

Klimaatstresstest voor Dagvlinders in Gelderland



Klimaatstresstest voor Dagvlinders in Gelderland



Klimaatstresstest voor Dagvlinders in Gelderland

Tekst

Michiel Wallis de Vries

Foto's

Kim Huskens, Chris van Swaay en Michiel Wallis de Vries

Met medewerking van

Bas Oteman

Rapportnummer

VS2019.022

Projectnummer

P-2018.126

Productie

De Vlinderstichting
Mennonietenweg 10
Postbus 506
6700 AM Wageningen
T 0317 46 73 46
E info@vlinderstichting.nl
www.vlinderstichting.nl

Opdrachtgever

Provincie Gelderland

Deze publicatie kan worden geciteerd als

Wallis de Vries, M.F. & Oteman, B. (2019). *Klimaatstresstest voor Dagvlinders in Gelderland*. Rapport VS2019.022, De Vlinderstichting, Wageningen.

Trefwoorden

Klimaatextremen, dagvlinders, populaties, monitoring

september 2019



Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van De Vlinderstichting, noch mag het zonder een dergelijke toestemming gebruikt worden voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Inhoud

Samenvatting	5
1. Inleiding.....	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Doelstelling	7
2. Methode.....	8
2.1 Overzicht van de analyse	8
2.2 Soortenselectie	8
2.3 Monitoringdata op populatieniveau.....	9
2.4 Omgevingsdata	9
2.4 Klimaatdata.....	11
2.5 Statistische analyse.....	12
2.6 Aanbevelingen voor lokale populaties.....	14
2.7 Leeswijzer	14
3. Invloeden van klimaat en omgeving	15
Aardbeivlinder	15
Bosparelmoevlinder	17
Bruin blauwtje	19
Bruine eikenpage	20
Bruine vuurvlinder.....	22
Geelsprietdikkopje	24
Gentiaanblauwtje.....	26
Grote parelmoevlinder	29
Grote vos	31
Grote weerschijnvlinder	32
Heideblauwtje	34
Heivlinder	37
Iepenpage.....	40
Keizersmantel	41
Kleine heivlinder	42
Kleine ijsvogelvlinder.....	44
Kleine parelmoevlinder	46
Kommavlinder	48
Oranje zandoogje	50
Sleedoornpage	51
Zilveren maan.....	53
4. Synthese	55
Literatuur	58

Samenvatting

Klimaatverandering is niet alleen een kwestie van een geleidelijke opwarming, maar gaat juist ook gepaard met een toename van weersextremen van zowel droogte als hevige neerslag. Voor een duurzaam behoud van biodiversiteit is het van belang om de risico's daarvan in beeld te krijgen voor onze kenmerkende bedreigde soorten. Dit rapport presenteert daarom de resultaten van een klimaatstresstest voor bedreigde dagvlinders voor de provincie Gelderland.

De klimaatstresstest is uitgevoerd door de invloed van klimaatfactoren op de populatieontwikkeling van dagvlinders vast te stellen aan de hand van gegevens uit het landelijk meetnet vlinders. De aantalsverandering van jaar-op-jaar is daartoe voor alle soorten met voldoende data met standaard lineaire modellen verklaard op basis van een combinatie van klimaatfactoren en omgevingscondities die van belang kunnen zijn om klimaatinvloeden te mitigeren. Als indicatoren voor klimaatextremen zijn met name beschouwd: het neerslagtekort, neerslagpieken, hitte en late nachtvorst.

Over alle soorten bezien waren de invloeden van temperatuur en neerslag in de zomer het vaakst significant. De zomertemperatuur heeft meestal een positieve invloed op de aantalsontwikkeling, maar hitte is vooral voor soorten uit heidegebieden een negatieve factor. De invloed van de neerslag is afhankelijk van de biotoop van de soort en de balans tussen het positieve effect van een goed aanbod van nectar of waardplanten en het negatieve effect van een kortere vliegtijd of inundatie. Perioden met forse buien in voorjaar of zomer en late vorst vormen een risico voor een kleiner aantal soorten.

Ook de lokale condities zijn, juist voor het opvangen van de klimaatinvloeden, van belang:

- grotere leefgebieden vergroten de veerkracht van populaties,
- reliëf is van toegevoegde waarde voor het bufferen van de invloed van droogte, hitte en extreme regenval
- bodemvocht is van positieve invloed om perioden van droogte op te kunnen vangen.

Droogte is al met al een belangrijke factor voor tweederde van de soorten: hetzij via verdroging van het leefgebied op lange termijn, hetzij via de overleving en voortplanting op korte termijn. Meer aandacht voor klimaatadaptatie verdient daarom een hoge prioriteit bij water- en natuurbeheerders.

Klimaatadaptatie voor het behoud van de leefgebieden van bedreigde dagvlinders is op verschillende manieren te verwezenlijken.

- stabilisatie van waterhuishouding en voorkomen van drainage en inundatie
- benutting van reliëf, variatie in bodem en vochtgradiënten
- het vergroten van de variatie in het microklimaat door aandacht voor heterogeniteit in het terreinbeheer
- aanpassing van begrazingsintensiteit en maaibeheer aan natte of droge jaren

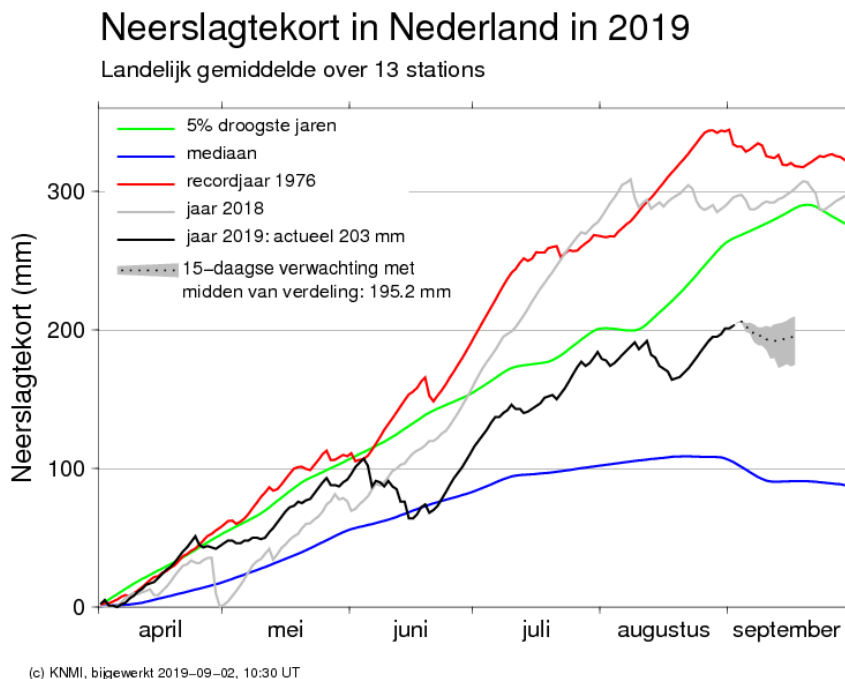
Voor de provincie Gelderland is klimaatadaptatie met name een topprioriteit voor gentiaanblauwtje, heivlinder, kleine heivlinder en kommavlinder.

1. Inleiding

Klimaatverandering is al geruime tijd aan de gang, maar de zomers van 2018 en 2019 wijzen ons nadrukkelijk op de risico's van toenemende klimaatextremen, onder meer voor het behoud van de biodiversiteit. Voor droogtegevoelige soorten vormen deze extremen een grote bedreiging. Bedreigde soorten zouden door de extra schade van klimaatextremen – bovenop de gevolgen van versnippering, vermisting en verzuring – zelfs geheel uit Nederland kunnen verdwijnen. Voor een goed inzicht in dergelijke gevolgen is het nodig een klimaatstresstest uit te voeren voor de dagvlindersoorten waarvoor in de Wet Natuurbescherming actieve bescherming is vereist. Op basis van de uitslag van deze stresstest kunnen maatregelen worden getroffen om de leefgebieden van deze soorten klimaatbestendig te maken.

1.1 Aanleiding

Klimaatverandering vormt een uitdaging voor de samenleving, maar niet minder voor de natuur. In het kader van natuurbescherming wordt er echter nog weinig aandacht aan besteed. Vooral gaat het dan om het bevorderen van verbindingen om het opschuiven van de arealen van soorten met geleidelijke opwarming mogelijk te maken. De invloed van klimaatextremen wordt daarbij nog onvoldoende meegenomen. Toch wijst een groeiend aantal studies juist op de gevolgen daarvan (bijv. Easterling *et al.*, 2000; Wallis de Vries *et al.*, 2011; McDermott *et al.*, 2016). De extreme zomers van 2018 en 2019 (Figuur 1.1) hebben de urgentie benadrukt van de opgave om klimaatextremen te kunnen opvangen.



Figuur 1.1: Het neerslagtekort in 2018 en 2019 was uitzonderlijk, net als 2014 en 2016 extreem natte zomers brachten (bron: KNMI).

Vaak wordt gedacht dat er op locatieniveau weinig maatregelen kunnen worden genomen om leefgebieden klimaatbestendig te maken, maar dat is wel degelijk mogelijk, wanneer goed gebruik gemaakt wordt van variatie in reliëf, waterhuishouding en microklimaat (Oliver *et al.*, 2010; De Frenne *et al.*, 2013; Suggitt *et al.*, 2018). In het pilotproject [Klimaatbestendig beheer voor de heidefauna](#) (Wallis de Vries *et al.*, 2018a) is dit voor de natte heide verkend door de

uitvoering van kleinschalige maatregelen te richten op uitbreiding van leefgebied over de vochtgradiënt van nat naar droog.

Om de gevoeligheid van soorten voor klimaatextremen inzichtelijk te maken is een klimaatstresstest nodig. Hierin wordt de invloed van klimaatextremen op de populatiegrootte van elke soort gekwantificeerd, zodat aangegeven kan worden voor welke soorten het nodig is om het leefgebied klimaatbestendig te maken. Dagvlinders lenen zich goed voor de uitvoering van een klimaatstresstest. Als koudbloedige dieren met een korte levenscyclus reageren ze snel op veranderingen in het klimaat. Door de langjarige tellingen uit het landelijk meetnet vlinders zijn vanaf 1992 de veranderingen van jaar op jaar op honderden locaties verspreid over het land goed gekwantificeerd. Tot voor kort was het niet goed uitvoerbaar om de respons van soorten op klimaatextremen te kwantificeren, omdat daarvoor ook gedetailleerde informatie op locatie-niveau nodig is. Eerdere analyses lieten daarom geen overtuigende effecten van klimaatextremen zien (Wallis de Vries *et al.*, 2011; Malinowska *et al.*, 2014). Daarvoor moeten namelijk zowel de neerslag als de lokale condities voor bodem, grondwatertrap en reliëf bekend zijn. Deze gegevens zijn nu zeer gedetailleerd beschikbaar, waardoor een klimaatstresstest veel beter uitvoerbaar is om op de beheerpraktijk toegesneden informatie te leveren.

Door de analyse op landelijke schaal uit te voeren kunnen betrouwbaarder uitspraken over de gevolgen van klimaatextremen worden gedaan. Voor de provincies is het echter belangrijk dat de rapportage op provinciaal niveau wordt doorvertaald. Die lijn is in deze rapportage gevolgd.

De resultaten van de klimaatstresstest zullen van nut zijn bij het ontwikkelen van beleid voor klimaatbestendig beheer van en landgebruik in relatie tot biodiversiteit in bredere zin. Oplossingsrichtingen voor kwetsbare soorten zullen op basis van de resultaten kunnen worden gezocht in aanpassing van de waterhuishouding en benutting van heterogeniteit in het landschap. Spreiding van risico's zou voorts ook kunnen worden bereikt door bijplaatsing van vlinders in kansrijke, maar onbezette gebieden.

1.2 Doelstelling

Doel van deze rapportage is om voor alle bedreigde soorten dagvlinders in Gelderland, voor zover mogelijk de gevoeligheid voor klimaatextremen vast te stellen door een kwantitatieve analyse van populatietrends in relatie tot extreem weer. Daarbij wordt tevens de invloed van lokale condities ten aanzien van bodem, reliëf en waterhuishouding meegenomen.

Op basis van klimaatscenario's is vervolgens de kwetsbaarheid van soorten voor de toekomst doorvertaald. Op locatie-niveau is per soort zo veel mogelijk inzichtelijk gemaakt in hoeverre de lokale condities kunnen worden aangepast om het leefgebied van populaties klimaatbestendig te maken. Hieruit volgen aanbevelingen voor de uitvoering van maatregelen.

2. Methode

De analyse heeft zich gericht op de soorten dagvlinders met populaties in Nederland waarvoor provincies een verantwoordelijkheid hebben voor actieve soortenbescherming, c.q. alle soorten die opgenomen zijn op de Rode Lijst Dagvlinders inclusief wettelijk beschermde soorten. Voor soorten met voldoende gegevens is de invloed van klimaatinvloeden per populatie bepaald. Voor de andere soorten is dit op kwalitatieve wijze gedaan. De klimaatinvloeden zijn zo veel mogelijk gekoppeld aan eigenschappen van de leefgebieden op populatieniveau om tot aanbevelingen voor uitvoering van maatregelen te komen.

2.1 Overzicht van de analyse

Voor de geselecteerde soorten met voldoende gegevens zijn de data van het landelijk meetnet vlinders (NEM) benut om voor de periode 1992-2018 de jaar-op-jaar veranderingen in talrijkheid te verklaren op basis van verschillende indicatoren voor klimaatextremen in het lopende en voorafgaande jaar. Deze klimaatgegevens zijn beschikbaar via de weerstations van het KNMI. Als indicatoren voor klimaatextremen zijn met name beschouwd: het neerslagtekort, neerslagpieken, hitte en late nachtvorst. Voor elke soort is de invloed hiervan beschouwd tijdens de vliegtijd van de vlinders en het hele daaraan voorafgaande jaar. De condities tijdens de winter zijn buiten beschouwing gelaten, omdat extreem weer in deze tijd van winterrust van weinig invloed is op de populatieontwikkeling (het geleidelijk milder worden van de winters kan wel van invloed zijn, maar op basis van eerder onderzoek is de verwachting is dat specifieke condities in afzonderlijke winters van weinig invloed is; Roy *et al.*, 2001; Wallis de Vries *et al.*, 2011).

De klimaatinvloeden zijn zo veel mogelijk geanalyseerd op het niveau van afgebakende populaties. Hiervoor zijn behalve de oppervlakte ook indicaties van bodemvocht en reliëf meegenomen als omgevingsfactoren waardoor klimaatinvloeden al of niet opgevangen kunnen worden.

De gevonden verbanden geven aanwijzingen voor de kritische factoren die veranderingen in populatiegrootte van elke soort verklaren. Ze zijn verder benut om de populatieontwikkeling te vergelijken onder het klimaatscenario van 2030 ten opzichte van de door het KNMI gebruikte referentieperiode van 1981-2010. Dit toekomstscenario is voorts afgezet tegen de verwachte areaalverschuiving bij klimaatopwarming volgens de *Climatic risk atlas of European butterflies* (Settele *et al.*, 2008).

Bij elke soort zijn de consequenties van de gevonden invloeden doorvertaald naar de populaties in de provincie, met aanbevelingen voor maatregelen om eventueel bedreigende klimaatinvloeden en andere knelpunten op te heffen.

In de volgende paragrafen zijn de verschillende stappen in deze analyse verder toegelicht.

2.2 Soortenselectie

De analyse heeft van klimaatinvloeden heeft zich in eerste instantie gericht op de 32 soorten dagvlinders met een actuele Rode Lijst-status (Tabel 2.1).

De gele luzernevlinder, hoewel bedreigd, is daarbij niet meegenomen omdat dit een trekvlinder is zonder vaste populaties in Nederland. De soort kan in Nederland de winter niet overleven. De aantallen worden dus bepaald door factoren buiten ons land, zodat een analyse van beschermingsmaatregelen in relatie tot klimaatverandering van weinig praktische waarde is.

Toegevoegd zijn twee thans niet bedreigde soorten met een wél ernstig bedreigde status op de vorige Rode Lijst uit 2006: grote weerschijnvlinder en iepenpage. Op grond daarvan zijn deze soorten nog steeds wettelijk beschermd.

Ook toegevoegd is de keizersmantel, die op de vorige Rode Lijst als ‘verdwenen uit Nederland’ te boek stond, maar nu als niet meer bedreigd geldt; gezien deze nog maar recente kentering is het de vraag hoe duurzaam de huidige populaties zijn en is de keizersmantel daarom uit voorzorg toch meegenomen.

Bont dikkopje en groot dikkopje hadden op de vorige Rode Lijst een weinig bedreigde status (respectievelijk kwetsbaar en gevoelig) en gelden thans als niet meer bedreigd. Beide komen in deze klimaatstresstest daarom niet aan bod.

Voor Gelderland gaat het uiteindelijk om 21 soorten met actuele populaties en drie soorten die na 1990 zijn verdwenen (duinparelmoervlinder, spiegeldikkopje en veenhooibeestje).

2.3 Monitoringdata op populatieniveau

Voor de analyse van de jaar-op-jaar veranderingen in talrijkheid zijn de data van het landelijk meetnet vlinders (NEM) benut uit de periode 1992-2018. Voor 28 van de 34 soorten waren er voldoende gegevens voor een kwantitatieve analyse (voor 8 soorten met een beperkt aantal waarnemingen, voor 20 soorten met >100 datapunten).

Een cruciaal onderdeel van de analyse is het betrekken van de condities op het locatieniveau van elke monitoringroute bij de analyse. Daarvoor zijn populaties afgebakend op basis van waarnemingen uit de Nationale Database Flora en Fauna (NDF; over alle soorten gerekend 1346 populaties; d.d. 17 sept 2018), waar de monitoringroutes aan zijn toegedeeld. Een populatie is daarbij het leefgebied binnen een ‘minimum convex’ polygoon rond een cluster van minimaal 10 waarnemingen met een precisie van <100 m, gerekend vanaf 1990 (zie Van der Zee *et al.*, 2017); voor 11 populaties waarvan de waarnemingen eenzelfde coördinaat hadden werd een minimale oppervlakte van 100 m² aangehouden. Als maximale onderlinge afstand tussen waarnemingen binnen eenzelfde populatie is 500 meter aangehouden; voor mobiele soorten is dit een kleine afstand – en zouden sommige onderscheiden populaties beter bij elkaar gevoegd kunnen worden – maar voor het vaststellen van de lokale condities ten aanzien van reliëf van bodemvocht is deze schaal juist wel geschikt en daarom voor alle soorten aangehouden.

Voor enkele wijder verbreide soorten (bruin blauwtje, geelsprietdikkopje, oranje zandoogje) waren nog geen populaties afgebakend. In grotere datasets traden namelijk complicaties op bij de afbakening van populaties; bij het geelsprietdikkopje is bovendien in oudere waarnemingen vaak niet meer te achterhalen is of de soort betrouwbaar is onderscheiden van het zwartsprietdikkopje. Voor de drie wijder verbreide soorten zijn de omgevingsdata in plaats van aan populatiepolygonen gekoppeld aan de coördinaten van monitoringroutes waarop de soorten zijn geteld.

2.4 Omgevingsdata

De eigenschappen van de omgeving binnen de afgebakende populaties zijn bepaald aan de hand van oppervlakte, reliëf en bodemtype.

Als oppervlakte is eenvoudig de grootte van de polygoon van elke populatie genomen.

Voor reliëf – feitelijk de variatie in reliëf – is het Actueel Hoogte bestand Nederland (AHN) gebruikt om voor elke populatie de gemiddelde hoogte en de hoogte variatie te berekenen op een schaal van 5x5 m (meer detail leek niet van veel toegevoegde waarde, terwijl de benodigde capaciteit voor dataverwerking er wel enorm door vergroot zou worden). Hiervoor hebben we de ‘Zonal Statistics As Table’ tool in ArcGIS 10.6 gebruikt. Voor de analyse is de standaardafwijking van de hoogten van alle 5x5 m cellen binnen elke populatiepolygoon in de analyse gebruikt als indicator van variatie in reliëf; deze is overigens sterk gecorreleerd met het verschil tussen hoogste en laagste punt in een polygoon ($r=0,95$). Voor 11 populaties was de berekening hiervan vanwege een te kleine oppervlakte niet mogelijk.

Tabel 2.1: Lijst van beschouwde soorten met hun actuele status op de Rode Lijst (RL); voor soorten met een RL-status (anders dan TNB of Verdwenen uit Nederland) heeft de provincie een verantwoordelijkheid voor actieve soortenbescherming. **Vetgedrukt** zijn de soorten waarvoor een kwantitatieve analyse is uitgevoerd. De RL-status is die van de actuele Rode Lijst (Van Swaay, 2019). Soorten waarvan de status is veranderd (voorheen niet bedreigd of nu juist wel bedreigd) zijn met * aangeduid.

Afgebakende populaties: deze kolom geeft aan of de populaties van de soort ruimtelijk goed te omgrenzen zijn.

Voldoende data: hiermee is aangegeven of een kwantitatieve statistische analyse van monitoringdata zinvol was (x: <100 datapunten, X: >100 datapunten).

De rechter kolom geeft het aandeel (in procenten) per provincie van het aantal bezette kilometer-hokken voor alle dagvlinders met populaties in Nederland. Geel gemarkeerd zijn de combinaties waarbij het aandeel groter is dan het aandeel van die provincie in de landoppervlakte in Nederland (naar Van Swaay, 2019).

Voor na 1990 verdwenen soorten is het laatste jaar van waarneming tussen haakjes aangeduid.

