

# Verschuivingen van insectenplagen op bomen in Nederland sinds 1946 - een analyse van historische gegevens

Leen Moraal  
Gerard Jagers op Akkerhuis

## TREFWOORDEN

Bosbeheer, invasieve soorten, klimaatverandering, monitoring, stedelijk groen, tijdreeksen

Entomologische Berichten 73 (1): 2-24

Sinds 1946 worden elk jaar insectenplagen op bomen en struiken in bossen, landschappelijke beplantingen en stedelijk gebied geregistreerd. Dit gebeurt door Alterra samen met een netwerk van vrijwillige waarnemers, vooral groenbeheerders. Deze monitoring wordt uitgevoerd om vragen vanuit beleid en beheer te kunnen beantwoorden. Zo worden de jaarlijkse gegevens gebruikt om de Commissie Plantenziekten en Plagen van Het Bosschap te adviseren over het beleid ten aanzien van eventuele beheersmaatregelen en verordeningen voor inheemse plagen of invasieve insectensoorten. Daarnaast kunnen de waarnemers helpen om schadelijke exoten snel op te sporen. Het is dan misschien nog mogelijk om schade te voorkomen of te beperken. Verder worden de lange tijdreeksen gebruikt voor onderzoek naar de relaties tussen plagen enerzijds en bosbeheer en klimaatverandering anderzijds. Sinds 1946 zijn meer dan 35.000 records van insectenplagen verzameld. In dit artikel wordt een analyse van deze data gegeven, die beperkt is tot de 98 meest gemelde soorten waarvan 22 soorten die incidenteel voorkwamen zijn uitgesloten van de analyse. Van de resterende 76 soorten, waren er 18 gedurende de gehele observatieperiode van 61 jaar min of meer constant aanwezig. Van de andere soorten vertoonden 27 een daling en lieten 31 soorten een stijging zien. Afnemende populaties kwamen vooral voor bij naaldbomen, terwijl toenemende populaties vooral bij loofbomen voorkwamen. Veranderingen in bosbeheer en bossamenstelling konden worden geïdentificeerd als de belangrijkste oorzaken voor de verschuivingen in de populaties. Dit geldt bijvoorbeeld voor de grote dennensnuitkever *Hylobius abietis* en de populierenglasvlinder *Paranthrene tabaniformis*. Daarnaast is het binnenkomen van vele invasieve exoten (zoals de paardenkastanjemineermot *Cameraria ohridella*) geregistreerd. De exotische soorten hydrangeadopluis *Eupulvinaria hydrangeae* en de koningsdopluis *Pulvinaria regalis* worden uitsluitend aangetroffen op bomen in steden, vermoedelijk in verband met de hogere temperaturen van de stedelijke habitat. In Nederland zijn de winters de laatste drie decennia relatief warmer en vochtiger geworden. Uit de literatuur blijkt dat entomopathogene nematoden, schimmels en bacteriën in dit soort winters langer actief zijn en meer sterfte kunnen veroorzaken bij in de grond overwinterende larven, poppen en adulten. De hoog en droog bovenin de boom overwinterende eitjes zijn hiervoor minder kwetsbaar. Uit onze analyse komen inderdaad sterke aanwijzingen voor een relatieve toename van ei-overwintersaars ten opzichte van insecten die overwinteren als larve, pop of adult. Klimaatverandering is dus een mogelijke oorzaak van de toename van ei-overwintersaars zoals de eikenprocessierups *Thaumetopoea processionea* en de kleine wintervlinder *Operophtera brumata* en de afname van een larve-overwinteraar zoals de bastaardsatijnrups *Euproctis chrysorrhoea*.

