Hoorneboeg was dit 15%. Het merendeel van de waargenomen dieren is dus niet teruggevangen, waardoor uitwisseling kan zijn gemist. Als er uitwisseling is geweest tussen de brongebieden of de natuurbruggen, dan is dit echter zeer beperkt geweest. Op basis van genetische analyse van de deelpopulaties zijn er immers geen aanwijzingen gevonden voor dergelijke uitwisselingen (zie Hoofdstuk 8).

Van de vijftig dieren die op de natuurbruggen zijn voorzien van een transponder zijn er slechts acht teruggevangen. Een mogelijke verklaring voor dit beperkte aantal zou kunnen zijn dat de dieren met een transponder ander gedrag gaan vertonen dat de kans op terugvangst verkleint of na enige tijd toch sterven als gevolg van het inbrengen van de transponder. Deze verklaring lijkt echter niet erg waarschijnlijk. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn vier dieren met een transponder teruggevangen van de 38 dieren die van een transponder zijn voorzien. Het percentage terugvangsten van dieren met een transponder per jaar was gemiddeld 8,3%. Voor dieren die op deze natuurbrug individueel herkend zijn op basis van hun uiterlijke kenmerken was dit 10,1%, dus niet veel hoger. Op Natuurbrug Hoorneboeg – waar vier van de twaalf dieren met een transponder zijn teruggevangen – was het percentage terugvangsten van dieren met een transponder per jaar hoger dan op Natuurbrug Zwaluwenberg, gemiddeld 25,0%. Voor dieren die op Natuurbrug Hoorneboeg individueel herkend zijn op basis van hun uiterlijke kenmerken was dit 9,5%. Deze percentages geven dus geen aanwijzingen dat dieren met een transponder minder vaak zijn teruggevangen dan dieren zonder transponder.

Schubben helpen bij individuele herkenning hazelwormen

In 2020 is verkend of de schub- en kleurpatronen op de kop van hazelwormen het mogelijk maken om dieren individueel te herkennen. Hiervoor zijn van een deel van de op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg gevangen (sub)adulte dieren (n=23) foto's gemaakt van de bovenkant, onderkant en zijkant van de kop. Juveniele dieren zijn niet betrokken, omdat de schubben van deze dieren nog (te) veel veranderen (Van Doorn, 2016). Bij vergelijking van de foto's blijkt er voldoende variatie in het schub- en kleurpatroon op de kop om dieren individueel te kunnen herkennen. Dit geldt zowel voor de boven-, onder- als zijaanzichten. De patronen aan de zijkant van de kop – vooral die op de boven- en onderkaak – laten echter de duidelijkste verschillen zien. Een bijkomend voordeel is dat deze patronen op de kaken van (sub)adulten niet of weinig meer veranderen (Van Doorn, 2016), in tegenstelling tot de patronen boven op de kop. Drie van de gevangen en gefotografeerde dieren zijn enige tijd later opnieuw gevangen en gefotografeerd. Vergelijking van de foto's van de eerste en tweede vangst illustreren dat de schub- en kleurpatronen op de boven- en onderkaak het geschiktst zijn voor identificatie, zelfs op momenten dat een dier vervelt (Figuur 7.44).



Figuur 7.44 *Zijaanzicht van drie hazelwormen (A, B en C) bij de eerste vangst en bij de terugvangst. De schub- en kleurpatronen op de onder- en bovenkaak zijn duidelijk verschillend en kunnen dan ook helpen bij het individueel herkennen van hazelwormen. Hazelworm B was tijdens de eerste vangst in vervelling. Ook toen was het patroon op het zijaanzicht van de kaken goed waar te nemen en dus bruikbaar voor latere herkenning.*

De terugvangsten van dieren met een transponder zijn betrouwbaarder dan die van dieren die op basis van uiterlijke kenmerken individueel zijn herkend. Hoewel we voor laatstgenoemde groep drie kenmerken – geslacht, leeftijd, kop-romplengte – betrokken hebben, blijft de kans aanwezig dat een individu onterecht als een eerder gevangen dier is 'herkend'. Een van de kenmerken – de kop-romplengte – is immers geen vaste waarde en verandert in de loop van het seizoen. Omdat ook het kenmerk 'geknipte staartpunt' is betrokken,

schatten wij de kans op vergissingen in de identificatie van individuen echter als gering in. Dit toegevoegde kenmerk is immers onmiskenbaar verbonden aan individuen die al eerder zijn gevangen. Het gebruik van uiterlijke kenmerken voor individuele herkenning kan dan ook als zinvolle aanvulling worden gezien op het gebruik van transponders. Vooral omdat niet ieder dier geschikt is, d.w.z. groot genoeg, voor plaatsing van een transponder. Het verdient aanbeveling om bij identificatie van individuele hazelwormen op basis van uiterlijke kenmerken ook verschillen in schub- en kleurpatronen te gebruiken. De schub- en kleurpatronen aan de zijkant van de kop lijken hiervoor het geschiktst; zie kader *Schubben helpen bij individuele herkenning hazelwormen*.

Toetsing functionaliteit natuurverbinding
Het meten van uitwisseling is vanzelfsprekend de beste graadmeter om de functionaliteit van de natuurverbinding te beoordelen. Daarnaast kunnen ook kenmerken van de (deel)populaties worden gebruikt om het gebruik van de natuurverbinding door reptielen te evalueren. Hierbij is het van belang dat er referentiemetingen zijn van deze kenmerken, zodat de in de natuurverbinding gemeten waarden kunnen worden afgezet tegen referentiewaarden. Feitelijk toetsen we hiermee of de natuurverbinding aan de verwachtingen voldoet. Die verwachtingen zijn hier uitgewerkt voor vijf kenmerken – abundantie, verdeling van de waarnemingen over de meetperiode, geslachtsverhouding, leeftijdsverdeling en biometrie – en verwoord in concrete, meetbare doelen.

Hazelworm
De natuurverbinding voldoet voor hazelworm aan twee van de vijf voor deze soort gestelde doelen. Een derde doel – overeenkomst in biometrie tussen de dieren in de natuurverbinding en die in de omgeving – is deels bereikt.

De hazelworm wordt vooral waargenomen in terreinen met bos/struweel en in heide (Spitzen-Van der Sluijs & Creemers, 2009). Voor de evaluatie van de abundantie in de natuurverbinding gebruiken we dan ook de omgeving als referentie voor de in de doelstelling genoemde 'geschikte natuurtypen', aangezien hierin zowel de transecten in bos als heide zijn betrokken. In het laatste meetjaar heeft de soort op Natuurbrug Zwaluwenberg een abundantie die vergelijkbaar is met die in de omgeving. Op Natuurbrug Hoorneboeg is de abundantie dan zelfs hoger dan in de omgeving. Op deze natuurbrug verschilt de abundantie dan niet meer van die in heide, wat als voorkeurshabitat van de hazelworm kan worden gezien. Op Natuurbrug Zwaluwenberg is het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie dan circa de helft van wat er op transecten in heide is waargenomen. Dit is opmerkelijk, omdat Natuurbrug Hoorneboeg jonger is dan Natuurbrug Zwaluwenberg en de vegetatie op de toelopen en brug dus minder tijd heeft gehad om zich te ontwikkelen. Wellicht spelen (lokale) verschillen in dichtheden van de soort in de leefgebieden die direct grenzen aan de natuurbrug een rol. Hogere dichtheden kunnen immers leiden tot een snellere bevolking van nabijgelegen, nieuw leefgebied. In geval van Natuurbrug Hoorneboeg lijkt vooral de westelijke toeloop een 'aanvoerroute', met een relatief hoog percentage waarnemingen (Figuur 7.27). Op deze toeloop is bijna de helft van alle waarnemingen op deze natuurbrug gedaan. De inventarisaties op deze toeloop suggereren ook dat het bestaande leefgebied dat grenst aan de natuurbrug relatief hoge dichtheden aan hazelwormen kent. De transecten op de westelijke toeloop lagen immers voor circa de helft op het aangelegde grondlichaam en voor de andere helft in bestaand leefgebied met heide en boomgroepen dat tijdens de aanleg van de natuurbrug is afgeschermd en behouden. In de negen sectoren die in dit bestaande leefgebied lagen, zijn gemiddeld circa 5,6 hazelwormen waargenomen, voor alle overige sectoren van de natuurbrug was dit gemiddeld circa 2,6.

Minimaal drie jaar na opening van de natuurverbinding wijkt de verdeling van de waarnemingen van hazelworm over de maanden van de meetperiode significant af van die in de omgeving. Het opvallendste verschil is dat deze soort in april relatief vaak in de omgeving is waargenomen, maar nauwelijks in de natuurverbinding. Een mogelijke verklaring is dat de brugdekken en toelopen zo vroeg in het jaar, wanneer de vegetatie in de kruidlaag nog laag is, bomen en struiken nog niet (volledig) in blad zijn en de weersomstandigheden niet optimaal, minder geschikt zijn dan de leefgebieden in de omgeving.

Minimaal drie jaar na opening van de natuurverbinding verschilt de geslachtsverhouding van hazelworm hier niet significant van die in de omgeving. Acceptatie en gebruik van de natuurverbinding door beide geslachten komt dus overeen met de verwachtingen op basis van de metingen in de referentiegebieden. Dit is een

gunstige ontwikkeling, omdat het indiceert dat de omstandigheden in de natuurverbinding niet 'selecteren' op geslacht.

Minimaal drie jaar na opening van de natuurverbinding verschilt de leeftijdsverdeling van hazelworm wel significant van die in de referentiegebieden. In de natuurverbinding zijn meer jonge dieren – subadulten en juvenielen – dan volwassen dieren aangetroffen in vergelijking met de omgeving. Het voorkomen van relatief veel jonge dieren is op zich een gunstig teken. De aanwezigheid van juvenielen betekent immers dat de natuurverbinding een plek is waar voortplanting plaatsvindt. De aanwezigheid van relatief veel subadulten kan erop duiden dat de natuurbruggen de dispersie van deze jonge dieren faciliteren. Meer subadulten in de natuurverbinding is dan wellicht een gevolg van een (aanvankelijk) grotere toestroom van subadulten op zoek naar een geschikt leefgebied dan adulten.

Minimaal drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de kop-romplengte van adulten en mannelijke subadulten overeen met die in de omgeving en wegbermen. Vrouwelijke subadulten in de natuurverbinding verschillen wel significant in kop-romplengte met die in de omgeving. Deze vrouwen zijn gemiddeld 1,2 cm kleiner. Een verklaring voor dit verschil is niet direct te geven. Een kleinere lichaamsgrootte kan duiden op suboptimale omstandigheden in het leefgebied, bijvoorbeeld een gebrek aan voedsel. In dat geval is het echter opmerkelijk dat mannelijke subadulten in de natuurverbinding niet afwijken wat betreft lichaamsgrootte. Wellicht is er sprake van enige 'concurrentie' om voedsel tussen de geslachten, waarbij mannen in het voordeel zijn.

Levendbarende hagedis
De natuurverbinding voldoet voor levendbarende hagedis aan twee van de vier voor deze soort gestelde doelen.

De levendbarende hagedis wordt vooral waargenomen in heide en terreinen met vennen (Strijbosch, 2009). Voor de evaluatie van de abundantie in de natuurverbinding gebruiken we dan ook heide als referentie voor de in de doelstelling genoemde 'geschikte natuurtypen', aangezien hierin zowel de transecten in heide als in de oeverzones van een ven (Hilversums Wasmeer) zijn betrokken. In het laatste meetjaar heeft de soort op beide natuurbruggen een lagere abundantie in vergelijking met de referentiemetingen in heide. Het aantal waarnemingen in dit referentiegebied is dan gemiddeld een factor 2,7 hoger. Naar verwachting is dit voor een deel een gevolg van de (grote) verschillen in biotoop tussen de natuurverbinding en het oostelijke referentiegebied, het Hilversums Wasmeer. Dit referentiegebied omvat naast heide een groot ven met brede oeverzones. Hier zijn relatief veel levendbarende hagedissen waargenomen: per inventarisatie gemiddeld 1,1 per transect, berekend over alle meetjaren. In het westelijke en noordelijke referentiegebied, waar een dergelijk ven niet aanwezig is, was dit per inventarisatie gemiddeld 0,5 per transect. Hoewel er aan de voet van de toelopen – en in geval van Natuurbrug Zwaluwenberg ook boven op de brug – waterhabitat aanwezig is in de vorm van poelen, is de natuurverbinding toch lastig te vergelijken met de biotoop van het Hilversums Wasmeer. Ook als we de natuurbruggen vergelijken met alleen de droge heidegebieden (West en Noord) haalt de abundantie in de natuurverbinding echter niet het niveau van deze referenties waar het aantal waarnemingen gemiddeld een factor 2,0 hoger ligt. Het is wellicht dan ook vooral een kwestie van tijd om op de natuurbruggen vergelijkbare abundanties te bereiken als in (droge) heide.

Minimaal drie jaar na opening van de natuurverbinding wijkt de verdeling van de waarnemingen van levendbarende hagedis over de maanden van de meetperiode significant af van die in de omgeving. Het opvallendste verschil is dat deze soort in juli relatief vaker in de omgeving dan in de natuurverbinding is waargenomen. Een mogelijke verklaring is dat in deze zomermaand de omstandigheden op de natuurbruggen minder geschikt waren voor het waarnemen van de hagedissen in vergelijking met die in de referentiegebieden. Zo zou de verhoogde ligging van de brugdekken kunnen leiden tot het sneller bereiken van hogere temperaturen op zonnige dagen, waardoor dieren sneller opwarmen en minder tijd besteden aan zonnen en dus minder zichtbaar zijn. De gemiddelde luchttemperatuur tijdens de inventarisaties in de maand juli op de natuurbruggen was 23,7°C. In het referentiegebied Heide was dit gemiddeld 22,2°C. Hier is dus inderdaad sprake van een verschil in omstandigheden, wat mogelijk de 'dip' in het aantal waarnemingen verklaart.

Minimaal drie jaar na opening van de natuurverbinding verschilt de geslachtsverhouding van levendbarende hagedis niet significant van die in de omgeving. Acceptatie en gebruik van de natuurverbinding komt door beide geslachten dus overeen met de verwachtingen op basis van de metingen in de referentiegebieden. Dat geldt ook voor de leeftijdsverdeling van levendbarende hagedis, die geen significant verschil laat zien met die in de referentiegebieden. Dit is gunstig, omdat het indiceert dat alle leeftijdscategorieën in de natuurverbinding vergelijkbare omstandigheden vinden als in de omgeving.

Ringslang
De natuurverbinding voldoet voor ringslang aan een van de vier voor deze soort gestelde doelen. Voor twee doelen geldt dat een statistische toetsing niet kon worden uitgevoerd, omdat het aantal waarnemingen hiervoor te beperkt was.

De ringslang wordt waargenomen in veel verschillende biotopen, waaronder bos/struweel, heide, poel/klein water en ven (De Wijer et al., 2009). Voor de evaluatie van de abundantie in de natuurverbinding gebruiken we dan ook de omgeving als referentie voor de in de doelstelling genoemde 'geschikte natuurtypen', aangezien hierin zowel de transecten in bos als heide, al dan niet met ven, zijn betrokken. In het laatste meetjaar heeft de soort op Natuurbrug Zwaluwenberg een abundantie die niet significant verschilt met die in de omgeving. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dat dan nog niet het geval. De soort koloniseert de natuurverbinding duidelijk langzamer dan de hazelworm en levendbarende hagedis. In de eerste meetjaren zijn op Natuurbrug Zwaluwenberg nauwelijks waarnemingen van de ringslang gedaan. Het is dus naar verwachting vooral een kwestie van tijd om ook op Natuurbrug Hoorneboeg een vergelijkbare abundantie te bereiken als in de omgeving.

Minimaal drie jaar na opening van de natuurverbinding wijkt de verdeling van de waarnemingen van ringslang over de maanden van de meetperiode niet significant af van die in de omgeving. Het activiteitenpatroon van deze soort komt dus overeen met de verwachtingen op basis van de metingen in de referentiegebieden. Enige voorzichtigheid met het trekken van conclusies is hier wel gewenst, omdat de analyse op een relatief beperkt aantal waarnemingen gebaseerd is: 28 en 59 waarnemingen in respectievelijk de natuurverbinding en referentiegebieden.

Minimaal drie jaar na opening van de natuurverbinding zijn hier relatief veel vrouwelijke dieren en relatief weinig jonge dieren waargenomen, in vergelijking met de referentiegebieden. Of deze verschillen in geslachtsverhouding en leeftijdsverdeling significant zijn, kon echter niet worden vastgesteld door het relatief beperkte aantal waarnemingen van ringslang.

Levensvatbaarheid populaties
Voor zowel de hazelworm als levendbarende hagedis geldt dat een deel van de leefgebieden niet-duurzaam is zonder een goed functionerende natuurverbinding. Dit betekent dat de soorten momenteel nog kunnen worden aangetroffen in deze leefgebieden, maar de kans groot is dat ze hier op termijn verdwijnen. De analyses met het model LARCH laten ook zien dat het verbinden van de leefgebieden ten oosten en westen van de infrastructuur dit probleem in principe kan wegnemen. De verbinding kan er immers voor zorgen dat er voldoende grote populaties ontstaan die een veel kleinere kans hebben om (lokaal) uit te sterven. Een voorwaarde is dan dat er vrije uitwisseling van individuen plaatsvindt tussen de deelpopulaties aan weerszijden van de infrastructuur. Dat is nu nog niet bereikt. Hazelwormen lijken hun bewegingen nog te beperken tot de natuurbrug waarop ze verblijven en wisselen nog niet uit tussen de twee natuurbruggen. Levendbarende hagedissen doen dat naar verwachting wel, maar deze uitwisseling lijkt nog te beperkt van omvang om te kunnen spreken van één populatie met vrije uitwisseling binnen de natuurverbinding. Om dit te bereiken, zijn maatregelen nodig die gericht zijn op het creëren van meer geschikt leefgebied binnen de natuurverbinding, vooral in het tussengebied en op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg (zie in het navolgende *Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor reptielen*). Uitwisseling tussen de brongebieden Oost, West en Noord vindt ook nog niet plaats. Dit is niet verrassend, want de heidecorridors die deze uitwisseling moeten faciliteren, zijn nog niet gerealiseerd. Dit onderzoek kan dan ook gezien worden als een soort 'nulmeting' wat betreft de uitwisseling van individuen tussen de populaties in de brongebieden. De constatering dat deze uitwisseling nu ontbreekt, benadrukt het belang van de ontwikkeling van genoemde heidecorridors met geschikt leefgebied voor reptielen.

Vergelijking met natuurbruggen elders in Nederland
Natuurverbinding Zwaluwenberg lijkt het wat betreft trefkans goed te doen in vergelijking met natuurbruggen elders in Nederland. De trefkans van zowel hazelworm als levendbarende hagedis op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg is groter dan op alle andere natuurbruggen waar deze soorten werden verwacht. Voor de ringslang geldt dat de trefkans op de natuurbruggen in Natuurverbinding Zwaluwenberg groter is dan die op Natuurbrug Jac. P. Thijsse en Natuurbrug Zanderij Crailoo, maar kleiner dan op Natuurbrug Hoog-Buurlo. Bij de interpretatie van de verschillen in trefkans van soorten op de diverse natuurbruggen is voorzichtigheid gewenst. Een hoge trefkans betekent bijvoorbeeld niet direct dat de natuurbrug geschikter is voor reptielen dan natuurbruggen met een lage trefkans. Er kunnen immers verschillen zijn tussen de leefgebieden waarin de natuurbruggen staan en daarmee in de dichtheid van de populatie. Een lage trefkans op een natuurbrug kan dan toch relatief groot zijn als deze wordt vergeleken met de trefkans van de betreffende soort in het omliggende gebied. De trefkans hangt ook samen met (verschillen in) de dimensies en inrichting van een natuurbrug. Daarnaast is de trefkans in belangrijke mate afhankelijk van de gebruikte onderzoeksmethode. In sommige studies zijn inventarisaties verspreid over het hele seizoen uitgevoerd, in andere alleen in specifieke perioden waarin de hoogste activiteit werd verwacht. In de meeste studies is gebruikgemaakt van kunstmatige schuilplekken, maar in sommige studies is dat niet het geval. Ook het aantal kunstmatige schuilplekken dat is gebruikt is van belang, evenals de manier waarop de schuilplekken zijn uitgelegd, i.e. systematisch op transecten of in een grid versus selectief op de volgens experts geschiktste plekken. Dit alles maakt dat aan de gepresenteerde trefkansen geen waardeoordeel kan worden verbonden over het al dan niet goed functioneren van een natuurbrug. Het geeft slechts inzicht in hoe de metingen in Natuurverbinding Zwaluwenberg zich (globaal) verhouden tot metingen op andere locaties.

In dit verband is een vergelijking tussen Natuurverbinding Zwaluwenberg en andere natuurbruggen in Nederland op basis van de abundantie-index informatiever. De abundantie-index houdt immers rekening met verschillen in populatiedichtheden die er wellicht zijn tussen gebieden. Ook zijn verschillen in de gebruikte onderzoeksmethoden tussen studies van minder belang, mits de metingen op een natuurbrug en op de referentieplots in de omgeving van die natuurbrug maar op identieke wijze zijn uitgevoerd. Een tweede voorwaarde is dat de steekproef – het aantal metingen – voldoende groot is. De indexwaarden zijn immers weinig robuust als deze op een klein aantal metingen zijn gebaseerd. Bij vergelijking van de indexwaarden voor hazelworm zien we dat Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg het beter doen dan Natuurbrug Beukbergen. Natuurbrug Hoorneboeg heeft voor hazelworm ook een hogere waarde dan Natuurbrug Leusderheide. Dit is op zich positief, maar er kunnen geen grote conclusies aan worden verbonden. De indexwaarden voor hazelworm op de natuurbruggen Beukbergen en Leusderheide zijn namelijk nog weinig robuust. Ze zijn gebaseerd op negen inventarisaties, waarbij op beide natuurbruggen eenmaal een hazelworm is aangetroffen (Tabel 7.23). Als bijvoorbeeld een tweede hazelworm op Natuurbrug Leusderheide was aangetroffen, dan was de indexwaarde gestegen van 2,0 naar 4,0 en dus hoger dan die op natuurbrug Zwaluwenberg en Hoorneboeg. Als een extra hazelworm in de omgeving van deze natuurbrug was aangetroffen, dan was de indexwaarde gedaald van 2,0 naar 1,0 en dus lager dan die op natuurbrug Zwaluwenberg en Hoorneboeg. De indexwaarden die zijn berekend voor levendbarende hagedis en ringslang op Natuurbrug Zanderij Crailoo zijn wel robuust. Deze zijn gebaseerd op 119 inventarisaties. Hierdoor hebben extra waarnemingen een minder grote invloed op de grootte van de indexwaarden. Zo stijgt de indexwaarde voor levendbarende hagedis op Natuurbrug Zanderij Crailoo bijvoorbeeld met slechts 0,1 bij een verdubbeling van het aantal waarnemingen op die natuurbrug.

Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor reptielen
Op basis van de monitoring zijn zes aanbevelingen geformuleerd (zie Paragraaf 7.6.7.4), gericht op het verbeteren van de functionaliteit van de natuurverbinding voor reptielen. Binnen de natuurverbinding zijn het tussengebied en de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg geïdentificeerd als de zwakste schakels. Beide plekken bevatten onvoldoende geschikte habitat voor reptielen en lijken daardoor een barrière te vormen voor de uitwisseling van individuen. Zo is uitwisseling van hazelworm tussen de twee natuurbruggen niet aangetoond. Voor levendbarende hagedis lijkt er op basis van de genetische monitoring (Hoofdstuk 8) wel uitwisseling te zijn, maar nog onvoldoende om de populaties op beide bruggen als één populatie te beschouwen. Aanpassingen in de inrichting van het tussengebied (aanbeveling 4) en de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg (aanbeveling 5) zal naar verwachting dan ook een significant positief effect hebben op het gebruik van de natuurverbinding door reptielen. Daarnaast is het realiseren van verbindingen

met de populaties in de brongebieden aan beide zijden van de infrastructuur van groot belang (aanbeveling 6). Zonder die verbindingen blijft Natuurverbinding Zwaluwenberg immers een 'eiland' en vervult het niet de functie waar het om begonnen is: het vergroten van de levensvatbaarheid van de populaties reptielen in dit deel van Het Gooi en de Heuvelrug door het onderling verbinden van de leefgebieden. Deze aanbeveling sluit aan bij het bestaande voornemen van het Goois Natuurreservaat om door geleidelijke omvorming van bos naar heide/heischraal grasland/stuifzand een 'heideverbinding' te realiseren tussen het Hilversums Wasmeer en de Hoorneboegse Heide. Natuurverbinding Zwaluwenberg, inclusief de twee natuurbruggen, vormt hierin een belangrijke schakel.

7.8 Conclusies

De natuurverbinding voldoet voor reptielen nog niet geheel aan de verwachtingen, maar de ontwikkelingen zijn positief en een goed functionerende verbindingszone voor deze diergroep lijkt op korte termijn dan ook haalbaar. De natuurverbinding is relatief snel in gebruik genomen door alle soorten reptielen die in de omliggende natuurgebieden voorkomen. Dit gebruik nam jaarlijks toe. Daarbij zijn binnen de natuurverbinding verschillende leeftijdscategorieën aangetroffen en is voortplanting geregistreerd. Voor een deel van de soorten is de abundantie in de natuurverbinding inmiddels gelijk aan of zelfs hoger dan die in de referentiegebieden. Ook in vergelijking met het gebruik door reptielen van andere natuurbruggen is het beeld positief: trefkansen en abundanties op de natuurbruggen van Natuurverbinding Zwaluwenberg zijn hoger dan die op de meeste andere ecoducten in Nederland. Voor een deel van de soorten zien we nog wel verschillen in seizoensactiviteit, geslachtsverhouding en/of leeftijdsverdeling tussen de natuurverbinding en de referentiegebieden. Daarnaast is er nog geen uitwisseling van hazelwormen aangetoond tussen de twee natuurbruggen. Het ontbreken van geschikt leefgebied in een deel van het tussengebied en de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg lijkt hiervoor de belangrijkste oorzaak. De aanbeveling is dan ook om hier het leefgebied geschikter te maken voor de reptielen, vooral door omvorming van bos naar heide.

8 Populatie-genetische effecten van de natuurverbinding voor hazelworm en levendbarende hagedis

8.1 Inleiding

De primaire doelstelling van Natuurverbinding Zwaluwenberg, inclusief de natuurbruggen Zwaluwenberg en Hoorneboeg, is het herstellen van de mogelijkheid voor de diersoorten om uitwisseling te laten plaatsvinden tussen populaties aan weerszijden van de infrastructurele barrières. Met name als het gaat om kleine populaties is de mogelijkheid van migratie tussen populaties van groot belang als vangnet tegen demografische 'stochasticiteit', dus fluctuaties in de populatieomvang door bijvoorbeeld een ziekte of brand, waarbij het risico bestaat dat de lokale populatie uitsterft. Immigratie vanuit een nabijgelegen populatie kan dit helpen voorkomen. De laatste decennia is echter steeds duidelijker geworden dat uitwisseling tussen populaties nog een tweede ecologisch doel dient: het op peil houden van de genetische variatie in de populaties.

Genetische variatie binnen een populatie is essentieel voor diens voortbestaan op lange termijn. Het biedt een populatie het vermogen om zich aan te passen aan veranderende omstandigheden, zoals een verandering in de vegetatie ter plaatse, het microklimaat of klimaatverandering in bredere zin. Genetische verschillen zorgen ervoor dat individuen enigszins verschillen in de mate waarin ze met bepaalde omstandigheden kunnen omgaan. Hoe meer variatie in een populatie aanwezig is tussen individuen, hoe groter de kans dat er enkele individuen overleven bij plotselinge veranderingen in omstandigheden en hoe flexibeler de populatie daar dus mee om kan gaan.

Genetische variatie is daarnaast essentieel om schadelijke effecten van inteelt – paring tussen verwante dieren – te voorkomen. Voor de meeste diersoorten geldt dat individuen van elk gen twee exemplaren bezitten, waarvan een afkomstig is van de vader en een van de moeder. Hoe kleiner de variatie in een populatie, hoe groter de kans dat een nieuwe nakomeling van zowel de vader als de moeder dezelfde variant van een gen erft. Dat hoeft geen probleem te zijn, maar kan voor problemen zorgen zodra er schadelijke mutanten – disfunctionele varianten – van een gen in de populatie opduiken. Mocht een nakomeling zo'n disfunctionele variant erven van een van diens ouders, dan wordt deze vaak onderdrukt door een functionele variant afkomstig van de andere ouder. Bij een lage genetische variatie in de populatie groeit de kans dat een nakomeling van beide ouders een disfunctioneel exemplaar van het gen erft en daardoor een verminderde vitaliteit heeft. Dit principe wordt inteelt-depressie genoemd (De Groot et al., 2014). Bekend is dat vooral in kleine, geïsoleerde dierpopulaties op termijn genetische verarming kan optreden (Buiteveld & Koelewijn, 2006). In die situaties is de kans groter dat een bepaalde genetische variant verloren gaat, doordat het beperkte aantal dieren dat deze variant bezat bij toeval geen van alle in staat bleek zich voort te planten alvorens te sterven. Dit principe wordt 'genetische drift' genoemd. Genetische uitwisseling tussen populaties, waarbij af en toe een immigrant weer nieuwe variatie inbrengt, is essentieel om dit geleidelijke proces van verarming te vermijden.

8.1.1 Meerwaarde populatie-genetisch onderzoek

Onderzoek met behulp van bijvoorbeeld wildcamera's of zenders is zeer waardevol om na te gaan of individuen van een bepaalde soort inderdaad gebruikmaken van een natuurverbinding of natuurbrug om te migreren tussen populaties. Echter, als deze migratie inderdaad blijkt plaats te vinden, is dit nog geen garantie dat ook sprake is van genetische uitwisseling. Immers, het is mogelijk dat een migrant overlijdt of weer terugkeert naar diens oorspronkelijke populatie, zonder zijn/haar genen door te geven in de nieuwe populatie. Dit maakt het relevant om bij een evaluatie van de functionaliteit van een natuurverbinding ook de genetische samenstelling in de (deel)populaties te onderzoeken en na te gaan in hoeverre deze verandert binnen en tussen de deelgebieden na aanleg van een natuurverbinding.

Populatie-genetisch onderzoek kan meer licht werpen op de mate van genetische uitwisseling. Daarbij wordt gekeken naar ruimtelijke verschillen en veranderingen in de tijd in zowel de genetische variatie als de genetische samenstelling van (deel)populaties. De aanwezigheid van een barrière voor genetische uitwisseling tussen twee populaties zorgt op termijn vaak voor genetische differentiatie, i.e. de genetische samenstelling van de populaties gaat langzaam verschillen, bijvoorbeeld omdat per populatie bij toeval andere genetische varianten verloren gaan. Deze differentiatie is op zichzelf geen probleem, maar is wel een indicatie dat de uitwisseling tussen de populaties onvoldoende is om verloren varianten weer aan te vullen. De ultieme toets voor de effectiviteit van een natuurverbinding of natuurbrug voor genetische uitwisseling is dan ook of na verloop van tijd de genetische differentiatie tussen populaties aan weerszijden van de veronderstelde barrière gaat afnemen en/of de genetische variatie per populatie toeneemt. Dit is te toetsen door vlak voor of na de aanleg van de natuurverbinding een nulmeting uit te voeren, waarbij de ruimtelijke patronen in genetische samenstelling in het gebied rond de verbinding in kaart worden gebracht, en vervolgens na enige jaren een tweede meting (effectmeting) uit te voeren om na te gaan of deze patronen zijn gewijzigd. Uiteraard berust deze toets op de aanname dat bij de nulmeting inderdaad sprake is van een genetisch verschil tussen deelpopulaties. Mocht uit de nulmeting blijken dat dit niet het geval is, dan is de analyse minder haalbaar, maar ook minder urgent, omdat tenminste tot relatief kort daarvoor blijkbaar nog enige uitwisseling mogelijk is geweest. Indien wel sprake is van genetische differentiatie kan het, afhankelijk van onder andere het dispersievermogen, de voortplantingssnelheid en de generatieduur van de diersoort, een aanzienlijke tijd duren voordat een verbetering in de uitwisselingsmogelijkheden ook daadwerkelijk een aantoonbaar effect heeft op de genetische samenstelling op (deel)populatieniveau. Om die reden is een effectmeting pas na enkele jaren zinvol.

8.1.2 Genetisch onderzoek natuurverbindingen

Het aantal studies waarin expliciet op dit genetische niveau is gekeken naar de effectiviteit van natuurverbindingen en/of faunapassages, is tot nu toe vrij beperkt. De meeste voorbeelden betreffen studies voor (grote) zoogdieren, zoals het ree (Burkart et al., 2015), het edelhert of wild zwijn (De Groot et al., 2016). Over genetische effecten voor, onder andere, reptielen is nog veel minder bekend. De soorten van deze soortgroep hebben over het algemeen een veel beperktere dispersiecapaciteit, wat ertoe zou kunnen leiden dat effectieve genetische uitwisseling minder snel op gang komt, bijvoorbeeld omdat eerst stapsgewijs nieuwe leefgebieden in en rond de natuurverbinding moeten worden ingenomen.

Een genetische studie naar levendbarende hagedissen aan de Spaanse zijde van de Pyreneeën liet zien dat populaties op enkele tientallen kilometers afstand van elkaar slechts beperkt met elkaar uitwisselen en daardoor genetisch van elkaar verschillen, met name indien die populaties gescheiden worden door een bergrug (Horreo et al., 2019). In hoeverre op een fijnere, ruimtelijke schaal ook infrastructuur een barrière vormt, bleef tot nu toe onduidelijk. Voor hazelwormen is hierover iets meer bekend. Een landschap-genetische studie door Geiser et al. (2013) in een sterk urbaan gebied in het westen van Zwitserland liet zien dat de genetische uitwisseling van hazelwormen ter plaatse aanzienlijk werd beperkt door zowel snelwegen als spoorwegen.

8.2 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is om met behulp van genetische technieken voor twee soorten reptielen – hazelworm en levendbarende hagedis – te verkennen of er via Natuurverbinding Zwaluwenberg uitwisseling plaatsvindt tussen de populaties aan weerszijden van de infrastructurele barrières. Een tweede doel is om de mate van genetische uitwisseling in beeld te brengen, zodat uitspraken kunnen worden gedaan over de functionaliteit van Natuurverbinding Zwaluwenberg. Tevens moet het onderzoek eventuele knelpunten in de uitwisseling signaleren die aangrijpingspunten bieden voor het optimaliseren van de inrichting en/of het beheer van de natuurverbinding.

8.3 Onderzoeksvragen

Om deze doelen te bereiken, is hier voor beide soorten een zevenjarige populatie-genetische studie uitgevoerd, waarvoor de volgende concrete onderzoeksvragen zijn geformuleerd:

1. In hoeverre was in de oorspronkelijke situatie ('nulsituatie'), dus voordat de natuurverbinding was gerealiseerd, sprake van genetische differentiatie tussen de populaties in de verschillende deelgebieden ten westen van, ten oosten van en tussen de infrastructurele barrières (provinciale weg N417, spoorlijn Utrecht-Hilversum en rijksweg A27)?
2. In hoeverre en op welke wijze veranderde de genetische samenstelling per deelgebied gedurende de onderzoeksperiode?
   a. In hoeverre was aan het eind van de onderzoeksperiode sprake van een wijziging in de mate van genetische differentiatie tussen deelgebieden aan weerszijden van een of meerdere barrières, ten opzichte van de situatie ten tijde van de nulmeting?
   b. In hoeverre bieden de genetische patronen inzicht in de (dominante) verspreidingsrichtingen binnen en rond de natuurverbinding?
3. In hoeverre veranderde de genetische diversiteit in de diverse deelgebieden gedurende de studieperiode?

8.4 Methoden

8.4.1 Verzamelen DNA

Voor beide soorten, hazelworm en levendbarende hagedis, zijn DNA-monsters verzameld over een tijdsperiode van zeven jaar (2014 t/m 2020). Dit betekent dat het verzamelen van DNA kort na de opening van Natuurbrug Zwaluwenberg (in 2013) is gestart en voordat Natuurbrug Hoorneboeg (in 2016) is geopend. De DNA-monsters zijn voor een belangrijk deel verzameld tijdens de in Hoofdstuk 7 beschreven transect-inventarisaties van reptielen in de natuurverbinding en in de diverse brongebieden ten oosten, westen en noorden van de natuurverbinding. Daarnaast zijn DNA-monsters verzameld van dieren die los van de transect-inventarisaties zijn waargenomen. Ook zijn er extra 'vangacties' gedaan in gebieden waar geen transecten lagen of waar tijdens de transect-inventarisaties geen of weinig dieren werden aangetroffen. Hiervoor zijn in die gebieden extra kunstmatige schuilplekken (tapijttegels) uitgelegd op plekken met voor reptielen geschikte biotoop.

DNA-monsters zijn verzameld, bij zowel hazelworm als levendbarende hagedis, door het afknippen van het verhoornde, uiterste puntje van de staart (circa 2 mm; Figuur 8.1 en 8.2). Ieder staartpuntje is in een apart buisje met ethanol gedaan en van een uniek registratienummer voorzien, zodat het DNA-monster gelinkt is aan het bestand met gegevens over het dier, de vangplek en het vangmoment. In sommige gevallen wierp een dier zijn staart af tijdens het vangen of fixeren van het dier. In dat geval is de afgeworpen staart als DNA-monster gebruikt. In een enkel geval bestond het DNA-monster van een hazelworm uit een bloedmonster, verzameld tijdens het plaatsen van een transponder (zie Hoofdstuk 7). Behalve van levende dieren zijn ook DNA-monsters verzameld van vervellingshuiden en dood gevonden dieren. In geval van een vervellingshuid is deze in zijn geheel verzameld. Van dode dieren is meestal (een deel van) de staart meegenomen.

Figuur 8.1 *Doorsnede van de staartpunt van een (dode) hazelworm. De laatste 3-4 mm van de staart is verhoornd. © Foto: H. Jansman.*

Een afgeknipte staartpunt was bij hervangst van een dier in een meetjaar meestal goed te herkennen. Het opnieuw bemonsteren van een dier waarvan al een DNA-monster verzameld was, kon daardoor worden voorkomen. Om die reden zijn ook dieren met een afgeworpen staart niet bemonsterd. Hazelwormen met een transponder konden individueel herkend worden en zijn dus nooit meer dan eenmaal bemonsterd. Datzelfde geldt voor dode dieren, hazelwormen dan wel hagedis, want deze zijn in hun geheel meegenomen.

Figuur 8.2 *Het knippen van het staartpuntje van een levendbarende hagedis (links) en hazelworm (rechts) in de westelijke berm van rijksweg A27. De weefselmonsters zijn in buisjes met ethanol gedaan met een uniek registratienummer. © Foto's: E. van der Grift (links, midden) en C. Gerritsen (rechts).*

Het knippen van een staartpuntje is te karakteriseren als een dierproef op basis van de *Wet op de Dierproeven* (WoD). Deze dierexperimentele handelingen zijn in de periode 2014-2017 uitgevoerd onder de door de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit aan Alterra, onderdeel van de Stichting DLO, verstrekte ontheffing (kenmerk: TRC/VWA/2014/4590) van de verboden vermeld in artikel 11 van de WoD, op grond van artikel 16 lid 2 van de WoD. In de periode 2018-2020 zijn deze handeling uitgevoerd onder de door de Centrale Commissie Dierproeven aan Wageningen Environmental Research verstrekte vergunning op grond van artikel 10a lid 1 van de WoD (kenmerk: AVD4010020173047).

8.4.2 Monsteraantallen en algemene proefopzet

Ten behoeve van de genetische analyses is het studiegebied ingedeeld in een aantal deelgebieden, die zijn gehanteerd voor een globale analyse van verschillen in de genetische diversiteit en genetische samenstelling aan weerszijden en tussen de infrastructurele barrières. Daarbij zijn vijf deelgebieden onderscheiden: Noord (de Laapersheide, gelegen tussen de spoorlijn en de A27, enkele kilometers ten noorden van Natuurbrug Zwaluwenberg), Oost (Hilversums Wasmeer, Maartensdijkse Bos en De Zuid, gelegen ten oosten van Natuurbrug Zwaluwenberg), West (Hoorneboegse Heide, Hoorneboegse Bos, Zonneheide, Zwarte Berg en Einde Gooi, gelegen ten westen van Natuurbrug Hoorneboeg), Natuurbrug Zwaluwenberg (inclusief de toelopen daarvan), Natuurbrug Hoorneboeg (inclusief de toelopen daarvan) en de bermen aan weerszijden van de A27 (ter hoogte van Natuurbrug Zwaluwenberg).

Voor de genetische analyses is gebruikgemaakt van in totaal 392 DNA-monsters van hazelwormen en 359 DNA-monsters van levendbarende hagedissen, verzameld in bovengenoemde deelgebieden in de jaren 2014 tot en met 2020. Bij de bemonstering en in de genetische analyses is onderscheid gemaakt in drie tijdsperiodes (Tabel 8.1).

Tabel 8.1 *Monsteraantallen (N) per soort per tijdsperiode, zoals gebruikt in de genetische analyses.*

Periode	Verzameljaar	N Hazelworm	N Levendbarende hagedis
T0	2014 + 2015	140	137
T1	2017 + 2018	116	85
T2	2020	136	137
Totaal		392	359

Monsters verzameld in 2014 en 2015 (in de rest van dit hoofdstuk aangeduid als periode 'T0') zijn beschouwd als nulmeting. Analyse van deze monsters geeft inzicht in de uitgangssituatie met betrekking tot de genetische variatie en ruimtelijke genetische verschillen in het studiegebied, zoals die bestonden kort na de opening van Natuurbrug Zwaluwenberg. Hiervoor is gebruikgemaakt van een brede monsterset uit alle deelgebieden, behalve Natuurbrug Hoorneboeg, die op dat moment nog in aanleg was. Voor deelgebieden Oost en West is enig verschil aanwezig tussen de twee onderzoeksoorten in de exacte locaties waar de monsters van afkomstig waren (zie Tabel 8.2 en 8.3).

De genetische patronen in T0 zijn primair vergeleken met de patronen ten minste vijf jaar later, op basis van monsters genomen in 2020. Deze tijdsperiode wordt hier aangeduid als 'T2'. De locaties waar deze monsters zijn genomen, komen grotendeels overeen met de locaties van T0 (met dus wederom enige verschillen tussen soorten in de exacte locaties per deelgebied, zie Tabel 8.2 en 8.3). Wel zijn in T2 ook monsters genomen op Natuurbrug Hoorneboeg.

Om meer zicht te krijgen op de veranderingen in de tussenliggende periode, is ook een (iets geringere) set monsters geanalyseerd, verzameld in de jaren 2017 en 2018 en hier aangeduid als tijdsperiode 'T1'. Ook voor deze periode waren monsters beschikbaar van individuen op en rond Natuurbrug Hoorneboeg, die destijds net was geopend. Van levendbarende hagedis zijn in T1 enkele monsters meegenomen van aanvullende locaties die in de andere tijdsperioden niet zijn bemonsterd (De Zuid in deelgebied Oost, Zonneheide in deelgebied West).

Tot slot zijn per soort enkele monsters meegenomen van een populatie buiten het studiegebied, als referentie voor de mate van ruimtelijke variatie op grotere ruimtelijke schaal en de genetische variatie in andere populaties van de onderzoeksoorten. Voor hazelworm is gebruikgemaakt van monsters verzameld in 2014 en 2015 op de Veluwe. Voor levendbarende hagedis is gebruikgemaakt van monsters die al enige tijd eerder, tussen 2004 en 2008, zijn verzameld in het zuidoosten van Friesland (Drents-Friese Wold en directe omgeving).

Tabel 8.2 *Verdeling van DNA-monsters van hazelwormen over de deelgebieden per tijdsperiode.*

Periode	Deelgebied	Locatie	N
2014-2015	n.v.t.	Referentiegroep Veluwe	5
T0	Noord	Laapersheide	4
	Oost	Hilversums Wasmeer	83
	Oost	Maartensdijkse Bos	6
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Oost	1
	NB Zwaluwenberg	Top	2
	NB Zwaluwenberg	Toeloop West	3
	Bermen A27	Berm Oostzijde	27
	Bermen A27	Berm Westzijde	10
	West	Einde Gooi	2
	West	Hoorneboegse Bos	1
	West	Zwarte Berg	1
T1	Oost	De Zuid	12
	Oost	Maartensdijkse Bos	8
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Oost	19
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Noord	10
	NB Zwaluwenberg	Top	3
	NB Zwaluwenberg	Toeloop West	7
	NB Hoorneboeg	Toeloop Oost	2
	NB Hoorneboeg	Top	8
	NB Hoorneboeg	Toeloop West	20
	West	Einde Gooi	4
	West	Hoorneboegse Bos	1
	West	Hoorneboegse Heide	10
	West	Zonneheide - Zonneven	5
	West	Zwarte Berg	7
T2	Noord	Laapersheide	2
	Oost	Hilversums Wasmeer	31
	Oost	De Zuid	2
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Oost	3
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Noord	9
	NB Zwaluwenberg	Top	6
	NB Zwaluwenberg	Toeloop West	5
	Bermen A27	Berm Oostzijde	14
	Bermen A27	Berm Westzijde	2
	NB Hoorneboeg	Toeloop Oost	12
	NB Hoorneboeg	Top	27
	NB Hoorneboeg	Toeloop West	20
	West	Hoorneboegse Bos	3

Tabel 8.3 *Verdeling van DNA-monsters van levendbarende hagedissen over de deelgebieden per tijdsperiode.*

Periode	Deelgebied	Locatie	N
2004-2008	N.v.t.	Referentiegroep ZO Friesland	20
T0	Noord	Laapersheide	11
	Oost	Hilversums Wasmeer	70
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Oost	3
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Noord	3
	NB Zwaluwenberg	Top	8
	NB Zwaluwenberg	Toeloop West	3
	Bermen A27	Berm Oostzijde	4
	Bermen A27	Berm Westzijde	10
	West	Hoorneboegse Heide	25
T1	Oost	De Zuid	15
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Oost	13
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Noord	14
	NB Zwaluwenberg	Top	14
	NB Zwaluwenberg	Toeloop West	14
	NB Hoorneboeg	Top	4
	NB Hoorneboeg	Toeloop West	6
	West	Zonneheide - Zonneven	5
T2	Noord	Laapersheide	9
	Oost	Hilversums Wasmeer	30
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Oost	5
	NB Zwaluwenberg	Toeloop Noord	3
	NB Zwaluwenberg	Top	5
	NB Zwaluwenberg	Toeloop West	20
	Bermen A27	Berm Oostzijde	13
	Bermen A27	Berm Westzijde	3
	NB Hoorneboeg	Toeloop Oost	4
	NB Hoorneboeg	Top	13
	NB Hoorneboeg	Toeloop West	9
	West	Hoorneboegse Heide	23

8.4.3 Genetische analyse

Alle DNA-monsters zijn opgeslagen op geconcentreerde ethanol (>96%) in de vriezer bij -20 °C, tot aan de start van de analyse (in 2016 voor monsters van T0, in 2021 voor monsters van T2 en in 2022 voor monsters van T1). Alle genetische analyses vonden plaats in het Laboratorium voor Ecologische Genetica van Wageningen Environmental Research te Wageningen.

Per monster is allereerst DNA geïsoleerd met behulp van de 'Nucleospin 96 Tissue' Kit (Machery-Nagel), waarmee 96 monsters gelijktijdig kunnen worden verwerkt. Uitvoering vond plaats volgens de richtlijnen van de producent. Voor het bepalen van de genetische variatie en ruimtelijke patronen daarin, is gebruikgemaakt van zogenaamde 'microsatelliet-merkers'. Dit zijn fragmenten in het DNA die in lengte kunnen variëren. Bij microsatelliet-analyse wordt deze lengtevariatie per merker in beeld gebracht. Voor elk monster worden de waargenomen lengtevarianten (allelen) per merker vervolgens samengevoegd tot een totaalprofiel. Het aantal mogelijke combinaties van allelen voor alle merkers samen is zodanig, dat het totaalprofiel voor elk individueel dier uniek is. Dat maakt het mogelijk om individuen ter herkennen op basis van hun microsatelliet-profiel en geeft ook de mogelijkheid om de variatie tussen individuen binnen een populatie in beeld te brengen en zo een beeld te krijgen van de genetische samenstelling van een populatie.

In dit onderzoek is gebruikgemaakt van reeds in de wetenschappelijke literatuur gepubliceerde sets van microsatelliet-merkers, waarvan reeds gebleken is dat ze inderdaad voldoende variatie vertonen voor individuele herkenning. Voor hazelworm is gebruikgemaakt van een reeds gepubliceerde set van negen

microsatelliet-merkers (Geiser et al., 2013). Voor levendbarende hagedis is gebruikgemaakt van een set van eveneens negen microsatelliet-merkers, waarvan vier oorspronkelijk afkomstig waren uit Stevens et al. (2013) en de andere vijf uit Boudjemadi et al. (1999). PCR-amplificatie vond plaats in zogenaamde multiplex-reacties, waarbij meerdere merkers tegelijk worden vermeerderd en uitgelezen. Een overzicht van de gebruikte merkers per soort en de verdeling daarvan over multiplexreacties, is beschikbaar in Bijlage 8. Voor meer detailinformatie over de gebruikte merkers verwijzen we naar bovengenoemde publicaties. Gedetailleerde protocollen voor de PCR-amplificatie en het uitlezen van de profielen zijn beschikbaar in standaardwerkvoorschriften van Wageningen Environmental Research: SOP E4055-10 (hazelworm) en SOP E4055-09 (levendbarende hagedis). Uitlezen van de allelen per merker vond plaats middels een ABI-sequencer, waarbij allel-scoring is uitgevoerd met behulp van het softwarepakket *Genemarker*.

Per soort zijn de verkregen DNA-profielen allereerst gebruikt voor het bepalen van de variatie binnen elk van de deelpopulaties per tijdsperiode. Hiertoe is gekeken naar een aantal verschillende populatie-genetische parameters:

1. De allelenrijkdom, oftewel het gemiddelde aantal allelen per merker, gecorrigeerd voor de steekproefgrootte. Deze gecorrigeerde allelenrijkdom wordt aangeduid met de afkorting '*Ar*'.
2. De verwachte heterozygositeit (*He*), oftewel het gemiddelde aantal heterozygote individuen per merker dat men zou verwachten als er sprake is van willekeurige paring tussen alle individuen binnen de populatie. *He* is hoger wanneer de totale variatie in de populatie groter is, en wordt daarom vooral gebruikt als een tweede maat voor de variatie in de populatie, die minder wordt beïnvloed door de (toevallige) aanwezigheid van eventuele, zeer zeldzame allelen in de steekproef.
3. De waargenomen heterozygositeit (*Ho*), oftewel het percentage heterozygote individuen per merker dat daadwerkelijk is waargenomen. *Ho* vormt een indicatie voor het risico op schadelijke effecten door inteelt, dus paring tussen verwante dieren.

Vervolgens zijn analyses uitgevoerd om te bepalen in welke mate de genetische samenstelling verschilde tussen de diverse deelgebieden. Daartoe is gebruikgemaakt van de totale dataset van genetische profielen van alle drie tijdsperiodes gezamenlijk. Dat maakt het mogelijk om ook per deelgebied de veranderingen in samenstelling door de tijd heen te bekijken. De verschillen in genetische samenstelling zijn op twee manieren onderzocht:

1. Berekening van de paarsgewijze, genetische differentiatie (*Fst*). Een *Fst*-waarde van 0 geeft aan dat de genetische samenstelling van twee populaties identiek is, waarbij de allelfrequenties voor de verschillende allelen hetzelfde zijn. Bij een *Fst*-waarde van 1 zijn de populaties maximaal verschillend, dat wil zeggen dat er geen overlap voorkomt tussen de aanwezige allelen.
2. Een indeling van alle individuen in de dataset in genetische clusters (groep van individuen die relatief sterk overeenkomt in genetische samenstelling) op basis van Bayesiaanse clusteringstechnieken met behulp van het programma STRUCTURE (Pritchard et al., 2000). STRUCTURE laat in eerste instantie de veronderstelde populatie-indeling van de onderzochte individuen even los. In plaats daarvan veronderstelt het programma dat sprake is van een bepaald aantal genetische clusters (K), en gebruikt vervolgens de genetische profielen om individuen toe te wijzen aan deze clusters. Per individu wordt met percentages aangegeven in hoeverre deze aan elk van de K-clusters wordt toegewezen. Vervolgens sorteert de software de individuen weer volgens de vooraf opgegeven populatie-indeling en kan gemakkelijk worden gekeken in hoeverre de indeling in genetische clusters overeenkomt met de vooraf opgegeven verdeling. De STRUCTURE-analyse is herhaald voor verschillende waarden voor K, waarna bepaald kan worden welk aantal clusters – en bijbehorende toewijzingen van individuen – optimaal is.

8.5 Resultaten

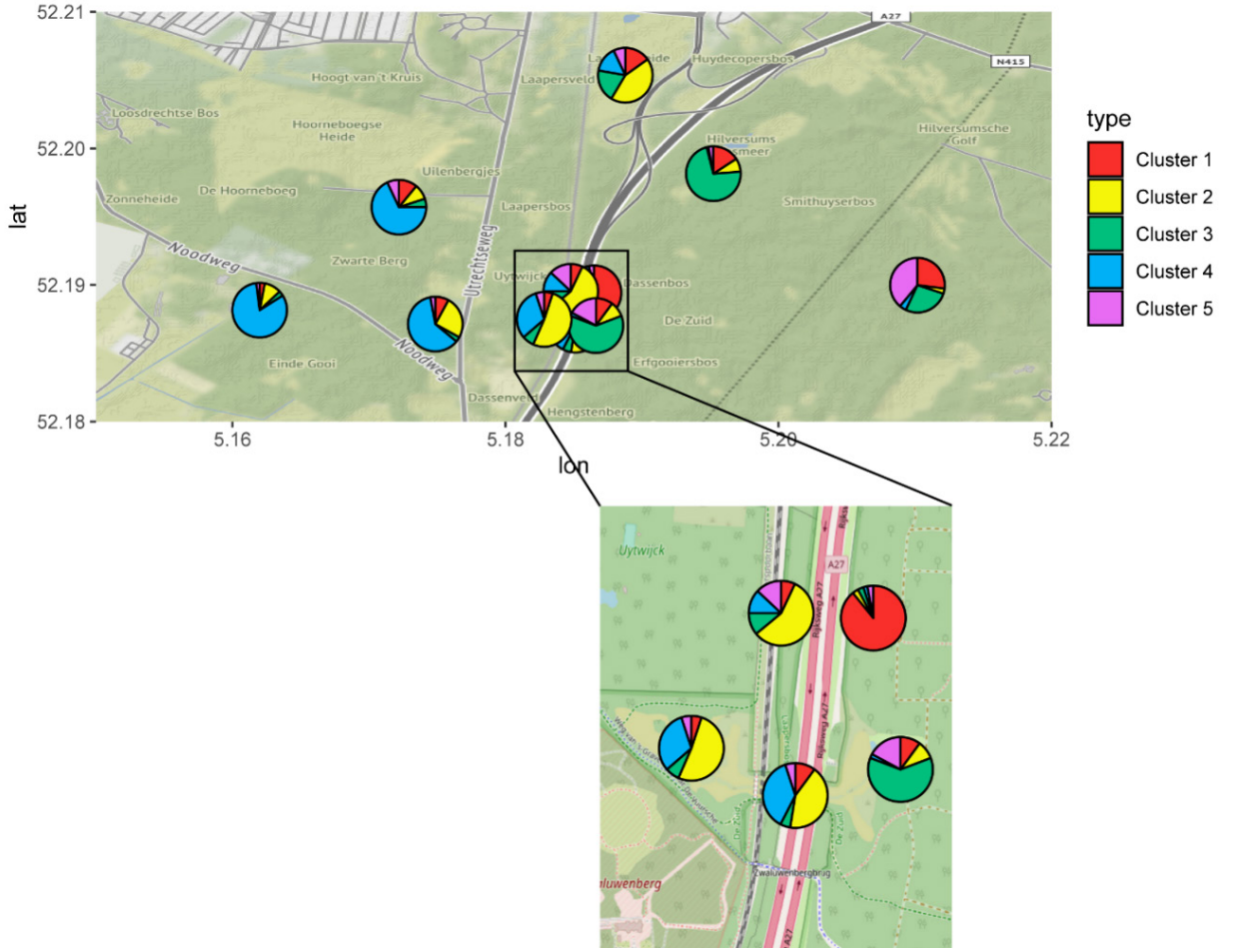
8.5.1 Hazelworm

8.5.1.1 Ruimtelijke genetische structuur en differentiatie tussen deelgebieden

Figuur 8.3 toont de genetische samenstelling onder de hazelwormen per locatie (deelpopulatie), zoals waargenomen voor tijdsperiode T0 (nulmeting) op basis van de clusteranalyse met behulp van STRUCTURE. Verschillende genetische clusters zijn herkenbaar middels verschillende kleuren. Per locatie geeft de taartdiagram weer welke genetische clusters ter plaatse aanwezig waren en in welke verhouding. Hieruit

wordt meteen duidelijk dat inderdaad sprake is van ruimtelijke verschillen in genetische samenstelling tussen verschillende deelgebieden. Ten westen van de N417 is het blauwe cluster dominant, terwijl tussen de spoorlijn en de A27 (de Laapersheide in het noorden en de westelijke berm van de A27) het gele cluster dominant is. Ten oosten van de A27 is het groene cluster algemeen, terwijl dit grotendeels ontbreekt ten westen van de infrastructurele barrières. Een belangrijke kanttekening daarbij is wel dat in totaal slechts een handvol (vijf stuks) genetische profielen beschikbaar was uit het westelijke deelgebied (zie Tabel 8.2). Opvallend is verder dat de samenstelling van de individuen in de oostelijke berm van de A27 afweek van de samenstelling van de hazelwormen rond het Hilversums Wasmeer en verder naar het oosten (Maartensdijkse Bos). De *Fst*-waarden voor genetische differentiatie (zie Bijlage 9) lieten een duidelijke differentiatie zien tussen de deelgebieden West en Oost (*Fst*=0,13), tussen de westelijke en oostelijke berm van de A27 (*Fst*=0,08) en tussen de westelijke berm van de A27 en het deelgebied West (*Fst*=0,07).

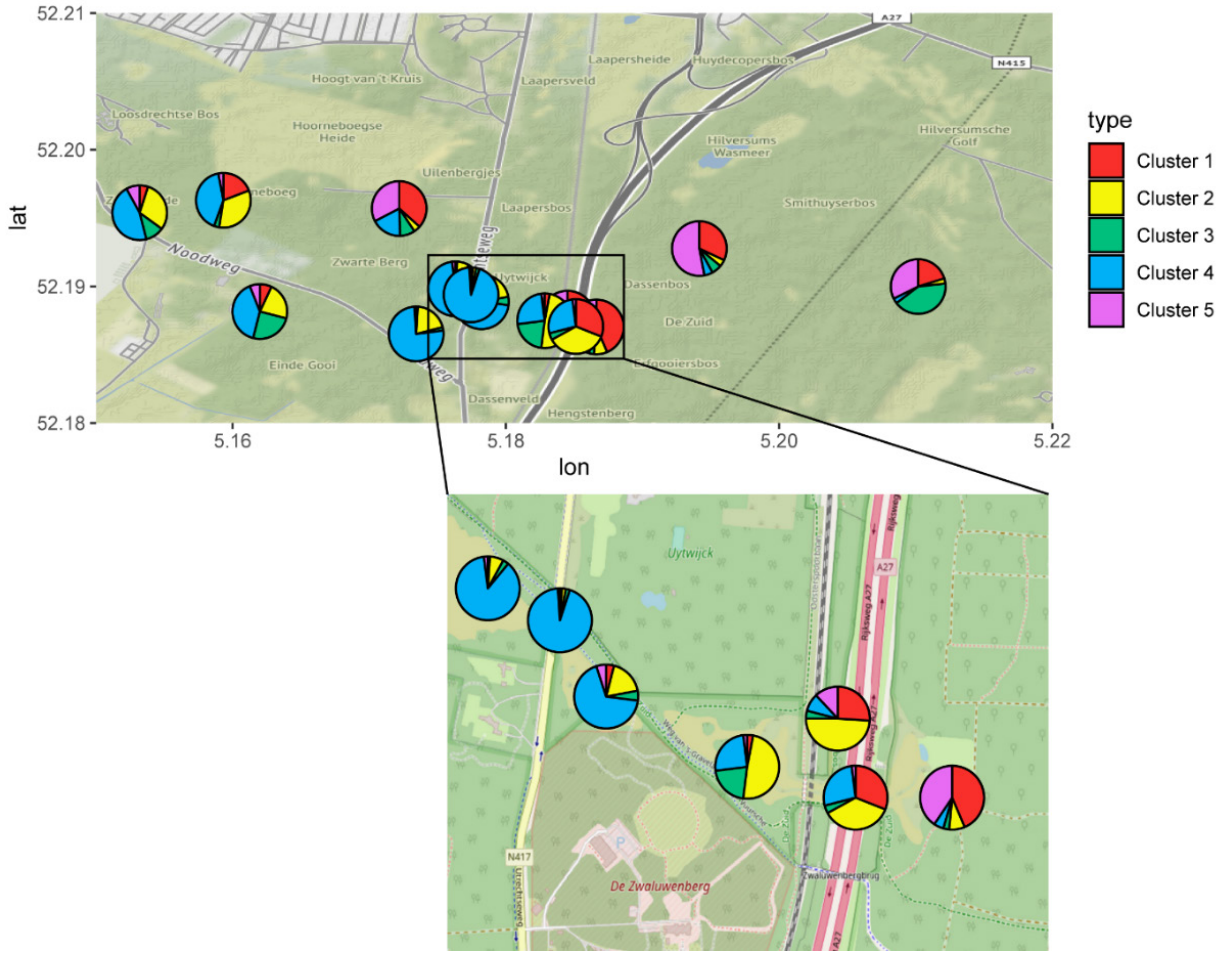
Wanneer wordt ingezoomd op de situatie op en rond Natuurbrug Zwaluwenberg (inzet in Figuur 8.3), wordt zichtbaar dat de samenstelling in de westelijke berm van de A27 zeer sterk lijkt op de samenstelling in deelgebied Noord (Laapersheide). Ook op de top en op de westelijke toeloop van de natuurbrug domineert het gele cluster dat kenmerkend is voor de populaties tussen de spoorlijn en de A27, hoewel ook het blauwe cluster hier wat nadrukkelijker aanwezig is. Dit suggereert dat de natuurbrug in eerste instantie is bevolkt door hazelwormen vanuit de populatie in de westelijke berm van de rijksweg, die middels de noordelijke toeloop verbonden is met de natuurbrug. Daarnaast kunnen ook dieren hebben bijgedragen die zich al in het gebied tussen de N417 en de spoorlijn bevonden en qua genetische samenstelling lijken op die in deelgebied West. Dit wordt ondersteund door de *Fst*-waarden, die laag zijn voor de paarsgewijze vergelijkingen tussen de natuurbrug en deelgebied West en Noord en de westelijke berm van de A27, terwijl de differentiatie tussen natuurbrug en de oostelijke berm en deelgebied Oost groter is. De oostelijke toeloop lijkt daarentegen te zijn bevolkt door individuen uit de oostelijke populaties.