	RL-status	Afgebakende Populaties	Voldoende data	Gelderland
Aardbeivlinder	BE	X	X	13
Bosparelmoevlinder	EB	X	X	100
Bruin blauwtje	GE		X	17
Bruine eikenpage	BE	X	X	1
Bruine vuurvlinder	KW	X	X	35
Duinparelmoevlinder	BE	X	X	(2006)
Geelsprietdikkopje	BE*		X	24
Gentiaanblauwtje	BE	X	X	26
Grote parelmoevlinder	EB	X	X	54
Grote vos	KW			20
Grote weerschijnvlinder	TNB* ¹	X	x	20
Heideblauwtje	KW	X	X	23
Heivlinder	KW	X	X	29
Iepenpage	TNB* ¹	X		10
Keizersmantel	TNB* ¹	X	x	21
Kleine heivlinder	EB	X	x	100
Kleine ijsvogelvlinder	KW	X	X	34
Kleine parelmoevlinder	KW	X	X	6
Kommavvlinder	BE	X	X	26
Oranje zandoogje	GE		X	2
Sleedoornpage	BE	X	X	49
Spiegeldikkopje	KW	X	X	(1996)
Veenhooibeestje	EB	X	x	(1996)
Zilveren maan	BE	X	X	7

RL-status: EB: Ernstig bedreigd, BE: Bedreigd, KW: Kwetsbaar, GE: Gevoelig, TNB: Thans niet bedreigd; ¹wel wettelijk beschermd op basis van passieve soortenbescherming.

Gegevens over bodemfysische eenheid (PAWN 25 m; <https://data.nhi.nu/>) zijn op een andere manier gecombineerd met de vlinderpopulaties. Voor elke populatie is voor elke bodemfysische eenheid een ruimtelijk histogram gemaakt met de ArcGIS tool 'Zonal Histogram'. Deze tool telt het aantal cellen van elk type binnen de aangegeven polygoon en maakt hier een tabel van. Voor een beperkt aantal kleine polygonen of puntpopulaties (met waarnemingen van slechts één coördinaat) is steeds de waarde op het middelpunt van de populatiepolygoon genomen. De bodemfysische eenheden zijn vervolgens vertaald naar een score van 1 tot 5 die overeenkomt met de berekende hoeveelheid moeilijk opneembaar vocht in de

wortelzone (in cm water op een wortelzone met een dikte van 30 cm; Wösten *et al.*, 2012). Voor elk populatiepolygoon is het naar oppervlakteaandeel gewogen gemiddelde van deze score in de analyse gebruikt als indicator van het beschikbare bodemvocht (voor puntpopulaties is de score van het bodemtype van de betreffende locatie genomen).

Verkend is of gegevens van de grondwatertrappenkaart ook benut konden worden als alternatieve indicator voor bodemvocht, maar deze bron is niet gebruikt omdat grote delen van Nederland (hoge zandgronden, duinen, rivierengebied en Zuid-Limburg) hierin niet zijn gedekt.

2.4 Klimaatdata

De weersgegevens zijn afkomstig van het KNMI: op 26-02-2019 zijn de gegevens voor alle 50 meetpunten gedownload voor de periode 1991-2018, voor zover beschikbaar. De coördinaten van deze stations zijn omgezet naar het Rijksdriehoeksstelsel (RD) met de 'Project' tool in ArcGIS. Voor het middelpunt van elke vlinderpopulatie is voor elke beschikbare dag een interpolatie gemaakt voor:

- maximum temperatuur (Tx),
- minimum temperatuur (Tn),
- etmaal gemiddelde temperatuur (Tg),
- etmaalsom neerslag (RH),
- gewasverdamping (EV24): dit is de referentiegwasverdamping volgens de formule van Makkink. De referentiegwasverdamping is de hoeveelheid water die verdampt uit een grasveld dat goed voorzien is van water en nutriënten. Deze waarde wordt in de hydrologie gebruikt als basis om te kunnen berekenen hoeveel water verdampt uit oppervlakttes grond met diverse soorten gewassen. De verzadigingsdampspanning neemt bij benadering kwadratisch toe met de temperatuur, waardoor hitte tot een extra hoge verdamping leidt.

De KNMI-data zijn afkomstig van de volgende 50 meetpunten:

IJmond, Valkenburg, Voorschoten, IJmuiden, De Kooy, Schiphol, Vlieland, Wijdenes, Berkhout, Hoorn (Terschelling), Wijk Aan Zee, Houtribdijk, De Bilt, Soesterberg, Stavoren, Lelystad, Leeuwarden, Marknesse, Deelen, Lauwersoog, Heino, Hoogeveen, Eelde, Hupsel, Huibertgat, Nieuw Beerta, Twenthe, Cadzand, Vlissingen, Hoofdplaat, Oosterschelde, Vlake V.D. Raan, Hansweert, Schaar, Westdorpe, Wilhelminadorp, Stavenisse, Hoek Van Holland, Tholen, Woensdrecht, R'Dam-Geulhaven, Rotterdam, Cabauw, Gilze-Rijen, Herwijnen, Eindhoven, Volkel, Ell, Maastricht, Arcen.

De interpolaties zijn gedaan middels een Shepard's Inverse Distance Weighting (IDW), op basis van de drie dichtstbijzijnde punten. De analyse was ingesteld op twee dimensies en had een power (p) van 4 (om ervoor te zorgen dat meetpunten die dichtbij zijn relatief zwaar wegen). Voor deze interpolatie is de C# plugin CSharpIDW gebruikt. Op basis van deze geïnterpoleerde gegevens zijn de volgende klimaatindicatoren voor elke populatie berekend:

- Neerslagoverschot in het voorjaar: $RH - EV$, gesommeerd over de periode 1 april – 15 juni.
- Neerslagoverschot van voorjaar tot het eind van de zomer: $RH - EV$, gesommeerd over de periode 1 april - 31 augustus.
- Late Vorst: het aantal dagen met $T_n < 0$ in de periode 15 april – 31 augustus.
- Buien met zware neerslag in het voorjaar: het aantal dagen met $RH > 20$ in de periode 1 mei – 30 juni.
- Buien met zware neerslag dagen zomer: het aantal dagen met $RH > 20$ in de periode 1 juli – 31 augustus.
- Hitte dagen: het aantal dagen met $T_x > 30$

- Gemiddelde voorjaarstemperatuur: gemiddelde Tg in de periode 1 april – 15 juni.
- Gemiddelde zomertemperatuur: gemiddelde Tg in de periode 16 juni – 31 augustus.

In dit rapport is het neerslagoverschot voor de leesbaarheid verder aangeduid als 'neerslag' en zijn de dagen met zware neerslag aangeduid als 'buien'.

2.5 Statistische analyse

De analyses zijn steeds op landelijke schaal uitgevoerd zodat een zo groot mogelijke dataset kon worden benut. De uitkomsten zijn vervolgens in meer detail op het niveau van de provincie Gelderland behandeld.

Verwachtingen

Effecten van klimaatfactoren zullen sterk wisselen tussen de soorten in afhankelijkheid van hun ecologische relaties, maar soms ook worden beïnvloed door de lokale condities.

Droogte en hitte kunnen zowel voor soorten van droge als vochtiger biotopen negatief doorwerken. Hoge temperaturen en droogte kunnen voor koudbloedige dieren tot op zekere hoogte echter ook positief uitpakken vanwege een snellere ontwikkeling en betere voortplanting. Door de sterk toenemende verdamping bij hitte, kan de droogtestress bij hitte eveneens extreem worden.

Een neerslagrijke periode kan negatief doorwerken door beperking van de vliegtijd en soms ook door inundatie van het leefgebied, maar deze kan ook een positief effect hebben door een betere groei van waardplanten en meer bloei van nectarplanten.

Van late vorst en hevige neerslag (buien) worden alleen negatieve effecten verwacht op met name de overleving van rupsen of poppen in het voorjaar en de vliegtijd en voortplanting van de vlinders.

De populatieontwikkeling zal vaak positiever zijn bij een grotere oppervlakte leefgebied, omdat zowel grotere populaties als omgevingsvariatie ervoor kunnen zorgen dat fluctuaties in populatiegrootte worden gedempt.

Op reliëfrijke locaties, waar het leefgebied meer verspreid over de vochtgradiënt kan voorkomen, mag worden verwacht dat voor sommige soorten de effecten van klimaatextremen minder groot zijn.

Effecten van droogte zullen naar verwachting minder sterk zijn op sterker vochthoudende bodems, terwijl effecten van inundatie daar eerder zullen optreden.

Vergelijking van bestaande en verdwenen populaties

Behalve de analyse van de jaar-op-jaar veranderingen in populatie-ontwikkeling is ook een vergelijking gemaakt tussen de eigenschappen van de omgeving van bestaande en verdwenen populaties van een soort. Daarbij is 'verdwenen' opgevat als een populatie zonder waarnemingen na 2015 (dus de afgelopen drie jaar). In deze vergelijking is getoetst of er een verschil was in oppervlakte, variatie in reliëf en bodemvocht tussen bestaande en verdwenen populaties (t-test of

Data-voorbereiding

De jaar-op-jaar veranderingen in de aantallen vlinders (of eitjes voor enkele soorten) op de monitoringroutes zijn geanalyseerd op basis van $\ln(n+1)$ -getransformeerde aantallen, waarbij gevallen werden uitgesloten waarin zowel in het lopende jaar als het voorafgaande jaar geen vlinders (eitjes) werden geteld. Het $\ln(n+1)$ -getransformeerde aantal in het voorafgaande jaar werd als covariabele in de analyse meegenomen. De oppervlakte van de populatiepolygoon werd van tevoren $\log_{10}$ -getransformeerd.

Voor de analyse zijn voor elke soort de klimaatvariabelen in de vliegtijd van het lopende teljaar meegenomen samen met degene over het hele voorafgaande jaar.

Voor de sleedoornpage berust de monitoring op eitellingen en zijn de in de winter getelde eitjes gekoppeld aan de condities in de voorafgaande vliegtijd.

Voor de neerslag werden ook optimumverbanden tot de mogelijkheden gerekend en zijn daarom ook de kwadratische componenten van het neerslagoverschot meegenomen in de analyse.

Bij de doorwerking van het klimaat van het voorafgaande jaar werd verondersteld dat vooral de neerslagbalans over het hele groeiseizoen van belang is. Voor het vaststellen van mogelijke interacties tussen klimaatinvloeden en lokale condities zijn daarom twee mogelijke interacties meegenomen: één tussen het neerslagoverschot van april tot eind augustus en het reliëf (om te toetsen of droogte anders doorwerkt in reliëfrijke dan wel –arme gebieden) en één tussen het neerslagoverschot van april tot eind augustus en het bodemvocht (om te toetsen of droogte anders doorwerkt in droge dan wel natte gebieden).

Data-exploratie

Voor elke soort zijn allereerst correlaties tussen de verklarende variabelen van klimaat en omgeving onderzocht. Van onderling sterk gecorreleerde variabelen ($r > 0,70$) zou er slechts één in de analyse opgenomen mogen worden. Zulke sterke correlaties deden zich echter voor geen enkele soort voor.

Vervolgens werd eerst een 'stepwise forward' lineaire regressie uitgevoerd om potentieel significante variabelen op te sporen. Bij effecten van late vorst en hevige neerslag werden speciaal op negatieve invloeden gelet.

Lineaire modellen

De significante variabelen uit de stepwise regressie werden vervolgens opgenomen in een lineair model met de verklarende klimaat- en omgevingsvariabelen, het $\ln(n+1)$ -getransformeerde aantal in het voorafgaande jaar werd als covariabele en populatie-ID als random factor (voor het verdisconteren van overige, willekeurige verschillen tussen populaties). Voor de drie soorten zonder populatiepolygonen werden de individuele monitoringroutes als random factor opgenomen. In het uiteindelijke model werden alleen de significante variabelen opgenomen. De residuen weken over het geheel niet sterk af van een normale verdeling (Shapiro Wilk W 0,945 of groter).

Bij de bespreking van elke soort zijn de significante verbanden tussen de jaarlijkse aantalsverandering en de verklarende klimaat- en omgevingsvariabelen uiteen gezet (met het aantal datapunten en de totale verklaarde variatie [R^2] van het lineaire model). Ter illustratie is daarbij steeds een figuur opgenomen met het percentage van de variatie dat door elke variabele wordt verklaard. Bij positieve verbanden is dit percentage van een plusteken voorzien en bij negatieve verbanden van een minteken.

Klimaatscenario's

De statistisch significante effecten zijn gebruikt om de gevolgen van waarschijnlijke klimaatscenario's, zoals opgesteld door het KNMI, door te rekenen. Hiervoor zijn de KNMI'14 (http://www.klimaatscenario's.nl/scenarios_samengevat/index.html) scenario's voor 2030 gebruikt, omdat deze de ontwikkelingen in de nabije toekomst duidelijk maken. Zo wordt inzichtelijk gemaakt welke gevolgen klimaatverandering voor het duurzaam behoud met zich meebrengt.

De populatieontwikkeling in de referentieperiode en onder het klimaatscenario (zie Figuur 3.20 voor een voorbeeld) is vergeleken aan de hand van de gemiddelde verandering van de populatie-index (met 100 als startwaarde van de index). Ten opzichte van de referentieperiode 1981-2010 voorziet het gemiddelde klimaatscenario van 2030 een opwarming van de gemiddelde voorjaarstemperatuur van 0,8 graden en van 1,0 voor de zomertemperatuur. Het aantal dagen per jaar met late vorst neemt met 1-2 dagen af. Het neerslagtekort in het voorjaar neemt gemiddeld met 1-3 mm af, maar in de zomer neemt dit met 4-6 mm toe. Hevige neerslag neemt in het voorjaar nauwelijks toe en in de zomer evenmin (0,1-0,2 dagen per jaar). Het aantal hittedagen neemt met 2-3 per jaar wel duidelijk toe.

Kanttekening bij deze scenario's is wel dat klimaatextremen er nog niet goed in zijn opgenomen, aangezien voor 2030 dezelfde standaardafwijking van de genoemde klimaatvariabelen van jaar op jaar is gehanteerd als in de referentieperiode. Klimaatextremen zijn in deze scenario's dus waarschijnlijk onderschat.

Een andere scenario-ontwikkeling is ontleend aan de *Climatic risk atlas for European butterflies* (Settele *et al.*, 2008), waarin areaalverschuivingen van de behandelde soorten zijn gemodelleerd onder toekomstige klimaatscenario's.

Voor grote vos en iepenpage waren onvoldoende gegevens beschikbaar voor een statistische analyse en is op basis van soortspecifieke ecologische kennis en de voorspelde areaalverschuiving alleen een kwalitatieve beoordeling opgesteld van de populatieontwikkeling onder invloed van klimaatfactoren.

2.6 Aanbevelingen voor lokale populaties

Voor afzonderlijke soorten is een kort overzicht gegeven van de populaties in de provincie met hun status en eigenschappen ten aanzien van actuele status, oppervlakte en voor zover zinvol reliëf en bodemvocht. Op basis daarvan en de gevonden klimaatinvloeden zijn aanbevelingen gedaan om de klimaatbestendigheid van de populaties waar mogelijk te vergroten. Daarbij is ook gewezen op andersoortige knelpunten voor een duurzaam behoud van de soorten, zoals vermesting, verzuring en beheer.

2.7 Leeswijzer

In Hoofdstuk 3 worden de resultaten voor elke soort als volgt gepresenteerd:

- Elke soort wordt eerst kort getypeerd.
- De resultaten voor de analyse van jaar-op-jaar veranderingen in de aantallen vlinders is samengevat in een figuur en in een tabel. In de tabel staat het aantal datapunten en de totale verklaarde variatie [R^2] van het lineaire model, met de significante variabelen (hoe groter de F-waarde, hoe sterker het verband). In de figuur staat het percentage van de variatie dat door elke variabele wordt verklaard (de F-waarde als percentage van de F-waarden over alle significante variabelen). Bij positieve verbanden is dit percentage van een plusteken voorzien en bij negatieve verbanden van een minteken.
- De gevonden verbanden worden beknopt toegelicht. Daarbij wordt ook aangegeven of verdwenen populaties (zonder waarnemingen na 2015) een leefgebied met een kleinere oppervlakte hadden (populaties met een oppervlakte beneden de genoemde kritische waarde zijn betiteld als 'van kleine omvang').
- Vervolgens wordt de verwachte areaalverschuiving van de soort bij klimaatverandering op Europese schaal besproken (Settele *et al.*, 2008)
- Daarbij wordt ook de verwachte aantalsontwikkeling onder het klimaatscenario van 2030 in Nederland vergeleken met die in de referentieperiode 1981-2010.
- De status van de populaties in Nederland en in de provincie Gelderland wordt toegelicht, met een typering van de populaties naar omvang en vochtcondities.
- Afgesloten wordt met aanbevelingen voor het klimaatbestendig maken van het leefgebied en overige maatregelen voor een duurzaam behoud van de soort.

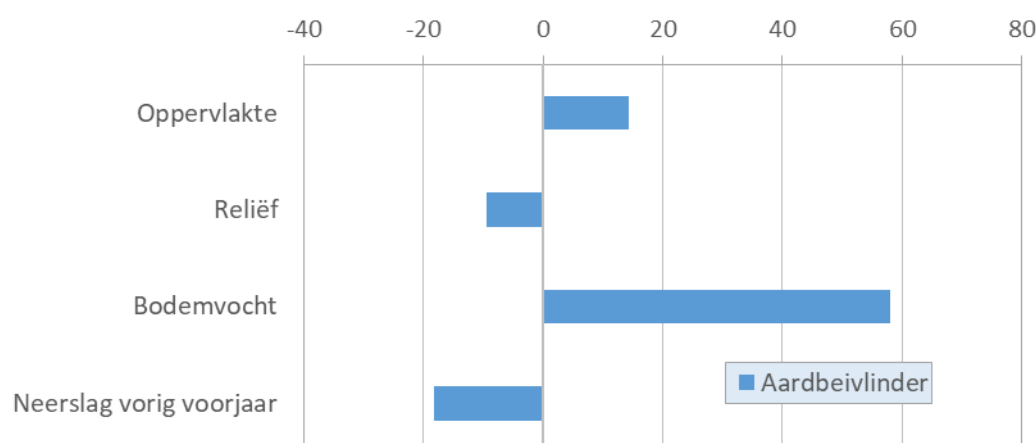
In Hoofdstuk 4 wordt een synthese gegeven van de resultaten van de gehele analyse, met de implicaties voor de bescherming van de soorten op provinciaal niveau.

3. Invloeden van klimaat en omgeving

Voor alle 21 soorten met actuele populaties in de provincie Gelderland worden in dit hoofdstuk de invloeden van klimaat en omgeving besproken. Voor 19 soorten was dit mogelijk aan de hand van een kwantitatieve analyse. Voor elke soort worden aanbevelingen gegeven voor maatregelen om de klimaatbestendigheid van de leefgebieden te vergroten en een duurzaam behoud in bredere zin te bevorderen.

Aardbeivlinder

De aardbeivlinder is een bedreigde soort. In het binnenland is de vlinder kenmerkend voor heischrale graslanden en vochtige schraallanden met een open structuur en voldoende waardplanten van met name tormentil of kruipganzerik. De aardbeivlinder is kwetsbaarder op droge locaties van beperkte oppervlakte en is minder talrijk na een natte zomer in het voorafgaande jaar, wanneer de rupsen groeien.



Figuur 3.1: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen aardbeivlinders verklaart.

Tabel 3.1: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de aardbeivlinder (significantie: $-/+ p < 0,05$; $- /++ p < 0,01$; $--- /++++ p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	767	
R ²	0.21	
Variabele	F-waarde	sign.
Oppervlakte	7,19	++
Reliëf	4,71	–
Bodemvocht	29,17	++++
Neerslag vorig voorjaar	9,19	--

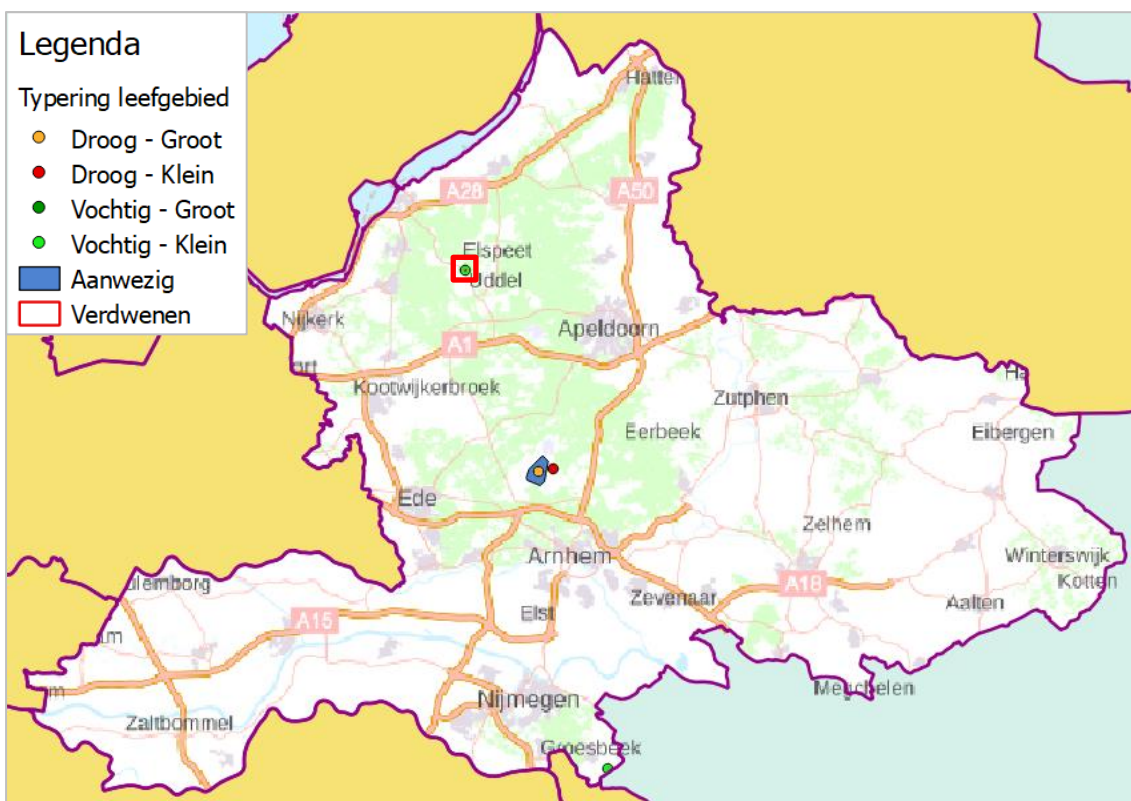
Verdwenen populaties zijn significant vaker van kleine omvang ($p < 0,05$), waarbij de kritische grens bij 50 ha ligt.

De jaarlijkse verschillen in talrijkheid worden vooral positief beïnvloed door een vochtiger bodem en in mindere mate door een groter leefgebied en drogere zomers in het vorige jaar. De geringe negatieve invloed van reliëfrijke locaties hangt samen met een negatievere ontwikkeling van de duinpopulaties.

