

# #05 Klimaatverandering

Luc De Bruyn, Geert De Knijf, Dirk Maes, Beatrijs Van der Aa  
*Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*

- **De vliegperiode van de meeste dagvlinders en libellen werd gemiddeld langer gedurende de laatste twee decennia, zowel door een vroegere aanvang in de lente (libellen 16 dagen over 23 jaar; dagvlinders 14 dagen over 20 jaar) als een later einde in de herfst (libellen 16 dagen over 23 jaar).**
- **Libellensoorten waarvan de vliegperiode langer werd, vergrootten hun verspreiding meer.**
- **Verschillende soorten veranderden hun fenologische activiteit niet.**
- **Verschillen in respons op klimaatswijziging leiden tot problemen voor ecosystemfuncties.**

#05

I	Piekmoment stuifmeelproductie bij berk	⊙
---	--	---

Wereldwijd nemen de effecten van de door de mens geïnduceerde klimaatverandering toe [111]. Broeikasgassen bereiken concentraties die de laatste 600.000 jaar nooit bereikt zijn, temperaturen nemen wereldwijd toe, ijskappen en gletsjers smelten af, het zeeniveau stijgt. Ook het aantal wetenschappelijke artikels die effecten van klimaatverandering op natuurlijke soorten en ecosystemen rapporteren neemt snel toe. Parmesan [154] maakte een review van meer dan 800 studies over meer dan 1000 soorten. Ecologische veranderingen in seizoensgebonden activiteiten en de verspreiding van soorten vinden plaats in alle goed onderzochte mariene, zoetwater en terrestrische ecosystemen. Soorten met een beperkte verspreiding en dispersiecapaciteit, vooral die van polaire gebieden en bergtoppen, vertonen een sterke afname in hun verspreiding. Het is ook in die groep dat de eerste extinctions plaatsvonden ten gevolge van recente klimaatverandering. Tropische koraalriffen en amfibieën werden het sterkst negatief beïnvloed door opwarming. Predator-prooi- en plant-insectinteracties worden verstoord omdat de betrokken soorten op een verschillende manier op de veranderingen reageren.

In het NARA 2005 werden vooral veranderingen in het verspreidingsgebied van soorten behandeld. Daar werd gerapporteerd dat stijgende temperaturen zuidelijke (mediterrane) soorten naar het noorden drijven, waardoor die soorten in onze contreien terecht komen. Klimaatverandering heeft eveneens een invloed op seizoensgebonden activiteiten van fauna en flora. Door verhoogde temperaturen wordt het sneller warm in de lente en blijft het langer warm in de herfst zodat temperatuursgebonden activiteiten zoals het botten van de bomen, het uitsluipen van insecten of de paddentrek vroeger in de lente voorkomen. Herfstactiviteiten, zoals het vallen van de bladeren, gebeuren dan weer later. Hier bespreken we veranderingen in de vliegperiode van dagvlinders en libellen, bladontwikkeling in de lente bij eik en beuk en productie van stuifmeel door berken.

## 01 Toestand

### 1.1 Seizoensgebonden activiteit

#### Vliegseizoen dagvlinders

Voor de analyse van de vliegperiode van de dagvlinders werd beroep gedaan op de databank van de Vlaamse Vlinderwerkgroep. Die databank bevat gegevens samengebracht door ongeveer 600 vrijwilligers gedurende meerdere jaren. Voor de huidige analyse werden de gegevens geselecteerd voor de periode 1984 tot en met 2004. Voor 26 soorten bevatte de databank genoeg gegevens om een statistische analyse mogelijk te maken (tabel 5.1). Voor elke soort werd nagegaan of de eerste waarneming per jaar, de laatste waarneming per jaar of de ganse vliegperiode verschoof in de loop van de tijd. Voor soorten met meerdere generaties werden de generaties apart bekeken.

<b>Soorten met één vliegperiode per jaar</b>	bruin zandoogje, eikenpage, geelsprietdikkopje, groentje, groot dikkopje, heivlinder, koevinkje, oranje zandoogje, oranjetip, zwartsprietdikkopje
<b>Soorten met twee vliegperiodes per jaar</b>	boomblauwtje, bruin blauwtje, citroenvlinder, groot koolwitje, icarusblauwtje, klein geaderd witje, klein koolwitje, kleine vos, kleine vuurvlinder, koninginpage, landkaartje
<b>Soorten met drie vliegperiodes per jaar</b>	argusvlinder, bont zandoogje, dagpauwoog, gehakkelde aurelia, hooibeestje

Tabel 5.1: Lijst van de onderzochte dagvlindersoorten.

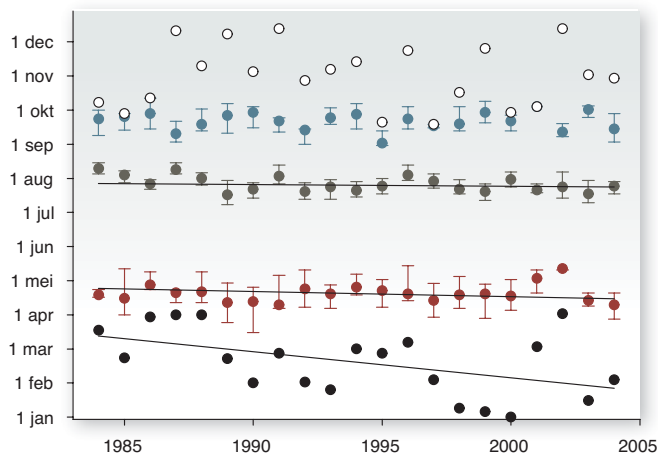
Tabel 5.2:  
Veranderingen in  
vliegperiode tus-  
sen 1984 en 2004  
voor 26 dagvlin-  
dersoorten [bron-  
gegevens:  
Vlinderwerkgroep].