## Inleiding

Op bomen komen veel meer herbivore insectensoorten voor dan op andere planten (kader 1). Daarmee komen verhoudingsgewijs ook veel meer plaagsoorten bij bomen voor (kader 2). Juist plagen op bomen kunnen een zeer opvallend fenomeen vormen. Door de jaren heen is hierover veel informatie verzameld en werd daarmee voorlichting aan beheerders gegeven. Zo werden in de zestiger jaren in Noord-Brabant speciale informatiefolders over de bastaardsatijnrups, *Euproctis chrysorrhoea* (Linnaeus), met z'n brandharen uitgegeven, zoals dat nu gebeurt met de eikenprocessierups, *Thaumetopoea processionea* (Linnaeus). In veel wegbepantingen werden toen vliegtuigbespuitingen uitgevoerd. De ringelrups, *Malacosoma neustria* (Linnaeus), is een andere 'vergeten plaag', de soort veroorzaakte een regen van uitwerpselen en glibberige, verkeersgevaarlijke massa's platgereden rupsen langs de Amsterdamse grachten. Dat was in de jaren 1930 en 1940 toen de iepen daar volledig werden kaalgevreten. Ook opmerkelijk waren de plagen in de jaren 1950, waarbij het privévliegtuig van Prins Bernhard mocht worden gebruikt voor het uitvoeren van insecticidebespuitingen op de Veluwe tegen de gewone dennenbladwesp, *Diprion pini* (Linnaeus). Tegenwoordig hebben we te maken met nieuwe plagen van Zuid-Europese oorsprong zoals de roodzwarte dennencicade, *Haematoloma dorsatum* Ahrens, en de eikenprocessierups of exoten zoals de paardenkastanjemineermot, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic. Alterra volgt dit soort veranderingen met de jaarlijkse monitoring van insectenplagen vanaf 1946. Het is een van de langstlopende continue biologische meetreeksen in Nederland. De veelheid aan gegevens biedt de mogelijkheid analyses uit te voeren naar de relaties van verschuivingen van de plagen met bijvoorbeeld bosbeheer en klimaatverandering.

Sinds 1946 zijn bijna 35.000 records van insectenplagen verzameld. De laatste decennia worden veel veranderingen bij plaaginsecten waargenomen. Zo treden er veranderingen op bij inheemse soorten, sommige eerst algemene plaagsoorten verdwijnen terwijl andere juist frequenter voorkomen. De veranderingen kunnen samenhangen met veranderingen in het bosbeheer, verschuivingen in de bossamenstelling, klimaatver-

andering en de komst van nieuwe plagen uit Zuid-Europa of uit andere continenten (kader 3). Om de mogelijke relaties tussen de ecologie van insectensoorten en omgevingsfactoren te genereren, zijn de gegevens van 61 jaar geanalyseerd. Het onderhavige artikel is een bewerking van een eerdere publicatie en voor gedetailleerde informatie wordt verwezen naar die publicatie (Moraal & Jagers op Akkerhuis 2011).

## Veranderingen in het bosbeheer

Een scala van processen heeft het Nederlandse landschap veranderd en daarmee de habitat voor insecten. Zo heeft het beheer van bossen gedurende de laatste decennia een verschuiving doorgemaakt naar een meer duurzame vorm, met een toenemend aandeel van inheemse loofbomen en een afname van naaldbomen. Ook de leeftijdsverdeling van bestaande bossen is veranderd, omdat de meerderheid van de bossen in Nederland is geplant tussen 1850 en 1935. De grootschalige en eenvormige aanplant heeft in die periode het optreden van plagen sterk in de hand gewerkt. Want door het massale aanbod van eenzelfde voedselboom werd een ideale voedingsbodem gecreëerd voor het ontstaan van plagen.

Zo is bij heidebebossingen op grote schaal grove den (*Pinus sylvestris*) aangeplant die later perceelsgewijs werd gekapt en verjongd. Hier heeft de grote dennensnuitkever, *Hylobius abietis* (Linnaeus), sterk van geprofiteerd (figuur 1). Deze kever vliegt naar verse naaldhoutstobben, de stompjes die na de kap achterblijven, waarin ze haar eitjes legt. In de periode van ei-afzetting vreet de kever de bast van de op de kapvlakte geplante jonge boompjes waardoor die kunnen afsterven. Het direct aanplanten van boompjes tussen de stobben is dus vragen om moeilijkheden bij deze cultuurvolgende soort. De laatste decennia is het systeem van kaalkap met herinplant vervangen door het selectief vellen van individuele bomen, gevolgd door natuurlijke verjonging uit zaden van achtergebleven bomen. Nu grootschalige kaalkap met herinplant van jonge boompjes nauwelijks meer wordt toegepast, komen plaagdichtheden van de grote dennensnuitkever niet meer voor.