De klimatologische invloed op de aantallen is beperkt. Algehele klimaatopwarming leidt naar verwachting tot noordwaartse uitbreiding van het areaal van de

aardbeivlinder in Europa. Het klimaatscenario van 2030 leidt echter niet tot een afwijkende ontwikkeling vergeleken bij het klimaat van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil -1). De drogere zomers zouden in Nederland een licht positief effect op de populatieontwikkeling kunnen hebben, maar dan vooral bij lokaal vochtige condities. Droge leefgebieden zijn dus kwetsbaar, zeker wanneer ze klein zijn (<10 ha).

Van alle 38 sinds 1990 bekende populaties van de aardbeivlinder in Nederland zijn er 9 (24%) verdwenen. Voor Gelderland zijn dat er 4 en is er één kleine populatie (Leemputten Staverden) verdwenen. Twee van de drie resterende populaties zijn gelegen in droge omgeving (N.P. Hoge Veluwe en Vliegveld Deelen) en één in vochtiger gebied (De Bruuk).



Figuur 3.2: Ligging en typering van de populaties van de aardbeivlinder in Gelderland.

Voor een klimaatbestendig leefgebied voor de aardbeivlinder is het belangrijk om:

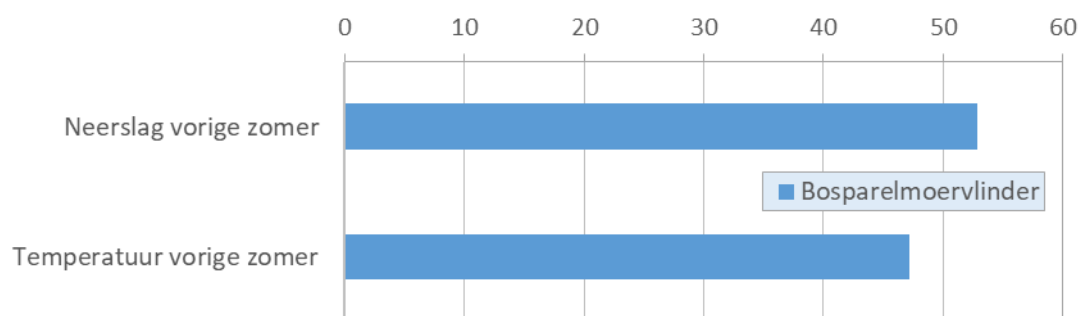
- de vochtige condities te handhaven

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de kleine leefgebieden te vergroten, o.m. door herstel van heischrale graslanden (Van der Zee *et al.*, 2017)
- stikstofdepositie en bodemverzuring tegen te gaan
- een open vegetatiestructuur te bevorderen

Bosparelmoevlinder

De bosparelmoevlinder is een ernstig bedreigde soort die uitsluitend nog voorkomt op de Veluwe. Hij is afhankelijk van open eikenbossen met de waardplant hengel en een warm microklimaat. Zomerdroogte vormt echter een bedreiging. Recent zijn vooral kleine populaties verdwenen.



Figuur 3.3: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen bosparelmoevlinders verklaart.

Tabel 3.2: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor de bosparelmoevlinder (significantie: --/++ $p < 0,01$).

Aantal waarnemingen	186	
R ²	0,25	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag vorige zomer	10	++
Temperatuur vorige zomer	8,94	++

Verdwenen populaties zijn significant vaker van kleine omvang ($p < 0,05$), met een kritische grens bij ca. 15 ha.

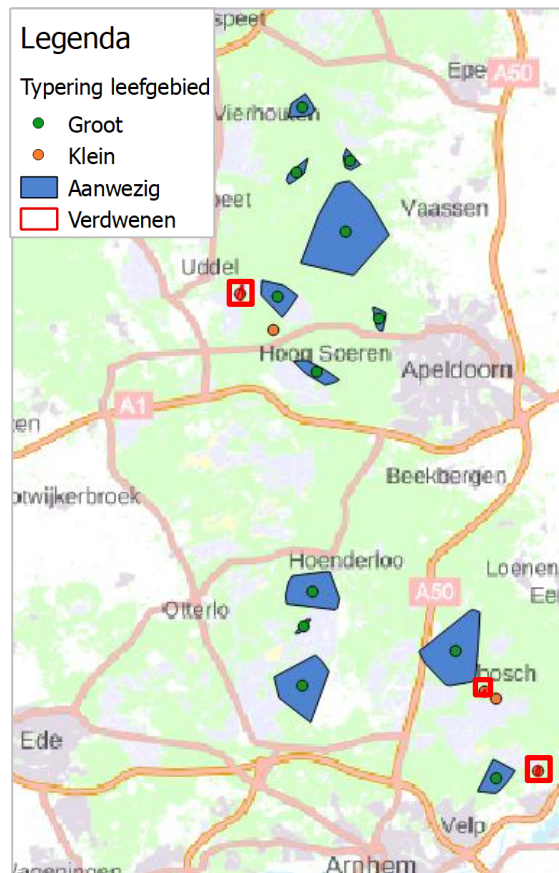
De talrijkheid is groter na een warme en neerslagrijke zomer in het voorgaande jaar. Variatie in lokale condities was niet aantoonbaar van invloed. Bij klimaatopwarming wordt in Europa een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht. Het klimaatscenario van 2030 geeft ook een positieve ontwikkeling ten opzichte van het klimaat in 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +147). De bosparelmoevlinder is echter kwetsbaar voor zomerdroogte, zeker kleine populaties (<10 ha) in droge leefgebieden dreigen dan te verdwijnen.

Van alle 18 sinds 1990 bekende populaties van de bosparelmoevlinder in Nederland zijn er 4 (22%) verdwenen. De huidige populaties zijn alleen in Gelderland te vinden. Hier zijn 3 van de 17 populaties verdwenen, allemaal van kleine omvang. Van de huidige populaties zijn er nog 2 van kleine omvang (op de Imbosch en Hoog Soeren), waarvoor geen waarnemingen uit 2019 bekend zijn.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het vooral belangrijk om:

- te zorgen voor variatie in het microklimaat door kleinschalig bosrandbeheer op verschillende exposities ten opzichte van de zon

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:



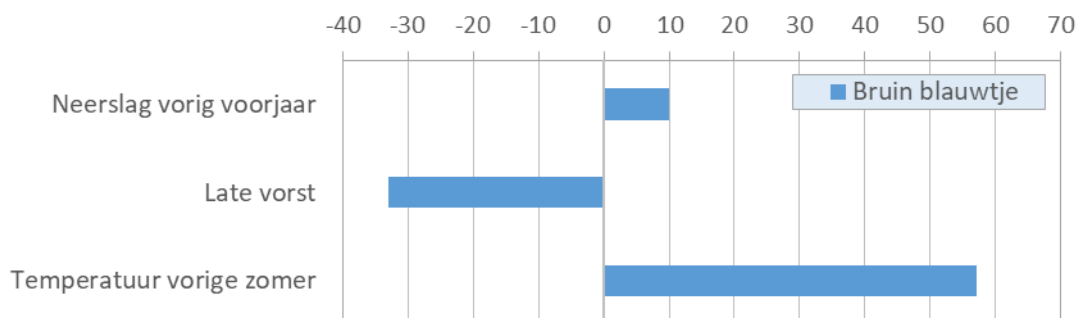
Figuur 3.4: Ligging en typering van de populaties van de bosparelmoevlinder in Gelderland

- de kleine leefgebieden te vergroten
- knelpunten voor de kwaliteit van de leefgebieden op te heffen door vermindering van stikstofdepositie en beheersing van de wildstand voor een voldoende nectaraanbod



Bruin blauwtje

Het bruin blauwtje is verspreid op veel plaatsen te vinden, maar door de afgenomen populatiegrootte is de Rode Lijst-status nog gevoelig. De soort komt vooral voor in structuurrijke droge graslanden waar de bodem voldoende gebufferd is voor de waardplanten, vooral zachte ooievaarsbek en reigersbek. Het bruin blauwtje lijkt weinig kwetsbaar voor klimaatextremen en van klimaatverandering vooral te profiteren.



Figuur 3.5: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen bruin blauwtjes verklaart.

Tabel 3.3: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor het bruin blauwtje (significantie: --- -/++++ $p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	2303	
R ²	0,65	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag vorig voorjaar	21,76	++++
Late vorst	71,53	----
Temperatuur vorige zomer	123,96	++++

De talrijkheid van het bruin blauwtje is vooral groter na een warme zomer in het voorgaande jaar, waarin ook de derde generatie zich goed ontwikkelt. Late vorst en voorjaarsdroogte zijn van negatieve invloed. Variatie in lokale condities was niet aantoonbaar.

Bij klimaatopwarming wordt in Europa een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht. Het klimaatscenario van 2030 geeft ook een positieve ontwikkeling ten opzichte van het klimaat in 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +49). Het bruin blauwtje lijkt weinig kwetsbaar voor klimaatextremen onder klimaatverandering omdat de kans op late vorst waarschijnlijk afneemt; alleen voorjaarsdroogte zou de soort parten kunnen spelen.

Voor het bruin blauwtje zijn nog geen populaties afgebakend, waardoor de ontwikkelingen niet op populatieniveau kunnen worden besproken. In Gelderland komt de soort bezuiden de lijn Ede-Zutphen wijd verbreid voor.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het vooral belangrijk om:

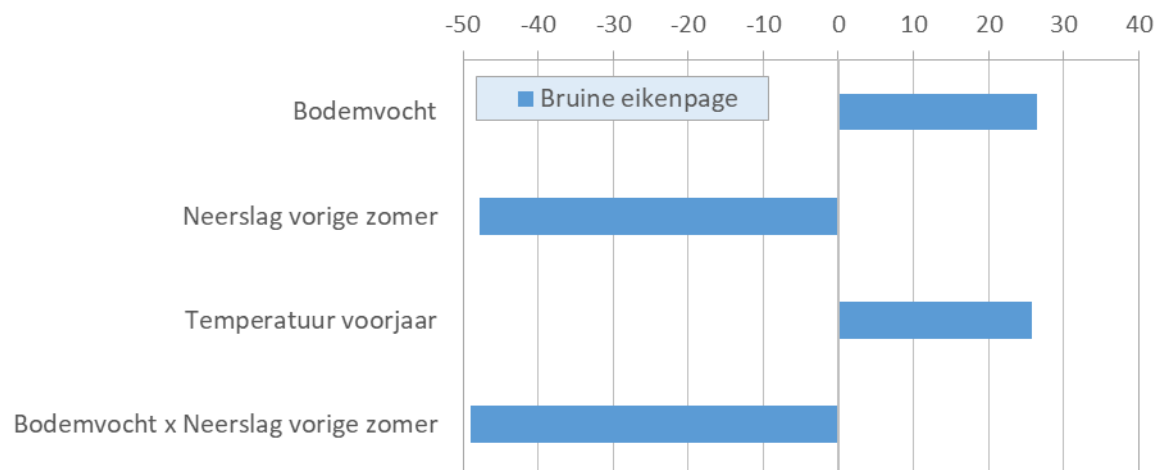
- te zorgen dat open pioniermilieus niet dicht groeien in extreem natte jaren

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- schrale pioniermilieus op landschapsschaal te bevorderen door natuurontwikkeling en uitbreiding van droge schraallanden

Bruine eikenpage

De bruine eikenpage is een bedreigde soort die vooral op de hoge zandgronden op veel plaatsen is verdwenen. De vlinder is afhankelijk van structuurrijke droge bosranden met een combinatie van kwarrig groeiende eikjes en nectarrijke plekken. Kleine populaties op droge bodem lopen het grootste risico om te verdwijnen; mogelijk is dat in Gelderland al gebeurd.



Figuur 3.6: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen bruine eikenpages verklaart.

Tabel 3.4: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de bruine eikenpage (significantie: + $p < 0,05$; -- $p < 0,01$).

Aantal waarnemingen	209	
R ²	0,37	
Variabele	F-waarde	sign.
Bodemvocht	5,36	+
Neerslag vorige zomer	9,67	--
Temperatuur voorjaar	5,22	+
Bodemvocht x Neerslag vorige zomer	9,92	--

Verdwenen populaties zijn significant vaker van kleine omvang (<20 ha; $p < 0,01$).

De talrijkheid van de bruine eikenpage is vooral groter na een droge vliegtijd in het vorige jaar en na een warm voorjaar, in het bijzonder op vochtiger locaties. De significante interactie tussen bodemvocht en neerslag in de vorige zomer duidt erop dat vooral vochtiger locaties van natte zomers te lijden hebben.

Uit veldonderzoek zijn echter ook aanwijzingen gebleken voor een negatieve invloed van late vorst op de overleving van rupsen: op 11 eikjes waarop jonge rupsen van bruine eikenpage zaten (omgeving Bergen NH) werden er na nachtvorst op 23-24 mei 2015 geen rupsen teruggevonden op vijf eikjes met meer dan 75% vorstschade aan de blaadjes terwijl er op 4 van de 6 eikjes rupsen werden teruggevonden op eikjes met minder grote vorstschade (Fischer's Exact test $p < 0,05$; Lever & Wallis de Vries, ongepubl. data).

Bij klimaatopwarming wordt in Europa een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht. Het klimaatscenario van 2030 geeft ook een licht positieve ontwikkeling ten opzichte van het klimaat in 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +22). Naar verwachting neem de invloed van late vorst met klimaatopwarming af (al blijft de kans daarop zeker aanwezig). Van de overige significante invloeden lijkt voor de bruine eikenpage alleen verdroging van de bodem een risico.

Van alle 24 sinds 1990 bekende populaties van de bruine eikenpage in Nederland zijn er 6 (25%) verdwenen, hoewel dit waarschijnlijk een onderschatting is omdat sommige populaties, zoals die op de Hoge Veluwe, nooit goed in beeld zijn gebracht. In Gelderland is er nog slechts één kleine populatie aanwezig, op de grens van het Rijk van Nijmegen en Limburg. De laatste waarnemingen ervan dateren echter uit 2016, dus mogelijk is de soort inmiddels verdwenen.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het vooral belangrijk om:

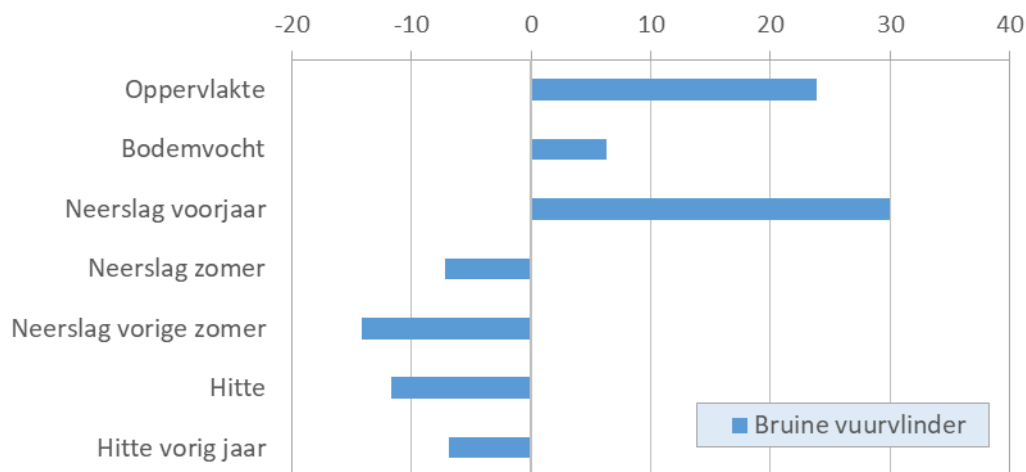
- te zorgen voor variatie in vochtcondities door spreiding van het leefgebied over vochtgradiënten
- te zorgen voor variatie in het microklimaat door kleinschalig bosrandbeheer op verschillende exposities ten opzichte van de zon

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om (zie Wallis de Vries & Huskens, 2016):

- stikstofdepositie te verminderen
- bodemverzuring op te heffen
- verruiging van leefgebied tegen te gaan
- overbegrazing van eikjes en nectarplanten te voorkomen

Bruine vuurvliinder

De bruine vuurvliinder komt sinds 1980 vrijwel alleen nog voor in Drenthe en Gelderland. De Rode Lijst-status is kwetsbaar. Het is een warmteminnende soort van heischrale, licht gebufferde overgangen van droog naar nat. De rupsen leven vooral van schapenzuring maar ook veldzuring. Droogte vormt vooral voor kleine populaties een risicofactor.



Figuur 3.7: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen bruine vuurvlinders verklaart.

Tabel 3.5: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de bruine vuurvliinder (significantie: -/ + $p < 0,05$; -- $p < 0,01$; +++ $p < 0,001$; ++++ $p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	573	
R ²	0,46	
Variabele	F-waarde	sign.
Oppervlakte	14,81	+++
Bodemvocht	3,91	+
Neerslag voorjaar	18,55	++++
Neerslag zomer	4,46	–
Neerslag vorige zomer	8,74	--
Hitte	7,24	--
Hitte vorig jaar	4,26	–

Verdwenen populaties zijn significant vaker van kleinere omvang (mediane oppervlakte 17 ha ten opzichte van 60 ha voor actuele populaties; $p < 0,0001$), met een kritische grens rond 25 ha.

De talrijkheid van de bruine vuurvliinder is vooral groter in grotere leefgebieden bij een nat voorjaar. Zowel hitte als veel neerslag in de zomer (zowel de vorige als de lopende zomer) hebben echter een negatieve invloed. De abundantie wordt licht bevorderd door een vochtiger leefgebied.

Droogte is dus een risicofactor voor de bruine vuurvliinder. Dit is vooral het geval in het voorjaar. In de zomer lijkt vooral de hoge temperatuur van invloed. Dat de bruine vuurvliinder minder talrijk is na en in natte zomers houdt waarschijnlijk verband met een kortere vliegtijd.

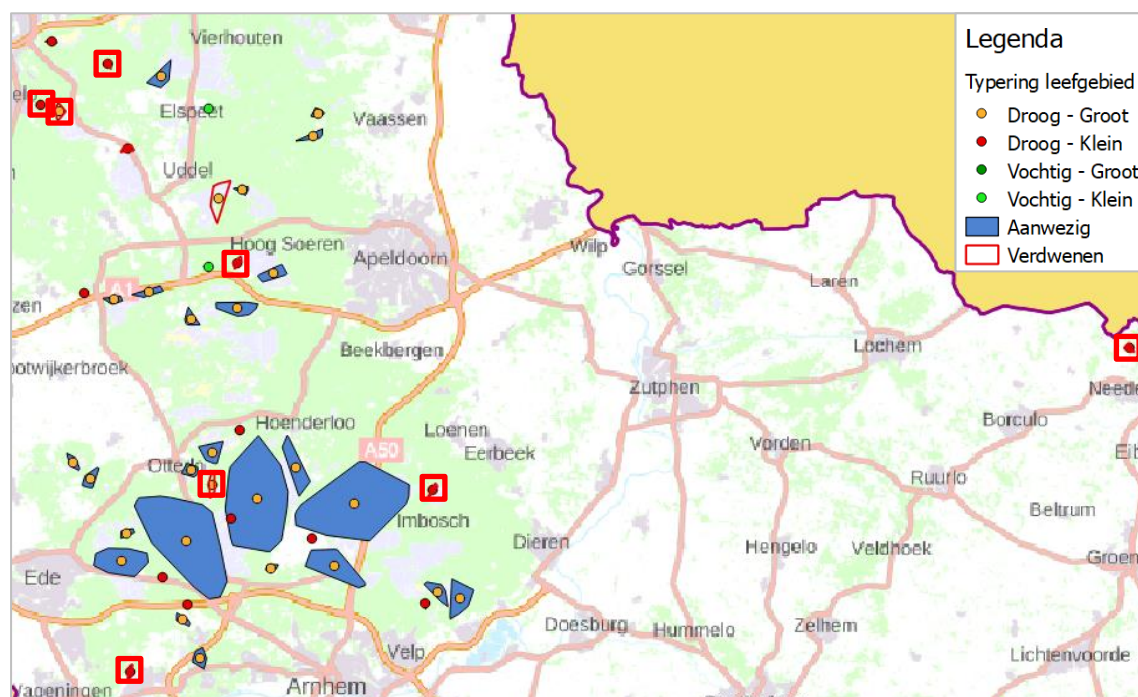
Bij klimaatopwarming wordt in Europa een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht. Daarentegen geeft de huidige analyse onder het klimaatscenario van 2030 in Nederland door de toegenomen zomerhitte een ongunstiger ontwikkeling

te zien ten opzichte van die bij het klimaat in 1981-2010 (gemiddeld indexverschil -25).

Van alle 147 sinds 1990 bekende populaties van de bruine vuurvliinder in Nederland zijn er 42 (29%) verdwenen (Tabel 3.6). In Gelderland zijn er van de 45 populaties 11 (24%) verdwenen. Bij de kleine populaties is dat percentage veel hoger dan bij de grote (47 vs. 11%). De twee kleine populaties in vochtiger omgeving zijn nog wel aanwezig. De geïsoleerde populatie bij Neede (vroeger aansluitend op die van het Buurserzand) is verdwenen. De grotere populaties liggen allemaal op de zuidelijke Veluwe (Figuur 3.8).

Tabel 3.6: Aantal sinds 1990 bekende populaties van de bruine vuurvliinder dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015).