Aantal soorten	Vliegperiode vervroegd	Vliegperiode verlaat	Geen verandering
Eén generatie			
Generatie 1	8		2
Twee generaties			
Generatie 1	5	2	4
Generatie 2	3	6	2
Drie generaties			
Generatie 1	3		2
Generatie 2	3	1	1
Generatie 3	1		4

Van de 10 soorten die slechts één vliegperiode per jaar bezitten waren er acht waarbij een vervroeging optrad van de eerste waarneming en/of waarbij de ganse vliegperiode vervroegde in het seizoen. Voor twee soorten was er geen verandering (tabel 5.2). Voor de soorten met twee vliegperiodes waren er vijf van de 11 waarvan de eerste vliegperiode vervroegde, twee waarbij een verlatting werd opgetekend en vier waarbij geen verandering plaatsvond. De tweede generatie vervroegde voor drie soorten, voor zes soorten vlogen de dieren later en voor twee soorten was er geen verandering. Voor de soorten met drie vliegperiodes ten slotte vervroegde de eerste periode voor drie van de vijf soorten en was er voor twee soorten geen verandering. Voor de tweede vliegperiode vervroegden ook drie soorten, was er voor één soort een verlatting en veranderde er niets voor één soort. De derde vliegperiode vervroegde nog voor één soort en er was geen verandering voor de overige vier soorten. Nog een interessant gegeven is dat voor de argusvlinder de tweede vliegperiode vooruit schoof gedurende de studieperiode. Er was pas een derde vliegperiode vanaf 1989. Mogelijk was de duur van het totale vliegseizoen voor die soort op dat moment lang genoeg geworden zodat een derde generatie mogelijk werd. Extra onderzoek zal echter nodig zijn om die hypothese te bevestigen.

De grootste verschuiving in de lente werd opgetekend voor de dagpauwoog (figuur 5.1). Die soort kwam gemiddeld 2,4 dagen per jaar vroeger te voorschijn. Dat is een verschuiving van 48 dagen over 20 jaar. Voor de 26 soorten vervroegde de lenteactiviteit gemiddeld met 0,7 dagen per jaar (of 14 dagen over 20 jaar). De grootste verschuiving in de herfst werd opgetekend voor het bruin blauwtje (figuur 5.1). De soort bleef gemiddeld per jaar 3,3 dagen langer rondvliegen. Dat is 65 dagen over 20 jaar! Vermits ze ook een vervroeging in de lente kent van gemiddeld 1,5 dagen per jaar (31 dagen over 20 jaar) is de totale vliegperiode van de soort ongeveer drie maand langer geworden gedurende de laatste 20 jaar.

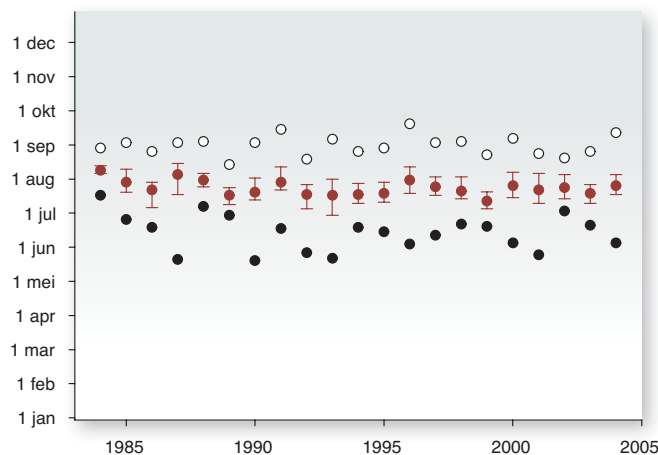
Om na te gaan of de geobserveerde vervroegende trend over de jaren inderdaad temperatuursafhankelijk is, werd een regressie analyse uitgevoerd met de gemiddelde maandelijkse temperaturen. Voor 20 van de 23 dagvlindersoorten bleek inderdaad dat de vliegperiode vroeger begon in jaren waar de temperatuur hoger was (tabel 5.3; figuur 5.2).



Figuur 5.1: Enkele voorbeelden van seizoensgebonden verschuivingen in de vliegperiodes van dagvlinders [brongegevens: Vlinderwerkgroep]. Voor de generaties wordt telkens de mediaan met 25 %-75 % betrouwbaarheidsinterval gegeven. Significante verschuivingen in de tijd worden weergegeven door de regressielijn.