Figuur 8.3 *Ruimtelijke genetische structuur onder de hazelwormen bemonsterd in tijdsperiode T0, weergegeven per deelgebied middels de gemiddelde toewijzing van de individuen aan vijf genetische clusters. De kleuren van de genetische clusters komen overeen met Figuur 8.4 en 8.5.*

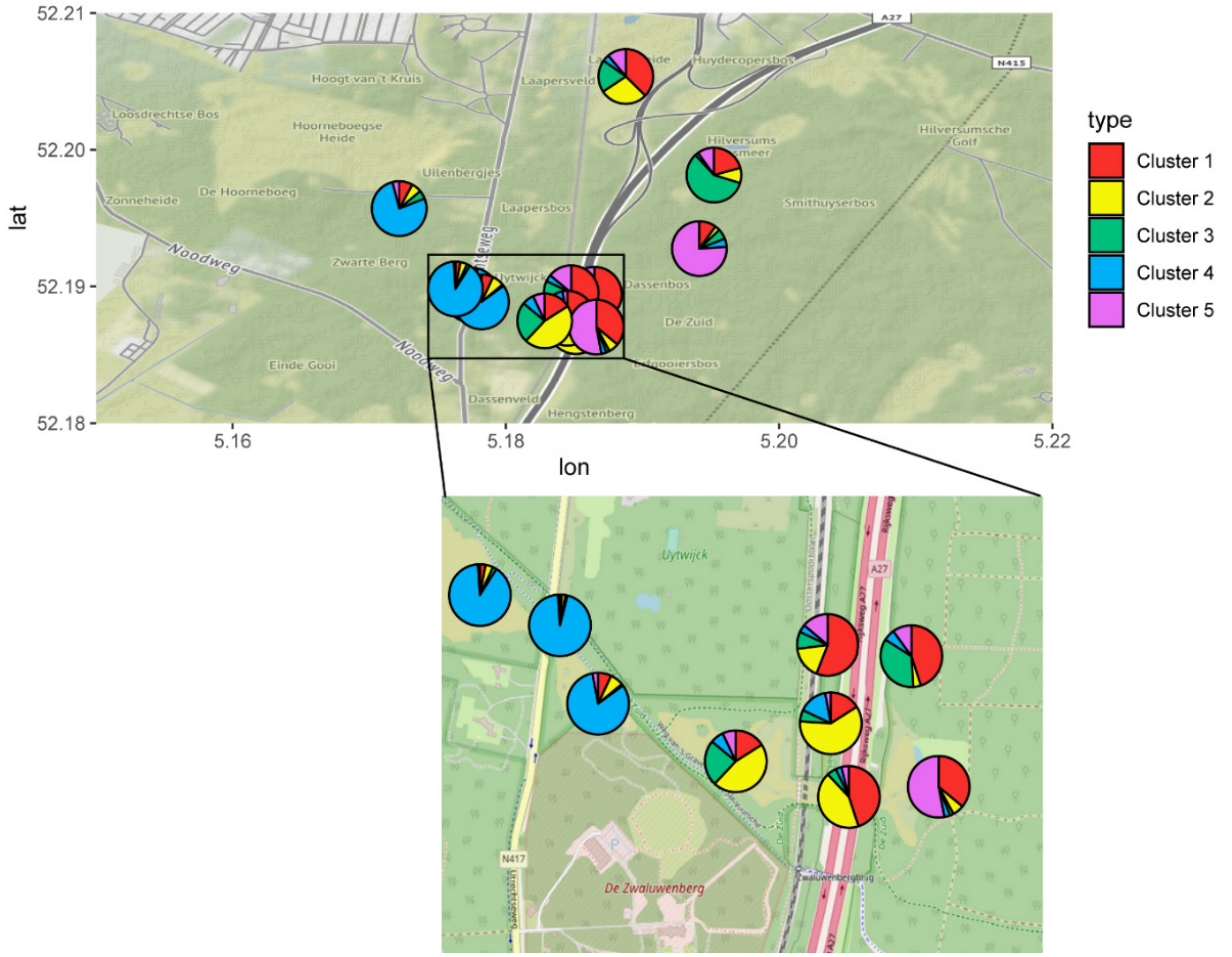
De genetische patronen in tijdsperiode T1 (Figuur 8.4) kwamen grotendeels overeen met de situatie in T0. Wel valt op dat de westelijke locaties die in deze periode zijn bemonsterd een wat gevarieerdere samenstelling kenden. Bij de locaties Einde Gooi en Zwarte Berg is nu ook het gele cluster duidelijker zichtbaar. Dit kan in theorie het gevolg zijn van migratie vanuit oostelijke richting, maar veel waarschijnlijker is dat dezelfde mix al aanwezig was ten tijde van T0, maar door de zeer beperkte steekproefgrootte tijdens die meting onzichtbaar bleef. De afwijkende samenstelling bij het Hoorneboegse Bos is slechts gebaseerd op één individu en daardoor niet representatief voor de lokale populatie. De gevarieerde samenstelling in met name de westelijke populaties, waar in sommige individuen ook de genetische samenstelling van de populaties elders in het studiegebied terugkomt, suggereert dat weliswaar sprake is van ruimtelijke verschillen, maar dat geen sprake is van een totale isolatie tussen deelgebieden.

De hazelwormen op Natuurbrug Hoorneboeg komen genetisch het meest overeen met de individuen uit de westelijke populaties, wat suggereert dat deze natuurbrug voornamelijk vanuit westelijke richting bevolkt is geraakt. Op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg lijkt wat meer inmenging zichtbaar van individuen uit de populaties in de oostelijke berm van de rijksweg en De Zuid. Boven op de natuurbrug en op de westelijke toeloop komt de samenstelling nog steeds het meest overeen met de westelijke berm van de rijksweg, al lijkt sprake van wat meer inmenging vanuit het oosten.



Figuur 8.4 *Ruimtelijke genetische structuur onder de hazelwormen bemonsterd in tijdsperiode T1, weergegeven per deelgebied middels de gemiddelde toewijzing van de individuen aan vijf genetische clusters. De kleuren van de genetische clusters komen overeen met Figuur 8.3 en 8.5.*

Deze laatstgenoemde trend lijkt zich te hebben voortgezet in de periode daarna. De genetische patronen op en rond de beide natuurbruggen tijdens de laatste meting (T2) zijn sterk vergelijkbaar met meting T1 (zie Figuur 8.5), maar de samenstelling op Natuurbrug Zwaluwenberg is nog sterker gemengd, met meer invloed vanuit de oostelijke populaties, tevens resulterend in een lagere *Fst*-waarde tussen de natuurbrug en deelgebied Oost (zie Bijlage 9). De genetische samenstelling in de westelijke berm van de rijksweg is gebaseerd op twee individuen en kan slechts een artefact zijn. Hetzelfde geldt voor de opvallend hoge *Fst*-waarden tussen deze berm en meerdere nabijgelegen locaties. Wel speelt hier ook mee dat tijdens de onderzoeksperiode (in 2016-2017) een groot aantal hazelwormen uit deze berm is verwijderd ten behoeve van werkzaamheden (en verplaatst naar voornamelijk plaatsen waar niet voor dit onderzoek is bemonsterd), wat de gemiddelde genetische samenstelling in de overgebleven populatie kan hebben veranderd.



Figuur 8.5 *Ruimtelijke genetische structuur onder de hazelwormen bemonsterd in tijdsperiode T2, weergegeven per deelgebied middels de gemiddelde toewijzing van de individuen aan vijf genetische clusters. De kleuren van de genetische clusters komen overeen met Figuur 8.3 en 8.4.*

8.5.1.2 Genetische variatie

De mate van genetische variatie in de hazelwormpopulaties verschilde duidelijk tussen deelgebieden, waarbij beide variatie-maten *Ar* (Tabel 8.4) en *He* (Tabel 8.5) grotendeels dezelfde verschillen laten zien. In deelgebied Oost was de variatie al vanaf T0 relatief hoog en vrij vergelijkbaar met de (vermoedelijk flink grotere) referentiepopulatie van de Veluwe. In deelgebied West was de variatie in T0 opvallend laag, zowel voor *Ar* als voor *He*. Dit kan een artefact zijn als gevolg van het nogal beperkte aantal beschikbare monsters uit dit deelgebied voor periode T0. Ook de heterozygositeit van de bemonsterde individuen was echter opvallend veel lager dan in de andere deelgebieden (Tabel 8.6), wat een aanwijzing kan zijn dat tenminste bij deze individuen sprake was van een aanzienlijk niveau van inteelt. Ondanks de onzekerheid van de kleine steekproefgrootte suggereren deze waarden dat het vooral voor de hazelwormen in deelgebied West van belang was om meer genetische uitwisseling tot stand te laten komen met andere populaties in de regio.

In tijdsperiode T2 lijkt de genetische variatie in de westelijke populaties inderdaad hoger te zijn, zowel op populatieniveau (*Ar* en *He*) als op individueel niveau (*Ho*). Maar ook hier was weer sprake van een zeer geringe steekproef en het is dan ook zeer onzeker of hier daadwerkelijk sprake is van een structurele verandering als gevolg van een betere uitwisseling via de natuurbruggen. Een dergelijk effect lijkt ook niet waarschijnlijk gezien de beperkte verspreidingsmogelijkheden van hazelwormen, die ook tot uiting komt in de langzame verschuivingen in samenstelling op en rond de natuurbruggen. De genetische variatie op Natuurbrug Hoorneboeg was eveneens erg laag, wat niet verwonderlijk is als deze inderdaad is bevolkt door een beperkt aantal individuen vanuit het mogelijk genetisch arme westelijke deelgebied. Dat dit echter op T2 nog steeds het geval was, maakt het onwaarschijnlijk dat de hogere variatiewaarden in deelgebied west in periode T2 het gevolg zijn van een influx van genetische variatie uit het oosten via deze natuurbrug.

Tabel 8.4 *Gemiddelde allelenrijkdom gecorrigeerd voor steekproefgrootte (Ar) onder hazelwormen per deelgebied per periode. De achtergrondkleuren geven een gradiënt weer van de hoogste (gunstigste) waarde in de tabel (donkergroen) naar de laagste waarde in de tabel (donkerrood). Waarden tussen haakjes zijn gebaseerd op een zeer kleine steekproef (N<5) en daardoor onzeker.*

Deelgebied	T0	T1	T2
Referentie		2.48	
NB Zwaluwenberg	2.25	2.52	2.37
NB Hoorneboeg	x	2.16	2.10
Berm A27 oostzijde	2.36	x	2.52
Berm A27 westzijde	2.35	x	(2.00)
Oost	2.44	2.61	2.58
West	(1.99)	2.17	(2.47)
Noord	(2.48)	x	(2.14)

Tabel 8.5 *Verwachte heterozygositeit (He) onder hazelwormen per deelgebied per periode. De achtergrondkleuren geven een gradiënt weer van de hoogste (gunstigste) waarde in de tabel (donkergroen) naar de laagste waarde in de tabel (donkerrood). Waarden tussen haakjes zijn gebaseerd op een zeer kleine steekproef (N<5) en daardoor onzeker.*

Deelgebied	T0	T1	T2
Referentie		0.67	
NB Zwaluwenberg	0.59	0.66	0.61
NB Hoorneboeg	x	0.53	0.51
Berm A27 oostzijde	0.61	x	0.66
Berm A27 westzijde	0.63	x	(0.43)
Oost	0.63	0.70	0.68
West	(0.52)	0.55	(0.62)
Noord	(0.68)	x	(0.68)

Tabel 8.6 *Waargenomen heterozygositeit (Ho) onder hazelwormen per deelgebied per periode. De achtergrondkleuren geven een gradiënt weer van de hoogste (gunstigste) waarde in de tabel (donkergroen) naar de laagste waarde in de tabel (donkerrood). Waarden tussen haakjes zijn gebaseerd op een zeer kleine steekproef (N<5) en daardoor onzeker.*

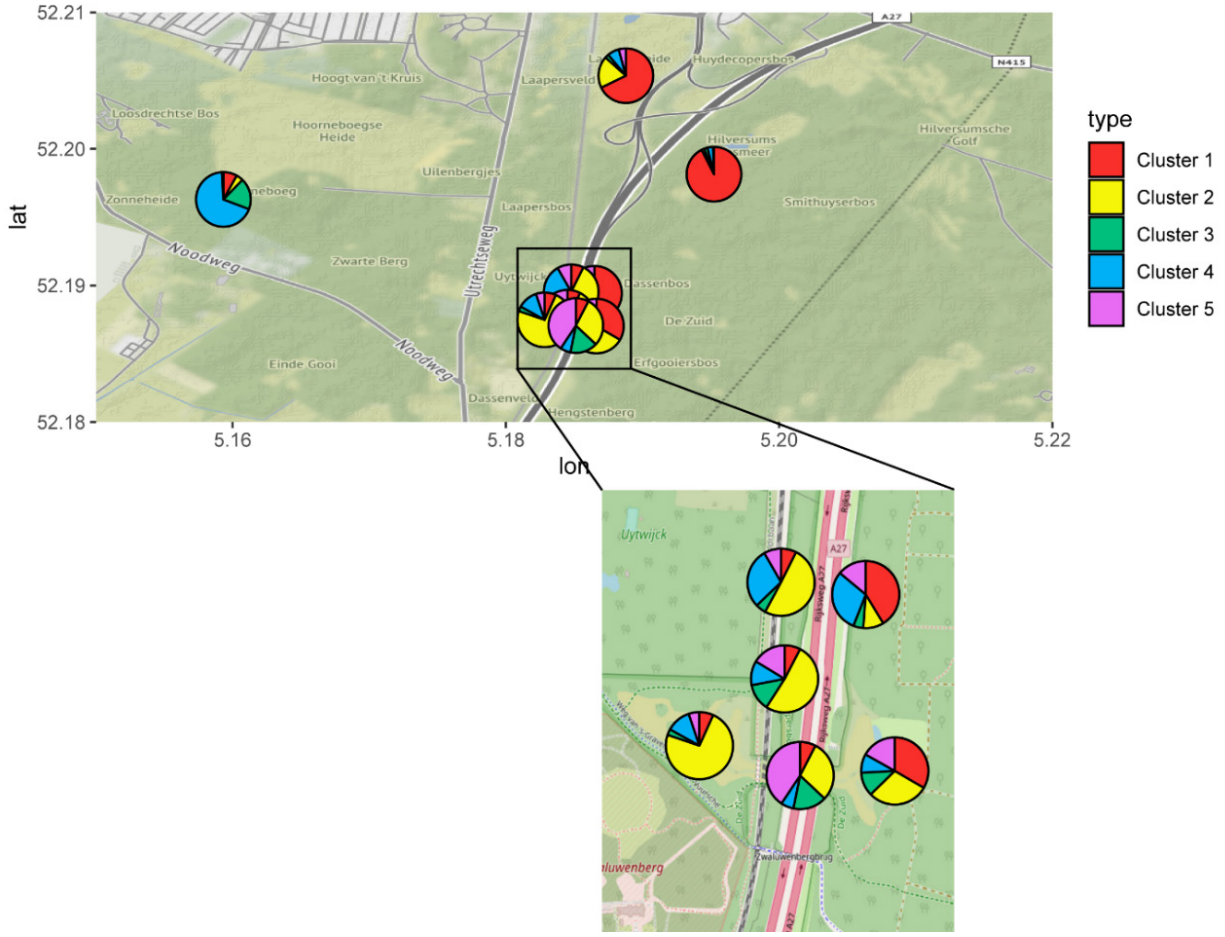
Deelgebied	T0	T1	T2
Referentie		0.62	
NB Zwaluwenberg	0.58	0.59	0.60
NB Hoorneboeg	x	0.51	0.51
Berm A27 oostzijde	0.57	x	0.62
Berm A27 westzijde	0.51	x	(0.30)
Oost	0.57	0.64	0.61
West	(0.19)	0.44	(0.64)
Noord	(0.63)	x	(0.48)

Op Natuurbrug Zwaluwenberg is ook een trend zichtbaar van een redelijk beperkte variatie op T0 naar een hogere variatie op de latere tijdsmomenten. Dit lijkt te kloppen met de sterkere menging van genetische clusters zoals zichtbaar in Figuur 8.5, maar ook hier is de steekproefgrootte beperkt (met name voor periode T0) en de trend daarmee behoorlijk onzeker.

8.5.2 Levendbarende hagedis

8.5.2.1 Ruimtelijke genetische structuur en differentiatie tussen deelgebieden

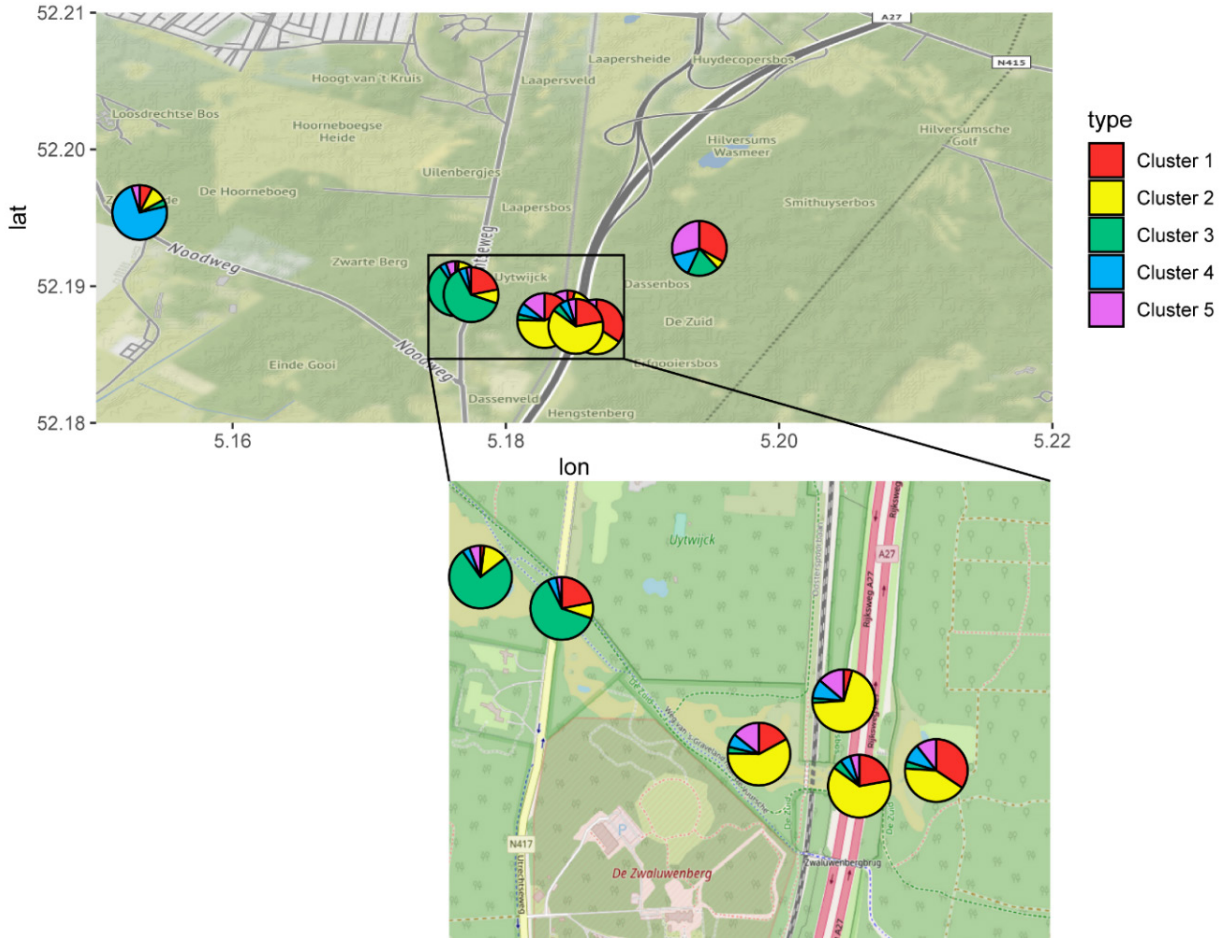
Ook voor de levendbarende hagedissen was ten tijde van de nulmeting (T0) sprake van duidelijke ruimtelijke verschillen in genetische samenstelling tussen deelgebieden. Zoals zichtbaar in Figuur 8.6, was de samenstelling in het westen van het studiegebied (gedomineerd door het blauwe cluster) duidelijk anders dan ten oosten van de A27 en op en rond Natuurbrug Zwaluwenberg (gedomineerd door respectievelijk cluster rood en geel). Opvallend is dat al tijdens de nulmeting geen sprake was van een duidelijk onderscheid tussen de populaties van de Laapersheide (tussen spoorlijn en rijksweg) en het Hilversums Wasmeer (ten oosten van de rijksweg). De clustertoewijzing voor beide populaties komt sterk overeen en ook de waarde voor de genetische differentiatie was laag (*Fst*=0,01; zie Bijlage 9). Ook de oostelijke berm van de rijksweg ter hoogte van de natuurbrug leek qua genetische samenstelling sterk op de populaties bij het Hilversums Wasmeer en de Laapersheide. Al met al suggereert dit dat binnen en tussen het oostelijke en noordelijke deelgebied bij de hagedissen sprake is van uitwisseling. Ook de individuen op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg vertonen enige gelijkenis met de oostelijke populatie(s), al is hier sprake van een gemengde samenstelling waarin ook het gele cluster terugkomt dat domineert op de westelijke en noordelijke toeloop van de brug en in de westelijke berm van de rijksweg. Dit patroon suggereert dat de natuurbrug in eerste instantie is bevolkt vanuit de populatie in de westelijke berm.



Figuur 8.6 *Ruimtelijke genetische structuur onder de levendbarende hagedissen bemonsterd in tijdsperiode T0, weergegeven per deelgebied middels de gemiddelde toewijzing van de individuen aan vijf genetische clusters. De kleuren van de genetische clusters komen overeen met Figuur 8.7 en 8.8.*

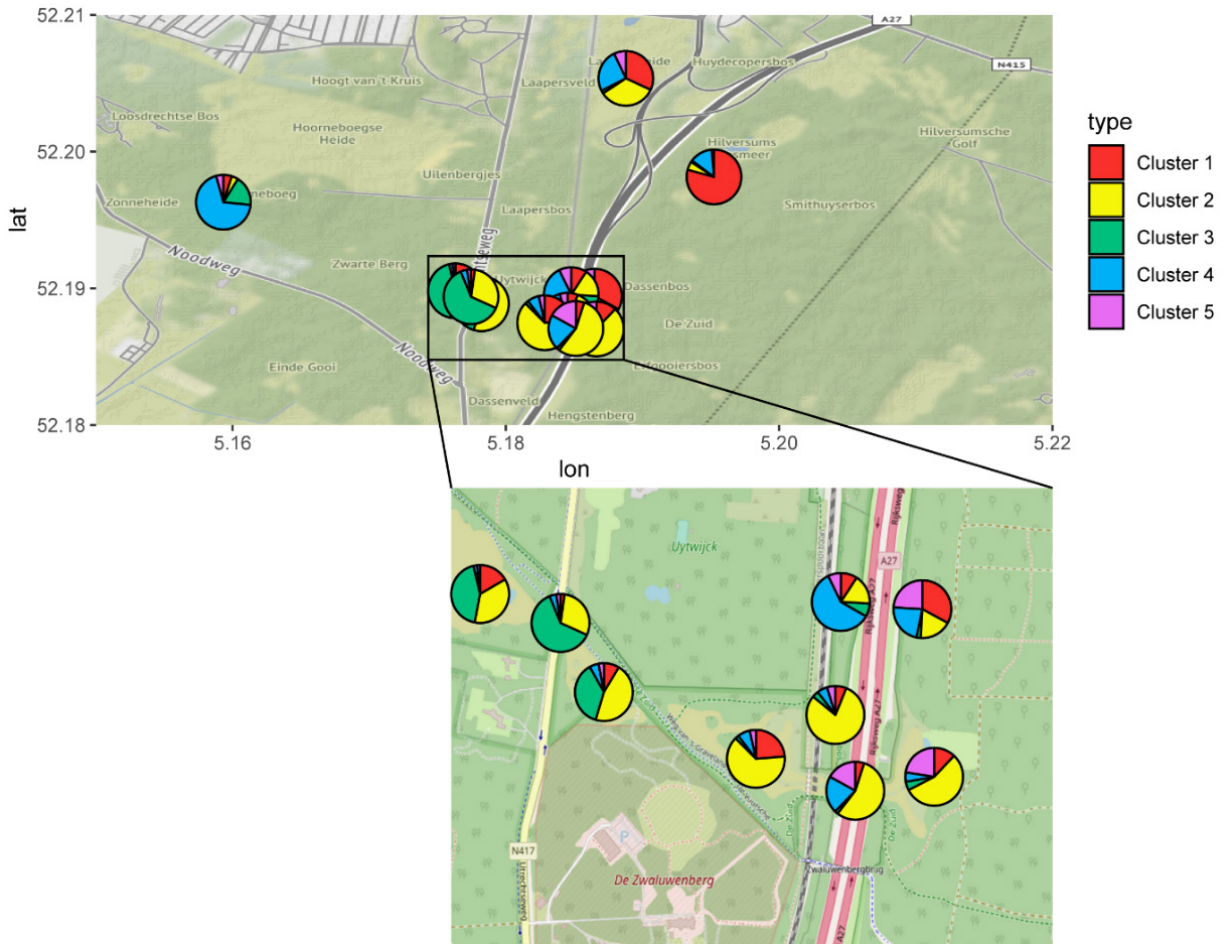
De resultaten voor periode T1 (Figuur 8.7) laten globaal dezelfde verschillen zien tussen deelgebied Oost, Natuurbrug Zwaluwenberg en deelgebied West. Op en rond de natuurbrug lijkt nog steeds het gele cluster dominant, al lijkt boven op de brug en op de westelijke toeloop wat meer inmenging vanuit de oostelijke populatie (cluster rood) zichtbaar, wat wordt bevestigd door een iets lagere paarsgewijze *Fst*-waarde tussen

de natuurbrug en deelgebied Oost ten opzichte van periode T0 (zie Bijlage 9). Opvallend is dat de hagedissen op en rond Natuurbrug Hoorneboeg duidelijk een eigen genetische groep vormen. Meest waarschijnlijk betreft dit individuen (en of hun nakomelingen) afkomstig uit een niet in T0 bemonsterde populatie direct ten westen van de N417.



Figuur 8.7 *Ruimtelijke genetische structuur onder de levendbarende hagedissen bemonsterd in tijdsperiode T1, weergegeven per deelgebied middels de gemiddelde toewijzing van de individuen aan vijf genetische clusters. De kleuren van de genetische clusters komen overeen met Figuur 8.6 en 8.8.*

Ten tijde van de derde meting (T2) blijkt op Natuurbrug Hoorneboeg de genetische samenstelling sterker overeen te komen met die op Natuurbrug Zwaluwenberg. Dit blijkt zowel uit een lagere paarsgewijze *Fst*-waarde (Bijlage 9) alsook uit de in Figuur 8.8 duidelijk zichtbare inmenging van het gele cluster dat kenmerkend was en is voor Natuurbrug Zwaluwenberg. Verder valt op dat ook de populatie op de Laapersheide meer overeenkomt met de genetische samenstelling zoals zichtbaar op Natuurbrug Zwaluwenberg en eerder in de westelijke berm van de A27. Hoogstwaarschijnlijk is dit niet het gevolg van natuurlijke dispersie, maar van het feit dat ook grote aantallen hagedissen in de westelijke berm van de rijksweg zijn weggevangen ten behoeve van werkzaamheden, waarvan een flink deel is verplaatst naar de Laapersheide. De verandering in samenstelling in de betreffende berm zelf is mogelijk ook hiervan het gevolg. De populatie in deelgebied West (Hoorneboegse Heide) lijkt niet noemenswaardig van samenstelling te zijn veranderd.



Figuur 8.8 *Ruimtelijke genetische structuur onder de levendbarende hagedissen bemonsterd in tijdsperiode T2, weergegeven per deelgebied middels de gemiddelde toewijzing van de individuen aan vijf genetische clusters. De kleuren van de genetische clusters komen overeen met Figuur 8.6 en 8.7.*

8.5.2.2 Genetische variatie

Ook bij de levendbarende hagedissen laten de diverse waarden voor genetische variatie (*Ar*, *He*, *Ho*; Tabel 8.7, 8.8 en 8.9) in hoge mate dezelfde verschillen tussen deelgebieden zien. Opvallend is dat zowel de populatie in deelgebied Oost als de populatie in deelgebied West relatief genetisch arm lijkt te zijn. Bij de hagedissen waren de monsteraantallen gemiddeld wat gelijkmatiger verdeeld over de deelgebieden, wat de patronen in genetische variatie robuuster maakt dan het geval was bij de hazelwormen. Opvallend is ook hier een beperkte, maar consistente (op basis van de drie parameters) toename in variatie in de westelijke populatie van T0 naar T2. Ook hier is het echter onwaarschijnlijk dat dit het gevolg is van immigratie vanuit het oosten, gezien de duidelijk afwijkende genetische samenstelling op Natuurbrug Hoorneboeg. In de westelijke berm van de rijksweg A27 is de variatie hoger, evenals op Natuurbrug Zwaluwenberg, wat in lijn is met het vermoeden dat deze natuurbrug voornamelijk vanuit de bermpopulatie is bevolkt.

Tabel 8.7 *Gemiddelde allelenrijkdom gecorrigeerd voor steekproefgrootte (Ar) onder de hagedissen per deelgebied per periode. De achtergrondkleuren geven een gradiënt weer van de hoogste (gunstigste) waarde in de tabel (donkergroen) naar de laagste waarde in de tabel (donkerrood). Waarden tussen haakjes zijn gebaseerd op een zeer kleine steekproef (N<5) en daardoor onzeker.*

Deelgebied	T0	T1	T2
Referentie		3.51	
NB Zwaluwenberg	3.07	3.08	3.03
NB Hoorneboeg	x	2.85	2.90
Berm A27 oostzijde	(2.76)	x	3.07
Berm A27 westzijde	3.16	x	(3.22)
Oost	2.77	2.91	2.68
West	2.69	2.64	2.92
Noord	2.96	x	2.78

Tabel 8.8 *Verwachte heterozygositeit (He) onder de hagedissen per deelgebied per periode. De achtergrondkleuren geven een gradiënt weer van de hoogste (gunstigste) waarde in de tabel (donkergroen) naar de laagste waarde in de tabel (donkerrood). Waarden tussen haakjes zijn gebaseerd op een zeer kleine steekproef (N<5) en daardoor onzeker.*

Deelgebied	T0	T1	T2
Referentie		0.70	
NB Zwaluwenberg	0.62	0.62	0.61
NB Hoorneboeg	x	0.56	0.57
Berm A27 oostzijde	(0.58)	x	0.62
Berm A27 westzijde	0.63	x	(0.68)
Oost	0.55	0.60	0.53
West	0.52	0.53	0.59
Noord	0.59	x	0.55

Tabel 8.9 *Waargenomen heterozygositeit (Ho) onder de hagedissen per deelgebied per periode. De achtergrondkleuren geven een gradiënt weer van de hoogste (gunstigste) waarde in de tabel (donkergroen) naar de laagste waarde in de tabel (donkerrood). Waarden tussen haakjes zijn gebaseerd op een zeer kleine steekproef (N<5) en daardoor onzeker.*

Deelgebied	T0	T1	T2
Referentie		0.64	
NB Zwaluwenberg	0.60	0.63	0.54
NB Hoorneboeg	x	0.48	0.55
Berm A27 oostzijde	(0.75)	x	0.58
Berm A27 westzijde	0.53	x	(0.58)
Oost	0.53	0.61	0.48
West	0.53	0.48	0.54
Noord	0.53	x	0.58

8.6 Conclusies

Voor zowel hazelworm als levendbarende hagedis liet de nulmeting van de populatie-genetische analyse (gebaseerd op monsters uit 2014-2015) al duidelijke ruimtelijke verschillen in genetische samenstelling zien. Dit geeft aan dat geen sprake is van ongelimiteerde verspreiding van deze soorten over het hele studiegebied. Het feit dat hazelwormen afkomstig van redelijk dichtbij elkaar gelegen monsterlocaties aan weerszijden van de spoorlijn en aan weerszijden van de snelweg op hoofdlijnen aan verschillende genetische clusters worden toebedeeld, suggereert dat deze infrastructuur inderdaad een migratie-barrière vormt. Daarnaast valt echter op dat in sommige gevallen ook sprake is van genetische differentiatie tussen hazelwormen in leefgebieden die wat verder van elkaar liggen, zonder dat ze worden gescheiden door grotere wegen (zie bijvoorbeeld Hilversums Wasmeer en De Zuid/Maartensdijkse bos). De hazelwormen lijken zich dus slechts over beperkte afstanden te verplaatsen naar andere leefgebieden. Hetzelfde lijkt het geval voor de levendbarende hagedissen, waarbij het gebrek aan onderscheid in genetische samenstelling tussen de hagedissen in de Laapersheide en het Hilversums Wasmeer kan worden verklaard door de grotere omvang van deze twee populaties. Mogelijk heeft dit het proces van genetische differentiatie geremd, zelfs indien sinds de aanleg van de A27 weinig uitwisseling is opgetreden.

De kolonisatiespatronen op en rond de natuurbruggen laten zien dat verspreiding naar nabijgelegen leefgebieden wel degelijk mogelijk is, maar langzaam en stapsgewijs plaatsvindt. Natuurbrug Zwaluwenberg lijkt door beide soorten aanvankelijk bevolkt te zijn door individuen vanuit de westelijke berm van de A27 of de aan deze bermen grenzende delen van het gebied. In de jaren daarna lijken ook hazelwormen vanuit leefgebieden direct ten westen (tussen N417 en de spoorlijn) en ten oosten (De Zuid) van de natuurbrug deze te hebben bereikt. Bij de levendbarende hagedissen lijkt juist sprake van een omgekeerde migratie, waarbij de hagedissen op de natuurbrug zich langzaam verder hebben verspreid via de westelijke en oostelijke toelopen naar de direct daaraan grenzende leefgebieden. Natuurbrug Hoorneboeg lijkt door beide soorten bevolkt te zijn vanuit populaties direct ten westen van de N417 (Zwarte Berg en omgeving).

Voor hazelworm geldt dat er nog geen aanwijzingen zijn voor uitwisseling tussen de twee natuurbruggen. De genetische samenstelling van de populaties op beide natuurbruggen is ook aan het einde van de onderzoeksperiode nog duidelijk verschillend. De voor reptielen minder geschikte oostelijke toeloop van Hoorneboeg (zie Hoofdstuk 7) en het nog weinig structuurrijke gebied tussen de natuurbruggen, inclusief de hier gelegen 'flessenhals', zijn hiervan wellicht de oorzaak. Voor levendbarende hagedis zijn er wel aanwijzingen voor (enige) uitwisseling tussen de twee natuurbruggen. Hoewel de genetische samenstelling van de populaties op beide natuurbruggen ook aan het einde van de onderzoeksperiode nog verschillend is, is deze wel meer gelijkenis gaan vertonen.

Het geringe verspreidingsvermogen van beide soorten heeft er waarschijnlijk toe geleid dat de effecten van Natuurverbinding Zwaluwenberg op de genetische structuur in het onderzoeksgebied tot nu toe nog slechts heel lokaal (rond de natuurbruggen zelf) zichtbaar zijn. De verwachting is dan ook dat het nog jaren zal duren voordat een meetbaar effect aanwezig is op de genetische verschillen tussen verder uit elkaar gelegen populaties in respectievelijk deelgebied Oost en West. Gedeeltelijke omvorming van de bosgebieden in heide en heischraal grasland tussen Natuurverbinding Zwaluwenberg en het Hilversums Wasmeer (oost) en de Hoorneboegse heide (west) is naar verwachting nodig om op termijn de gewenste uitwisseling tussen deze brongebieden te realiseren (zie ook Hoofdstuk 7).

Het gebruik van genetische technieken in de evaluatie van de functionaliteit van de natuurverbinding voor reptielen heeft een duidelijke meerwaarde gehad. Conventionele (transect-)inventarisaties verschaffen veel informatie over voorkomen, aantallen, abundanties en populatiesamenstelling van de soorten binnen en rond de natuurverbinding, maar bieden nog geen inzicht in welke mate er uitwisseling plaatsvindt. Door dieren van een transponder te voorzien of individueel te herkennen op basis van schubpatronen kan inzicht worden verkregen in bewegingen en afgelegde afstanden, maar ook deze technieken vertellen niet of deze dieren zich permanent van de ene naar de andere populatie hebben verplaatst en daar hebben deelgenomen aan de voortplanting. Met de hier toegepaste genetische technieken blijkt dat, onder voorwaarden, wel mogelijk en kan niet alleen uitwisseling worden bewezen, maar kan ook de mate van uitwisseling worden gekwantificeerd.

9 Casestudie: Evaluatie van het gebruik van kunstmatige schuilplekken voor de inventarisatie van reptielen

9.1 Inleiding

Inventarisaties van reptielen bestaan meestal uit het op zicht waarnemen van dieren op uitgezette transecten of langs vaste routes in voor reptielen geschikte habitat. Hierbij wordt meestal ook gezocht onder aanwezige, natuurlijke objecten die als schuilplek kunnen dienen, zoals stenen, boomschors of boomstammen. Daarnaast wordt steeds vaker gebruikgemaakt van kunstmatige schuilplekken die op het transect of langs de route worden uitgelegd (Hachtel et al., 2009). Het idee hierachter is dat deze extra schuilplekken de kans vergroten dat de in het gebied voorkomende soorten ook daadwerkelijk worden waargenomen. Hierdoor worden inventarisaties van reptielen betrouwbaarder (Reading, 1997). Een ander voordeel van kunstmatige schuilplekken is dat deze het mogelijk maken om inventarisaties te standaardiseren en verschillen in metingen als gevolg van verschillen in ervaring met het waarnemen van reptielen tussen waarnemers, te verkleinen.

De kunstmatige schuilplekken hebben als doel om voor reptielen aantrekkelijke plekken te creëren die door de dieren actief worden opgezocht. Enerzijds vormen ze potentiële dag- of nachtrustplaatsen die bescherming bieden tegen predatoren. Daarnaast kunnen kunstmatige schuilplekken een rol spelen bij de thermoregulatie van reptielen. Bijvoorbeeld als de dieren hier sneller kunnen opwarmen of de schuilplek een te hoge lichaamstemperatuur juist kan voorkomen. Kunstmatige schuilplekken zijn daarmee vooral geschikt om waarnemingen te doen van soorten reptielen die aangetrokken worden door dergelijke schuilplekken, zoals hazelworm, ringslang en gladde slang (Reading, 1997). Voor soorten die vaker buiten dan in schuilplekken worden aangetroffen, zoals de adder, levendbarende hagedis en zandhagedis, lijken inventarisaties met kunstmatige schuilplekken minder geschikt. Voor deze soorten moet de methode dan ook vooral gezien worden als aanvulling op het doen van zichtwaarnemingen buiten schuilplekken (Hachtel et al., 2009).

De mogelijkheid die kunstmatige schuilplekken bieden voor meer systematische en gestandaardiseerde inventarisaties, maakt de methode geschikt voor evaluaties van het gebruik van een natuurverbinding of natuurbrug door reptielen. Vooral als metingen in de natuurverbinding moeten worden vergeleken met die uit eerdere jaren of op referentielocaties (zie Van der Grift & Van der Ree, 2015). In beide jaren of op beide plekken kunnen dan inventarisaties langs transecten (of in een raster) met een vaste lengte (of vorm) en een vast aantal kunstmatige schuilplekken worden gedaan. Kunstmatige schuilplekken betekenen echter ook een investering. Naast materiaalkosten bestaat deze vooral uit de tijd en mankracht die nodig is om de schuilplekken uit te zetten, te onderhouden en weer op te ruimen. De vraag is dan of de ‘opbrengst’ van het gebruik van kunstmatige schuilplekken voldoende groot is dat deze opweegt tegen de kosten die ermee gemoeid zijn.

Een tweede vraag in dit verband is welk type schuilplek het beste werkt. Er worden momenteel veel verschillende typen toegepast, zoals dakpannen, dakleer, tapijttegels of platen van hout of staal. Onduidelijk is vooralsnog welk type het geschiktst is voor systematische metingen in natuurverbindingen. De wijze van uitzetten van de schuilplekken verschilt in dergelijk onderzoek immers van die bij niet-systematische (gebieds)inventarisaties. Bij laatstgenoemde inventarisaties worden de kunstmatige schuilplekken meestal niet gelijkmatig over het gebied verspreid en wordt bij de plaatsing naar de ‘beste plekken’ gezocht, vaak goed door de zon beschenen plekken in de nabijheid van vegetatie. Het aantal uitgelegde schuilplekken verschilt bij dergelijke inventarisaties meestal ook per (deel)gebied. Bij systematische inventarisaties worden de schuilplekken in vaste aantallen en op vaste afstanden van elkaar geplaatst. Bij de situering van de schuilplekken wordt dan niet naar de meest strategische (‘beste’) plekken gezocht. Hierdoor is er grote variatie in de condities van de plekken, bijvoorbeeld wat betreft beschaduwing, vegetatietype en -structuur.

Tijdens het onderzoek naar het gebruik van Natuurverbinding Zwaluwenberg door reptielen is gebruikgemaakt van systematische inventarisaties langs transecten met een vast aantal kunstmatige schuilplekken (zie Hoofdstuk 7). Dit onderzoek is gelijktijdig gebruikt om enig licht te werpen op de in het voorgaande gepresenteerde vragen met betrekking tot het gebruik van kunstmatige schuilplekken. In dit hoofdstuk doen we hiervan verslag.

9.2 Doel van het onderzoek

Een eerste doel van het onderzoek is om meer inzicht te verkrijgen in de mate waarin kunstmatige schuilplekken tijdens systematische inventarisaties bijdragen aan het doen van waarnemingen van reptielen. Een tweede doel is om te achterhalen of er een verschil is in het aantal waarnemingen van reptielen tussen diverse typen kunstmatige schuilplekken.

9.3 Onderzoeksvragen

Om deze doelen te bereiken, zijn de volgende concrete onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Is er een verschil in het aantal waarnemingen van reptielen in de kunstmatige schuilplekken en die buiten deze schuilplekken?
2. Bieden kunstmatige schuilplekken een (potentieel) voordeel voor reptielen wat betreft thermoregulatie in vergelijking met plekken in het open veld?
3. Zijn er aanwijzingen dat het gebruik van kunstmatige schuilplekken door reptielen verband houdt met thermoregulatie?
4. Zijn er verschillen in het aantal waarnemingen van reptielen tussen diverse typen schuilplekken?
5. Hoe zijn dergelijke verschillen tussen de typen schuilplekken, indien aanwezig, te verklaren?

9.4 Methode

9.4.1 Dataverzameling

Tijdens de inventarisaties van de transecten in Natuurverbinding Zwaluwenberg en in de referentiegebieden (zie Hoofdstuk 7) is voor ieder waargenomen reptiel genoteerd of deze in het open veld is waargenomen of onder een van de kunstmatige schuilplekken. Tijdens deze inventarisaties is op ieder transect ook driemaal de luchttemperatuur op ooghoogte gemeten met een anemometer (® Testo, model 410-2) aan het begin, halverwege en aan het einde van het transect. Daarnaast is met een infraroodthermometer (® Fluke, model 62 Max+) de temperatuur van het grondoppervlak gemeten onder iedere kunstmatige schuilplek (n=16) en tussen twee schuilplekken (n=15; Figuur 9.1). De metingen onder een kunstmatige schuilplek zijn direct na het optillen van de schuilplek gedaan. Tijdens iedere inventarisatie van een transect is de mate van bewolking genoteerd, waarbij drie klassen zijn onderscheiden (onbewolkt, half bewolkt, geheel bewolkt).

Figuur 9.1 *Het meten van de temperatuur van het grondoppervlak onder een kunstmatige schuilplek (links) en precies tussen twee schuilplekken in (rechts). © Foto's: E. van der Grift.*

De kunstmatige schuilplekken op de transecten bestonden standaard uit tapijttegels. Om te onderzoeken of er verschil is in de trefkans van reptielen onder verschillende typen schuilplekken, zijn deze tapijttegels op sommige plekken vervangen door houten platen, stalen platen of schuilplekken van polymeerbeton (zie Figuur 9.2 en kader *ACO Wildlife Refuge*). In totaal zijn er dertig schuilplekken van hout, dertig schuilplekken van staal en dertig schuilplekken van polymeerbeton uitgelegd. Deze alternatieve schuilplekken zijn alleen uitgelegd op de transecten op de top van Natuurbrug Zwaluwenberg en de transecten in de referentiegebieden Oost, West en Noord. De precieze locaties voor deze alternatieve schuilplekken zijn random bepaald, zowel wat betreft het transect – binnen de hierboven genoemde selectie van transecten – als de plek binnen een transect.

Daarnaast zijn er op genoemde transecten ook random dertig tapijttegels geselecteerd waarmee we de andere typen schuilplekken kunnen vergelijken. De ligging van de transecten op de top van genoemde natuurbrug is gedurende de looptijd van het onderzoek niet veranderd en de hierop geplaatste alternatieve schuilplekken dus ook niet. De ligging van de transecten in de referentiegebieden is wel enkele keren veranderd (zie Hoofdstuk 7). De alternatieve schuilplekken zijn hierbij 'meeverhuisd', waarbij de plek binnen een transect wel steeds gelijk is gebleven. Omdat er in de loop van het onderzoek enkele schuilplekken zijn verdwenen, zijn er verschillen in het aantal schuilplekken tussen de meetjaren. Bijlage 10 geeft een overzicht van het aantal schuilplekken per deelgebied en meetjaar, onderscheiden naar type schuilplek.

Figuur 9.2 *De vier typen schuilplekken die op functionaliteit zijn getest: (1) tapijttegel (50x50 cm); (2) houten plaat (multiplex, 60x60 cm, 2 cm dik); (3) stalen golfplaat (60x60 cm) en (4) een ACO Wildlife Refuge van polymeerbeton (65x65 cm, 12 cm hoog). © Foto's: E. van der Grift.*

ACO Wildlife Refuge

In 2013 heeft ACO Technologies een 'wildlife refuge' op de markt gebracht (zie: www.aco.co.uk/products/wildlife-refuge). Deze kunstmatige schuilplek voor wilde dieren is gemaakt van polymeerbeton (epoxygraniet) en is daardoor weer- en waterbestendig. De schuilplek is 0,65 m lang, 0,65 m breed en 0,12 m hoog. Het bevat een ruim 0,10 m hoge, holle ruimte waarin dieren zich kunnen verschuilen. De schuilplek is P-vormig en heeft alleen een opening aan de onderkant van de 'P'. De grootte van de opening varieert, afhankelijk van de diergroep waarvoor de schuilplek bedoeld is. In dit onderzoek hebben we 'type 5' gebruikt met een halfcirkelvormige opening met een straal van 3,5 cm. Dit type is ontworpen voor onder meer slangen en hagedissen.

De ACO Wildlife Refuge is ontworpen om te helpen bij de ontwikkeling, verbetering of het herstel van habitat in tuinen, natuurgebieden en/of natuurverbindingen, inclusief faunapassages. De producent geeft aan dat de schuilplek dieren bescherming kan bieden tegen predatoren en kan helpen bij de (her)kolonisatie van gebieden, al dan niet in combinatie met translocaties. Door de lage thermische geleidbaarheid van polymeerbeton blijft de temperatuur in de schuilplek relatief laag op warme dagen. Het product wordt ook als (nieuw) instrument gezien om de ontwikkeling van dierpopulaties te monitoren of andere vormen van ecologisch onderzoek te doen. Een bijkomend voordeel is dat de schuilplekken vormvast zijn en veel gewicht kunnen dragen. Schuilende dieren gaan hierdoor niet dood als een mens of (grote) grazer op de schuilplek gaat staan, wat vaak wel het geval is bij gebruik van tapijttegels en houten of stalen platen als schuilplek. Een nadeel is dat de schuilplek zwaar is (21 kg) en relatief kostbaar (£ 100, peildatum 2013).

9.4.2 Data-analyse

Waarnemingen in kunstmatige schuilplekken

Per soort is het aantal waarnemingen bepaald die respectievelijk in de schuilplekken en buiten de schuilplekken zijn gedaan. Vervolgens is per soort het percentage waarnemingen berekend per vindplek. Hierbij zijn alleen waarnemingen betrokken die tijdens de inventarisaties van de transecten zijn gedaan, dus exclusief de 'losse waarnemingen'. Het betreft de waarnemingen uit alle meetjaren en van alle transecten. De aantallen en percentages betreffen alle typen schuilplekken samen.

Potentieel voordeel schuilplekken voor thermoregulatie
Reptielen zijn koudbloedige dieren en hebben daarom tijd nodig om op te warmen voordat zij actief kunnen worden. Hoe sneller dit opwarmen gaat, hoe beter, want dit betekent dat de dieren ook sneller kunnen gaan foerageren. Dat is dan ook de reden dat veel reptielen voor hun opwarming door de zon beschenen plekken opzoeken. Als kunstmatige schuilplekken de snelheid van opwarmen vergroten, bieden deze plekken een thermisch voordeel boven plekken in het open veld. Hier analyseren we daarom de gemiddelde snelheid waarmee de temperatuur van het grondoppervlak toeneemt op plekken met en plekken zonder een kunstmatige schuilplek, bij een oplopende luchttemperatuur. Hiervoor is eerst de gemiddelde luchttemperatuur berekend per transect per inventarisatie, op basis van de drie metingen die op het transect zijn gedaan. Deze gemiddelde luchttemperatuur is vervolgens gekoppeld aan alle temperatuurmetingen van het grondoppervlak, binnen en buiten de schuilplekken, die tijdens die inventarisatie op dat transect zijn gedaan. Alle metingen van de grondtemperatuur zijn vervolgens geplot tegen de metingen van de luchttemperatuur, waarna de lineaire trendlijn is bepaald. Dit is afzonderlijk gedaan voor de plekken met en de plekken zonder kunstmatige schuilplek. De steilte van de trendlijnen representeert de snelheid waarmee de grondtemperatuur toeneemt bij een oplopende luchttemperatuur. De analyse is driemaal gedaan:
(1) voor alle inventarisaties van de transecten, ongeacht de mate van bewolking, (2) voor de inventarisaties op (half)bewolkte dagen en (3) voor de inventarisaties op onbewolkte dagen.

Gebruik van schuilplekken voor thermoregulatie
Of het gebruik van de kunstmatige schuilplekken (mede) verband houdt met thermoregulatie is in drie stappen onderzocht. In een eerste stap is verkend bij welke temperaturen van het grondoppervlak er waarnemingen van reptielen in de schuilplekken zijn gedaan en of er een verschil is tussen de soorten. Hierbij zijn alle waarnemingen betrokken die tijdens de inventarisaties van de transecten zijn gedaan (alle meetjaren), met uitzondering van de waarnemingen waarbij de temperatuur van het grondoppervlak niet is gemeten. Een two-sample t-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil in grondtemperatuur tussen de soorten statistisch significant ($p \leq 0,05$) is of niet.

In een tweede stap is verkend wat de temperatuur van het grondoppervlak in de schuilplekken is, ongeacht of er een reptiel is waargenomen. Dit is per type schuilplek gedaan. Voor het type 'tapijt' zijn hiervoor alleen de dertig random geselecteerde tapijttegels betrokken. Vervolgens is met behulp van een two-sample t-test onderzocht of er significante verschillen zijn in de grondtemperatuur tussen de vier typen schuilplekken.

In een derde stap is per type schuilplek onderzocht of er een significant verschil is tussen de temperatuur van het grondoppervlak in schuilplekken met 'vangsten' van reptielen (stap 1) en die in schuilplekken ongeacht vangsten (stap 2). Omdat uit de eerste analyse is gebleken dat er geen verschil is tussen de soorten (zie Paragraaf 9.5.2), zijn in deze derde stap alle soorten samengenomen. Omdat uit de tweede analyse is gebleken dat er een verschil is tussen de typen schuilplekken (zie Paragraaf 9.5.2), zijn in deze derde stap de typen schuilplekken apart geanalyseerd. Een two-sample t-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant ($p \leq 0,05$) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat er geen verschil is in de temperatuur van het grondoppervlak in schuilplekken met vangsten en die in schuilplekken ongeacht vangsten.

Verschillen in gebruik tussen typen kunstmatige schuilplekken
Eventuele verschillen in gebruik van de vier typen kunstmatige schuilplekken is per soort onderzocht en voor alle soorten samen. Hiervoor is eerst per inventarisatie en type schuilplek het gemiddelde aantal waarnemingen per schuilplek berekend. Dit is gedaan door het aantal waarnemingen dat tijdens een inventarisatie in de schuilplekken van een type is gedaan, te delen door het aantal schuilplekken van dat type dat tijdens de betreffende inventarisatie aanwezig was (zie ook Bijlage 10). Hierbij zijn alleen de inventarisaties van 2014, 2015, 2017 en 2020 betrokken, aangezien alleen tijdens deze meetjaren alle transecten met de alternatieve schuilplekken (hout, staal en polymeerbeton) zijn geïnventariseerd. Onvolledige inventarisaties binnen deze meetjaren (n=4) zijn buiten beschouwing gelaten. Dit betreft inventarisaties waar bijvoorbeeld alleen de transecten op de natuurbrug zijn geïnventariseerd en niet die in de omgeving, of vice versa. Voor de hazelworm zijn zowel de transecten in bos als die in heide betrokken, aangezien de soort in beide biotopen is waargenomen. Voor levendbarende hagedis en ringslang zijn alleen de transecten in heide betrokken, omdat deze soorten respectievelijk niet en slechts eenmaal in bos zijn geregistreerd. Voor de analyse van alle soorten samen zijn de transecten in zowel bos als heide betrokken. De waarnemingen betreffen alle geslachten (man,

vrouw) en alle leeftijdscategorieën (juveniel, subadult, adult). Vervolgens is per type schuilplek het gemiddelde aantal waarnemingen per schuilplek en de bijbehorende standaardafwijking berekend over alle inventarisaties (n=125). Een gepaarde two-sample t-test is gebruikt om vast te stellen of eventuele verschillen tussen de typen schuilplekken statistisch significant ($p \leq 0,05$) zijn of niet. Hierbij was de nulhypothese dat er geen verschil is in het gemiddelde aantal waarnemingen per schuilplek tussen de vier typen schuilplekken.

Verklaring verschillen tussen typen kunstmatige schuilplekken
Om eventuele verschillen in gebruik tussen de vier typen kunstmatige schuilplekken te verklaren, is per type het verband tussen de luchttemperatuur en de temperatuur van het grondoppervlak onderzocht. De aandacht ging daarbij uit naar verschillen in (1) de gemiddelde grondtemperatuur en (2) de snelheid waarmee het grondoppervlak opwarmt. Als een type schuilplek relatief hoge grondtemperaturen kent en/of de snelheid van opwarming in de schuilplek hoog is, biedt dit reptielen voordelen en kan worden verwacht dat dat type schuilplek meer wordt gebruikt dan andere typen. Allereerst is de gemiddelde luchttemperatuur berekend per transect per inventarisatie, op basis van de drie metingen die op het transect zijn gedaan. Deze gemiddelde luchttemperatuur is vervolgens gekoppeld aan de temperatuurmetingen van het grondoppervlak in de schuilplekken die tijdens de inventarisatie op het transect zijn gedaan. Per type schuilplek zijn alle metingen van de grondtemperatuur vervolgens geplot tegen de metingen van de luchttemperatuur, waarna de lineaire trendlijn is bepaald. Voor het type 'tapijt' zijn hiervoor alleen de dertig random geselecteerde tapijttegels betrokken. De hoogte van de trendlijn indiceert of een bepaalde grondtemperatuur bij een lage of hoge luchttemperatuur wordt bereikt. De steilte van de trendlijnen representeert de snelheid waarmee de grondtemperatuur toeneemt bij een oplopende luchttemperatuur. De analyse omvat de metingen op zowel (half)bewolkte als onbewolkte dagen.

9.5 Bevindingen

9.5.1 Waarnemingen in kunstmatige schuilplekken

Tijdens de inventarisaties van de transecten (alle meetjaren samen) zijn 1.920 waarnemingen van reptielen gedaan in de kunstmatige schuilplekken (Tabel 9.1). Dat is 76% van alle waarnemingen. Hazelworm is bijna uitsluitend in de kunstmatige schuilplekken waargenomen (94%). De levendbarende hagedis en ringslang zijn vaker dan de hazelworm buiten de schuilplekken aangetroffen, maar ook voor deze soorten geldt dat meer dan de helft van de waarnemingen in de schuilplekken is gedaan.

Tabel 9.1 *Per soort het aantal waarnemingen en de procentuele verdeling van de waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten in de kunstmatige schuilplekken zijn gedaan en daarbuiten ('open veld'). Het betreft alle typen schuilplekken, alle transecten en alle meetjaren.*

Soort	Kunstmatige schuilplek	Open veld	Totaal
Aantallen			
Hazelworm	666	42	708
Levendbarende hagedis	1.178	503	1.681
Ringslang	76	58	134
Totaal	*1.920*	*603*	*2.523*
Percentages			
Hazelworm	94	6	100
Levendbarende hagedis	70	30	100
Ringslang	57	43	100
Totaal	*76*	*24*	*100*

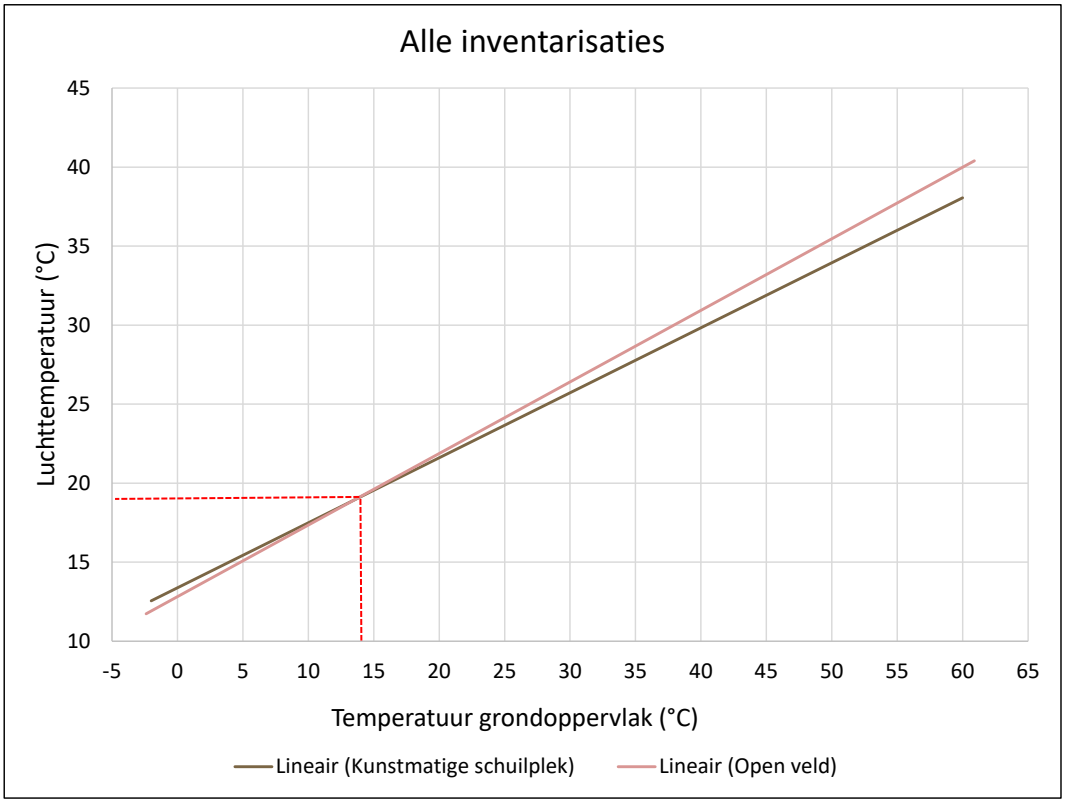
9.5.2 Potentieel voordeel schuilplekken voor thermoregulatie

De grondtemperatuur neemt bij een oplopende luchttemperatuur sneller toe in de schuilplekken dan op plekken in het open veld (Figuur 9.3). In het open veld neemt de grondtemperatuur gemiddeld 2,21 graden

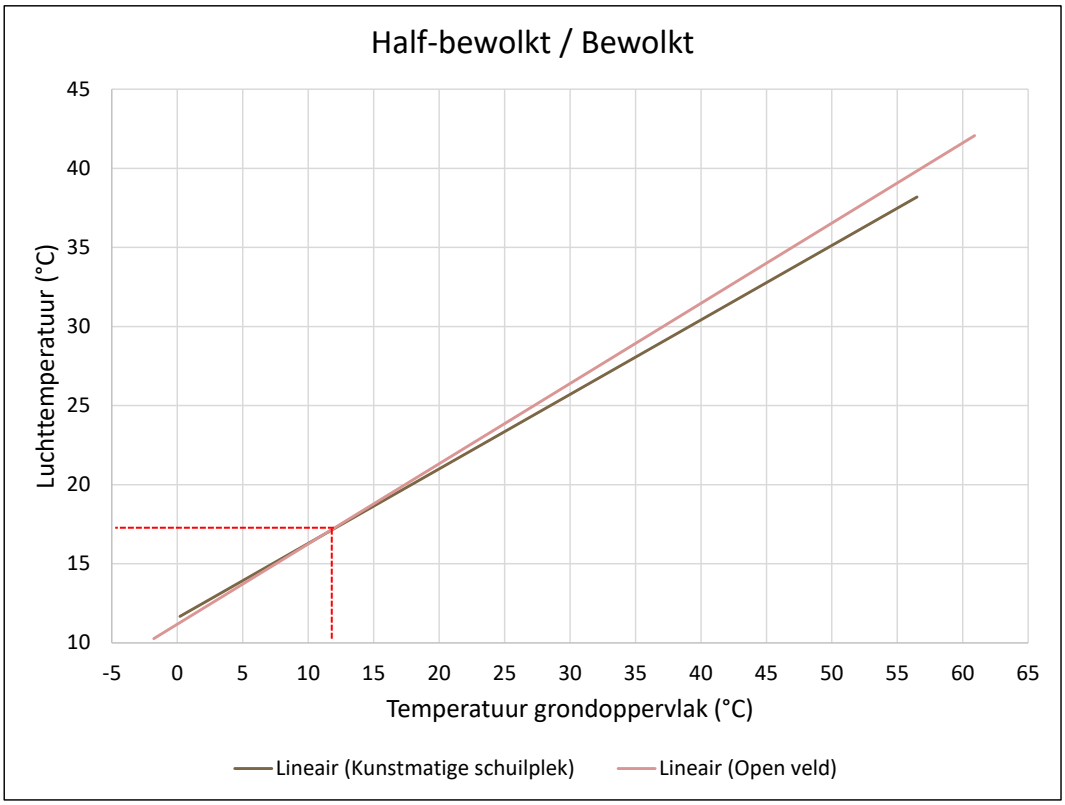
toe met iedere extra graad in luchttemperatuur, gerekend over alle inventarisaties. In de schuilplekken is dit gemiddeld 2,43 graden.

Dit beeld verandert niet als we kijken naar de twee subsets van de data: inventarisaties op (half)bewolkte dagen dan wel op onbewolkte dagen. Op (half)bewolkte dagen is de snelheid waarmee de grond opwarmt lager in vergelijking met de snelheid gerekend over alle inventarisaties, zowel binnen als buiten de schuilplekken, maar blijft de grondtemperatuur nog steeds sneller oplopen in de schuilplekken dan daarbuiten (Figuur 9.4). Bij (half)bewolkt weer neemt de grondtemperatuur in het open veld gemiddeld 1,98 graden toe met iedere extra graad in luchttemperatuur. In de schuilplekken is dit gemiddeld 2,12 graden. Op onbewolkte dagen is de snelheid waarmee de grond opwarmt hoger in vergelijking met de snelheid gerekend over alle inventarisaties, zowel binnen als buiten de schuilplekken, maar blijft de grondtemperatuur nog steeds sneller oplopen in de schuilplekken dan daarbuiten (Figuur 9.5). Bij onbewolkt weer neemt de grondtemperatuur in het open veld gemiddeld 2,82 graden toe met iedere extra graad in luchttemperatuur. In de schuilplekken is dit gemiddeld 3,12 graden.