Bruine vuurvliinder	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	105	42	147	29
Gelderland	34	11	45	24
Droog - Groot	25	3	28	11
Droog - Klein	7	8	15	53
Vochtig - Klein	2	0	2	0



Figuur 3.8: Ligging en typering van de populaties van de bruine vuurvliinder in Gelderland.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor de bruine vuurvliinder vooral belangrijk om:

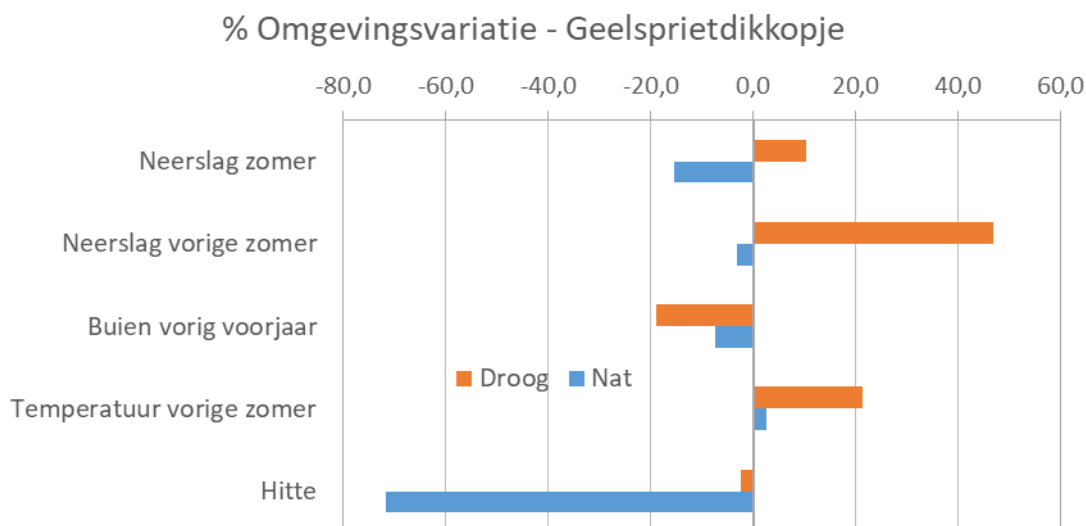
- te zorgen voor variatie in vochtcondities door spreiding van het leefgebied over vochtgradiënten

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- kleine leefgebieden te vergroten, bijvoorbeeld door natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond (zie Van der Zee *et al.*, 2017; Wallis de Vries & Bult, 2017)
- stikstofdepositie te verminderen
- bodemverzuring op te heffen
- insectenvriendelijk (gefaseerd) beheer toe te passen in schrale bermen waar de bruine vuurvliinder vroeger veel voorkwam

Geelsprietdikkopje

Het geelsprietdikkopje is een nieuwkomer op de Rode Lijst met door een aanhoudend sterke achteruitgang direct een bedreigde status. De soort leeft vooral in extensief gebruikte heischrale milieus en vochtige schraallanden langs bosranden. Zowel in droge als vochtige leefgebieden vormen hete en droge zomers een bedreiging.



Figuur 3.9: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen geelsprietdikkopjes verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.7: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor het geelsprietdikkopje (significantie: $-/+ p < 0,05$; $--/+ p < 0,01$; $---/+ p < 0,001$; $----/+ p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	1491	
R ²	0,54	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag zomer	7,62	++
Neerslag vorige zomer	44,91	++++
Buien vorig voorjaar	39,93	---
Temperatuur vorige zomer	30,91	++++
Hitte	14,58	---
Vocht x Neerslag vorige zomer	18,71	----

De klimaatinvloeden op de talrijkheid van het geelsprietdikkopje verschillen tussen droge en vochtiger leefgebieden. In droge leefgebieden zijn neerslagrijke en warme zomers bevorderlijk. In vochtige leefgebieden heeft met name hitte in de zomer een sterk negatief effect. Buien in het voorjaar hebben een negatief effect tijdens de laatste periode van de larvale ontwikkeling. Zowel in droge als vochtige leefgebieden vormen hete en droge zomers dus een bedreiging voor de populaties.

Bij klimaatopwarming wordt in Europa een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht, maar omdat Nederland zich in het centrum daarvan bevindt zal dat hier vooralsnog weinig veranderingen teweeg brengen. De huidige analyse geeft onder het klimaatscenario van 2030 een gunstiger ontwikkeling te zien voor de aantalsontwikkeling in populaties van droge leefgebieden ten opzichte van het klimaat in 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +20), maar een negatieve ontwikkeling voor de populaties van vochtige leefgebieden (gemiddeld indexverschil -11). Of de positievere ontwikkeling in droge leefgebieden op termijn stand houdt is echter de vraag.

Voor het geelsprietdikkopje zijn nog geen populaties afgebakend, waardoor de ontwikkelingen niet op populatieniveau kunnen worden besproken. In Gelderland komt de soort lokaal voor op de zuidelijke Veluwe (Hoge Veluwe, vliegveld Deelen, Annhemse Heide en zeer lokaal op de Ginkelse Heide en in de omgeving van Radio Kootwijk en Assel), de omgeving van Winterswijk, Montferland en het Rijk van Nijmegen.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor het geelsprietdikkopje vooral belangrijk om:

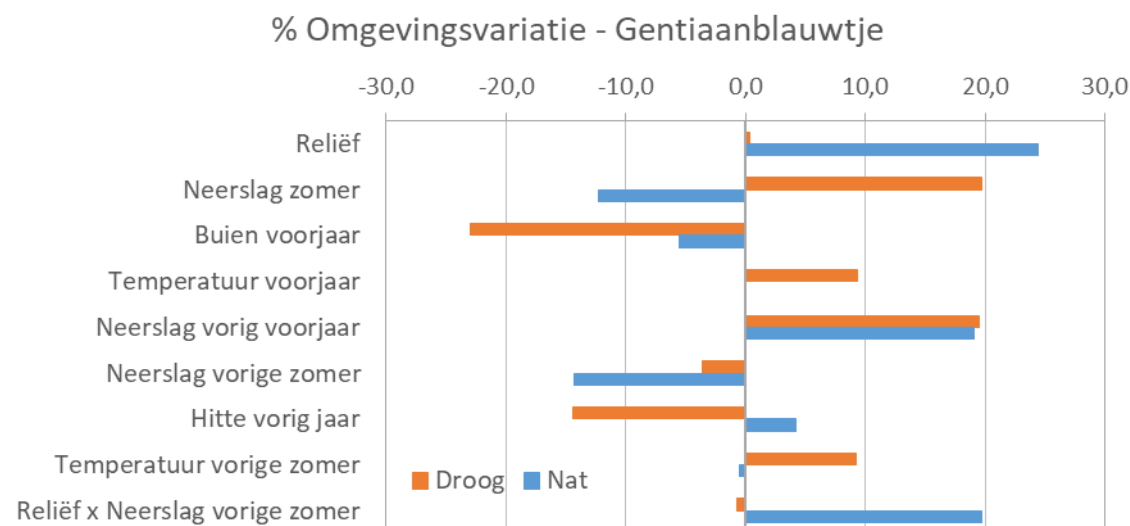
- te zorgen voor variatie in vochtcondities door spreiding van het leefgebied over vochtgradiënten

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- uitbreiding van leefgebied te realiseren door herstel van droge en vochtige schraallanden, bijvoorbeeld door natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond (zie Van der Zee *et al.*, 2017; Wallis de Vries & Bult, 2017)
- stikstofdepositie te verminderen
- bodemverzuring op te heffen

Gentiaanblauwtje

Het gentiaanblauwtje geldt al langer als een bedreigde soort, maar de afname duurt nog onverminderd voort. In vochtige schraallanden komt de soort nauwelijks meer voort, zodat het gentiaanblauwtje thans nagenoeg tot natte heiden beperkt is. Daar is hij voor de ontwikkeling van de rups afhankelijk van de aanwezigheid van vitale klokjesgentianen en bos- of moerassteekmieren op korte afstand van elkaar. De klokjesgentianen verjongen zich alleen op kale minerale bodem die enigszins gebufferd is. In droge en natte leefgebieden worden tegengestelde invloeden van droogte dan wel overvloedige neerslag gevonden die het belang van reliëfrijke – en ook grotere – leefgebieden benadrukken.



Figuur 3.10: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen gentiaanblauwtjes verklaart in relatief droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.8: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor het gentiaanblauwtje (significantie : + $p < 0,05$; -- $p < 0,01$; --- $p < 0,001$; (-) $p < 0,10$; ns $p > 0,10$).

	Droog leefgebied		Nat leefgebied	
Aantal waarnemingen	601		376	
R ²	0,32		0,21	
Variabele	F-waarde	sign.	F-waarde	sign.
Reliëf	0,21	ns	5,72	+
Neerslag zomer	11,62	+++	2,88	(-)
Buien voorjaar	13,57	---	1,29	ns
Temperatuur voorjaar	5,52	+	0,001	ns
Neerslag vorig voorjaar	11,54	+++	4,47	+
Neerslag vorige zomer	2,15	ns	3,35	(-)
Hitte vorig jaar	8,52	--	0,99	ns
Temperatuur vorige zomer	5,48	+	0,11	ns
Reliëf x Neerslag vorige zomer	0,44	ns	4,61	+

Verdwenen populaties zijn van significant kleinere omvang ($p=0,0001$) met een kritische grens bij 7 ha.

Hoewel de overgebleven leefgebieden van het gentiaanblauwtje vooral in natte heiden te vinden zijn, komt er toch een verschil naar voren in de aantalsontwikkeling tussen drogere en nattere leefgebieden. De talrijkheid in droge leefgebieden heeft baat bij warme maar vooral neerslagrijke zomers, terwijl dit in natte leefgebieden eerder andersom is. Hitte heeft alleen in droge leefgebieden

een negatieve invloed. Buien in het voorjaar, wanneer de rupsen zich nog ontwikkelen hebben vooral in droge leefgebieden een negatieve invloed, mogelijk doordat de waardmieren dan minder actief zijn; dit zou in natte leefgebieden ook mogen worden verwacht, maar de negatieve invloed werd daar niet significant bevonden.

Reliëf blijkt in natte leefgebieden een toegevoegde waarde te hebben en wel juist bij nat weer in de vliegtijd wanneer de eitjes worden gelegd en de rupsen van klokjesgentiaan naar het nest van de waardmieren moeten overstappen. Inundatie is dan fataal, maar de kans hierop is kleiner in een reliëfrijke omgeving. Droogte is dus het belangrijkste risico in droge leefgebieden, terwijl inundatie een bedreiging vormt in de natte leefgebieden.

Bij klimaatopwarming wordt een noordwaartse opschuiving van het areaal van het gentiaanblauwtje verwacht. Voor de situatie in Nederland heeft dat op middellange termijn nog weinig verandering tot gevolg en eerder een positieve dan een negatieve. Ook de huidige analyse geeft onder het klimaatscenario van 2030 een gunstiger ontwikkeling te zien voor de aantalsontwikkeling ten opzichte van het klimaat in 1981-2010 met een duidelijk gunstiger ontwikkeling in natte leefgebieden (gemiddeld indexverschil +27 in droge leefgebieden en +178 in natte leefgebieden).

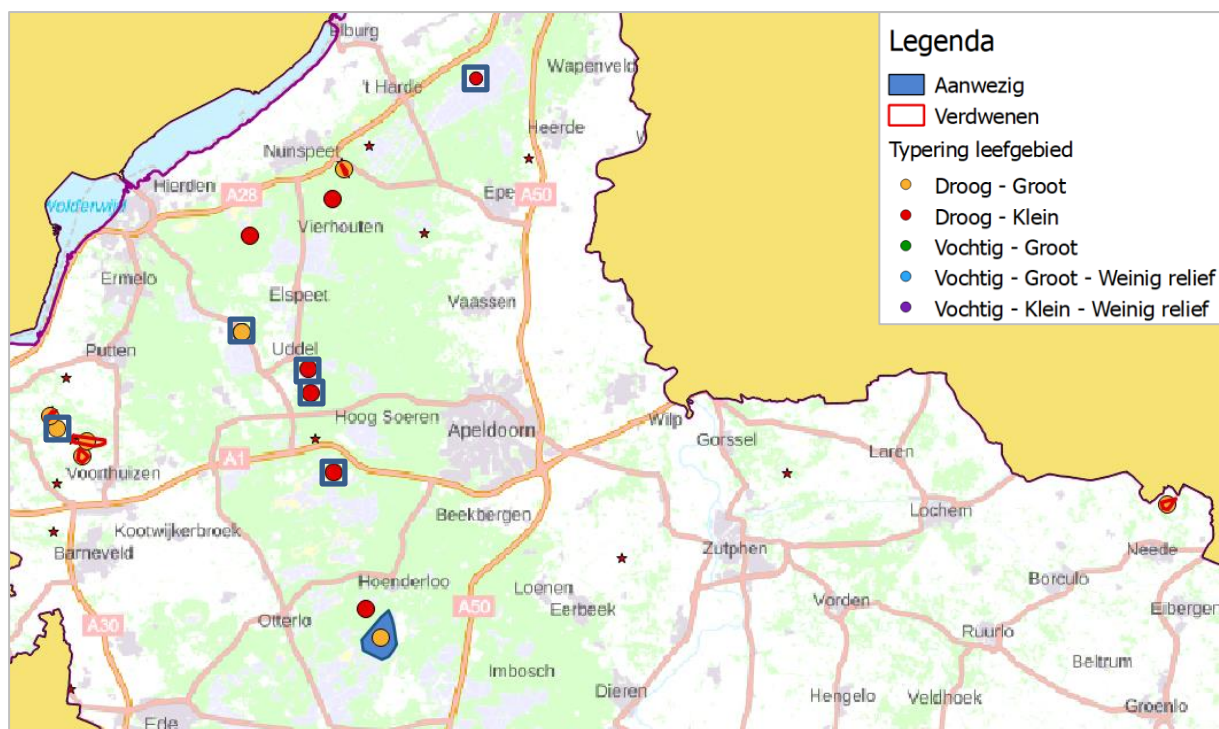
De hier gevonden klimaatinvloeden laten echter wel zien dat klimaatextremen een grote invloed kunnen hebben afhankelijk van de lokale omgeving van de populatie.

Tabel 3.9: Aantal sinds 1990 bekende populaties van het gentiaanblauwtje dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015); 'Droog' betreft de omgeving als geheel.

Gentiaanblauwtje	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	25	58	83	70
Gelderland	7	8	15	53
Droog - Groot	3	5	8	63
Droog - Klein	4	3	7	43

Van alle 83 sinds 1990 bekende met voldoende waarnemingen af te bakenen populaties van het gentiaanblauwtje in Nederland zijn er maar liefst 58 (70 %) verdwenen (Tabel 3.9). In Gelderland zijn er van de afgebakende 15 populaties 8 (53 %) verdwenen; daarnaast zijn er nog eens 10 populaties verdwenen die op basis van minder waarnemingen bekend zijn.

Alle goed gedocumenteerde populaties liggen in een relatief droge omgeving, afhankelijk van de toevoer van lokaal grondwater. Voor de relatief grote populaties van de Leemputten bij Staverden en op de Hoge Veluwe is deze aanvoer vanuit aangrenzende hoge zandruggen echter behoorlijk stabiel. Ten opzichte van andere delen van Nederland zijn ook de kleine populaties relatief stabiel doordat ook hier vaak grondwater uit de naaste omgeving wordt aangevoerd en drainage naar de ondergrond wordt voorkomen door de aanwezigheid van een ondoorlatende laag.



Figuur 3.11: Ligging en typering van de populaties van het gentiaanblauwtje in Gelderland. De zeven actuele populaties zijn blauw gemarkeerd. Sterretjes geven de ligging aan van verdwenen populaties die niet nauwkeurig konden worden afgebakend.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor het gentiaanblauwtje vooral belangrijk om (zie ook Wallis de Vries *et al.*, 2018a):

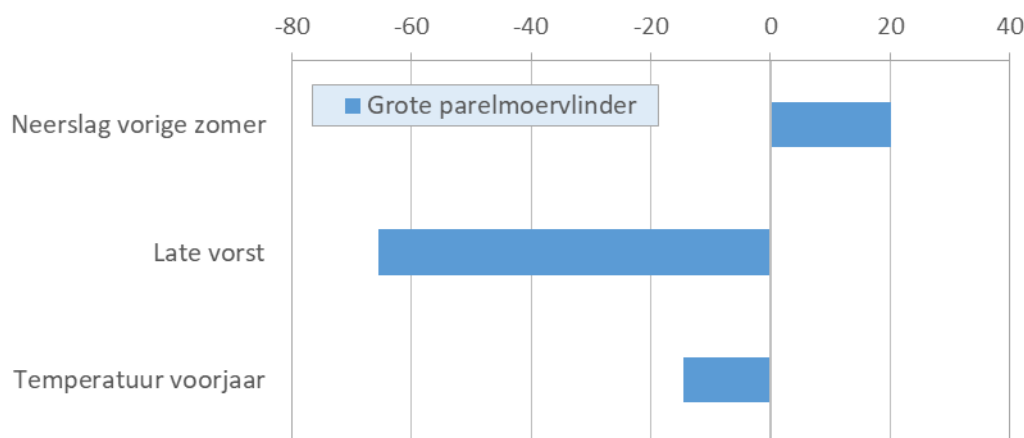
- te zorgen voor een buffer tegen extremen van droogte en inundatie door spreiding van het leefgebied over vochtgradiënten
- droge leefgebieden geleidelijk te vernatten
- natte leefgebieden hoger op de gradiënt uit te breiden
- in reliëfarme gebieden vooral te streven naar het voorkomen van inundatie

Voorts is er een beschermingsplan in wording dat maatregelen voorstelt om:

- kleine leefgebieden te vergroten
- stikstofdepositie en bodemverzuring te verminderen
- kleinschalige heterogeniteit te bevorderen en overmatige vergrassing tegen te gaan

Grote parelmoervlinder

De grote parelmoervlinder is landelijk ernstig bedreigd en komt buiten delen van de kalkarme duinen alleen nog op de zuidelijke Veluwe voor. In vochtige schraallanden benutte de grote parelmoervlinder vroeger plekken met moerasviooltjes. Tegenwoordig is de soort op de Veluwe alleen te vinden op niet-verzuurde heischrale plekken met hondsviooltje waar in de omgeving ook een goed nectaraanbod aanwezig is. Late vorst en in mindere mate zomerdroogte komen als risicofactoren naar voren.



Figuur 3.12: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen grote parelmoervlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.10: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor de grote parelmoervlinder (significantie: -/+ $p < 0,05$; --/++ $p < 0,01$; ---/+++ $p < 0,001$; ----/++++ $p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	286	
R ²	0,26	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag vorige zomer	8,06	++
Late vorst	26,13	----
Temperatuur voorjaar	5,77	-

De grote parelmoervlinder is vooral minder talrijk in jaren met late vorst en bij een warm voorjaar, wat mogelijk voor sterfte onder de rupsen zorgt. Neerslag in de vorige vliegtijd is van positieve invloed, waarschijnlijk via een groter nectaraanbod voor de vlinders en betere ontwikkeling van hondsviooltjes voor de eiafzet. Omgekeerd vormt droogte dus een risico.

Bij klimaatopwarming worden de omstandigheden voor de grote parelmoervlinder in onze streken naar verwachting steeds minder geschikt, waardoor Nederland aan de zuidgrens van het laagland-areaal van de soort komt te liggen. De huidige analyse laat voor het klimaat van 2030 echter nog geen noemenswaardige verandering zien ten opzichte van de periode 1981-2010.

Van de 20 sinds 1990 landelijk bekende populaties zijn er 3 (15%) verdwenen. Van alle 6 onderscheiden Gelderse lokale populaties zijn recente waarnemingen bekend. Ze vormen voor deze mobiele soort op landschapsschaal een metapopulatie en kunnen dus als deelpopulaties worden opgevat, verdeeld over Hoge Veluwe, Vliegveld Deelen, Arnhemse Heide en Oud-Reemst.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor de grote parelmoervlinder vooral belangrijk om:

- te zorgen voor behoud van het nectaraanbod in droge jaren

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de leefgebieden te vergroten, o.m. door herstel van heischrale graslanden (Van der Zee *et al.*, 2017)
- stikstofdepositie en bodemverzuring tegen te gaan
- wildvraat van nectarplanten (m.n. distels) voor en tijdens de bloei te beperken
- een open vegetatiestructuur te bevorderen

Grote vos

De grote vos is de laatste jaren minder zeldzaam geworden in de zuidelijke en oostelijke delen van Nederland. Daardoor is de Rode Lijst-status veranderd van ernstig bedreigd naar kwetsbaar. De soort komt voor in structuurrijke bossen op meestal leemhoudende bodems, waar de rupsen op boswilg, iep en zoete kers gevonden kunnen worden. De grote vos lijkt de komende decennia vooral te zullen profiteren van klimaatverandering.



Voor de grote vos zijn er nog niet voldoende gegevens voor een analyse van klimaatinvloeden. De toename van waarnemingen in de laatste jaren suggereren dat de soort profiteert van de klimaatopwarming. Dit stemt overeen met de voorspelde noordwaartse areaaluitbreiding onder invloed van klimaatverandering, die in onze streken de komende decennia de herkolonisatie van Nederlandse bossen vooral zal bevorderen.

De grote vos wordt verspreid waargenomen en de afbakening van populaties is daarom moeilijk. Er zijn er sinds 2007 twaalf bekend, waarvan er vijf (42%) zonder recente waarnemingen zijn, maar het is de vraag of dit betekent dat de soort er ook niet meer zit. Gelderland is voor de soort relatief belangrijk met 6 populaties, waarvan twee bij Winterswijk. Eén populatie (bij Ooij) zou zijn verdwenen, maar er is wel weer een waarneming uit 2019 bekend.



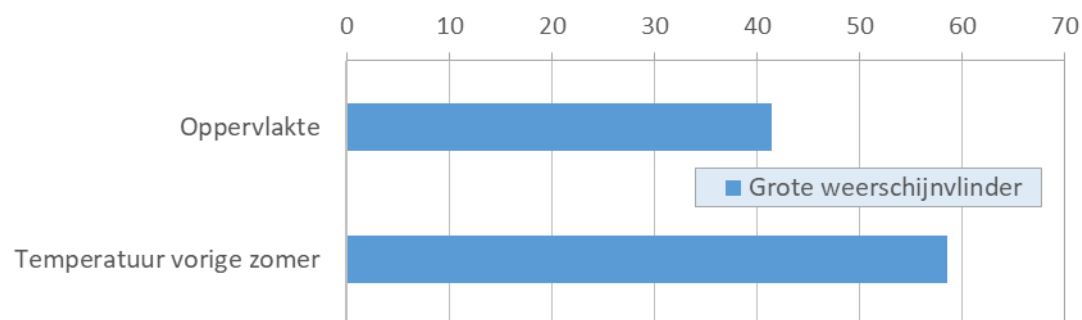
Figuur 3.13: Ligging en status van de populaties van de grote vos in Gelderland (blauw – aanwezig, rood – geen waarneming na 2015).