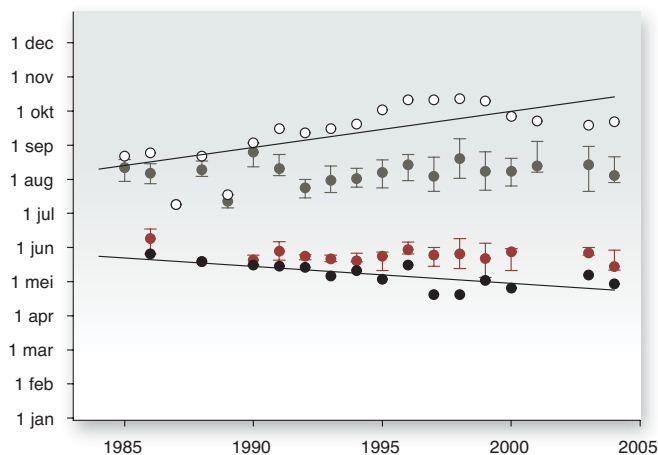
**Dagpauwoog**

Grootste vervroeging van lentevliegperiode.



**Zwartsprietdikkopje**

Geen veranderingen in seizoensgebonden vliegactiviteit.



**Bruin blauwtje**

Grootste uitbreiding van ganse vliegperiode.

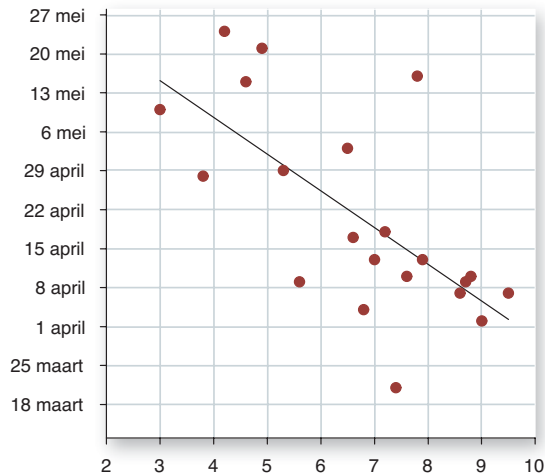
- Laatste waarneming
- Derde generatie
- Tweede generatie
- Eerste generatie
- Eerste waarneming

Tabel 5.3: Verband tussen verhoging lentetemperatuur en vervoeging vliegperiode bij dagvlinders (\* p < 0.05).

Soorten	Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun
Oranjetipje			■	■		
Koelvinkje			■			
Landkaartje			■	■		
Kleine vos						
Boomblauwtje			■	■		
Hooibeestje			■			
Citroenvlinder	■					
Heivlinder			■			■
Dagpauwoog			■			
Argusvlinder			■			
Kleine vuurvlinder			■			
Bruin zandoojje			■			
Eikenpage				■	■	
Groot dikkopje					■	
Bont zandoojje			■			
Groot koolwitje			■			
Gehakkelde aurelia			■			
Icarusblauwtje			■			
Koninginnepage						
Klein geaderd witje			■	■		
Klein koolwitje			■			
Oranje zandoojje			■			
Zwartsprietdikkopje						

#05

Figuur 5.2: Verband tussen lentetemperatuur en start vliegperiode bij de kleine vuurvlinder.



## Vliegseizoen libellen

Voor de analyse van de vliegperiode van de libellen werd beroep gedaan op de databank van de Libellenvereniging Vlaanderen. Daarvoor werden de gegevens geselecteerd voor de periode 1984 tot en met 2006. Voor 26 soorten bevatte de databank voldoende gegevens om een statistische analyse mogelijk te maken (tabel 5.4). Voor elke soort werd nagegaan of de eerste waarneming per jaar, de laatste waarneming per jaar en de ganse vliegperiode verschoof in de loop van de tijd.

### Onderzochte libellensoorten

azuurwaterjuffer, blauwe glazenmaker, bloedrode heidelibel, breedscheenjuffer, bruine glazenmaker, bruinrode heidelibel, geelvlakheidelibel, gewone oeverlibel, gewone pantserjuffer, grote keizerlibel, grote roodoogjuffer, houtpantserjuffer, kleine roodoogjuffer, koraaljuffer, lantaarntje, paardenbijter, plasrombout, platbuik, smaragdlibel, steenrode heidelibel, vierlek, vuurjuffer, vuurlibel, watersnuffel, weidebeekjuffer, zwarte heidelibel

Tabel 5.4: Lijst van de onderzochte libellensoorten.

Van de 26 soorten waren er acht waarvan de eerste waarneming vervroegde over de 22 jaar (tabel 5.5). Voor 18 soorten werd geen verandering opgetekend. Bij 11 soorten schoof ook de gemiddelde piekvlieperiode vooruit in het seizoen, bij twee was er een verlating in het seizoen en voor 13 soorten was er geen verandering. De laatste waarneming per soort gebeurde later voor vijf soorten en bleef onveranderd voor de overige 21 soorten.

Aantal soorten	Vliegperiode vervroegd	Vliegperiode verlaat	Geen verandering
Eerste waarneming	8		18
Volledige vliegperiode	11	2	13
Laatste waarneming		5	21

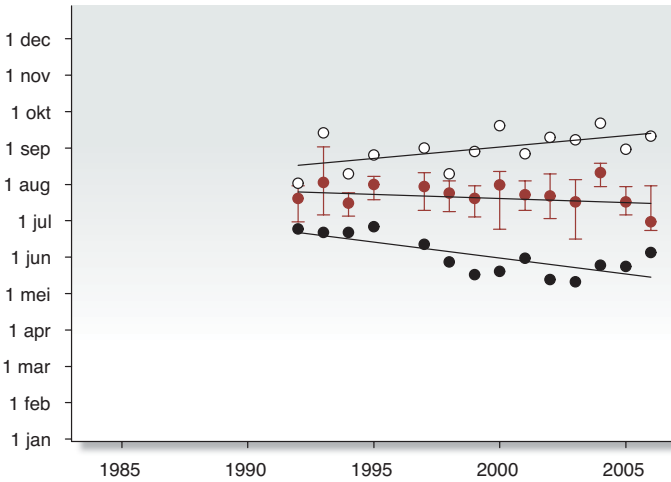
Tabel 5.5: Veranderingen in vliegperiode tussen 1984 en 2006 voor 26 libellensoorten [brongegevens: Vlaamse Libellenwerkgroep].