### Kader 1

## Bomen als voedselbron voor insecten

Op bomen leven veel meer insectensoorten dan op andere planten. Een boom leeft lang, staat jaar in jaar uit op dezelfde plaats en is daarmee een voorspelbare voedselbron. Door de grootte, vorm en structuur biedt een boom ook een brede variatie aan microklimaten en voedsel. Daarnaast bieden de permanente bovengrondse houtige structuren de mogelijkheid om op de gastheer te overwinteren. Vooral de bladeren, de naalden en de bast zijn rijk aan eiwitten en suikers en daarmee een belangrijke voedselbron voor veel verschillende insectensoorten. Andere insectensoorten hebben zich gespecialiseerd in het eten van zaden, knoppen, twijgen of bladstelen. Slechts een handvol soorten, zoals de wilgenhoutrups, *Cossus cossus* (Linnaeus), en de hoornaarvlinder, *Sesia apiformis* (Clerck), heeft zich gespecialiseerd in het eten van hout van levende bomen.

Inheemse boomsoorten zijn veel rijker aan herbivore insecten dan geïntroduceerde exoten. Veel exoten zijn zeer arm aan insectensoorten, omdat hier geen taxonomisch verwante boomsoorten aanwezig zijn met vergelijkbare fysische of chemische eigenschappen van de verschillende plantenorganen. Zelfs op de Amerikaanse eik (*Quercus rubra*) in Europa kunnen

slechts enkele insecten leven, terwijl het genus *Quercus* hier wel inheems is. Maar hoe langer de exoten hier zijn, hoe groter de kans dat de 'bijbehorende' herbivore insecten ze vanuit het oorspronkelijke herkomstgebied van de boom kunnen koloniseren. Enkele voorbeelden zijn de plataanvouwmijnmot, *Phyllonorycter platani* (Staudinger), en de robiniagalmug, *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman). Dergelijke invasieve insecten komen meestal via handelstransporten vanuit een ander continent binnen, en de kans is groot dat daar af en toe een soort bij zit die hier een onbezette ecologische niche inneemt en zich snel uitbreidt. Een spectaculair voorbeeld is de paardenkastanjemineermot, *Cameraria ohridella*, die na zijn ontdekking in 1984 in Macedonië binnen ongeveer 20 jaar bijna geheel Europa heeft gekoloniseerd. Vanaf 1998 werd geheel Nederland 'veroverd'. De rups vreet platte gangen in het bladmoes van de witte paardenkastanje (*Aesculus hippocastanum*), en de mot heeft meerdere generaties per jaar. Aantasting leidt tot bruinkleuring en verdorren van de bladeren en dat werkt sterk ontzierend. Dit insect kan zich ongebreideld vermeerderen omdat natuurlijke vijanden, zoals specifieke sluipwesp, hier ontbreken.

## Kader 2

## Wat is een plaag?

Vroeger sprak men over 'schadelijke' bosinsecten, tegenwoordig spreken we liever van 'plaaginsecten' om het beestje toch maar een naam te geven. Maar ja, wat is een plaaginsect? Het kan gaan om blad- en naaldvretende rupsen, zuigende insecten, bladmineerders, bastkevers, houtboorders en galvormers met effecten op bomen of mensen. Plaaginsecten worden geassocieerd met:

- *Hinder* – kleverige honingdauw van bladluizen op auto's en terrasjes; of grote aantallen rupsen op ramen en deuren.
- *Gezondheidsklachten bij de mens* - irriterende haren van bastaardsatijnrups en eikenprocessierups.
- *Ontsiering van bomen* – mineergangen en bruin worden van blad door o.a. paardenkastanjemineermot.
- *Vitaliteitsvermindering bomen* – bladvreter zoals de kleine wintervlinder verzwakken bomen waardoor ze gevoelig worden voor secundaire ziekten en plagen.
- *Sterfte van bomen* – bastkevers zoals de letterzetter kunnen in korte tijd veel bomen doden. Sommige beheerders zullen dode bomen als bron voor dood-houtinsecten verwelkomen. Anderen kunnen het beoordelen als een economische schade.

Bij plaaginsecten op bomen kunnen primaire en secundaire soorten worden onderscheiden. De primaire soorten zijn in staat om gezonde bomen aan te tasten. Dat zijn vooral zuigende en bladvretende insecten. Secundaire soorten, zoals bastkevers en prachtkevers, zijn afhankelijk van verzwakte bomen.

### Primaire plaaginsecten

De larven van veel insectensoorten, vooral van vlinders en kevers, voeden zich met de voedselrijke bladeren of naalden van gezonde bomen. De kleine wintervlinder *Operophtera brumata* en de groene eikenbladroller, *Tortrix viridana* (Linnaeus), kunnen zich zo massaal ontwikkelen dat er volledige kaalvraat optreedt bij gezonde eiken. Dergelijke grootschalige plagen komen periodiek voor en kunnen aanzienlijke effecten hebben

op het bosesysteem. Door het wegvreten van blad- en bloemknoppen wordt dat jaar geen zaad geproduceerd.