Voor de grote vos zijn er geen duidelijke maatregelen nodig om de populaties klimaatbestendiger te maken. Verbetering van de habitatkwaliteit is mogelijk door:

- vergroting van structuurvariatie in bossen door kleinschalig bos(rand)beheer
- bevorderen van dood hout in het bos (voor de overwintering)
- aanplant van iep en zoete kers in bossen op leemhoudende bodem

Grote weerschijnvlinder

De grote weerschijnvlinder gold op de vorige Rode Lijst nog als ernstig bedreigd, maar door het recente herstel in de oostelijke helft van ons land staat hij er nu helemaal niet meer op. Wel staat de soort door zijn eerdere status nog als wettelijk beschermd te boek. De grote weerschijnvlinder is een mobiele soort die vooral te vinden is in structuurrijke vochtige loofbossen en wilgenbroekbos met boswilg of ook wel grauwe wilg. Op middellange termijn lijkt de grote weerschijnvlinder van klimaatopwarming te profiteren, mits vochtige bossen behouden blijven.



Figuur 3.14: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen grote weerschijnvlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.11: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de grote weerschijnvlinder (significantie: -/+ $p < 0,05$; (+) $p < 0,10$).

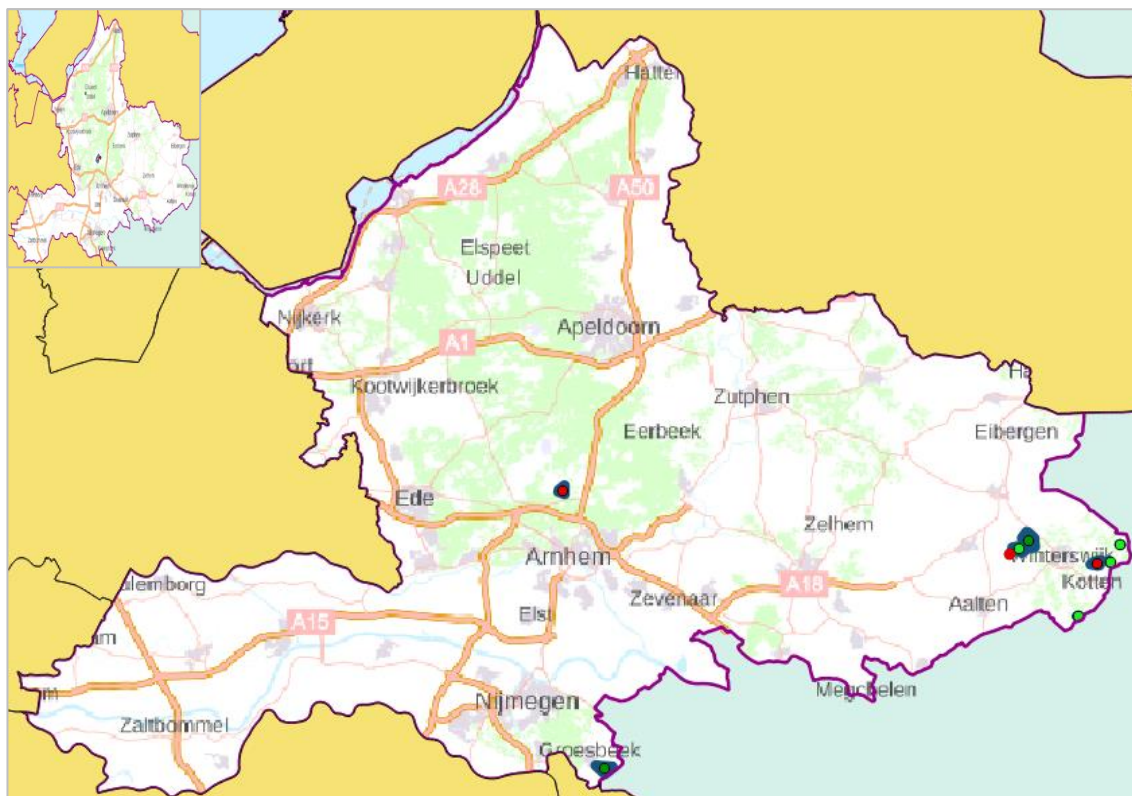
Aantal waarnemingen	65	
R ²	0,50	
Variabele	F-waarde	sign.
Oppervlakte	3,97	(+)
Temperatuur vorige zomer	5,6	+

Voor de grote weerschijnvlinder berust de analyse alleen op een kleine hoeveelheid gegevens uit de laatste jaren, waardoor het resultaat alleen een indicatie van de omgevingsinvloed vormt. De positieve invloed van een warme zomer in het voorgaande jaar op de aantallen bevestigt wel het beeld dat de soort profiteert van de opwarming. Het is niet verrassend dat de aantallen hoger lijken in grotere leefgebieden ($p=0,051$).

De bij klimaatopwarming verwachte areaalverschuiving van de grote weerschijnvlinder betekent in onze streken een noordwaartse uitbreiding. In de tweede helft van de 21^e eeuw zou dit echter kunnen omslaan in een afname wanneer Nederland bij verdere opwarming aan de zuidrand van het areaal van de grote weerschijnvlinder komt te liggen. In 2030 wordt nog wel een gunstige ontwikkeling verwacht ten opzichte van het klimaat van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +26). Deze verwachting wel dat het bodemvocht in zijn leefgebied op peil blijft.

Van de 31 sinds 1990 bekende populaties van de grote weerschijnvlinder in Nederland is er slechts één kleine populatie verdwenen (3%). In Gelderland gaat het om 9 populaties, behalve bij Groesbeek en Arnhem vooral in de omgeving van Winterswijk, waar een kleine satellietpopulatie op een drogere locatie in de buurt van het Korenburgerveen is verdwenen.

De laatste jaren worden zwervende individuen van de grote weerschijnvlinder door heel Gelderland gezien, zodat het te verwachten is dat de soort zich binnen enkele jaren ook op nieuwe locaties zal vestigen.



Figuur 3.15: Ligging en typering van de populaties van de grote weerschijnvlinder in Gelderland.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor de grote weerschijnvlinder vooral belangrijk om:

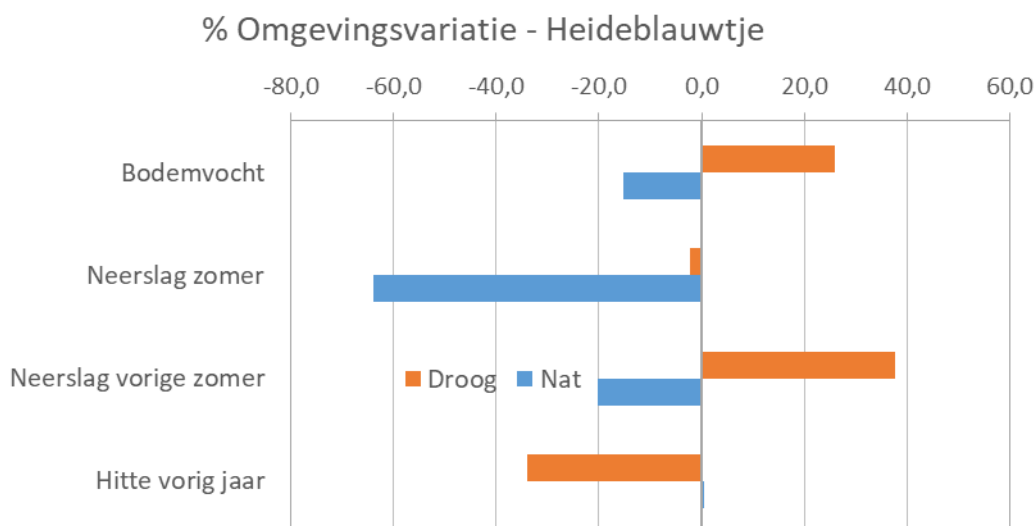
- te zorgen voor een goede waterhuishouding voor het behoud van vochtige loofbossen

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de leefgebieden te vergroten door de structuurvariatie in vochtige loofbossen te bevorderen

Heideblauwtje

Het heideblauwtje staat als kwetsbaar op de Rode Lijst door een afname in zowel verspreiding als talrijkheid. In gebieden met voldoende natte heide kan de soort zich nog goed handhaven. Verdroging vormt echter een probleem dat wordt versterkt door klimaatopwarming. Door behoud van voldoende natte leefgebieden kan dit worden opgevangen.



Figuur 3.16: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen heideblauwtjes verklaart in droge en natte leefgebieden.

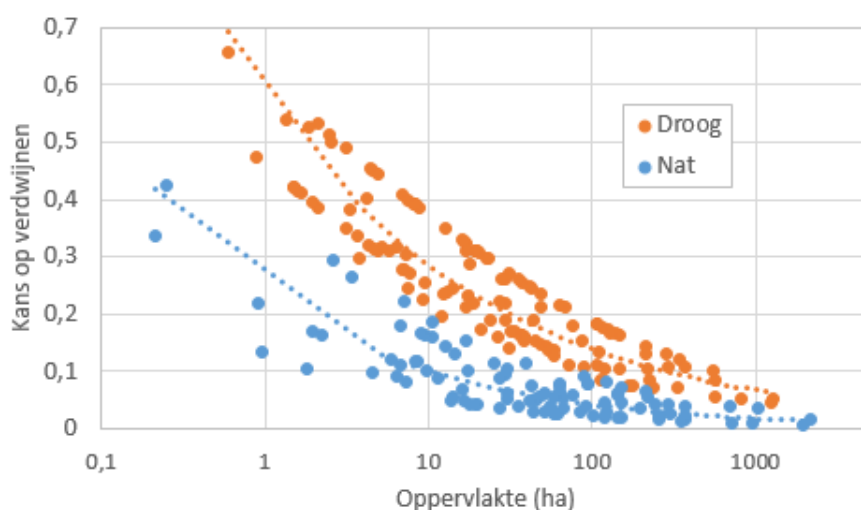
Tabel 3.12: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor het heideblauwtje (significantie: ns $p > 0,10$; - $p < 0,01$; -- $p < 0,001$; --- $p < 0,0001$).

	Droog leefgebied		Nat leefgebied	
Aantal waarnemingen	445		335	
R ²	0,13		0,15	
Variabele	F-waarde	sign.	F-waarde	sign.
Bodemvocht	15,94	++++	1,66	ns
Neerslag zomer	1,39	ns	6,91	--
Neerslag vorige zomer	23,2	+++	2,19	ns
Hitte vorig jaar	20,86	---	0,06	ns

Verdwijnen populaties van het heideblauwtje zijn vaker van kleine omvang ($p = 0,0001$) en het betreft vooral drogere leefgebieden ($p = 0,01$). De kritische oppervlakte ligt rond 24 ha. In droge leefgebieden is de kans op verdwijnen ca. drie keer zo groot als in natte leefgebieden (figuur 3.17).

Ook in de veranderingen in talrijkheid is er een verschil tussen droge en natte leefgebieden, met een significante interactie tussen bodemvocht en neerslag in de vorige zomer ($p < 0,001$). Binnen de droge leefgebieden zijn de droogste locaties in het nadeel. De aantallen zijn er hoger na een natte zomer en lager na een hete zomer. In de natte leefgebieden is een natte zomer juist negatief voor de talrijkheid.

Voorts was er ook nog een invloed van het reliëf, met een significante interactie tussen reliëf en neerslag in de vorige zomer ($p < 0,001$). In droge leefgebieden geeft een voorafgaande droge zomer extra lage aantallen in gebieden met weinig reliëf. In natte leefgebieden daarentegen, levert juist een natte vorige zomer lage aantallen in reliëfrijke gebieden. De verschillende doorwerking van het reliëf is



Figuur 3.17: Kans op verdwijnen van populaties van het heideblauwtje uit droge en natte leefgebieden van verschillende oppervlakte (populaties zijn als verdwenen beschouwd wanneer de laatste waarneming van 2015 of eerder dateert, terwijl er daarvoor wel waarnemingen uit minimaal vijf jaren bekend zijn).

mogelijk als volgt te verklaren:

- In droge leefgebieden betekent meer reliëf dat er ook een grotere kans is op laagten die wat vochtiger blijven in droge jaren, zodat de populatie minder door droogte wordt getroffen
- In natte leefgebieden betekent reliëf doorgaans dat heideblauwtjes in de laagten zitten. Natte zomers zorgen hier voor inundatie, wat sterfte en dus lagere aantallen heideblauwtjes geeft.

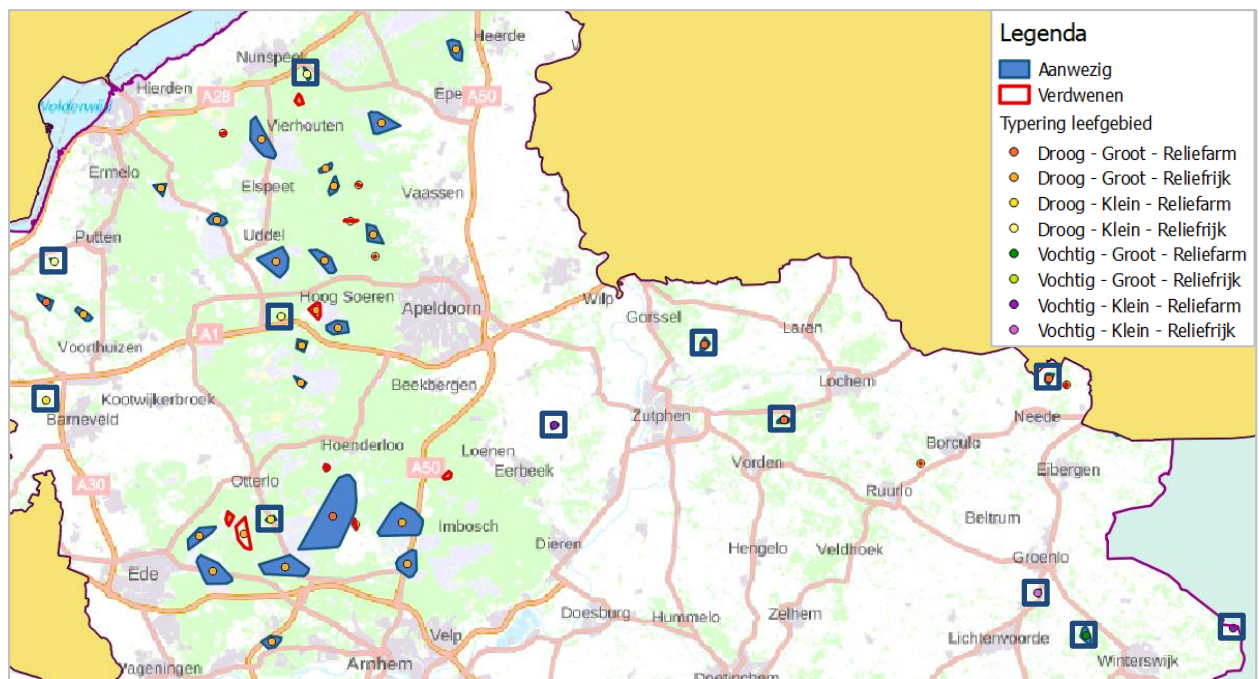
Het areaal van het heideblauwtje schuift bij verdere klimaatopwarming noordwaarts op, maar omdat Nederland zich redelijk centraal in het areaal bevindt (zij het dicht bij de noordwestelijke rand die door Engeland loopt), heeft de opwarming in dit opzicht weinig gevolgen voor het heideblauwtje. Het klimaat van 2030 geeft dan ook nauwelijks een afwijkende ontwikkeling te zien ten opzichte van de periode 1981-2010. Veeleer is van een meer geleidelijke bedreiging sprake door verdroging van het leefgebied.

Tabel 3.13: Aantal sinds 1990 bekende populaties van het heideblauwtje dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015).

Heideblauwtje	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	196	48	244	20
Gelderland	35	14	49	29
Droog - Groot – Reliëfrijk	20	4	24	17
Droog - Groot – Reliëfarm	6		6	0
Vochtig - Groot – Reliëfarm	1		1	0
Droog - Klein – Reliëfrijk	3	8	11	73
Droog - Klein – Reliëfarm	2	2	4	50
Vochtig - Klein – Reliëfrijk	1		1	0
Vochtig - Klein – Reliëfarm	2		2	0

Van alle 244 sinds 1990 bekende populaties van het heideblauwtje in Nederland zijn er 48 (20 %) verdwenen (Tabel 3.13). In Gelderland zijn er van de 49 populaties 14 (29 %) verdwenen. De populaties in droge gebieden zijn relatief vaak verdwenen ten opzichte van die in vochtiger gebieden (22% vs. 0%). Binnen droge gebieden zijn de kleine populaties vaker verdwenen dan de grotere (67% vs. 13%). Tegen de

verwachting van de analyse-uitkomst in lijken de Gelderse populaties in reliëfrijke gebieden vaker te zijn verdwenen dan in gebieden met weinig reliëf (34% vs. 10%), mogelijk omdat de reliëfarme gebieden in deze gevallen vochtiger bleken te zijn dan de reliëfrijke. De grotere populaties liggen op de Veluwe. In de Achterhoek is het voorkomen zeer verspreid (Figuur 3.18).



Figuur 3.18: Ligging en typering van de populaties van het heideblauwtje in Gelderland. De actuele populaties zijn blauw gemarkeerd.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor het heideblauwtje vooral belangrijk om:

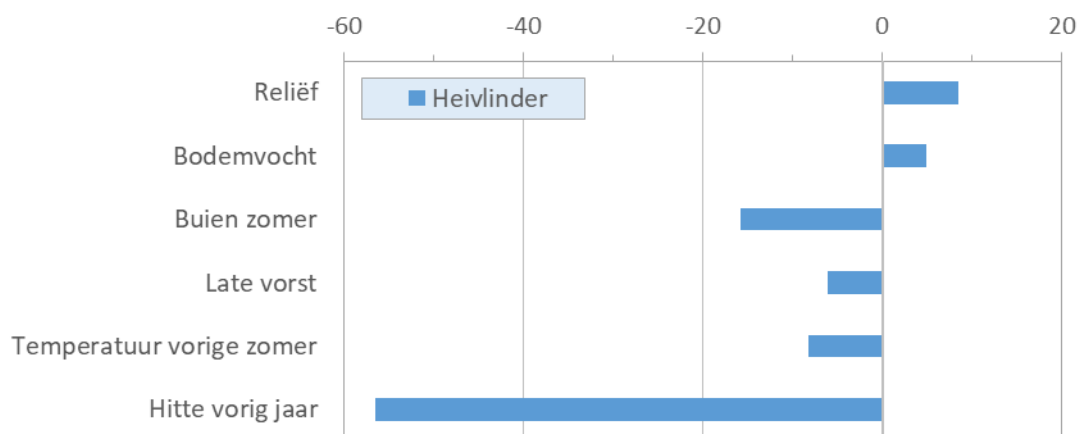
- de vochtcondities in natte leefgebieden te behouden
- droge leefgebieden geleidelijk te vernatten
- in reliëfarme gebieden inundatie in het zomerhalfjaar zo veel mogelijk te voorkomen

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- kleine leefgebieden te vergroten
- stikstofdepositie en bodemverzuring te verminderen, met name in droge leefgebieden
- jonge vitale struik- en dopheivegetaties te behouden door kleinschalig te begrazen, te maaien of in sterk vergraste situaties te branden of te chopperen.

Heivlinder

De status van de heivlinder is kwetsbaar. De aantallen van de soort zijn de laatste jaren sterk gedaald. Op de zandgronden komt de soort voor op droge heide en stuifzand met voldoende dynamiek om open plekken te handhaven. In droge zomers kan het nectaraanbod echter beperkend zijn. Vooral hetere zomers vormen zowel op korte als op lange termijn een bedreiging voor de heivlinder.



Figuur 3.19: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen heivlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.14: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de heivlinder (significantie: -/+ $p < 0,05$; --/++ $p < 0,01$; ---/+++ $p < 0,001$).

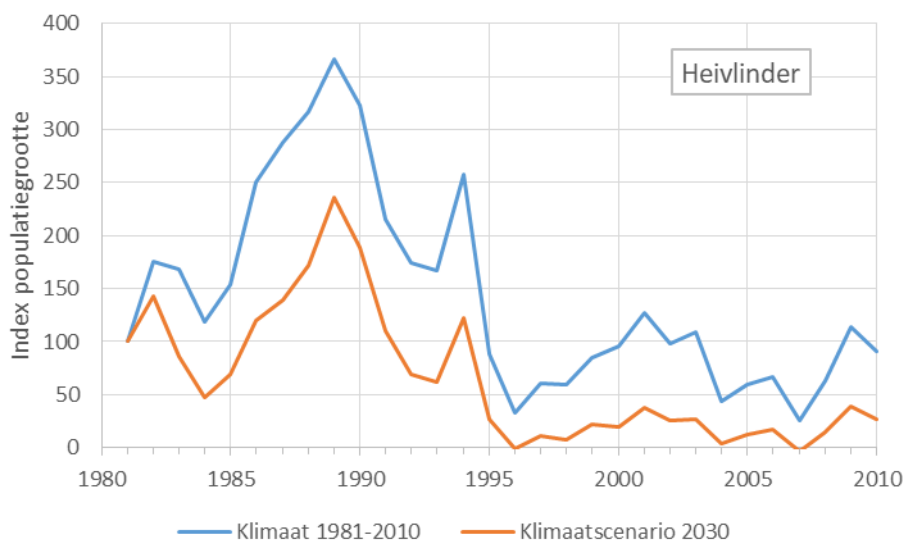
Aantal waarnemingen	1420	
R ²	0,26	
Variabele	F-waarde	sign.
Reliëf	9,15	++
Bodemvocht	5,21	+
Buien zomer	17,00	---
Late vorst	6,61	-
Temperatuur vorige zomer	8,91	--
Hitte vorig jaar	60,81	---

Verdwenen populaties van de heivlinder lagen in kleinere leefgebieden dan nog aanwezige populaties ($p < 0,0001$), waarbij de kritische oppervlakte rond 70 ha ligt.

Reliëf en bodemvocht komen de talrijkheid ten goede, vermoedelijk door een grotere dynamiek, grotere variatie in microklimaat en een beter nectaraanbod in de vliegtijd van de vlinders. Vooral hitte en buien in de vorige zomer leiden tot lage aantallen; late vorst lijkt voor de rupsen ook van negatieve invloed te zijn. De extreem warme zomer van 2003 zorgde eerder al voor een daling van de aantallen heivlinders. Daarbij was in de vliegtijd sprake van een sterk zwervgedrag, wat vermoedelijk door het verdrogen van het leefgebied werd veroorzaakt (Wallis de Vries *et al.*, 2011).