De grootste verschuiving in de lente werd opgetekend voor de koraaljuffer (alleen gegevens beschikbaar vanaf 1992) (figuur 5.3). Die soort kwam gemiddeld 2,7 dagen per jaar vroeger tevoorschijn. Dat is een verschuiving van iets minder dan 41 dagen over de 15 jaar die geanalyseerd werden. Gemiddeld genomen voor de 26 soorten schoof de lenteactiviteit met 0,7 dagen per jaar (of 16 dagen over 23 jaar) naar voor.

De grootste verschuiving in de herfst werd ook opgetekend voor de koraaljuffer. Ze bleef gemiddeld per jaar 1,9 dagen langer rondvliegen. Dat is 29 dagen over 15 jaar. De totale vliegperiode van de soort is dus meer dan drie maand langer geworden gedurende de laatste 23 jaar. Gemiddeld over de 26 soorten verlaatte de laatste waarneming 0,7 dagen per jaar (16 dagen over 23 jaar).

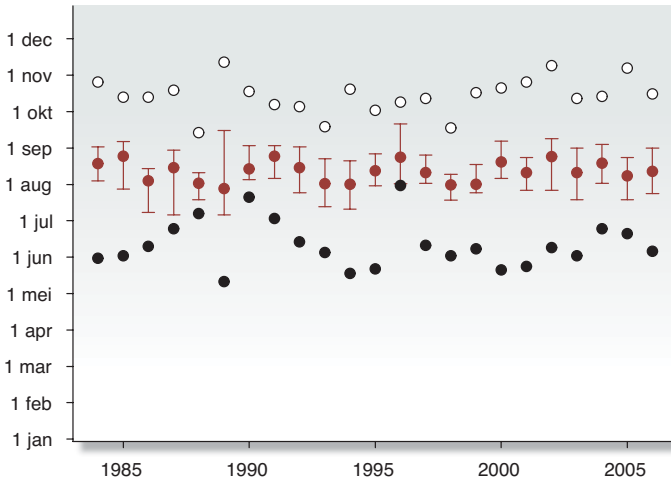
Om na te gaan of de geobserveerde vervroegende trend over de jaren inderdaad temperatuursafhankelijk is, werd een regressie-analyse uitgevoerd op de gemiddelde maandelijkse temperaturen. Voor 18 van de 22 libellensoorten bleek inderdaad dat de vliegperiode vroeger begon in jaren waarin de temperatuur hoger was (tabel 5.6, figuur 5.4).

Figuur 5.3: Enkele voorbeelden van verschuivingen in de vliegseizoenen van libellen. Significante verschuivingen in de tijd worden weergegeven door de regressielijn [bron: gegevens: Libellenwerkgroep Vlaanderen].



**Koraaljuffer**  
Grootste uitbreiding van ganse vliegperiode.

#05



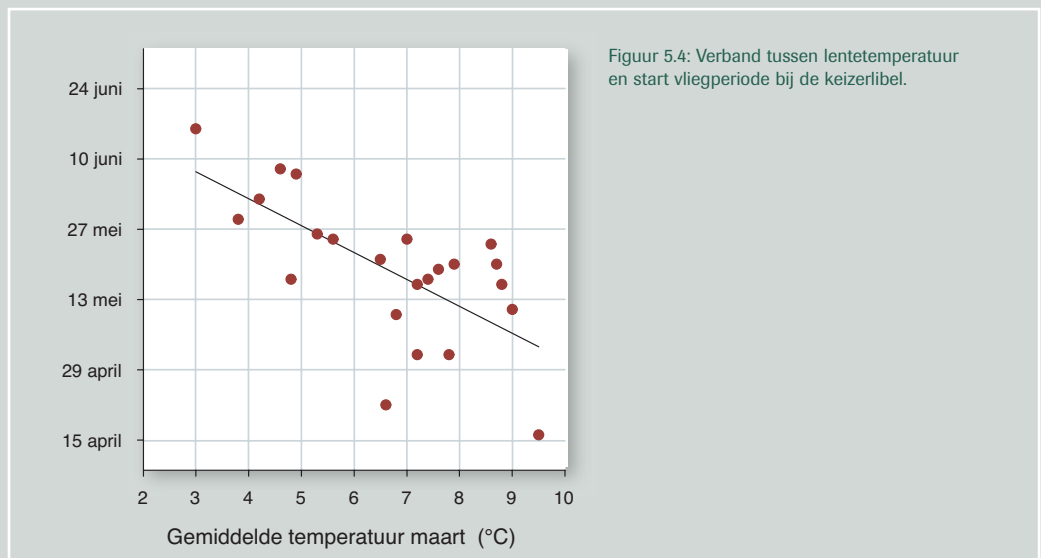
**Blauwe glazenmaker**  
Geen veranderingen in seizoensgebonden vliegactiviteit.