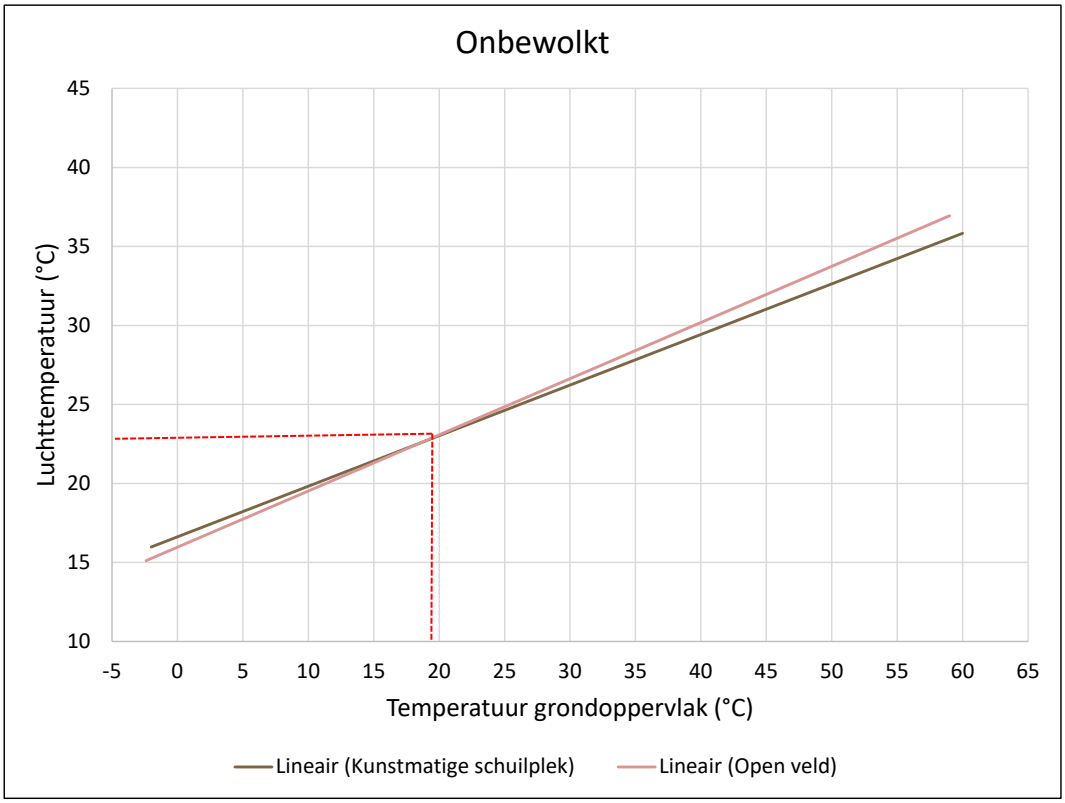
In de in Figuur 9.3, 9.4 en 9.5 gepresenteerde grafieken kruisen de trendlijnen elkaar. Dit betekent dat er een omslagpunt is. Beneden dit omslagpunt is het in de schuilplekken koeler dan in het open veld. Boven het omslagpunt is dit andersom en is het gemiddeld juist warmer in de schuilplekken in vergelijking met het open veld. Boven dit omslagpunt is het voor opwarming in principe dus voordeliger om een schuilplek op te zoeken. Op (half)bewolkte dagen ligt dit omslagpunt bij een luchttemperatuur van 10,9°C (Figuur 9.4). Op onbewolkte dagen schuift dit omslagpunt sterk naar rechts in de grafiek en ligt dan bij een luchttemperatuur van 22,4°C (Figuur 9.5). Als alle inventarisaties worden betrokken, dus bij zowel (half)bewolkt als onbewolkt weer, dan ligt het omslagpunt tussen genoemde waarden in, bij een luchttemperatuur van 18,8°C (Figuur 9.3).



Figuur 9.3 *Lineair verband tussen de luchttemperatuur en de temperatuur van het grondoppervlak op plekken met een kunstmatige schuilplek en op plekken in het open veld, op basis van alle inventarisaties. De rode stippellijnen markeren de temperatuur van de lucht en het grondoppervlak op het punt waar de trendlijnen elkaar snijden.*



Figuur 9.4 *Lineair verband tussen de luchttemperatuur en de temperatuur van het grondoppervlak op plekken met een kunstmatige schuilplek en op plekken in het open veld tijdens inventarisaties op (half)bewolkte dagen. De rode stippellijnen markeren de temperatuur van de lucht en het grondoppervlak op het punt waar de trendlijnen elkaar snijden.*



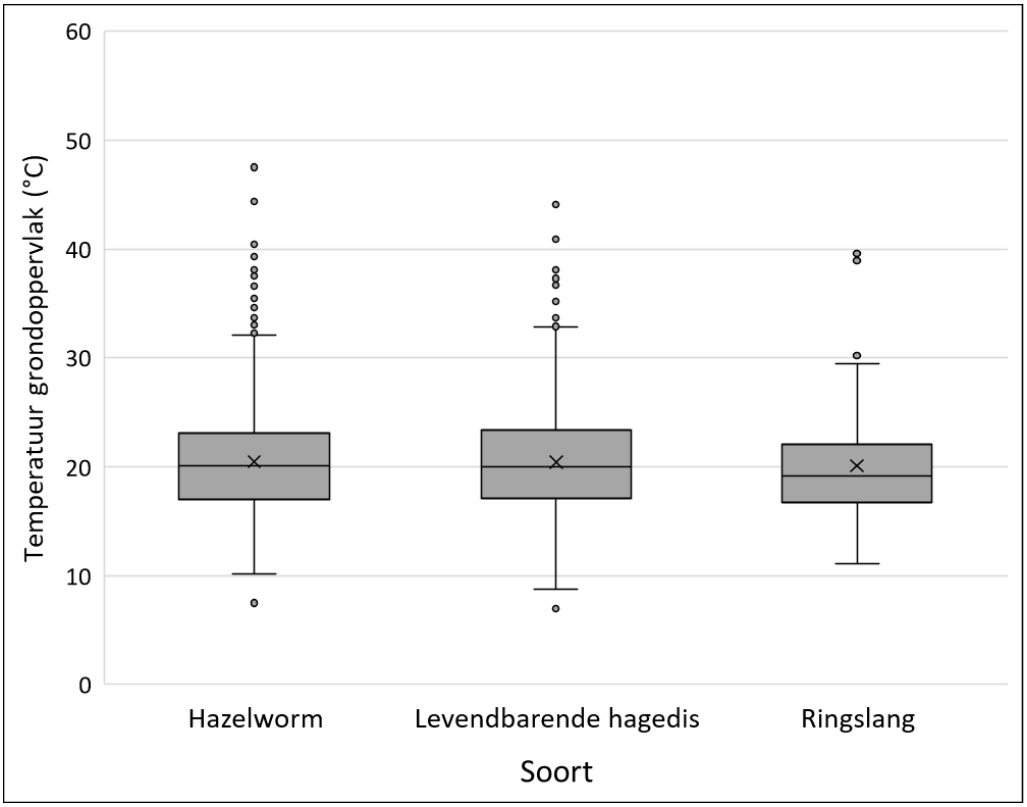
Figuur 9.5 *Lineair verband tussen de luchttemperatuur en de temperatuur van het grondoppervlak op plekken met een kunstmatige schuilplek en op plekken in het open veld tijdens inventarisaties op onbewolkte dagen. De rode stippellijnen markeren de temperatuur van de lucht en het grondoppervlak op het punt waar de trendlijnen elkaar snijden.*

9.5.3 Thermoregulatie

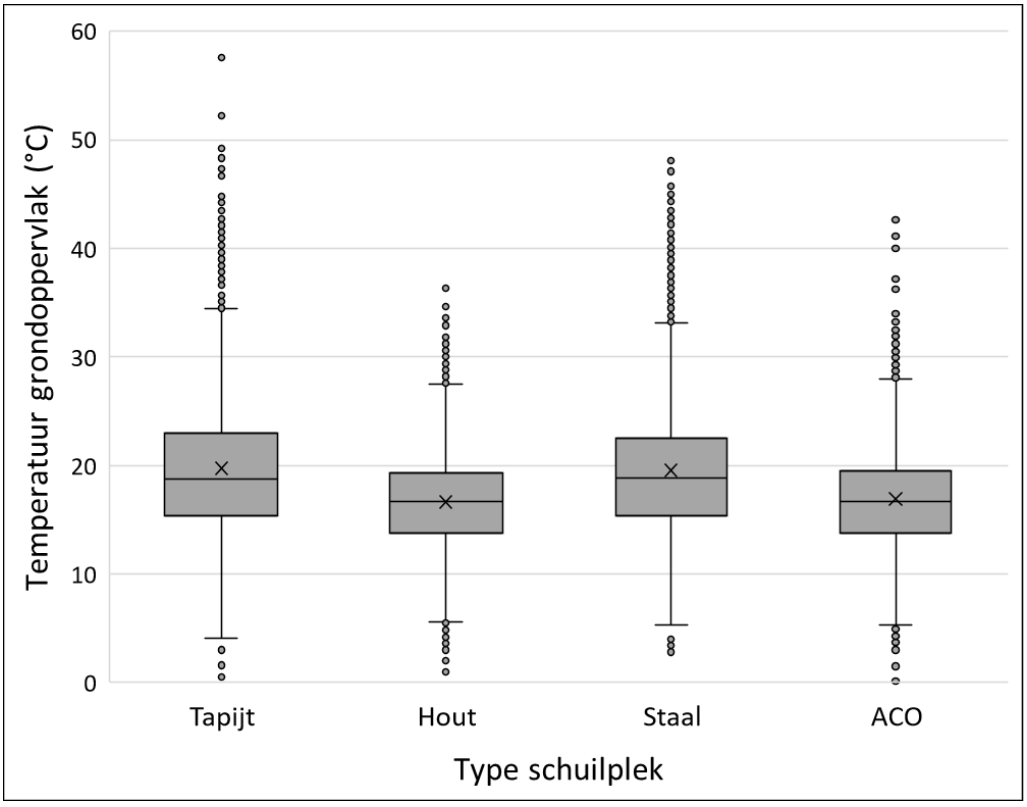
De temperatuur van het grondoppervlak in kunstmatige schuilplekken waar reptielen zijn aangetroffen, verschilt weinig tussen de soorten. De gemiddelde grondtemperatuur in schuilplekken met vangsten is 20,5, 20,4 en 20,1°C voor respectievelijk hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang. Ook de spreiding van de temperatuurwaarden vertoont grote overeenkomsten tussen de drie soorten (Figuur 9.6). Nagenoeg alle hazelwormen en levendbarende hagedissen zijn aangetroffen bij een grondtemperatuur van 9 à 10 tot 32 à 33°C. De spreiding van temperatuurwaarden bij de ringslang is iets geringer; deze soort is aangetroffen tussen 11 en 30°C. Er zijn geen significante verschillen tussen de soorten in de grondtemperatuur in de kunstmatige schuilplekken waar reptielen zijn waargenomen (Tabel 9.2).

De temperatuur van het grondoppervlak onder tapijttegels, ongeacht of er reptielen zijn aangetroffen, verschilt niet van die onder stalen platen (Tabel 9.3). De gemiddelde grondtemperatuur is voor deze typen schuilplekken respectievelijk 19,7 en 19,6°C. Ook de spreiding van de temperatuurwaarden vertoont grote overeenkomsten tussen deze twee typen, met een minimum van 4 à 5°C en een maximum van 33 à 35°C (Figuur 9.7). Onder tapijttegels zijn wel vaker extreme waarden (‘outliers’) gemeten, tot bijna 60°C. De grondtemperatuur onder tapijttegels en stalen platen verschilt significant van die onder houten platen en onder de ACO’s van polymeerbeton. De gemiddelde grondtemperatuur is voor deze schuilplekken van hout en polymeerbeton respectievelijk 16,6 en 16,9°C. Beide typen vertonen grote overeenkomsten in de spreiding van de temperatuurwaarden, met een minimum van 5 à 6°C en een maximum van circa 28°C (Figuur 9.7). Hoewel het verschil in grondtemperatuur tussen schuilplekken van hout en polymeerbeton klein is, is deze onder houten platen wel significant lager (Tabel 9.3).

De temperatuur van het grondoppervlak in schuilplekken waar reptielen (alle soorten) zijn waargenomen, verschilt significant van die onder schuilplekken, ongeacht of hier reptielen gevangen zijn (Tabel 9.4). Dit geldt voor alle typen schuilplekken. Voor al deze typen schuilplekken moeten we de nulhypothese – dat er geen verschil is in de gemeten grondtemperatuur – dus verwerpen.



Figuur 9.6 *De spreiding van de gemeten temperatuur van het grondoppervlak onder kunstmatige schuilplekken waar reptielen zijn waargenomen, per soort. De middellijn in de box is de mediaan; de ondergrens van de box is de grenswaarde voor het eerste kwartiel (25% van alle waarden ligt onder deze grenswaarde); de bovengrens van de box is het derde kwartiel (75% van alle waarden ligt onder deze grenswaarde). De 'whiskers' onder en boven de box geven respectievelijk de minimum- en maximumwaarde in de dataset; de punten zijn 'outliers'. De X geeft de gemiddelde waarde.*



Figuur 9.7 *De spreiding van de gemeten temperatuur van het grondoppervlak onder kunstmatige schuilplekken per type schuilplek.*

Tabel 9.2 *Gemiddelde verschil in de temperatuur van het grondoppervlak in schuilplekken waar reptielen gevangen zijn, met de soorten als variabelen. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is – aangeduid met een * – tussen de variabelen wat betreft de temperatuur van het grondoppervlak.*

Variabele 1	Variabele 2	Gemiddelde verschil in temperatuur grondoppervlak (in °C)	s.e.	t	df	P
Hazelworm	Levendbarende hagedis	0,03	0,26	0,13	1.676	0,448
Hazelworm	Ringslang	0,36	0,66	0,55	700	0,291
Ringslang	Levendbarende hagedis	0,33	0,62	0,53	1.118	0,298

Tabel 9.3 *Gemiddelde verschil in de temperatuur van het grondoppervlak in schuilplekken, ongeacht of hier reptielen gevangen zijn, met de typen schuilplek als variabelen. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is – aangeduid met een * – tussen de variabelen wat betreft de temperatuur van het grondoppervlak.*

Variabele 1	Variabele 2	Gemiddelde verschil in temperatuur grondoppervlak (in °C)	s.e.	t	df	P
Tapijt	Hout	3,10	0,12	25,25	7.483	<0,001*
Tapijt	Staal	0,18	0,14	1,23	8.138	0,109
Tapijt	ACO	2,84	0,13	22,45	7.746	<0,001*
Hout	Staal	-2,93	0,12	23,86	7.063	<0,001*
Hout	ACO	-0,26	0,10	2,56	8.112	0,005*
Staal	ACO	2,66	0,13	21,09	7.341	<0,001*

Tabel 9.4 *Gemiddelde verschil in de temperatuur van het grondoppervlak in schuilplekken waar reptielen (alle soorten) gevangen zijn (variabele 1) en in schuilplekken, ongeacht of hier reptielen gevangen zijn (variabele 2), per type schuilplek. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is – aangeduid met een * – tussen de variabelen wat betreft de temperatuur van het grondoppervlak.*

Variabele 1	Variabele 2	Gemiddelde verschil in temperatuur grondoppervlak (in °C)	s.e.	t	df	P
Alle soorten	Tapijt	0,70	0,16	4,36	4.095	<0,001*
Alle soorten	Hout	3,80	0,14	26,69	2.911	<0,001*
Alle soorten	Staal	0,87	0,16	5,46	4.039	<0,001*
Alle soorten	ACO	3,54	0,15	24,31	3.115	<0,001*

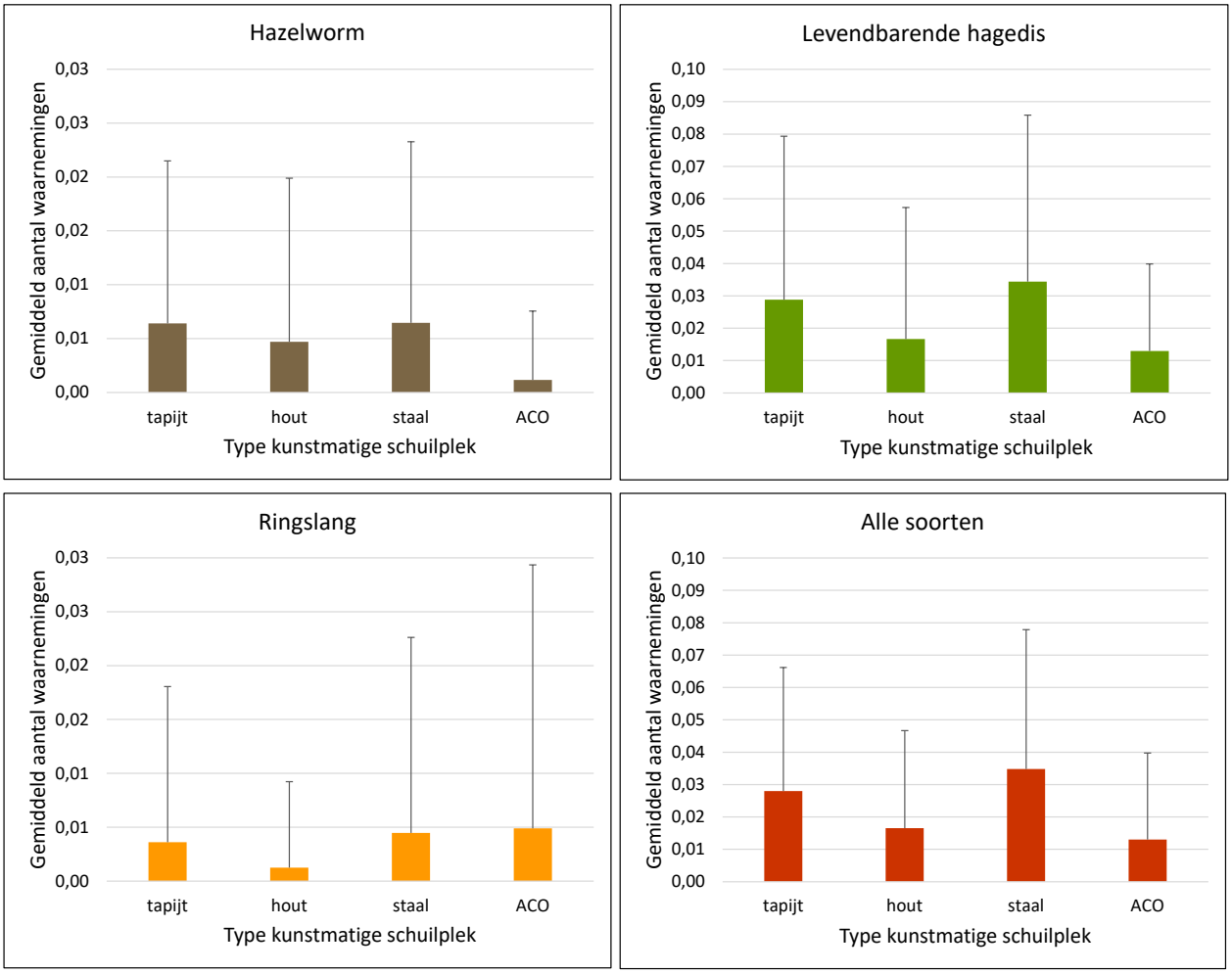
9.5.4 Verschillen in gebruik tussen typen kunstmatige schuilplekken

Het gemiddelde aantal waarnemingen van hazelworm – per inventarisatie en per schuilplek – verschilt niet tussen tapijttegels, houten platen en stalen platen (Figuur 9.8; Tabel 9.5). Onder de tapijttegels en stalen platen zijn daarentegen wel significant meer waarnemingen gedaan in vergelijking met de ACO's. Onder de tapijttegels zijn 5,5 maal meer waarnemingen gedaan, onder de stalen platen 5,6 maal meer. Er is geen significant verschil in het gemiddelde aantal waarnemingen van hazelworm tussen de houten platen en de ACO's.

Het gemiddelde aantal waarnemingen van levendbarende hagedis – per inventarisatie en per schuilplek – verschilt niet tussen tapijttegels en stalen platen (Figuur 9.8; Tabel 9.5). Onder de tapijttegels en stalen platen zijn daarentegen wel significant meer waarnemingen gedaan in vergelijking met zowel de houten platen als de ACO's. Onder de tapijttegels zijn 1,7 en 2,1 maal meer waarnemingen gedaan in vergelijking

met respectievelijke de houten platen en de ACO's. Onder de stalen platen zijn 2,2 en 2,6 maal meer waarnemingen gedaan in vergelijking met respectievelijke de houten platen en de ACO's. Er is geen significant verschil in het gemiddelde aantal waarnemingen van levendbarende hagedis tussen de houten platen en de ACO's.

Het gemiddelde aantal waarnemingen van ringslang – per inventarisatie en per schuilplek – verschilt niet tussen tapijttegels, stalen platen en ACO's (Figuur 9.8; Tabel 9.5). Onder de ACO's zijn daarentegen wel significant meer waarnemingen gedaan in vergelijking met de houten platen. Onder de ACO's zijn 3,9 maal meer waarnemingen gedaan in vergelijking met de houten platen. Er is geen significant verschil in het gemiddelde aantal waarnemingen van ringslang tussen de houten platen en de tapijttegels of stalen platen.



Figuur 9.8 *Per soort en voor alle soorten samen het gemiddelde aantal waarnemingen per schuilplek per inventarisatie voor de vier typen kunstmatige schuilplekken. De foutbalken geven de standaardafwijking.*

Het gemiddelde aantal waarnemingen van alle soorten samen – per inventarisatie en per schuilplek – is significant hoger onder tapijttegels in vergelijking met houten platen (1,7 maal) en ACO's (2,2 maal), maar significant lager in vergelijking met stalen platen (0,8 maal). Stalen platen leveren daarnaast ook significant meer waarnemingen op in vergelijking met houten platen (2,1 maal) en ACO's (2,7 maal). Er is geen significant verschil in het gemiddelde aantal waarnemingen van alle soorten samen tussen de houten platen en de ACO's (Figuur 9.8; Tabel 9.5).

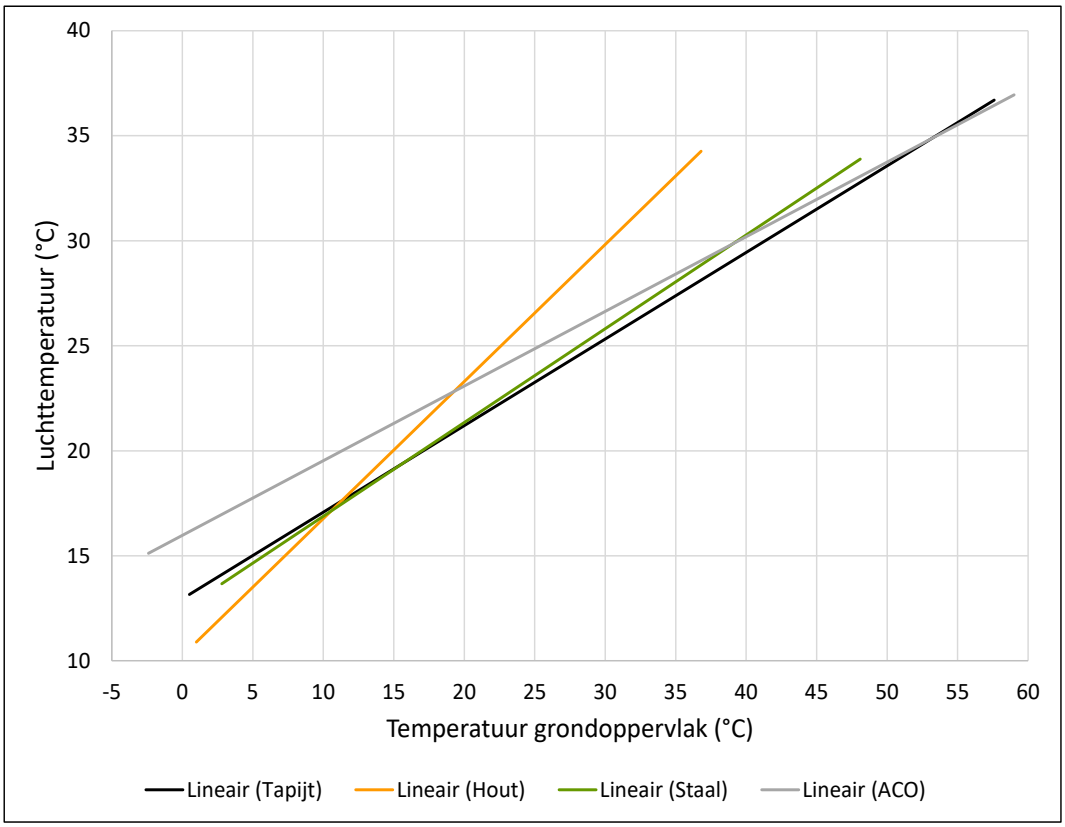
Tabel 9.5 *Per soort en voor alle soorten samen het gemiddelde verschil in het gemiddelde aantal waarnemingen per schuilplek per inventarisatie, met de typen schuilplek als variabelen. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is – aangeduid met een * – tussen de variabelen wat betreft het gemiddelde aantal waarnemingen.*

Variabele 1	Variabele 2	Gemiddelde verschil in aantal waarnemingen	s.e.	t	df	P
Hazelworm						
Tapijt	Hout	0,0017	0,0018	0,92	124	0,179
Tapijt	Staal	-0,0001	0,0021	0,05	124	0,480
Tapijt	ACO	0,0052	0,0015	3,47	124	<0,001*
Hout	Staal	-0,0018	0,0021	0,84	124	0,202
Hout	ACO	0,0035	0,0014	2,45	124	0,008*
Staal	ACO	0,0053	0,0015	3,59	124	<0,001*
Levendbarende hagedis						
Tapijt	Hout	0,0121	0,0052	2,33	124	0,011*
Tapijt	Staal	-0,0056	0,0044	1,25	124	0,106
Tapijt	ACO	0,0158	0,0051	3,09	124	0,001*
Hout	Staal	-0,0177	0,0056	3,16	124	<0,001*
Hout	ACO	0,0037	0,0049	0,92	124	0,179
Staal	ACO	0,0214	0,0052	4,09	124	<0,001*
Ringslang						
Tapijt	Hout	0,0025	0,0015	1,57	124	0,060
Tapijt	Staal	-0,0009	0,0021	0,42	124	0,338
Tapijt	ACO	-0,0013	0,0026	0,50	124	0,308
Hout	Staal	-0,0032	0,0017	1,91	124	0,029*
Hout	ACO	-0,0037	0,0023	1,57	124	0,059
Staal	ACO	-0,0004	0,0027	0,16	124	0,436
Alle soorten						
Tapijt	Hout	0,0114	0,0034	3,33	124	0,001*
Tapijt	Staal	-0,0069	0,0038	1,81	124	0,036*
Tapijt	ACO	0,0150	0,0043	3,52	124	<0,001*
Hout	Staal	-0,0183	0,0042	4,39	124	<0,001*
Hout	ACO	0,0036	0,0035	1,01	124	0,157
Staal	ACO	0,0219	0,0043	5,05	124	<0,001*

9.5.5 Verklaring verschillen tussen typen kunstmatige schuilplekken

Het verband tussen de luchttemperatuur en de temperatuur van het grondoppervlak onder tapijttegels en stalen platen vertoont grote overeenkomsten (Figuur 9.9). Dit is vooral het geval in de temperatuurrange waarin reptielen gebruikmaken van kunstmatige schuilplekken, dus tussen circa 9 en 33°C. De trendlijnen van deze twee typen schuilplekken liggen dicht bij elkaar, wat betekent dat er bij gelijke luchttemperatuur geen grote verschillen zijn in de grondtemperatuur. Ook de steilte van de trendlijnen vertoont veel overeenkomst, wat betekent dat de snelheid waarmee het grondoppervlak opwarmt min of meer gelijk is. Bij iedere toename van de luchttemperatuur met één graad, neemt de grondtemperatuur gemiddeld met 2,4 en 2,2°C toe onder respectievelijk de tapijttegels en de stalen platen. Het verband tussen de luchttemperatuur en de temperatuur van het grondoppervlak onder houten platen is duidelijk anders. De trendlijn is veel steiler, wat betekent dat de snelheid waarmee het grondoppervlak opwarmt lager is. Bij iedere toename van de luchttemperatuur met één graad, neemt de grondtemperatuur onder de houten platen gemiddeld met slechts 1,5°C toe. Het gevolg is dat de grondtemperatuur onder houten platen al vanaf een luchttemperatuur van circa 17,5°C lager is dan die onder tapijttegels en stalen platen. Het verband tussen de luchttemperatuur en de temperatuur van het grondoppervlak onder ACO's wijkt ook duidelijk af van die onder tapijttegels en stalen platen, maar ook van die onder de houten platen. De grondtemperatuur in de ACO's warmt sneller op dan bij de andere typen schuilplekken – gemiddeld 2,8°C bij iedere toename van de luchttemperatuur met één graad –, maar is gemiddeld genomen toch veel koeler dan die onder tapijttegels en stalen platen. Dit

verandert pas buiten de temperatuurrange waarin reptielen de schuilplekken gebruiken. Voor stalen platen ligt dit omslagpunt bij een grondtemperatuur van bijna 40°C. Voor tapijttegels ligt deze zelfs boven 50°C. Het omslagpunt tussen ACO's en houten platen ligt duidelijk lager, nabij een grondtemperatuur van 20°C.



Figuur 9.9 *Lineair verband tussen de luchttemperatuur en de temperatuur van het grondoppervlak op plekken met een kunstmatige schuilplek, per type schuilplek.*

9.6 Discussie

Alle soorten reptielen die in de natuurverbinding zijn aangetroffen, zijn vaker in een kunstmatige schuilplek waargenomen dan daarbuiten. Er zijn wel verschillen te zien tussen de soorten. Het percentage waarnemingen van hazelworm is het hoogst: 94% van alle waarnemingen is in de schuilplekken gedaan. Deze bevinding komt overeen met bestaand onderzoek. Reading (1997) meldt dat tijdens inventarisaties in Engeland 99% van de geregistreerde hazelwormen (n=286) in kunstmatige schuilplekken is waargenomen. Mutz & Glandt (2004) melden dat tijdens inventarisaties in Noordwest-Duitsland 100% van de waarnemingen van deze soort (n=62) in kunstmatige schuilplekken is gedaan. En Hachtel et al. (2009) melden dat tijdens onderzoek in West-Duitsland 98% van de waarnemingen van hazelworm (n=953) in kunstmatige schuilplekken is gedaan. Deze hoge percentages zijn te verklaren op basis van het gedrag van de soort. De hazelworm 'thermoreguleert' doorgaans niet in direct zonlicht, maar positioneert zich bij voorkeur onder objecten of vegetatie die de warmte vasthouden (Meek, 2005). Ze maken daarbij vooral gebruik van contact- en stralingswarmte.

De levendbarende hagedis is relatief minder vaak in de kunstmatige schuilplekken aangetroffen dan de hazelworm (70% van de waarnemingen), maar de trefkans van de soort is in de schuilplekken nog steeds ruim tweemaal hoger dan in het open veld. Ook voor deze soort bieden kunstmatige schuilplekken dus een meerwaarde tijdens inventarisaties, omdat meer waarnemingen in een kortere tijd kunnen worden gedaan. Het lagere percentage waarnemingen in de schuilplekken dan bij hazelworm weerspiegelt ook hier het gedrag van de soort. In tegenstelling tot de hazelworm zoeken levendbarende hagedissen wel graag door de zon beschenen plekken om zich op te warmen. Vooral bij zonnig weer zullen zij dus minder geneigd zijn om

een schuilplek voor opwarming te gebruiken. Deze neiging neemt verder af als de luchttemperatuur hoger is. De lagere trefkans in kunstmatige schuilplekken voor de levendbarende hagedis is ook in ander onderzoek geconstateerd. Zo vonden Hachtel et al. (2009) 52% van de tijdens inventarisaties waargenomen levendbarende hagedissen (n=277) onder kunstmatige schuilplekken.

De ringslang lijkt nog minder gebonden aan kunstmatige schuilplekken. De soort is regelmatig in kunstmatige schuilplekken aangetroffen, maar bijna net zo vaak in het open veld (Figuur 9.10). Hachtel et al. (2009) vonden iets vergelijkbaars, met 46% van de waarnemingen in kunstmatige schuilplekken. Bij recent onderzoek in en rond enkele faunapassages aan rijksweg A12 is bijna 48% van de waarnemingen van de ringslang gedaan in kunstmatige schuilplekken (Struijk & Van der Lugt, 2023). Ook voor deze soort geldt dat door de verdubbeling van de trefkans bij gebruik van kunstmatige schuilplekken, de efficiëntie van inventarisaties aanzienlijk kan worden vergroot door gebruik te maken van dergelijke schuilplekken.

Figuur 9.10 *Een ringslang (adult, vrouw) op de top van Natuurbrug Hoorneboeg, waargenomen op 11 mei 2020. Het dier bevond zich niet onder een van de kunstmatige schuilplekken, maar 'in het open veld', tussen schuilplek 12 en 13. © Foto: D. Vonhoff.*

Kunstmatige schuilplekken bieden reptielen een potentieel voordeel wat betreft thermoregulatie. Ongeacht de mate van bewolking neemt de grondtemperatuur sneller toe in de schuilplekken dan daarbuiten. In de schuilplekken kunnen dieren dus sneller opwarmen. Dit is vooral gunstig vanaf het moment dat de grondtemperatuur in de schuilplek hoger is dan die in het open veld, dus rechts van de omslagpunten in de figuren 9.3, 9.4 en 9.5. Omdat het omslagpunt 11,5°C lager ligt bij (half)bewolkt weer in vergelijking met onbewolkt weer, bieden schuilplekken bij (half)bewolkt weer dus meer (eerder) voordeel dan bij onbewolkt weer. Als dit inderdaad zo is, dan is de verwachting dat er minder waarnemingen in schuilplekken worden gedaan op onbewolkte dagen in vergelijking met (half)bewolkte dagen. Dit is inderdaad het geval. Tijdens inventarisaties op onbewolkte dagen is het aandeel van de waarnemingen dat in de schuilplekken is gedaan 3, 28 en 19 procentpunten lager voor respectievelijk hazelworm, levendbarende hagedis en ringslang in vergelijking met inventarisaties op (half)bewolkte dagen.

Bij bovenstaande verkenning van het potentiële voordeel van kunstmatige schuilplekken uit oogpunt van thermoregulatie moet bedacht worden dat, hoewel alle typen schuilplekken zijn betrokken, het in alle

meetjaren vooral metingen onder tapijttegels zijn geweest. Circa 90% van alle kunstmatige schuilplekken bestond immers uit tapijttegels. De bevindingen zijn dan ook vooral van toepassing op inventarisaties met tapijttegels. Inventarisaties met bijvoorbeeld alleen houten platen of ACO's kunnen een ander beeld geven.

Voor alle typen kunstmatige schuilplekken geldt dat de temperatuur van het grondoppervlak in schuilplekken waar reptielen (alle soorten) zijn waargenomen, significant verschilt van die in schuilplekken ongeacht of hier reptielen gevangen zijn. Dit duidt erop dat de temperatuur in de schuilplekken een rol speelt bij de keuze van het dier om een schuilplek op te zoeken of juist te verlaten. Als de motivatie voor het gebruik van schuilplekken uitsluitend ingegeven zou worden door het zoeken van bescherming tegen predatoren, zou de grondtemperatuur op plekken met vangsten een weerspiegeling moeten zijn van 'het aanbod', dus geen verschil laten zien met de grondtemperatuur op alle plekken samen, ongeacht of er een vangst is gedaan. Predatie is immers een risico dat zich bij alle temperaturen voordoet. Het feit dat er wel een verschil is, duidt erop dat de dieren selectief zijn in hun gebruik van schuilplekken, waarbij deze niet worden gebruikt bij relatief lage en hoge grondtemperaturen. Dit wordt ondersteund door het gegeven dat de minimumgrondtemperatuur in schuilplekken met vangsten 5 tot 7°C hoger is dan die in schuilplekken ongeacht vangsten. Deze minimumgrondtemperatuur ligt daarmee dichter bij het omslagpunt waarbij de gemiddelde grondtemperatuur in de schuilplek hoger is dan die in het open veld (zie Figuur 9.3, 9.4 en 9.5). Schuilplekken beneden dit omslagpunt zijn immers koeler dan het open veld en bieden geen voordeel tijdens opwarmen. Deze metingen vormen een aanwijzing dat de dieren de schuilplekken bij die lage temperaturen mijden en thermoregulatie dus een motief is voor het al dan niet opzoeken van kunstmatige schuilplekken.

De tapijttegels en stalen platen leveren de meeste waarnemingen op van reptielen. De stalen platen doen het hierbij nog net iets beter dan de tapijttegels als alle soorten samen worden genomen, hoewel er op soortniveau geen significante verschillen zijn. De houten platen en ACO's leveren de minste waarnemingen van reptielen. Voor hazelworm en levendbarende hagedis zijn er geen significante verschillen tussen deze twee typen, maar voor de ringslang resulteren de ACO's wel in significant meer waarnemingen in vergelijking met de houten platen. Op basis van deze resultaten is het aan te bevelen om de voorkeur te geven aan tapijttegels of stalen platen tijdens inventarisaties met kunstmatige schuilplekken, boven houten platen of ACO's. Uit kostenefficiëntie zijn tapijttegels een goede keuze, aangezien deze circa 0,50 euro per stuk kosten (rest- of afgekeurde partijen), terwijl een qua afmetingen vergelijkbare stalen (damwand)plaat circa 5 euro per stuk kost. Tapijttegels zijn echter wel minder duurzaam en vragen dus eerder om vervanging.

Het verschil in waarnemingen van reptielen tussen de vier typen schuilplekken lijkt goed te verklaren op basis van de hoogte van de grondtemperatuur en de snelheid waarmee deze toeneemt bij een oplopende luchttemperatuur. De waarnemingen onder tapijttegels en stalen platen zijn zeer vergelijkbaar en dat geldt ook voor het temperatuurverloop van het grondoppervlak bij deze typen. Houten platen leveren duidelijk minder waarnemingen op, wat een direct gevolg lijkt van de lagere grondtemperaturen binnen de temperatuurrange dat reptielen schuilplekken gebruiken en de aanmerkelijk lagere snelheid waarmee de grond onder houten platen opwarmt. Wat betreft het aantal waarnemingen zijn ACO's vergelijkbaar met houten platen, maar het mechanisme dat dit veroorzaakt, lijkt te verschillen. In ACO's warmt de grondtemperatuur wel sneller op dan onder tapijttegels en stalen platen, wat een voordeel betekent voor de reptielen, maar dit voordeel wordt tenietgedaan door het gegeven dat het in de ACO's bij lage tot gemiddelde luchttemperaturen veel koeler is. In ACO's is de grondtemperatuur bij een gelijke luchttemperatuur pas bij (zeer) hoge grondtemperaturen hoger dan die in schuilplekken van tapijt en staal. Deze grondtemperaturen liggen buiten de temperatuurrange van het gebruik van de schuilplekken door reptielen en bieden de dieren dus geen voordeel.

Dat de (grond)temperatuur een rol speelt bij het gebruik van de kunstmatige schuilplekken lijkt dus zeer plausibel. Dit betekent niet dat er niet ook ander factoren een rol kunnen spelen. Zo zou het verschil in waarnemingen tussen de typen schuilplekken ook (mede) een gevolg kunnen zijn van verschillen in toegankelijkheid. Wat dit aspect betreft, is er namelijk een duidelijk verschil geconstateerd tussen de ACO's en de andere drie typen schuilplekken. Tapijttegels, stalen platen en houten platen bieden meestal aan alle kanten openingen aan dieren om eronder te kruipen. De ACO's doen dat meestal niet. Vorm en gewicht van de ACO's maakt dat ze eventuele vegetatie platdrukken en er geen of weinig openingen zijn, behalve de halfcirkelvormige opening aan het uiteinde. In potentie kan dit een barrière vormen voor reptielen om de ACO's te gebruiken. Of dit inderdaad zo is, vraagt om nader onderzoek. Dit zou kunnen worden gedaan in de

vorm van een experiment, waarbij het gebruik van ACO's met en zonder aan de onderzijde gecreëerde openingen wordt vergeleken.

9.7 Conclusies

Er zijn circa driemaal meer waarnemingen van reptielen gedaan in de kunstmatige schuilplekken dan daarbuiten. De hazelworm is bijna uitsluitend in kunstmatige schuilplekken waargenomen. Voor de levendbarende hagedis betrof het ruim twee derde van alle waarnemingen. Ringslang is min of meer in gelijke aantallen in de schuilplekken en het open veld aangetroffen. De kunstmatige schuilplekken hebben dan ook een duidelijke meerwaarde tijdens inventarisaties van reptielen, omdat met deze hulpmiddelen meer waarnemingen in een kortere tijd kunnen worden gedaan.

In vergelijking met plekken in het open veld bieden kunstmatige schuilplekken reptielen een potentieel voordeel wat betreft thermoregulatie. De grondtemperatuur neemt sneller toe in de kunstmatige schuilplekken dan daarbuiten, waardoor dieren hier sneller kunnen opwarmen. Dit voordeel is groter bij (half)bewolkt weer, omdat de grondtemperatuur in de schuilplek dan eerder hoger is dan die in het open veld.

Er zijn duidelijke aanwijzingen dat het gebruik van kunstmatige schuilplekken door reptielen verband houdt met thermoregulatie. Voor alle typen kunstmatige schuilplekken geldt dat de temperatuur van het grondoppervlak in schuilplekken waar reptielen zijn waargenomen, significant verschilt van die in schuilplekken ongeacht of hier reptielen gevangen zijn. Dit betekent dat de dieren selectief zijn in hun gebruik van schuilplekken en deze afhankelijk van de grondtemperatuur actief opzoeken of juist weer verlaten.

Er zijn duidelijke verschillen in het aantal waarnemingen van reptielen tussen de vier typen kunstmatige schuilplekken. De tapijttegels en stalen platen leveren significant meer waarnemingen op dan houten platen en ACO's. Tapijttegels en stalen platen zijn dan ook de aan te bevelen typen schuilplekken voor toekomstige inventarisaties.

De verschillen in het aantal waarnemingen van reptielen tussen de vier typen schuilplekken lijkt goed te verklaren op basis van de hoogte van de grondtemperatuur en de snelheid waarmee deze toeneemt bij een oplopende luchttemperatuur. Houten platen en ACO's kennen duidelijk lagere grondtemperaturen. Houten platen hebben daarbij ook een aanmerkelijk lagere snelheid waarmee de grond opwarmt. Andere factoren, zoals de toegankelijkheid van de schuilplek, kunnen ook een rol spelen. Of dit zo is, zou met behulp van een experiment kunnen worden onderzocht.

10 Gebruik van de natuurverbinding door amfibieën

10.1 Inleiding

Amfibieën ondervinden, net als reptielen, op verschillende manieren hinder van verkeers- en spoorwegen (Hamer et al., 2015; Andrews et al., 2015b). De infrastructuur kan zorgen voor verlies van leefgebied, waardoor populaties kleiner worden. Het kan zorgen voor barrièrewerking, waardoor populaties geïsoleerd van elkaar raken. En de infrastructuur zorgt voor onnatuurlijke sterfte als de amfibieën wegen en spoorwegen proberen over te steken en daarbij slachtoffer worden door aanrijdingen in het verkeer. Deze sterfte kan enorm oplopen, vooral tijdens de seizoenmigraties waarbij de dieren van hun overwinterings- naar hun voortplantingsgebied bewegen of omgekeerd. Deze sterfte kan ervoor zorgen dat populaties kleiner worden of zelfs geheel verdwijnen.

Faunapassages, bijvoorbeeld in de vorm van amfibietunnels met geleidende amfibieschermen, kunnen deze effecten mitigeren (Smulders et al., 2021). Ze voorkomen dat dieren op de weg geraken en bieden ze tegelijkertijd een veilige plek om de infrastructuur te passeren. Sleutelfactoren die het succes van dergelijke mitigerende maatregelen bepalen, zijn het ontwerp van de tunnels, de locatiekeuze voor de tunnels, het aantal tunnels, de afstand tussen twee tunnels, het ontwerp van de geleidende schermen, de lengte van deze schermen en de voorzieningen die aan het eind van de schermen of bij onderbrekingen in het scherm worden getroffen (Andrews et al., 2015b; zie ook Ottburg & Van der Grift, 2019). Ecoducten zijn ook geschikte faunapassages voor amfibieën. Het voordeel van een ecoduct ten opzichte van een tunnel is dat er geschikt leefgebied op gecreëerd kan worden, inclusief bijvoorbeeld vochtige geulen, laagten of poelen. Dit stelt de dieren in staat om er langer te verblijven en specifieke fasen uit de levenscyclus door te maken. Naar verwachting maken ecoducten het hiermee voor amfibieën mogelijk om grotere barrières te overbruggen.

De recentelijk uitgebrachte *Leidraad faunavoorzieningen voor infrastructuur* (Smulders et al., 2021) geeft aan dat ecoducten frequent gebruik kennen door amfibieën. Net als voor reptielen geldt echter ook voor amfibieën dat het aantal studies nog beperkt is en de monitoring meestal beperkt blijft tot het aantonen van de aanwezigheid van de diverse soorten. Een kwantificering van het gebruik van ecoducten door amfibieën en toetsing van dit gebruik aan een vooraf gesteld doel ontbreekt in de meeste studies, evenals een onderbouwde duiding of beoordeling van het ecologisch functioneren van de faunavoorziening voor de soortgroep.

10.2 Doel van het onderzoek

Er zijn geen doelsoorten voor Natuurverbinding Zwaluwenberg aangewezen onder de amfibieën en deze diergroep is dan ook geen primair onderwerp van onderzoek geweest (zie Paragraaf 1.5). Het onderzoek naar reptielen (Hoofdstuk 7 en 8) stelde ons echter in staat om gelijktijdig gegevens te verzamelen over het gebruik van de natuurverbinding door amfibieën. Daarom is er ook voor deze diergroep een aantal onderzoeksdoelen en onderzoeksvragen uitgewerkt.

Het eerste doel van het onderzoek aan amfibieën is het in beeld brengen van de soorten die in de natuurverbinding aanwezig zijn en de aantallen waarin. Een tweede doel is te achterhalen of de in de natuurverbinding aangelegde poelen als voortplantingswateren worden gebruikt. Het doel is ook te onderzoeken of het gebruik van de natuurverbinding door amfibieën aan de verwachtingen voldoet en of er manieren zijn om het gebruik door deze diergroep te vergroten, bijvoorbeeld door aanpassingen wat betreft inrichting en beheer.

10.3 Onderzoeksvragen

Om deze doelen te bereiken, zijn de volgende concrete onderzoeksvragen geformuleerd:
1. Welke soorten amfibieën maken gebruik van de natuurverbinding?
2. Zijn de in de natuurverbinding aangelegde poelen voortplantingswateren voor amfibieën?
3. Welk patroon heeft het gebruik van de natuurverbinding gedurende het jaar?
4. Hoe varieert het gebruik van de natuurverbinding per leeftijdscategorie over de maanden van de meetperiode?
5. Welke trend vertoont het gebruik van de natuurverbinding over de meetjaren?
6. Is er een verschil in gebruik tussen de verschillende delen van de natuurverbinding?
7. Voldoet het gebruik van de natuurverbinding door amfibieën aan de verwachtingen?
8. Welke aanbevelingen zijn op basis van het onderzoek te geven voor het optimaliseren van de inrichting en het beheer van de natuurverbinding voor amfibieën?

10.4 Toetsingskader

Om te kunnen vaststellen of het gebruik van de natuurverbinding voldoet aan de verwachtingen (onderzoeksvraag 8), is een toetsingskader nodig. Want wat zijn dan de verwachtingen? En hoe toetsen we of de natuurverbinding hieraan voldoet of niet? We volgen hier de werkwijze die ook gebruikt is bij het onderzoek naar reptielen (zie Paragraaf 7.4). Dit betekent dat we de verwachtingen bepalen op basis van referentiemetingen in de brongebieden aan weerszijden van de infrastructuur. Deze verwachtingen, uitgedrukt in abundanties van soorten, gebruiken we vervolgens als norm, dus als een meetbare waarde op basis waarvan het functioneren van de natuurverbinding als leef- en migratiegebied voor amfibieën wordt geëvalueerd. Concreet toetsen we per soort het volgende doel: *Drie jaar na opening van de natuurverbinding komt de abundantie van de soort in de natuurverbinding minimaal overeen met die in voor de soort geschikte natuurtypen in de brongebieden.*

10.5 Methoden

10.5.1 Verzamelen gegevens

10.5.1.1 Inventarisaties van transecten

De inventarisaties van amfibieën in de natuurverbinding zijn uitgevoerd langs permanente transecten. Het betreft dezelfde transecten als die voor het onderzoek naar reptielen zijn gebruikt. Datzelfde geldt voor de inventarisaties van amfibieën in de brongebieden, inclusief de wegbermen van de A27; ook hier zijn de voor reptielen uitgezette transecten gebruikt om amfibieën te inventariseren (zie Paragraaf 7.5.3 en Figuur 7.1-7.4).

De inventarisaties van amfibieën zijn gelijktijdig met die van reptielen uitgevoerd. Dit betekent dat de meetjaren en meetperiode voor amfibieën identiek zijn aan die voor reptielen (zie Paragraaf 7.5.3). Tijdens iedere inventarisatie zijn de transecten rustig afgelopen, waarbij tot circa 3 m links en rechts van het transect naar amfibieën is gezocht. Hierbij zijn ook alle kunstmatige schuilplekken gecontroleerd (Figuur 10.1).

Tijdens de inventarisaties is ieder aangetroffen amfibie genoteerd. Dat geldt ook voor eventuele dood gevonden dieren. Per waarneming zijn geregistreerd: datum, tijd, transect, vindplek (‘schuilplek X’ of ‘tussen schuilplek X en Y’), type vindplek (land, oever, water) en type waarneming (gevangen, zichtwaarneming, gehoord, dood gevonden). Van ieder individu zijn de soort en de leeftijdscategorie (adult, subadult, juveniel, larve, ei/eisnoer/eiklomp) bepaald. In geval van larven zijn de aantallen geschat. Het geslacht van de dieren is slechts incidenteel bepaald, mede omdat de dieren meestal niet zijn gevangen.

Figuur 10.1 *Een kunstmatige schuilplek wordt gecontroleerd op de aanwezigheid van amfibieën op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg (april 2017). © Foto: E. van der Grift.*

10.5.1.2 Inventarisaties van poelen

In 2018 zijn inventarisaties van alle binnen de natuurverbinding aanwezige poelen uitgevoerd. Het betreft drie poelen op Natuurbrug Zwaluwenberg en twee poelen op Natuurbrug Hoorneboeg (Figuur 10.2, 10.3 en 10.4). De inventarisaties zijn uitgevoerd in de maanden april-juli. In totaal zijn er veertig inventarisaties gedaan: tien in april, twaalf in mei, elf in juni en zeven in juli. Tijdens iedere inventarisatie zijn de poelen vanaf de oevers op zicht en gehoor geïnventariseerd. In enkele gevallen zijn dieren gevangen. Tijdens de inventarisaties is ieder aangetroffen amfibie genoteerd. Dat geldt ook voor eventuele dood gevonden dieren. Per waarneming zijn geregistreerd: datum, tijd, poel, type vindplek (land, oever, water) en type waarneming (gevangen, zichtwaarneming, gehoord, dood gevonden). Van ieder individu zijn de soort en de leeftijdscategorie (adult, subadult, juveniel, larve, ei/eisnoer/eiklomp) bepaald. In geval van larven zijn de aantallen geschat.

Figuur 10.2 *De poel op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg (links), enkele maanden na de aanleg (november 2013) en de kleine poel op de top van de natuurbrug, tussen het ecoduct over de spoorlijn en die over de snelweg (juni 2017). © Foto's: E. van der Grift.*

Figuur 10.3 *De poel op de westelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg, drie jaar na de aanleg (september 2016). © Foto: E. van der Grift.*

Figuur 10.4 *De poel op de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoornboeg, bijna vijf jaar na de aanleg (juni 2018). © Foto: E. van der Grift.*

10.5.1.3 Incidentele waarnemingen

Naast de dieren die tijdens de transect-inventarisaties zijn waargenomen, zijn ook incidentele waarnemingen van amfibieën genoteerd. Dit betreft waarnemingen die door de onderzoekers zijn gedaan tijdens verplaatsingen van het ene naar het andere transect of tijdens veldbezoeken in het kader van de monitoring van andere soortgroepen. Per incidentele waarneming zijn geregistreerd: datum, tijd, vindplek (x- en y-coördinaat), type vindplek (land, oever, water) en type waarneming (gevangen, zichtwaarneming, gehoord, dood gevonden). Van ieder individu zijn de soort en de leeftijdscategorie (adult, subadult, juveniel, larve, ei/eisnoer/eiklomp) bepaald. In geval van larven zijn de aantallen geschat. Het geslacht van de dieren is slechts incidenteel bepaald, mede omdat de dieren meestal niet zijn gevangen.

10.5.2 Kanttekeningen bij de gebruikte inventarisatiemethoden

De inventarisaties van amfibieën langs de transecten zijn uitgevoerd tijdens de inventarisaties van reptielen. Hierbij moet bedacht worden dat de gebruikte onderzoeksmethode dus niet is ontworpen voor amfibieën en er met deze inventarisaties voor deze diergroep dus geen volledig beeld van het gebruik van de natuurverbinding ontstaat. Zo zijn er alleen inventarisaties uitgevoerd in de periode april-september. Veel van de in het gebied voorkomende amfibieën, zoals gewone pad, bruine kikker en kleine watersalamander, zijn echter al eerder actief (vanaf februari-maart) wanneer zij richting voortplantingswateren trekken. Deze voorjaarsmigratie is dus niet geïnventariseerd. Een ander aspect in dit verband is dat de inventarisaties zijn uitgevoerd tijdens voor reptielen gunstige weersomstandigheden. Hoewel deze weersomstandigheden voor een deel overeenkomen met de weersomstandigheden die geschikt zijn voor het inventariseren van amfibieën (o.a. niet koud, geen harde en langdurige regen, weinig wind), zijn toch relatief vaak inventarisaties uitgevoerd tijdens voor amfibieën ongunstige omstandigheden en zijn er relatief weinig inventarisaties uitgevoerd tijdens voor amfibieën gunstige omstandigheden. Dus veel op warme, droge en zonnige dagen en weinig op warme, vochtige of natte dagen. En alle inventarisaties zijn overdag uitgevoerd, terwijl voor amfibieën juist ook inventarisaties op (warme, vochtige) avonden en na zonsondergang geschikt zijn. Dit betekent dus dat de inventarisaties geen volledig beeld geven en er alleen conclusies kunnen worden getrokken over wat er wel is gezien en niet over wat er niet is gezien. De observaties en tellingen geven dus een soort 'minimum' van het gebruik van de natuurverbinding door amfibieën. Bij de vergelijking van tellingen in de natuurverbinding met die in de brongebieden speelt de suboptimale onderzoeksmethode een minder grote rol. In beide gebieden is immers dezelfde methode gehanteerd en het gaat in de toetsing vooral om relatieve verschillen.

De in 2018 uitgevoerde inventarisaties van de vijf poelen binnen de natuurverbinding zijn een waardevolle aanvulling op de inventarisaties van de transecten. De transecten liggen immers voor het grootste deel in de landhabitat van amfibieën. En daar waar ze wel de oeverzone van een poel passeren, is tijdens de transect-tellingen slechts een deel van de oever en het water – tot 3 m vanuit het hart van het transect – geïnventariseerd. Met de inventarisaties van de transecten ontstaat dan ook geen volledig beeld van wat er in de poelen aan soorten aanwezig is, noch de aantallen waarin. De aanvullende inventarisaties van de poelen geven ook een beter beeld van het aantal eieren, eisnoeren of eiklompen dat aanwezig is, evenals het aantal larven. Omdat de inventarisaties ongeveer tweemaal per week zijn uitgevoerd, biedt het tevens de kans om de activiteit van amfibieën in de poelen in de tijd gedetailleerder in beeld te brengen.

10.5.3 Analyse gegevens inventarisaties transecten

10.5.3.1 Verdeling waarnemingen over de meetperiode

De verdeling van de waarnemingen over de maanden in de meetperiode is voor beide natuurbruggen afzonderlijk berekend. In een eerste stap is voor iedere soort per meetjaar en per maand het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie berekend. Dit is gedaan door het aantal waarnemingen in de betreffende maand van het betreffende meetjaar te delen door het aantal inventarisaties dat toen is uitgevoerd. Vervolgens is per maand het gemiddelde genomen over de drie meetjaren. In deze analyse zijn voor Natuurbrug Zwaluwenberg de waarnemingen betrokken die tijdens de meetjaren 2015, 2016, 2017, 2018 en 2020 zijn gedaan. De waarnemingen uit meetjaar 2014 zijn niet betrokken, omdat toen alleen de top van de natuurbrug is gemonitord. Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn de meetjaren 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken.

10.5.3.2 Procentuele verdeling waarnemingen over de meetperiode per leeftijdscategorie

De procentuele verdeling van de waarnemingen over de meetperiode per leeftijdscategorie is voor beide natuurbruggen afzonderlijk berekend. Deze berekening is per maand gedaan – en niet over alle maanden samen –, omdat niet ieder jaar in alle maanden is gemeten en het aantal inventarisaties per maand varieert. In de analyse zijn alleen de waarnemingen betrokken waarvoor de leeftijdscategorie is vastgesteld; waarnemingen met het kenmerk 'leeftijdscategorie onbekend' zijn niet meegenomen. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg zijn de waarnemingen uit de meetjaren 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken. Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn de waarnemingen uit de meetjaren 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken. De procentuele verdeling van het aantal waarnemingen per leeftijdscategorie is per maand berekend door het aantal waarnemingen van de leeftijdscategorie in de maand te delen door het totaalaantal waarnemingen van de leeftijdscategorie over alle maanden, en vervolgens te vermenigvuldigen met 100. Voor zowel Natuurbrug Zwaluwenberg als Natuurbrug Hoorneboeg geldt dat de leeftijdscategorie bij alle soorten voor 100% van de waarnemingen kon worden vastgesteld.

10.5.3.3 Trend in aantallen over de jaren

De trendanalyse is voor beide natuurbruggen afzonderlijk uitgevoerd. In een eerste stap is voor iedere soort per meetjaar en per maand het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie berekend. Dit is gedaan door het aantal waarnemingen in de betreffende maand van het betreffende meetjaar te delen door het aantal inventarisaties dat toen is uitgevoerd. Vervolgens is per meetjaar het gemiddelde berekend over de maanden om tot een gemiddeld aantal waarnemingen per inventarisatie per jaar te komen.

Voor Natuurbrug Zwaluwenberg zijn de meetjaren 2015, 2017 en 2020 in de analyse betrokken. De waarnemingen uit meetjaar 2014 zijn niet betrokken, omdat toen alleen de top van de natuurbrug is gemonitord en de tellingen in dat jaar dus niet vergelijkbaar zijn met die in de latere jaren. De waarnemingen uit de meetjaren 2016 en 2018 zijn niet betrokken, omdat toen niet in alle maanden tijdens de meetperiode is gemonitord. Het betrekken van waarnemingen uit deze meetjaren zou dan ook een vertekend beeld geven, omdat de verdeling van waarnemingen over het jaar niet noodzakelijkerwijs evenredig is.

Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn de meetjaren 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken. In 2017 en 2020 is in alle maanden (april-september) gemeten. In 2018 is dat niet het geval. Metingen zijn in dat jaar uitsluitend in de eerste vier maanden (april-juli) gedaan. Het meetjaar 2018 is toch betrokken, omdat we de trendanalyse bij voorkeur voor drie – in plaats van twee – meetjaren uitvoeren. Om de metingen in de drie meetjaren vergelijkbaar te maken, zijn in de analyse daarom voor alle meetjaren alleen de waarnemingen meegenomen die tijdens de inventarisaties in de eerste vier maanden van de meetperiode zijn gedaan.

De trendanalyse is uitgevoerd met behulp van lineaire regressie. Hierbij is getoetst of de gemiddelde verandering in het aantal waarnemingen per inventarisatie in de meetperiode significant ($p \leq 0{,}05$) afwijkt van nul. Indien sprake is van een significante verandering, dan is de grootte van de gemiddelde verandering in het aantal waarnemingen per inventarisatie per jaar gekwalificeerd. Hierbij zijn vijf klassen onderscheiden: (1) zeer lichte toename/afname (gemiddeld <0,10 waarnemingen per inventarisatie per jaar), (2) lichte toename/afname (0,10-0,25), (3) matige toename/afname (0,25-0,50), (4) sterke toename/afname (0,50-1,0), (5) zeer sterke toename/afname (>1,0).

10.5.3.4 Verspreiding over de natuurbruggen

Om inzicht te krijgen in de ruimtelijke spreiding van de waarnemingen van amfibieën op de twee natuurbruggen, zijn twee analyses uitgevoerd.

Analyse verspreiding in lengterichting

In de eerste analyse is de spreiding van de waarnemingen van adulten, subadulten en juvenielen over de lengterichting van de natuurbrug onderzocht. Hiervoor zijn de top en de toelopen van de natuurbruggen elk in zestien sectoren verdeeld (zie ook Paragraaf 7.5.5.5 en Bijlage 2). In een eerste stap zijn per soort en per sector alle waarnemingen gesommeerd. Vervolgens is de procentuele verdeling per soort en per sector bepaald door deze sommaties te delen door het totale aantal waarnemingen van alle soorten samen. Voor Natuurbrug Zwaluwenberg zijn de meetjaren 2015, 2016, 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken. De

waarnemingen uit meetjaar 2014 zijn niet betrokken, omdat toen alleen de top van deze natuurbrug is gemonitord. Voor Natuurbrug Hoorneboeg zijn de meetjaren 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken.

Analyse verspreiding in dwarsrichting
In de tweede analyse is de spreiding van de waarnemingen van adulten, subadulten en juvenielen over de dwarsrichting van de natuurbrug onderzocht. Hiervoor is de procentuele verdeling van de waarnemingen over de transecten berekend. Dit is voor de top en iedere toeloop van beide natuurbruggen afzonderlijk gedaan, omdat er soms verschillen zijn in het aantal inventarisaties dat op deze plekken is uitgevoerd (Bijlage 5). In een eerste stap zijn voor de betreffende top of toeloop per soort en per transect alle waarnemingen gesommeerd. Vervolgens is de procentuele verdeling per soort en per transect bepaald door deze sommaties te delen door het totale aantal waarnemingen van alle soorten samen op de betreffende top of toeloop. Voor de top van Natuurbrug Zwaluwenberg zijn alle meetjaren in de analyse betrokken. Voor de toelopen van deze natuurbrug zijn de meetjaren 2015, 2016, 2017, 2018 en 2020 gebruikt. In 2014 lagen er immers nog geen transecten op de toelopen. Voor Natuurbrug Hoorneboeg – zowel top als toelopen – zijn de meetjaren 2017, 2018 en 2020 in de analyse betrokken.

10.5.3.5 Toetsing functionaliteit natuurverbinding
De functionaliteit van de natuurverbinding voor amfibieën is getoetst met behulp van het ontwikkelde toetsingskader (zie Paragraaf 10.4). Dit betekent dat per soort is onderzocht of drie jaar na opening van de natuurverbinding de abundantie van de soort in de natuurverbinding minimaal overeenkomt met die in voor de soort geschikte natuurtypen in de brongebieden. Deze toetsing is gedaan door, per soort, het gemiddelde aantal waarnemingen van adulten, subadulten en juvenielen per inventarisatie (alle transecten samen) op Natuurbrug Zwaluwenberg te vergelijken met die in een aantal referentiegebieden. Dit is gedaan voor de meetjaren 2014, 2017 en 2020. Hierbij zijn vier referentiegebieden onderscheiden: 'Omgeving', 'Heide', 'Bos' en 'Bermen A27' (zie ook Paragraaf 7.5.5.7). Voor Natuurbrug Hoorneboeg is dezelfde werkwijze gevolgd, maar dan voor de meetjaren 2017 en 2020. Een two-sample t-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil statistisch significant ($p \leq 0,05$) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat in een meetjaar het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie op de natuurbrug en in de omgeving niet verschilt.

10.5.4 Analyse gegevens inventarisaties poelen

Per poel is de soortensamenstelling in beeld gebracht en het verloop van de activiteit in de tijd. Hiervoor zijn acht tijdsperioden onderscheiden, steeds de eerste en tweede helft van de maanden waarin de inventarisaties zijn uitgevoerd (april-juli). Voor eieren en larven is per soort en per tijdsperiode het maximumaantal waarnemingen bepaald dat tijdens de inventarisaties in de betreffende periode is gedaan. Voor adulten, subadulten en juvenielen zijn per soort en per tijdsperiode de waarnemingen gesommeerd die tijdens de inventarisaties in de betreffende periode zijn gedaan.

10.5.5 Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor amfibieën

Aanbevelingen voor het optimaliseren van de inrichting en het beheer van de natuurverbinding voor amfibieën zijn geïdentificeerd op basis van de analyses van de aantallen en de ruimtelijke spreiding van deze dieren over de natuurbruggen en observaties die tijdens het onderzoek in het veld zijn gedaan.

10.6 Resultaten

10.6.1 Natuurbrug Zwaluwenberg

10.6.1.1 Soorten
Er zijn vijf soorten amfibieën aangetroffen op Natuurbrug Zwaluwenberg: bruine kikker (*Rana temporaria*), groene kikker (*Pelophylax esculentus synklepton*), kleine watersalamander (*Lissotriton vulgaris*), alpenwatersalamander (*Ichthyosaura alpestris*) en gewone pad (*Bufo bufo*) (Figuur 10.5). De meeste waargenomen groene kikkers zijn niet op soort gedetermineerd. In twee gevallen is dat wel gebeurd; in beide gevallen betrof het een middelste groene kikker (*Pelophylax klepton esculentus*).