Het areaal van de heivlinder gaat bij aanhoudende klimaatverandering naar verwachting vooral krimpen omdat de zuidgrens noordelijker komt te liggen en de noordwaartse uitbreiding in Scandinavië beperkt blijft. Voor Nederland zou dat de komende decennia voor de heivlinder nog weinig gevolgen moeten hebben omdat ons land zich centraal in het areaal bevindt. De huidige analyse geeft echter een sterk verslechterde populatieontwikkeling van de heivlinder onder het verwachte

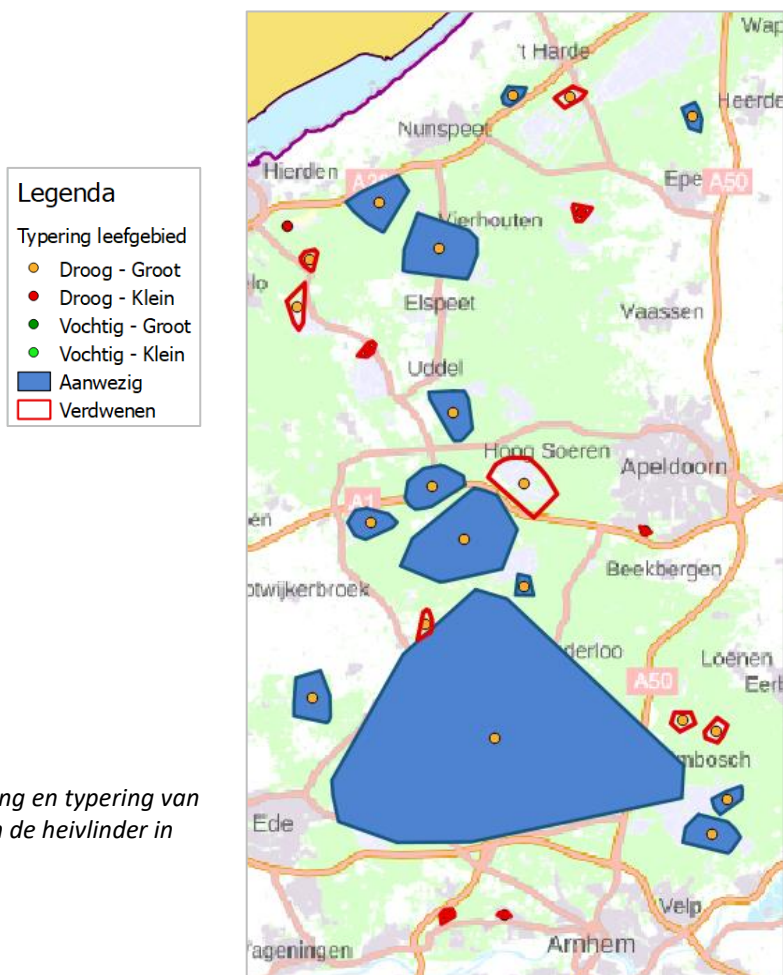
klimaat van 2030 ten opzichte van de periode 1981-2010 (Figuur 3.20; gemiddeld indexverschil -81).



Figuur 3.20: Gesimuleerde populatieontwikkeling van de heivlinder in Nederland bij het klimaat van de referentieperiode 1981-2010 en het klimaatscenario van 2030.

Tabel 3.15: Aantal sinds 1990 bekende populaties van de heivlinder dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015).

Heivlinder	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	110	42	152	28
Gelderland	13	13	26	50
Droog - Groot	13	7	20	35
Droog - Klein	0	6	6	100



Figuur 3.21: Ligging en typering van de populaties van de heivlinder in Gelderland.

Van alle 152 sinds 1990 bekende populaties van de heivlinder in Nederland zijn er 42 (28 %) verdwenen (Tabel 3.15). In Gelderland zijn er van de 26 populaties 13 (50 %) verdwenen, dus een beduidend groter deel. Alle populaties liggen op de Veluwe in een droge omgeving, waaruit vooral de kleine populaties zijn verdwenen (Figuur 3.21). Opvallend is dat de heivlinder verdwenen lijkt van de toch grote Asselsche Heide. Het lijkt waarschijnlijk dat de heivlinder ook op de Oldebroeksche Heide een populatie heeft, maar het gebied is voor deze soort onvoldoende onderzocht. De voorlopige gegevens geven aan dat 2019 een dramatisch slecht jaar voor de heivlinder is.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor de heivlinder belangrijk om:

- de vochtcondities rond de droge voortplantingslocaties zo te houden dat er voldoende nectarbronnen op korte afstand beschikbaar zijn
- voldoende structuurvariatie te bieden in de kruidlaag voor een grotere spreiding van warm naar koeler microklimaat (dus geen hoge begrazingsintensiteit in droge zomers)
- vliegdenen te behouden zodat de vlinders dekking kunnen vinden op hete dagen

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- kleine leefgebieden te vergroten
- stikstofdepositie en bodemverzuring te verminderen
- reliëfrijke overgangen tussen stuivend zand en heide te koesteren.

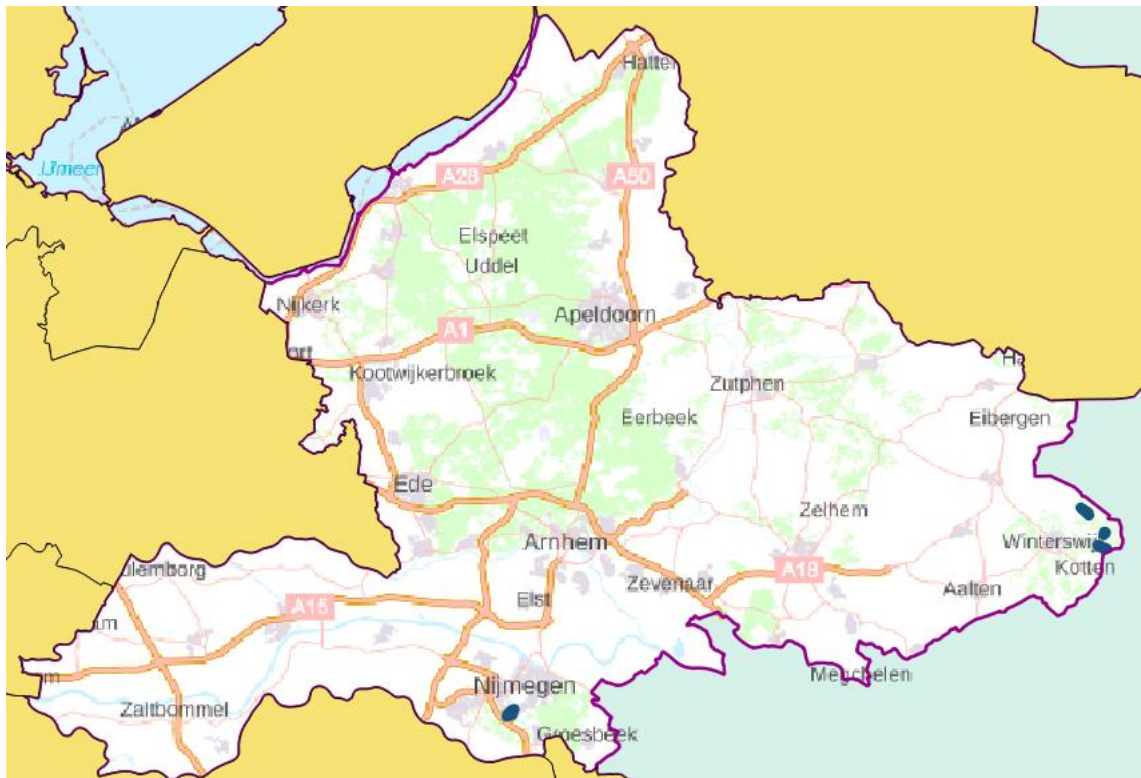


Iepenpage

De iepenpage is net als de grote weerschijnvlinder van ernstig bedreigd op de vorige Rode Lijst naar niet meer bedreigd opgeschoven. Behalve door een reële recente areaaluitbreiding is dit ook het gevolg van betere kennis over hoe de soort waar te nemen is. De iepenpage is nog wel wettelijk beschermd. De soort leeft op iepen in een grote variatie aan biotopen. De soort zal de komende decennia vooral profiteren van klimaatopwarming.

Van de iepenpage zijn nog te weinig gestandaardiseerde tellingen om een analyse van klimaatinvloeden mogelijk te maken. Nederland bevindt zich net in de noordelijke helft van het areaal van de iepenpage. De soort zal zich bij verdere klimaatopwarming naar verwachting de komende decennia blijven uitbreiden. Beperkende factor daarbij is dat iepen buiten de stedelijke omgeving schaars zijn in Nederlandse bossen. Alleen bossen op löss en leemhoudende bodem zijn kansrijk.

Er zijn 21 populaties bekend, waarvan er één (5%) is verdwenen. In Gelderland zijn er 4 populaties aanwezig: drie ten oosten van Winterswijk en één in stedelijke gebied aan de rand van Nijmegen.

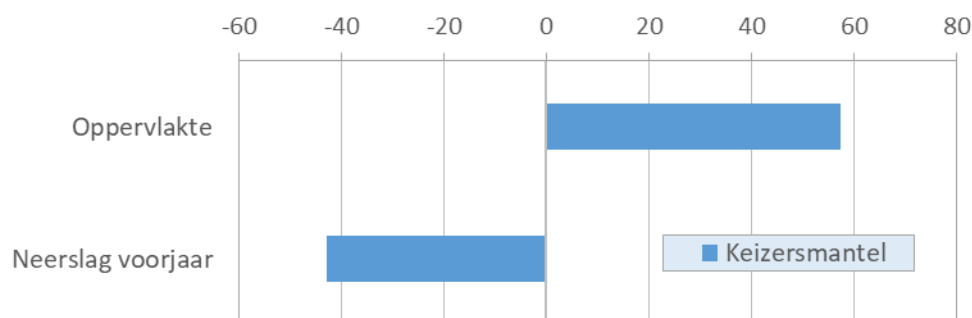


Figuur 3.22: Ligging en typering van de populaties van de iepenpage in Gelderland.

Voor de iepenpage lijken er geen specifieke klimaatgerichte maatregelen nodig; zie voor verdere informatie Vliegthart (2015).

Keizersmantel

De keizersmantel heeft net als enige andere mobiele bossoorten zijn populatie in Nederland de laatste jaren belangrijk kunnen uitbreiden. De vlinder is nu niet meer bedreigd, waar hij eerst nog als landelijk verdwenen op de Rode Lijst stond. Zijn leefgebied bestaat uit open plekken in bossen met viooltjes. Deze zijn vooral te vinden op leemhoudende en kalkrijke bodems. De soort lijkt van klimaatopwarming vooral te profiteren.



Figuur 3.23: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen keizersmantels verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.16: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de keizersmantel (significantie: $-/+ p < 0,05$; $--/++ p < 0,01$).

Aantal waarnemingen	62	
R ²	0,31	
Variabele	F-waarde	sign.
Oppervlakte	8,24	++
Neerslag voorjaar	6,16	–

Voor de keizersmantel zijn nog maar weinig gegevens voor een uitgebreide analyse van klimaatinvloeden. De huidige analyse laat zien dat de talrijkheid groter is in grotere leefgebieden en bij een droger voorjaar, wanneer de rupsen zich ontwikkelen.

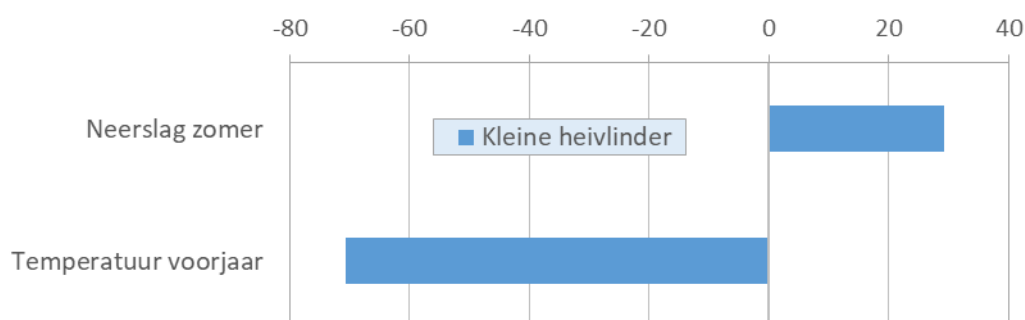
Nederland bevindt zich centraal in het areaal van de keizersmantel. Bij klimaatopwarming zal dat de komende eeuw naar verwachting zo blijven. De toegenomen aantallen keizersmantels wijzen erop dat de herkolonisatie wordt bevorderd door de warme zomers. Uit de huidige analyse komt nog geen verschil naar voren in de ontwikkeling bij het klimaatscenario van 2030 ten opzichte van het klimaat van 1981-2010.

Van alle 23 sinds 1990 bekende populaties van de keizersmantel in Nederland zijn er 3 kleine locaties (13 %) weer verdwenen. In Gelderland gaat het om 4 populaties, waarvan er geen is verdwenen. Drie daarvan liggen ten oosten van Winterswijk en één bij Elspeet op de Veluwe.

Voor de keizersmantel lijken er geen specifieke klimaatgerichte maatregelen nodig. De vlinder profiteert van kleinschalig bos(rand)beheer, waardoor plekken met bosviooltjes meer licht krijgen en het nectaraanbod wordt vergroot (Omon *et al.*, 2015).

Kleine heivlinder

De kleine heivlinder is een ernstig bedreigde soort die alleen nog op enkele stuifzanden op de Veluwe voorkomt. De aantallen dalen sterk. Behalve stikstofdepositie lijken ook klimaatextremen een belangrijke bedreiging voor de kleine heivlinder te vormen.



Figuur 3.24: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen kleine heivlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

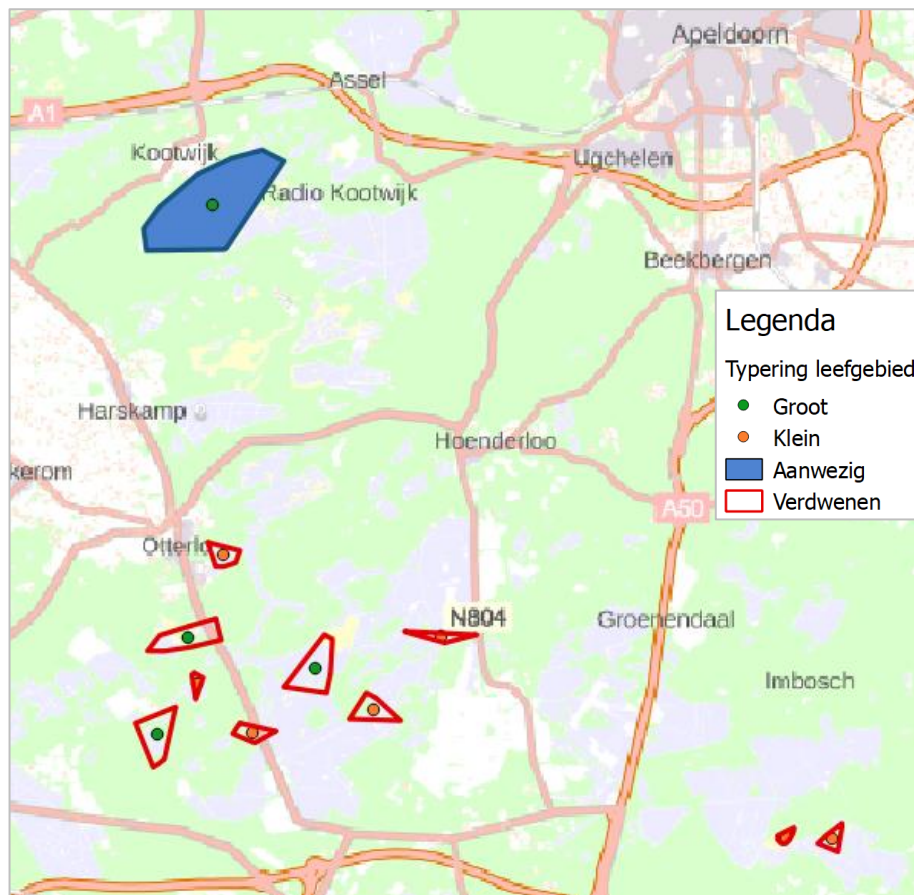
Tabel 3.17: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor de kleine heivlinder (significantie: $-/+ p < 0,05$; $--/++ p < 0,01$).

Aantal waarnemingen	34	
R ²	0,31	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag zomer	4,22	+
Temperatuur voorjaar	10,17	--

Doordat de kleine heivlinder zo zeldzaam is zijn er maar weinig gegevens voor een analyse van klimaatinvloeden. Toch komen er significante effecten op de talrijkheid naar voren, met negatieve effecten van zomerdroogte en van warmte in het voorjaar; een warm voorjaar kan droogtestress voor de veroorzaken maar ook doorwerken op de kwaliteit van het leefgebied in de zomer.

De kleine heivlinder komt in de gematigde delen van Europa zeer verspreid voor: de dichtstbijzijnde populaties liggen bij Parijs en Berlijn. Het betreft gebieden met een warm microklimaat, zoals stuifzanden. Bij klimaatopwarming wordt dan ook een uitbreiding van het areaal verwacht. De ontwikkelingen in Nederland geven echter aan dat klimaatextremen van warmte en droogte de populaties ook kunnen bedreigen. De extreme zomers van 2003 en 2006 zorgden beide voor een afname in de populatiegrootte van de kleine heivlinder (Wallis de Vries, 2016) en hetzelfde gold voor 2018 en waarschijnlijk ook 2019. De huidige analyse voorspelt een beduidend slechtere populatieontwikkeling onder het klimaatscenario van 2030 dan bij het klimaat uit de periode 1981-2010 (gemiddeld indexverschil -22). Dit kan worden versterkt door een afnemende overleving van rupsen in de steeds milder wordende winters (Nijssen & Siepel, 2010).

Van de 11 sinds 1990 bekende populaties van de kleine heivlinder in Nederland (allemaal gelegen in Gelderland) zijn er 10 (91 %) verdwenen. Alleen die van het Kootwijkerzand is nog over, hoewel er op de Harskamp ook nog een populatie zou kunnen voorkomen omdat het schietterrein niet goed is onderzocht. Na de droge zomers van 2018 en 2019 is de situatie kritiek geworden. Het voortbestaan van de kleine heivlinder in Nederland hangt dus aan een zijden draad.



Figuur 3.25: Ligging en typering van de populaties van de kleine heivlinder in Gelderland.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het belangrijk om:

- voldoende structuurvariatie te bieden in de kruidlaag voor een grotere spreiding van warm naar koeler microklimaat
- vliegdennen te behouden zodat de vlinders dekking kunnen vinden op hete dagen

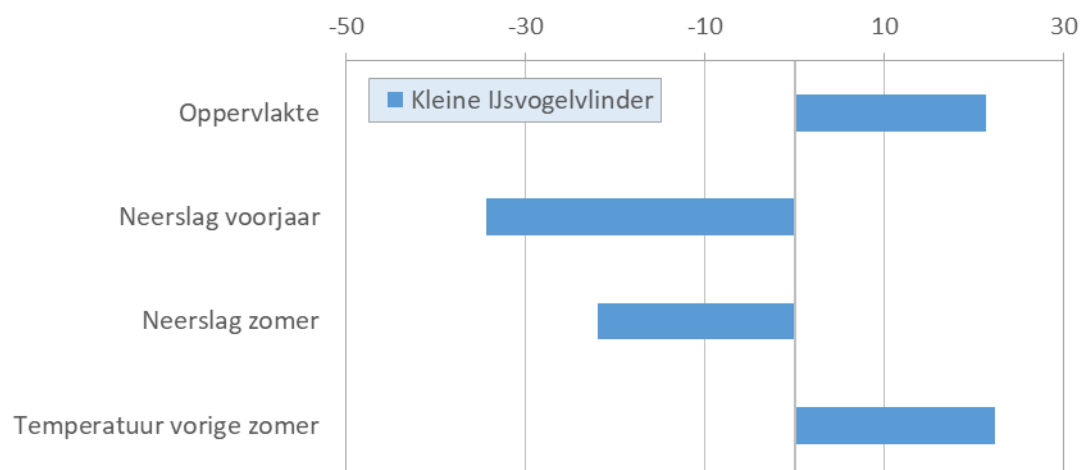
Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- kleine leefgebieden te vergroten
- stikstofdepositie en bodemverzuring te verminderen
- vitale struikhei als nectarbron te bevorderen op plekken met oude bodem.

Een beschermingsplan voor behoud van de kleine heivlinder is in 2019 door de provincie in gang gezet.

Kleine ijsvogelvlinder

De kleine ijsvogelvlinder staat als kwetsbaar op de Rode Lijst. De recente populatieontwikkeling is positief. De soort komt voor in structuurrijke, vochtige loofbossen met kamperfoelie. Naar verwachting zal de soort voorlopig profiteren van klimaatopwarming wanneer vochtige loofbossen behouden blijven.



Figuur 3.26: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen kleine ijsvogelvlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.18: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de kleine ijsvogelvlinder (significantie: -/+ $p < 0,05$; --/++ $p < 0,01$).

Aantal waarnemingen	345	
R ²	0,25	
Variabele	F-waarde	sign.
Oppervlakte	6,42	+
Neerslag voorjaar	10,33	--
Neerslag zomer	6,62	-
Temperatuur vorige zomer	6,74	++

Verdwenen populaties van de kleine ijsvogelvlinder zijn relatief klein ($p < 0,001$), waarbij de kritische oppervlakte 22 ha bedraagt.