○ Laatste waarneming  
● Mediaan  
● Eerste waarneming

De afwerking van de nieuwe libellenatlas [49] gaf ons de mogelijkheid om de geobserveerde verschuivingen in vliegperiode (tussen 1984 en 2006) te vergelijken met veranderingen in het verspreidingsgebied van de verschillende soorten. Voor de atlas werden veranderingen opgemeten in het aantal 5x5 km-hokken waar een soort aanwezig was tussen de perioden 1980-1989 en 1995-2004. Praktisch alle soorten waar de analyse op kon gebeuren, hebben tussen de twee atlasperioden hun verspreidingsgebied uitgebreid (figuur 5.5). Daarbij zijn het de soorten die hun vliegperiode het sterkst uitgebreid hebben (door vroeger in de lente te verschijnen en/of later in de herfst te blijven vliegen) die ook de sterkste toename in aantal 5x5 km-hokken kenden. Vier soorten wijken van dat patroon af, namelijk vuurlibbel (niet in figuur vertoond omdat de stijging 2663 % bedroeg), paardenbijter, weidebeekjuffer en kleine roodoogjuffer. Hun toename in aantal 5x5 km-hokken is veel groter dan verwacht op basis van hun verandering in de lengte van het vliegseizoen. De reden daarvoor is momenteel nog onbekend. Bij vuurlibbel en kleine roodoogjuffer is een mogelijke verklaring dat deze zuidelijke soorten momenteel een sterke noordwaartse uitbreiding kennen.

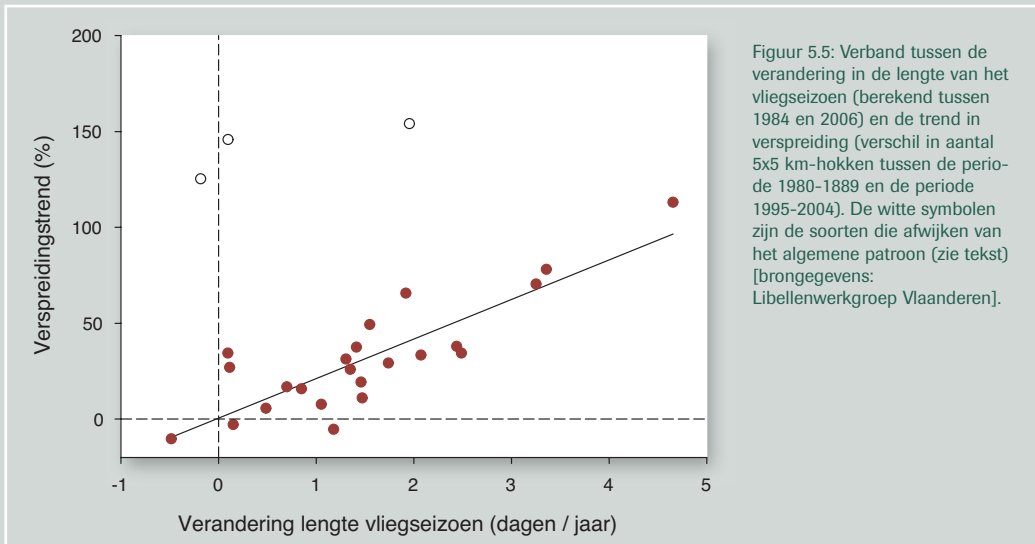
Soorten	Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun
Blauwe glazenmaker					■	
Bruine glazenmaker	■				■	
Keizerlibel			■	■		
Paardenbijter						
Smaragdlibel				■	■	■
Azuurwaterjuffer		■				
Weidebeekjuffer				■	■	
Watersnuffel			■			
Grote roodoogjuffer				■	■	■
Kleine roodoogjuffer						
Lantaarntje			■			
Platbuik			■	■	■	
Viervlek			■			
Gewone pantserjuffer		■	■			
Houtpantserjuffer						■
Gewone oeverlibel			■			
Vuurjuffer			■			
Breedscheenjuffer						■
Zwarte heidelibel						
Kempense heidelibel						
Bruinrode heidelibel		■	■			■
Steenrode heidelibel				■		■

Tabel 5.6: Verband tussen verhoging lentetemperatuur en vervroeging vliegperiode bij libellen (\* p < 0.05).



Figuur 5.4: Verband tussen lentetemperatuur en start vliegperiode bij de keizerlibel.





## #05

**Groeiseizoen bomen***Bladontplooiing beuk en eik*

Sinds 2002 volgt het INBO jaarlijks de fenologische activiteiten (bloei, bladontplooiing en bladval) van eik (Meerdaalwoud) en beuk (Zoniënwoud) op. In beide bossen werden een aantal proefvlakken geselecteerd waarin een aantal bomen jaarlijks worden opgevolgd. In het voorjaar en het najaar werden de bomen wekelijks individueel visueel beoordeeld om de bladontwikkeling na te gaan. De data konden worden geanalyseerd voor de periode 2002 tot en met 2007.