De meest schadelijke bastkever is de letterzetter, *Ips typographus*. De volwassen kevers maken broedgangen onder de bast van verzwakte of geveld fijnsparran. De larven vreten zich vervolgens door de bast via gangen die loodrecht staan op de verticale broedgangen. Er ontstaat een symmetrisch vraatpatroon, dat doet denken aan een opengeslagen boek. Wanneer veel keverlarven in de boom aanwezig zijn, wordt deze effectief geringd en sterft de boom. Na een storm kan door het grote aanbod van geschikt broedhout een dusdanig grote populatie van de letterzetter ontstaan dat deze ook in staat is vitale bomen aan te tasten en te doden. In enkele Midden-Europese landen hebben uitbraken van letterzetter meermalen geleid tot de sterfte van vele duizenden hectares fijnsparranbos.

### Secundaire plaaginsecten

Ook bij loofbomen kunnen secundaire plaaginsecten op grotere schaal verzwakte bomen doden. Zo trad in de jaren negentig van de vorige eeuw aanzienlijke sterfte op bij eiken, die door herhaalde kaalvraat van de wintervlinder en de groene eikenbladroller (twee primaire plaaginsecten), in combinatie met een vernatting op leemhoudende gronden, zodanig verzwakt waren dat ze gevoelig werden voor aantastingen door de eikenprachtkever, *Agrilus biguttatus* (in dit voorbeeld het secundaire plaaginsect). De larven van deze kever maken lange slingerende gangen in de cambiale zone waardoor het floëemtransport wordt onderbroken en de boom sterft. Een ander voorbeeld van een secundaire aantaster is de eikenspintkever, *Scolytus intricatus* (Ratzeburg). Deze bastkever kan sterfte veroorzaken bij pas geplante eikjes, die door de plantschok zijn verzwakt. Voor het optreden van secundaire insectenplagen doet de aard van verzwakking (droogte, vernatting, kaalvraat door primaire insecten etc.) er weinig toe.



**1.** De grote dennensnuitkever, *Hylobius abietis*, is een typische cultuurvolgter die alleen schade veroorzaakt bij pas geplante boomjes. Foto: Alterra

**1.** The large pine weevil, *Hylobius abietis*, is a typical culture following insect, causing damage only to newly planted trees.



## Kader 3

## Het ontstaan van insectenplagen

Insecten kunnen potentieel hoge populatiedichtheden bereiken wanneer zij beschikken over een hoge reproductie- en verspreidingscapaciteit, wanneer zij in staat zijn meerdere generaties per jaar te produceren of wanneer zij meerdere voedselplanten kunnen gebruiken. Alleen in samenhang met gunstige externe factoren zoals gunstige weersomstandigheden, voldoende voedselaanbod en weinig natuurlijke vijanden kunnen deze kenmerken uiteindelijk leiden tot een hoge populatiedichtheid. Zo leven de plakker, *Lymantria dispar*, en de nonvlinder, *Lymantria monacha* (Linnaeus), soms jarenlang op een laag populatieniveau, om dan plotseling in enkele jaren tot een hoog niveau uit te groeien. Een hoog populatieniveau is op zich nog geen plaag. Pas wanneer deze populaties negatieve maatschappelijke of economische effecten hebben wordt van een plaag gesproken. Veel insectensoorten zoals de dennenscheerder, *Sphinx pinastri* Linnaeus, zijn altijd in hele lage aantallen aanwezig. Maar andere soorten zoals wintervlinder en eikenprachtkever, *Agrilus biguttatus*, hebben het vermogen om tijdelijk zeer hoge dichtheden te bereiken waardoor eiken kunnen verzwakken en doodgaan.

Overigens zijn lang niet alle plaaginsecten schadelijk voor een boom. Spinselmotten kunnen jarenlang massaal op vogelkers (*Prunus*) en meidoorn (*Crataegus*) voorkomen zonder dat er sterfte optreedt. Eiken kunnen jaren achtereen door de kleine

wintervlinder, *Operophtera brumata*, de grote wintervlinder, *Erannis defoliaria* (Clerck), en de groene eikebladroller, *Tortrix viridana*, worden kaalgevreten. Dat ziet er vaak erger uit dan het is. De bomen gaan hier niet dood van, maar ze verzwakken er wel door. In zo'n geval krijgen secundaire aantasters (zwakteparasieten) een kans. Een voorbeeld hiervan is de eikenprachtkever die gangen onder de bast van verzwakte bomen maakt waardoor deze afsterven (zie ook kader 2).