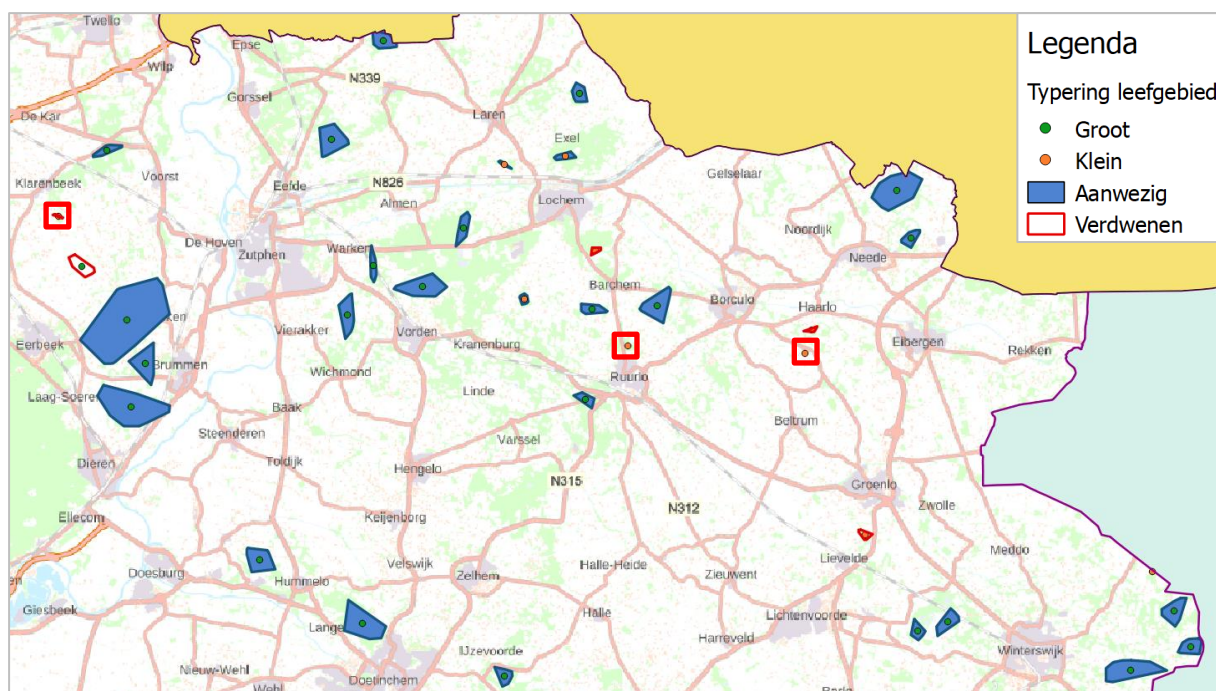
Ook de talrijkheid wordt positief beïnvloed door de oppervlakte leefgebied. De kleine ijsvogelvlinder is talrijker na een warme zomer en minder talrijk bij veel neerslag in zowel het voorjaar als de zomer.

Nederland bevindt zich centraal maar wel in de noordelijke helft van het areaal van de kleine ijsvogelvlinder. De komende decennia zullen dus naar verwachting een uitbreiding voor de soort opleveren, mits vochtige loofbossen behouden blijven. De populatieontwikkeling onder het klimaatscenario van 2030 is ook positiever dan bij het klimaat van 1981-2010 (gemiddelde indexverschil +31).

Tabel 3.19: Aantal sinds 1990 bekende populaties van de kleine ijsvogelvlinder dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015).

Kleine ijsvogelvlinder	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	73	12	85	14
Gelderland	26	7	33	21
Groot	22	1	23	4
Klein	4	6	10	60

Van de 85 sinds 1990 bekende populaties van de kleine ijsvogelvlinder in Nederland zijn er 12 verdwenen (14 %) (Tabel 3.19). In Gelderland liggen alle populaties in het IJsseldal en de Achterhoek (Figuur 3.25). gaat het om 33 populaties, waarvan er 7 (21%) zijn verdwenen. Zes daarvan betreffen kleine populaties: 60% daarvan is verdwenen.



Figuur 3.27: Ligging en typering van de populaties van de kleine ijsvogelvlinder in Gelderland. Verdwenen populaties zijn rood gemarkeerd.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor de kleine ijsvogelvlinder vooral belangrijk om:

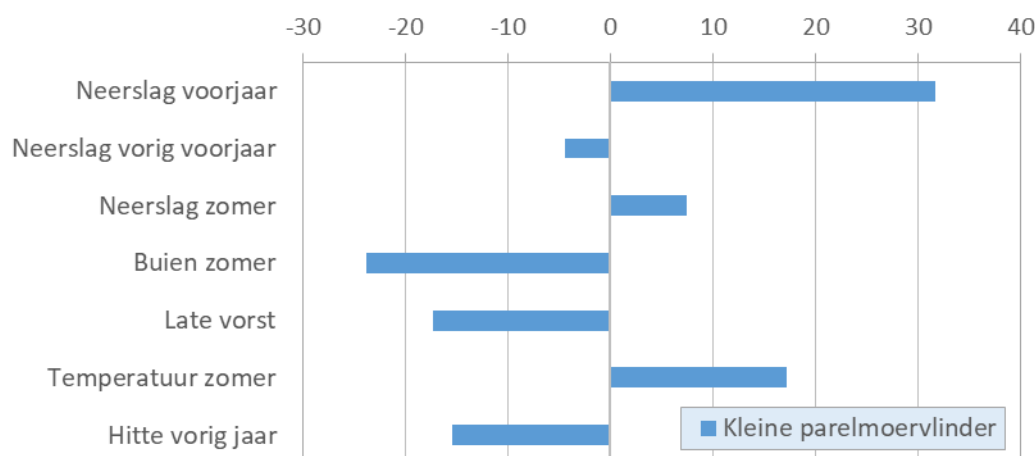
- te zorgen voor een goede waterhuishouding voor het behoud van vochtige loofbossen

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de leefgebieden te vergroten door de structuurvariatie in vochtige loofbossen en bosranden met kleinschalig cyclisch beheer te bevorderen

Kleine parelmoervlinder

De kleine parelmoervlinder is kwetsbaar gebleven op de Rode Lijst. In de kustduinen lopen de aantallen terug, maar in het binnenland breidt de soort uit. Hier zijn vooral graslanden met natuurontwikkeling en natuurakkers geschikt omdat hier vaak massaal akkerviooltjes in een pioniermilieu voorkomen. De kleine parelmoervlinder profiteert enerzijds van klimaatopwarming, maar is anderzijds gevoelig voor klimaatextremen.



Figuur 3.28: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen kleine parelmoervlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.20: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor de kleine parelmoervlinder (significantie: – $p < 0,05$; – – $p < 0,01$; +++ $p < 0,001$; – – – – /++++ $p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	1481	
R ²	0,28	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag voorjaar	53,87	++++
Neerslag vorig voorjaar	7,62	--
Neerslag zomer	12,66	+++
Buien zomer	40,45	----
Late vorst	29,52	----
Temperatuur zomer	29,34	++++
Hitte vorig jaar	26,37	----

Verdwenen populaties van de kleine parelmoervlinder zijn relatief klein ($p < 0,01$), waarbij de kritische oppervlakte 30 ha bedraagt.

De aantallen kleine parelmoervlinders variëren met een behoorlijk aantal klimaatvariabelen. Lage aantallen worden vooral veroorzaakt door ten eerste droogte en late vorst in het lopende voorjaar, en ten tweede droge en koele zomers met zware buien en hitte in de vorige zomer; het negatieve effect van een nat voorjaar is ten opzichte van de andere invloeden van minder belang en heeft vooral betrekking op extreem natte jaren.

De positieve invloed van zomerwarmte weerspiegelt een algemene reactie van een warmteminnende soort als de kleine parelmoervlinder, maar de negatieve effecten van hitte en droogte vormen daar de keerzijde van (Wallis de Vries, 2016).

De kleine parelmoervlinder bereikt in Nederland de noordwestgrens van zijn areaal (de soort ontbreekt in Groot-Brittannië). Naar verwachting zal de soort zijn areaal bij klimaatopwarming uitbreiden. Onder het klimaatscenario van 2030 is de populatieontwikkeling gunstiger dan bij het klimaat van 1981-2010 (gemiddeld

indexverschil +18), maar door extreme jaren kunnen grote schommelingen worden verwacht die tot lokale extincties leiden op met name kleinere droogtegevoelige locaties.

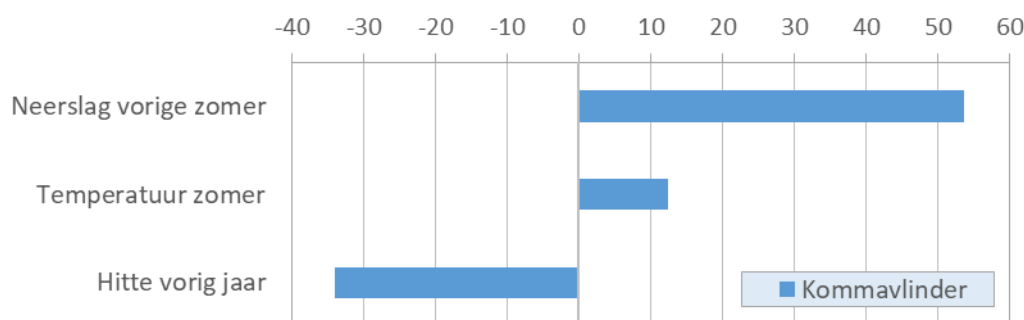
Van de 88 sinds 1990 bekende populaties van de kleine parelmoervlinder in Nederland zijn er 27 verdwenen (31 %). In Gelderland gaat het om 4 kleinere populaties op de zuidelijke zandgronden van de provincie, waarvan er 3 (75%) ook weer zijn verdwenen. In 2019 lijken er echter weer herkolonisaties plaats te hebben gevonden en mogelijk ook nieuwe vestigingen, gezien het grote aantal verspreid waargenomen individuen.

De kleine parelmoervlinder is bij uitstek een soort van dynamische pioniermilieu die door zijn grote mobiliteit en grote voortplantingscapaciteit kan inspelen op snelle veranderingen in de omgeving. Maatregelen voor het vergroten van de klimaatbestendigheid van zijn leefgebied lijken dan ook niet zinvol. Wel is het beter om in droge zomers extensief te beheren en dus ook geen hoge begrazingsintensiteit toe te laten.

Voorts kan er effectief aan worden gewerkt om leefgebieden te creëren in natuurontwikkelingsgebieden op voormalige landbouwgrond (via natuurakkers en begrazing zonder ontgronding) en het agrarisch gebied (akkerranden).

Kommavlinder

De kommavlinder is nog steeds een bedreigde soort. De vlinder is in het binnenland te vinden op droge heiden en stuifzandheide met een heischraal karakter en een vaak enigszins gebufferde bodem. De kommavlinder is kwetsbaar voor droge, hete zomers.



Figuur 3.29: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen kommavlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.21: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor de kommavlinder (significantie: + $p < 0,05$; ---/++++ $p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	419	
R ²	0,27	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag vorige zomer	21,96	++++
Temperatuur zomer	5,06	+
Hitte vorig jaar	13,92	---

Verdwenen populaties van de kommavlinder zijn relatief klein ($p < 0,01$), waarbij de kritische oppervlakte 60 ha bedraagt.

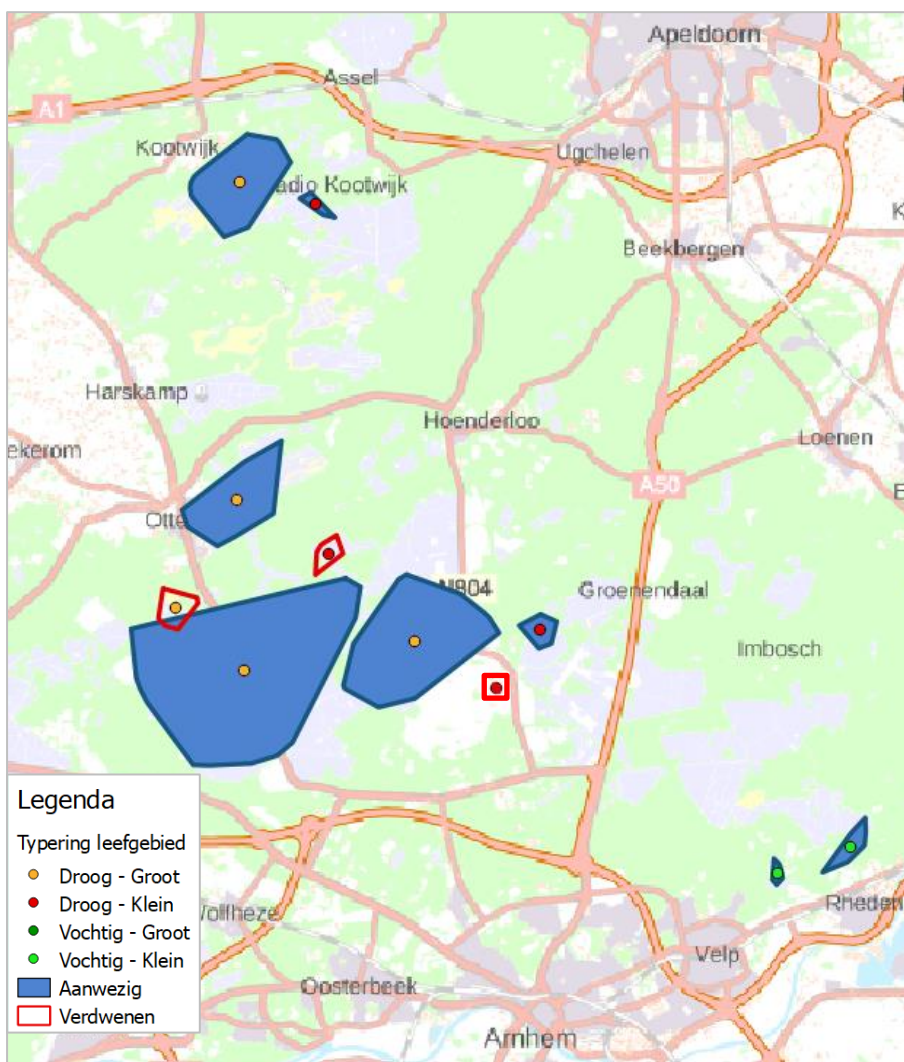
De aantallen kommavlinders zijn hoger na een zomer met meer neerslag en weinig hitte; alleen na een extreem natte zomer met een neerslagoverschot zijn de aantallen lager. Warme zomers hebben een licht positief effect. Dit betekent dat de kommavlinder te lijden heeft van droge, hete zomers. Davies *et al.* (2006) vonden ook dat kommavlinders bij hitte koelere plekken opzoeken voor eiafzet.

De kommavlinder zit in Nederland dicht bij de noordwestgrens van zijn areaal. In zuid-Engeland heeft de soort geprofiteerd van klimaatopwarming in combinatie met actief terreinbeheer (Lawson *et al.*, 2013). Door het positieve effect van warme zomers wordt bij het klimaatscenario van 2030 ook een gunstiger ontwikkeling voorspeld dan bij het klimaat van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +30). Echter, klimaatextremen lijken in de klimaatscenario's nog onderschat te worden. In streken met een continentaal klimaat met warme, droge zomers wordt een inkrimping van het areaal verwacht. Dit scenario lijkt door de gevoeligheid van de kommavlinder voor hitte en droogte ook op de hoge zandgronden waarschijnlijk.

Tabel 3.22: Aantal sinds 1990 bekende populaties van de kleine ijsvogelvlinder dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015).

Kommavlinder	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	52	20	72	28
Gelderland	8	5	13	38
Droog - Groot	4	1	5	20
Droog - Klein	2	4	6	67
Vochtig - Klein	2	0	2	0

Van alle 72 sinds 1990 bekende populaties van de kommavlinder in Nederland zijn er 20 (28%) verdwenen. Voor Gelderland zijn er van de 13 populaties 5 verdwenen (38%), dus een wat groter deel. De verdwenen populaties waren vooral van kleine omvang en gesitueerd in droge gebieden. Bij Rheden zijn twee populaties die zowel voor bodemvocht als buffering kunnen profiteren van de ligging op de stuwwal. Eén cluster van grotere populaties ligt in de gebieden Planken Wambuis, de Hoge Veluwe en Vliegveld Deelen en de andere cluster ligt bij Kootwijk; de situatie op de Harskamp is niet goed in kaart gebracht. De voorlopige gegeven geven aan dat 2019 een dramatisch slecht jaar voor de kommavlinder is.



Figuur 3.30: Ligging en typering van de populaties van de kommavlinder in Gelderland (de twee verdwenen populaties bij Neede zijn niet afgebeeld).

Voor een klimaatbestendig leefgebied voor de kommavlinder is het belangrijk om:

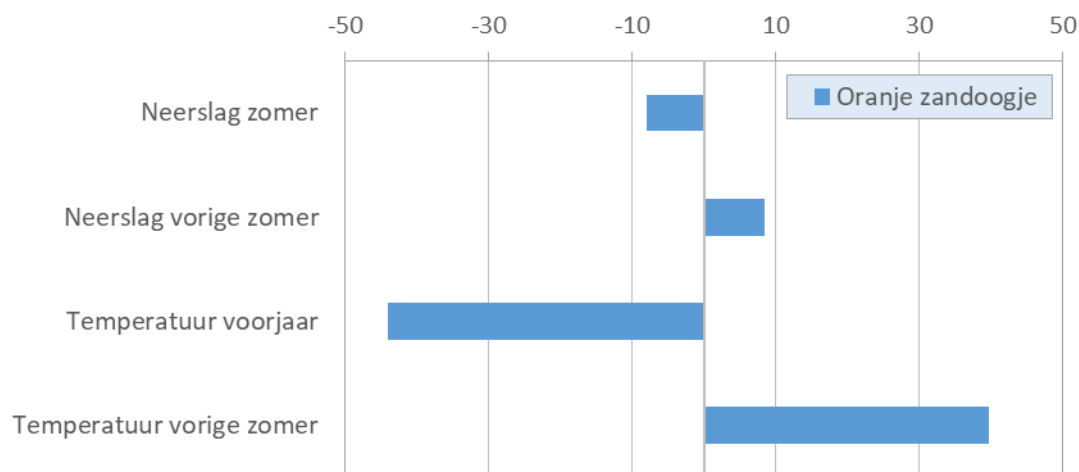
- de vochtcondities rond de voortplantingslocaties zo te houden dat er voldoende nectarbronnen op korte afstand beschikbaar zijn
- voldoende structuurvariatie te bieden in de kruidlaag voor een grotere spreiding van warm naar koeler microklimaat (dus geen hoge begrazingsintensiteit in droge zomers)

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de kleine leefgebieden te vergroten, o.m. door herstel van heischrale graslanden (Van der Zee *et al.*, 2017)
- stikstofdepositie en bodemverzuring tegen te gaan
- een open vegetatiestructuur te bevorderen

Oranje zandoogje

Het oranje zandoogje was eerder niet bedreigd maar door de populatieafname in het noordoosten van Nederland staat de soort nu als gevoelig op de Rode Lijst. Hij is veel te vinden op overgangen van bosranden naar ruige, vochtige graslanden. De soort lijkt te profiteren van klimaatopwarming, maar warme voorjaren hebben daarbij wel een sterk negatieve invloed.



Figuur 3.31: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen oranje zandoogjes verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.23: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor het oranje zandoogje (significantie: --+/+++ $p < 0,001$, ---/++++ $p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	1514	
R ²	0,36	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag zomer	13,94	---
Neerslag vorige zomer	14,95	+++
Temperatuur voorjaar	77,8	----
Temperatuur vorige zomer	70,3	++++

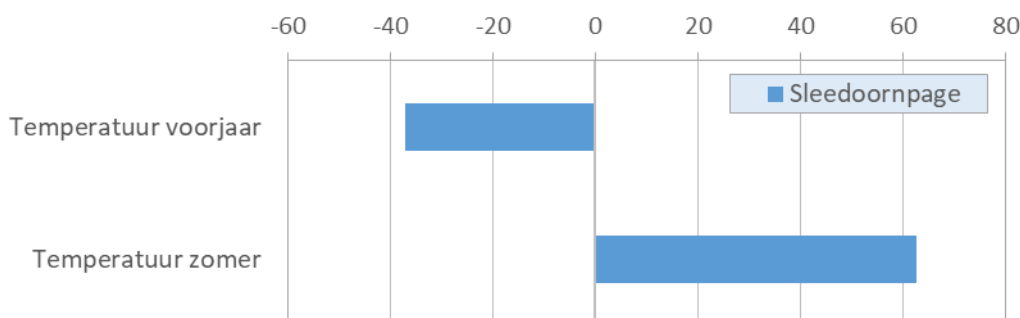
Het oranje zandoogje is talrijker na een warme en ook vochtige zomer, maar beduidend minder talrijk na een warm voorjaar. In een natte zomer zijn de aantallen lager.

Het oranje zandoogje heeft een vooral atlantische verspreiding buiten het Middellandse zeegebied. Nederland bevindt zich aan de noordgrens van het areaal. Bij klimaatopwarming wordt een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht, die een toename in Nederland aannemelijk maakt. Dit wordt bevestigd door een gunstiger ontwikkeling bij het klimaatscenario van 2030 ten opzichte van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +14). De negatieve invloed van een warm voorjaar kan deze ontwikkeling echter ongunstig beïnvloeden, zeker in drogere gebieden.

Voor het oranje zandoogje zijn nog geen populaties afgebakend, waardoor de ontwikkelingen niet op populatieniveau kunnen worden besproken. In Gelderland komt de soort alleen voor in het Rijk van Nijmegen. Voor zowel een klimaatbestendiger als kwalitatief hoogwaardig leefgebied is het belangrijk om in vochtige milieus te zorgen voor geleidelijke overgangen van bosranden en houtwallen naar graslanden op verschillende exposities ten opzichte van de zon.

Sleedoornpage

De sleedoornpage is en blijft een bedreigde soort in Nederland. De soort is gebonden aan vitale sleedoornstruwelen in zowel natuurlijke als stedelijke omgeving. Over het geheel profiteert de sleedoornpage van klimaatopwarming, al lijkt een warm voorjaar ongunstig te zijn.



Figuur 3.32: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen sleedoornpages verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.24: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor de sleedoornpage (significantie: -- -/+++ $p < 0,001$).