Momenteel is de tijdreeks nog te kort om uitspraken te doen over de invloed van klimaatverandering. Het is wel duidelijk dat bladontwikkeling bij eik en beuk temperatuurgevoelig zijn (figuur 5.6). Bladontwikkeling bij eik begint in april. Van 2003 tot 2006 gebeurde dat nagenoeg op hetzelfde moment, maar in 2007 was dat 10 dagen vroeger. De bladontwikkeling was het snelst in 2003 (gemiddeld 5,8 weken), het traagst in 2006 (gemiddeld 9,6 weken). Bladontwikkeling gaat sneller als de lentetemperatuur warmer is (figuur 5.6). De start van de bladontwikkeling daarentegen is niet gecorreleerd met de lentetemperatuur. Onderzoek in het buitenland heeft aangetoond dat het in blad komen bij eik wel degelijk vervroegd is tussen 1950 en 2000 [8].

Het beeld voor beuk is vrij gelijkaardig. Bladontwikkeling gebeurt echter sneller. Gemiddeld genomen begon de bladontwikkeling eind april en duurde het 11,4 weken tot volledige ontwikkeling. De bladontwikkeling begon het vroegst in 2007 en was het laatst volledig ontwikkeld in 2006. In tegenstelling tot bij de eik is er geen eenduidig verband met temperatuur.

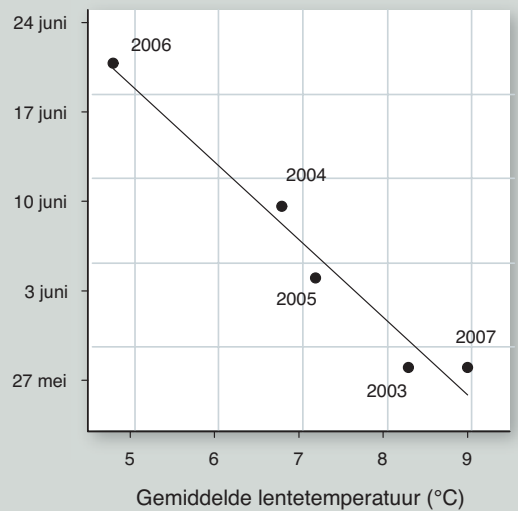
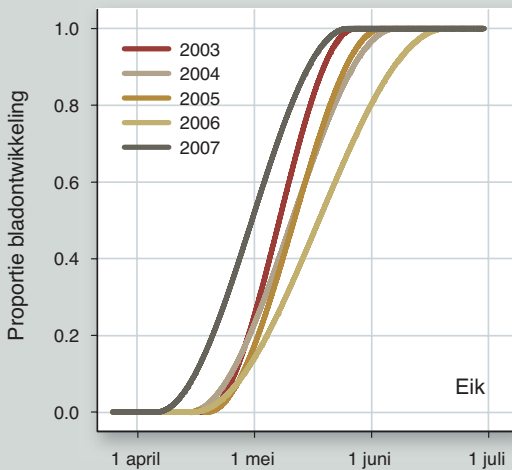
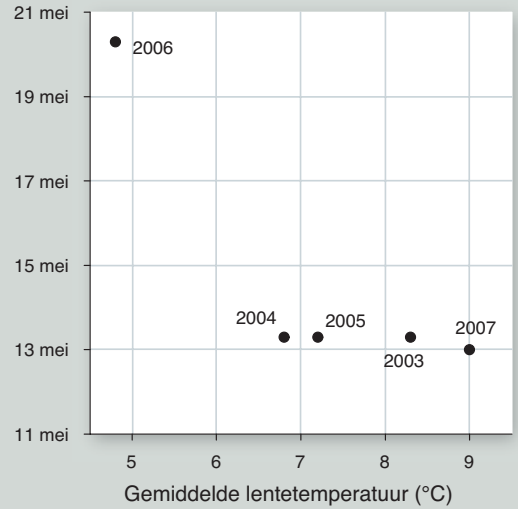
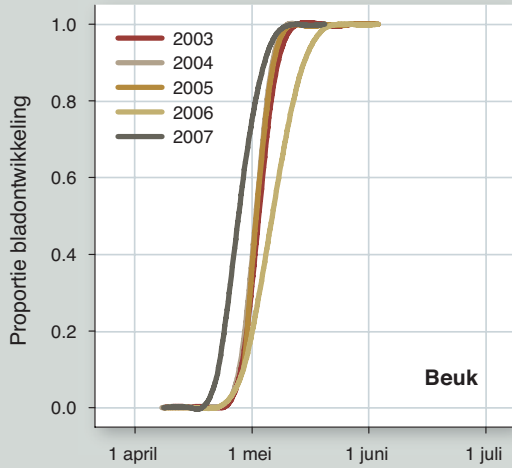
*Stuifmeelproductie berk*