In bossen met monoculturen (een groot gebied met één boomsoort) kan eerder een ongeremde voortplanting van insecten optreden dan in gemengde bossen met meerdere boomsoorten en een gevarieerde leeftijdsopbouw. Toch kunnen ook in natuurlijke loofbossen incidentele of periodieke plagen optreden. Een voorbeeld is de kleine wintervlinder, waarvan plagen vaak op eik beginnen en in de jaren daarna overgaan naar beuk (*Fagus*), krent (*Amelanchier*), berk (*Betula*), populier (*Populus*), es (*Fraxinus*), etc. In een groot gebied kan dan complete kaalvraat optreden – zoals in 1996 en 1997. Uiteindelijk kan een plaag ten onder gaan aan haar eigen succes. Wanneer er te veel individuen zijn op een plaats met beperkte ruimte en voedsel, wordt de draagkracht overschreden, treedt er voedselgebrek op en stort de plaag in. Ook klimaat, ziektes en natuurlijke vijanden hebben enorme effecten op de populatieontwikkeling.



2. Rupsen van de populierenglasvlinder, *Paranthrene tabaniformis*, knagen gangen in jonge bomen waardoor deze windgevoelig worden. Foto: Alterra

2. Larvae of the poplar clearwing moth, *Paranthrene tabaniformis*, excavate galleries in young trees which become vulnerable to wind damage.

Een ander cultuurvolgend insect is de populierenglasvlinder, *Paranthrene tabaniformis* (Rottemburg). In de periode 1960-1985 werden grote delen van Oostelijk-Flevoland bebost met populier (*Populus*), waarna veel problemen ontstonden met dit stengelborende insect. Door de vele larvengangen worden jonge bomen windgevoelig waardoor ze kunnen afbreken (figuur 2). Bij oudere bomen treden deze problemen niet meer op (Moraal 2004).

De grote iepenspintkever, *Scolytus scolytus* (Fabricius), reageert ook sterk op beheer. Na het loslaten van het landelijk iepenziektebeleid hebben veel gemeenten en natuurbeheerders minder energie gestoken in het opruimen van zieke iepen (*Ulmus*). Daardoor zijn er meer broedbomen gekomen en is het aantal meldingen over de iepenspintkever toegenomen.

De laatste decennia wordt in Nederland een ander bosbeheer gevoerd met omvorming van naald- naar loofbos. Daardoor treden ook veranderingen op in de insectenfauna. Werden in de eerste helft van de twintigste eeuw nog veel problemen gemeld met insectenplagen in naaldbossen, tegenwoordig is daar nauwelijks nog sprake van (Moraal et al. 2004).

## Stormen en bastkevers

In 1972, 1973, 1990 en 2007 hebben zware stormen veel bomen ontworteld, met name naaldbomen. De aanwezigheid van veel geveld hout betekent een groot aanbod van geschikt broedmateriaal voor bastkevers zoals de dennenscheerder, *Tomicus piniperda* (Linnaeus), in dennensbossen en de letterzetter, *Ips typographus* (Linnaeus) (figuur 3), in opstanden met fijnspar (*Picea abies*).

In een dergelijke situatie ontstaan zulke grote populaties van bastkevers dat deze sterfte bij de nog levende bomen



3. Broedpatroon van de letterzetter, *Ips typographus*, in een fijnspar. Foto: Alterra  
3. Breeding pattern of the spruce bark beetle, *Ips typographus*, in spruce.

kunnen veroorzaken. Dit is een reden dat Het Bosschap in het verleden sanitaire maatregelen heeft ingesteld om het effect van de plagen te verminderen. Zo moesten in het verleden geveldde bomen voor 15 mei uit het bos zijn weggehaald. Om bosbeheerders een moderne en meer flexibele bedrijfsvoering toe te staan heeft Het Bosschap besloten deze maatregelen op te heffen (Moraal 2001, Moraal & Nas 2001).