Figuur 10.5 *De op Natuurbrug Zwaluwenberg aangetroffen soorten amfibieën: gewone pad (1), bruine kikker (2), groene kikker (3), kleine watersalamander (4) en alpenwatersalamander (5).*
© Foto's: F. Ottburg (foto 1-4), R. Snep (foto 5).

10.6.1.2 Aantallen

Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn over de hele onderzoeksperiode 2.886 waarnemingen van adulte, subadulte en juveniele amfibieën gedaan (Tabel 10.1). Dit betreffen zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten en poelen zijn gedaan als incidentele waarnemingen. Gewone pad is het meest gezien; 67% van alle waarnemingen betrof deze soort. Bruine kikker (22%) en groene kikker (8%) zijn ook regelmatig waargenomen. Van de kleine watersalamander zijn relatief weinig waarnemingen gedaan (3%). De alpenwatersalamander was een zeldzaamheid en is slechts tweemaal waargenomen. Daarnaast zijn in de poelen eisnoeren van gewone pad, eiklompen van bruine kikkers en eieren van kleine watersalamanders aangetroffen (Tabel 10.1). Tevens is een groot aantal waarnemingen gedaan van larven van gewone pad en bruine kikker.

Tabel 10.1 *Het aantal waarnemingen van amfibieën per meetjaar op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten en poelen zijn gedaan als incidentele waarnemingen.*

Soort	2014	2015	2016	2017	2018	2020	Totaal
Adult, subadult, juveniel							
Gewone pad	9	11	458	63	1.401	2	1.944
Bruine kikker	10	3	19	23	335	245	635
Groene kikker	0	0	2	10	144	70	226
Kleine watersalamander	7	2	6	6	58	0	79
Alpenwatersalamander	0	0	2	0	0	0	2
Totaal	*26*	*16*	*487*	*102*	*1.938*	*317*	*2.886*
Larve							
Gewone pad	363	0	0	200	193.114	180	193.857
Bruine kikker	0	0	0	216	591.270	841	592.327
Groene kikker	0	0	0	0	0	0	0
Kleine watersalamander	0	0	0	0	0	0	0
Alpenwatersalamander	0	0	0	0	0	0	0
Totaal	*363*	*0*	*0*	*416*	*784.384*	*1.021*	*786.184*
Eisnoer, eiklomp, ei							
Gewone pad	0	0	0	0	70	0	70
Bruine kikker	0	0	0	51	1.378	0	1.429
Groene kikker	0	0	0	0	0	0	0
Kleine watersalamander	0	0	0	35	0	0	35
Alpenwatersalamander	0	0	0	0	0	0	0
Totaal	*0*	*0*	*0*	*86*	*1.448*	*0*	*1.534*

Alle soorten zijn zowel op de top van Natuurbrug Zwaluwenberg gezien als op de drie toelopen (Tabel 10.2; Figuur 10.6). De waarnemingen van adulten, subadulten en juvenielen op de top vormden 12% van alle op deze natuurbrug gedane registraties. Op de toelopen Oost, West en Noord zijn respectievelijk 10, 72 en 5% van de waarnemingen binnen deze leeftijdscategorieën gedaan. Alle poelen zijn door gewone pad en bruine kikker gebruikt als voortplantingswater, zoals blijkt uit de waarnemingen van larven en/of eisnoeren/eiklompen. De poel op de westelijke toeloop is ook door de kleine watersalamander als voortplantingswater gebruikt. Er zijn geen aanwijzingen gevonden van voortplanting op de natuurbrug door groene kikker en alpenwatersalamander.

De meeste waarnemingen van adulten, subadulten en juvenielen (96%) betreffen zichtwaarnemingen (Tabel 10.3). Een klein aantal dieren is gevangen (4%). De andere typen waarnemingen – gehoord en dood gevonden – vormen circa 0,5% van de registraties van deze leeftijdscategorieën. Waarnemingen van larven betreffen voor meer dan 99% zichtwaarnemingen. Datzelfde geldt voor de waarnemingen van eisnoeren, eiklompen en eieren.

Figuur 10.6 *(1) De eerste amfibie die op Natuurbrug Zwaluwenberg is waargenomen, een subadulte bruine kikker (april 2014); (2) een juveniele gewone pad boven op een van de schuilplekken op de top van de natuurbrug (juli 2016); (3) enkele juveniele padden, samen onder een schuilplek (augustus 2016); (4) een adulte bruine kikker onder een schuilplek op de westelijke toeloop (augustus 2016); (5) een juveniele kleine watersalamander onder een schuilplek op de top van de natuurbrug (september 2016); (6) een juveniele gewone pad en juveniele kleine watersalamander, samen onder een schuilplek op de top van de natuurbrug (september 2016); (7) een adulte bruine kikker naast de stobbenwal (april 2017); (8) eiklompen van de bruine kikker in de poel op de oostelijke toeloop (april 2018). © Foto's: E. Gazzea (foto 2, 3, 4, 5 en 6), B.J. van Norel (foto 8), E. van der Grift (foto 1 en 7).*

Tabel 10.2 *Het aantal waarnemingen van amfibieën per plek op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten en poelen zijn gedaan als incidentele waarnemingen.*

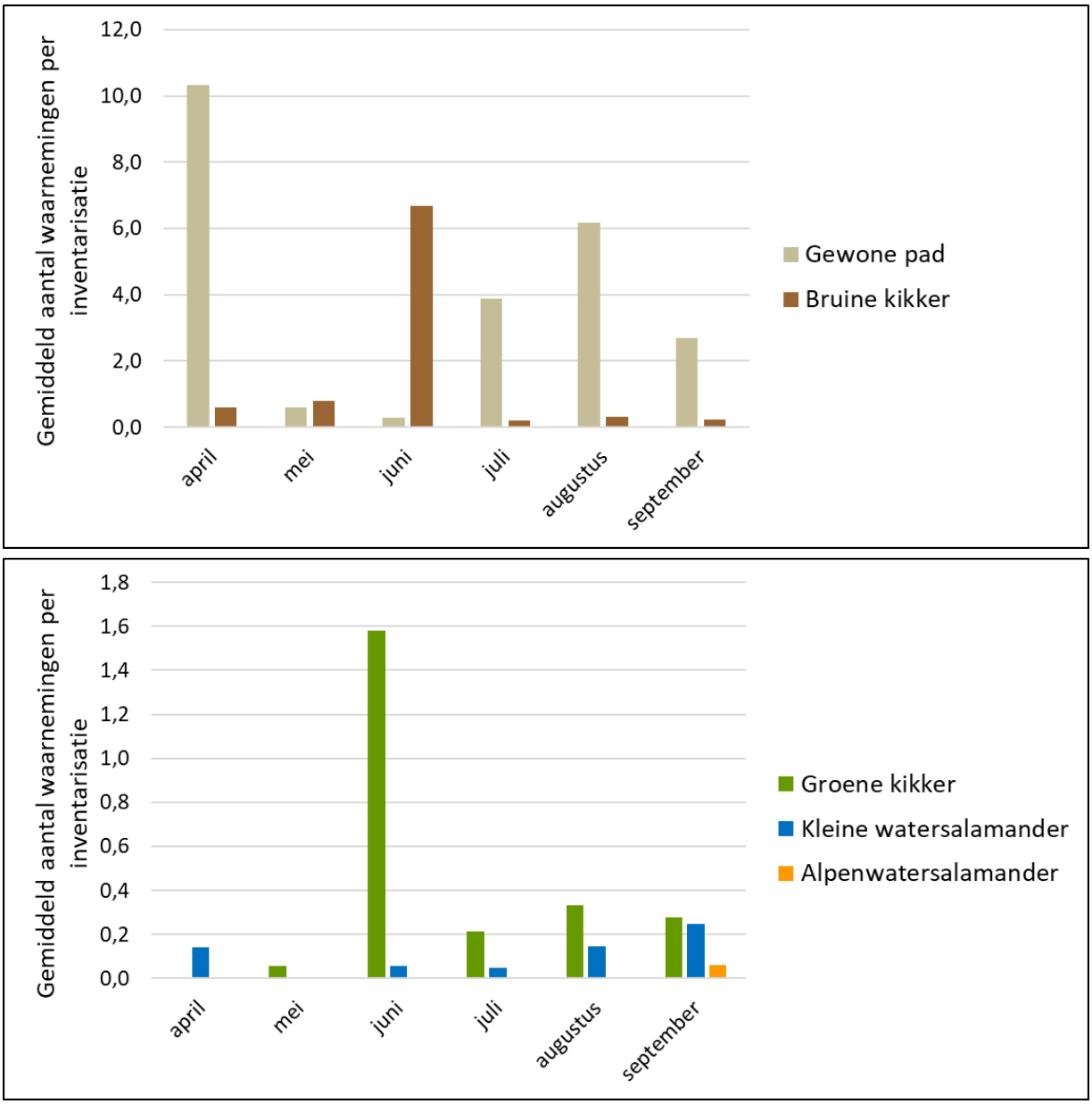
Soort	Top	Toeloop Oost	Toeloop West	Toeloop Noord	Totaal
Adult, subadult, juveniel					
Gewone pad	307	107	1.390	140	1.944
Bruine kikker	34	119	476	6	635
Groene kikker	2	60	164	0	226
Kleine watersalamander	13	5	59	2	79
Alpenwatersalamander	0	0	2	0	2
Totaal	*356*	*291*	*2.091*	*148*	*2.886*
Larve					
Gewone pad	4.819	4.210	184.828	-	193.857
Bruine kikker	430	511.781	80.116	-	592.327
Groene kikker	0	0	0	-	0
Kleine watersalamander	0	0	0	-	0
Alpenwatersalamander	0	0	0	-	0
Totaal	*5.249*	*515.991*	*264.944*	*-*	*786.184*
Eisnoer, eiklomp, ei					
Gewone pad	0	0	70	-	70
Bruine kikker	5	1.253	171	-	1.429
Groene kikker	0	0	0	-	0
Kleine watersalamander	0	0	35	-	35
Alpenwatersalamander	0	0	0	-	0
Totaal	*5*	*1.253*	*276*	*-*	*1.534*

Tabel 10.3 *Het aantal waarnemingen van amfibieën per type waarneming op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten en poelen zijn gedaan als incidentele waarnemingen.*

Type waarneming	Gewone pad	Bruine kikker	Groene kikker	Kleine water-salamander	Alpenwater-salamander	Totaal
Adult, subadult, juveniel						
Gevangen	71	22	6	9	0	108
Zichtwaarneming	1.862	612	218	70	2	2.764
Gehoord	0	0	2	0	0	2
Dood gevonden	11	1	0	0	0	12
Totaal	*1.944*	*635*	*226*	*79*	*2*	*2.886*
Larve						
Gevangen	5.200	500	0	0	0	5.700
Zichtwaarneming	188.657	591.827	0	0	0	780.484
Totaal	*193.857*	*592.327*	*0*	*0*	*0*	*786.184*
Eisnoer, eiklomp, ei						
Gevangen	0	0	0	10	0	10
Zichtwaarneming	70	1.429	0	25	0	1.524
Totaal	*70*	*1.479*	*0*	*35*	*0*	*1.534*

10.6.1.3 Verdeling waarnemingen over de meetperiode

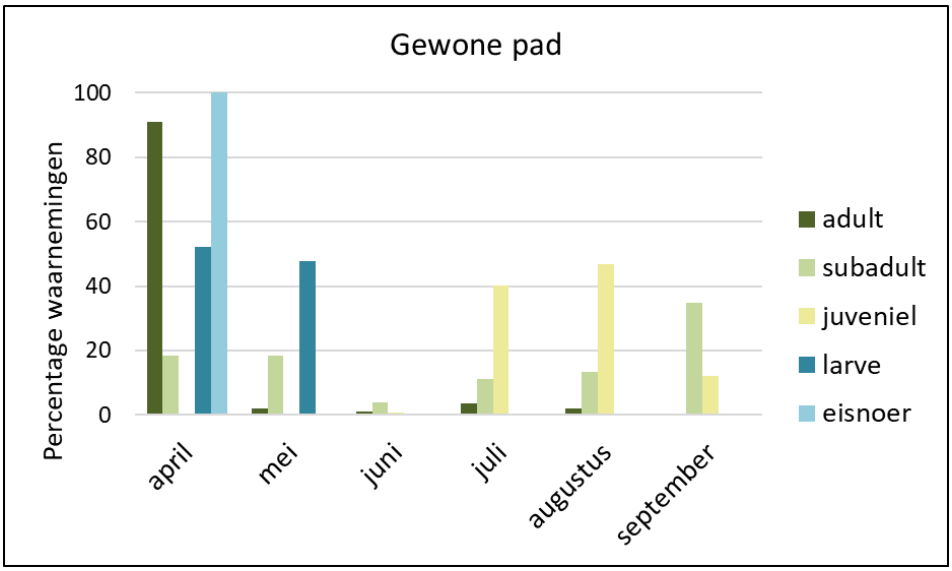
Voor alle soorten geldt dat de waarnemingen niet gelijkmatig zijn gedaan over de maanden in de meetperiode (Figuur 10.7). De gewone pad is gemiddeld vijf tot zes keer waargenomen per inventarisatie. Deze soort is het meest waargenomen in april, dus tijdens de laatste weken van de voortplantingsperiode. Daarnaast is de soort frequent gezien in de maanden juli-augustus, de periode dat de meeste juvenielen op het land verschijnen. De bruine kikker is gemiddeld een tot twee keer waargenomen per inventarisatie. Deze soort is het meest waargenomen in juni, wanneer de juvenielen op het land verschijnen. De groene kikker is gemiddeld eenmaal per drie inventarisaties gezien. Wat betreft de verdeling over het jaar laat de soort een vergelijkbaar beeld zien met dat van de bruine kikker, met eveneens een piek in het aantal waarnemingen in juni. De kleine watersalamander is gemiddeld eenmaal per acht inventarisaties gezien. Deze soort is in alle maanden, behalve mei, in min of meer vergelijkbare aantallen aangetroffen. De alpenwatersalamander is slechts tweemaal gezien; gemiddeld eenmaal per 60 inventarisaties. Beide waarnemingen zijn in september gedaan. Het betrof waarschijnlijk tweemaal hetzelfde individu: de waarnemingen zijn in twee opeenvolgende inventarisaties gedaan onder dezelfde schuilplek.

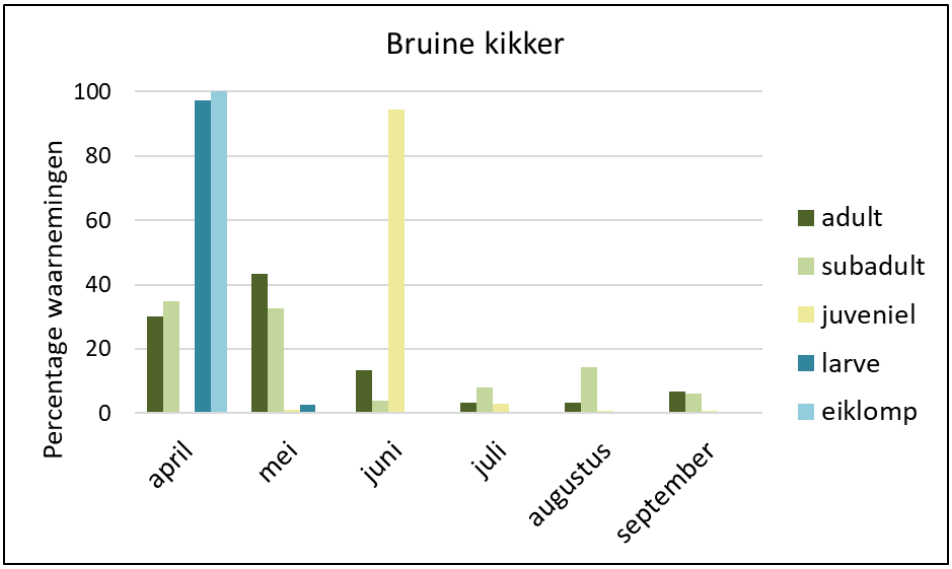


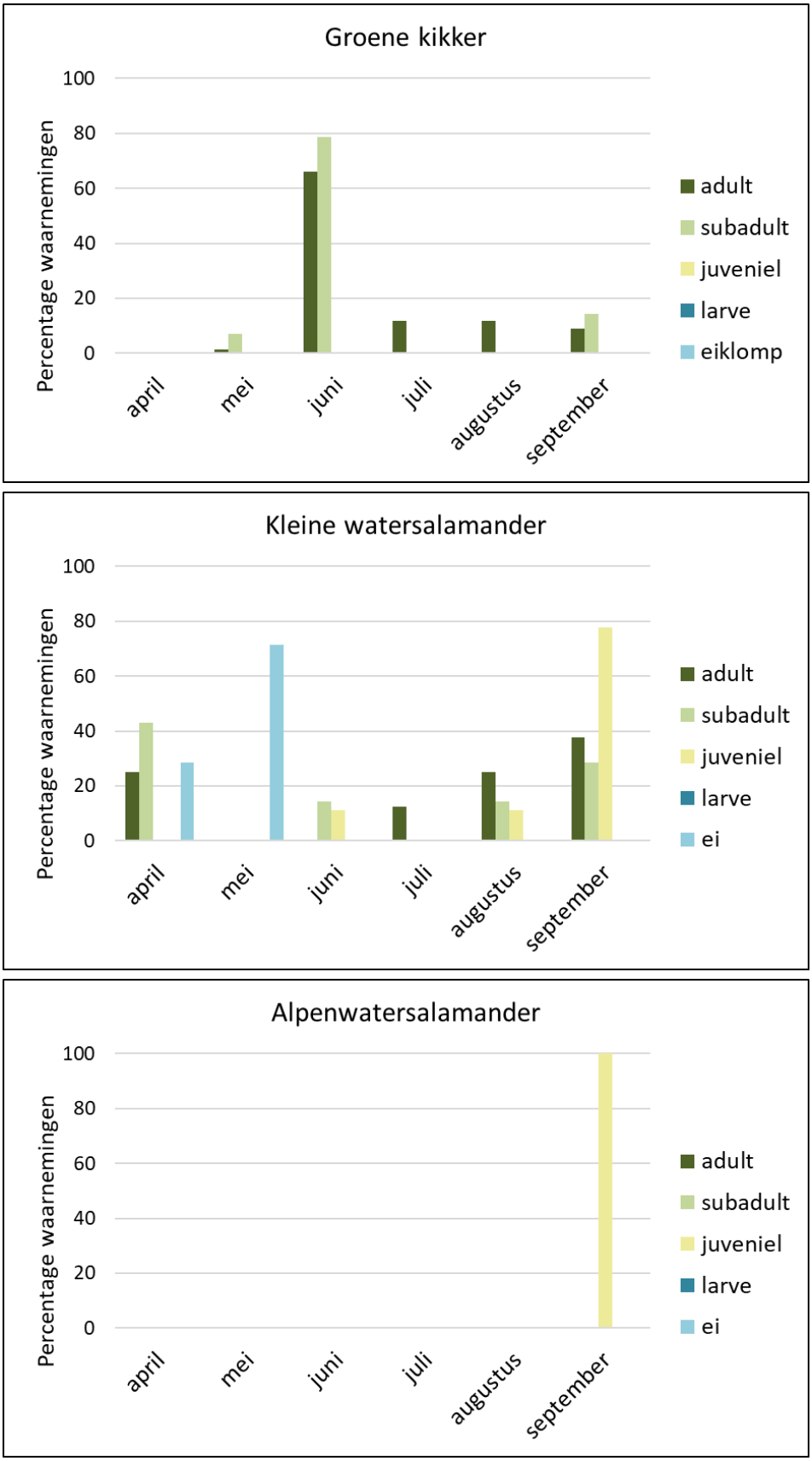
Figuur 10.7 *Per soort het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie en per maand over de meetjaren 2015, 2016, 2017, 2018 en 2020 op Natuurbrug Zwaluwenberg (top en toelopen). Het betreft alleen waarnemingen van adulten, subadulten en juvenielen die tijdens de inventarisaties van de transecten zijn gedaan. Aantal waarnemingen waarop de gemiddelden zijn gebaseerd: gewone pad 913; bruine kikker 315; groene kikker 82; kleine watersalamander 17; alpenwatersalamander 2.*

10.6.1.4 Procentuele verdeling waarnemingen over de meetperiode per leeftijdscategorie

Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn van de gewone pad alle leeftijdscategorieën waargenomen (Figuur 10.8). Eisnoeren zijn alleen gezien in april, larven zijn waargenomen in april en mei. Adulten zijn in alle maanden gezien, maar vooral in april tijdens de voortplantingsperiode. Subadulten zijn eveneens in alle maanden aangetroffen, maar vertonen geen duidelijke piek. De eerste juvenielen zijn in juni waargenomen, maar dan nog in zeer lage aantallen. In juli en augustus is er een piek in het aantal waarnemingen van juvenielen. In september neemt het aantal waarnemingen van juvenielen weer af. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn van de bruine kikker alle leeftijdscategorieën waargenomen (Figuur 10.8). Eiklompen zijn alleen gezien in april, larven zijn vooral waargenomen in april en in veel mindere mate in mei. Adulten zijn in alle maanden gezien, maar vooral in april en mei. Subadulten zijn eveneens in alle maanden aangetroffen. Ook van deze leeftijdscategorie zijn de meeste waarnemingen in april en mei gedaan. De eerste juvenielen zijn eind mei waargenomen, maar de piek in het aantal waarnemingen van deze leeftijdscategorie ligt in juni. Juvenielen zijn ook gezien in juli, augustus en september, maar hun aantal is dan laag. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn van de groene kikker alleen adulten en subadulten waargenomen (Figuur 10.8). Adulten zijn van mei tot september gezien, maar het merendeel van de waarnemingen is in juni gedaan. Subadulten zijn in mei, juni en september aangetroffen. Ook voor deze leeftijdscategorie geldt dat de meeste waarnemingen in juni zijn gedaan. Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn van de kleine watersalamander eieren, juvenielen en (sub)adulten waargenomen (Figuur 10.8). Eieren zijn gezien in april en mei. Adulten zijn gezien in april en in de maanden juli, augustus en september. Subadulten zijn gezien in april, juni, augustus en september. Er is geen sprake van een duidelijke piek in het aantal waarnemingen van (sub)adulten. Van de alpenwatersalamander zijn alleen juvenielen waargenomen, in september (Figuur 10.8).



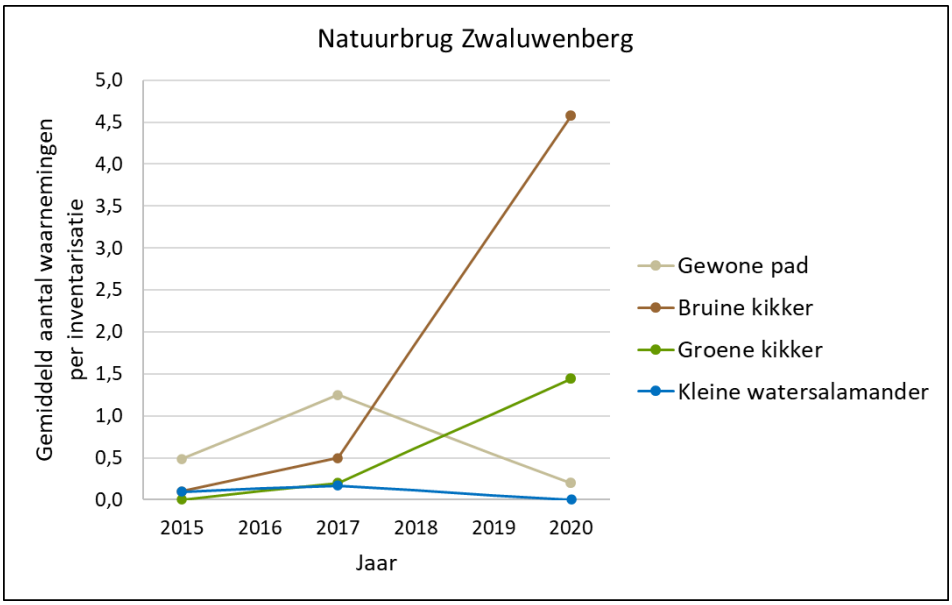




Figuur 10.8 *Per soort de procentuele verdeling van de waarnemingen per leeftijdscategorie over de maanden in de meetperiode op Natuurbrug Zwaluwenberg. Het betreft alleen waarnemingen die tijdens de inventarisaties van transecten zijn gedaan.*

10.6.1.5 Trend in aantallen over de jaren

Op Natuurbrug Zwaluwenberg is voor alle soorten een toename te zien in het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie tussen 2015 en 2017 (Figuur 10.9; Tabel 10.4). Voor bruine kikker en groene kikker zet deze toename door tussen 2017 en 2020. Voor gewone pad en kleine watersalamander neemt het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie dan weer af. Over alle meetjaren stijgt het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie jaarlijks met circa 0,9 voor bruine kikker en circa 0,3 voor groene kikker. Over alle meetjaren daalt dit aantal jaarlijks met circa 0,08 en 0,02 waarnemingen voor respectievelijk gewone pad en kleine watersalamander. Voor alle soorten geldt dat er geen sprake is van een statistisch significante trend.



Figuur 10.9 *Per soort de trend in het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie op Natuurbrug Zwaluwenberg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in 2015, 2017 en 2020. De alpenwatersalamander is niet opgenomen, omdat deze soort niet is gezien in deze meetjaren. De trendanalyse is gebaseerd op 76, 271, 80 en 8 waarnemingen van respectievelijk gewone pad, bruine kikker, groene kikker en kleine watersalamander.*

Tabel 10.4 *Per soort de gemiddelde verandering in het aantal waarnemingen per inventarisatie per jaar (M) op Natuurbrug Zwaluwenberg, berekend over de jaren 2015, 2017 en 2020. Tevens de uitkomsten van de lineaire regressie om vast te stellen of er sprake is van een significante trend (aangeduid met een *) en de kwalificatie van een eventuele trend.*

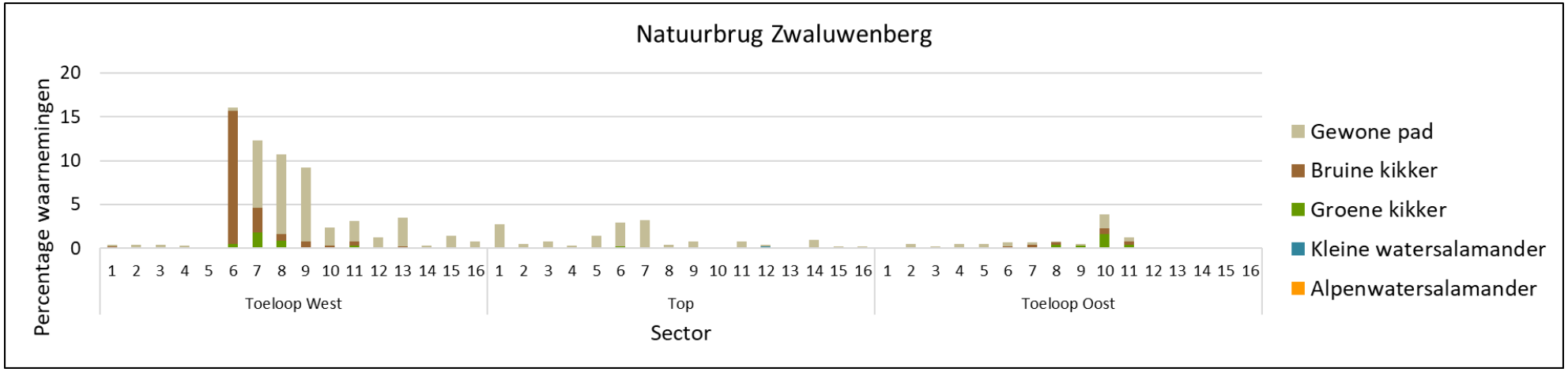
Soort	M	R^2	t	df	P	Kwalificatie trend
Gewone pad	-0,08	0,1613	-0,41	2	0,752	n.v.t.
Bruine kikker	0,93	0,9113	2,93	2	0,209	n.v.t.
Groene kikker	0,30	0,9354	3,48	2	0,178	n.v.t.
Kleine watersalamander	-0,02	0,4896	-0,9	2	0,534	n.v.t.
Alpenwatersalamander	-	-	-	-	-	-

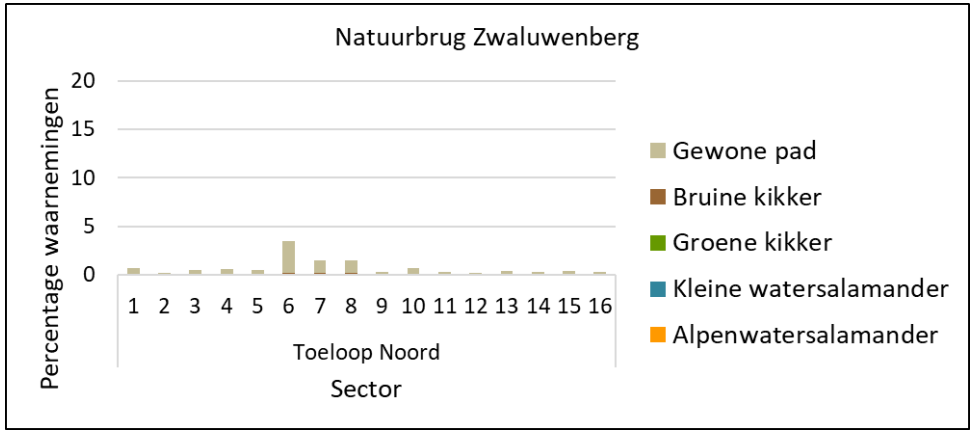
10.6.1.6 Verspreiding over de natuurbrug

Amfibieën zijn in bijna alle sectoren – 61 van de 64 – van Natuurbrug Zwaluwenberg geregistreerd (Figuur 10.10). Alleen in drie sectoren op de oostelijke toeloop zijn geen waarnemingen gedaan. Gewone pad is in 91% van alle sectoren aangetroffen, bruine kikker in 47%, groene kikker in 16%, kleine watersalamander in 19% en alpenwatersalamander in 2% (1 sector). De percentages in de sectoren waar amfibieën zijn gezien, variëren van <1% tot 16% van de waarnemingen. Op de westelijke toeloop zijn de meeste waarnemingen gedaan, vooral in de sectoren 6-9 nabij de hier gelegen poel. Hier is bijna 50% van alle waarnemingen gedaan. Ook op de top (sector 6-8) en oostelijke toeloop (sector 9-11) van de natuurbrug

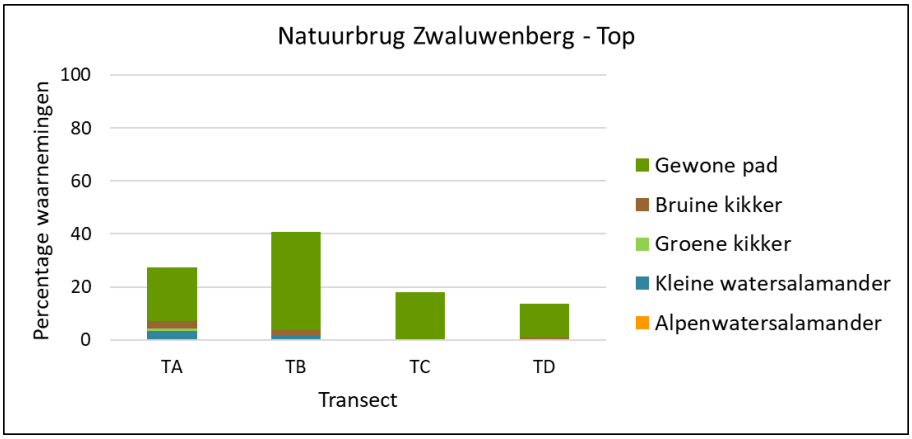
zijn de meeste waarnemingen nabij de poelen gedaan – respectievelijk 7% en 6% van alle waarnemingen –, hoewel aanmerkelijk minder dan op de westelijke toeloop.

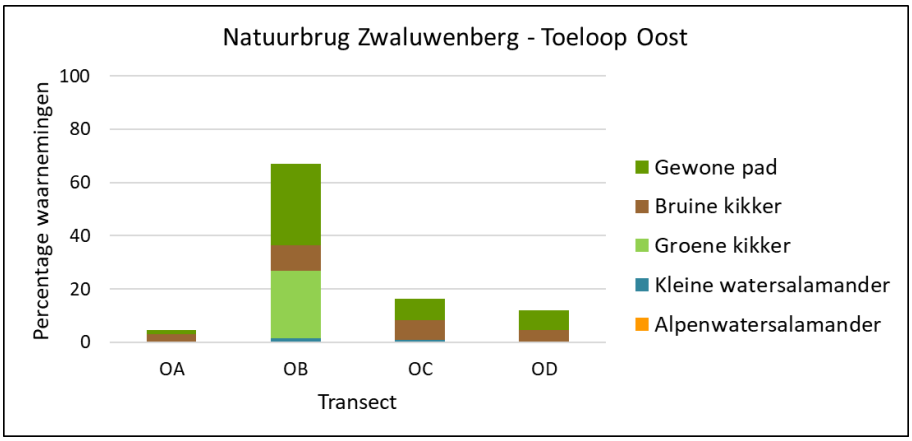
Op zowel de top als de toelopen van de natuurbrug zijn in alle transecten amfibieën waargenomen (Figuur 10.11). Op de top zijn de meeste waarnemingen gedaan in transect TA en TB. Dit zijn de transecten die de op de top gelegen poel aan weerszijden passeren. Ook op de oostelijke en westelijke toeloop zijn het de transecten die langs de poel liggen – respectievelijk OB en WB – waar de meeste waarnemingen zijn gedaan. De waarnemingen buiten deze twee transecten betreffen bijna uitsluitend gewone pad en bruine kikker. Op de noordelijke toeloop is er weinig verschil tussen de transecten wat betreft het aantal waarnemingen.

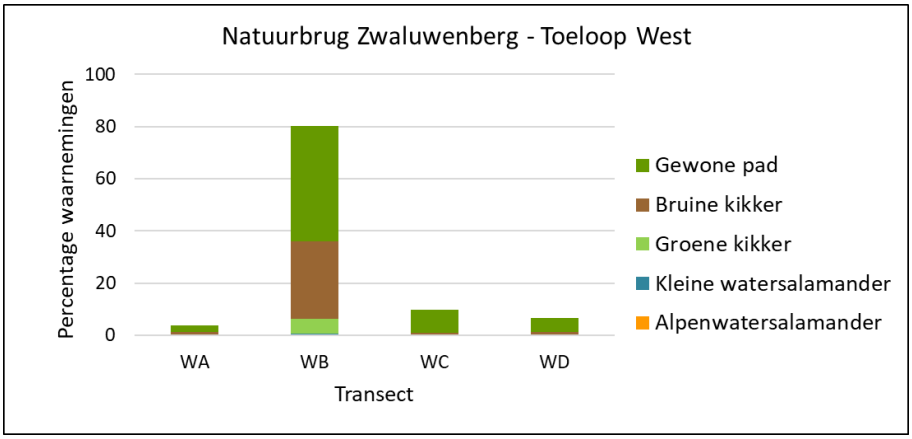


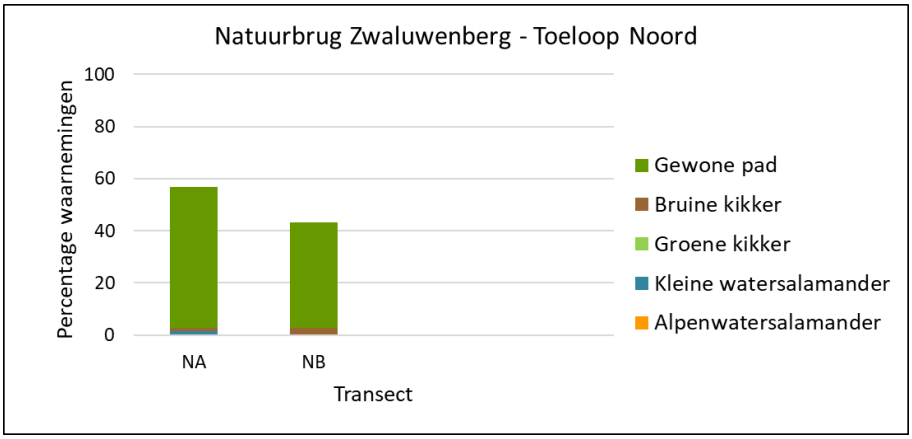


Figuur 10.10 *De procentuele verdeling van de waarnemingen van gewone pad (n=913), bruine kikker (n=315), groene kikker (n=82), kleine watersalamander (n=17) en alpenwatersalamander (n=2) over de sectoren op Natuurbrug Zwaluwenberg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in de periode 2015-2020.*









Figuur 10.11 *Per deelgebied de procentuele verdeling van de waarnemingen van gewone pad (n=922), bruine kikker (n=325), groene kikker (n=82), kleine watersalamander (n=24) en alpenwatersalamander (n=2) over de transecten op Natuurbrug Zwaluwenberg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in de periode 2014-2020.*

10.6.1.7 Bevindingen inventarisaties poelen

In alle poelen op Natuurbrug Zwaluwenberg is voortplanting van gewone pad en bruine kikker waargenomen. Groene kikker en kleine watersalamander zijn alleen in de poelen op beide toelopen gezien. Van deze soorten zijn echter geen eieren, larven en/of juvenielen aangetroffen.

Poel op de oostelijke toeloop

In de poel op de oostelijke toeloop zijn begin april adulten van de gewone pad en bruine kikker waargenomen (Tabel 10.5). Eisnoeren zijn tijdens de inventarisaties niet gezien, maar vanaf begin mei verschenen er wel larven van de gewone pad tot een maximum van 3.000 in de tweede helft van mei. In die periode is ook een juveniel gezien. Vanaf juni zijn er geen larven of padden meer in de poel gesignaleerd. In de eerste helft van april zijn er 200 eiklompen geteld van de bruine kikker. In de tweede helft van april verschenen de larven. Naar schatting waren dit er 40.000. Larven zijn gezien tot begin juni, maar in afnemende aantallen. In juni verschenen vervolgens de eerste juveniele dieren in de poel. De laatste juvenielen zijn gezien in de eerste helft van juli. Groene kikkers, subadulten en adulten, verschijnen in beperkte aantallen vanaf de tweede helft van mei in de poel. Er zijn slechts twee kleine watersalamanders gezien, een subadult en een adult, beide in de maand mei.

Tabel 10.5 *Activiteit van amfibieën in de poel op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. Per soort en per tijdsperiode het maximumaantal waarnemingen dat tijdens de inventarisaties in de betreffende periode is gedaan voor de leeftijdscategorieën ei en larve en de sommaties van alle waarnemingen die in de betreffende periode zijn gedaan voor de leeftijdscategorieën adult, subadult en juveniel. Tussen haakjes het aantal inventarisaties dat in de periode is uitgevoerd.*

	April		Mei		Juni		Juli	
Soort	**1-15** (5)	**16-30** (5)	**1-15** (6)	**16-31** (6)	**1-5** (6)	**16-30** (5)	**1-15** (4)	**16-31** (3)
Gewone pad								
Eisnoer	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	0	1.000	3.000	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	1	0	0	0	0
Subadult	0	0	0	0	0	0	0	0
Adult	42	0	0	0	0	0	0	0
Bruine kikker								
Eiklomp	200	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	40.000	35.000	5.000	20	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	11	28	3	0
Subadult	0	0	5	12	0	0	0	0
Adult	20	1	3	3	0	0	0	0
Groene kikker								
Eiklomp	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	0	0	0	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	0	0	0	0
Subadult	0	0	0	1	1	0	1	0
Adult	0	0	0	3	7	4	6	3
Kleine watersalamander								
Ei	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	0	0	0	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	0	0	0	0
Subadult	0	0	1	0	0	0	0	0
Adult	0	0	0	1	0	0	0	0

Poel op de top van de natuurbrug

In de poel op de top van de natuurbrug zijn begin april adulten van de gewone pad waargenomen (Tabel 10.6). Eisnoeren zijn tijdens de inventarisaties niet gezien, maar vanaf de tweede helft van april verschenen er wel larven van deze soort tot een maximum van 1.500 in de eerste helft van mei. Begin juni

zijn er enkele juvenielen gezien. In juli zijn er geen larven of padden meer in de poel gesignaleerd. In de tweede helft van april is er een klein aantal adulten van de bruine kikker gezien. In dezelfde periode zijn er vijf eiklompen geteld van deze soort. Larven zijn niet gezien, maar in de tweede helft van juni zijn wel juveniele bruine kikkers aangetroffen. In juli zijn er geen bruine kikkers meer in de poel gesignaleerd.

Tabel 10.6 *Activiteit van amfibieën in de poel op de top van Natuurbrug Zwaluwenberg. Per soort en per tijdsperiode het maximumaantal waarnemingen dat tijdens de inventarisaties in de betreffende periode is gedaan voor de leeftijdscategorieën ei en larve en de sommaties van alle waarnemingen die in de betreffende periode zijn gedaan voor de leeftijdscategorieën adult, subadult en juveniel. Tussen haakjes het aantal inventarisaties dat in de periode is uitgevoerd.*

	April		**Mei**		**Juni**		**Juli**	
Soort	**1-15** (5)	**16-30** (5)	**1-15** (6)	**16-31** (6)	**1-5** (6)	**16-30** (5)	**1-15** (4)	**16-31** (3)
Gewone pad								
Eisnoer	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	1.000	1.500	25	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	2	1	0	0
Subadult	0	0	0	0	0	0	0	0
Adult	92	0	0	0	0	1	0	0
Bruine kikker								
Eiklomp	0	5	0	0	0	0	0	0
Larve	0	0	0	0	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	0	11	0	0
Subadult	0	0	2	2	0	0	0	0
Adult	0	5	0	0	0	0	0	0

Poel op de westelijke toeloop

In de poel op de westelijke toeloop zijn begin april geen adulten van de gewone pad waargenomen, maar wel 50 eisnoeren (Tabel 10.7). Vanaf de tweede helft van april tot in juli zijn er larven gezien. Het maximumaantal larven is geschat op 30.000. Juvenielen verschenen massaal in de eerste helft van juli. Eind juli hadden deze nagenoeg allemaal de poel verlaten. In de eerste helft van april zijn er 60 eiklompen geteld van de bruine kikker. In dezelfde periode verschenen de eerste larven. Naar schatting waren dit er maximaal 30.000, in de tweede helft van april. Vanaf de tweede helft van mei zijn er van de bruine kikker geen larven meer gezien. In juni verschenen de eerste juveniele dieren in de poel, waar ze tot eind juli zijn waargenomen. Adulten en subadulten zijn in lage aantallen gezien tot begin juni. Groene kikkers, subadulten en adulten, verschijnen vanaf de tweede helft van april in de poel. Het betreft enkele tientallen dieren. Van de kleine watersalamander zijn alleen adulten aangetroffen en dan vooral in de eerste helft van april.

Tabel 10.7 *Activiteit van amfibieën in de poel op de westelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. Per soort en per tijdsperiode het maximumaantal waarnemingen dat tijdens de inventarisaties in de betreffende periode is gedaan voor de leeftijdscategorieën ei en larve en de sommaties van alle waarnemingen die in de betreffende periode zijn gedaan voor de leeftijdscategorieën adult, subadult en juveniel. Tussen haakjes het aantal inventarisaties dat in de periode is uitgevoerd.*

	April		Mei		Juni		Juli	
Soort	**1-15** (5)	**16-30** (5)	**1-15** (6)	**16-31** (6)	**1-5** (6)	**16-30** (5)	**1-15** (4)	**16-31** (3)
Gewone pad								
Eisnoer	50	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	30.000	20.000	6.000	1.000	200	30	10
Juveniel	0	0	0	0	500	50	1	0
Subadult	0	0	0	0	0	0	0	0
Adult	0	0	0	2	0	2	0	0
Bruine kikker								
Eiklomp	60	0	0	0	0	0	0	0
Larve	10.000	30.000	50	0	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	107	11	10	27
Subadult	0	5	11	10	0	0	0	0
Adult	0	11	4	6	2	0	0	0
Groene kikker								
Eiklomp	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	0	0	0	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	0	0	0	0
Subadult	0	0	0	2	4	0	0	0
Adult	0	2	6	11	21	23	29	20
Kleine watersalamander								
Ei	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	0	0	0	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	0	0	0	0
Subadult	0	0	0	0	0	0	0	0
Adult	50	2	0	0	1	0	0	0

10.6.2 Natuurbrug Hoorneboeg

10.6.2.1 Soorten

Er zijn vijf soorten amfibieën aangetroffen op Natuurbrug Hoorneboeg: gewone pad, bruine kikker, groene kikker, kleine watersalamander en alpenwatersalamander. De waargenomen groene kikkers zijn niet op soort gedetermineerd. In één geval is dat wel gebeurd en betrof het een middelste groene kikker.

10.6.2.2 Aantallen

Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn over de hele onderzoeksperiode bijna 33.000 waarnemingen van adulte, subadulte en juveniele amfibieën gedaan (Tabel 10.8). Dit betreffen zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten en poelen zijn gedaan als incidentele waarnemingen. Gewone pad is het meest gezien: 71% van alle waarnemingen betrof deze soort. De bruine kikker is ook regelmatig waargenomen: bijna 29% van alle waarnemingen betrof deze soort. Van de groene kikker, kleine watersalamander en alpenwatersalamander zijn relatief weinig waarnemingen gedaan; samen vormen ze circa 0,3% van alle waarnemingen aan (sub)adulten en juvenielen.

In de poelen is een beperkt aantal eisnoeren van de gewone pad gezien en ruim honderd eiklompen van de bruine kikker. Eieren van groene kikkers en de salamanders zijn niet aangetroffen (Tabel 10.8). Van alle soorten zijn larven gezien, maar alleen van gewone pad en bruine kikker in grote aantallen.

Tabel 10.8 *Het aantal waarnemingen van amfibieën per meetjaar op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten en poelen zijn gedaan als incidentele waarnemingen.*

Soort	2017	2018	2020	Totaal
Adult, subadult, juveniel				
Gewone pad	155	23.150	17	23.322
Bruine kikker	23	9.226	160	9.409
Groene kikker	1	36	0	37
Kleine watersalamander	15	31	1	47
Alpenwatersalamander	0	18	0	18
Totaal	*194*	*32.461*	*178*	*32.833*
Larve				
Gewone pad	50	197.500	0	197.550
Bruine kikker	0	112.612	530	113.142
Groene kikker	0	25	0	25
Kleine watersalamander	0	36	0	36
Alpenwatersalamander	0	12	0	12
Totaal	*50*	*310.185*	*530*	*310.765*
Eisnoer, eiklomp, ei				
Gewone pad	0	8	0	8
Bruine kikker	0	123	0	123
Groene kikker	0	0	0	0
Kleine watersalamander	0	0	0	0
Alpenwatersalamander	0	0	0	0
Totaal	*0*	*131*	*0*	*131*

Alle soorten zijn zowel op de top van Natuurbrug Hoorneboeg gezien als op de drie toelopen (Tabel 10.9). De waarnemingen van adulten, subadulten en juvenielen op de top vormden 2% van alle op deze natuurbrug gedane registraties. Op de toelopen Oost en West zijn respectievelijk 28 en 70% van de waarnemingen binnen deze leeftijdscategorieën gedaan. Beide poelen op de toelopen zijn door gewone pad en bruine kikker gebruikt als voortplantingswater, zoals blijkt uit de waarnemingen van larven en eisnoeren/eiklompen. De poel op de westelijke toeloop is ook door de groene kikker, kleine watersalamander en alpenwatersalamander als voortplantingswater gebruikt.

Tabel 10.9 *Het aantal waarnemingen van amfibieën per plek op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten en poelen zijn gedaan als incidentele waarnemingen.*

Soort	Top	Toeloop Oost	Toeloop West	Totaal
Adult, subadult, juveniel				
Gewone pad	730	1.889	20.703	23.322
Bruine kikker	45	7.328	2.036	9.409
Groene kikker	1	0	36	37
Kleine watersalamander	1	14	32	47
Alpenwatersalamander	3	0	15	18
Totaal	*780*	*9.231*	*22.822*	*32.833*
Larve				
Gewone pad	0	6.200	191.350	197.550
Bruine kikker	0	76.282	36.860	113.142
Groene kikker	0	0	25	25
Kleine watersalamander	0	0	36	36
Alpenwatersalamander	0	0	12	12
Totaal	*0*	*82.482*	*228.210*	*310.765*
Eisnoer, eiklomp, ei				
Gewone pad	0	8	0	8
Bruine kikker	0	110	13	123
Groene kikker	0	0	0	0
Kleine watersalamander	0	0	0	0
Alpenwatersalamander	0	0	0	0
Totaal	*0*	*118*	*13*	*131*

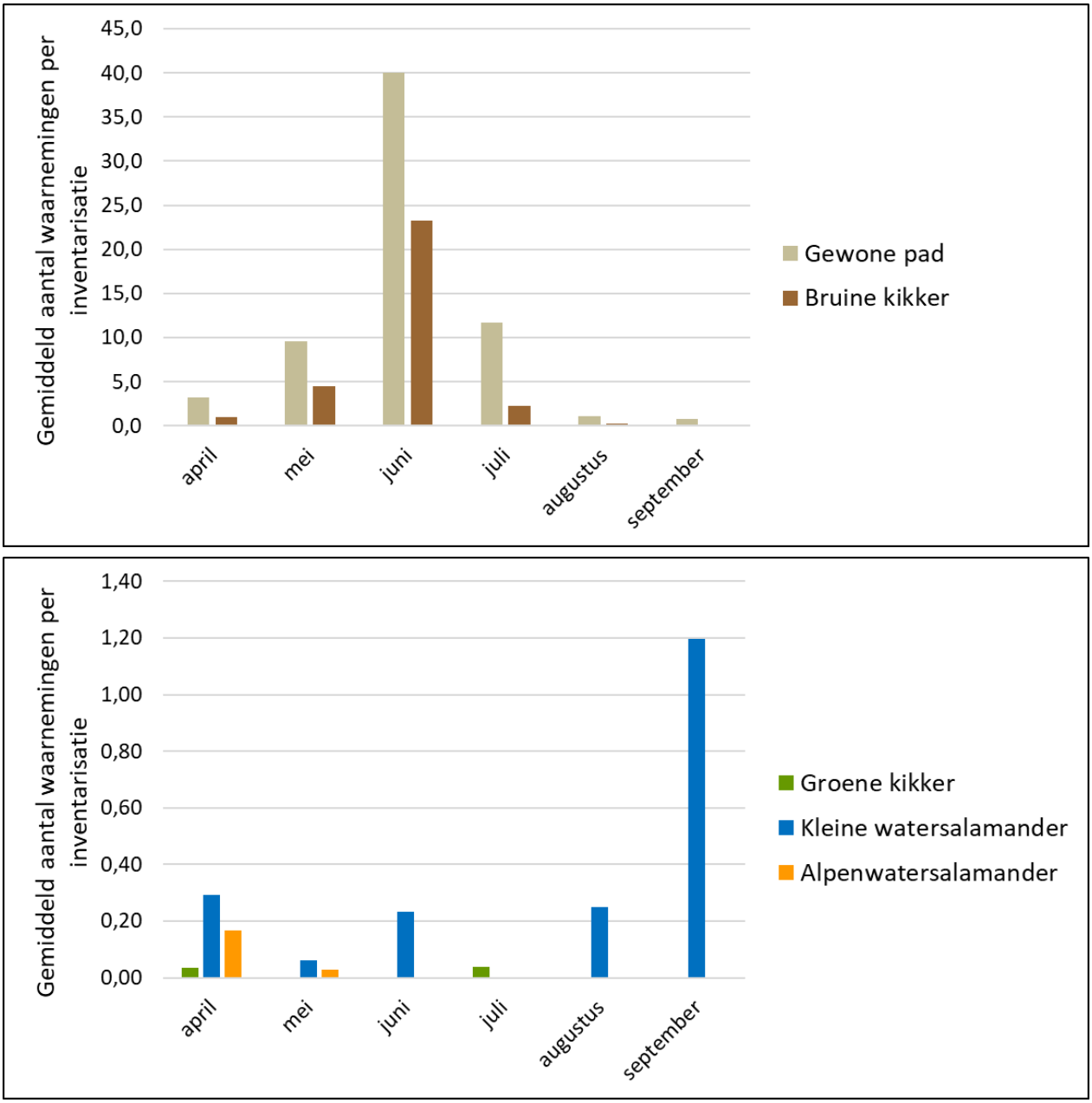
De meeste waarnemingen van adulten, subadulten en juvenielen (99%) betreffen zichtwaarnemingen (Tabel 10.10). Een klein aantal is gevangen (circa 1%). De andere typen waarnemingen – gehoord en dood gevonden – vormen samen circa 0,05% van de registraties binnen deze leeftijdscategorieën. Waarnemingen van larven betreffen voor meer dan 99% zichtwaarnemingen. De waarnemingen van eisnoeren, eiklompen en eieren betreffen in alle gevallen zichtwaarnemingen.

Tabel 10.10 *Het aantal waarnemingen van amfibieën per type waarneming op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft zowel waarnemingen die tijdens de inventarisaties van de transecten en poelen zijn gedaan als incidentele waarnemingen.*

Type waarneming	Gewone pad	Bruine kikker	Groene kikker	Kleine water-salamander	Alpenwater-salamander	Totaal
Adult, subadult, juveniel						
Gevangen	206	106	2	22	16	352
Zichtwaarneming	23.104	9.303	32	23	2	32.464
Gehoord	0	0	3	0	0	3
Dood gevonden	12	0	0	2	0	14
Totaal	*23.322*	*9.409*	*37*	*47*	*18*	*32.833*
Larve						
Gevangen	2.200	25	0	1	0	2.226
Zichtwaarneming	195.350	113.117	25	35	12	308.467
Totaal	*197.550*	*113.142*	*25*	*36*	*12*	*310.693*
Eisnoer, eiklomp, ei						
Gevangen	0	0	0	0	0	0
Zichtwaarneming	8	123	0	0	0	123
Totaal	*8*	*123*	*0*	*0*	*0*	*123*

10.6.2.3 Verdeling waarnemingen over de meetperiode

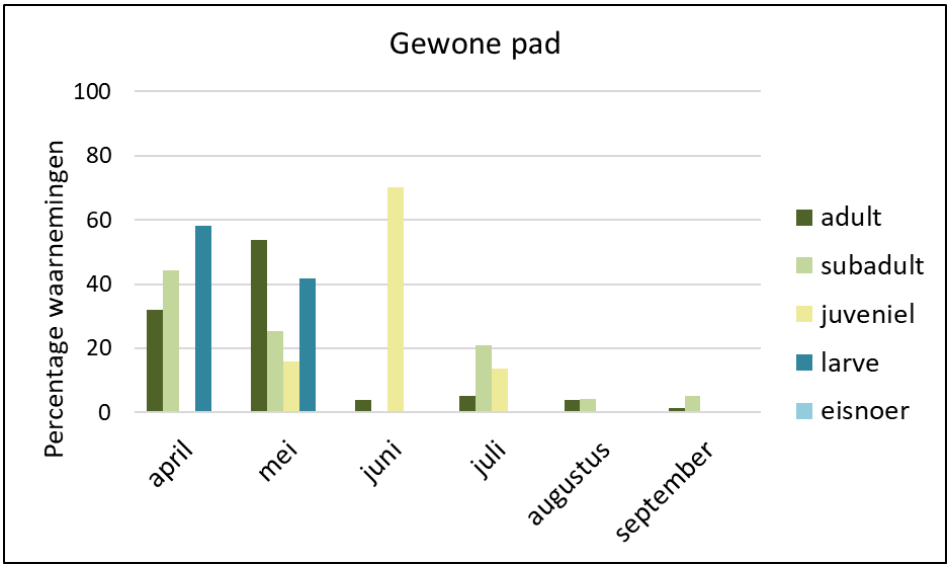
Voor alle soorten geldt dat de waarnemingen niet gelijkmatig zijn gedaan over de maanden in de meetperiode (Figuur 10.12). De gewone pad is gemiddeld vijftien tot zestien keer waargenomen per inventarisatie. Deze soort is het meest waargenomen in juni, op het moment dat de juveniele dieren de poelen verlaten. De bruine kikker is gemiddeld zeven tot acht keer waargenomen per inventarisatie. Deze soort is, net als de gewone pad, het meest waargenomen in juni, wanneer de juvenielen op het land verschijnen. De groene kikker is slechts tweemaal gezien; gemiddeld eenmaal per eenenzestig inventarisaties. Eén waarneming is gedaan in april, de ander in juli. De kleine watersalamander is gemiddeld eenmaal per vier inventarisaties gezien. Deze soort is relatief vaak gezien in september. De alpenwatersalamander is slechts zesmaal gezien; gemiddeld eenmaal per twintig inventarisaties. Deze waarnemingen zijn in april en mei gedaan.

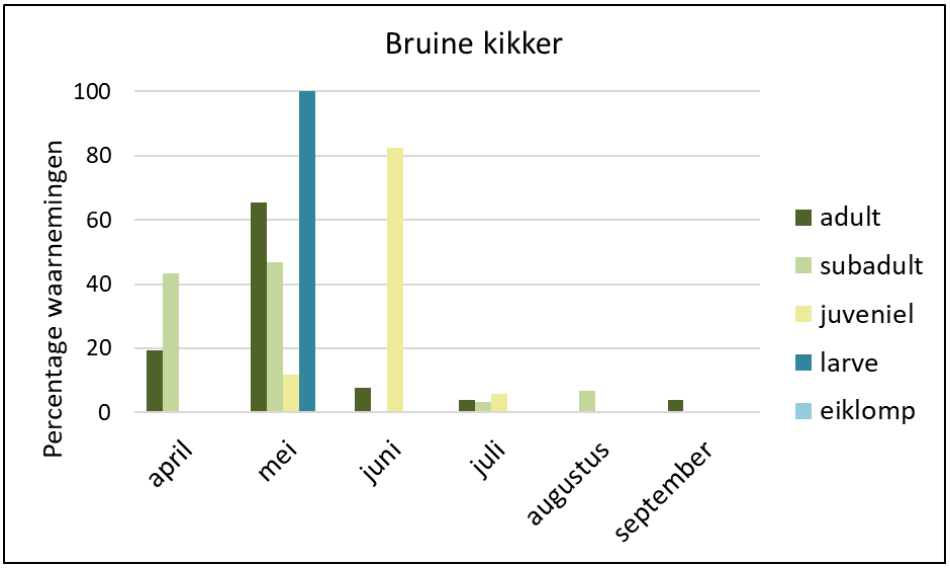


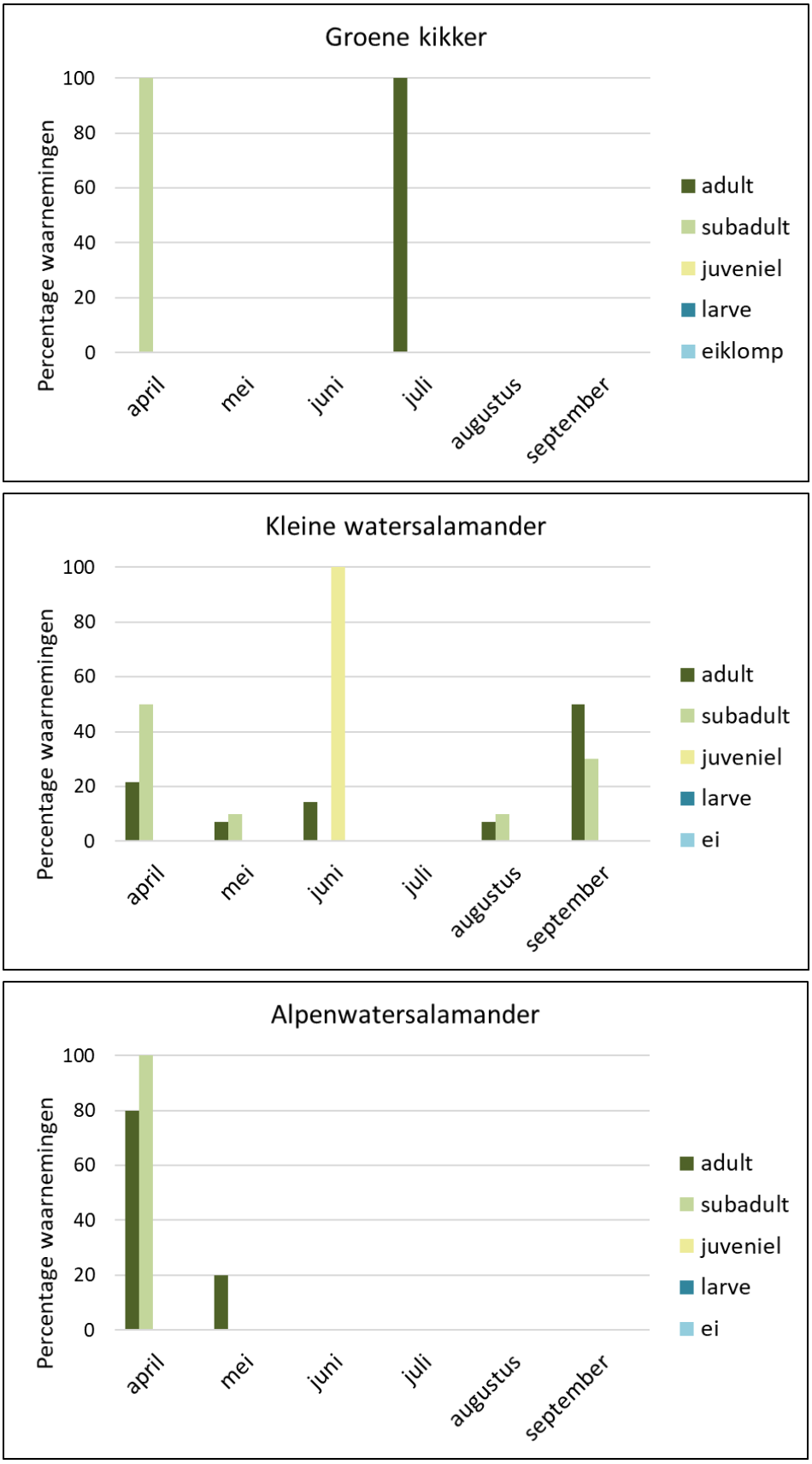
Figuur 10.12 *Per soort het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie en per maand over de meetjaren 2017, 2018 en 2020 op Natuurbrug Hoorneboeg (top en toelopen). Het betreft alleen waarnemingen van adulten, subadulten en juvenielen die tijdens de inventarisaties van de transecten zijn gedaan. Aantal waarnemingen waarop de gemiddelden zijn gebaseerd: gewone pad 1.859; bruine kikker 884; groene kikker 2; kleine watersalamander 29; alpenwatersalamander 6.*

10.6.2.4 Procentuele verdeling waarnemingen over de meetperiode per leeftijdscategorie

Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn van de gewone pad larven, juvenielen en (sub)adulten waargenomen (Figuur 10.13). Larven zijn waargenomen in april en mei. Adulten zijn in alle maanden gezien, maar vooral in april en mei. Subadulten zijn in alle maanden aangetroffen, behalve in juni. Net als de adulten zijn de subadulten vooral in april en mei gezien. Juvenielen zijn gezien van mei tot juli, met een duidelijke piek in juni. Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn van de bruine kikker larven, juvenielen en (sub)adulten waargenomen (Figuur 10.13). Larven zijn alleen waargenomen in mei. Adulten zijn in alle maanden gezien, behalve augustus, met een duidelijke piek in mei. Subadulten zijn vooral gezien in april en mei. Juvenielen zijn gezien van mei tot juli, met een duidelijke piek in juni. Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn van de groene kikker alleen adulten en subadulten waargenomen (Figuur 10.13). Adulten zijn in juli gezien, de subadulten in april. Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn van de kleine watersalamander juvenielen en (sub)adulten waargenomen (Figuur 10.13). Adulten zijn in alle maanden gezien, behalve juli. De meeste waarnemingen van adulten zijn in september gedaan. Subadulten zijn gezien in april-mei en augustus-september, met een kleine piek in april. Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn van de alpenwatersalamander alleen (sub)adulten waargenomen (Figuur 10.13). Subadulten alleen in april, adulten in april en mei.