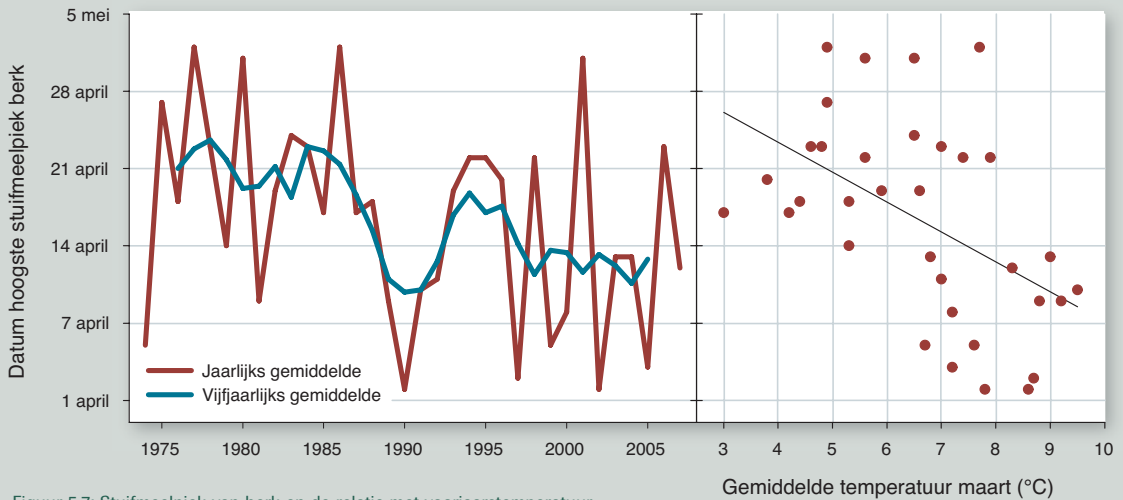
Sinds 1974 wordt door het Wetenschappelijk Instituut Volksgezondheid de concentratie aan berkenstuifmeel in de lucht opgemeten te Ukkel. Wanneer de dag waarop de stuifmeelconcentratie van de berk de hoogste waarde bereikte, uitgezet wordt over de tijd, blijkt dat de stuifmeelproductie tussen 1974 en 2007

Figuur 5.6: Bladontwikkeling bij eik en beuk.

Links: ontwikkeling (0 = nog geen bladeren aanwezig, 1 = volledige boom in blad).

Rechts: tijdstip volledige bladontwikkeling in functie van lentetemperatuur [brongegevens: INBO].





Figuur 5.7: Stuifmeelpiek van berk en de relatie met voorjaarstemperatuur [brongegevens: Wetenschappelijk Instituut Volksgezondheid].

#05

duidelijk vervroegd is (figuur 5.7). De piek valt vroeger in het jaar wanneer de gemiddelde maart- en april-temperaturen warmer zijn.

**1.2 Fenologische verschuivingen en gevolgen bij andere soorten**

Klimaatverandering heeft zoals blijkt een belangrijke invloed op de seizoensgebonden activiteiten van insecten (vlinders en libellen) en bomen. Die fenologische verschuivingen tonen aan dat soorten de veranderingen in temperatuur kunnen volgen. Uit de resultaten blijkt echter ook dat er soorten zijn die die verschuiving niet volgen. Bij de libellen blijkt dat een verlenging van de vliegperiode gepaard gaat met een sterkere uitbreiding van het verspreidingsgebied.

Dat fenomeen doet zich ook voor bij andere groepen, zoals trekvogels, die in regel in de lente vroeger aankomen en in de herfst later vertrekken [101]. Cijfers uit 20 Europese landen en Vlaanderen tonen aan dat trekvogels die de winter in Afrika doorbrengen sterk in aantal afnemen [101, 121, 276]. Een van de belangrijke oorzaken is een foutieve timing. Ze komen amper één of twee weken vroeger aan waardoor ze te laat zijn om hun broedsel te synchroniseren met de vervroegde voedselpiek. Soorten die hier blijven of slechts tot het Middellandse Zeegebied trekken volgen de vervroegde lente beter op en hebben minder problemen.

Een Noord-Amerikaanse studie over graslandflora rapporteerde dat vroege soorten die bloeien voor de zomerpiek hun bloei- en vruchtperiode naar voor schuiven terwijl de soorten die na de zomerpiek bloeien hun fenologische activiteiten naar achter schuiven [174]. Door het uitschuiven van de bloem- en vruchtperioden ontstaat er een periode in het midden van het seizoen waar er geen of slechts weinig bloemen en vruchten voorhanden zijn. Dat kan belangrijke implicaties hebben voor soorten die daarvan afhankelijk zijn, zoals bloembestuivers.

Wanneer de winters warmer en korter worden, verkort ook de overwinteringsperiode bij padden [162]. Het blijkt dat vrouwtjes van de gewone pad een minder goede lichaamsconditie hebben en minder eieren produceren na mildere winters. Dat gaat gepaard met een hogere wintersterfte en een hogere vatbaarheid voor allerlei infecties.

Klimaatverandering kan ook aanleiding geven tot een verhoogde impact van uitheemse soorten (zie ook hoofdstuk 6 (Invasieve) uitheemse soorten). Veel soorten worden immers vanuit warmere streken ingevoerd en zijn momenteel nog gebonden aan een warme omgeving zoals in steden. Als de temperatuur in de toekomst gaat toenemen, kan worden verwacht dat die soorten (verder) gaan uitbreken naar natuurlijke ecosystemen. Voorbeelden zijn vier mierensoorten (tropische staafmier, ergatoïde staafmier, plaagmier, faraomier) die momenteel enkel in verwarmde gebouwen en/of in stedelijk milieu aangetroffen worden omdat zij strikt gebonden zijn aan warme milieus [58]. De Amerikaanse roodwangschildpad komt momenteel (nog) niet tot voortplanting wegens te lage temperaturen. Ook in het plantenrijk zijn er veel soorten die in de natuur niet langer dan één of hooguit enkele jaren kunnen overleven, maar wel lang overleven in het stedelijke milieu [218].

## 02 Beleid

De belangrijkste actie om de effecten van door de mens veroorzaakte klimaatverandering op onze (natuurlijke) ecosystemen te beperken is zonder enige twijfel de reductie van broeikasgassen in de atmosfeer. Dat is een probleem op wereldschaal waarvoor Vlaanderen mee verantwoordelijk is. Meer informatie daarover kan gevonden worden via de MIRA-website [253].