Aantal waarnemingen	426	
R ²	0,37	
Variabele	F-waarde	sign.
Temperatuur voorjaar	7,16	-- -
Temperatuur zomer	12,07	+++

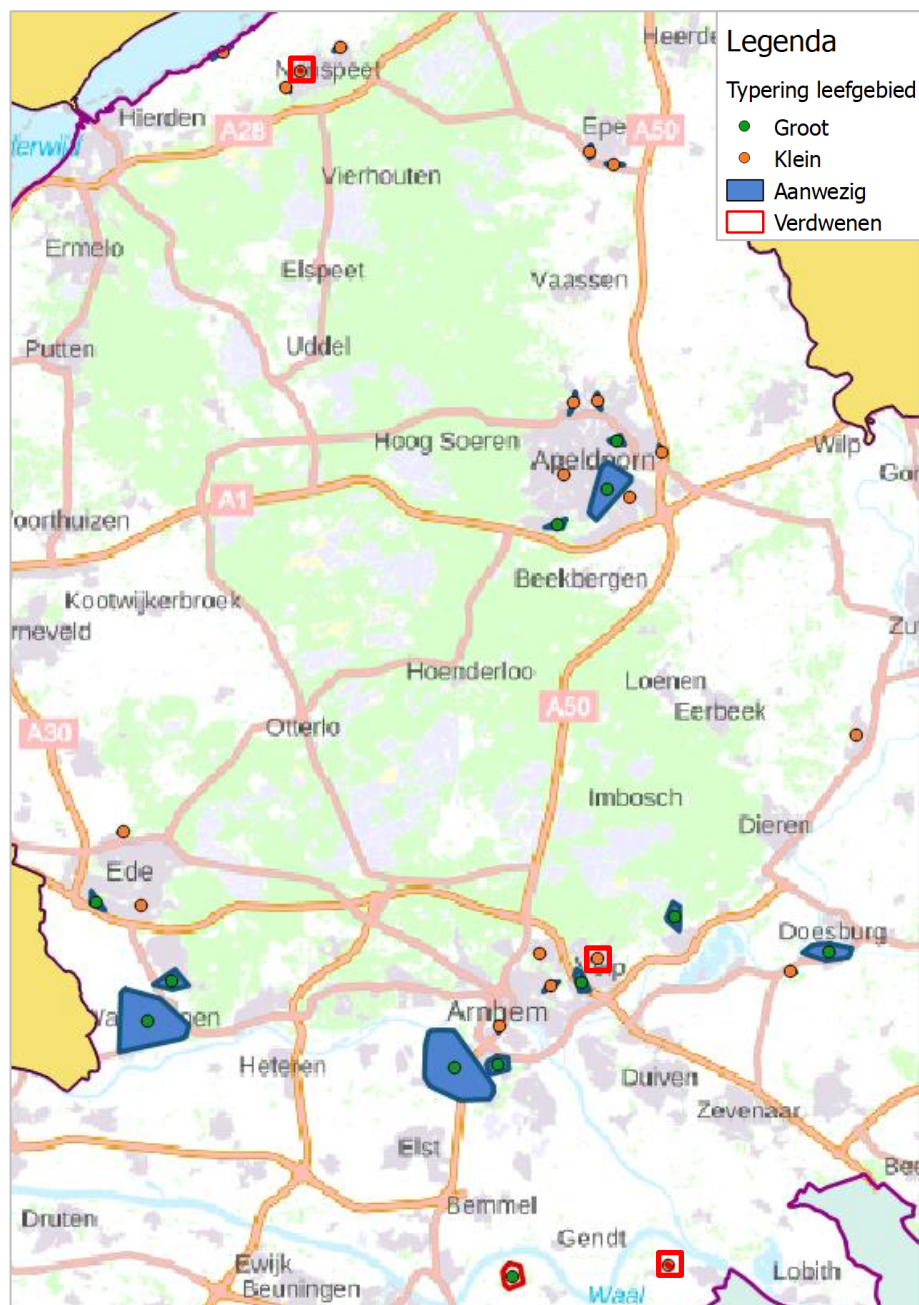
Verdwenen populaties van de sleedoornpage zijn relatief klein ($p < 0,05$), waarbij de kritische oppervlakte 15 ha bedraagt.

De sleedoornpage is talrijker in warme zomers maar juist wat minder talrijk na een warm voorjaar, mogelijk door een negatief effect van droogte op de ontwikkeling van de rupsen.

Nederland bevindt zich in de noordelijke helft van het verspreidingsgebied van de sleedoornpage, zodat over het geheel een positieve ontwikkeling bij klimaatopwarming wordt verwacht. Dit blijkt ook uit een positievere ontwikkeling bij het klimaatscenario van 2030 ten opzichte van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +23).

Van alle 72 sinds 1990 bekende populaties van de sleedoornpage in Nederland zijn er 9 (13%) verdwenen. In Gelderland zijn er van 32 populaties 4 verdwenen (12%), waarvan drie van kleine omvang. Daaronder zijn ook een paar van de weinige populaties buiten de stedelijke omgeving, namelijk die in de Ooijpolder. De enige resterende populatie in halfnatuurlijke omgeving is die langs het Veluwemeer bij Hulshorst.

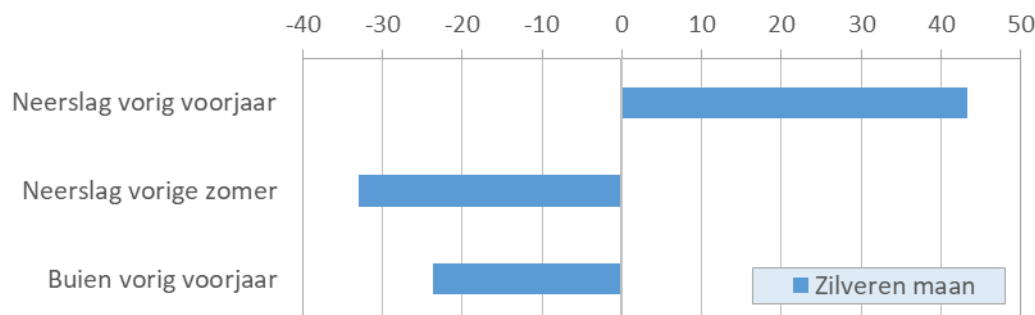
Voor een klimaatbestendig leefgebied voor de sleedoornpage zijn geen speciale acties nodig. Voor een duurzaam behoud is in stedelijke en agrarische omgeving vooral een gefaseerd snoei-beheer van sleedoornstruwelen belangrijk. In natuurgebieden op kalkrijke of leemhoudende bodem is extensieve begrazing een prima beheer.



Figuur 3.33: Ligging en typering van de populaties van de sleedoornpage in Gelderland.

Zilveren maan

De zilveren maan is nog steeds een bedreigde soort in Nederland. Hij is vooral aangewezen op natte schraallanden, al kan de vlinder ook in andere leefgebieden met voldoende viooltjes en een vochtig microklimaat voorkomen. Behoud van deze leefgebieden is de hoogste prioriteit. Voor het overige is de invloed van klimaatverandering voor de zilveren maan nog onzeker.



Figuur 3.34: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen zilveren manen verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.25: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de zilveren maan (significantie: -- $p < 0,01$; ---/+++ $p < 0,001$).

Aantal waarnemingen	339	
R ²	0,23	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag vorig voorjaar	13,76	+++
Neerslag vorige zomer	10,5	---
Buien vorig voorjaar	7,51	--

De zilveren maan is talrijker wanneer het vorige voorjaar nat is geweest, maar zonder hevige neerslag, en de vorige zomer droog. Veel neerslag in de vliegtijd van de tweede generatie kan het voortplantingssucces verminderen. Neerslag in het voorjaar kan deze vochtminnende soort ten goede komen en mogelijk ook een buffer vormen tegen droogte gedurende de zomer.

De areaalverschuiving van de zilveren maan kan nog niet betrouwbaar worden voorspeld. De modellen wijzen wel op een verslechtering van de condities in het laagland van West- en Midden-Europa, en dus ook in onze streken. De huidige analyse geeft geen duidelijk afwijkende ontwikkeling onder het klimaatscenario van 2030 ten opzichte van het klimaat uit 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +5). Vooralsnog lijkt klimaatverandering voor de zilveren maan een minder grote bedreiging dan landgebruik, met name vermessing en drainage van leefgebied.

Van de 33 sinds 1990 bekende populaties van de zilveren maan in Nederland zijn er 9 (27 %) verdwenen. In Gelderland gaat het om slechts 3 populaties, waarvan er één (33 %) is verdwenen om dat dit een restpopulatie bij het Korenburgerveen betrof waarvan het leefgebied door vernatting te vaak inundeerde. De andere twee populaties betreffen De Bruuk en een kleine locatie in de noordelijke Gelderse Vallei. Ook in het Wisselse Veen lijkt zich een populatie te hebben gevestigd.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het vooral belangrijk om:

- te zorgen voor het behoud en herstel van de vochtige condities voor natte schraallanden

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de stikstofdepositie te verminderen
- bij ontwikkeling en herstel van blauwgrasland ook de potenties voor de zilveren maan mee te nemen, met name door te zorgen voor voldoende hoge dichtheden moerasviooltjes, met een voldoende oppervlakte leefgebied op landschapsschaal
- een gefaseerd maaibeheer toe te passen

4. Synthese

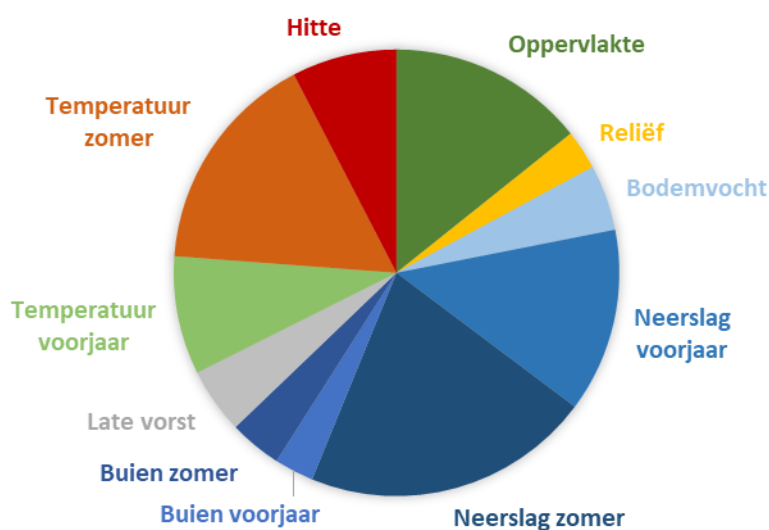
Klimaatverandering lijkt in het natuur- en het waterbeheer eindelijk de hoge prioriteit te krijgen die het verdient. Vooral de omgang met extremen van droogte en hevige neerslag vereisen daarbij extra aandacht. De hier uitgevoerde klimaatstresstest voor bedreigde dagvlinders onderstreept dat en geeft handvatten voor de uitvoering van maatregelen.

De klimaatstresstest voor dagvlinders heeft zich gericht op 34 soorten bedreigde en wettelijk beschermde dagvlindersoorten in Nederland. Voor de provincie Gelderland gaat het om 21 soorten.

Over alle soorten bezien zijn de invloeden van temperatuur en neerslag (c.q. neerslag minus verdamping) in de zomer het vaakst significant (Figuur 4.1). De zomertemperatuur heeft meestal een positieve invloed op de aantalsontwikkeling (15 van de 17 gevallen), maar hitte is voor acht soorten uit heidegebieden een negatieve factor. De invloed van de neerslag is even vaak positief als negatief (19 om 17 gevallen), afhankelijk van de biotoop van de soort en de balans tussen het positieve effect van een goed aanbod van nectar of waardplanten en het negatieve effect van een kortere vliegtijd of inundatie. Perioden met forse buien in voorjaar of zomer vormen voor zeven soorten een risico en late vorst voor vijf soorten. Ook de lokale condities zijn van belang (22% van de gevallen), juist ook voor het opvangen van de klimaatinvloeden:

- grotere leefgebieden vergroten de veerkracht van populaties,
- reliëf is vooral voor gentiaanblauwtje, heideblauwtje en heivlinder van toegevoegde waarde om de invloed van droogte, hitte en extreme regenval te bufferen
- bodemvocht is bij vijf soorten (aardbeivlinder, bruine eikenpage, bruine vuurvlinder, heideblauwtje en heivlinder) van positieve invloed om perioden van droogte op te kunnen vangen.

Droogte is al met al een belangrijke factor voor tweederde van de soorten: hetzij via verdroging van het leefgebied op lange termijn, hetzij via de overleving en voortplanting op korte termijn. Meer aandacht voor klimaatadaptatie verdient daarom een hoge prioriteit bij water- en natuurbeheerders.



Figuur 4.1: Verdeling van 105 significante invloeden van klimaat en omgeving op de populatieontwikkeling van bedreigde dagvlinders.

Een duurzame bescherming van de voor klimaatverandering kwetsbare soorten vergt niet alleen maatregelen voor klimaatadaptatie. Ook andere knelpunten vergen de aandacht. Sterker: juist doordat andere reeds bestaande bedreigingen de staat van instandhouding van de bedreigde soorten al hebben verzwakt, kan de toevoeging van klimaatverandering het voortbestaan van de soorten op het spel zetten. Om de andere knelpunten op te heffen is vooral actie nodig ten aanzien van:

- vergroting van leefgebieden en de connectiviteit ertussen op landschapsschaal
- vermindering van stikstofdepositie en herstel van buffercapaciteit in verzuurde bodems op zandgronden.

In tabel 4.1 zijn de prioriteiten voor klimaatadaptatie, uitbreiding van leefgebied en afname van stikstofbelasting aangegeven voor de behandelde soorten op basis van de huidige analyse en kennis over soorteigenschappen (zie Wallis de Vries, 2014).

- Klimaatadaptatie heeft topprioriteit voor gentiaanblauwtje, heivlinder, kleine heivlinder en kommavlinder.
- De prioriteit is voor klimaatadaptatie even hoog als voor uitbreiding van leefgebied en afname van stikstofbelasting voor aardbeivlinder, bosparelmoevlinder, bruine vuurvlinder en heideblauwtje.
- Voor een reeks van 9 soorten is klimaatadaptatie wel nodig, maar lijkt dit goed te verwezenlijken door generieke maatregelen of eenvoudiger maatwerk in biotoopbeheer.
- Voor een beperkte groep van vier soorten is geen specifieke klimaatadaptatie nodig.

Klimaatadaptatie voor het behoud van de leefgebieden van bedreigde dagvlinders is op verschillende manieren te verwezenlijken.

Een grotere flexibiliteit in het waterbeheer is daarbij een absolute noodzaak.

Vooraf is een sterkere nadruk nodig op het opbouwen van buffers in het grondwater op de hoge zandgronden voor de overbrugging van droge perioden. Dit moet in principe mogelijk zijn omdat ook in de toekomst in een gemiddeld jaar nog steeds een neerslagoverschot wordt verwacht. Het vergt echter nog een verdere omslag in het denken bij de waterbeheerders van ontwatering naar waterbehoud – en dat zonder dat kwetsbare vochtige leefgebieden in natte jaren door inundatie verdrinken.

Concrete acties voor klimaatadaptatie van de leefgebieden voor bedreigde dagvlinders zijn met name gericht op:

- stabilisatie van waterhuishouding en voorkomen van drainage met:
 - geleidelijke vernatting in verdroogde leefgebieden
 - in natte terreinen uitbreiding van leefgebied hoger op de gradiënt
- benutting van reliëf, variatie in bodemtype en vochtgradiënten om te zorgen voor risicospreiding tegen extremen van droogte en inundatie door spreiding
- het voorkomen van inundatie van leefgebied in reliëfarme gebieden
- het vergroten van de variatie in het microklimaat door:
 - kleinschalig bosrandbeheer op verschillende exposities ten opzichte van de zon
 - structuurvariatie in de kruidlaag te bevorderen voor een grotere spreiding van warm naar koeler microklimaat (dus aanpassing van begrazingsintensiteit en maaibeheer aan droge of juist natte zomers)
 - vliegdenen in droge heidegebieden te behouden zodat de vlinders dekking kunnen vinden op hete dagen
- behoud van het nectaraanbod in droge jaren door aanpassing van begrazingsintensiteit en maaibeheer, waarbij bloemrijke graslanden of bermen in de naaste omgeving van heidegebieden van toegevoegde waarde kunnen zijn.

Tabel 4.1: Prioriteitstelling voor klimaatadaptatie ten opzichte van de opgaven voor uitbreiding van leefgebied en afname van stikstofbelasting voor bedreigde en beschermde soorten dagvlinders in de provincie Gelderland

Rood: zeer hoge prioriteit, **Oranje:** hoge prioriteit, **Lichtgroen:** nodig en goed te realiseren, **Donkergroen** of niet gekleurd: geen specifieke acties nodig.

Soort	Rode Lijst status	Prioriteitstelling		
		Klimaat-adaptatie	Uitbreiding leefgebied	Afname N-belasting
Aardbeivlinder	BE			
Bosparemoervlinder	EB			
Bruin blauwtje	GE			
Bruine eikenpage	BE			
Bruine vuurvlinder	KW			
Geelsprietdikkopje	BE			
Gentiaanblauwtje	BE			
Grote paremoervlinder	EB			
Grote vos	KW			
Grote weerschijnvlinder	TNB ¹			
Heideblauwtje	KW			
Heivlinder	KW			
Iepenpage	TNB ¹			
Keizersmantel	TNB ¹			
Kleine heivlinder	EB			
Kleine ijsvogelvlinder	KW			
Kleine paremoervlinder	KW			
Kommavlinder	BE			
Oranje zandoogje	GE			
Sleedoornpage	BE			
Zilveren maan	BE			

¹ Wel opgenomen op de Rode Lijst Dagvlinders van 2006; grote weerschijnvlinder en iepenpage zijn nog wel wettelijk beschermd.

Literatuur

De Frenne, P., Rodríguez-Sánchez, F., Coomes, D.A., Baeten, L., Verstraeten, G. et al. (2013) Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (46), 18561–18565

Davies, Z.G., Wilson, R.J., Coles, S. & Thomas, C.D. (2006) Changing habitat associations of a thermally constrained species, the silver-spotted skipper butterfly, in response to climate warming. *Journal of Animal Ecology* 75 (1), 247-256.

Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changnon, S.A., Karl, T.R. & Mearns, L.O. (2000) Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science* 289 (5487), 2068-2074

Lawson, C.R., Bennie, J.J., Thomas, C.D., Hodgson, J.A. & Wilson, R.J. (2013) Active management of protected areas enhances metapopulation expansion under climate change. *Conservation Letters* 7, 111–118.

Malinowska, A.H., Strien, A.J., Verboom, J., Wallis de Vries, M.F. & Opdam, P. (2014) No evidence of the effect of extreme weather events on annual occurrence of four groups of ectothermic species. *PLoS ONE* 9(10), e110219.

McDermott Long, O., Warren, R., Price, J., Brereton, J.M., Botham, M.S. & Franco, A.M.A. (2016) Sensitivity of UK butterflies to local climatic extremes: which life stages are most at risk? *Journal of Animal Ecology* 86, 108-116.

Nijssen, M. & Siepel, H. (2010) The characteristic fauna of inland drift sands. In: Fanta, J. & Siepel, H. (editors) *Inland drift sand landscapes*, pp. 255-278, KNNV Publishing, Zeist

Oliver, T., Roy, D.B., Hill, J.K., Brereton, T. & Thomas, C.D. (2010) Heterogeneous landscapes promote population stability. *Ecology Letters* 13 (4), 473-484.

Omon, B., Veling, K. & Wallis de Vries, M.F. (2015) De keizersmantel als indicator voor het herstel van lichte en viooltjesrijke hellingbossen. *De Levende Natuur* 116 (5), 204-207.

Roy, D.B., Rothery, P., Moss, D., Pollard, E. & Thomas, J.A. (2001) Butterfly numbers and weather : predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. *Journal of Animal Ecology* 70 (2), 201-217.

Settele, J., Kudrna, O., Harpke, A., Kühn, I., Swaay, C. van, Verovnik, R., Warren, M., Wiemers, M., Hanspach, J., Hickler, T., Kühn, E., Halder, I. van, Veling, K., Vliegthart, A., Wynhoff, I. & Schweiger, O. (2008) *Climatic risk atlas of European butterflies*. BioRisk 1, Special Issue, Pensoft, Sofia.

Suggitt, A.J., Wilson, R.J., Isaac, N.J.B., Beale, C.M., Auffret, A.G., August, T. et al. (2018) Extinction risk from climate change is reduced by microclimatic buffering. *Nature Climate Change* 8, 713–717.

Van der Zee, F.F., Bobbink, R., Wallis de Vries, M.F., Oostermeijer, J.G.B., Luijten, S.H. & de Graaf, M. (2017) *Naar een Actieplan Heischrale Graslanden: hoe behouden en herstellen we heischrale graslanden in Nederland?* Rapport 2812, Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Van Swaay, C.A.M. (2019) *Basisrapport Rode Lijst Dagvlinders 2019 volgens Nederlandse en IUCN-criteria*. Rapport VS2019.001, De Vlinderstichting, Wageningen.

Vliegenthart, A. (2015) *De actuele status van de iepenpage in Nederland - 2015*. Rapport VS2015.19, De Vlinderstichting, Wageningen

Wallis de Vries, M.F. (2014) Linking species assemblages to environmental change: moving beyond the specialist-generalist dichotomy. *Basic and Applied Ecology* 15, 279-287.

Wallis de Vries, M.F. & Bult, R. (2018) *25 jaar natuurontwikkeling na ontgronden: effecten op vegetatie en dagvlinders*. Rapport Monitoring OBN-18-NZ, VBNE, Driebergen.

Wallis de Vries, M.F. & Huskens, K. (2016) *Leefgebied voor de bruine eikenpage in Limburg: knelpunten en kansen*. Rapport VS2016.41, De Vlinderstichting, Wageningen.

Wallis de Vries, M.F., Baxter, W. & van Vliet, A.J.H. (2011) Beyond climate envelopes: effects of weather on regional population trends in butterflies. *Oecologia* 167 (2), 559-571.

Wallis de Vries, M.F., Noordijk, J., Smit, J., Lambrixx, N., van Rijsewijk, A. & Zollinger, R. (2018a). *Naar een klimaatbestendige heidefauna in Noord-Brabant: Rapportage Fase 2*. Rapport VS2018.021, De Vlinderstichting / Stichting RAVON / EIS-Kenniscentrum Insecten, Wageningen.

Wösten, H. de Vries, F., Hoogland, T., Massop, H., Veldhuizen, A., Vroon, H., Wesseling, J., Heijkers, J. & Bolman, A. (2012) *BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland*. Alterra-rapport 2387, Wageningen.