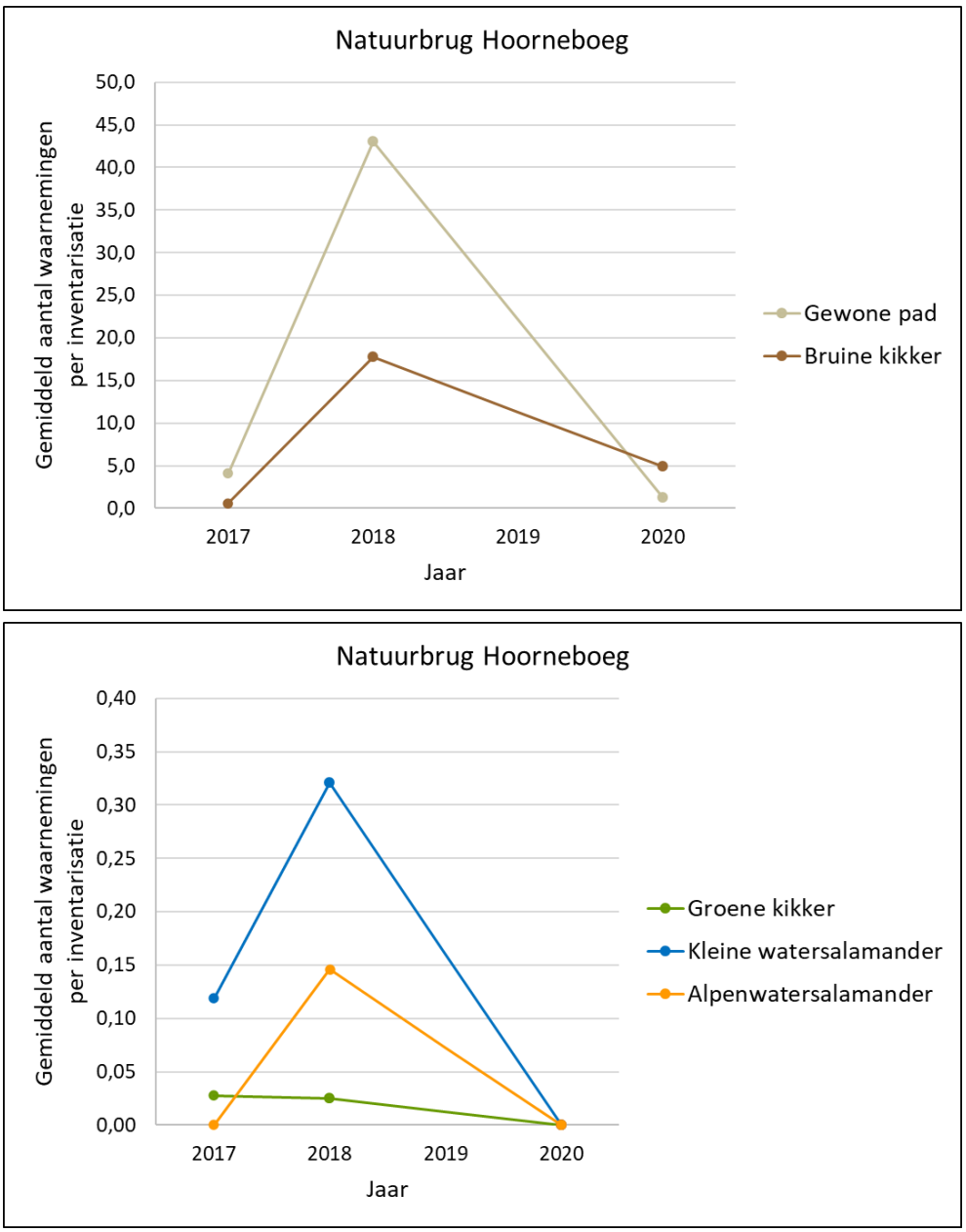




Figuur 10.13 *Per soort de procentuele verdeling van de waarnemingen per leeftijdscategorie over de maanden in de meetperiode op Natuurbrug Hoorneboeg. Het betreft alleen waarnemingen die tijdens de inventarisaties van transecten zijn gedaan.*

10.6.2.5 Trend in aantallen over de jaren

Op Natuurbrug Hoorneboeg is voor alle soorten een toename te zien in het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie tussen 2017 en 2018, gevolgd door een afname tussen 2018 en 2020 (Figuur 10.14). De aantallen voor groene kikker, kleine watersalamander en alpenwatersalamander zijn te laag om een trendanalyse uit te voeren. Over alle meetjaren daalt het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie van de gewone pad jaarlijks met circa 3 waarnemingen. Voor bruine kikker stijgt het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie jaarlijks met circa 0,7 waarnemingen. Voor beide soorten geldt dat er geen sprake is van een statistisch significante trend (Tabel 10.11).



Figuur 10.14 *Per soort de trend in het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie op Natuurbrug Hoorneboeg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in 2017, 2018 en 2020. De trendanalyse is gebaseerd op 1.844, 881, 2, 17 en 6 waarnemingen van respectievelijk gewone pad, bruine kikker, groene kikker, kleine watersalamander en alpenwatersalamander.*

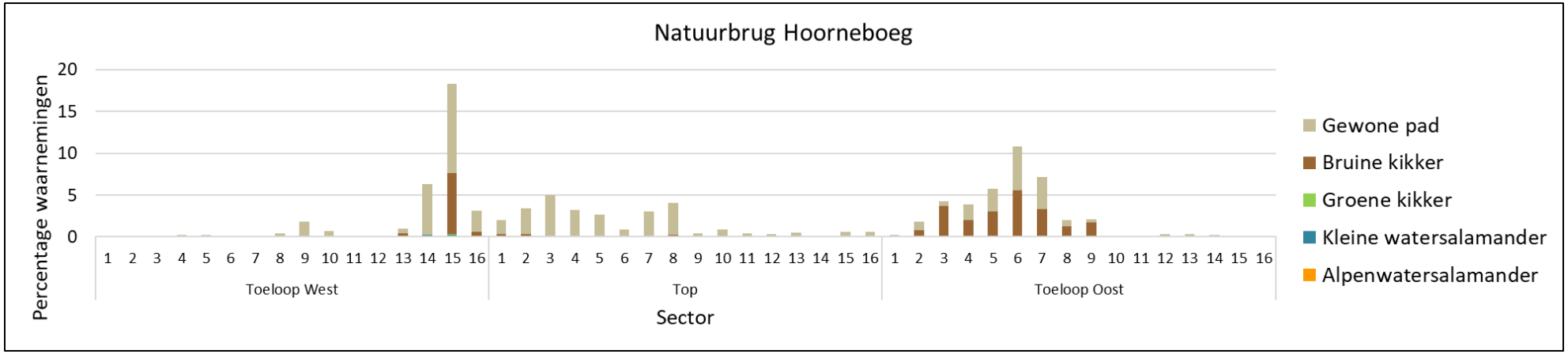
Tabel 10.11 *Per soort de gemiddelde verandering in het aantal waarnemingen per inventarisatie per jaar (M) op Natuurbrug Hoorneboeg, berekend over de jaren 2017, 2018 en 2020. Tevens de uitkomsten van de lineaire regressie om vast te stellen of er sprake is van een significante trend (aangeduid met een *) en de kwalificatie van een eventuele trend.*

Soort	M	R^2	t	df	P	Kwalificatie trend
Gewone pad	-2,96	0,0392	-0,26	2	0,839	n.v.t.
Bruine kikker	0,65	0,0127	0,05	2	0,965	n.v.t.
Groene kikker	-0,01	0,9418	-4,16	2	0,150	n.v.t.
Kleine watersalamander	-0,05	0,2529	-0,63	2	0,640	n.v.t.
Alpenwatersalamander	-0,01	0,0182	-0,19	1	0,879	n.v.t.

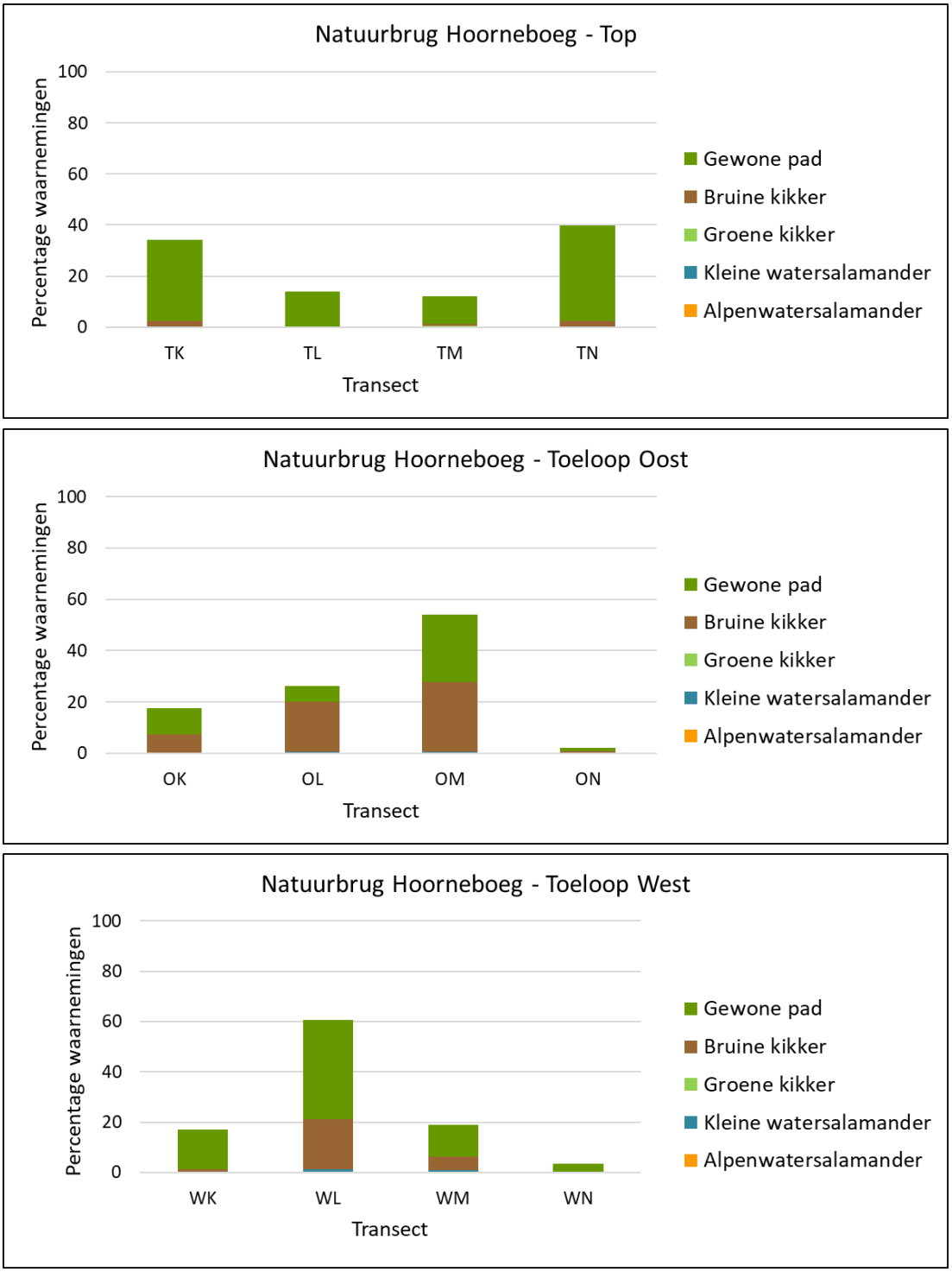
10.6.2.6 Verspreiding over de natuurbrug

Amfibieën zijn in bijna alle sectoren – 46 van de 48 – van Natuurbrug Hoorneboeg geregistreerd (Figuur 10.15). Alleen in twee sectoren nabij de voet van respectievelijk de oostelijke en westelijke toeloop zijn geen waarnemingen gedaan. Gewone pad is in 67% van alle sectoren aangetroffen, bruine kikker in 32%, groene kikker in <1%, kleine watersalamander in 1% en alpenwatersalamander in <1%. De percentages in de sectoren waar amfibieën zijn gezien, variëren van <1% tot 11% van de waarnemingen. Op de oostelijke toeloop zijn de meeste waarnemingen gedaan, vooral in de sectoren 4-7 nabij de hier gelegen poel, waar circa 27% van alle waarnemingen op deze toeloop zijn gedaan. Ook op de westelijke toeloop van de natuurbrug zijn de meeste waarnemingen – circa 29% van alle waarnemingen op deze toeloop – nabij de poel gedaan (sector 13-16). Op de top kennen de acht oostelijke sectoren minder waarnemingen dan de acht westelijke. Op de oostelijke en westelijke toeloop kennen de lage delen de minste waarnemingen: in elk van de zeven sectoren aan de uiteinden zijn minder dan tien waarnemingen gedaan.

Op zowel de top als de toelopen van de natuurbrug zijn in alle transecten amfibieën waargenomen (Figuur 10.16). Op de top zijn de meeste waarnemingen gedaan in transect TK en TN. Dit zijn de transecten aan de randen van de natuurbrug, grenzend aan opgaande begroeiing. Op de oostelijke en westelijke toeloop zijn het de transecten die langs de daar gelegen poelen liggen – respectievelijk OM en WL – waar de meeste waarnemingen zijn gedaan.



Figuur 10.15 *De procentuele verdeling van de waarnemingen van gewone pad (n=1.859), bruine kikker (n=884), groene kikker (n=2), kleine watersalamander (n=29) en alpenwatersalamander (n=6) over de sectoren op Natuurbrug Hoorneboeg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in de periode 2017-2020.*



Figuur 10.16 *Per deelgebied de procentuele verdeling van de waarnemingen van gewone pad (n=1.859), bruine kikker (n=884), groene kikker (n=2), kleine watersalamander (n=29) en alpenwatersalamander (n=6) over de transecten op Natuurbrug Hoorneboeg, gebaseerd op de inventarisaties van de transecten in de periode 2017-2020.*

10.6.2.7 Bevindingen inventarisaties poelen

In beide poelen op Natuurbrug Hoorneboeg is voortplanting van gewone pad en bruine kikker waargenomen. De poel op de westelijke toeloop blijkt daarnaast voortplantingswater te zijn voor groene kikker, kleine watersalamander en alpenwatersalamander.

Poel op de oostelijke toeloop

In de poel op de oostelijke toeloop zijn geen adulten of subadulten van de gewone pad gezien. Wel zijn er in april een aantal eisnoeren aangetroffen, gevolgd door circa 200 larven (Tabel 10.12). In de eerste helft van

mei nam het aantal larven toe tot circa 5.000. De eerste juveniele padden zijn begin juni gezien. Juvenielen zijn ook in de tweede helft van juni en in juli veelvuldig gezien. In de eerste helft van april zijn er 60 eiklompen geteld van de bruine kikker. In de tweede helft van april verschenen de larven. Naar schatting waren dit er 20.000 (Figuur 10.17). Larven van bruine kikkers zijn gezien tot begin juni, in afnemende aantallen. In de tweede helft van mei verschenen de eerste juveniele bruine kikkers in de poel. Juvenielen zijn gezien tot in de tweede helft van juli. Adulten en subadulten van de bruine kikker zijn slechts incidenteel aangetroffen. Driemaal is een kleine watersalamander in de poel gezien: een adult in april en twee juvenielen in juli.

Tabel 10.12 *Activiteit van amfibieën in de poel op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Per soort en per tijdsperiode het maximumaantal waarnemingen dat tijdens de inventarisaties in de betreffende periode is gedaan voor de leeftijdscategorieën ei en larve en de sommaties van alle waarnemingen die in de betreffende periode zijn gedaan voor de leeftijdscategorieën adult, subadult en juveniel. Tussen haakjes het aantal inventarisaties dat in de periode is uitgevoerd.*

	April		**Mei**		**Juni**		**Juli**	
Soort	**1-15** (5)	**16-30** (5)	**1-15** (6)	**16-31** (6)	**1-5** (6)	**16-30** (5)	**1-15** (4)	**16-31** (3)
Gewone pad								
Eisnoer	3	5	0	0	0	0	0	0
Larve	0	200	5.000	500	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	400	656	285	70
Subadult	0	0	0	0	0	0	0	0
Adult	0	0	0	0	0	0	0	0
Bruine kikker								
Eiklomp	60	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	20.000	5.000	7.000	200	0	0	0
Juveniel	0	0	0	1.500	2.050	2.200	350	120
Subadult	0	0	1	6	0	0	0	0
Adult	0	1	0	2	0	1	0	0
Kleine watersalamander								
Ei	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	0	0	0	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	0	0	0	2
Subadult	0	0	0	0	0	0	0	0
Adult	0	1	0	0	0	0	0	0

Poel op de westelijke toeloop

In de poel op de westelijke toeloop is begin april één adult van de gewone pad waargenomen. Eisnoeren zijn niet waargenomen, maar wel circa 40.000 larven vanaf de tweede helft van april (Tabel 10.13). Juvenielen verschenen massaal in de tweede helft van mei. In juli hadden deze nagenoeg allemaal de poel verlaten. In de eerste helft van april zijn er 9 eiklompen geteld van de bruine kikker. Enkele weken later verschenen de eerste larven. Naar schatting waren dit er 35.000, in de tweede helft van april. Vanaf juni zijn er van de bruine kikker geen larven meer gezien. In de tweede helft van mei verschenen de eerste juveniele dieren in de poel, waar ze tot eind juli zijn waargenomen. Adulten en subadulten van de bruine kikker zijn niet gezien. Groene kikkers, subadulten en adulten, verschijnen vanaf de tweede helft van april in de poel. Het betreft een beperkt aantal dieren. Eiklompen van de groene kikker zijn niet waargenomen, maar wel 25 larven. Juveniele dieren van deze soort zijn niet gezien. Van de kleine watersalamander en alpenwatersalamander zijn geen eieren gezien, maar wel larven, respectievelijk vanaf de tweede helft van mei en in juli. Juveniele dieren van de kleine watersalamander verschenen in de tweede helft van juni, die van de alpenwatersalamander iets later, in de eerste helft van juli. Van beide salamandersoorten zijn geen adulten en subadulten gezien.

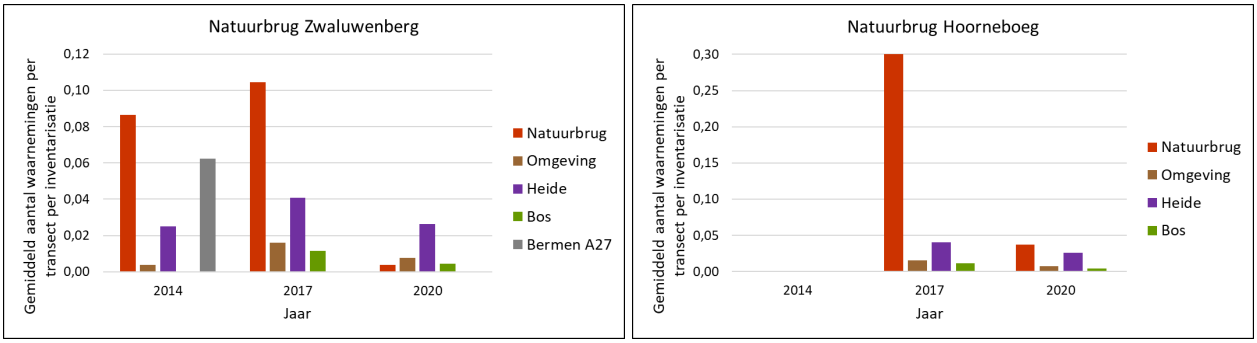
Tabel 10.13 *Activiteit van amfibieën in de poel op de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Per soort en per tijdsperiode het maximumaantal waarnemingen dat tijdens de inventarisaties in de betreffende periode is gedaan voor de leeftijdscategorieën ei en larve en de sommaties van alle waarnemingen die in de betreffende periode zijn gedaan voor de leeftijdscategorieën adult, subadult en juveniel. Tussen haakjes het aantal inventarisaties dat in de periode is uitgevoerd.*

	April		Mei		Juni		Juli	
Soort	**1-15** (5)	**16-30** (5)	**1-15** (6)	**16-31** (6)	**1-5** (6)	**16-30** (5)	**1-15** (4)	**16-31** (3)
Gewone pad								
Eisnoer	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	40.000	20.000	20.000	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	16.000	3.350	505	121	80
Subadult	0	0	0	0	0	0	0	0
Adult	1	0	0	0	0	0	0	0
Bruine kikker								
Eiklomp	9	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	35.000	1.000	200	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	1.650	50	23	0	71
Subadult	0	0	0	0	0	0	0	0
Adult	0	0	0	0	0	0	0	0
Groene kikker								
Eiklomp	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	0	25	0	0	0	0	0
Juveniel	0	0	0	0	0	0	0	0
Subadult	0	0	0	3	3	0	0	0
Adult	0	1	5	10	6	6	1	0
Kleine watersalamander								
Ei	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	0	0	1	5	10	6	14
Juveniel	0	0	0	0	0	5	10	0
Subadult	0	0	0	0	0	0	0	0
Adult	0	0	0	0	0	0	0	0
Alpenwatersalamander								
Ei	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	0	0	0	0	0	0	10
Juveniel	0	0	0	0	0	0	10	2
Subadult	0	0	0	0	0	0	0	0
Adult	0	0	0	0	0	0	0	0

Figuur 10.17 *Een deel van de naar schatting 20.000 larven van de bruine kikker in de poel op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg op 18 april 2018. © Foto: E. van der Grift.*

10.6.3 Toetsing functionaliteit natuurverbinding

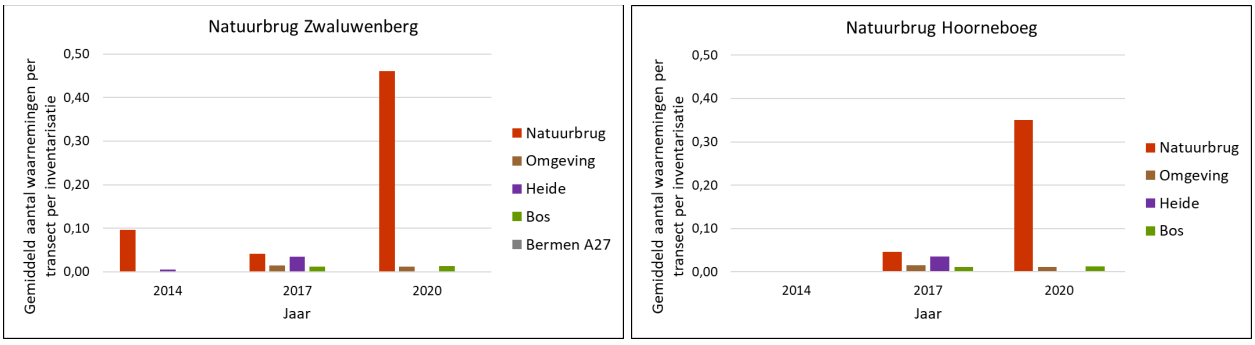
In 2014 is de abundantie van gewone pad op Natuurbrug Zwaluwenberg significant hoger dan die in de omgeving – dus de heide- en bosgebieden samen –, maar verschilt niet significant van die in alleen de heidegebieden of wegbermen (Figuur 10.18; Bijlage 11). In de bosgebieden is de soort niet gezien. In 2017 is het beeld vergelijkbaar, maar dan is de abundantie op de natuurbrug ook significant hoger dan die in de heidegebieden. In 2020 verandert dit beeld: de abundantie op de natuurbrug verschilt nu niet van die in de omgeving en de bosgebieden. Ook is deze nu significant lager dan die in de heidegebieden. In 2017 is de abundantie van gewone pad op Natuurbrug Hoorneboeg significant hoger dan die in alle referentiegebieden (Figuur 10.18; Bijlage 11). In 2020 geldt dat alleen nog voor de omgeving en de bosgebieden. In dat jaar is er geen verschil in abundantie meer in vergelijking met de heidegebieden.



Figuur 10.18 *Per jaar het gemiddelde aantal waarnemingen van gewone pad per transect per inventarisatie op de natuurbrug, in de omgeving (alle transecten in de brongebieden samen), in alleen heide/schraalgrasland, in bos en in de wegbermen van rijksweg A27.*

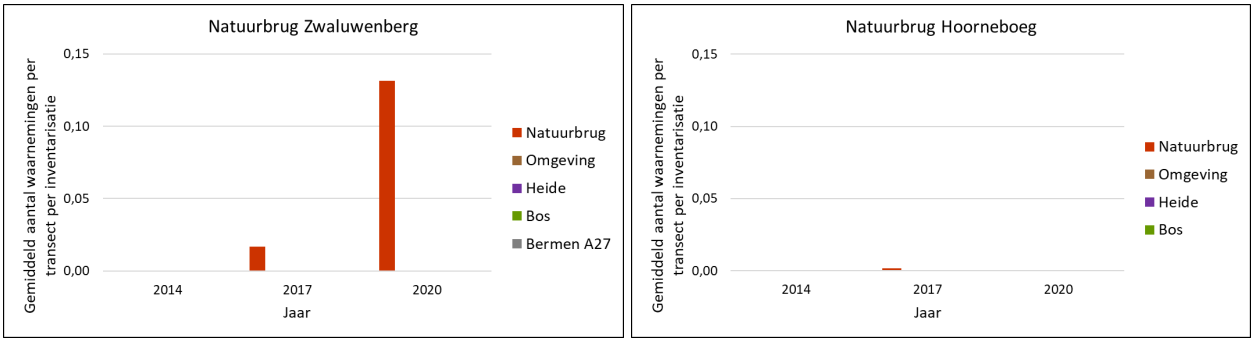
In 2014 is de abundantie van bruine kikker op Natuurbrug Zwaluwenberg significant hoger dan die in de omgeving en heidegebieden (Figuur 10.19; Bijlage 11). In de bosgebieden en wegbermen is de soort niet gezien. In 2017 verandert dit beeld. De abundantie op de natuurbrug is dan hoger dan die in de omgeving en in de bosgebieden, maar er is geen verschil meer met die in de heidegebieden. In 2020 zijn er eveneens geen verschillen tussen de abundantie op de natuurbrug en die in de omgeving en in de bosgebieden. In dat jaar is de soort niet waargenomen in de heidegebieden en wegbermen. In 2017 is de abundantie van bruine

kikker op Natuurbrug Hoorneboeg significant hoger dan die in de omgeving en in de bosgebieden, maar verschilt niet van die in de heidegebieden (Figuur 10.19; Bijlage 11). In 2020 zijn er eveneens geen verschillen tussen de abundantie op de natuurbrug en die in de omgeving en in de bosgebieden. In dat jaar is de soort niet waargenomen in de heidegebieden.



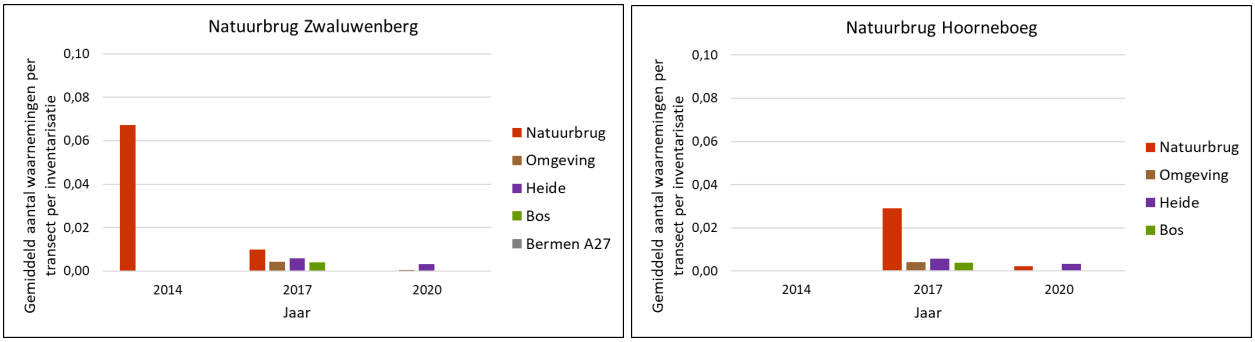
Figuur 10.19 *Per jaar het gemiddelde aantal waarnemingen van bruine kikker per transect per inventarisatie op de natuurbrug, in de omgeving (alle transecten in de brongebieden samen), in alleen heide/schraalgrasland, in bos en in de wegbermen van rijksweg A27.*

Groene kikker is tijdens deze meetjaren alleen gezien op de natuurbruggen en niet in de referentiegebieden (Figuur 10.20; Bijlage 11).



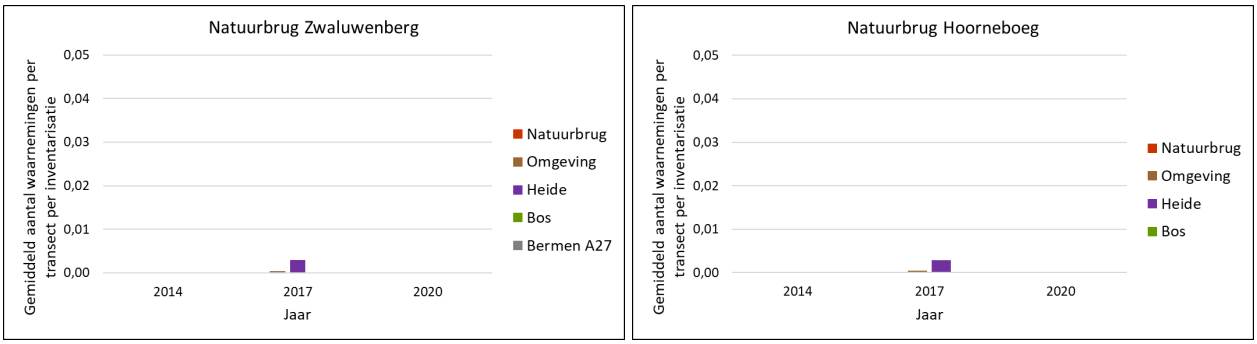
Figuur 10.20 *Per jaar het gemiddelde aantal waarnemingen van groene kikker per transect per inventarisatie op de natuurbrug, in de omgeving (alle transecten in de brongebieden samen), in alleen heide/schraalgrasland, in bos en in de wegbermen van rijksweg A27.*

Kleine watersalamander is in 2014 alleen op Natuurbrug Zwaluwenberg gezien en niet in de referentiegebieden. In 2017 is dat wel het geval. De abundantie op deze natuurbrug verschilt dan niet van die in de omgeving, heidegebieden en bosgebieden (Figuur 10.21; Bijlage 11). In 2020 is de soort niet gezien op de natuurbrug en ook niet in de bosgebieden en wegbermen. In de heidegebieden is de soort toen in lage dichtheden aangetroffen. In 2017 is de abundantie van kleine watersalamander op Natuurbrug Hoorneboeg significant hoger dan die in de omgeving en in de bosgebieden, maar verschilt niet van die in de heidegebieden (Figuur 10.21; Bijlage 11). In 2020 zijn er eveneens geen verschillen tussen de abundantie op de natuurbrug en die in de omgeving. Dat geldt dan ook voor de heidegebieden. In dat jaar is de soort niet waargenomen in de bosgebieden.



Figuur 10.21 *Per jaar het gemiddelde aantal waarnemingen van kleine watersalamander per transect per inventarisatie op de natuurbrug, in de omgeving (alle transecten in de brongebieden samen), in alleen heide/schraalgrasland, in bos en in de wegbermen van rijksweg A27.*

Alpenwatersalamander is tijdens deze meetjaren alleen gezien in de referentiegebieden en niet op de natuurbruggen (Figuur 10.22; Bijlage 11).



Figuur 10.22 *Per jaar het gemiddelde aantal waarnemingen van alpenwatersalamander per transect per inventarisatie op de natuurbrug, in de omgeving (alle transecten in de brongebieden samen), in alleen heide/schraalgrasland, in bos en in de wegbermen van rijksweg A27.*

10.6.4 Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor amfibieën

10.6.4.1 Observaties

De tellingen van amfibieën in Natuurverbinding Zwaluwenberg hebben laten zien dat alle poelen voortplantingswater zijn. Daarmee zijn deze wateren ook 'brongebied' geworden van waaruit juveniele dieren de omgeving in trekken. Daarbij kruipen de dieren ook de natuurbruggen op. Het is voor de amfibieën van groot belang dat deze wateren aanwezig blijven en goed beheerd worden. Dit betekent op tijd schonen en gefaseerd maaien. Het opdrogen van de poelen in de zomermaanden is op zich geen probleem voor de amfibieën – en soms zelfs een voordeel, als er vis in de poel aanwezig is – mits het opdrogen niet te vroeg plaatsvindt, dus niet in de periode dat er nog larven in de poelen aanwezig zijn. De kans hierop neemt wel toe met het droger en warmer worden van de zomers. Zo vielen de poelen (nagenoeg) droog in de zomers van 2018 en 2019 (Figuur 10.23). Dat gebeurde al in juni-juli en dat is voor de amfibieën net iets te vroeg.

Figuur 10.23 *De poel op de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Volledig opgedroogd in juli 2018 (links) en bijna volledig opgedroogd in juni 2019 (rechts). © Foto's: B-J. van Norel (links), E. van der Grift (rechts).*

Op de top en toelopen van Natuurbrug Zwaluwenberg zijn aanvankelijk een reeks van vochtige tot natte laagten aangelegd. Het betreft ondiepe kuilen waarin een leemlaagje is aangebracht (Figuur 10.24). Het idee van de ontwerpers was dat deze als mini-stapstenen tussen de poelen zouden kunnen dienen voor amfibieën. De laagten hielden in natte perioden inderdaad water vast, maar naarmate de tijd verstreek, is deze functie verdwenen. Inmiddels zijn de aangelegd laagten niet meer terug te vinden. Wij schatten in dat dit geen groot probleem is voor amfibieën en dat herstel van deze kleine, natte stapstenen niet nodig is. Belangrijker is dat de poelen lang genoeg watervoerend blijven om de ontwikkeling van de larven te faciliteren.

Figuur 10.24 *Een natte laagte op de westelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg, net ten westen van het ecoduct over de spoorlijn, die als 'mini-stapsteen' voor amfibieën is aangelegd (november 2013). © Foto: E. van der Grift.*

Op de top en toelopen van Natuurbrug Hoorneboeg is een leemgeul aangelegd. Het betreft een ondiepe, smalle geul waarin een leemlaagje is aangebracht (Figuur 10.25). Deze moet water vasthouden op de top van de natuurbrug, overtollig water afvoeren naar de poelen aan weerszijden en in combinatie met de opgaande begroeiing een vochtig microklimaat op het noordelijke deel van het brugdek bieden. Amfibieën zouden hiervan moeten profiteren als ze de brug gebruiken. In natte perioden lijkt de leemgeul deze functies inderdaad te hebben. Maar zodra het enige dagen droog is, is de leemgeul dat ook en is er snel geen sprake

meer van een vochtiger microklimaat in vergelijking met de andere delen van de natuurbrug. Ook hier schatten we in dat dit geen groot probleem is voor de amfibieën en dat het accent van het beheer moet liggen op het in stand en lang genoeg watervoerend houden van de poelen.

Figuur 10.25 *De leemgeul op Natuurbrug Hoorneboeg in maart 2017. © Foto: E. van der Grift.*

In bijna alle sectoren van beide natuurbruggen zijn amfibieën gezien (zie ook Paragraaf 10.6.1.6 en 10.6.2.6). Buiten de sectoren die grenzen aan de poelen is het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie vaak beperkt. Dat is niet verrassend en reflecteert de lage dichtheden waarin de dieren doorgaans in hun landhabitat gevonden worden. De vergelijking tussen de tellingen op de natuurbruggen en in de referentiegebieden laat zelfs zien dat voor de meeste soorten de abundantie in de natuurverbinding in een of meerdere meetjaren hoger was dan die in de referentiegebieden. Er is dan ook geen aanleiding om op de natuurbruggen plekken opnieuw in te richten of het beheer te wijzigen, omdat deze minder geschikt zouden zijn voor migraties van amfibieën.

De op de natuurbruggen en toelopen aangelegde stobbenwallen zijn voor amfibieën nuttig gebleken. Kort na de aanleg boden alleen deze stobbenwallen schuilplekken aan de dieren (Figuur 10.26). Maar ook na enkele jaren, als de vegetatie zich ontwikkeld heeft, blijken deze structuren waardevol voor amfibieën. Behalve dekking bieden de stobbenwallen ook schaduw. Op de transecten aan de noordzijde langs de stobbenwallen zijn dan ook significant meer waarnemingen gedaan dan op de transecten aan de zuidzijde van deze structuren. Dat de stobbenwallen begroeid raken, draagt hier ook aan bij (Figuur 10.27). In dit verband lijken stobbenwallen ook functioneler dan de boomwallen die op delen van Natuurbrug Hoorneboeg zijn aangelegd, omdat deze minder snel overgroeid raken.

Figuur 10.26 *De stobbenwal op Natuurbrug Zwaluwenberg is aanvankelijk de enige structuur die amfibieën een schuilplek biedt (november 2013). © Foto: E. van der Grift.*

Figuur 10.27 *Begroeide stobbenwal op Natuurbrug Zwaluwenberg die amfibieën schaduw en schuilplekken biedt (september 2016). © Foto: E. van der Grift.*

10.6.4.2 Aanbevelingen

Op basis van bovenstaande observaties zijn voor amfibieën de volgende aanbevelingen te geven voor de inrichting en het beheer van de natuurverbinding:

1. Verdiep de bestaande poelen en verwijder een eventuele sliblaag tijdig om vroegtijdig droogvallen te voorkomen. Schoon de poelen als minder dan 50% open water is. Schoon de poelen gefaseerd, waarbij steeds min of meer de helft van de water- en oevervegetatie wordt verwijderd en de andere helft wordt gehandhaafd. Zorg dat hierbij altijd een deel van de noordelijke oever niet geschoond wordt. Verwijder opslag van bomen en stuiken rondom de poel tot minimaal 5 m vanaf de oeverlijn. Schoon de verschillende poelen in verschillende jaren.
2. Leg twee nieuwe, grote wateren aan die door grondwater worden gevoed. De ene aan de oostzijde van de natuurverbinding, op circa 150 m vanaf de poel op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. De andere aan de westzijde van de natuurverbinding, op circa 150 m vanaf de poel op de westelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Het gewenste oppervlak van deze poelen is 500 m^2. Deze poelen moeten permanent waterhoudend zijn.
3. Verwijder boomopslag – van onder meer berk en grove den – tijdig op plekken waar laagblijvende (heide)vegetaties worden nagestreefd.
4. Vernieuw de stobbenwallen gefaseerd en kleinschalig wanneer deze nagenoeg geheel zijn vergaan en weinig structuur meer bieden.

10.7 Discussie

Soorten en aantallen

In de vier jaar die voorafgingen aan dit onderzoek (2010-2013) zijn er binnen het studiegebied – dus tot circa 2 km afstand van Natuurverbinding Zwaluwenberg – zes soorten amfibieën waargenomen: gewone pad, rugstreeppad (*Epidalea calamita*), bruine kikker, groene kikker *spec*./bastaardkikker, kleine watersalamander en alpenwatersalamander (bron: waarneming.nl). Vijf hiervan zijn binnen de natuurverbinding aangetroffen. Alleen de rugstreeppad is dat niet. Deze soort is echter een zeldzaamheid in het studiegebied: in 2011 zijn er eenmaal vijf larven aangetroffen in een tijdelijk water in Einde Gooi. Wat betreft soortensamenstelling kunnen we dus concluderen dat de natuurverbinding het 'goed doet', aangezien alle soorten die logischerwijs te verwachten waren ook zijn aangetroffen.

De alpenwatersalamander hoort niet thuis in het gebied. De soort kent natuurlijke populaties in vooral Noord-Brabant, Limburg en Drenthe. Het betreft hier dus een uitgezette populatie (Van Delft, 2009). Waarnemingen van deze soort zijn gedaan in het Tienhovensch Kanaal en vooral in het ven in het gebied Zonneheide. Dit betekent dat de dichtstbijzijnde waarnemingen hemelsbreed circa 500 m van de natuurverbinding zijn gedaan. Opmerkelijk dan ook dat deze soort al zo snel – voor het eerst in 2016 – is waargenomen in de natuurverbinding.

Voorafgaand aan dit onderzoek zijn waarnemingen van groene kikkers meestal niet op soort gedetermineerd. Daar waar dat wel is gedaan, betrof het altijd de bastaardkikker. Dit komt overeen met de bevindingen in dit onderzoek. Poelkikkers (*Pelophylax lessonae*) zijn in 2010-2013 niet gezien in het uurhok waarin de natuurverbinding ligt en het uurhok dat aan de westzijde hieraan grenst. Datzelfde geldt voor de kamsalamander (*Triturus cristatus*). De heikikker (*Rana arvalis*) is wel gezien in het westelijk van de natuurverbinding gelegen uurhok, maar dit betreft waarnemingen in het laagveengebied op een afstand van hemelsbreed minimaal 4 km tot de natuurverbinding.

Het aantal waarnemingen van gewone pad en bruine kikker in de natuurverbinding is groot. Zelfs als we larven buiten beschouwing laten, betreft het vele duizenden observaties. Dit laat zien dat de natuurverbinding geschikt leefgebied voor deze soorten bevat. De aanleg van de vijf wateren speelt hier een cruciale rol bij. Feitelijk heeft de aanleg van de natuurverbinding en de daarin gerealiseerde natte biotopen voor een nieuw brongebied gezorgd, van waaruit deze soorten andere gebieden kunnen koloniseren en kunnen uitwisselen met nabijgelegen populaties. Dat het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie voor de gewone pad en bruine kikker in een aantal jaar ook (fors) hoger was dan in de referentiegebieden, is naar verwachting vooral een gevolg van de aangelegde poelen. Open water is in de omgeving immers schaars. En ook niet al het open water lijkt even geschikt voor amfibieën. Zo zijn er op de transecten in het

Hilversums Wasmeer over alle jaren maar veertien respectievelijk vijf waarnemingen van (sub)adulte gewone padden en bruine kikkers gedaan.

Het aantal waarnemingen van groene kikker, kleine watersalamander en alpenwatersalamander in de natuurverbinding is relatief beperkt. Voor de groene kikker is dit niet verrassend; de soort is slechts sporadisch binnen het studiegebied gemeld. Voor de alpenwatersalamander is dit ook conform de verwachting, aangezien van deze soort alleen een kleine populatie in Zonneheide aanwezig is en de laatste waarneming in het Tienhovensch Kanaal uit 2011 stamt. Voor de kleine watersalamander is het relatief lage aantal waarnemingen binnen de natuurverbinding – over alle jaren zijn op beide bruggen slechts 126 waarnemingen van (sub)adulten en juvenielen gedaan – wel opmerkelijk. Hoewel eieren van deze soort snel over het hoofd kunnen worden gezien, zijn ook de aanwijzingen voor voortplanting binnen de natuurverbinding beperkt. Een verklaring is niet direct te geven. Wateren die door gewone pad en bruine kikker gebruikt worden, zijn meestal ook geschikt voor de kleine watersalamander (Van Maanen, 2009). Wellicht is er in de poelen voor de salamanders onvoldoende voedsel aanwezig. Of is de omliggende landhabitat voor deze soort minder geschikt dan voor de padden en kikkers.

Jaarritmiek
De verdeling van de waarnemingen van de gewone pad over de maanden april-september is goed te verklaren op basis van de jaarritmiek van de soort. Op Natuurbrug Zwaluwenberg valt de piek in het aantal waarnemingen van adulten in april samen met (het einde van) de voortplantingsperiode. De hier waargenomen piek in juli-augustus correspondeert met het moment dat de gemetamorfoseerde juvenielen het land opkruipen. Op Natuurbrug Hoorneboeg zagen we geen piek in waarnemingen in april en was de aan juvenielen gerelateerde zomerpiek al in juni. Wellicht is dit een gevolg van een (iets) vroegere voortplantingsperiode. De timing van de voortplanting kan namelijk verschillen per voortplantingswater en is mede afhankelijk van de kenmerken van de poel, zoals de mate van zonexpositie.

Op beide natuurbruggen is het beeld voor de bruine kikker min of meer identiek: een duidelijke piek in juni en een relatief beperkt aantal waarnemingen in de overige maanden. Net als bij de gewone pad hangt de zomerpiek samen met het verschijnen van de juvenielen op land. Een piek in waarnemingen van adulten in april is niet waargenomen. Niet tijdens de inventarisaties van de transecten, maar ook niet tijdens de inventarisaties van de poelen in 2018. De voortplantingsperiode lijkt hier voor bruine kikker dus in maart te zijn geweest.

Op Natuurbrug Zwaluwenberg laat de groene kikker een piek in waarnemingen zien in juni, zowel van adulten als subadulten. Dit valt in de voortplantingsperiode van deze soort, wat deze piek – vooral gebaseerd op waarnemingen in de poelen – naar verwachting verklaart. Aanwijzingen dat voortplanting op deze natuurbrug heeft plaatsgevonden, zijn echter niet gevonden. Ook niet tijdens de gerichte poeleninventarisaties in 2018. Op Natuurbrug Hoorneboeg is de soort tijdens de inventarisaties van de transecten slechts enkele keren aangetroffen, te weinig om verbanden met de jaarritmiek van de soort te leggen. Tijdens de poeleninventarisaties is de soort vaker gezien – alleen in de westelijke poel – en is ook voortplanting vastgesteld. Hier zijn larven aangetroffen in de tweede helft van mei, wat de tijd is dat doorgaans de eerste eieren uitkomen (Mulder & Creemers, 2009).

Het aantal waarnemingen van de kleine watersalamander en alpenwatersalamander in de natuurverbinding is te beperkt om verbanden met de jaarritmiek van deze soorten te leggen.

Trend in aantallen over de jaren
Op Natuurbrug Zwaluwenberg is het gemiddelde aantal waarnemingen per inventarisatie over de jaren toegenomen voor bruine kikker en, in mindere mate, voor groene kikker. Voor gewone pad en kleine watersalamander is dit aantal na een toename in 2017, weer afgenomen in 2020. Dit beeld zien we op Natuurbrug Hoorneboeg voor alle soorten: een aanvankelijke toename tussen 2017 en 2018, maar vervolgens een daling in het gemiddelde aantal waarnemingen in 2020. Groene kikker, kleine watersalamander en alpenwatersalamander zijn in dat jaar zelfs geheel afwezig. Voor alle soorten geldt dat de waargenomen toename dan wel afname niet kan worden aangeduid als een statistisch significante trend. Dit is niet heel verrassend, omdat de trendanalyse op slechts drie meetpunten is gebaseerd.

De waargenomen daling in waarnemingen kan een gevolg zijn van de variatie tussen jaren, afhankelijk van bijvoorbeeld de weersomstandigheden. Deze variatie is soms groot en betekent dat er sprake kan zijn van een 'goed amfibiejaar', maar ook van jaren waarin de soorten minder talrijk zijn. Tellingen van amfibieën in de poelen in de komende jaren zouden hier enig licht op kunnen werpen. Het kan ook zijn dat de geschiktheid van de natuurverbinding – inclusief de poelen – in de periode tussen 2017/2018 en 2020 is veranderd. De zomers in deze jaren waren opvallend droog en warm, wat tot vroegtijdig opdrogen van de poelen heeft geleid (zie ook Paragraaf 10.6.4). Wellicht heeft dit het voortplantingssucces verlaagd en daarmee ook de omvang van de populaties in 2020. De daling kan ook een weerspiegeling zijn van landelijke trends, bijvoorbeeld de achteruitgang in aantallen – geclassificeerd als 'matige afname' – van de gewone pad sinds 2012 en de bruine kikker sinds 2015 (zie www.padden.nu; Van Leeningen & Herder, 2018; Herder et al., 2022).

Verspreiding over de natuurverbinding
Amfibieën komen verspreid over beide natuurbruggen voor. Geheel volgens verwachting zijn de meeste waarnemingen in en nabij de poelen gedaan. In de landhabitat binnen de natuurverbinding zijn de aantallen beperkt, maar deze vertonen geen opmerkelijke onderbrekingen die zouden kunnen wijzen op plekken met minder of ongeschikt leefgebied. Voor beide natuurbruggen geldt dat amfibieën aan de voet van de toelopen in de laagste aantallen zijn gezien. Dit is niet verrassend, omdat dit veelal plekken zijn waar de transecten de bospercelen bereiken en de lagere aantallen dus een reflectie zijn van de verandering in habitat.

Toetsing functionaliteit natuurverbinding
Om de functionaliteit van de natuurverbinding voor amfibieën te toetsen is per soort onderzocht of drie jaar na opening van de natuurverbinding de abundantie van de soort hier minimaal overeenkomt met die in voor de soort geschikte natuurtypen in de brongebieden. Omdat Natuurbrug Hoorneboeg in 2016 is geopend, waarmee de natuurverbinding werd voltooid, is hier als referentiejaar voor de toetsing 2020 genomen. De landhabitat van de waargenomen amfibieën bestaat uit verschillende biotopen, inclusief bos/struweel, heide, natte/droge ruigte, kleine wateren en vennen. Voor de evaluatie van de abundantie in de natuurverbinding gebruiken we dan ook de *Omgeving* als referentie voor de in de doelstelling genoemde 'geschikte natuurtypen', aangezien in deze referentie alle transecten in de omliggende terreinen zijn betrokken.

De natuurverbinding is als functioneel te beoordelen voor gewone pad, bruine kikker en groene kikker. Voor de kleine watersalamander wordt gedeeltelijk aan de doelstelling voldaan. De alpenwatersalamander is in 2020 niet waargenomen in de natuurverbinding, maar ook niet in de omgeving.

De abundantie van gewone pad op Natuurbrug Zwaluwenberg verschilde in 2020 niet van die in de omgeving. Op Natuurbrug Hoorneboeg was deze zelfs significant hoger dan die in de omgeving. Dit betekent dat de natuurverbinding aan de verwachtingen voldoet voor deze soort. Het potentieel van de natuurverbinding is voor de gewone pad hoger dan de toetsing schetst. Het meetjaar 2020, gebruikt als referentiejaar voor de toets, was immers een jaar waarin het aantal waarnemingen fors lager lag dan in de voorgaande meetjaren. Die eerdere jaren laten dan ook zien dat de natuurverbinding al kort na de aanleg geschikt leefgebied en voortplantingswateren bood aan de soort.

De bruine kikker liet (fors) hogere abundanties zien op beide natuurbruggen in vergelijking met de omgeving. De natuurverbinding functioneert dus goed voor deze soort. Dit blijkt ook uit de waarnemingen van eieren en larven van deze soort in alle poelen binnen de natuurverbinding.

Groene kikker is in 2020 alleen in de natuurverbinding waargenomen en niet in de referentiegebieden. De dichtheid waarin de soort in het studiegebied voorkomt, is dus uitermate laag. Des te opmerkelijker dat de soort de natuurverbinding wel gebruikt, hoewel nog in beperkte aantallen in vergelijking met de bruine kikker, en dat ook al snel na de aanleg is gaan doen. In 2020 bleef het gebruik door groene kikkers wel beperkt tot Natuurbrug Zwaluwenberg. Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn toen geen waarnemingen gedaan. Ook in 2017 was het aantal waarnemingen op deze natuurbrug beperkt.

De kleine watersalamander is in 2020 niet waargenomen op Natuurbrug Zwaluwenberg en slechts eenmaal op Natuurbrug Hoorneboeg. In de omgeving is de soort toen eveneens slechts eenmaal gezien. Door de toegepaste weging van de biotopen in de omgeving betekent dit dat de abundantie op Natuurbrug

Hoorneboeg hoger is dan die in de omgeving, maar dit verschil is dus weinig robuust. De eerdere meetjaren laten wel zien dat er goede potenties zijn voor de kleine watersalamander in de natuurverbinding. Zo werden er aanmerkelijk hogere abundanties op beide natuurbruggen gemeten in respectievelijk 2014 en 2017, die ook significant hoger waren dan die in de omgeving.

Optimaliseren inrichting en beheer natuurverbinding voor amfibieën
Een veelgebruikte strategie om natuurverbindingen geschikt te maken voor amfibieën is de aanleg van kleine wateren die als leefgebied kunnen worden gebruikt. Deze strategie is ook bij Natuurverbinding Zwaluwenberg toegepast en blijkt succesvol. De aangelegde poelen hebben duidelijk aantrekkingskracht gehad op amfibieën, die alle wateren snel wisten te vinden. Het idee achter deze aanpak is ook dat de wateren voortplantingswater worden en daarmee een bron van juveniele dieren die zich na het verlaten van de poelen op de natuurbruggen begeven en zodoende in contact komen met hun soortgenoten aan de andere kant van de infrastructuur. Ook dit lijkt in Natuurverbinding Zwaluwenberg 'volgens plan' plaats te vinden, gezien het grote aantal juveniele dieren – van vooral gewone pad en bruine kikker – die op de bruggen zijn waargenomen en de in bijna alle gevallen hogere abundanties van de soorten binnen de natuurverbinding in vergelijking met de referentiegebieden. Dit alles benadrukt het belang van de poelen in het streven om tot een functionele verbinding voor amfibieën te komen. Primair richten onze aanbevelingen voor inrichting en beheer zich dan ook hierop: zorg dat de poelen (lang genoeg) waterhoudend zijn door goed beheer en wees voorbereid op (nog) drogere zomers door twee grote wateren aan te leggen aan de uiteinden van de natuurverbinding die door grondwater gevoed zijn. Het verwijderen van opslag van bomen in de zones met open vegetaties is onderdeel van het huidige beheer en de aanbeveling is dan ook vooral bedoeld om te benadrukken hiermee door te gaan. Het geleidelijk en kleinschalig vernieuwen van de stobbenwal is iets wat niet urgent is, maar op middellange termijn wel weer een optimalisatie van de inrichting kan betekenen.

10.8 Conclusies

De natuurverbinding voldoet voor amfibieën aan de verwachtingen; soorten die konden worden verwacht, zijn er waargenomen en de abundanties van deze soorten in de natuurverbinding zijn minimaal gelijk, maar vaak hoger dan die in de omliggende leefgebieden. De poelen zijn alle in gebruik als voortplantingswater, hoewel niet voor alle soorten. De natuurverbinding is relatief snel in gebruik genomen, want al in het eerste meetjaar zijn de meeste soorten op beide bruggen aangetroffen. Het gebruik van de natuurverbinding, vooral door gewone pad en bruine kikker, nam de eerste jaren sterk toe. Enigszins zorgelijk is dat deze toename gevolgd is door een scherpe afname in het laatste meetjaar, vooral wat betreft het aantal waarnemingen van gewone pad en die van kleine watersalamander. Een sluitende verklaring hiervoor is niet te geven, maar de droge zomers in de voorgaande jaren en daarmee het vroegtijdig opdrogen van de poelen kan een van de oorzaken zijn. Voor het functioneel houden van de natuurverbinding voor amfibieën is het zorgen voor voldoende water – totdat de juvenielen de poelen verlaten – dan ook cruciaal.

11 Gebruik van de natuurverbinding door dagvlinders

11.1 Inleiding

Dagvlinders zijn wellicht niet de eerste diersoorten waaraan bij het opstellen van ontsnipperingsplannen wordt gedacht. Het zijn immers vliegende soorten, in de adulte fase, die wegen en spoorwegen ogenschijnlijk gemakkelijk en veilig kunnen passeren. Onderzoek heeft echter aangetoond dat ook dagvlinders negatieve effecten ondervinden van infrastructuur (Munguira & Thomas, 1992; Muñoz et al., 2015). De belangrijkste effecten zijn onnatuurlijke sterfte door aanrijdingen – als de infrastructuur (te laag) wordt overgestoken – en isolatie van populaties van soorten waarvoor de infrastructuur een absolute barrière vormt. Daarnaast kan de kwaliteit van de habitat worden aangetast door het gebruik van de infrastructuur (Reck & Van der Ree, 2015).

De barrièrewerking treedt vooral op bij soorten die weinig mobiel zijn en sterk gebonden zijn aan hun habitat. Deze soorten vermijden doorgaans de (omgeving van de) infrastructuur en zijn niet geneigd om deze over te steken. Een van de doelsoorten voor Natuurverbinding Zwaluwenberg – het heideblauwtje (*Plebejus argus*) – valt in deze categorie (Van der Grift et al., 2009; zie ook Wallis de Vries, 2010). Deze soort is gekarakteriseerd als 'honkvast', wat betekent dat de soort nauwelijks buiten zijn leefgebied wordt aangetroffen (Bos et al., 2006). De dispersiecapaciteit van deze soort is slechts enkele honderden meters, maar de meeste verplaatsingen zijn minder dan 20 meter. De tweede doelsoort voor de natuurverbinding – de heivlinder (*Hipparchia semele*) – is veel mobieler en ook in staat om grotere afstanden buiten zijn leefgebied af te leggen (Bos et al., 2006). De soort is dan ook niet opgenomen in de lijst met 'versnipperingsgevoelige vlindersoorten' die voor het Meerjarenprogramma Ontsnippering is opgesteld (Van der Grift et al., 2009). De soort is echter wel opgenomen in de door de Vlinderstichting opgestelde lijst van 'aandachtsoorten voor de inrichting van faunapassages', vanwege een sterke afname in de aantallen volgens het Landelijk Meetnet Dagvlinders (Wallis de Vries, 2010). Dit lijkt te worden veroorzaakt door onvoldoende uitwisseling tussen leefgebieden, waardoor er positieve effecten van faunapassages mogen worden verwacht.

Natuurverbinding Zwaluwenberg moet deze twee doelsoorten, maar ook de overige dagvlinders die versnipperingseffecten ondervinden, in staat stellen veilig uit te wisselen tussen de leefgebieden aan weerszijden van de infrastructuur. De keuze voor de aanleg van natuurbruggen, in plaats van onderdoorgangen, is in dit verband gunstig, omdat deze de kans bieden om op de faunapassage voor vlinders geschikte biotopen te ontwikkelen met aanbod van voedsel voor zowel de rupsen als vlinders. Vooralsnog is het aantal studies naar het functioneren van natuurbruggen voor dagvlinders zeer beperkt (maar zie Doormaal & Van Turnhout, 2009). Of ze daadwerkelijk voor de benodigde uitwisseling zorgen en in welke mate is dan ook nog onduidelijk. Bovendien richt de monitoring van dagvlinders op ecoducten zich vaak alleen op het aantonen van soorten en wordt het gebruik van de voorziening niet getoetst aan een vooraf gesteld doel. Hierdoor kunnen meestal geen uitspraken worden gedaan of een natuurverbinding naar wens functioneert of niet.

11.2 Doel van het onderzoek

Bij de formulering van de doelen voor dit onderzoek zijn twee aspecten richtinggevend geweest:

- Beide doelsoorten zijn al enkele decennia niet meer waargenomen in de heidegebieden rond Natuurverbinding Zwaluwenberg. De dichtstbijzijnde populatie van het heideblauwtje bevindt zich in de Stulpheide, onderdeel van natuurgebied Lage Vuursche, hemelsbreed op circa 4 km afstand van de natuurverbinding. Daarnaast kent deze soort populaties op de Bussummer-/Westerheide, Vliegbasis Soesterberg, Lange Duinen, De Stompert en Vlasakkers, alle op minimaal 7,5 km afstand (hemelsbreed). De dichtstbijzijnde populatie van de heivlinder bevindt zich op de Zuiderheide, hemelsbreed op circa 5 km

afstand van de natuurverbinding. Daarnaast kent deze soort populaties op de Vliegbasis Soesterberg, Lange en Korte Duinen en Vlasakkers. Behalve de afstand maken ook de tussengelegen bosgebieden het lastig voor beide soorten om de natuurverbinding en omliggende heideterreinen te bereiken.
- Een tweede aspect is dat er met het gereedkomen van Natuurverbinding Zwaluwenberg nog geen verbinding van de heidebiotopen, die oost en west van de overbrugde infrastructuur liggen, is ontstaan. Het langetermijndoel is om de heideterreinen van het Hilversums Wasmeer (oost) met die van de Hoorneboegse Heide (west) te verbinden. Hiervoor zijn corridors met heide en heischraal grasland door omvorming van bos nodig. Deze corridors moeten dan vanaf deze heidegebieden aansluiten op de uiteinden van Natuurverbinding Zwaluwenberg. Hiervoor zijn inmiddels plannen opgesteld die binnenkort in uitvoering gaan. Het betekent echter wel dat een toetsing van het functioneren van Natuurverbinding Zwaluwenberg voor de twee aan heide gebonden doelsoorten nu nog weinig zinvol is, aangezien de aansluitingen met de heidegebieden nog niet zijn gerealiseerd.

Het eerste doel van dit onderzoek is dan ook het uitvoeren van een vlakdekkende inventarisatie in de heidegebieden rond Natuurverbinding Zwaluwenberg om vast te stellen of de doelsoorten hier inmiddels voorkomen en zo ja, in welke aantallen. Een tweede doel is het testen van een monitoringsmethode die het mogelijk moet maken om het gebruik van een natuurverbinding door dagvlinders te kwalificeren.

11.3 Onderzoeksvragen

Om deze doelen te bereiken, zijn de volgende concrete onderzoeksvragen geformuleerd:
1. Zijn de doelsoorten – heideblauwtje en heivlinder – aanwezig in de heideterreinen nabij Natuurverbinding Zwaluwenberg?
2. Indien de doelsoorten hier worden aangetroffen, hoe groot zijn dan deze populaties?
3. Welke soorten dagvlinders maken gebruik van de natuurverbinding?
4. Hoe is dit gebruik te kwalificeren wat betreft het functioneren van de natuurverbinding?

11.4 Methoden

11.4.1 Verzamelen gegevens

11.4.1.1 Inventarisatie doelsoorten

In 2014 zijn de gebieden Hilversums Wasmeer, Laapersheide en Hoorneboegse Heide driemaal geïnventariseerd op het voorkomen van de twee doelsoorten. Deze inventarisaties zijn in juli en augustus uitgevoerd, tijdens de vliegtijd van beide soorten. Tijdens een inventarisatie zijn genoemde gebieden vlakdekkend afgezocht. Als de doelsoort wordt aangetroffen, is het aantal individuen geteld of, bij grote aantallen, geschat.

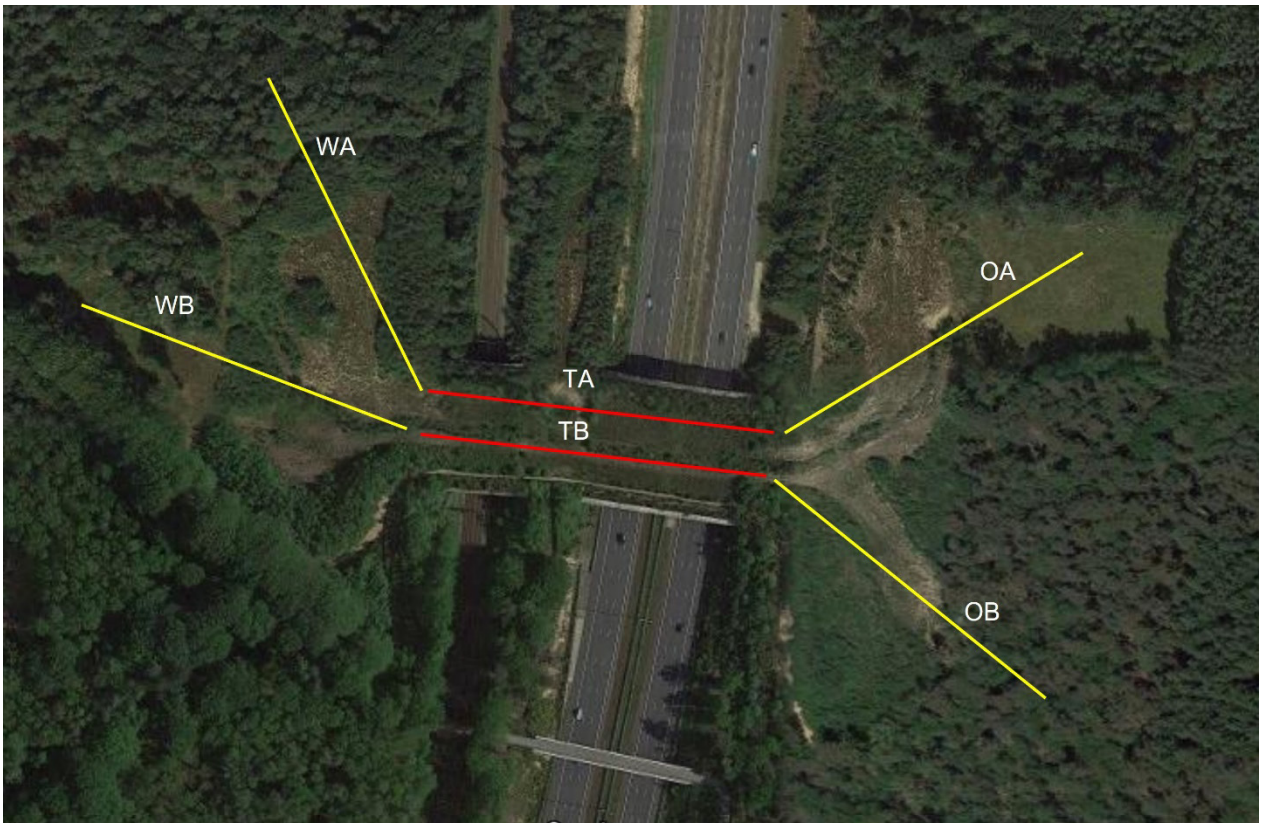
11.4.1.2 Inventarisatie gebruik natuurverbinding door dagvlinders

Het gebruik van de natuurverbinding is onderzocht door herhaalde inventarisaties uit te voeren langs zes permanente transecten. Deze transecten zijn alle uitgezet op Natuurbrug Zwaluwenberg. Natuurbrug Hoorneboeg was in 2014 nog niet gereed, dus dit deel van de natuurverbinding is niet in het onderzoek betrokken. Op de top van de natuurbrug zijn twee transecten uitgezet met een lengte van 150 m. Deze transecten lagen parallel aan elkaar, op een onderlinge afstand van circa 20 m (Figuur 11.1). Op de oostelijke en westelijke toeloop zijn eveneens twee transecten uitgezet, elk 150 m lang. De transecten op deze toelopen lagen niet parallel aan elkaar, maar 'waaierden' uit naar respectievelijk het noordoosten en zuidoosten dan wel noordwesten en zuidwesten. Bij het begin, na 50 m, na 100 m en aan het eind van ieder transect is een markering geplaatst, zodat de posities van de transecten gedurende het onderzoek niet veranderden.