Klimaatverandering is niet de enige antropogene druk die inwerkt op onze ecosystemen. Ze interageert met andere verstoringen [33]. Het is dus een extra factor die inwerkt op systemen die al sterk onder druk staan van andere door de mens geïnduceerde verstoringen zoals habitatfragmentatie, vermessing, verdroging. Het verminderen van deze andere verstoringen kan de veerkracht en resistentie van natuurlijke ecosystemen tegen klimaatverandering verhogen. Intacte ecosystemen hebben immers een groter weerstandsvermogen tegen stresssituaties. Door de connectiviteit tussen habitatvlekken te verhogen worden de dispersiemogelijkheden van soorten verhoogd zodat zij geschikte habitat kunnen bereiken. Wanneer dat niet mogelijk is, kan overwogen worden om soorten actief te verplaatsen [105].

Waar klimaatverandering een verstoring van ecosystemen veroorzaakt, kan die nog verergerd worden door eenzijdige economisch gerichte adaptieve maatregelen die momenteel ontwikkeld worden [105]. Zeeweersystemen en overstromingsbeschermingen bijvoorbeeld verstoren of vernietigen zeldzame marine en estuariene ecosystemen, of verstoren de natuurlijke waterhuishouding. Overstromingsbescherming kan echter ook positief zijn wanneer er rekening gehouden wordt met andere functies zoals natuurlijkheid. Een voorbeeld daarvan is het Lippenbroek, een eerste Gecontroleerd Overstromingsgebied (GOG) met Gecontroleerd Gereduceerd Getij (GGG) (zie ook focushoofdstuk Zeeschelde). Het IPCC [111] waarschuwt wel dat adaptieve maatregelen nooit alle verwachte effecten van klimaatverandering zullen kunnen oplossen, zeker niet op lange termijn.

## 03 Kennis

Momenteel bestaat er geen gestructureerd monitoringssysteem (buiten de fenologie van eik en beuk) in Vlaanderen om de effecten van klimaatwijzigingen op te volgen en te meten. Een initiatief zoals de natuurkalender [249] opgestart door Natuurpunt is een stap in de goede richting maar heeft eerder een bewustmakende functie. Een meer gestandaardiseerde, gestructureerde monitoring voor de evaluatie van klimaat-effecten, zoals bij de boomfenologie, is nodig om tot wetenschappelijk onderbouwde uitspraken te kunnen komen. Criteria om tot een gestructureerde monitoring (prioriteiten, welke monitoring, randvoorwaarden, organisatorische vereisten, kennisontwikkeling, middelen, ...) te komen, worden gerapporteerd in het themahoofdstuk Monitoring.

Een van de grote uitdagingen voor de wetenschap en het beleid is het voorspellen van de reactie van soorten. De meeste huidige modellen gebruiken een 'climate envelope' benadering. Die modellen veronderstellen dat zo gauw de klimaatcondities geschikt worden/zijn voor een bepaalde soort, de soort zich daar kan vestigen en/of overleven. Zoals hoger beschreven is klimaatverandering geen losstaand fenomeen en interageert het met andere verstoringen. De modellen houden ook geen rekening met de dispersiecapaciteiten van de soorten en de ecologische en evolutionaire complexiteit van soortengemeenschappen. Er is dus een dringende nood aan studies die de mechanistische achtergronden van de effecten van klimaatverandering op ecosystemen onderzoeken om te achterhalen hoe ecosystemen zullen reageren op de huidige en toekomstige klimaatverandering. Ze moeten als basis dienen wanneer bepaald moet worden welke adaptatiemaatregelen genomen moeten worden om de druk van klimaatverandering op onze natuur te verminderen.

Modellen zijn veelal gebaseerd op gemiddelde veranderingen in temperatuur en neerslag. Wat echter veel belangrijker is, zijn effecten van extreme gebeurtenissen zoals bijvoorbeeld hitte- en droogteperiodes. Die kunnen fataler zijn dan de langetermijnopwarming. De kennis hierover is echter zeer beperkt en verdient prioritaire aandacht.

### Met medewerking van:

Cyreen Knockaert – Agenschap voor Natuur en Bos

Katrien Tersago - Universiteit Antwerpen, Evolutionaire Biologie

Pieter Van Vooren - Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, afdeling Milieu- Natuur en Energiebeleid

### Lectoren

Anny Anselin - Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Dirk Bauwens - Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Peggy Beers - Provinciaal Instituut voor Hygiëne (Antwerpen)

Johan Brouwers - Vlaamse Milieumaatschappij, Milieurapport

Ludo Holsbeek - Departement Leefmilieu, Natuur en Energie

Ivan Janssens - Universiteit Antwerpen, faculteit Wetenschappen, departement Biologie

Els Martens - Agenschap voor Natuur en Bos

Els Van Den Broeck - Dep. Leefmilieu, Natuur en Energie, afd. Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu & Gezondheid

Hans Van Gossum - Universiteit Antwerpen, faculteit Wetenschappen, departement Biologie

Pieter Van Vooren - Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, afdeling Milieu- Natuur en Energiebeleid

Martine Vanderstraeten - Belgische Federale Wetenschapsbeleid

Steven Vanholme - Natuurpunt vzw