De inventarisaties zijn uitgevoerd in de periode van 6 juni tot 3 oktober. Er zijn zestien inventarisaties uitgevoerd, gemiddeld één inventarisatie per week. Tabel 11.1 geeft een overzicht van het aantal inventarisaties per maand en per locatie. De transecten zijn alleen geïnventariseerd tussen 10:00 uur en

17:00 uur bij gunstige weersomstandigheden. Er is niet geteld bij neerslag en bij temperaturen tussen 13°C en 17°C is er alleen geteld bij zonnig weer (minder dan 40% bewolking). Bij temperaturen boven de 17°C is er altijd geteld onder voorwaarde dat de windkracht lager was dan 5 Bft. Tabel 11.2 geeft een samenvatting van de weersomstandigheden waaronder de inventarisaties in de diverse gebieden zijn uitgevoerd.

De transecten zijn geïnventariseerd volgens de methode van het 'landelijk meetnet vlinders' (Van Swaay et al., 2018). Tijdens een inventarisatie zijn alle transecten in een rustig tempo afgelopen en zijn alle vlinders geteld die het transect passeren. Deze tellingen op de transecten vonden plaats in een 'virtuele kooi', waarbij tot 2,5 m aan weerszijden van het transect, tot 5 m voor de waarnemer en tot 5 m boven de waarnemer is geteld. Handvangsten met een vlindernet zijn incidenteel gedaan om soorten te identificeren, waarna de vlinder weer is vrijgelaten op de vangplek. De inventarisatie van één transect nam gemiddeld 7 tot 8 minuten in beslag.



Figuur 11.1 *Ligging van de transecten voor de inventarisaties van dagvlinders op Natuurbrug Zwaluwenberg.*

11.4.1.3 Kwalificering functioneren natuurverbinding voor dagvlinders

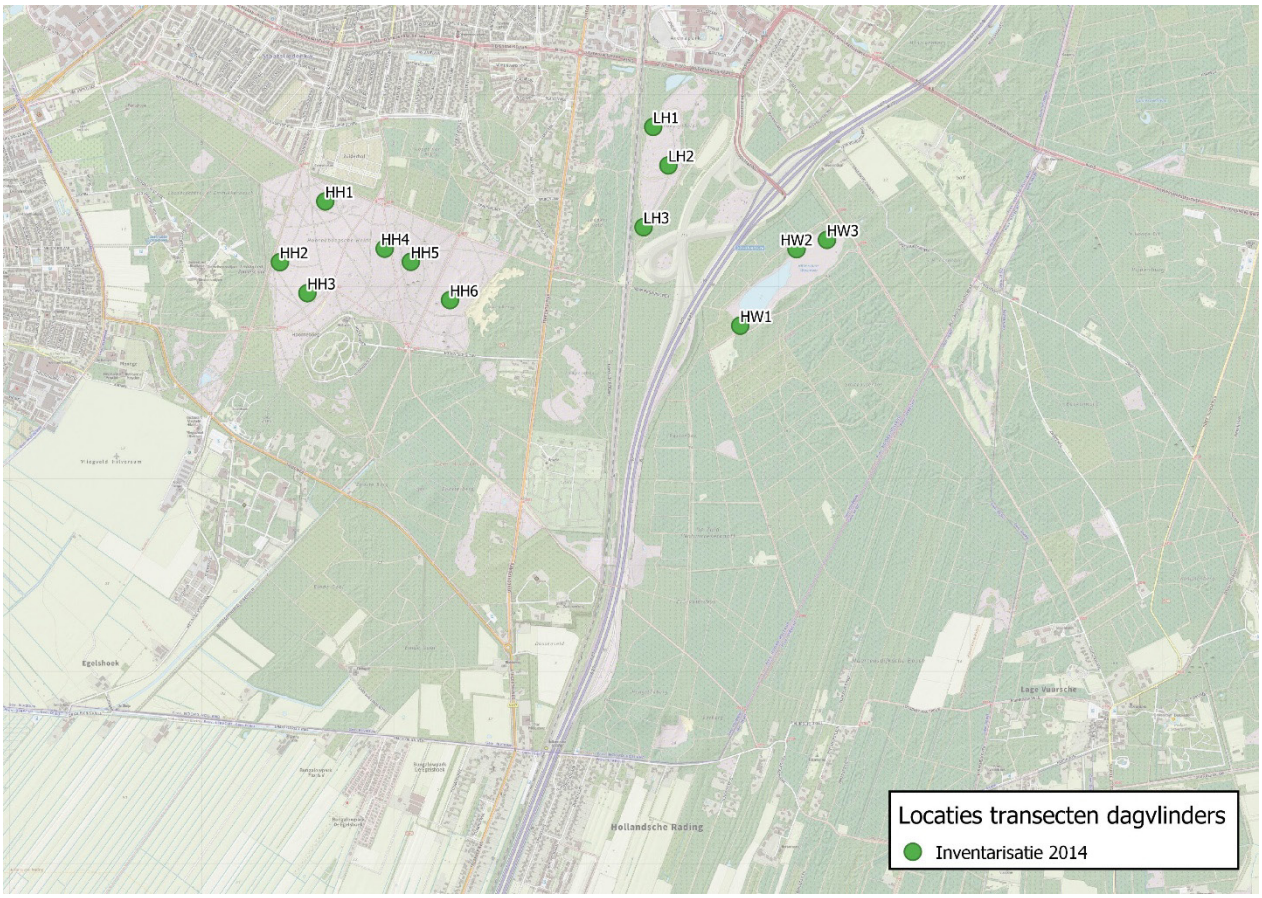
Om het functioneren van de natuurverbinding voor dagvlinders te kwalificeren, zijn tellingen uitgevoerd in de heideterreinen – Hilversums Wasmeer, Laapersheide en Hoorneboegse Heide – nabij de natuurverbinding. Deze tellingen zijn gebruikt om een referentiewaarde te bepalen waaraan de tellingen in de natuurverbinding minimaal moeten voldoen. De tellingen in genoemde referentiegebieden zijn op vergelijkbare wijze uitgevoerd als de tellingen op Natuurbrug Zwaluwenberg. Hiervoor zijn in deze gebieden twaalf transecten van 150 m uitgezet: drie in het Hilversums Wasmeer, drie in de Laapersheide en zes op de Hoorneboegse Heide (Figuur 11.2). De locatie en richting van de transecten zijn random bepaald. Bij het begin, na 50 m, na 100 m en aan het eind van ieder transect is een markering geplaatst, zodat de posities van de transecten gedurende het onderzoek niet veranderden (Figuur 11.3 en 11.4). Er zijn in het Hilversums Wasmeer en de Laapersheide zestien inventarisaties uitgevoerd, gemiddeld één inventarisatie per week (Tabel 11.1). Op de Hoorneboegse Heide zijn achtentwintig inventarisaties uitgevoerd, gemiddeld bijna tweemaal per week. Hierbij zijn echter niet altijd alle transecten geïnventariseerd; tijdens zes inventarisaties zijn alle zes transecten geïnventariseerd en tijdens alle overige inventarisaties steeds drie transecten.

Tabel 11.1 *Het aantal inventarisaties per maand waarop dagvlinders langs de transecten zijn geïnventariseerd, op Natuurbrug Zwaluwenberg en in de heideterreinen in de omgeving.*

Maand	Natuurbrug Zwaluwenberg	Hilversums Wasmeer	Laapersheide	Hoorneboegse Heide
Juni	3	4	4	5
Juli	5	4	4	8
Augustus	3	3	3	6
September	4	4	4	7
Oktober	1	1	1	2
Totaal	*16*	*16*	*16*	*28*

Tabel 11.2 *Gemiddelde weersomstandigheden tijdens de inventarisaties van de transecten per locatie.*

Locatie	Gemiddelde bewolking (%)	Gemiddelde windkracht (Bft)	Gemiddelde temperatuur (°C)
Natuurbrug Zwaluwenberg			
Natuurbrug - Toeloop Oost	44,0	2,0	22,7
Natuurbrug - Toeloop West	46,7	2,0	22,8
Natuurbrug - Top	44,0	2,1	22,7
Referentiegebieden			
Hilversums Wasmeer	54,0	1,9	22,2
Laapersheide	44,1	2,1	23,1
Hoorneboegse heide	42,0	2,3	21,8
Gemiddeld:	45,2	2,1	22,4



Figuur 11.2 *Ligging van de transecten in de referentiegebieden Hilversums Wasmeer (met code HW), Laapersheide (met code LH) en Hoorneboegse Heide (met code HH), nabij Natuurverbinding Zwaluwenberg.*

Figuur 11.3 *Een markering van het begin (links) en einde (rechts) van een op de Hoorneboegse Heide uitgezet transect. © Foto's: F. Ottburg.*

Figuur 11.4 *Een markering van het 50 meter-punt op een van de vlindertransecten op Natuurbrug Zwaluwenberg. © Foto's: E. van der Grift.*

11.4.2 Analyse gegevens

De functionaliteit van de natuurverbinding voor dagvlinders is onderzocht door het gemiddelde aantal waarnemingen per transect per inventarisatie op de natuurbrug te vergelijken met het gemiddelde aantal waarnemingen per transect per inventarisatie in de referentiegebieden. Hiervoor is voor ieder deelgebied eerst per inventarisatie het gemiddelde aantal waarnemingen per transect berekend. Vervolgens is voor ieder deelgebied het gemiddelde berekend over alle inventarisaties. Dit is gedaan voor alle soorten samen en voor de soorten apart, met als vereiste dat er in alle gebieden samen minimaal twintig waarnemingen van de soort zijn gedaan. Een two-sample t-test is gebruikt om vast te stellen of een gevonden verschil in genoemde gemiddelden statistisch significant ($p \leq 0{,}05$) is of niet. Hierbij was de nulhypothese dat het gemiddelde aantal waarnemingen per transect en per inventarisatie op de natuurbrug en in de omgeving niet verschilt.

11.5 Resultaten

11.5.1 Doelsoorten

De doelsoorten – heideblauwtje en heivlinder – zijn niet waargenomen in het studiegebied: niet tijdens de vlakdekkende inventarisaties van de heideterreinen en ook niet tijdens de systematische inventarisaties met behulp van de transecten.

11.5.2 Gebruik van de natuurverbinding door dagvlinders

Op Natuurbrug Zwaluwenberg zijn elf soorten dagvlinders aangetroffen (Tabel 11.3; Figuur 11.5). Groot koolwitje (*Pieris brassicae*) en kleine vuurvlinder (*Lycaena phlaeas*) zijn het meest gezien. Samen vormen ze 50% van alle waarnemingen. Klein koolwitje (*Pieris rapae*), citroenvlinder (*Gonepteryx rhamni*), icarusblauwtje (*Polyommatus icarus*), atalanta (*Vanessa atalanta*), kleine vos (*Aglais urticae*) en hooibeestje (*Coenonympha pamphilus*) zijn vier- tot negenmaal waargenomen. Eikenpage (*Favonius quercus*), dagpauwoog (*Aglais io*) en bont zandoogje (*Pararge aegeria*) zijn slechts eenmaal gezien. Over alle inventarisaties zijn er op de natuurbrug 76 dagvlinders gezien.

In de directe omgeving van de natuurverbinding zijn dertien soorten dagvlinders waargenomen (Tabel 11.3). In de referentiegebieden Hilversums Wasmeer en Laapersheide zijn negen soorten gezien. Op de Hoorneboegse Heide zijn dertien soorten waargenomen. Vier soorten die in de omgeving zijn gezien, zijn tijdens de transect-inventarisaties niet aangetroffen op de natuurbrug: groot dikkopje (*Ochlodes sylvanus*), klein geaderd witje (*Pieris napi*), distelvlinder (*Vanessa cardui*) en bruin zandoogje (*Maniola jurtina*). Omgekeerd zijn er twee soorten op de natuurbrug gezien die tijdens de transect-inventarisaties niet in de omgeving zijn aangetroffen: eikenpage en kleine vos. De aantallen kunnen sterk verschillen tussen de deelgebieden. Het opvallendste wat dit betreft is het relatief grote aantal waarnemingen van (1) kleine vuurvlinder op de natuurbrug (26% van alle waarnemingen daar), (2) groot dikkopje in het Hilversums Wasmeer (50% van alle waarnemingen daar) en (3) hooibeestje op de Hoorneboegse Heide (38% van alle waarnemingen daar).

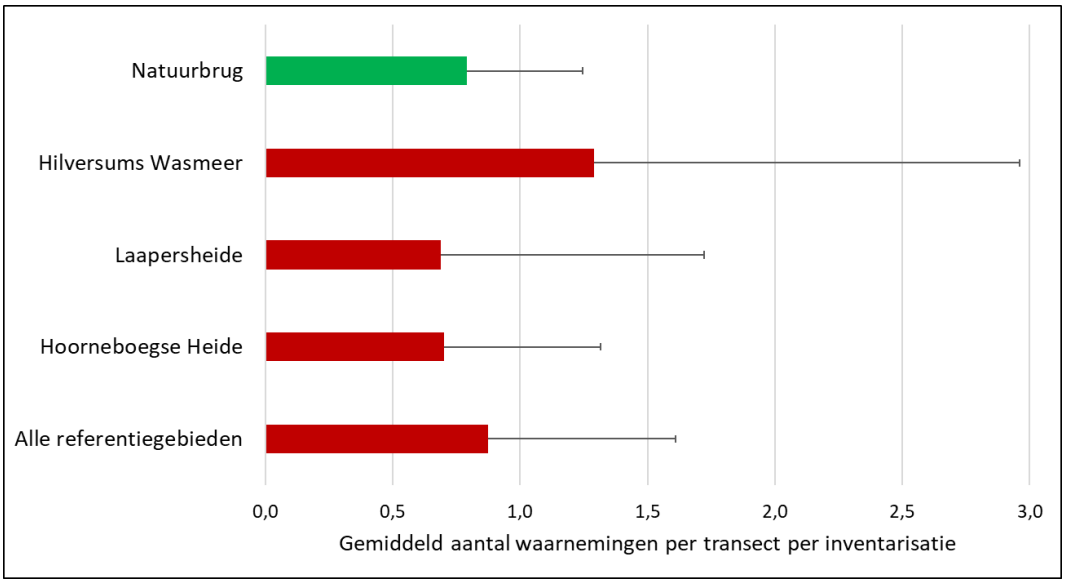
Tabel 11.3 *Het aantal waargenomen dagvlinders op de natuurbrug en in de referentiegebieden. De aantallen zijn de som van alle inventarisaties.*

Soort	Natuurbrug Zwaluwenberg	Hilversums Wasmeer	Laapers-heide	Hoorneboegse Heide	Totaal
groot dikkopje	0	31	6	1	38
groot koolwitje	18	10	12	13	53
klein koolwitje	4	7	6	6	23
klein geaderd witje	0	0	2	5	7
citroenvlinder	9	5	1	2	17
kleine vuurvlinder	20	0	1	3	24
eikenpage	1	0	0	0	1
icarusblauwtje	6	0	0	1	7
dagpauwoog	1	1	1	2	5
distelvlinder	0	1	0	1	2
atalanta	4	1	0	4	9
kleine vos	7	0	0	0	7
bruin zandoogje	0	0	1	4	5
hooibeestje	5	2	3	26	36
bont zandoogje	1	4	0	1	6
Totaalaantal	*76*	*62*	*33*	*69*	*240*
Aantal soorten	*11*	*9*	*9*	*13*	*15*

Figuur 11.5 *Een icarusblauwtje (links) en een kleine vuurvlinder (rechts) op Natuurbrug Zwaluwenberg, 13 augustus 2014. © Foto's: F. Ottburg.*

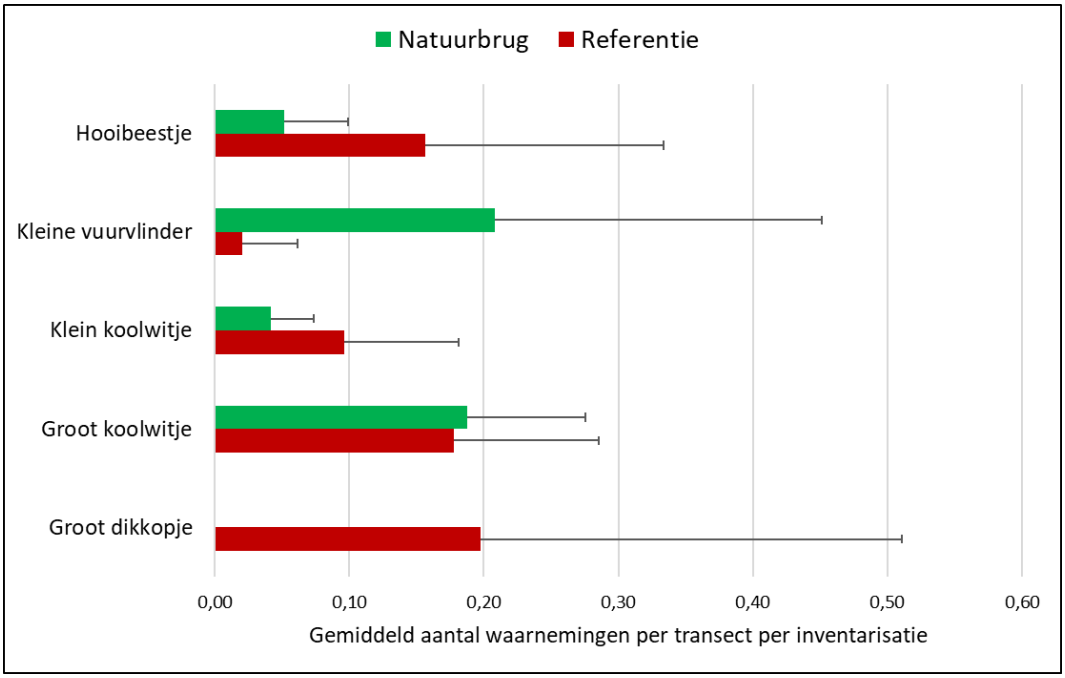
11.5.3 Kwalificering functioneren natuurverbinding voor dagvlinders

Op de natuurbrug zijn gemiddeld 0,79 dagvlinders – alle soorten samen – waargenomen per transect per inventarisatie. In de referentiegebieden – alle gebieden samen – zijn dat er 0,88. Er zijn wel enige verschillen tussen de referentiegebieden, waarbij het Hilversums Wasmeer het hoogste gemiddelde laat zien (Figuur 11.6). Er is geen significant verschil in het gemiddelde aantal waarnemingen tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. Ook niet tussen de natuurbrug en de referentiegebieden samen.



Figuur 11.6 *Het gemiddelde aantal waarnemingen per transect per inventarisatie op Natuurbrug Zwaluwenberg, in de drie afzonderlijke referentiegebieden en in de drie referentiegebieden samen. De foutbalken geven de standaardafwijking.*

Van de soorten waarvan meer dan twintig waarnemingen zijn gedaan, is alleen de kleine vuurvlinder meer waargenomen op de natuurbrug in vergelijking met de referentiegebieden (Figuur 11.7). Groot koolwitje is op de natuurbrug en in de referentiegebieden min of meer even vaak gezien. Hooibeestje en klein koolwitje zijn op de natuurbrug minder vaak gezien dan in de referentiegebieden. Het groot dikkopje is niet op de natuurbrug waargenomen. Het gemiddelde aantal waarnemingen per transect per inventarisatie varieert sterk, zoals blijkt uit de standaardafwijkingen (Figuur 11.7). De gemeten verschillen tussen natuurbrug en referentiegebieden zijn – voor de soorten die op de natuurbrug zijn gezien – dan ook niet significant.



Figuur 11.7 *Het gemiddelde aantal waarnemingen per transect per inventarisatie van de vijf vlindersoorten met meer dan twintig waarnemingen, op Natuurbrug Zwaluwenberg en in de drie referentiegebieden samen. De foutbalken geven de standaardafwijking.*

11.6 Discussie

De doelsoorten komen niet voor in de heidegebieden rond Natuurverbinding Zwaluwenberg. Dat is niet geheel verrassend, aangezien de soorten hier al lange tijd voorafgaand aan het onderzoek niet meer zijn gezien. Het benadrukt wel dat er gerichte maatregelen nodig zijn om deze soorten in het gebied terug te krijgen. Globaal zijn er twee opties. De eerste is het ontwikkelen van heideverbindingen tussen de heidegebieden rond Natuurverbinding Zwaluwenberg en de (dichtstbijzijnde) gebieden met bestaande populaties. Voor het heideblauwtje ligt in dit verband een verbinding met de Stulpheide voor de hand. Voor de heivlinder een verbinding met de Zuiderheide. Geen eenvoudige opgave, want de afstand tot deze gebieden is hemelsbreed respectievelijk 4 en 5 km. Daarbij zijn er ook nog enkele tussenliggende, infrastructurele barrières die dan geslecht moeten worden. Een tweede optie is het herintroduceren van de soorten. Deze optie is bij voorkeur niet de eerste keus, omdat het een kunstmatige maatregel is en niet leidt tot versterking van de bestaande populaties. Hiermee wordt immers geen ecologisch netwerk gerealiseerd met populaties die duurzaam met elkaar individuen kunnen uitwisselen of leeggeraakte gebieden kunnen herkoloniseren. Herintroductie is dan ook vooral een goede maatregel als deze voorafgaat aan de ontwikkeling van heideverbindingen en de vorming van een ecologisch netwerk.

Er is geen significant verschil in het gemiddelde aantal waarnemingen van dagvlinders tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. Dit betekent dat de vlinderdichtheid op de natuurbrug overeenkomt met die in de omliggende heidegebieden. Voor vier van de vijf frequentst waargenomen soorten is het beeld vergelijkbaar. Er zijn wel verschillen in aantallen tussen natuurbrug en referentiegebieden, maar deze verschillen zijn niet significant. Dit betekent dat er geen verschil in dichtheid van deze soorten tussen natuurbrug en referentiegebieden is aangetoond. Een uitzondering vormt het groot dikkopje, die niet op de natuurbrug is waargenomen. De resultaten suggereren dat de natuurbrug in 2014 al geschikt leefgebied was voor veel soorten dagvlinders. Dit was het eerste jaar na de aanleg van de natuurbrug en de vegetatie nog maar net in ontwikkeling. In dit verband zou het interessant zijn om de inventarisatie te herhalen nu de natuurbrug volledig begroeid is en de streefbeelden voor de diverse vegetatietypen op de brug in zicht komen.

Op de natuurbrug zijn vier soorten niet gezien die in de omgeving wel zijn waargenomen. Dit betekent niet dat deze soorten geen gebruik hebben gemaakt van de natuurbrug. Het aantal uitgevoerde inventarisaties is

immers relatief beperkt. Op de natuurbrug zijn zestien inventarisaties uitgevoerd. Per transect nam een inventarisatie 7-8 minuten in beslag. Dit betekent dat de totale inventarisatietijd op de natuurbrug 11-13 uur is geweest, verspreid over circa vier maanden. Soorten kunnen dus zijn gemist, vooral als een soort de natuurbrug slechts incidenteel gebruikt. Voor toekomstige monitoring is de aanbeveling dan ook om het aantal inventarisaties fors te vergroten. Hierdoor zal de kans op het missen van soorten afnemen en de steekproefgrootte toenemen. Dit maakt ook dat de statistische toetsing robuuster wordt en eventuele verschillen tussen natuurbrug en referentiegebieden, positief dan wel negatief, eerder kunnen worden aangetoond.

11.7 Conclusies

Natuurverbinding Zwaluwenberg is nog niet functioneel voor de doelsoorten heideblauwtje en heivlinder: niet omdat deze natuurbrug geen geschikt leefgebied biedt, maar omdat de soorten nog niet voorkomen in het gebied. De tellingen van andere vlindersoorten laten zie dat de natuurverbinding door dagvlinders in gebruik is genomen en de relatieve dichtheden hier niet verschillen van die in de nabijgelegen heidegebieden. De gebruikte onderzoeksmethode maakt het mogelijk om het gebruik van de natuurverbinding te kwalificeren door dit gebruik af te zetten tegen een referentiewaarde, gebaseerd op tellingen van dagvlinders in de omliggende leefgebieden. Ondanks dat het aantal inventarisaties relatief beperkt was, illustreert het onderzoek hoe de functionaliteit van natuurverbindingen voor dagvlinders systematisch kan worden geëvalueerd. De onderzoeksmethode maakt het ook mogelijk om betere vergelijkingen te maken met tellingen in andere natuurverbindingen. De referentiemetingen stellen ons immers in staat om in dergelijke vergelijkingen te corrigeren voor verschillen in dichtheden waarin soorten in de omgeving voorkomen.

12 Gebruik van de natuurverbinding door rode bosmieren

12.1 Inleiding

Al in een vroeg stadium is de groep van rode bosmieren aangewezen als 'doelsoort' voor Natuurverbinding Zwaluwenberg (Van Helden et al., 2001). In Het Gooi komen drie soorten rode bosmieren voor: de kale rode bosmier (*Formica polyctena*), de behaarde rode bosmier (*Formica rufa*) en de zwartrugbosmier (*Formica pratensis*). Tijdens de planvorming is de kale rode bosmier genoemd als indicatorsoort voor de groep (zie ook Paragraaf 2.5). Behalve dat dit de algemeenste rode bosmiersoort in de regio is, is de kale rode bosmier ook het gevoeligst voor versnippering en daarmee een goede indicator voor het evalueren van ontsnipperende maatregelen (Figuur 12.1). De soort is nagenoeg geheel grondgebonden. De koninginnen hebben vliegvermogen, maar vliegen meestal niet ver. Als ze wel enige afstand weten af te leggen, is de koningin voor het starten van een nieuwe kolonie afhankelijk van 'adoptie' door andere mierensoorten (zie kader *Hulpmieren*). De kans dat dit gebeurt, is echter zeer klein, waardoor kolonisatie door vliegende verspreiding bij kale rode bosmier niet of nauwelijks voorkomt (Van der Grift et al., 2001; Mabelis, 2002). Verbreiding gaat dus vooral over de grond en (spoor)wegen vormen dan een barrière (Mabelis, 2002). Daarbij komt dat het dispersievermogen gering is: de dispersieafstand wordt geschat op circa 100 m en ongeschikte habitat wordt tijdens dispersie gemeden. Natuurverbinding Zwaluwenberg moet deze ongewervelde, grondgebonden doelsoort in staat stellen veilig uit te wisselen tussen de leefgebieden aan weerszijden van de infrastructuur. De vraag is nu of deze uitwisseling ook daadwerkelijk plaatsvindt. In dit hoofdstuk presenteren we de uitkomsten van onderzoek naar het gebruik van de natuurverbinding door de kale rode bosmier en een beoordeling van de geschiktheid van het leefgebied voor deze soort binnen en direct buiten de corridor. Ook beschrijven we het gebruik van de natuurverbinding door andere soorten mieren.

Figuur 12.1 *De kale rode bosmier is een bijna uitsluitend grondgebonden bosmiersoort en is daarom gebaat bij de aanleg van ontsnipperende maatregelen bij infrastructuur. © Foto's: M. Waanders.*

Hulpmieren

Bevruchte koninginnen van de kale rode bosmier verlaten het nest om een nieuwe kolonie te stichten. Meestal vliegen ze niet ver en worden dan weer teruggebracht naar het nest. Als ze wel enige afstand weten af te leggen, zijn ze afhankelijk van de hulp van andere mieren, die behoren tot het subgenus S*erviformica*. *Servi* is Latijn voor hulp. Mieren van dit subgenus zijn dan ook hulpmieren van (voornamelijk) Formica-soorten, zoals de rode bosmieren. Deze hulp bestaat uit het adopteren van de koningin. De koningin van de hulpmier wordt gedood door de indringster of door haar eigen werksters verstoten of gedood. De werksters gaan het broed van hun 'nieuwe' koningin verzorgen. Langzamerhand sterven de werksters van de hulpmier uit en nemen de werksters van de indringer het nest over en ontstaat een puur rodebosmiernest. Hormonen en geurstoffen zijn de aanleiding voor dit fenomeen. In Nederland is dit gedrag vooral bekend van de grauwzwarte renmier (*Formica fusca*) (Boer, 2019).

12.2 Kale rode bosmier

De kale rode bosmier komt vooral voor in open bossen en overgangen naar heide op de hogere zandgronden. Belangrijk is dat het zonlicht de bosbodem bereikt. De soort komt alleen voor in dichtere bossen als hier voldoende open plekken aanwezig zijn. Ook bosranden die op het zuiden geëxponeerd zijn en open zomen en mantels behoren tot het leefgebied. Een sterk ontwikkelde struik- en kruidlaag is over het algemeen ongunstig. Variatie in structuur is voor de kale rode bosmier belangrijker dan de soortensamenstelling van het bos (Mabelis, 2002).

Het zijn sociale dieren die samenleven in een nest. Deze nesten hebben vaak de vorm van een koepel en kunnen meer dan 1,5 m hoog worden (Figuur 12.2). Eén nest kan meer dan een miljoen mieren herbergen. Het bovengrondse deel van het nest is opgebouwd uit takjes en naalden. In het ondergrondse deel bevinden zich de kamers waar de koninginnen eieren leggen en de larven groot gebracht worden. De kamers zijn door een uitgebreid gangenstelsel met elkaar verbonden. De nesten worden op een zonnige plek in het bos of in de bosrand gebouwd, bij voorkeur met enige beschutting in de vorm van boomstobben, takken of omgevallen bomen. Vanuit de nesten worden zogenoemde mierenpaden aangelegd. Deze worden gebruikt voor de aanvoer van nestmateriaal en voedsel. De paden zijn meestal goed te herkennen omdat de dieren ze vrijmaken van vegetatie (Figuur 12.2).

Figuur 12.2 *Een koepelnest van de kale rode bosmier in bosgebied De Zuid (links) en een voorbeeld van een mierenpad met in de achtergrond het nest waar deze naartoe loopt (rechts). © Foto's: E. van der Grift (links), R. de Bruijn (rechts).*

De mierenpaden lopen naar bomen waar ze voedsel vinden – de 'voedselbomen'. Belangrijke voedselbomen op de hogere zandgronden zijn ruwe berk (*Betula pendula*), grove den (*Pinus sylvestris*), fijnspar (*Picea abies*) en zomereik (*Quercus robur*). Het hoofdvoedsel van de kale rode bosmier bestaat uit luizenmelk en larven van insecten, zoals rupsen. Ook adulte insecten en andere ongewervelden worden gevangen. De prooidieren kunnen zowel in de voedselbomen als op de bodem worden gevangen. Daar waar veel kale rode bosmieren voorkomen, hebben ze dan ook invloed op de insectensamenstelling en daarmee op het lokale ecosysteem (Mabelis, 2002). Blad- en takluizen worden in struiken en bomen gevonden. Deze dieren produceren honingdauw, i.e. een suikerrijke afscheiding. Dit is de voornaamste voedselbron voor de werksters. De mieren leven dan ook in symbiose met de luizen: de luizen worden beschermd tegen natuurlijke vijanden in ruil voor de honingdauw (Figuur 12.3). In de winter worden de luizen vaak opgenomen in het nest waarna ze in het voorjaar weer worden uitgezet in de voedselbomen. De mieren foerageren tot maximaal 100 meter van het nest. De oppervlakte van het foerageergebied hangt af van de kwaliteit van het leefgebied en ligt tussen 0,5 en 1,5 hectare (Mabelis, 2002).

De kale rode bosmier is zelf ook een voedselbron voor andere diersoorten, zoals amfibieën, reptielen – inclusief hazelworm en levendbarende hagedis – en vogels zoals de groene specht (Mabelis, 2002). De soort wordt ook gepredeerd door andere mierensoorten, zoals de glanzende houtmier (*Lasius fuliginosus*). Deze soort dringt de nesten van de kale rode bosmier binnen om poppen en larven buit te maken. Omdat de foerageerafstand van deze predator gering is – circa 20-30 m –, is dit effect zeer plaatselijk (Boer, 2021).

Figuur 12.3 *Kale rode bosmieren die eikenkankerluizen (Lachnus iliciphilus) melken. © Foto: R. de Bruijn.*

12.3 Doel van het onderzoek

Een eerste doel van het onderzoek is het vaststellen of Natuurverbinding Zwaluwenberg door de kale rode bosmier wordt gebruikt en op welke wijze. Een tweede doel is om te onderzoeken waar de soort voorkomt in de 'brongebieden' aan weerszijden van de natuurverbinding. Een derde doel is om de geschiktheid van de natuurverbinding en aangrenzende gebieden te beoordelen en op basis hiervan aanbevelingen te doen voor inrichting en beheer. Ten slotte is een laatste doel om te verkennen welke andere soorten mieren de natuurverbinding gebruiken.

12.4 Onderzoeksvragen

Om deze doelen te bereiken, zijn de volgende concrete onderzoeksvragen geformuleerd:
1. Maakt de kale rode bosmier gebruik van de natuurverbinding en zo ja, op welke wijze?
2. Verandert dit gebruik over de onderzoeksjaren?
3. Waar liggen de nesten van de kale rode bosmier in de brongebieden?
4. Hoe geschikt zijn de natuurverbinding en aanliggende gebieden als leefgebied voor de soort?
5. Welke aanbevelingen zijn te geven voor het optimaliseren van de natuurverbinding voor de soort?
6. Welke andere soorten mieren maken gebruik van de natuurverbinding?

12.5 Methoden

12.5.1 Verzamelen gegevens

12.5.1.1 Inventarisatie kale rode bosmier in de natuurverbinding

In 2015 is een vlakdekkende inventarisatie uitgevoerd binnen de natuurverbinding (zie ook Vlaming & De Bruijn, 2015). Hierbij is gezocht naar nesten. Daarnaast zijn ook de mierenpaden en voedselbomen binnen de natuurverbinding gekarteerd. In 2016 en 2017 is de inventarisatie herhaald. In deze meetjaren is echter alleen naar nesten gezocht. In 2020 is de inventarisatie nogmaals uitgevoerd (zie ook Van den Bosch, 2020). In dat meetjaar is naar nesten gezocht en zijn mierenpaden gekarteerd. In 2015 is de inventarisatie uitgevoerd in juli. In 2016 en 2017 is deze gedaan in september. In 2020 zijn in de periode januari-september zeventien rondes door het terrein gemaakt.

12.5.1.2 Inventarisatie kale rode bosmier in de brongebieden

In 2015, 2016, 2017 en 2020 is een vlakdekkende inventarisatie uitgevoerd in de brongebieden aan weerszijden van de natuurverbinding, binnen een straal van 500 m vanaf de natuurbruggen. Hierbij zijn alle nesten van de kale rode bosmier gekarteerd. In 2015 is de inventarisatie uitgevoerd in juni. De inventarisaties in 2016, 2017 en 2020 zijn gelijktijdig uitgevoerd met die in de natuurverbinding.

12.5.1.3 Beoordeling geschiktheid leefgebied

Op basis van de biologie van de kale rode bosmier, inclusief de eisen die de soort stelt aan zijn leefgebied (zie ook Paragraaf 12.2), is een set van criteria geformuleerd op basis waarvan de natuurverbinding en de naastgelegen brongebieden aan weerszijden op geschiktheid zijn getoetst. Voor de brongebieden is opnieuw een straal van circa 500 m aangehouden als begrenzing van het onderzoeksgebied. Omdat de biotopen in de natuurverbinding gekenmerkt worden door pioniersvegetaties, zijn hier andere criteria gebruikt dan in de aan weerszijden gelegen brongebieden. Tabel 12.1 geeft een beschrijving van alle criteria en per criterium de bron van informatie die gebruikt is tijdens de toetsing. Voor de brongebieden geldt dat als een of meer terreinkenmerken niet aan de eisen voldoet, het betreffende perceel als ongeschikt is beoordeeld. De toetsing van de brongebieden is uitgevoerd in juni 2015. De toetsing van de natuurverbinding is uitgevoerd in juli 2015. De toetsing heeft het karakter van een expertoordeel.

Tabel 12.1 *Beschrijving van de criteria die zijn gebruikt voor het beoordelen van de geschiktheid van de natuurverbinding en naastgelegen brongebieden voor de doelsoort kale rode bosmier.*

Criterium	Geschikt	Ongeschikt	Bron van informatie
Natuurverbinding			
Geschikte plekken voor nesten	Vegetatietypen of landschapselementen die voldoende beschutting bieden tegen zon en wind	Het ontbreken van dergelijke vegetatietypen of landschapselementen	Veldinventarisatie
Geschikte ruimtelijke configuratie nesten	Geschikte nestplaatsen liggen op maximaal 100 m vanaf elkaar en/of voedselbomen	Geschikte nestplaatsen zijn meer dan 100 m van elkaar en/of voedselbomen verwijderd	Veldinventarisatie
Afwezigheid fysieke barrières	Geen fysieke barrières zoals intensief gebruikte paden of (spoor)wegen	Dergelijke fysieke barrières zijn wel aanwezig	Veldinventarisatie
Brongebieden			
Voldoende zonlicht op de bodem	Percelen met een (half)open boom-, struik- en kruidlaag en/of open plekken	Percelen met een gesloten boom-, struik- en kruidlaag en/of zonder open plekken	Veldinventarisatie
Voldoende beschutting	Percelen met opgaande begroeiing, houtwallen, stobben omgevallen bomen of andere vormen van beschutting	Percelen zonder opgaande begroeiing, houtwallen, stobben, omgevallen bomen of andere vormen van beschutting	Veldinventarisatie
Aanwezigheid voedselbomen	Aanwezigheid van een of meer van de volgende boomsoorten: zomereik, ruwe berk, boswilg (*Salix caprea*), eenstijlige meidoorn (*Crataegus monogyna*), fijnspar, Kaukasische spar (*Picea orientalis*), grove den	Afwezigheid van alle genoemde boomsoorten	Opstandenkaart (GNR) Veldinventarisatie
Bodemsoort	Zand, leem, löss	Klei, zavel, veen	Bodemkaart
Bodemvochtigheid	Droog	Vochtig, nat	Bodemkaart Grondwatertrappen

12.5.1.4 Inventarisatie overige mierensoorten

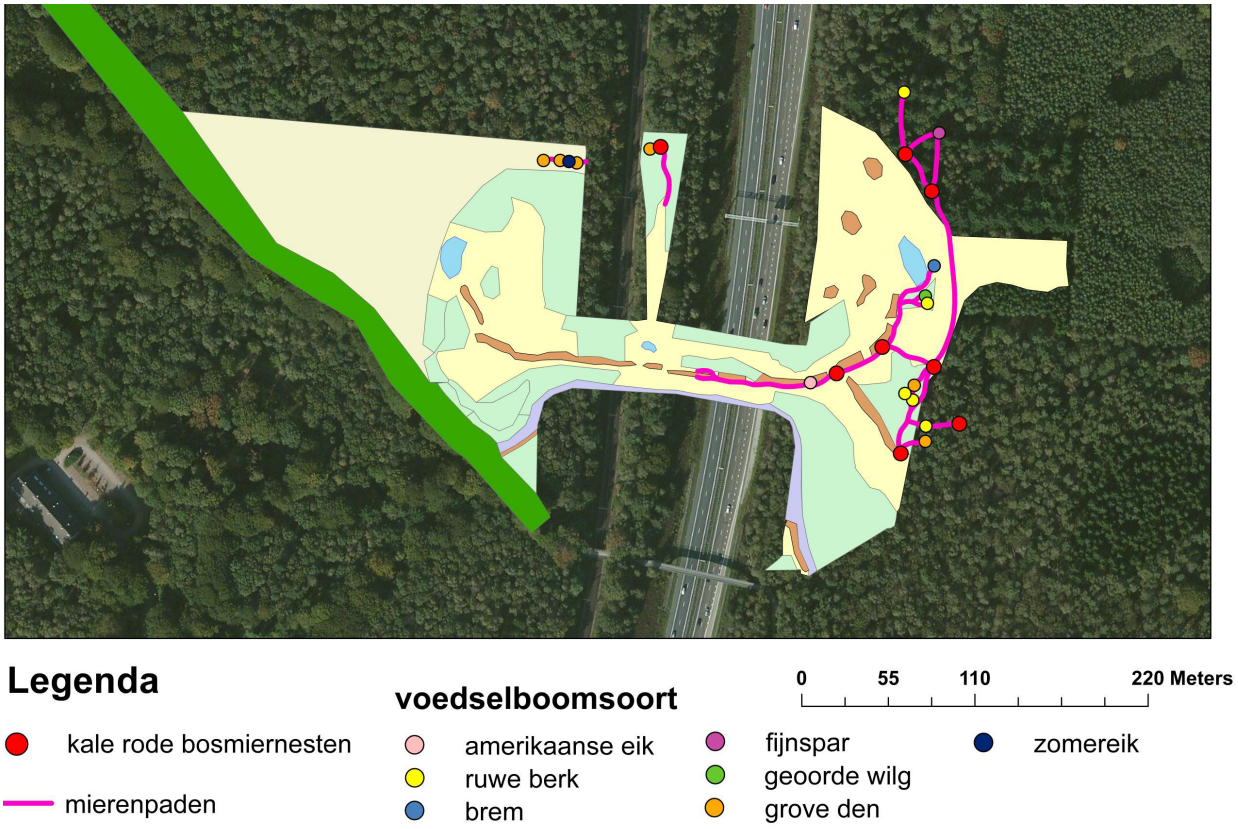
In 2015 is het gebruik van Natuurbrug Zwaluwenberg door andere mierensoorten onderzocht. Natuurbrug Hoorneboeg is buiten beschouwing gebleven, omdat deze nog in aanbouw was. Voor de inventarisatie is gebruikgemaakt van de op de natuurbrug uitgelegde, kunstmatige schuilplekken voor reptielen (zie Hoofdstuk 7). Diverse soorten mieren blijken deze schuilplekken namelijk frequent uit te kiezen voor het bouwen van een nest (Figuur 12.4). Een inventarisatie van de schuilplekken geeft naar verwachting dan ook een goed beeld van het voorkomen en de verspreiding van andere mierensoorten, aangezien deze schuilplekken systematisch over de natuurbrug zijn uitgelegd. De schuilplekken liggen op twaalf transecten, waarvan er vier op de oostelijke toeloop, vier boven op de natuurbrug en vier op de westelijke toeloop liggen. Ieder transect is 150 m lang en heeft zestien schuilplekken, op een onderlinge afstand van circa 10 m. Er zijn twee inventarisaties uitgevoerd: eenmaal in juni en eenmaal in juli. Tijdens iedere inventarisatie is per schuilplek geregistreerd welke soort is aangetroffen en of het een nest, een werkster of een koningin betrof. Bij het op naam brengen van de geïnventariseerde soorten is gebruikgemaakt van de door Boer (2010) gepubliceerde determinatietabel voor mieren.

Figuur 12.4 *Onder de kunstmatige schuilplekken voor reptielen sterft de vegetatie af en vinden diverse soorten mieren een geschikte plek voor de bouw van hun nest. © Foto's: E. van der Grift.*

12.6 Resultaten

12.6.1 Gebruik natuurverbinding door kale rode bosmier

In alle onderzoeksjaren is de kale rode bosmier in de natuurverbinding aangetroffen. In 2015 zijn er vijf bewoonde nesten van de soort aanwezig op Natuurbrug Zwaluwenberg (Figuur 12.5). Vier hiervan liggen op de oostelijke toeloop, de vijfde aan de voet van de noordelijke toeloop van deze brug. Drie van de nesten op de oostelijke toeloop bevinden zich in een stobbenwal. De vierde ligt in een opstand van jonge, ruwe berken, nabij de bosrand. Het nest aan de voet van de noordelijke toeloop is gebouwd in een dode boomstam. De nesten op de oostelijke toeloop zijn alle met elkaar verbonden via mierenpaden. Daarnaast staan deze nesten via mierenpaden ook in verbinding met drie nesten in het aanliggende brongebied (Figuur 12.5). Vanuit het nest dat bijna bovenaan de toeloop ligt, loopt een mierenpad langs de stobbenwal het brugdek boven de snelweg op. Dit mierenpad eindigt min of meer in het midden van dit brugdek. Vanuit het nest in het gebied tussen de snelweg en spoorlijn loopt een kort mierenpad de noordelijke toeloop op. Dit pad leek de top van de toeloop niet te bereiken. Ook op de westelijke toeloop is een mierenpad waargenomen, tussen verschillende voedselbomen. Waarschijnlijk ligt het bijbehorende nest binnen Landgoed Uijtwuijk, net buiten het onderzoeksgebied. Binnen de natuurverbinding zijn veertien voedselbomen gevonden, behorende tot zeven verschillende soorten. Behalve de (verwachte) soorten als zomereik, ruwe berk, grove den en fijnspar, waren dit Amerikaanse eik (*Quercus rubra*), geoorde wilg (*Salix aurita*) en brem (*Cytisus scoparius*). Dit is opmerkelijk, omdat Amerikaanse eik en geoorde wilg in de literatuur als niet-bruikbaar staan vermeld. Brem is in de literatuur niet genoemd (Mabelis, 2002). Tijdens de inventarisaties van de schuilplekken is driemaal een werkster van de kale rode bosmier op de top van de natuurbrug waargenomen.



Figuur 12.5 *In 2015 aangetroffen nesten, mierenpaden en voedselbomen van de kale rode bosmier op Natuurbrug Zwaluwenberg. Tevens de nesten in het oostelijke brongebied die via mierenpaden in verbinding staan met de natuurverbinding. Bron: Vlaming & De Bruijn, 2015.*

In 2016 zijn er opnieuw vijf bewoonde nesten van de kale rode bosmier aanwezig in Natuurverbinding Zwaluwenberg (Figuur 12.6). Drie hiervan liggen op de oostelijke toeloop, één op de westelijke toeloop en de vijfde aan de voet van de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. Twee van de nesten op de oostelijke toeloop bevinden zich in een stobbenwal. De derde ligt in de bosrand ten noorden van de poel. Het nest aan de voet van de noordelijke toeloop ligt op dezelfde plek als in 2015. Het nest op de westelijke toeloop ligt in het bos aan de voet van de helling. Dit jaar is ook Natuurbrug Hoorneboeg, inclusief toelopen, betrokken in de inventarisatie. Hier zijn echter geen nesten aangetroffen. In 2017 zijn er acht bewoonde nesten van de kale rode bosmier aanwezig in Natuurverbinding Zwaluwenberg (Figuur 12.6). Zeven hiervan liggen op de oostelijke toeloop en één aan de voet van de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. Het in 2016 op de westelijke toeloop van deze natuurbrug aangetroffen nest is niet teruggevonden. Twee van de nesten op de oostelijke toeloop bevinden zich in een stobbenwal. De overige liggen in de bosrand aan de voet van de helling. Ook net buiten de grens van de natuurverbinding, in de bosrand langs het open heideterrein, is een nest gevonden. Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn opnieuw geen nesten aangetroffen.

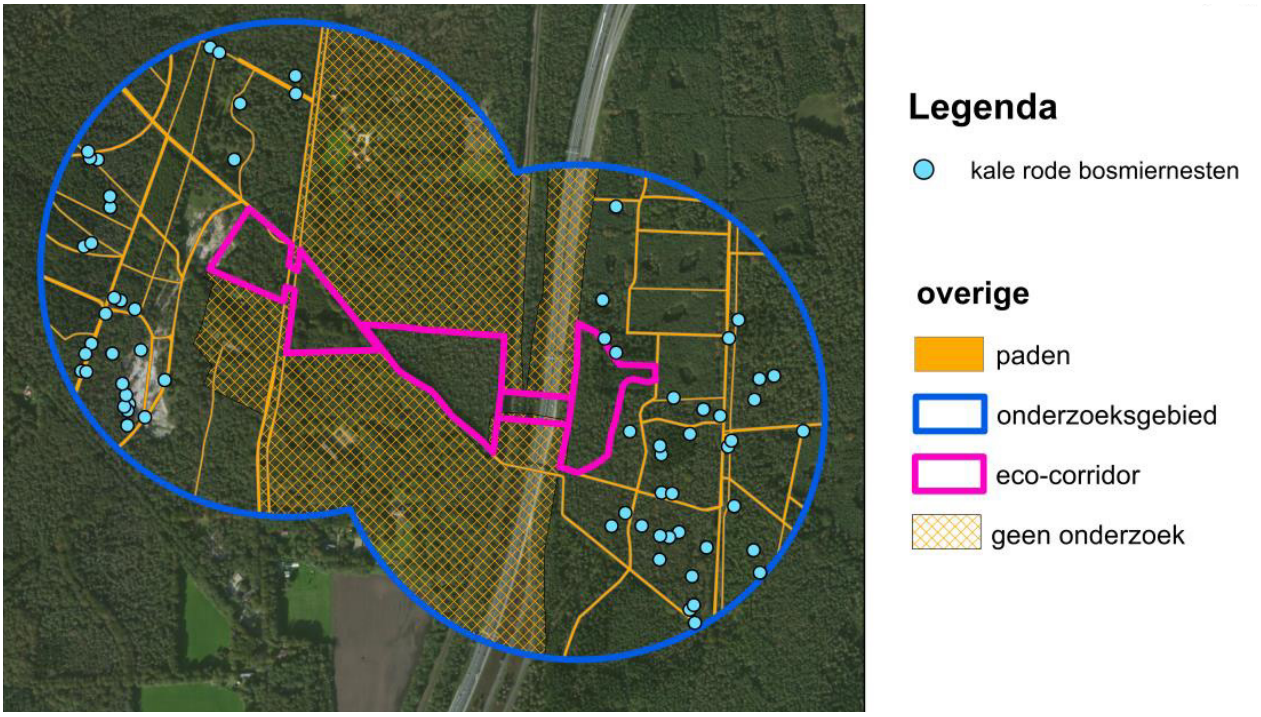
In 2020 zijn er twaalf bewoonde nesten van de kale rode bosmier aanwezig in Natuurverbinding Zwaluwenberg (Figuur 12.7). Vijf hiervan liggen op de oostelijke toeloop en drie aan de voet van de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg. De overige vier liggen in het tussengebied. Twee van de nesten op de oostelijke toeloop bevinden zich in een stobbenwal. Deze zijn via mierenpaden verbonden met nesten in het oostelijke brongebied. Twee andere liggen dicht bij elkaar in de bosrand ten noorden van de poel. Deze nesten zijn via mierenpaden met elkaar verbonden. Het vijfde nest ligt in de bosrand aan de oostelijke voet van de helling. Hier zijn geen mierenpaden aangetroffen. Mierenpaden zijn er wel tussen de vier bewoonde nesten op de noordelijke toeloop. Hier is ook een mierenpad aanwezig naar een nest dat (in het najaar) niet meer bewoond was, bovenaan het talud, nabij de toegang tot de natuurbrug. De nesten in het tussengebied zijn klein en onderling verbonden via mierenpaden. Nabij deze bewoonde nesten zijn ook nog drie niet (meer) bewoonde nesten aangetroffen. Op Natuurbrug Hoorneboeg zijn opnieuw geen nesten waargenomen.

Figuur 12.6 *In 2015, 2016 en 2017 aangetroffen, bewoonde nesten van de kale rode bosmier binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg. Tevens de in 2015 aangetroffen nesten in de brongebieden.*

Figuur 12.7 *In 2020 aangetroffen bewoonde (rood) en onbewoonde (wit) nesten van de kale rode bosmier in Natuurverbinding Zwaluwenberg en in de brongebieden aan weerszijden hiervan. De rode lijnen zijn mierenpaden. De groene lijnen zijn de routes die zijn afgelegd tijdens het inventariseren.*
Bron: Van den Bosch, 2020.

12.6.2 Nesten kale rode bosmier in de brongebieden

In 2015 zijn er in de aangrenzende brongebieden aan weerszijden van de natuurverbinding zeventig bewoonde nesten van de kale rode bosmier aangetroffen (Figuur 12.8). In het oostelijke brongebied liggen de nesten vooral in de bospercelen ten zuidoosten van de natuurverbinding. In het westelijke brongebied liggen de nesten vooral in de bospercelen ten zuidwesten van de natuurverbinding. De nestdichtheid is hier het hoogst in de bosrand langs een open terrein. De nesten bevinden zich hier vooral in een stobbenwal die langs de bosrand is aangelegd.



Figuur 12.8 *In 2015 aangetroffen nesten van de kale rode bosmier in de brongebieden aan weerszijden van Natuurverbinding Zwaluwenberg. Bron: Vlaming & De Bruijn, 2015.*

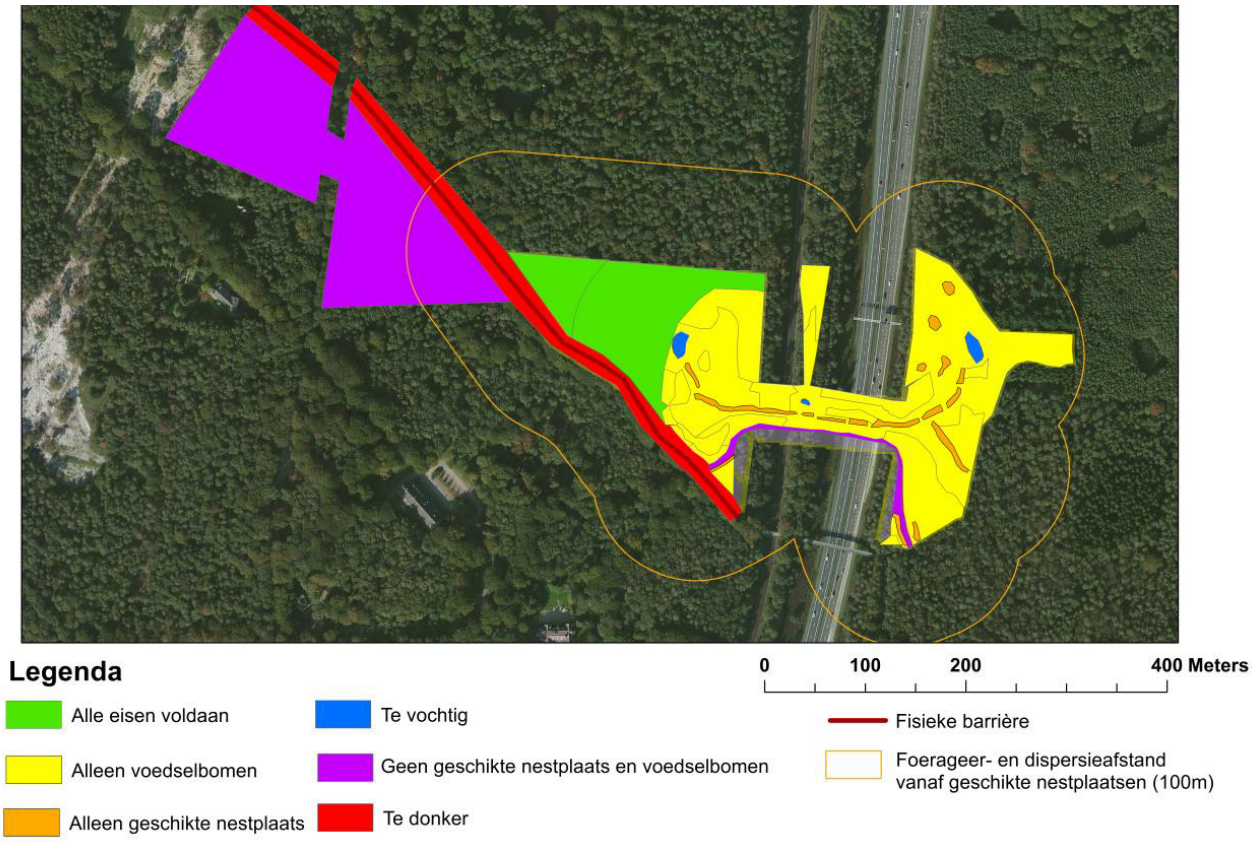
In 2020 zijn er in de aangrenzende brongebieden aan weerszijden van de natuurverbinding 87 bewoonde nesten van de kale rode bosmier aangetroffen (Figuur 12.7). De ligging van de nesten komt in grote mate overeen met die in 2015. Ook in dit jaar is de nestdichtheid het hoogst nabij het heideterrein binnen het gebied Zwarte Berg aan de westzijde van de natuurverbinding. Hier liggen tientallen nesten vlak bij elkaar. Uit de omvang en staat van veel nesten is op te maken dat hier al lange tijd kale rode bosmieren voorkomen. Ze maken dankbaar gebruik van de stobbenwal. Vanuit de nesten die hier liggen, lopen verschillende mierenpaden naar voedselbomen die in het heideterrein staan. Ook in het oostelijke brongebied – binnen bosgebied De Zuid – zijn tientallen nesten aangetroffen, hoewel deze meer zijn verspreid. Naast bewoonde nesten zijn er ook veel niet meer bewoonde nesten gevonden: 32 in het oostelijke en 9 in het westelijke brongebied.

12.6.3 Geschiktheid natuurverbinding en brongebieden

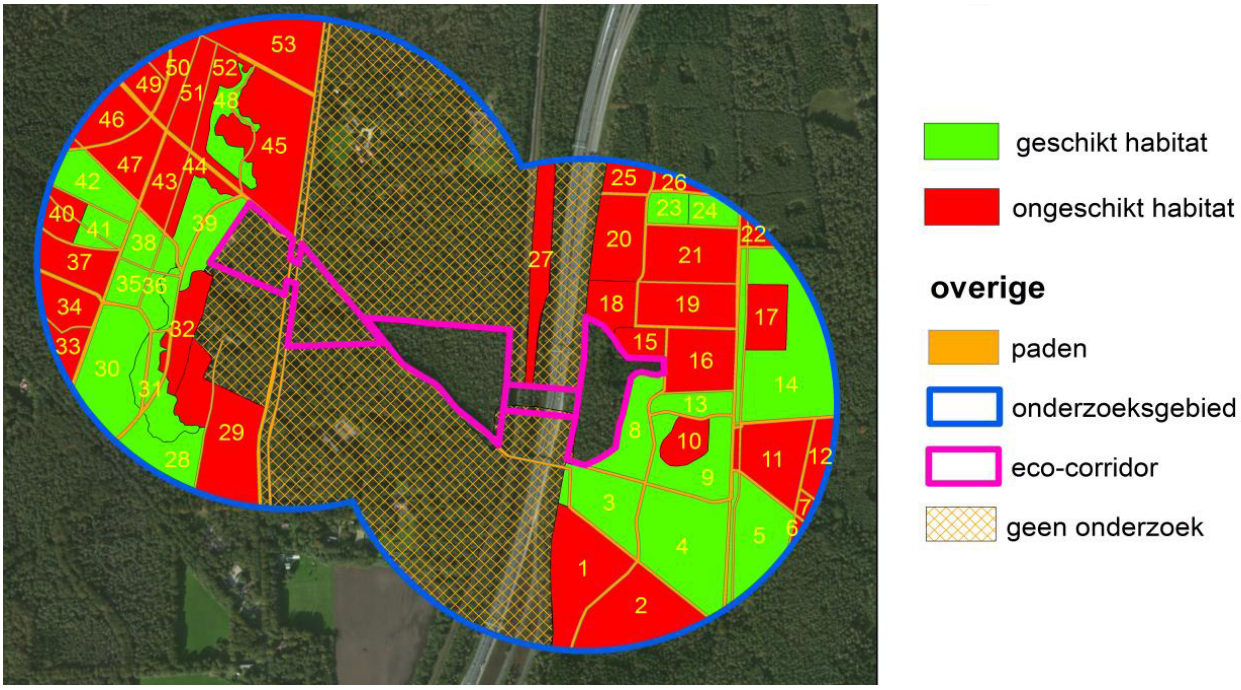
Natuurverbinding
In 2015 is een groot deel van het tussengebied – het eiken-berkenbos dat hier is gehandhaafd – beoordeeld als geschikt leefgebied (Figuur 12.9). Het biedt zowel geschikte nestplaatsen als voedselbomen. Natuurbrug Zwaluwenberg biedt alleen geschikte nestplaatsen in de stobbenwallen en verspreid liggende boomstobben. Voedselbomen (en struiken) kunnen in potentie wel over de hele natuurbrug worden aangetroffen. De beukenlaan met het halfverharde fiets-/voetpad is als een fysieke barrière beoordeeld die de verbreiding van de soort via de natuurverbinding mogelijk bemoeilijkt. Natuurbrug Hoorneboeg was nog in aanbouw en is dus niet beoordeeld.

Brongebieden

Binnen de brongebieden aan weerszijden van de natuurverbinding zijn 53 percelen onderscheiden. Hiervan zijn er 19 (36%) beoordeeld als geschikt leefgebied en 34 (64%) als ongeschikt leefgebied voor de kale rode bosmier (Figuur 12.10). Deze percentages veranderen nauwelijks als we alleen naar het oostelijke dan wel het westelijke brongebied kijken. Onvoldoende zonlicht dat de bodem bereikt is in alle gevallen de reden waarom een perceel als ongeschikt beoordeeld is; de boom-, struik- en/of kruidlaag blijkt op al deze plekken te gesloten. Percelen met een te gesloten boomlaag bevatten vooral opstanden van grove den met een gemiddelde leeftijd van dertig jaar oud. De vakken hebben een dunningsachterstand. Percelen met een te dichte struiklaag worden meestal gedomineerd door opslag van Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*). Binnen drie percelen speelt de afwezigheid van voedselbomen ook een rol. Zowel in het oostelijke als westelijke brongebied sluiten de percelen met geschikt leefgebied op elkaar aan. Hierdoor is uitwisseling tussen de geschikte percelen goed mogelijk.



Figuur 12.9 *Beoordeling van de geschiktheid van Natuurverbinding Zwaluwenberg als leefgebied voor de kale rode bosmier in 2015. Bron: Vlaming & De Bruijn, 2015.*



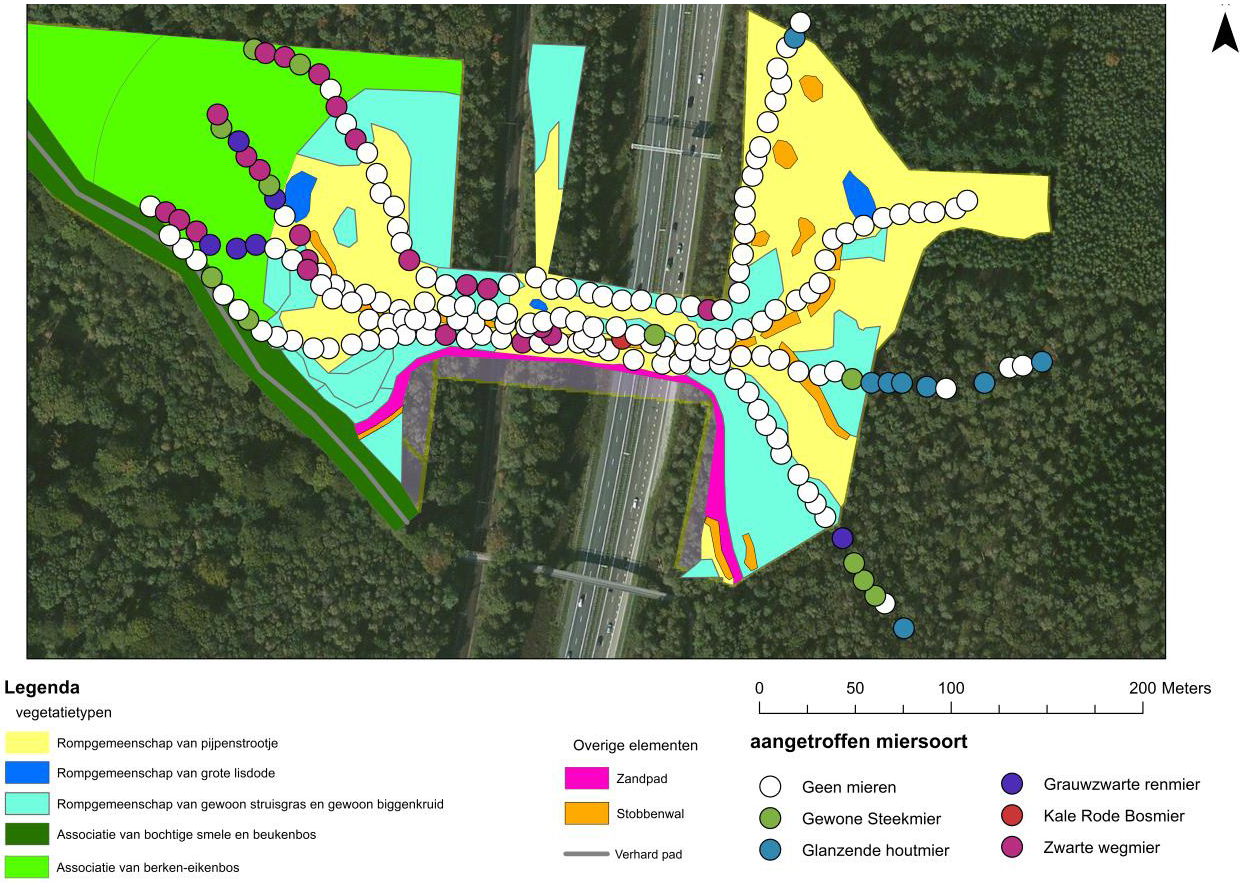
Figuur 12.10 *Beoordeling van de geschiktheid van de brongebieden aan weerszijden van Natuurverbinding Zwaluwenberg als leefgebied voor de kale rode bosmier in 2015. Bron: Vlaming & De Bruijn, 2015.*

12.6.4 Gebruik natuurverbinding door andere soorten mieren

In 2015 zijn op Natuurbrug Zwaluwenberg nog vier andere mierensoorten waargenomen: zwarte wegmier (*Lasius niger*), grauwzwarte renmier (*Formica fusca*), gewone steekmier (*Myrmica rubra*) en glanzende houtmier (*Lasius fuliginosus*). Het betrof vooral nesten van genoemde soorten (Tabel 12.2). Eenmaal betrof het een koningin van de glanzende houtmier. Bij vergelijking van de twee inventarisatierondes zien we dat de soortenlijst niet verandert. Wel zijn er tijdens de tweede ronde – dus later in de zomer – meer nesten gevonden. De zwarte wegmier is het meest waargenomen. Nesten van deze soort zijn vooral op de westelijke toeloop aangetroffen, inclusief het eikenbos aan de voet van de helling (Figuur 12.11). Ook op de top van de natuurbrug zijn meerdere nesten van deze soort gevonden, vooral tijdens de tweede inventarisatieronde. De soort is niet aangetroffen op de oostelijke toeloop. De grauwzwarte renmier is vooral op de westelijke toeloop aangetroffen. Eén nest bevond zich op de oostelijke toeloop. Op de top van de natuurbrug is de soort niet gezien. De gewone steekmier is op beide toelopen en op de top waargenomen. Nesten van de glanzende houtmier zijn alleen aan de voet van de oostelijke toeloop en in het aangrenzende bos gezien. Ook de waarneming van de koningin van deze soort is op deze toeloop gedaan.

Tabel 12.2 *Per mierensoort en plek het aantal nesten dat is gevonden tijdens de inventarisaties van de schuilplekken op Natuurbrug Zwaluwenberg in 2015.*

Soort		Toeloop West	Top	Toeloop Oost
Inventarisatie juni 2015				
Zwarte wegmier	*Lasius niger*	13	1	-
Grauwzwarte renmier	*Formica fusca*	4	-	-
Gewone steekmier	*Myrmica rubra*	4	-	1
Glanzende houtmier	*Lasius fuliginosus*	-	-	4
Inventarisatie juli 2015				
Zwarte wegmier	*Lasius niger*	15	7	-
Grauwzwarte renmier	*Formica fusca*	5	-	1
Gewone steekmier	*Myrmica rubra*	6	1	3
Glanzende houtmier	*Lasius fuliginosus*	-	-	8



Figuur 12.11 *De tijdens de twee inventarisaties in 2015 aangetroffen mierensoorten onder de voor reptielen uitgelegde schuilplekken op Natuurbrug Zwaluwenberg. Bron: Vlaming & De Bruijn, 2015.*

12.7 Aanbevelingen inrichting en beheer

Het onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat binnen de natuurverbinding vooral bos(randen) en stobbenwallen plekken zijn waar kale rode bosmieren hun nesten bouwen. De stobbenwallen en takkenrichels blijken ook plekken waarlangs ze zich bij voorkeur bewegen via mierenpaden. Dergelijke elementen kunnen het gebruik van de natuurverbinding en daarmee de verbreiding van de soort en de uitwisseling tussen kolonies dus bevorderen. De aanbeveling is dan ook om binnen de natuurverbinding meer beschutting te creëren op de natuurbruggen – zowel op de brugdekken als op de toelopen – in de vorm van een bosstrook en de hier aangelegde stobbenwallen regelmatig te versterken door nieuwe stobben, stammen en/of takken aan te brengen. Daarnaast is het advies om ook over de hele lengte van het tussengebied verschillende stobbenwallen aan te leggen, zodat hier een ononderbroken, geleidende structuur ontstaat die de mieren beschutting biedt. Het verbreden van de heidecorridor in het tussengebied, zoals bepleit voor reptielen (zie Hoofdstuk 7), vergroot het belang om hier ook stobbenwallen aan te leggen. Aanleg van een stobbenwal op de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg voor reptielen (zie Hoofdstuk 7) is eveneens een maatregel die positief zal werken voor grondgebonden insecten, zoals bosmieren. De beukenlaan met het (half)verharde pad vormt mogelijk een barrière voor de verbreiding. Het creëren van meer structuurrijke heide op de plek waar het tussengebied aansluit op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg is daarom niet alleen voor reptielen (zie Hoofdstuk 7), maar ook voor bosmieren een aan te bevelen ingreep. Het advies is daarnaast om te monitoren of het (gebruik van het) fiets-/voetpad de dieren dan nog belemmert en daar zo nodig op te acteren, bijvoorbeeld door de aanleg van 'mierentunnels' (Figuur 12.12).

Figuur 12.12 *Een van de twee tunnels voor bosmieren die in 2011 op het Floriadeterrein in Venlo zijn aangelegd. Bron: Antmaps Bosmierenproject, A. van den Bosch, www.ant-maps.com/index/mierentunnel.*

Behalve het creëren van geschikte nestplaatsen binnen de natuurverbinding is ook het ontwikkelen van voldoende voedselbomen van belang. De aanplant van bomen tijdens de realisatie van de natuurbruggen is een goede start geweest. En spontane opslag van bijvoorbeeld grove den en ruwe berk draagt hier ook aan bij. Het is nu zaak om een balans te vinden tussen het open houden van terreindelen waar heide en grazige vegetaties worden nagestreefd en het (lokaal) toestaan van boomvormers en boomgroepen. Lokale opslag van (potentiële) voedselbomen vindt bij voorkeur plaats binnen of in de nabijheid van de stobbenwallen om de bereikbaarheid van dergelijke voedselbomen buiten het bos te vergroten.

In de brongebieden aan weerszijden van de natuurverbinding liggen kansen om het leefgebied te verbeteren voor kale rode bosmieren. Momenteel is bijna twee derde van de brongebieden immers beoordeeld als ongeschikt. De belangrijkste reden hiervoor is dat deze opstanden te gesloten zijn waardoor er te weinig zonlicht de bodem bereikt. De aanbeveling is daarom om een deel van deze percelen te dunnen en/of er open plekken in te creëren, waardoor meer bosranden en gradiënten van lichtinval ontstaan. De aanleg van stobbenwallen of takkenrichels binnen deze bospercelen die richting de natuurverbinding zijn georiënteerd, is ook aan te bevelen. De stobbenwal langs het heideterrein in gebied Zwarte Berg is een goed voorbeeld dat dergelijke maatregelen de habitat voor de mieren optimaliseert, met een hoge nestdichtheid als gevolg. Op deze wijze kan naar verwachting kolonisatie en permanente bewoning van de natuurverbinding door kale rode bosmieren worden bevorderd.

12.8 Conclusies

De kale rode bosmier is al snel gebruik gaan maken van (delen van) de natuurverbinding. Twee jaar na de opening van Natuurbrug Zwaluwenberg zijn hier de eerste nesten gevonden. Ook in de daaropvolgende jaren zijn hier nesten aangetroffen. Deze bevonden zich vooral op de oostelijke en noordelijke toeloop van deze natuurbrug. Op de westelijke toeloop is slechts eenmaal een (klein) nest aangetroffen, dat een jaar later weer was verdwenen. In 2020 blijkt er ook een aantal kleine nesten in het tussengebied te zijn gebouwd. Tijdens het onderzoek zijn er op Natuurbrug Hoorneboeg geen nesten gevonden. Er is dus wel sprake van kolonisatie, maar nog niet van uitwisseling tussen de mierenkolonies in de brongebieden aan weerszijden van de natuurverbinding. Ook binnen de natuurverbinding lijken de gevonden kolonies nog niet met elkaar verbonden te zijn, zoals blijkt uit de karteringen van mierenpaden in 2015 en 2020.

Het aantal nesten binnen de natuurverbinding is over de onderzoeksjaren niet sterk veranderd. Er is sprake van een lichte toename van vijf nesten in 2015 naar twaalf nesten in 2020. De nesten binnen de natuurverbinding handhaven zich in veel gevallen meerdere jaren. Voorkeurslocaties voor de nesten blijken de stobbenwallen en bosranden. Het ontbreken van een doorlopende bosstrook op de toelopen en brugdekken van de natuurbruggen remt naar verwachting verdere kolonisatie. Voedselbeschikbaarheid is naar verwachting ook limiterend, omdat het aantal voedselbomen nog beperkt is en deze nog niet zijn volgroeid. Versterking van bestaande en aanleg van nieuwe stobbenwallen, ontwikkeling van een bosstrook en beheer dat rekening houdt met het ontwikkelen/sparen van (potentiële) voedselbomen zijn optimalisaties die het gebruik van de natuurverbinding door de kale rode bosmier bevorderen. Daarnaast zal habitatverbetering in de brongebieden bijdragen tot sterkere kolonies, wat naar verwachting positief werkt op de kolonisatiesnelheid van de natuurverbinding.

13 Tot slot

Meerjarige studies naar het gebruik van natuurverbindingen zijn zeldzaam. Veel evaluaties beperken zich tot relatief korte inventarisaties van enkele weken, maanden of hooguit een jaar (Van der Grift & Seiler, 2016). Deze studie naar het functioneren van Natuurverbinding Zwaluwenberg – die zeven jaren bestrijkt – kan dan ook gezien worden als een positieve uitzondering. Meerdere jaren monitoren is cruciaal om een goed beeld te krijgen van hoe een natuurverbinding door de fauna wordt geaccepteerd en gebruikt, evenals hoe dit gebruik zich in de loop van de tijd ontwikkelt. Korte studies leveren vaak een onvolledig overzicht van de diersoorten die een natuurverbinding gebruiken en verschaffen zelden inzicht in wat het gemeten gebruik betekent op het niveau van de populatie en/of het ecosysteem (Van der Grift & Seiler, 2016). Een van de belemmeringen is dan vaak de perceptie bij beleidsmakers en/of besluitvormers dat dergelijke evaluaties te complex zijn en moeilijk uitvoerbaar. Voor een deel klopt die perceptie wellicht, maar deze studie laat zien dat langer meten, enkele wijzigingen in de monitoringsaanpak en de inzet van innovatieve technieken haalbaar is en veel nieuwe kennis en inzichten kan genereren. Lessen die vervolgens kunnen worden gebruikt om niet alleen de hier onderzochte natuurverbinding te optimaliseren, maar ook bestaande en toekomstige natuurverbindingen op andere plekken in ons land. In dit slothoofdstuk reflecteren we kort op de vier doelen van het onderzoek (zie Paragraaf 1.2) aan de hand van de vier onderzoeksvragen die hieruit zijn gedestilleerd (zie Paragraaf 1.3).

Functioneert de natuurverbinding voor de doelsoorten, i.e. faciliteert ze de uitwisseling van individuen en vergroot ze daarmee de overlevingskansen van populaties?
Natuurverbinding Zwaluwenberg functioneert goed voor de doelsoorten ree en das. Deze soorten hebben de natuurverbinding in gebruik genomen en de gestelde doelen voor de frequentie van passeren zijn voor beide soorten gehaald. Modelsimulaties laten zien dat de uitwisseling van ree voldoende is om de levensvatbaarheid van de populaties te waarborgen. Het territoriale gedrag van reebokken zorgt ervoor dat het aantal bokken dat de natuurverbinding gebruikt, beperkt is. De gemeten uitwisseling van reeën is naar verwachting wel voldoende groot om ook genetische vitaliteit van de populaties te waarborgen. Modelsimulaties indiceren dat de uitwisseling van dassen nog onvoldoende is voor het bereiken van levensvatbare populaties. Het gebruikte model houdt echter geen rekening met het territoriale gedrag van de dassen, die rijksweg A27 als territoriumgrens hebben gekozen. De passages van dassen die zijn geregistreerd, laten zien dat de soort de natuurverbinding weet te vinden en te gebruiken, en er dus geen belemmering is voor (dispergerende) dieren om nieuwe leefgebieden en andere familiegroepen te bereiken. Natuurverbinding Zwaluwenberg functioneert nog niet goed voor de boommarter. De soort is slechts eenmaal geregistreerd. Dit betekent dat de boommarter naar schatting hooguit enkele keren per jaar passeert. Hiermee is aan geen van de doelstellingen wat betreft uitwisseling voldaan. De oorzaak lijkt voor een deel gelegen in het ontbreken van voldoende opgaande begroeiing op de natuurbruggen. Daarnaast zorgen de huidige faunarasters niet voor geleiding van de dieren naar de overgangen, aangezien deze naar verwachting wel door de soort kunnen worden gepasseerd.

De natuurverbinding is relatief snel in gebruik genomen door de doelsoorten hazelworm en levendbarende hagedis. De doelsoort zandhagedis maakt (nog) geen gebruik van de natuurverbinding. Deze soort komt momenteel niet voor in de brongebieden. Voor beide doelsoorten is over de jaren een toename in het gebruik gemeten. De abundanties in de natuurverbinding zijn in het laatste onderzoeksjaar vergelijkbaar of hoger dan die in omliggende, geschikte leefgebieden. Een goed teken is ook dat er binnen de natuurverbinding voortplanting is vastgesteld en alle leeftijdsgroepen er voorkomen. De genetische studie heeft laten zien dat er op beide natuurbruggen uitwisseling plaatsvindt van zowel de hazelworm als levendbarende hagedis. Het is echter ook duidelijk geworden dat de op basis van deze uitwisseling verwachte genetische veranderingen zich langzaam manifesteren. Voor levendbarende hagedis zijn er aanwijzingen dat de soort ook uitwisselt tussen de twee natuurbruggen. Voor hazelworm is dat nog niet het geval. De oorzaak lijkt gelegen in de inrichting van (een deel van) het tussengebied en de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg. Op basis van deze bevindingen is de conclusie dat de natuurverbinding op dit moment nog niet voldoende goed

functioneert om na ontsnippering de gewenste levensvatbaarheid van de populaties van hazelworm en levendbarende hagedis te kunnen bewerkstelligen.

De doelsoorten heideblauwtje en heivlinder maken geen gebruik van de natuurverbinding. Niet omdat deze ongeschikt is, maar omdat deze soorten momenteel niet meer voorkomen in de brongebieden. De tellingen van andere vlindersoorten laten echter zien dat de natuurverbinding wel regelmatig door dagvlinders wordt gebruikt en de relatieve dichtheden hier niet verschillen van die in de nabijgelegen heidegebieden. De kale rode bosmier heeft de natuurverbinding gekoloniseerd en het aantal nesten is gedurende de onderzoeksperiode toegenomen. Vooralsnog zijn echter nog niet alle delen van de natuurverbinding in gebruik genomen en zijn er ook nog geen aanwijzingen dat de verschillende kolonies binnen de natuurverbinding met elkaar in verbinding staan. Naast enkele ingrepen zoals versterking/uitbreiding van stobbenwallen en ontwikkeling van meer bos, is voor deze soort naar verwachting vooral tijd de sleutel tot succes. De vegetatie in de natuurverbinding is nog jong en de condities voor rode bosmieren zijn hierdoor pas op termijn optimaal.

Welke effecten heeft het menselijk medegebruik van de natuurverbinding op het gebruik door de fauna?

Zoogdieren zijn van alle onderzochte diergroepen het gevoeligst voor verstoring. Het onderzoek heeft zich hier dan ook op deze soortgroep gericht. Het aantal passages per nacht van de zoogdieren die gebruikmaken van de natuurverbinding – al dan niet aangewezen als doelsoort – wordt niet negatief beïnvloed door het aantal mensen dat de voorgaande dag is gepasseerd. Voor de meeste soorten geldt zelfs dat het aantal passages van de dieren na dagen met veel mensen juist hoger is in vergelijking met dagen waarop weinig mensen de natuurverbinding gebruiken. Naar verwachting wordt de passagefrequentie van de hier onderzochte middelgrote zoogdieren vooral verklaard door seizoen en weersomstandigheden. Wel blijken de dieren Natuurbrug Zwaluwenberg later op de avond te passeren als overdag veel mensen zijn gepasseerd. Dit uitstel van passeren kan oplopen tot circa anderhalf uur. Op Natuurbrug Hoorneboeg is dit effect niet waargenomen. Dit lijkt vooral een gevolg van de veel hogere passagefrequenties van mensen. Tussen drukke en zeer drukke dagen is geen verschil in gemiddeld tijdstip van passeren van de diersoorten meer te meten.

Welke monitoringssystematiek is aan te bevelen voor toekomstige evaluaties van ontsnipperende maatregelen?

Voor een zorgvuldige evaluatie van ontsnipperende maatregelen is het vaststellen van een lijst van soorten die in de natuurverbinding zijn gezien, niet voldoende. Het is nodig om kwantitatieve gegevens te verzamelen, te beginnen met die van passagefrequenties, om een goed inzicht te krijgen in de mate waarin de soorten een natuurverbinding accepteren en gebruiken. Metingen moeten zich daarbij niet beperken tot de natuurverbinding, maar ook plaatsvinden in de brongebieden aan weerszijden van de infrastructuur. Laatstgenoemde metingen kunnen dan dienen als referentie en medebepalen of de natuurverbinding aan de verwachtingen voldoet of niet. Dergelijke metingen bieden ook de kans om indexwaarden te berekenen – zoals de in dit onderzoek gepresenteerde stuwingsindex en abundantie-index – op basis waarvan ontsnipperende maatregelen op verschillende plekken in het land op eenduidige wijze met elkaar kunnen worden vergeleken. Genoemde indexen houden namelijk rekening met verschillen in de dichtheden waarin soorten kunnen voorkomen. Een vergelijking van niet-geïndexeerde metingen heeft al snel het karakter van 'appels met peren' vergelijken en leidt dan veelal tot verkeerde conclusies. In dit onderzoek is gebruikgemaakt van referentiemetingen voor zowel zoogdieren, reptielen, amfibieën als dagvlinders. In alle gevallen heeft dit geholpen bij het duiden van de verzamelde metingen. Zo kon worden vastgesteld dat de afwezigheid van egels in de natuurverbinding niet betekent dat deze ongeschikt is voor de soort, maar samenhangt met de zeer lage dichtheden waarin de soort voorkomt in de omgeving van de natuurverbinding. Anderzijds werd duidelijk dat de (bijna) afwezigheid van boommarter en eekhoorn juist geen gevolg is van afwezigheid of (zeer) lage dichtheden in de omgeving, maar er voor deze soorten sprake is van 'vermijding' van de natuurverbinding, naar verwachting omdat de door deze soorten gewenste biotopen hier nog in ontwikkeling zijn. Referentiemetingen zijn dus essentieel – ze verschaffen een maatlat waaraan metingen kunnen worden getoetst – en zijn dan ook aan te bevelen voor alle toekomstige evaluaties van ontsnipperende maatregelen (Van der Grift & Van der Ree, 2015).

Tijdens de planvorming en uitwerking van ontwerpen voor ontsnipperende maatregelen worden meestal doelen geformuleerd waaraan de maatregelen moeten voldoen. Niet zelden beperken deze doelstellingen zich tot een lijst met doelsoorten waarvoor de verbinding moet gaan functioneren. Voor zorgvuldige evaluatie achteraf is dat onvoldoende. Daarvoor zijn eenduidige, meetbare doelen nodig op basis waarvan kan worden bepaald of de maatregelen een succes zijn of niet. Een toetsingskader dus. Bij voorkeur zijn hierin doelen opgenomen die samenhangen met zowel het gebruik als de effectiviteit van de natuurverbinding. Doelen voor gebruik geven aan welke soorten de natuurverbinding zouden moeten gaan gebruiken, maar bijvoorbeeld ook hoe vaak en op welke wijze zij dit zouden moeten doen. Doelen voor effectiviteit geven aan in welke mate na een gegeven termijn een versnipperingsprobleem moet zijn opgelost, bijvoorbeeld met welk percentage aanrijdingen met fauna moet worden teruggebracht of wanneer de genetische verschillen van de populaties moeten zijn opgeheven. Dit alles klinkt complexer dan dat het is. In dit onderzoek is een toetsingskader uitgewerkt, gericht op een toetsing van het gebruik van de natuurverbinding, waarmee kan worden geïllustreerd dat op een relatief eenvoudige wijze meetbare doelen kunnen worden geïdentificeerd. Merk op dat veel van de hier geformuleerde doelen vragen om referentiemetingen, zoals in de voorgaande paragraaf beschreven. De kracht van dergelijke toetsingskaders is dat het op een systematischere wijze in beeld brengt waar een natuurverbinding nog aandacht verdient. Het dwingt ook om vooraf beter na te denken en vast te stellen wanneer een natuurverbinding als succes wordt gezien en wanneer niet. Daarnaast resulteert het consequent toetsen aan meetbare doelen tot meer kennis over de factoren die de functionaliteit van natuurverbindingen bepalen en biedt het betere kansen om bevindingen uit diverse studies te vergelijken en in samenhang te analyseren.

In monitoringsstudies moet altijd oog zijn voor vernieuwing. Zo is de ‘switch’ van monitoring met sporenbedden, enige jaren geleden nog de standaard, naar monitoring met cameravallen een belangrijke geweest, omdat laatstgenoemde methode veel meer gegevens en inzichten oplevert. Het is wel verstandig om veelbelovende, nieuwe technieken eerst te testen alvorens deze breed toe te passen. In dit kader is binnen dit onderzoek een vergelijking gemaakt tussen vier typen kunstmatige schuilplekken die kunnen worden gebruikt bij de monitoring van reptielen. Er blijken duidelijke verschillen te bestaan in het aantal waarnemingen van reptielen tussen de vier onderzochte typen. Tapijttegels en stalen platen leveren significant meer waarnemingen op dan houten platen en ACO’s van polymeerbeton. Tapijttegels en stalen platen zijn dan ook de aan te bevelen typen schuilplekken voor toekomstige inventarisaties.

Het gebruik van genetische technieken bij het evalueren van een natuurverbinding is innovatief te noemen. Niet de technieken zelf, maar wel de toepassing om deze in te zetten om uitwisseling van soorten via faunapassages te meten. De techniek is tijdens dit onderzoek niet alleen een werkbare methode gebleken, maar heeft ook laten zien dat we met de conventionele technieken niet alles in beeld hebben. Zo lieten de tellingen van hazelworm en levendbarende hagedis op beide natuurbruggen zien dat deze in behoorlijke – en toenemende – aantallen aanwezig zijn binnen de natuurverbinding. Normaliter zou dan de conclusie zijn dat de natuurverbinding goed functioneert als verbinding. Op basis van de genetica is echter gebleken dat we dat punt nog niet hebben bereikt. De uitwisseling via beide natuurbruggen gaat goed, maar het tussengebied vormt nog een barrière, vooral voor hazelworm. Toepassing van de genetische technieken zijn hiermee een belangrijke aanvulling gebleken op tellingen en zijn dan ook nadrukkelijk aan te bevelen voor toekomstige evaluaties van natuurverbindingen. Datzelfde geldt voor het reconstrueren van bewegingen van dieren op basis van individuele herkenning. In dit onderzoek is deze techniek verkend door hazelwormen van een chip te voorzien en hun biometrische kenmerken vast te leggen. Van ringslangen zijn buikpatronen gefotografeerd, die per individu verschillen. De verkenning toont aan dat de techniek lastig is. Individuen zijn minder vaak teruggevangen dan verwacht, waardoor de bevindingen weinig robuust zijn. Een belangrijk probleem bij de hazelworm is dat de chips alleen in grotere dieren konden worden ingebracht. Anderzijds zorgt het gebruik van biometrische kenmerken voor enige onzekerheid. Binnen het onderzoek is daarom een pilot gestart om hazelwormen op basis van fotobeelden van de kaken individueel te herkennen. Dit blijkt een werkbare methode, met als voordeel dat alle beesten kunnen worden herkend, klein of groot, er geen invasieve handelingen meer nodig zijn en er weinig onzekerheid over correcte identificatie is. Voor toekomstige evaluaties bevelen we deze techniek dan ook aan.

Uitspraken doen over het effect van ontsnipperende maatregelen op de overlevingskansen van populaties is lastig. Empirische populatiestudies zijn meestal intensief en vragen om een lange adem. Een alternatief is om modellen te gebruiken die de ontwikkeling van populaties en effecten van ontsnippering kunnen simuleren

(Seiler et al., 2016). Een voordeel is dat hiervoor niet jarenlang in het veld gegevens verzameld hoeven te worden en het eenvoudig is om de simulaties vaak te herhalen, zodat kansen kunnen worden berekend. Een nadeel is vanzelfsprekend dat modellen altijd een versimpeling van de werkelijkheid zijn en er dus onzekerheden in de uitkomsten zitten. Modelsimulaties moeten dan ook niet gezien worden als precieze voorspellingen, maar meer als hulpmiddel om verschillende scenario's te vergelijken en een (globale) indicatie te krijgen of een ontsnipperende maatregel doet wat die zou moeten doen. Vooralsnog zijn simulatiemodellen echter nog weinig gebruikt in evaluaties van ontsnipperende maatregelen. Dit onderzoek is daarin een voorloper. Innovatief aan het hier gebruikte model METAPOP is dat het een direct verband legt tussen het aantal uitwisselingen via een natuurbrug of natuurverbinding en de overlevingskansen van de populatie, uitgedrukt als percentage van de tijd dat een leefgebied bezet is. Ook uniek is dat de met dit model gegenereerde output door iedereen te gebruiken is via een eenvoudige webtool, de *RoadMitigationCalculator*. Met behulp van deze instrumenten is hier getoond dat de natuurverbinding naar verwachting voor voldoende uitwisseling zorgt om levensvatbare populaties voor ree aan weerszijden van de infrastructuur te waarborgen. Voor das en boommarter geldt dat (nog) niet. Behalve op basis van simulaties kunnen ook uitspraken over de effecten van een natuurverbinding op de levensvatbaarheid van populaties worden gedaan op basis van een habitatanalyse en normen voor de minimale grootte van een levensvatbare populatie. Dat is in dit onderzoek uitgevoerd voor de doelsoorten hazelworm en levendbarende hagedis. De analyse heeft duidelijk gemaakt dat de natuurverbinding voor beide soorten onmisbaar is om in alle deelgebieden levensvatbare populaties te creëren.

Op welke wijze kunnen inrichting en beheer van de natuurverbinding worden verbeterd?
Op basis van het onderzoek zijn meerdere aanbevelingen voor de inrichting van de natuurverbinding gedaan. De belangrijkste zijn: (1) de ontwikkeling van een doorgaande bosstrook op beide natuurbruggen en hun toelopen, (2) het regelmatig, maar gefaseerd versterken van de bestaande stobbenwallen op de bruggen en toelopen en de aanleg van een nieuwe stobbenwal op de noordelijke toeloop van Natuurbrug Zwaluwenberg, (3) verbreding van de strook met heidevegetaties in het tussengebied en het realiseren van een betere aansluiting van deze strook op de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg, (4) de aanleg van meerdere stobbenwallen over de hele lengte van het tussengebied, (5) de ontwikkeling van een heidecorridor aan weerszijden van de natuurverbinding, die voor een verbinding zorgt met de brongebieden Hilversums Wasmeer en Hoorneboegse Heide en (6) de aanleg van twee nieuwe, grote wateren – een aan de oostzijde en een aan de westzijde van de natuurverbinding – die door grondwater worden gevoed. In aanvulling op bovenstaande inrichtingsmaatregelen is het advies ook om de huidige rasters langs de snelweg aan te passen, zodat boommarters hier niet meer overheen kunnen klimmen en de omheining van Landgoed Zwaluwenberg aan de voet van de oostelijke toeloop van Natuurbrug Hoorneboeg circa 50 m naar het zuiden te verplaatsen, zodat hier ruimte ontstaat voor een robuuste heideverbinding.

Wat betreft het beheer van de natuurverbinding zijn geen grote aanpassingen vereist. De aanbeveling is om vooral het huidige beheer – bestaande uit kleinschalig maai- en begrazingsbeheer en gefaseerd schonen van de poelen – voort te zetten. Binnen de zich ontwikkelende bosvegetaties worden bij voorkeur op zeer kleine schaal en gefaseerd in de tijd bomen gekapt, zodat de opgaande begroeiing structuurrijker wordt en er ruimte ontstaat voor een struiklaag. Kleinschalig plaggen kan zorgen voor meer structuur in de heidevegetatie, waarin heide van verschillende leeftijd – in de pioniers-, opbouw-, volwassen en afbraakfase – een plek heeft. Het uitstrooien van (heide)maaisel uit nabijgelegen heideterreinen kan helpen om plantensoorten terug te krijgen die niet meer in de zaadbank voorkomen. Boomopslag moet tijdig worden verwijderd op plekken waar heidevegetatie en/of heischraal grasland het streven is. Het beheer van de poelen moet zich richten op het voorkomen van verlanding en het permanent aanwezig zijn van (oever)vegetaties die beschutting bieden aan fauna. Gefaseerd schonen is dan ook het advies, bij voorkeur in het najaar en niet alle poelen tegelijkertijd. Baggeren moet plaatsvinden als de poelen te ondiep worden en daardoor te vroeg en te vaak droogvallen in de zomer. Beschaduwing van de poelen moet worden voorkomen door jaarlijks opgaande begroeiing in een strook van minimaal 5 meter rond de poel te verwijderen.

Dankwoord

Een groot aantal mensen heeft een bijdrage geleverd aan de totstandkoming en/of uitvoering van dit onderzoek. Wat dit betreft gaat onze dank allereerst uit naar de contactpersonen bij de provincie Noord-Holland – Nico Jonkers, Gerlies Nap en Belinda van der Kort – die niet alleen het onderzoek hebben geïnitieerd, vakkundig hebben begeleid en ons in alle stadia van waardevolle feedback hebben voorzien, maar vooral ook hebben meegedacht en meebewogen bij het optreden van knelpunten – zoals camera's die vernield of gestolen werden – en veel geduld hebben getoond toen de analyses en verslaglegging meer tijd in beslag namen dan was voorzien. We hebben deze samenwerking als zeer prettig ervaren, dank daarvoor!

Dank ook aan de leden van de klankbordgroep, bestaande uit Poul Hulzink (Goois Natuurreservaat), John Didderen (Goois Natuurreservaat), Victor Loehr (Rijkswaterstaat) en Adam Hofland (Rijkswaterstaat) voor de vragen, suggesties en aanvullingen tijdens de voortgangsbijeenkomsten. Een frisse blik op de bevindingen, positief-kritische feedback en oog voor detail kenmerkten de besprekingen. Adam heeft daarnaast vanuit de afdeling Programma's Projecten en Onderhoud van Rijkswaterstaat voor cofinanciering van het onderzoek gezorgd, waarvoor ook onze hartelijke dank.

Het onderzoek strekte zich uit over meerdere natuurgebieden in Het Gooi en op de Utrechtse Heuvelrug. Dit is mogelijk gemaakt door de terreinbeheerders van de gebieden; niet alleen door ons toestemming te verlenen om de terreinen te betreden, maar ook om binnen de terreinen meetopstellingen te plaatsen. Voor deze toestemming en de prettige samenwerking tijdens de uitvoering willen wij daarom John Didderen (Goois Natuurreservaat), Annemieke Ouwehand, Luc Hoogenstein en Diederik Aarendonk (Natuurmonumenten, Beheereenheid Gooi en Vechtstreek), Hans Hoogewerf (Utrechts Landschap) en Lex van Boetzelaer (Landgoed Eyckenstein) graag bedanken. Vanuit het Goois Natuurreservaat is daarnaast veel technische ondersteuning geweest, bijvoorbeeld bij het plaatsen van camera's of het installeren van kunstmatige schuilplekken voor reptielen. In dit verband ook dank aan Melvin Scholten en zijn collega's.

We waren niet de eersten of enigen die in dit gebied onderzoek uitvoerden. Dit maakte dat we ook gegevens van anderen in het onderzoek konden benutten. Dank dus aan allen die ons van gegevens hebben voorzien, te weten: Hans Vink (Dassenwerkgroep Utrecht-'t Gooi; gegevens bewoning dassenburchten), Jaap Mulder (Bureau Mulder-natuurlijk; gegevens dassenburchten, gegevens telemetrisch onderzoek dassen i.h.k.v. de verbreding van de A27), Henri Wijsman (Werkgroep Boommarter Nederland; gegevens potentiële nestbomen boommarter, nieuwsbrieven boommarterwerkgroep); David Sietses (Ecogroen Advies; gegevens potentiële nestbomen boommarter), Victor Loehr (Rijkswaterstaat; gegevens onderzoek hazelworm in het Hilversums Wasmeer), Edwin Terlouw (gegevens onderzoek reptielen in Einde Gooi), Jelle Harder (GAC Gooise Atletiek Club; gegevens reptielen); Jeroen van Delft (RAVON; gegevens m.b.t. vangsten reptielen in de wegbermen van de A27); Richard Struijk (RAVON; gegevens monitoring herpetofauna op ecoducten); Dimitri Emond (Bureau Waardenburg; monitoringsrapporten ecoducten); Martijn de Haan (Rijkswaterstaat; ontwerptekeningen Natuurbrug Zwaluwenberg).

Anderen aan wie we dank verschuldigd zijn voor hun hulp bij dit onderzoek zijn Tom Langton (ACO Polymer Products Inc) en Paul Gruson (ACO BV, Doetinchem), die de kunstmatige schuilplekken van ACO aan het onderzoek geleverd hebben tegen een gereduceerde prijs; Bas Bakker (3Angle), die het mogelijk heeft gemaakt dat wij DNA-monsters van reptielen konden verzamelen tijdens het wegvangen van de dieren in de wegbermen; Lennart Suselbeek (Wildlife Monitoring Solutions), die voor een snelle levering van cameravallen en bijbehorende materialen zorgde en daarnaast het onderzoek ondersteunde door kortingen en een goede service als er technische problemen waren met camera's.

Natuurlijk willen we ook onze collega's bedanken die op een of andere wijze een bijdrage hebben geleverd aan het onderzoek. Binnen RPS is dat allereerst Jac Hakkens, die niet alleen aan de wieg stond van het project, maar ook een inspirerende procesleider was tijdens de eerste onderzoeksfasen. Dank ook aan Astrid Medema, die na het vertrek van Jac het projectleiderschap tijdelijk overnam, evenals aan Kevin Pol en

Kylian van Renswoude die hebben geholpen bij het analyseren van camerabeelden. Binnen Movares betreft dit allereerst Tiko Seip en Erik van der Wouda, die door weer en wind het veld ingingen om de camera's te checken en fotobeelden op te halen, en Gwendy Haanskorf, die een deel van deze fotobeelden heeft geanalyseerd. Aldo Hoogenboom verzorgde vanuit Movares de organisatorische kant van de samenwerking. Binnen Wageningen Environmental Research willen we Jan Bovenschen bedanken voor het uitvoeren van een deel van de DNA-extracties voor hazelworm en levendbarende hagedis, Dennis Lammertsma voor het verzorgen van de benodigde ontheffingen en rapportages voor de Flora- en faunawet en Wet Natuurbescherming, evenals de welzijnsevaluaties voor de Wet op Dierproeven, Rob Smidt voor het vervaardigen van de vegetatiekaarten en Bram Mabelis, gepensioneerd maar nog steeds gastmedewerker, voor het begeleiden van het onderzoek naar het gebruik van de natuurverbinding door mieren. Dank ook aan Marcel Huijser van het Western Transportation Institute – Montana State University in Montana (VS), die een eerdere versie van het rapport heeft gereviewd en ons van waardevolle feedback heeft voorzien.

Binnen het onderzoek is een enorme hoeveelheid veldwerk verricht en misschien nog wel een grotere berg werk bij het invoeren van de veldgegevens en analyseren van fotobeelden. Om een paar getallen te noemen: tijdens het onderzoek is bijna 130.000 keer een kunstmatige schuilplek omgedraaid om te checken of zich hier reptielen schuilhielden en zijn ruim 3,2 miljoen fotobeelden verzameld en geanalyseerd. In dit verband waren we dan ook blij met de hulp van 21 vrijwilligers en maar liefst 43 studenten.

Vrijwilligers die hebben geholpen bij het inventariseren van vlinders waren Els Rademaker, Yvonne Ris, Gerd Rutten, Pascal Huybers en Yolande Bosman. Bij de zoektochten naar boommarternesten is meegewerkt door Paula Langemeijer, Reinier Bouvy, Peter Jan Sentuur, Jeffrey Ringrose, Marten van Bracht, Henri Wijsman, Rob Heins, Philip Schmittmann, Maurice Pelsink, Rob Lefebre, Jacqueline Mineur, Annemiek Beckers en Jelle Harder. Christine Tamminga is meerdere jaren met ons op pad geweest om de vegetatie in beeld te brengen. Arjan van den Bosch heeft de inventarisaties van bosmieren uitgevoerd in 2020. En Catherine Rampertab heeft een helpende hand geboden bij het analyseren van fotobeelden. Allen bedankt voor jullie inzet, het is enorm gewaardeerd!

Studenten vonden een plek in het onderzoek als stagiair of voor een afstudeervak. Behalve dat hierdoor meer gegevens konden worden verzameld en enkele aanvullende onderzoeken konden worden uitgevoerd, was het ook plezierig om vanuit het onderzoek een educatieve bijdrage te kunnen leveren. Het onderzoek bleek vooral populair bij studenten van de opleiding Diermanagement van de Hogeschool Van Hall-Larenstein in Leeuwarden, omdat het de kans bood om proefdierkundige handelingen (bij reptielen) te verrichten. Daarnaast hebben alle studenten veel veldwerk verricht en zich ook enthousiast gestort op het analyseren van fotobeelden en invoeren van gegevens dat het beste kan worden getypeerd als 'monnikenwerk'. Interessante resultaten uit de studentenonderzoeken zijn verspreid over dit rapport terug te vinden, zoals de verkenning van een werkbare methode om hazelwormen op basis van fotobeelden individueel te herkennen, de relatie tussen vegetatietypen en het voorkomen van reptielen en het onderzoek naar het gebruik van de natuurverbinding door mieren. De volgende studenten hebben aan het onderzoek meegewerkt:
Lisette Goede, Eva Meurs, Amber van Beek, Johannes Brändle, Dymfy Rademakers, Albertjan ter Heide, Lana Scheers, Merel Rookmaker, Niek Otten, Bert-Jan van Norel, Casper Gerritsen, Lennart van Vliet en Tobias Gebbink van Hogeschool Van Hall-Larenstein Leeuwarden, opleiding Diermanagement en Wildlife Management. Thom van Oijen, Ralf de Bruijn, Ruud Vlaming en Katrijn de Doncker van Hogeschool Van Hall-Larenstein Velp, opleiding Bos- en Natuurbeheer en Natuur en Landschapstechniek. Bastiaan van der Meulen, Dean Withagen, Damian Smith, Dylan Vonhoff van Aeres Hogeschool Almere, opleiding Toegepaste Biologie. Niels de Baan, Freek Bulten en Bette Bluijs van Aeres MBO Almere en Bo Willemsen,
Duco van den Driessche, Isa Bussemaker, Stijn van Doorn en Madelief Spek van Aeres MBO Ede.
Anouk Hietkamp, Daniël Simon, Laury Dibbes en Tristan Brinkman van Helicon MBO Velp. Marjolein Haasnoot en Marleen van der Wiel van HAS Hogeschool Den Bosch. Ilan Slangen en Frans van Heezik van HAS Hogeschool Almere. Titia Schamhart van Hogeschool CAH Vilentum Almere. Stefan Essink, Laura Jebbink en Levi Verhoek van Wageningen Universiteit. Midas Zandvliet van Universiteit Utrecht. Elena Gazzea van University of Padua, Italië. Hartelijke dank aan allen voor jullie interesse, inzet en uithoudingsvermogen – hopelijk heeft het een goede basis gelegd voor jullie verdere carrière!

De auteurs, maart 2024

Literatuur

Andis, A.Z., M.P. Huijser & L. Broberg. 2017. Performance of arch-style road crossing structures from relative movement rates of large mammals. Frontiers in Ecology and Evolution 5. URL: https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00122

Andrews, K.M., T.A. Langen & R.P.J.H. Struijk. 2015a. Reptiles: overlooked but often at risk from roads. In: R. van der Ree, D.J. Smith & C. Grilo (eds.). Handbook of Road Ecology, First Edition: 271-280. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, UK.

Andrews, K.M., P. Nanjappa & S.P.D. Riley. 2015b. Roads and ecological infrastructure – Concepts and applications for small animals. Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA.

Anoniem. 2015. Ringslang op Wildwissel Terlet. www.mjpo.nl – 15 september 2015

Boer, P. 2010. Mieren van de Benelux. Jeugdbondsuitgeverij, 's-Graveland.

Boer, P. 2019. De grauwzwarte renmier - *Formica fusca*, de bosmierdienaar. URL: https://www.nlmieren.nl

Boer, P. 2021. De glanzende houtmier - *Lasius fuliginosus*, superspecialist. URL: https://www.nlmieren.nl

Bos, E., M. Bosveld, D. Groenendijk, C. van Swaay, I. Wynhoff. 2006. De dagvlinders van Nederland; verspreiding en bescherming (Lepidoptera, Hesperioidea, Papilionoidea). Nederlandse Fauna 7. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij, European Invertebrate Survey, Leiden.

Boudjemadi, K., O. Martin, J.C. Simon & A. Estoup. 1999. Development and cross-species comparison of microsatellite markers in two lizard species, *Lacerta vivipara* and *Podarcis muralis*. Molecular Ecology 8:513-525.

Brandjes, G.J., F. van Vliet, H.J.J. Sips & R. van Beurden. 2006. Monitoring gebruik faunapassages Rijkswaterstaat Utrecht. Onderzoek boommarterbrug (A12) en Ecoduct Leusderheide (A28). Rapport 06-145. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Brandjes, G.J., E. van der Velde & D. Emond. 2007. Monitoring ecoduct De Borkeld rijksweg A1, 2006-2007. Rapport 07-136. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Brändle, J. & D. Rademakers. 2016. Het effect van biotische en abiotische factoren op monitoring van reptielen ten zuiden van Hilversum. Master thesis. University of Applied Sciences Van Hall-Larenstein, Leeuwarden.

Broek, D.C., P. Dekker, M.A. Snijder, F. Timmerman & S. Zwerver. 2021. Natuurscan ecologische verbindingszones Hart van de Heuvelrug. Ecologisch Adviesbureau Viridis, Culemborg.

Broekmeyer, M. & E. Steingröver (red.). 2001. Handboek robuuste verbindingen; ecologische randvoorwaarden. Alterra, Wageningen.

Broekhuizen, S., G.J.D.M. Müskens & H.J.W. Wijsman. 2016. Boommarter *Martes martes*. In: Broekhuizen et al. (red). Atlas van de Nederlandse zoogdieren: p. 250-253. Natuur van Nederland 12. Naturalis Biodiversity Center & EIS Kenniscentrum Insecten en andere ongewervelden, Leiden.

Buiteveld, J. & H.P. Koelewijn. 2006. Klein en dan? Wat kan een beheerder doen met kleine en kwijnende populaties? Alterra-rapport 1250. Alterra, Wageningen.

Burkart, S., D. Gugerli, J. Senn & R. Kuehn. 2015. Evaluating the functionality of expert-assessed wildlife corridors with genetic data from roe deer. Basic and Applied Ecology 17:52-60.

Čeirān, A. 2007. Microhabitat characteristics for reptiles *Lacerta agilis*, *Zootoca vivipara*, *Anguis fragilis*, *Natrix natrix*, and *Vipera berus* in Latvia. Russian Journal of Herpetology 14(3):172-176.

Cleveringa, R.A.W. & R.F.M. Krekels. 2011. Ecopassage Zwaluwenberg – Plantoelichting. Landschappartners, De Meern / Natuur Balans – Limes Divergens, Nijmegen.

Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft (red.). 2009. De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey – Nederland, Leiden.

De Groot, G.A., H.A.H. Jansman, J. Bovenschen, I. Laros, Y. Meyer-Lucht & J. Hoglund. 2014. Inteelt onder Sallandse korhoenders: De genetische gevolgen van een kleine populatieomvang. Alterra-rapport 2599. Alterra, Wageningen.

De Groot, G.A., G.J. Spek, J. Bovenschen, I. Laros, T. van Meel, J.F. de Jong & H.A.H. Jansman. 2016. Herkomst en migratie van Nederlandse edelherten en wilde zwijnen: een basiskaart van de genetische patronen in Nederland en omgeving. Alterra-rapport 2724. Alterra, Wageningen.

De Keijzer, A., A. Soepboer & A. Craats. 2013. Monitoring van ecoducten en corridors binnen het programmagebied Hart van de Heuvelrug. CSO, Bunnik.
De Wijer, P., A. Zuiderwijk & J.J.C.W. van Delft. 2009. Ringslang *Natrix natrix*. In: Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft (red.). De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9:301-312. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden.
Den Held, J.J. & A.J. den Held. 1976. Beknopte handleiding voor vegetatiekundig onderzoek. KNNV, Utrecht.
Dibevo, 2021. Coronacrisis zorgt voor piek in huisdierbezit. URL: https://dibevo.nl/pers/coronacrisis-zorgt-voor-piek-in-huisdierbezit [accessed: 1 mei 2023]
Dijkstra, V., M. van Oene & T. van der Meij. 2023. Ontwikkeling van haas en konijn binnen Dagactieve Zoogdieren (BMP/MUS). Interne notitie. Zoogdiervereniging/CBS, Den Haag.
Dogzine, 2021. Corona doet aantal dieren stijgen. URL: https://dogzine.nl/nl/nieuwsartikelen/forse-stijging-aantal-honden [accessed: 1 mei 2023]
Doherty, T.S., C.R. Dickman, A.S. Glen, T.M. Newsome, D.G. Nimmo, E.G. Ritchie, A.T. Vanak & A.J. Wirsing. 2017. The global impacts of domestic dogs on threatened vertebrates. Biological Conservation 210:56–59.
Doormaal, F., & L. van Turnhout, 2009. Een onderzoek naar het gebruik van Natuurbrug Crailoo door verschillende dagvlindersoorten. Studentenrapport. Hogeschool Van Hall-Larenstein & Alterra, Wageningen.
Emond, D. & G.J. Brandjes, 2014a. Resultaten monitoring ecoduct Nijverdal 2014. Onderdeel van de 9 ecoducten op de Veluwe, Utrechtse en Sallandse Heuvelrug. Rapport 14-045a. Bureau Waardenburg, Culemborg.
Emond, D. & G.J. Brandjes, 2014b. Resultaten monitoring ecoduct Hulshorst 2013. Onderdeel van de 9 ecoducten op de Veluwe, Utrechtse en Sallandse Heuvelrug. Rapport 14-045b. Bureau Waardenburg, Culemborg.
Emond, D. & G.J. Brandjes, 2014c. Resultaten monitoring ecoduct Petrea 2013. Onderdeel van de 9 ecoducten op de Veluwe, Utrechtse en Sallandse Heuvelrug. Rapport 14-045c. Bureau Waardenburg, Culemborg.
Emond, D. & G.J. Brandjes, 2014d. Resultaten monitoring ecoduct Hoog Buurlo 2013. Onderdeel van de 9 ecoducten op de Veluwe, Utrechtse en Sallandse Heuvelrug. Rapport 14-045d. Bureau Waardenburg, Culemborg.
Emond, D. & G.J. Brandjes, 2015a. Resultaten monitoring ecoduct J.P. Thijsse, 2014. Onderdeel van 9 ecoducten op de Veluwe, Utrechtse en Sallandse Heuvelrug. Rapport 14-045e. Bureau Waardenburg, Culemborg.
Emond, D. & G.J. Brandjes, 2015b. Resultaten monitoring ecoduct Oud Reemst, 2014. Onderdeel van de 9 ecoducten op de Veluwe, Utrechtse en Sallandse Heuvelrug. Rapport 14-045f. Bureau Waardenburg, Culemborg.
Emond, D. & G.J. Brandjes, 2015c. Resultaten monitoring ecoduct Huis ter Heide, 2014. Onderdeel van de 9 ecoducten op de Veluwe, Utrechtse en Sallandse Heuvelrug. Rapport 14-045g. Bureau Waardenburg, Culemborg.
Fahrig, L. & T. Rytwinski. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. Ecology and Society 14(1):21. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/
FBE Groningen. 2023. Factsheet 2022 – Ree. URL: https://fbegroningen-factsheets.nl/factsheet-2022-ree/
FBE Drenthe. 2023. Factsheet 2022 – Ree. URL: https://fbedrenthe-factsheets.nl/factsheet-2022-ree/
FBE Overijssel. 2023. Factsheet 2022 – Ree. URL: https://fbeoverijssel-factsheets.nl/factsheet-ree/
Geiser, C., N. Ray, A. Lehmann & S. Ursenbacher. 2013. Unravelling landscape variables with multiple approaches to overcome scarce species knowledge: a landscape genetic study of the slow worm. Conservation Genetics 14:783–794.
Germano, D.J. & D.F. Williams. 1993. Field evaluation of using passive integrated transponder (PIT) tags to permanently mark lizards. Herpetological Review 24:54-56.
Gibbons, J.W. & K.M. Andrews. 2004. PIT Tagging: Simple technology at its best. BioScience 54(5):447-454.
Goois Natuurreservaat. 2003. Uitvoeringsplan Ontsnippering 't Gooi. Stichting Gooisch Natuurreservaat, Hilversum.
Goois Natuurreservaat. 2009. Beheervisie en beheerplan 2010-2019. Met hierin opgenomen het beheerplan ex. art. 17 Natuurbeschermingswet voor beschermde natuurmonumenten. Stichting Gooisch Natuurreservaat, Hilversum.

Hachtel, M., P. Schmidt, U. Brocksieper & C. Roder. 2009. Surveying reptiles – an overview of the use of artificial refuges (KV) and the combination with other methods. Zeitschrift für Feldherpetologie, Supplement 15:85-134.

Hamer, A.J., T.E.S. Langton & D. Lesbarres. 2015. Making a safe leap forward: mitigating road impacts on amphibians. In: R. van der Ree, D.J. Smith & C. Grilo (eds.). Handbook of Road Ecology, First Edition: 261-270. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, UK.

Hartman, M. 2021. Boommarters in en om De Bilt in 2020. Marterpassen 27:39-50.

Herder, J., J. van Delft & K. Joosten (red.). 2022. RAVON Balans 2022 - Hoe gaat het met de reptielen, amfibieën en vissen in Nederland? RAVON, Nijmegen.

Hill, D., M. Fasham, G. Tucker, M. Shewry & P. Shaw (eds.). 2005. Handbook of biodiversity methods – Survey, evaluation and monitoring. Cambridge University Press, Cambridge, VK.

Horreo, J.L., M.L. Peláez, M.C. Breedveld, T. Suarez, M. Urieta & P.S. Fitze. 2019. Population structure of the oviparous South-West European common lizard. European Journal of Wildlife Research 65:11.

Hughes, J. & D.W. Macdonald. 2013. A review of the interactions between free-roaming domestic dogs and wildlife. Biological Conservation 157:341–351.

Huijser, M.P. & S.C. Getty. 2022. Modified jump-outs for white-tailed deer and mule deer. Report 701-18-803 TO 6 Part 1. Transportation Pooled-Fund Project TPF-5(358), Administered by the Nevada Department of Transportation. Western Transportation Institute, Montana State University, Bozeman, Montana, USA.

Jäger, J., F. Müller, C.M. Ritz, E. Welk, K. Wesche. 2013. Rothmaler Exkursionsflora von Deutschland. Springer Spektrum, Berlijn.

Kreeftenberg, W. 2010. De rol van ecoducten als passage en leefgebied. Monitoringsrapport van de ecoducten Leusderheide en Treeker Wissel. Studentenrapport. Alterra, Wageningen / Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.

Kuhl, P. 2021. Ecoduct Grebbeberg doet waarvoor het bedoeld is. URL: https://grebbekrant.nl/wordpress/ecoduct-grebbeberg-doet-waarvoor-het-bedoeld-is

Lambrechts, J., K. Boers, S. Feys, M. Jacobs, W. Machielsen & A. Lefevre. 2017. Monitoring van het ecoduct Kempengrens over de E34 in Mol (T2). Natuurpunt Studie i.o.v. Vlaamse Overheid, LNE, Dienst Milieu-integratie Economie en Infrastructuur. Rapport Natuurpunt Studie 2017/1, Mechelen.

Langkilde, T. & R. Shine. 2006. How much stress do researchers inflict on their study animals? A case study using a scincid lizard, *Eulamprus heatwolei*. Journal of Experimental Biology 209:1035-1043.

Le Galliard, J.F., M. Paquet, Z. Pantelic & S. Perret. 2011. Effects of miniature transponders on physiological stress, locomotor activity, growth and survival in small lizards. Amphibia-Reptilia 32:177-183.

Loehr, V. 2014. Hazelwormonderzoek - Tussentijdse resultaten van een langjarig hazelwormonderzoek: bijdrage aan de verbetering van de effectiviteit van wegvangacties. RAVON Nieuwsbrief Schubben & Slijm 20:4-5.

Mabelis, A.A. 2002. Bruikbaarheid van mieren voor de monitoring van natuurgebieden. Rapport 571. Alterra, Wageningen.

Meek, R. 2005. Null models and the thermal biology of the Anguid lizard *Anguis fragilis*; evidence for thermoregulation? Amphibia-Reptilia 26:445-450.

Mills, L.S. & F.W. Allendorf. 1996. The one-migrant-per-generation rule in conservation and management. Conservation Biology 10:1509–1518.

Ministerie V&W et al. 2004. MJPO: Meerjarenprogramma Ontsnippering. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.

Mulder, J.L. 2016. De dassen langs de A27 tussen Utrecht en Hilversum. Rapport SWNL0195560. Sweco Nederland B.V., Houten / Bureau Mulder-natuurlijk, Groenekan.

Mulder, J.L. 2019. Dassenmonitoring tijdens de reconstructie van de A27. Bureau Mulder-natuurlijk, Groenekan.

Mulder, J. & R.C.M. Creemers. 2009. Groene kikker-complex *Rana esculenta* synklepton. In: Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft (red.). De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9:220-228. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden.

Munguira, M.L. & J.A. Thomas. 1992. Use of road verges by butterfly and burnet populations, and the effect of roads on adult dispersal and mortality. The Journal of Applied Ecology 29:316-329.

Muñoz, P.M., F.P. Torres & A.G. Megías. 2015. Effects of roads on insects: a review. Biodiversity and Conservation 24:659–682.

Mutz, T. & D. Glandt. 2004. Künstliche Versteckplätze als Hilfsmittel der Freilandforschung an Reptilien unter besonderer Berücksichtigung von Kreuzotter (*Vipera berus*) und Schlingnatter (*Coronella austriaca*). Mertensiella 15:186-196.

OBrien, E., E.A. van der Grift, M. Elmeros, R. Wilson-Parr & C. Carey. 2018. CEDR Roads and Wildlife Manual. CEDR Contractor Report 2018-3. CEDR, Brussels.

Ottburg, F.G.W.A. & E.A. van der Grift. 2019. Effectiveness of road mitigation measures for a common toad (*Bufo bufo*) population in the Netherlands. Front. Ecol. Evol. 7:23. doi: 10.3389/fevo.2019.00023

Peltzer, R., B. Worm, G.J. Spek, R. Borst, R. Schoon & Harm Draaijer. 2011. Reeën. Toekomst in Nederland. Vereniging Het Reewild, Langbroek.

Pouwels, R., R. Jochem, M.J.S.M. Reijnen, S.R. Hensen & J.G.M. van der Greft, 2002. LARCH voor ruimtelijk ecologische beoordelingen van landschappen. Alterra-rapport 492. Alterra, Wageningen.

Pritchard, J.K., M. Stephens & P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics 155: 945-59. doi: 10.1093/genetics/155.2.945.

Projectteam Ecocorridor Hilversum-Zuid. 2005. Beslisdocument locatiekeuze ecoducten A27 en spoorverbinding Utrecht-Hilversum. Intern document 8884-2005-T-0010. Rijkswaterstaat, Utrecht.

Provincie Noord-Holland. 2012. Ecoduct N417 - Definitief ontwerp bovenaanzicht groen, aanlandingen en maaiveldinrichting, versie B, versiedatum 23-1-2012. Tekeningnummer: Arcadis N417-27506-52-35-02.

Provincie Noord-Holland. 2014. Natuurbeheerplan 2014. Kaart Natuurverbindingen. Bron: https://geoapps.noord-holland.nl

Provincie Noord-Holland. 2018. Natuurbeheerplan 2018. Kaart Natuurverbindingen. Bron: https://geoapps.noord-holland.nl

RAVON & CBS, 2022. Levendbarende hagedis. URL: https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/levendbarende-hagedis. Geraadpleegd: 15-1-2023.

Reading, C.J. 1997. A proposed standard method for surveying reptiles on dry lowland heath. Journal of Applied Ecology 34:1057-1069.

Reck, H. & R. van der Ree. 2015. Insects, snails and spiders: The role of invertebrates in road ecology. In: Van der Ree, R., D.J. Smith & C. Grilo (red.) Handbook of road ecology: 247-257. Wiley Blackwell, VK.

Rytwinski, T., K. Soanes, J.A.G. Jaeger, L. Fahrig, C.S. Findlay, J. Houlahan, R. van der Ree & E.A. van der Grift. 2016. How Effective Is Road Mitigation at Reducing Road-Kill? A Meta-Analysis. PLoS ONE 11(11): e0166941. doi:10.1371/journal.pone.0166941.

Schaminée, J.H.J., R. Haveman, P.W.F.M. Hommel, J.A.M. Janssen, I. de Ronde, P.C. Schipper, E.J. Weeda, K.W. van Dort & D. Bal. 2017. Revisie Vegetatie van Nederland. Plantensociologische Kring Nederland, Wageningen.

Schaminée, J.H.J., J.A.M. Janssen, E.J. Weeda, P.W.F.M. Hommel, R. Haveman, P. Schipper & D. Bal. 2015. Veldgids rompgemeenschappen. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Seiler, A., J. Klein, G. Chapron, E.A. van der Grift & P. Schippers. 2016, Modelling the performance of road mitigation strategies: Population effects of permeability for wildlife. SAFEROAD Technical report 3. CEDR, Brussels.

Siebel, H.N & H.J. During. 2006. Beknopte mosflora van Nederland en België. KNNV uitgeverij, Utrecht.

Smits, J. & J. Noordijk. 2013. Heidebeheer. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Smulders, P.B., L. Nouwens, D.E.H. Wansink, E.A. van der Grift & A.C. Hofland. 2021. Leidraad faunavoorzieningen bij infrastructuur. Rijkswaterstaat, Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving, Utrecht.

Spitzen-van der Sluijs, A. & R.C.M. Creemers. 2009. Hazelworm *Anguis fragilis*. In: Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft (red.). De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9:248-256. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden.

Stevens, V.M., M. Richard, C. Bleay & J. Clobert. 2013. Twelve new polymorphic microsatellite loci for the common lizard, Zootoca vivipara. https://www.yumpu.com/en/document/view/14010224/1-twelve-new-polymorphic-microsatellite-loci-for-the-common-lizard-

Stichting Het Utrechts Landschap, Stichting Gooisch Natuurreservaat, Utrechts Particulier Grondbezit, Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten & DGW&T van het ministerie van Defensie. 1999. Heel de Heuvelrug. Stichting Het Utrechts Landschap, De Bilt.

Strijbosch, H. 2009. Levendbarende hagedis *Zootoca vivipara*. In: Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft (red.). De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9:270-279. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden.

Struijk, R.P.J.H., 2011. Het gebruik van faunapassages door reptielen. De Levende Natuur 112(3):108-113.

Struijk, R. & R. de Boer. 2011a. Eerste hazelwormen op Wildwissel Terlet gevonden. www.natuurbericht.nl - 22 juni 2011.
Struijk, R. & R. de Boer. 2011b. Eerste slangen op Wildwissel Terlet. www.natuurbericht.nl – 7 september 2011.
Struijk, R. & A.W. van der Lugt. 2023. Rijksweg A12: een barrière voor de ringslang binnen de 'Groene Ruggengraat'? RAVON 25(2):18-21.
Thompson, W.L., G.C. White & C. Gowan. 1998. Monitoring vertebrate populations. Acadamic Press, San Diego, VS.
Tichý, L. 2002. JUICE, Software for Vegetation Classification. Journal of Vegetation Science. 13(3):451-453.
Touw, A. 1989. De Nederlandse bladmosssen. KNNV uitgeverij, Utrecht.
Van Delft, J. 2009. Alpenwatersalamander *Mesotriton alpestris*. In: Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft (red.). De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9:96-104. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden.
Van Delft, J.J.C.W. & R.P.J.H. Struijk. 2018. Translocatie van reptielen en kamsalamanders bij de A27. Stichting RAVON, Nijmegen.
Van den Bosch, A. 2020. Ecocorridor Zwaluwenberg - Antmaps Bosmierenproject. Projectregio: Utrechtse Heuvelrug. Notitie d.d. 20 december 2020.
Van der Grift, E.A. & B.J.H. Koolstra (red.). 2001. Toets natuurontwikkelingsplan en natuurbrug in Zanderij Crailo. Nut en noodzaak van de ecologische verbinding, effectiviteit van de natuurbrug en toetsing herinrichting sportpark. Rapport 168. Alterra, Wageningen.
Van der Grift, E.A., R. Pouwels & R. Reijnen. 2003. Meerjarenprogramma Ontsnippering – Knelpuntenanalyse. Alterra-rapport 768. Alterra, Wageningen.
Van der Grift, E.A., J. Dirksen, H. Kuijpers & R. Wegman. 2009. Actualisering doelsoorten en doelen Meerjarenprogramma Ontsnippering. Alterra-rapport 1941. Alterra, Wageningen.
Van der Grift, E.A., F.G.W.A. Ottburg & J. Dirksen. 2009. Het gebruik van Natuurbrug Zanderij Crailoo door mens en dier. Alterra-rapport 1906. Alterra, Wageningen.
Van der Grift, E.A. & R. Wegman. 2010. Advies ecologische verbinding Zwaluwenberg. Interne notitie. Alterra, Wageningen.
Van der Grift, E.A., J. Dirksen, F.G.W.A. Ottburg & R. Pouwels. 2010. Recreatief medegebruik van ecoducten – Effecten op het functioneren als faunapassage. Rapport 2097. Alterra, Wageningen.
Van der Grift, E.A. & P. Schippers. 2013. Wildlife crossing structures: Can we predict effects on population persistence? Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013), Phoenix, USA.
Van der Grift, E.A., R. van der Ree, L. Fahrig, S. Findlay, J. Houlahan, J.A.G. Jaeger, N. Klar, L.F. Madriñan & L. Olson. 2013a. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. Biodiversity and Conservation 22(2):425-448.
Van der Grift, E.A., R. Pouwels, P. Schippers, H.A.H. Jansman, R. Jochem, M.M.P. Cobben, J. Bovenschen, T. Hofmeester, J. van der Hout, H.P. Koelewijn, D.R. Lammertsma, F.G.W.A. Ottburg & R.M.A. Wegman. 2013b. Natuurnetwerken: vorm en functioneren. Evaluatie van kansrijke strategieën en indicatoren voor het behoud van biodiversiteit binnen het EHS/Natura 2000 netwerk. Rapport 2390. Alterra, Wageningen.
Van der Grift, E.A. & R. van der Ree. 2015. Guidelines for evaluating use of wildlife crossing structures. In: R. van der Ree, D.J. Smith & C. Grilo (eds.). Handbook of Road Ecology, First Edition: 119-128. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, UK.
Van der Grift, E.A. & A. Seiler. 2016. Guidelines for evaluating the performance of road mitigation measures. SAFEROAD Technical report 6. CEDR, Brussels.
Van der Grift, E.A., A. Seiler, C. Rosell & V. Simeonova. 2017. Safe roads for wildlife and people. SAFEROAD Final Report. CEDR Transnational Road Research Programme Call 2013: Roads and Wildlife. CEDR, Brussels.
Van der Grift, E.A., T. Denayère, M. Waanders, J. Willemsen & D. R. Lammertsma. 2020. Gebruik van Natuurverbinding Laarderhoogt door zoogdieren en het effect van medegebruik door de mens. Rapport 3044. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
Van der Grift, E.A., R. Jochem, L. Biersteker & M. van Eupen. 2021. Ontsnipperingsbeeld Provincie Noord-Holland. Een knelpuntenanalyse en advies voor ontsnippering van het provinciale wegennet voor fauna. Rapport 3075. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
Van der Meijden, R. 2005. Heukels Flora van Nederland. Wolters-Noordhoff, Groningen/Houten.

Van der Ree, R. & E.A. van der Grift. 2015. Recreational co-use of wildlife crossing structures. In: R. van der Ree, D.J. Smith & C. Grilo (eds.). Handbook of Road Ecology, First Edition: 184-189. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, UK.

Van der Spek, V., D. Groenendijk, K. Lever & R. Luntz. 2017a. Natuurburg Zandpoort 2014-2016 - Wat weten we na drie jaar monitoring? Waternet, Amsterdam.

Van der Spek, V., D. Groenendijk, K. Lever & R. Luntz. 2017b. Zandpoort komt over de brug. Tussen Duin en Dijk 16(4):8-11.

Van Doorn, L. 2016. Photo-ID: een nieuwe monitoringsmethode voor de hazelworm. Natuurfocus 15(4):188-189.

Van Helden, H., C. Vencken, M. Graafland, G.J. van Eck, A. Mulder, A. Azaroual, B. Schilder & E. van der Grift. 2001. Ontsnippering A27 in het Gooi. DHV Milieu en Infrastructuur BV, Amersfoort.

Van Leeningen, R. & J. Herder. 2018. Meer dan 1,2 miljoen amfibieën overgezet. Nature Today d.d. 5 december 2018.

Van Maanen, E. 2009. Kleine watersalamander *Lissotriton vulgaris*. In: Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft (red.). De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9:124-131. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden.

Van Swaay, C.A.M., G.I. Bos-Groenendijk, J.R. van Deijk, R.H.A. van Grunsven, J.M. Kok, K. Huskens & M. Poot. 2018. Handleiding landelijke meetnetten vlinders, libellen en nachtvlinders. Rapport VS2018.011. De Vlinderstichting, Wageningen.

Verkem, S., J. De Maeseneer, B. Vandendriessche, G. Verbeylen & S. Yskout. 2003. Zoogdieren in Vlaanderen. Ecologie en verspreiding van 1987 tot 2002. Natuurpunt Studie, Mechelen / JNM-Zoogdierenwerkgroep, Gent, België.

Vink, J., R.C. van Apeldoorn & G.J. Bekker. 2008. Defragmentation measures and the increase of a local European badger (*Meles meles*) population at Eindegooi, The Netherlands. Lutra 51(2):75-86.

Vink, J. & J.J. Schröder. 2022a. Recovery of an isolated badger (*Meles meles*) population in The Netherlands. European Journal of Wildlife Research 68:47. https://doi.org/10.1007/s10344-022-01596-5

Vink, H. & J. Schröder. 2022b. Dassenplaag? Geen sprake van! Zoogdier 33(4):3-5.

Vlaming, R. & R. de Bruijn. 2015. Functie van ecocorridor Zwaluwenberg voor de kale rode bosmier. Studentenrapport. Hogeschool Van Hall-Larenstein, Velp.

Vucetich, J.A. & T.A. Waite. 2000. Is one migrant per generation sufficient for the genetic management of fluctuating populations? Animal Conservation 3:261–266.

Wallis de Vries, M.F. 2010. Achtergrond vlinders voor de herziening van de Leidraad Faunavoorzieningen langs Wegen. Rapport VS2010.013. De Vlinderstichting, Wageningen.

Westhoff, V., J.H.J. Schaminée & A.H.F. Stortelder. 1995. De analytische fase van het vegetatieonderzoek. In: J.H.J. Schaminée, A.H.F. Stortelder & V. Westhoff (red.). De vegetatie van Nederland. Deel 1: Inleiding tot de plantensociologie – grondslagen, methoden en toepassingen: 63-80. Opulus Press, Leiden.

Wijsman, H., S. Broekhuizen & G. Müskens. 2014. Verspreiding van de boommarter in Nederland 1989-2012. Marterpassen XX:24-29.

Worm, B. 2014. Het ree – Observeren en herkennen. IPC Groene Ruimte, Arnhem.

Bijlage 1 Ordening vegetatieopnamen 2014-2020

Opnamenummer	16	9	28	27	35	14	33	37	40	26	36	24	12	18	15	23	17	5	19	20	21	29	43	22	13	3	11	6	7	4	41	38	8	25	39	45	32	34	42	30	31	10	1	2	44
Molinea caerulea type																																													
Molinia caerulea	.	.	.	.	.	.	2	.	2	2	.	2	+	.	+	2	+	1	1	1	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	+
Festuca filiformis	.	.	.	.	5	.	.	2	2	.	2	.	2	2	.	+	2	.	2	2	.	.	2	.	2	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Conyza canadensis	.	.	+	.	.	.	.	1	.	r	.	+	2	2	.	.	.	2	2	.	.	.	.	.	.	2	+	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Achillea millefolium	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	+	.	.	+	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Hypochaeris radicata	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	+	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
Matricaria chamomilla	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	.	.	.	2	2	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex arenaria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Agrostis vinealis/stolonifera type																																													
Agrostis vinealis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	2	+	+	.	2	.	.	2	.	.	4	2	3	3	3	3	2	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Agrostis stolonifera	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	4	.	.	2	.	+	3	3	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Salix aurita	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	+	.	+	.	+	1	2	+	.	.	.	+	+	+	+	1	+	+	.	.	.	.	.	r	2	2	3	.	.	.	.	.	2
Agrostis capillaris	.	.	.	+	3	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	3	.	5	4	2	.	.	3	+	+	.	.
Salix cinerea	.	.	.	.	+	.	+	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	4	.	.	.	.	.	.
Salix viminalis	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	.	.	.	.	.	.
Plantago lanceolata type																																													
Plantago lanceolata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	4	.	.	.	.
Calluna vulgaris type																																													
Calluna vulgaris	.	.	.	.	2	.	2	.	.	.	2	1	.	.	.	1	+	.	.	+	4	4	4	.	+	+	+	.	3	+	r	.	.	.	3	.	+	+	.	2	.	.	.	+	2
Jasione montana	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	+	+	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex pilulifera	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	.	+	.	.	+	2	+	+	.	+	4	.	.	+	+	2	.	2	+	2	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	+	.	2	.
Veronica officinalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Erica tetralix	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Vaccinium myrtillus type																																													
Vaccinium myrtillus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Persicaria maculosa type																																													
Persicaria maculosa	.	.	3	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Deschampsia flexuosa type																																													
Deschampsia flexuosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2	4	.
Campylopus pyriformis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	.
Pinus sylvestris type																																													
Pinus sylvestris	.	.	.	.	4	+	2	.	.	r	+	2	+	2	3	2	+	1	1	2	1	.	.	1	.	.	+	.	.	+	.	+	.	.	.	.	2	3	2	+	.	.	3	.	4

Opnamenummer	16	9	28	27	35	14	33	37	40	26	36	24	12	18	15	23	17	5	19	20	21	29	43	22	13	3	11	6	7	4	41	38	8	25	39	45	32	34	42	30	31	10	1	2	44
Betula pendula type																																													
Betula pendula	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	.	2	.	3	.	2	+	1	3	.	4	.	2	2	3	+	.	+	2	+	+
Rubus fruticosus ag.	.	.	.	.	+	+	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	+	+	2	+	2	2	2	.	+	+	2	r	3	.	.	3	3	.	.	.	2	2	r
Quercus robur type																																													
Quercus robur	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	r	.	2	.	+	.	.	.	+	.	.	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.	2	3	.
Ilex aquifolium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	.
Lonicera periclymenum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	2	.
Prunus serotina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	+	.	2	3	2	.
Rhamnus frangula	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	r	.	+	+	r
Fagus sylvatica type																																													
Fagus sylvatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	5	2	+	.
Urtica dioica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	2	.	.	.
Typha latifolia type																																													
Typha latifolia	2	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Agrostis canina	2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Alisma lanceolatum	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sagittaria sagittifolia	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Overige soorten																																													
Acer pseudoplatanus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Anthemis arvensis	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Artemisia vulgaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Atrichum undulatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	2	+	+	3	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bidens frondosa	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bidens tripartita	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Brachythecium rutabulum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	3	.	.	+	+	.	.
Bryum species	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex hirta	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex pseudocyperus	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Castanea sativa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
Centaurea jacea	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cerastium fontanum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ceratodon purpureus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Chenopodium album	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Chlechoma hederacea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.
Cirsium arvense	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	r	.	.	.	.
Cornus sanguinea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Corylus avellana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	r	.	2	2	.	.	.	.	.	.
Crataegus monogyna	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
Crepsis capillaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Cytisus scoparius	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	3	3	.	+	2	.	.	.	.	.	+

Opnamenummer	16	9	28	27	35	14	33	37	40	26	36	24	12	18	15	23	17	5	19	20	21	29	43	22	13	3	11	6	7	4	41	38	8	25	39	45	32	34	42	30	31	10	1	2	44
Digitalis purpurea	.	.	.	.	.	.	.	+	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dryopteris dilatata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.
Echinochloa crus-galli	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Epilobium parviflorum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	+	.	.	.
Equisetum arvense	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eupatorium cannabium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Fraxinus excelsior	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	5	.	.	.
Galeopsis tetrahit	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galinsoga quadriradiata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium saxatile	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gnaphalium luteo-album	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hedera helix	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.
Heracleum mantegazzianum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium laevigatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium umbellatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Holcus lanatus	.	.	.	r	1	+	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.	.	.	4	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.
Hypericum perforatum	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Hypnum jutlandicum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Impatiens parviflora	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	2	.	.	.
Jacobaea vulgaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Juncus articulatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus bufonius	.	.	.	.	.	2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus effusus	+	+	.	.	+	2	.	2	.	.	+	2	.	.	.	.	.	+	2	.	+	.	+	.	.	+	2	.	.	+	5	.	.	.	.	+	2	2	+	.	.	.	.	.	+
Juncus squarrosus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Kindbergia praelonga	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	5	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	+	4	.
Larix kaempferi	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Leucanthemum vulgare	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Linaria purpurea	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lotus corniculatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Luzula campestris	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lythrum salicaria	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
Melilotus albus	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Moehringia trinervia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.
Oenothera biennis s.s.	.	.	.	r	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Persicaria hydropiper	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	2	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Phragmites australis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Picea abies	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Plantago major	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pleurozium schreberi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Polytrichum formosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	+

Opnamenummer	16	9	28	27	35	14	33	37	40	26	36	24	12	18	15	23	17	5	19	20	21	29	43	22	13	3	11	6	7	4	41	38	8	25	39	45	32	34	42	30	31	10	1	2	44
Polytrichum juniperinum	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.
Pseudotsuga menziesii	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Pulicaria dysenterica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Quercus rubra	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Ranunculus repens	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rhytidiadelphus squarrosus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	5	.	.	.	.
Rosa canina	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.
Rubus idaeus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
Rumex acetosella	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+
Rumex obtusfolius	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sambucus nigra	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
Scrophularia nodosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	2	.	.	.
Senecio inaequidens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Silene dioica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.
Solidago gigantea	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.
Sonchus oleraceus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.
Sorbus aucuparia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	+	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.
Stachys sylvatica	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Taxus baccata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Trifolium dubium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium pratense	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium repens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tussilago farfara	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Verbascum lychnitis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Datum van opnamen:

2014		2015		2017		2020	
Opnamenummer	**Datum**	**Opnamenummer**	**Datum**	**Opnamenummer**	**Datum**	**Opnamenummer**	**Datum**
1	5-8-2014	21	12-7-2015	36	16-8-2017	42	15-7-2020
2	5-8-2014	22	12-7-2015	37	16-8-2017	43	15-7-2020
3	5-8-2014	23	12-7-2015	38	20-8-2017	44	15-7-2020
4	5-8-2014	24	12-7-2015	39	20-8-2017	45	15-7-2020
5	5-8-2014	25	12-7-2015	40	20-8-2017		
6	5-8-2014	26	12-7-2015	41	20-8-2017		
7	5-8-2014	27	12-7-2015				
8	5-8-2014	28	12-7-2015				
9	5-8-2014	29	12-7-2015				
10	5-8-2014	30	12-7-2015				
11	5-8-2014	31	12-7-2015				
12	5-8-2014	32	12-7-2015				
13	5-8-2014	33	12-7-2015				
14	5-8-2014	34	12-7-2015				
15	5-8-2014	35	12-7-2015				
16	5-8-2014						
17	5-8-2014						
18	5-8-2014						
19	5-8-2014						
20	5-8-2014						

Bijlage 2 Bijzondere planten

Tabel B2.1 *Voor ieder meetjaar de plantensoorten die binnen Natuurverbinding Zwaluwenberg zijn aangetroffen, maar hier niet thuishoren. Per plantensoort is een korte toelichting gegeven wat betreft de (vermoedelijke) oorsprong.*

Soort		2014	2017	2020	Toelichting
Kleine kaardebol	*Dipsacus pilosus*	X	-	-	Inheems Aantal: 1 plant Locatie: op brugdek van Natuurbrug Zwaluwenberg Oorsprong: contaminatie zaadmengsel (?)
Bleek cypergras	*Cyperus eragrostis*	X	-	-	Exoot (Zuid-Amerika), potentieel invasief Aantal: 1 plant Locatie: op brugdek van Natuurbrug Zwaluwenberg Oorsprong: contaminatie zaadmengsel (?)
Stijf ijzerhard	*Verbena bonariensis*	X	-	-	Exoot (Zuid-Amerika), niet invasief Aantal: enkele planten Locatie: op brugdek van Natuurbrug Zwaluwenberg Oorsprong: contaminatie zaadmengsel (?)
Iberische brem	*Cytisus multiflorus*	-	X	X	Exoot (Europa), niet invasief Aantal: tientallen planten Locatie: op brugdek van beide natuurbruggen Oorsprong: onbedoeld samen met de gewone brem aangeplant
Zeewolfsmelk	*Euphorbia paralias*	-	X	-	Inheems Aantal: 1 plant Locatie: brugdek Natuurbrug Hoorneboeg, langs fietspad Oorsprong: een soort uit het duingebied, mogelijk meegekomen met aangevoerd (duin)zand
Pekbloem	*Silene armeria*	-	X	-	Exoot (Europa), niet invasief Aantal: enkele planten Locatie: oostelijke toeloop Natuurbrug Zwaluwenberg Oorsprong: contaminatie zaadmengsel (?)
Amerikaanse vogelkers	*Prunus serotina*	X	X	X	Exoot (Noord-Amerika), invasief Aantal: tientallen planten Locatie: op beide natuurbruggen en in tussengebied Oorsprong: verspreiding via vogels
Torenkruid	*Arabis glabra*	-	-	X	Inheems Aantal: 20 planten Locatie: grondwal op brugdek over spoorlijn Oorsprong: contaminatie zaadmengsel (?)

Bijlage 3 Cameravallen op referentieplekken

Tabel B3.1 *Het aantal volledige dagen dat de cameravallen op de referentieplekken operationeel zijn geweest in meetjaar 2014-2015.*

	2014									2015			
Camera	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O***	**N**	**D**	**J**	**F**	**M**	**Totaal**
Oost													
Cam O1	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam O2	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam O3	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam O4	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam O5	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam O6	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam O7	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
Cam O8	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
Cam O9	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
Cam O10	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	1	143
Cam O11	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
Cam O12	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
West													
Cam W1	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam W2	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam W3	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam W4	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam W5	30	31	30	31	31	30	8	0	0	0	0	0	191
Cam W6	30	31	30	31	31	8	0	0	0	0	0	0	161
Cam W7	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
Cam W8	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
Cam W9	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
Cam W10	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
Cam W11	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
Cam W12	0	0	0	0	0	0	22	30	31	31	28	31	173
Totaal	360	372	360	372	372	338	352	360	372	372	336	342	**4.308**

* Op 9 oktober 2014 zijn de camera's verplaatst. Deze dag was daarom geen volledige meetdag.

Tabel B3.2 *Het aantal volledige dagen dat de cameravallen op de referentieplekken operationeel zijn geweest in meetjaar 2016-2017.*

	2016									2017				
Camera	**O**	**N**	**D**	**J**	**F**	**M***	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**Totaal**
Oost														
Cam O19	28	30	31	31	28	26	0	0	0	0	0	0	0	174
Cam O20	28	30	31	31	28	26	0	0	0	0	0	0	0	174
Cam O21	28	30	31	31	28	26	0	0	0	0	0	0	0	174
Cam O22	28	30	31	31	28	26	0	0	0	0	0	0	0	174
Cam O23	28	30	31	31	14	26	0	0	0	0	0	0	0	160
Cam O24	28	30	7	8	28	11	0	0	0	0	0	0	0	112
Cam O25	0	0	0	0	0	4	30	31	30	31	31	30	3	190
Cam O26	0	0	0	0	0	4	30	31	30	31	31	30	3	190
Cam O27	0	0	0	0	0	4	30	31	30	31	31	30	3	190
Cam O28	0	0	0	0	0	4	28	26	30	31	31	30	3	183
Cam O29	0	0	0	0	0	4	30	19	20	31	31	30	3	168
Cam O30	0	0	0	0	0	4	30	31	30	31	31	30	3	190
West														
Cam W19	28	30	31	31	28	3	0	0	0	0	0	0	0	151
Cam W20	28	30	31	31	28	26	0	0	0	0	0	0	0	174
Cam W21	28	30	31	31	28	26	0	0	0	0	0	0	0	174
Cam W22	28	30	31	31	28	26	0	0	0	0	0	0	0	174
Cam W23	28	30	31	31	28	26	0	0	0	0	0	0	0	174
Cam W24	28	30	24	31	28	26	0	0	0	0	0	0	0	167
Cam W25	0	0	0	0	0	4	30	28	30	31	31	30	3	187
Cam W26	0	0	0	0	0	4	30	31	30	21	31	30	3	180
Cam W27	0	0	0	0	0	4	30	26	30	31	31	30	3	185
Cam W28	0	0	0	0	0	4	30	31	30	31	31	28	3	188
Cam W29	0	0	0	0	0	4	30	31	30	31	31	30	3	190
Cam W30	0	0	0	0	0	4	30	31	30	31	31	30	3	190
Totaal	336	360	341	349	322	322	358	347	350	362	372	358	36	**4.213**

* Op 27 maart 2017 zijn de camera's verplaatst. Deze dag was daarom geen volledige meetdag.

Tabel B3.3 *Het aantal volledige dagen dat de cameravallen op de referentieplekken operationeel zijn geweest in meetjaar 2020.*

	2020												
Camera	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**Totaal**
Oost													
Cam O31	31	29	31	30	31	30	8	0	0	0	0	0	190
Cam O32	0	4	0	0	25	9	0	0	0	0	0	0	38
Cam O33	31	29	31	30	31	30	8	0	0	0	0	0	190
Cam O34	8	29	31	30	31	30	8	0	0	0	0	0	167
Cam O35	31	29	31	30	31	30	8	0	0	0	0	0	190
Cam O36	31	29	31	30	31	30	8	0	0	0	0	0	190
Cam O37	0	0	0	0	0	0	21	31	30	18	17	27	144
Cam O38	0	0	0	0	0	0	21	11	22	31	30	31	146
Cam O39	0	0	0	0	0	0	0	26	30	31	30	31	148
Cam O40	0	0	0	0	0	0	21	31	30	31	30	20	163
Cam O41	0	0	0	0	0	0	21	31	30	31	30	31	174
Cam O42	0	0	0	0	0	0	21	31	30	31	30	31	174
West													
Cam W31	31	29	31	30	31	30	8	0	0	0	0	0	190
Cam W32	31	29	31	30	30	28	8	0	0	0	0	0	187
Cam W33	31	29	31	30	31	30	8	0	0	0	0	0	190
Cam W34	31	29	31	30	31	30	8	0	0	0	0	0	190
Cam W35	31	29	31	30	31	30	8	0	0	0	0	0	190
Cam W36	31	29	31	30	31	30	8	0	0	0	0	0	190
Cam W37	0	0	0	0	0	0	21	31	30	31	30	31	174
Cam W38	0	0	0	0	0	0	21	31	30	31	30	31	174
Cam W39	0	0	0	0	0	0	21	31	30	31	30	31	174
Cam W40	0	0	0	0	0	0	21	31	30	31	30	31	174
Cam W41	0	0	0	0	0	0	21	31	30	31	30	31	174
Cam W42	0	0	0	0	0	0	21	31	30	31	30	31	174
Totaal	318	323	341	330	365	337	319	347	352	359	347	357	**4.095**

* Op 9 en 10 juli 2020 zijn de camera's verplaatst. Deze dagen waren daarom geen volledige meetdagen.

Tabel B3.4 *De gebieden en biotoop waarin de cameravallen op de referentieplekken zijn geplaatst in meetjaar 2014-2015.*

Camera	Gebied	Biotoop
Oost		
Cam O1	Hilversums Wasmeer	Heide, grasland en ven
Cam O2	Maartensdijkse Bos	Bos
Cam O3	Maartensdijkse Bos	Bos
Cam O4	Landgoed Eykenstein	Bos
Cam O5	De Zuid	Bos
Cam O6	Maartensdijkse Bos	Bos
Cam O7	Maartensdijkse Bos	Bos
Cam O8	De Zuid	Bos
Cam O9	Landgoed Eykenstein	Grasland
Cam O10	Maartensdijkse Bos	Bos
Cam O11	De Zuid	Bos
Cam O12	Maartensdijkse Bos	Bos
West		
Cam W1	Hoorneboegse Heide	Heide
Cam W2	Zwarte Berg	Bos
Cam W3	Einde Gooi	Bos
Cam W4	Einde Gooi	Bos en grasland
Cam W5	Einde Gooi	Houtwal
Cam W6	Einde Gooi	Weiland
Cam W7	Hoorneboegse Heide	Bos
Cam W8	Hoorneboegse Heide	Heide
Cam W9	Zonneheide	Bos
Cam W10	Einde Gooi	Bos
Cam W11	Einde Gooi	Bos
Cam W12	Einde Gooi	Bos langs weiland

Tabel B3.5 *De gebieden en biotoop waarin de cameravallen op de referentieplekken zijn geplaatst in meetjaar 2016-2017.*

Camera	Gebied	Biotoop
Oost		
Cam O19	De Zuid	Bos
Cam O20	De Zuid	Bos
Cam O21	Maartensdijkse Bos	Bos
Cam O22	Maartensdijkse Bos	Bos
Cam O23	De Zuid	Bos
Cam O24	De Zuid	Bos
Cam O25	De Zuid	Bos
Cam O26	Landgoed Eykenstein	Bos
Cam O27	De Zuid	Bos
Cam O28	De Zuid	Bos
Cam O29	De Zuid	Bos
Cam O30	De Zuid	Bos
West		
Cam W19	Hoorneboegse heide	Bos
Cam W20	Hoogt van 't Kruis	Bos
Cam W21	Hoorneboegse heide	Bos
Cam W22	Zwarte Berg	Bos
Cam W23	Einde Gooi	Bos
Cam W24	Einde Gooi	Weiland
Cam W25	Hoogt van 't Kruis	Bos
Cam W26	Hoorneboegse heide	Bos
Cam W27	Zwarte Berg	Bos
Cam W28	Einde Gooi	Bos
Cam W29	Hoorneboegse heide	Bos
Cam W30	Einde Gooi	Bos

Tabel B3.6 *De gebieden en biotoop waarin de cameravallen op de referentieplekken zijn geplaatst in meetjaar 2020.*

Camera	Gebied	Biotoop
Oost		
Cam O31	De Zuid	Bos
Cam O32	Maartensdijkse Bos	Bos
Cam O33	De Zuid	Bos
Cam O34	De Zuid	Bos
Cam O35	De Zuid	Bos
Cam O36	De Zuid	Bos
Cam O37	De Zuid	Bos
Cam O38	De Zuid	Bos
Cam O39	De Zuid	Bos
Cam O40	De Zuid	Bos
Cam O41	De Zuid	Bos
Cam O42	Maartensdijkse Bos	Bos
West		
Cam W31	Einde Gooi	Bos
Cam W32	Einde Gooi	Bos
Cam W33	Zwarte Berg	Bos
Cam W34	Zwarte Berg	Bos
Cam W35	Hoogt van 't Kruis	Bos
Cam W36	Hoorneboegse Heide	Bos
Cam W37	Einde Gooi	Bos
Cam W38	Hoorneboegse Heide	Bos
Cam W39	Zwarte Berg	Bos
Cam W40	Hoorneboegse Heide	Bos
Cam W41	Einde Gooi	Bos
Cam W42	Zwarte Berg	Bos

Bijlage 4 IJking cameravallen

Tabel B4.1 *Datum, tijd en duur van de simultaantellingen door onderzoekers voor de ijking van de camera's langs het centrale fiets-/voetpad in 2014 en 2020.*

Telling	Datum	Tijd start	Tijd eind	Duur (uren)
2014				
1	22-6-2014	13:00	16:00	3
2	29-6-2014	12:00	17:00	5
Totaal				*8*
2020				
1	26-4-2020	11:00	17:00	6
2	3-8-2020	11:38	13:38	2
Totaal				*8*

Tabel B4.2 *Het aantal op het centrale fiets-/voetpad geregistreerde mensen en huisdieren – door de camera en door directe telling – en de hierop gebaseerde correctiefactoren voor de camera in 2014 en 2020. In 2014 betreft het correctiefactoren voor passages van mensen en huisdieren in beide richtingen samen. In 2020 zijn de correctiefactoren afzonderlijk bepaald per richting.*

Type telling	Fietser	Voetganger*	Ruiter	Scooter	Auto	Hond
2014						
Camera	447	90	5	1	2	8
Directe telling	725	93	5	1	2	8
Afwijking (%)	38	3	0	0	0	0
Correctiefactor	1,62	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00
2020 Oost-West						
Camera	39	53	0	0	0	4
Directe telling	40	53	0	0	0	4
Afwijking (%)	3	0	0	0	0	0
Correctiefactor	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2020 West-Oost						
Camera	44	48	2	0	0	6
Directe telling	46	48	2	0	0	6
Afwijking (%)	4	0	0	0	0	0
Correctiefactor	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

* Inclusief scootmobiel en (elektrische) rolstoel

Tabel B4.3 *Het aantal volledige dagen dat camera Z7 gelijktijdig operationeel is geweest met camera Z1 langs het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg.*

Maand	Datum start	Datum eind	Duur (dagen)
2014			
Maart	13 maart	31 maart	19
April	1 april	30 april	30
Mei	1 mei	31 mei	31
Juni	1 juni	30 juni	30
Juli	1 juli	31 juli	31
Augustus	1 augustus	26 augustus	26
Totaal			*167*

Tabel B4.4 *Het aantal op het ruiterpad op Natuurbrug Zwaluwenberg geregistreerde mensen en huisdieren – door camera Z1 en camera Z7 – en de hierop gebaseerde correctiefactoren voor de registraties (beide richtingen) van camera Z1.*

Type telling	Fietser	Voetganger	Ruiter	Scooter	Auto	Hond
2014						
Camera Z1	41	451	1.099	0	0	17
Camera Z7	66	547	1.297	0	0	23
Afwijking (%)	38	18	15	0	0	26
Correctiefactor	1,61	1,21	1,18	-	-	1,35

Tabel B4.5 *Datum, tijd en duur van de simultaantellingen door onderzoekers voor de ijking van de camera's langs het gecombineerde fiets-/voetpad en ruiterpad op Natuurbrug Hoorneboeg in 2016-2017 en 2020.*

Telling	Datum	Tijd start	Tijd eind	Duur (uren)
2016-2017				
1	31-3-2016	14:00	17:00	3
2	1-4-2016	11:00	17:00	6
3	10-5-2017	11:00	17:00	6
Totaal				*15*
2020				
1	10-4-2020	11:00	16:00	5
2	22-4-2020	11:00	15:00	4
3	3-8-2020	11:38	13:38	2
Totaal				*11*

Tabel B4.6 *Het aantal op het gecombineerde fiets-/voetpad en ruiterpad op Natuurbrug Hoorneboeg geregistreerde mensen en huisdieren – door de camera en door directe telling – en de hierop gebaseerde correctiefactoren voor de camera in 2016-2017 en 2020. De correctiefactoren zijn afzonderlijk bepaald per richting.*

Type telling	Fietser	Voetganger*	Ruiter	Scooter	Auto	Hond
2016-2017 Oost-West						
Camera	77	28	2	0	0	2
Directe telling	77	28	2	0	0	2
Afwijking (%)	0	0	0	0	0	0
Correctiefactor	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2016-2017 West-Oost						
Camera	122	30	4	0	0	3
Directe telling	125	30	4	0	0	3
Afwijking (%)	2	0	0	0	0	0
Correctiefactor	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2020 Oost-West						
Camera H5	97	13	2	0	0	1
Camera H6	64	4	2	0	0	1
Directe telling	197	38	2	0	0	1
Afwijking (%) H5	51	69	0	0	0	0
Afwijking (%) H6	68	94	0	0	0	0
Correctiefactor H5	2,03	3,27	1,00	1,00	1,00	1,00
Correctiefactor H6	3,08	18,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2020 West-Oost						
Camera H5	141	25	3	0	0	0
Camera H6	45	11	3	0	0	0
Directe telling	193	27	3	0	0	0
Afwijking (%) H5	27	7	0	0	0	0
Afwijking (%) H6	77	59	0	0	0	0
Correctiefactor H5	1,37	1,08	1,00	1,00	1,00	1,00
Correctiefactor H6	4,29	2,45	1,00	1,00	1,00	1,00

* Inclusief scootmobiel en (elektrische) rolstoel

Bijlage 5 Aantal inventarisaties van transecten reptielen

Tabel B5.1 *Het aantal uitgevoerde inventarisaties van reptielen met behulp van transecten op Natuurbrug Zwaluwenberg per maand per jaar en de meetfrequentie (F), i.e. het gemiddelde aantal inventarisaties per week, berekend over de maanden dat er inventarisaties zijn uitgevoerd.*

Jaar	A	M	J	J	A	S	Totaal	F
2014	3	5	4	5	4	5	26	1,0
2015	4	3	5	4	3	1	20	0,8
2016	0	0	0	10	9	8	27	2,1
2017	8	10	8	9	4	4	43	1,7
2018	10	12	10	7	0	0	39	2,2
2020	1[1]	8	9	7	6	7	38	1,5
Totaal	26	38	36	42	26	25	203	1,5

1 Late start door uitbraak COVID-19.

Tabel B5.2 *Het aantal uitgevoerde inventarisaties van reptielen met behulp van transecten op Natuurbrug Hoorneboeg per maand per jaar en de meetfrequentie (F), i.e. het gemiddelde aantal inventarisaties per week, berekend over de maanden dat er inventarisaties zijn uitgevoerd.*

Jaar	A	M	J	J	A	S	Totaal	F
2014	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	8	10	8	9	4	4	43	1,7
2018	10	12	10	7	0	0	39	1,5
2020	1[1]	8	9	7	6	7	38	1,5
Totaal	19	30	27	23	10	11	120	1,5

1 Late start door uitbraak COVID-19.

Tabel B5.3 *Het aantal uitgevoerde inventarisaties van reptielen met behulp van transecten in de wegbermen van rijksweg A27 per maand per jaar en de meetfrequentie (F), i.e. het gemiddelde aantal inventarisaties per week, berekend over de maanden dat er inventarisaties zijn uitgevoerd.*

Jaar	A	M	J	J	A	S	Totaal	F
2014	0	2	4	5	4	5	20	0,9
2015	4	4	4	5	4	0	21	1,0
2016	0	0	0	7	5	4	16	1,2
2017[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
2018[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	1[1]	8	9	7	5	6	36	1,4
Totaal	5	14	17	24	18	15	93	1,1

1 Late start door uitbraak COVID-19.

2 Geen inventarisaties door werkzaamheden i.h.k.v. de verbreding van de A27.

Tabel B5.4 *Het aantal uitgevoerde inventarisaties van reptielen met behulp van transecten in brongebied Oost per maand per jaar en de meetfrequentie (F), i.e. het gemiddelde aantal inventarisaties per week, berekend over de maanden dat er inventarisaties zijn uitgevoerd.*

Jaar	A	M	J	J	A	S	Totaal	F
2014	3	4	4	5	4	5	25	1,0
2015	3	5	5	4	3	1	21	0,8
2016	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	8	10	8	8	5	3	42	1,6
2018	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	1[1]	8	9	8	4	8	38	1,5
Totaal	15	27	26	25	16	17	126	1,2

1 Late start door uitbraak COVID-19.

Tabel B5.5 *Het aantal uitgevoerde inventarisaties van reptielen met behulp van transecten in brongebied West per maand per jaar en de meetfrequentie (F), i.e. het gemiddelde aantal inventarisaties per week, berekend over de maanden dat er inventarisaties zijn uitgevoerd.*

Jaar	A	M	J	J	A	S	Totaal	F
2014	3	4	4	5	4	5	25	1,0
2015	4	4	5	4	3	1	21	0,8
2016	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	8	10	8	8	5	4	43	1,7
2018	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	1[1]	8	9	8	4	9	39	1,5
Totaal	16	26	26	25	16	19	128	1,2

1 Late start door uitbraak COVID-19.

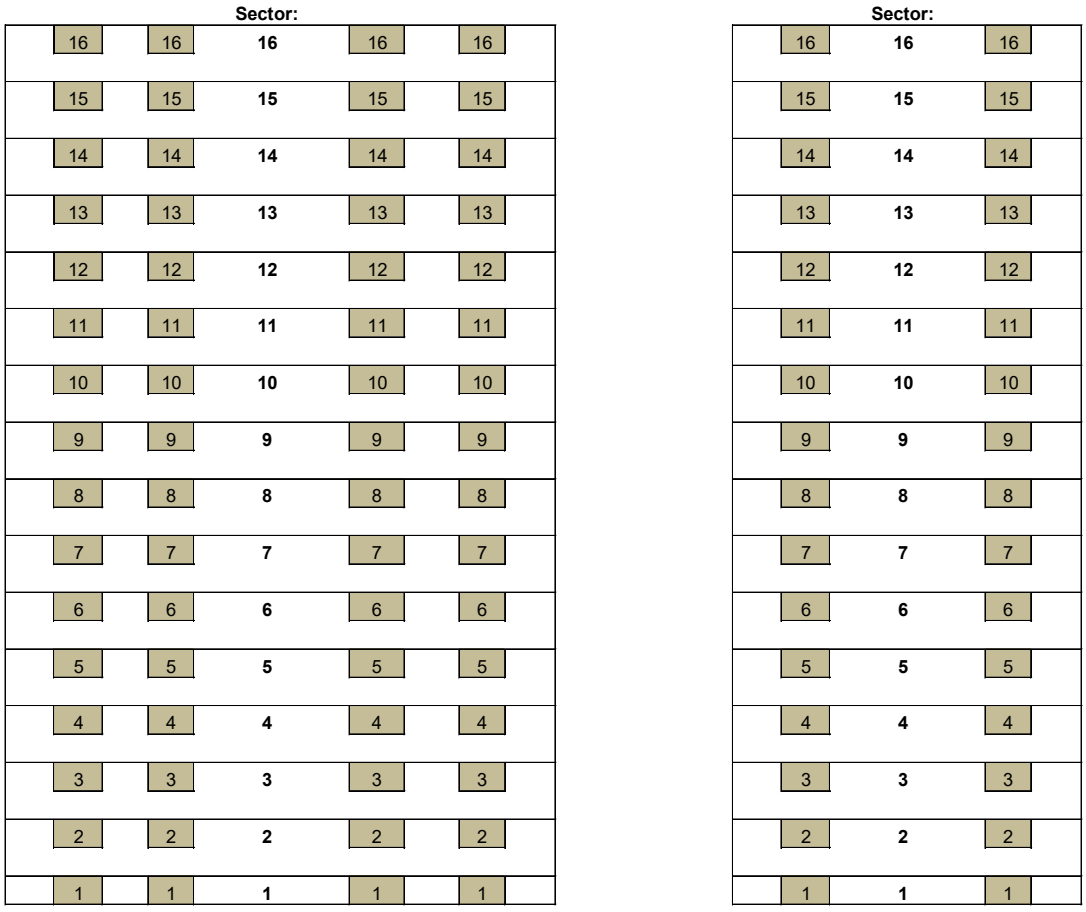
Tabel B5.6 *Het aantal uitgevoerde inventarisaties van reptielen met behulp van transecten in brongebied Noord per maand per jaar en de meetfrequentie (F), i.e. het gemiddelde aantal inventarisaties per week, berekend over de maanden dat er inventarisaties zijn uitgevoerd.*

Jaar	A	M	J	J	A	S	Totaal	F
2014	3	4	4	4	5	5	25	1,0
2015	4	4	5	4	3	1	21	0,8
2016	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	8	10	8	8	5	4	43	1,7
2018	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	1[1]	8	9	7	4	9	38	1,5
Totaal	16	26	26	23	17	19	127	1,2

1 Late start door uitbraak COVID-19.

Bijlage 6 Indeling sectoren natuurbruggen

Ruimtelijke ligging van de sectoren op Natuurbrug Zwaluwenberg en Natuurbrug Hoorneboeg, in de situatie met vier (links) of twee (rechts) naast elkaar gelegen transecten.



16 Genummerd kunstmatige schuilplek

Bijlage 7 Toets abundantie reptielen

Tabel B7.1 *Gemiddelde verschil in de abundantie van hazelworm tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met natuurbrug	s.e.	t	df	P
2014					
Omgeving	-0,0235	0,0183	-1,28	51	0,206
Heide	-0,1161	0,0376	-3,09	32	0,004*
Bos	-0,0071	0,0176	-0,40	51	0,688
Bermen A27	-0,2440	0,0653	-3,73	21	0,001*
2017					
Omgeving	-0,0026	0,0170	-0,15	84	0,878
Heide	-0,1179	0,0385	-3,07	52	0,003*
Bos	0,0170	0,0176	1,01	84	0,317
2020					
Omgeving	0,0285	0,0207	1,37	60	0,175
Heide	-0,1086	0,0405	-2,68	54	0,010*
Bos	0,0526	0,0213	2,47	64	0,016*
Bermen A27	-0,1787	0,0672	-2,66	40	0,011*

Tabel B7.2 *Gemiddelde verschil in de abundantie van hazelworm tussen Natuurbrug Hoorneboeg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met natuurbrug	s.e.	t	df	P
2017					
Omgeving	-0,0242	0,0141	-1,72	84	0,09
Heide	-01395	0,0373	-3,74	47	<0,001*
Bos	-0,0039	0,0148	-0,26	75	0,794
2020					
Omgeving	0,1666	0,0357	4,67	44	<0,001*
Heide	0,0296	0,0498	0,59	74	0,554
Bos	0,1908	0,0360	5,30	46	<0,001*

Tabel B7.3 *Gemiddelde verschil in de abundantie van levendbarende hagedis tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met natuurbrug	s.e.	t	df	P
2014					
Omgeving	-0,0354	0,0644	-0,55	42	0,586
Heide	-0,9180	0,224	-4,10	28	<0,001*
Bos	0,1204	-	-	-	-
Bermen A27	-0,3170	0,147	-2,16	25	0,040*
2017					
Omgeving	0,1441	0,0315	4,58	48	<0,001*
Heide	-0,1593	0,0622	-2,56	66	0,013*
Bos	0,1977	-	-	-	-
2020					
Omgeving	0,1685	0,0456	3,70	41	<0,001*
Heide	-0,4746	0,0811	-5,85	64	<0,001*
Bos	0,2820	-	-	-	-
Bermen A27	-0,0167	0,0692	-0,24	72	0,811

Tabel B7.4 *Gemiddelde verschil in de abundantie van levendbarende hagedis tussen Natuurbrug Hoorneboeg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met natuurbrug	*s.e.*	*t*	*df*	*P*
2017					
Omgeving	-0,0322	0,0110	-2,93	84	0,004*
Heide	-0,3357	0,0548	-6,13	44	<0,001*
Bos	0,0213	-	-	-	-
2020					
Omgeving	0,1562	0,0417	3,75	42	<0,001*
Heide	-0,4868	0,0790	-6,17	60	<0,001*
Bos	0,2697	-	-	-	-

Tabel B7.5 *Gemiddelde verschil in de abundantie van ringslang tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met de natuurbrug	s.e.	t	df	P
2014					
Omgeving	0,0014	-	-	-	-
Heide	0,0096	-	-	-	-
Bos	0,0000	-	-	-	-
Bermen A27	0,0000	-	-	-	-
2017					
Omgeving	-0,0050	0,0034	-1,47	84	0,144
Heide	-0,0519	0,0164	-3,16	44	0,003*
Bos	0,0033	-	-	-	-
2020					
Omgeving	0,0141	0,0161	0,88	49	0,384
Heide	-0,1508	0,0431	-3,50	47	0,001*
Bos	0,0432	-	-	-	-
Bermen A27	0,0432	-	-	-	-

Tabel B7.6 *Gemiddelde verschil in de abundantie van ringslang tussen Natuurbrug Hoorneboeg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met de natuurbrug	s.e.	t	df	P
2017					
Omgeving	0,0083	-	-	-	-
Heide	0,0552	-	-	-	-
Bos	0,0000	-	-	-	-
2020					
Omgeving	-0,0182	0,0076	-2,38	74	0,020*
Heide	-0,1831	0,0407	-4,50	38	<0,001*
Bos	0,0110	-	-	-	-

Bijlage 8 Genetische merkers

Tabel B8.1 *Overzicht van microsatelliet-merkers en verdeling over multiplex-reacties, zoals toegepast in dit onderzoek voor hazelworm.*

Multiplex	Locus	Referentie
1	Af22	Geiser et al., 2013
	Af37	Geiser et al., 2013
	Af38	Geiser et al., 2013
	Af50	Geiser et al., 2013
2	Af24	Geiser et al., 2013
	Af34	Geiser et al., 2013
	Af47	Geiser et al., 2013
	Af44	Geiser et al., 2013
	Af19	Geiser et al., 2013

Tabel B8.2 *Overzicht van microsatelliet-merkers en verdeling over multiplex-reacties, zoals toegepast in dit onderzoek voor levendbarende hagedis.*

Multiplex	Locus	Referentie
1	Lacviv04	Stevens et al., 2013
	Lacviv06	Stevens et al., 2013
	Lacviv08	Stevens et al., 2013
	Lacviv26	Stevens et al., 2013
2	Lv-4-alpha	Boudjemadi et al., 1999
	Lv-2-145	Boudjemadi et al., 1999
	Lv-3-19	Boudjemadi et al., 1999
	Lv-4-X	Boudjemadi et al., 1999
	Lv-4-115	Boudjemadi et al., 1999

Bijlage 9 Genetische differentiatie

Tabel B9.1 *Mate van paarsgewijze genetische differentiatie (Fst) voor de hazelworm tussen deelgebieden per tijdsperiode. Fst-waarden lager dan 0,05 (geringe differentiatie) zijn geel gekleurd, waarden tussen de 0,05 en 0,15 (duidelijke differentiatie) zijn lichtroze gekleurd, waarden boven de 0,15 (sterke differentiatie) zijn donkerroze gekleurd.*

			T0						T1				T2						
Periode	Deelgebied	Referentie Veluwe	NB Zwaluwenberg	Berm A27 oostzijde	Berm A27 westzijde	Oost	West	Noord	NB Zwaluwenberg	NB Hoorneboeg	Oost	West	NB Zwaluwenberg	NB Hoorneboeg	Berm A27 oostzijde	Berm A27 westzijde	Oost	West	Noord
nvt	Referentie Veluwe		0.08	0.09	0.05	0.05	0.17	0.07	0.06	0.21	0.01	0.18	0.09	0.24	0.10	0.20	0.04	0.13	0.09
T0	NB Zwaluwenberg	0.08		0.07	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.06	0.05	0.01	0.01	0.06	0.06	0.18	0.03	0.01	0.08
	Berm A27 oostzijde	0.09	0.07		0.08	0.03	0.13	0.07	0.03	0.17	0.03	0.11	0.07	0.18	0.03	0.12	0.03	0.09	0.10
	Berm A27 westzijde	0.05	0.00	0.08		0.05	0.07	0.00	0.01	0.11	0.03	0.07	0.00	0.11	0.06	0.16	0.03	0.03	0.05
	Oost	0.05	0.05	0.03	0.05		0.13	0.03	0.02	0.17	0.01	0.10	0.04	0.18	0.02	0.14	0.00	0.10	0.05
	West	0.17	0.01	0.13	0.07	0.13		0.04	0.06	0.00	0.10	0.00	0.11	0.00	0.13	0.22	0.12	0.00	0.22
	Noord	0.07	0.00	0.07	0.00	0.03	0.04		0.00	0.09	0.01	0.04	0.00	0.10	0.01	0.12	0.01	0.03	0.00
T1	NB Zwaluwenberg	0.06	0.00	0.03	0.01	0.02	0.06	0.00		0.09	0.02	0.05	0.01	0.10	0.02	0.09	0.02	0.02	0.06
	NB Hoorneboeg	0.21	0.06	0.17	0.11	0.17	0.00	0.09	0.09		0.15	0.05	0.12	0.00	0.16	0.28	0.16	0.00	0.30
	Oost	0.01	0.05	0.03	0.03	0.01	0.10	0.01	0.02	0.15		0.10	0.04	0.18	0.02	0.10	0.00	0.08	0.04
	West	0.18	0.01	0.11	0.07	0.10	0.00	0.04	0.05	0.05	0.10		0.08	0.05	0.11	0.22	0.10	0.00	0.16
T2	NB Zwaluwenberg	0.09	0.01	0.07	0.00	0.04	0.11	0.00	0.01	0.12	0.04	0.08		0.12	0.06	0.18	0.03	0.05	0.08
	NB Hoorneboeg	0.24	0.06	0.18	0.11	0.18	0.00	0.10	0.10	0.00	0.18	0.05	0.12		0.17	0.29	0.18	0.00	0.31
	Berm A27 oostzijde	0.10	0.06	0.03	0.06	0.02	0.13	0.01	0.02	0.16	0.02	0.11	0.06	0.17		0.10	0.01	0.06	0.05
	Berm A27 westzijde	0.20	0.18	0.12	0.16	0.14	0.22	0.12	0.09	0.28	0.10	0.22	0.18	0.29	0.10		0.13	0.27	0.19
	Oost	0.04	0.03	0.03	0.03	0.00	0.12	0.01	0.02	0.16	0.00	0.10	0.03	0.18	0.01	0.13		0.08	0.02
	West	0.13	0.01	0.09	0.03	0.10	0.00	0.03	0.02	0.00	0.08	0.00	0.05	0.00	0.06	0.27	0.08		0.17
	Noord	0.09	0.08	0.10	0.05	0.05	0.22	0.00	0.06	0.30	0.04	0.16	0.08	0.31	0.05	0.19	0.02	0.17	

Tabel B9.2 *Mate van paarsgewijze genetische differentiatie (Fst) voor de levendbarende hagedis tussen deelgebieden per tijdsperiode. Fst-waarden lager dan 0,05 (geringe differentiatie) zijn geel gekleurd, waarden tussen de 0,05 en 0,15 (duidelijke differentiatie) zijn lichtroze gekleurd, waarden boven de 0,15 (sterke differentiatie) zijn donkerroze gekleurd.*

			T0						T1				T2						
Periode	Deelgebied	Referentie	NB Zwaluwenberg	Berm A27 oostzijde	Berm A27 westzijde	Oost	West	Noord	NB Zwaluwenberg	NB Hoorneboeg	Oost	West	NB Zwaluwenberg	NB Hoorneboeg	Berm A27 oostzijde	Berm A27 westzijde	Oost	West	Noord
nvt	Referentie		0.05	0.06	0.04	0.09	0.12	0.08	0.06	0.09	0.06	0.10	0.06	0.10	0.04	0.09	0.09	0.08	0.09
T0	NB Zwaluwenberg	0.05		0.05	0.00	0.06	0.05	0.03	0.01	0.06	0.04	0.04	0.01	0.05	0.01	0.06	0.04	0.03	0.03
	Berm A27 oostzijde	0.06	0.05		0.01	0.02	0.04	0.05	0.02	0.05	0.04	0.10	0.03	0.06	0.01	0.09	0.02	0.01	0.07
	Berm A27 westzijde	0.04	0.00	0.01		0.04	0.04	0.03	0.00	0.05	0.04	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02
	Oost	0.09	0.06	0.02	0.04		0.06	0.01	0.03	0.07	0.06	0.10	0.04	0.07	0.02	0.11	0.01	0.07	0.05
	West	0.12	0.05	0.04	0.04	0.06		0.03	0.04	0.08	0.07	0.03	0.04	0.08	0.03	0.06	0.04	0.01	0.03
	Noord	0.08	0.03	0.05	0.03	0.01	0.03		0.02	0.06	0.05	0.06	0.02	0.05	0.01	0.04	0.02	0.05	0.00
T1	NB Zwaluwenberg	0.06	0.01	0.02	0.00	0.03	0.04	0.02		0.06	0.04	0.05	0.00	0.04	0.01	0.05	0.03	0.04	0.02
	NB Hoorneboeg	0.09	0.06	0.05	0.05	0.07	0.08	0.06	0.06		0.07	0.13	0.06	0.02	0.06	0.11	0.09	0.06	0.09
	Oost	0.06	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.05	0.04	0.07		0.06	0.05	0.06	0.01	0.07	0.05	0.05	0.04
	West	0.10	0.04	0.10	0.02	0.10	0.03	0.06	0.05	0.13	0.06		0.05	0.09	0.03	0.00	0.06	0.01	0.02
T2	NB Zwaluwenberg	0.06	0.01	0.03	0.00	0.04	0.04	0.02	0.00	0.06	0.05	0.05		0.04	0.01	0.04	0.03	0.04	0.02
	NB Hoorneboeg	0.10	0.05	0.06	0.03	0.07	0.08	0.05	0.04	0.02	0.06	0.09	0.04		0.06	0.08	0.07	0.08	0.06
	Berm A27 oostzijde	0.04	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.06	0.01	0.03	0.01	0.06		0.04	0.01	0.02	0.02
	Berm A27 westzijde	0.09	0.06	0.09	0.02	0.11	0.06	0.04	0.05	0.11	0.07	0.00	0.04	0.08	0.04		0.09	0.04	0.00
	Oost	0.09	0.04	0.02	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03	0.09	0.05	0.06	0.03	0.07	0.01	0.09		0.05	0.03
	West	0.08	0.03	0.01	0.02	0.07	0.01	0.05	0.04	0.06	0.05	0.01	0.04	0.08	0.02	0.04	0.05		0.04
	Noord	0.09	0.03	0.07	0.02	0.05	0.03	0.00	0.02	0.09	0.04	0.02	0.02	0.06	0.02	0.00	0.03	0.04	

Bijlage 10 Kunstmatige schuilplekken

Tabel B10.1 *Het aantal uitgezette kunstmatige schuilplekken per deelgebied en type biotoop in 2014 en 2015, onderscheiden naar type schuilplek.*

Type schuilplek	Natuurbrug Zwaluwenberg	Oost	West	Noord	Totaal
Bos					
Tapijt	0	4	6	0	10
Hout	0	4	6	0	10
Staal	0	4	4	0	8
ACO	0	6	4	0	10
Totaal	*0*	*18*	*20*	*0*	*38*
Heide/Grasland					
Tapijt	7	6	3	4	20
Hout	7	7	3	3	20
Staal	7	7	4	4	22
ACO	7	6	3	4	20
Totaal	*28*	*26*	*13*	*15*	*82*
Alle biotopen					
Tapijt	7	10	9	4	30
Hout	7	11	9	3	30
Staal	7	11	8	4	30
ACO	7	12	7	4	30
Totaal	*28*	*44*	*33*	*15*	*120*

Tabel B10.2 *Het aantal uitgezette kunstmatige schuilplekken per deelgebied en type biotoop in 2016 en 2018, onderscheiden naar type schuilplek.*

Type schuilplek	Natuurbrug Zwaluwenberg	Oost	West	Noord	Totaal
Bos					
Tapijt	0	0	0	0	0
Hout	0	0	0	0	0
Staal	0	0	0	0	0
ACO	0	0	0	0	0
Totaal	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Heide/Grasland					
Tapijt	7	0	0	0	7
Hout	7	0	0	0	7
Staal	7	0	0	0	7
ACO	7	0	0	0	7
Totaal	*28*	*0*	*0*	*0*	*28*
Alle biotopen					
Tapijt	7	0	0	0	7
Hout	7	0	0	0	7
Staal	7	0	0	0	7
ACO	7	0	0	0	7
Totaal	*28*	*0*	*0*	*0*	*28*

Tabel B10.3 *Het aantal uitgezette kunstmatige schuilplekken per deelgebied en type biotoop in 2017, onderscheiden naar type schuilplek.*

Type schuilplek	Natuurbrug Zwaluwenberg	Oost	West	Noord	Totaal
Bos					
Tapijt	0	4	6	0	10
Hout	0	4	6	0	10
Staal	0	4	3	0	7
ACO	0	6	4	0	10
Totaal	*0*	*18*	*19*	*0*	*37*
Heide/Grasland					
Tapijt	7	6	3	4	20
Hout	7	7	3	3	20
Staal	7	5	4	4	20
ACO	7	4	3	4	18
Totaal	*28*	*22*	*13*	*15*	*78*
Alle biotopen					
Tapijt	7	10	9	4	30
Hout	7	11	9	3	30
Staal	7	9	7	4	27
ACO	7	10	7	4	28
Totaal	*28*	*40*	*32*	*15*	*115*

Tabel B10.4 *Het aantal uitgezette kunstmatige schuilplekken per deelgebied en type biotoop tijdens inventarisatieronde 1 en 2 in 2020, onderscheiden naar type schuilplek.*

Type schuilplek	Natuurbrug Zwaluwenberg	Oost	West	Noord	Totaal
Bos					
Tapijt	0	4	6	0	10
Hout	0	4	6	0	10
Staal	0	4	3	0	7
ACO	0	5	4	0	9
Totaal	*0*	*17*	*19*	*0*	*36*
Heide/Grasland					
Tapijt	7	6	3	4	20
Hout	6	6	3	3	18
Staal	7	5	4	3	19
ACO	7	4	3	4	18
Totaal	*27*	*21*	*13*	*14*	*75*
Alle biotopen					
Tapijt	7	10	9	4	30
Hout	6	10	9	3	28
Staal	7	9	7	3	26
ACO	7	9	7	4	27
Totaal	*27*	*38*	*32*	*14*	*111*

Tabel B10.5 *Het aantal uitgezette kunstmatige schuilplekken per deelgebied en type biotoop tijdens inventarisatieronde 3-23 in 2020, onderscheiden naar type schuilplek.*

Type schuilplek	Natuurbrug Zwaluwenberg	Oost	West	Noord	Totaal
Bos					
Tapijt	0	4	6	0	10
Hout	0	4	6	0	10
Staal	0	4	3	0	7
ACO	0	5	4	0	9
Totaal	*0*	*17*	*19*	*0*	*36*
Heide/Grasland					
Tapijt	7	6	3	4	20
Hout	6	6	3	3	18
Staal	7	5	3	3	18
ACO	7	4	3	4	18
Totaal	*27*	*21*	*12*	*14*	*74*
Alle biotopen					
Tapijt	7	10	9	4	30
Hout	6	10	9	3	28
Staal	7	9	6	3	25
ACO	7	9	7	4	27
Totaal	*27*	*38*	*31*	*14*	*110*

Tabel B10.6 *Het aantal uitgezette kunstmatige schuilplekken per deelgebied en type biotoop tijdens inventarisatieronde 24-39 in 2020, onderscheiden naar type schuilplek.*

Type schuilplek	Natuurbrug Zwaluwenberg	Oost	West	Noord	Totaal
Bos					
Tapijt	0	4	6	0	10
Hout	0	4	4	0	8
Staal	0	4	3	0	7
ACO	0	5	4	0	9
Totaal	*0*	*17*	*17*	*0*	*34*
Heide/Grasland					
Tapijt	7	6	3	4	20
Hout	6	6	3	3	18
Staal	7	5	3	3	18
ACO	7	4	3	4	18
Totaal	*27*	*21*	*12*	*14*	*74*
Alle biotopen					
Tapijt	7	10	9	4	30
Hout	6	10	7	3	26
Staal	7	9	6	3	25
ACO	7	9	7	4	27
Totaal	*27*	*38*	*29*	*14*	*108*

Bijlage 11 Toets abundantie amfibieën

Tabel B11.1 *Gemiddelde verschil in de abundantie van gewone pad tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met natuurbrug	s.e.	t	df	P
2014					
Omgeving	0,0797	0,0463	1,72	26	0,048*
Heide	0,0593	0,0478	1,24	30	0,112
Bos	0,0870	-	-	-	-
Bermen A27	0,0208	0,0620	0,34	45	0,369
2017					
Omgeving	0,0885	0,0163	5,42	63	<0,001*
Heide	0,0638	0,0212	3,01	84	0,002*
Bos	0,0929	0,0169	5,51	68	<0,001*
2020					
Omgeving	-0,0040	0,0051	0,78	61	0,218
Heide	-0,0226	0,0010	2,27	42	0,014*
Bos	-0,0007	0,0051	0,13	60	0,449
Bermen A27	0,0040	-	-	-	-

Tabel B11.2 *Gemiddelde verschil in de abundantie van gewone pad tussen Natuurbrug Hoorneboeg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met natuurbrug	s.e.	t	df	P
2017					
Omgeving	0,2844	0,0714	3,98	43	<0,001*
Heide	0,2597	0,0727	3,58	46	<0,001*
Bos	0,2888	0,0715	4,04	43	<0,001*
2020					
Omgeving	0,0296	0,0120	2,46	48	0,009*
Heide	0,0110	0,0148	0,74	74	0,230
Bos	0,0329	0,0120	2,73	48	0,004*

Tabel B11.3 *Gemiddelde verschil in de abundantie van bruine kikker tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met natuurbrug	s.e.	t	df	P
2014					
Omgeving	0,0919	0,0465	1,97	26	0,029*
Heide	0,0878	0,0468	1,88	26	0,036*
Bos	0,0960	-	-	-	-
Bermen A27	0,0960	-	-	-	-
2017					
Omgeving	0,0263	0,0117	2,25	66	0,014*
Heide	0,0066	0,0168	0,39	84	0,348
Bos	0,0298	0,0121	2,47	72	0,008*
2020					
Omgeving	0,4490	0,3783	1,19	37	0,121
Heide	0,4610	-	-	-	-
Bos	0,4470	0,3784	1,18	37	0,122
Bermen A27	0,4610	-	-	-	-

Tabel B11.4 *Gemiddelde verschil in de abundantie van bruine kikker tussen Natuurbrug Hoorneboeg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met natuurbrug	s.e.	t	df	P
2017					
Omgeving	0,0312	0,0109	2,86	70	0,003*
Heide	0,0115	0,0163	0,71	75	0,241
Bos	0,0348	0,0114	3,05	75	0,002*
2020					
Omgeving	0,3397	0,1803	1,88	37	0,034*
Heide	0,3510	-	-	-	-
Bos	0,3377	0,1804	1,87	37	0,035*

Tabel B11.5 *Gemiddelde verschil in de abundantie van groene kikker tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met de natuurbrug	s.e.	t	df	P
2014					
Omgeving	-	-	-	-	-
Heide	-	-	-	-	-
Bos	-	-	-	-	-
Bermen A27	-	-	-	-	-
2017					
Omgeving	0,017	-	-	-	-
Heide	0,017	-	-	-	-
Bos	0,017	-	-	-	-
2020					
Omgeving	0,132	-	-	-	-
Heide	0,132	-	-	-	-
Bos	0,132	-	-	-	-
Bermen A27	0,132	-	-	-	-

Tabel B11.6 *Gemiddelde verschil in de abundantie van groene kikker tussen Natuurbrug Hoorneboeg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met de natuurbrug	s.e.	t	df	P
2017					
Omgeving	0,002	-	-	-	-
Heide	0,002	-	-	-	-
Bos	0,002	-	-	-	-
2020					
Omgeving	-	-	-	-	-
Heide	-	-	-	-	-
Bos	-	-	-	-	-

Tabel B11.7 *Gemiddelde verschil in de abundantie van kleine watersalamander tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met de natuurbrug	s.e.	t	df	P
2014					
Omgeving	-	-	-	-	-
Heide	-	-	-	-	-
Bos	-	-	-	-	-
Bermen A27	-	-	-	-	-
2017					
Omgeving	0,005721	0,005095	1,12	84	0,132
Heide	0,004093	0,006944	0,59	72	0,279
Bos	0,006023	0,005431	1,11	84	0,135
2020					
Omgeving	-	-	-	-	-
Heide	-	-	-	-	-
Bos	-	-	-	-	-
Bermen A27	-	-	-	-	-

Tabel B11.8 *Gemiddelde verschil in de abundantie van kleine watersalamander tussen Natuurbrug Hoorneboeg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met de natuurbrug	s.e.	t	df	P
2017					
Omgeving	0,02484	0,01312	1,89	48	0,032*
Heide	0,02321	0,01394	1,66	59	0,051
Bos	0,02514	0,01325	1,90	50	0,032*
2020					
Omgeving	0,001684	0,002241	0,75	41	0,228
Heide	-0,001105	0,003949	-0,28	64	0,610
Bos	-	-	-	-	-

Tabel B11.9 *Gemiddelde verschil in de abundantie van alpenwatersalamander tussen Natuurbrug Zwaluwenberg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met de natuurbrug	s.e.	t	df	P
2014					
Omgeving	-	-	-	-	-
Heide	-	-	-	-	-
Bos	-	-	-	-	-
Bermen A27	-	-	-	-	-
2017					
Omgeving	-	-	-	-	-
Heide	-	-	-	-	-
Bos	-	-	-	-	-
2020					
Omgeving	-	-	-	-	-
Heide	-	-	-	-	-
Bos	-	-	-	-	-
Bermen A27	-	-	-	-	-

Tabel B11.10 *Gemiddelde verschil in de abundantie van alpenwatersalamander tussen Natuurbrug Hoorneboeg en de diverse referentiegebieden per jaar. Tevens de uitkomsten van de statistische test om vast te stellen of er een significant verschil is tussen de natuurbrug en de referentiegebieden. * = er is een significant verschil.*

Jaar	Gemiddelde verschil met de natuurbrug	s.e.	t	df	P
2017					
Omgeving	-	-	-	-	-
Heide	-	-	-	-	-
Bos	-	-	-	-	-
2020					
Omgeving	-	-	-	-	-
Heide	-	-	-	-	-
Bos	-	-	-	-	-

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3335
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore the potential of nature to improve the quality of life

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3335
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.