### Stikstofdepositie

Nergens in Europa is de stikstofdepositie zo hoog als in Nederland (Van der Eerden *et al.* 1998). Bomen op voedselarme zandgronden zijn zeer gevoelig voor een verstoorde nutriëntbalans ten gevolge van hoge NH<sub>x</sub>-depositie (Van den Burg 1990, Bobbink & Lamers 1999). Bij een hoge beschikbaarheid van stikstof (met name in de vorm van ammonium) zal op een gegeven moment meer stikstof in bomen terecht komen dan er besteed kan worden aan nieuwe biomassa, waardoor de N-gehalten in naalden of bladeren sterk gaan stijgen. Stikstof is een belangrijke component voor de vorming van planteneiwit waardoor een positieve relatie bestaat tussen de voedselkwaliteit en de herbivore insecten (Port *et al.* 1995, Flückiger & Braun 1998, Thomas & Schafellner 1999). Aan de andere kant is stikstof een belangrijk element voor de vorming van afweerstoffen zoals fenolen en tannines. Het is dus moeilijk in te schatten hoe verhoogde N-depositie de gevoeligheid van planten voor insecten beïnvloedt (Ortloff & Schlaepfer 1996).

### Klimaatverandering

In de laatste decennia heeft Europa te maken gekregen met een toename van de gemiddelde jaartemperatuur van ongeveer 0,8 °C. Daarbij nam de wintertemperatuur meer toe dan de zomertemperatuur. De winters sinds 1990, behoren tot de warmste sinds de instrumentele metingen (IPCC 2007). Inmiddels hebben diverse internationale studies al effecten van klimaatverandering op de ontwikkeling van insecten aangetoond (Parmesan *et al.* 1999, Bale *et al.* 2002, Evans *et al.* 2002, Battisti 2006, IPCC 2007, Musolin 2007, Ward & Master 2007). Ook voor Nederland zijn er verschillende effecten van klimaatverandering vastgesteld. Visser & Holleman (2001)

bepaalden de reactie van de kleine wintervlinder, *Operophtera brumata* (Linnaeus), op het eerder uitlopen van de zomereik (*Quercus robur*) als gevolg van het warmere klimaat. Zij toonden aan dat er in de recente warme voorjaren sprake is van een slechte synchronisatie tussen het uitlopen van het blad en het uitkomen van de eitjes. Daarnaast heeft klimaatverandering geleid tot fenologische veranderingen bij microlepidoptera in Nederland. Door de hogere temperaturen in het voorjaar bereiken de soorten gemiddeld elf dagen eerder een piek in de vlucht (Ellis *et al.* 1997).

Door klimaatverandering verandert ook de soortensamenstelling van de insectenfauna. Bij hogere temperaturen kunnen insecten hun verspreidingsgrenzen verder naar het noorden verleggen (Bale *et al.* 2002, Harrington & Stork 1995). We krijgen in toenemende mate te maken met nieuwe soorten die zich vanuit Zuid-Europa noordwaarts uitbreiden, zoals de eikenprocessierups *Thaumetopoea processionea* (Moraal 2010a, 2011a, Van Oudenhoven *et al.* 2008). Aukema (2003) meldde dat tussen 1980 en 2002 zeventien nieuwe wantsensoorten Nederland bereikt hebben door hun natuurlijke verspreidingsgebied naar het noorden uit te breiden. Andere voorbeelden van nieuwkomers uit Zuid-Europa zijn de thermofiele blauwe dennenprachtkever, *Phaenops cyanea* (Fabricius) (figuur 4), en de thujabastkever, *Phloeosinus bicolor* (Brulle) (Moraal 2008, 2010b).

Een ander effect van klimaatverandering is droogtestress bij bomen. Voor onze streken worden in de toekomst drogere en warmere zomers voorspeld. Daardoor kan vochttekort bij bomen ontstaan, die dan gevoeliger worden voor secundaire ziekten en plagen (Moraal & Roskams 2010). Er kan dan sterfte ontstaan door aantastingen van bastkevers, prachtkevers en boktorren die het voorzien hebben op verzwakte bomen.

### Invasieve exoten

In het verleden zijn diverse exotische insectensoorten, zoals de douglaswolluis, *Gilletteella cooleyi* (Gillette), samen met hun waardbomen in Europa geïntroduceerd. Door de sterk toenemende wereldhandel is er de laatste decennia een enorme stijging van zulke invasieve exoten waargenomen. Het aanplanten van exotische bomen kan problemen veroorzaken wanneer in de loop van de tijd 'bijbehorende' herbivore insecten





4. Larven van de blauwe dennenprachtkever, *Phaenops cyanea*, werden massaal in stormhout van grove dennen aangetroffen. Foto: Leen Moraal

4. Large numbers of larvae of the steel blue jewel beetle, *Phaenops cyanea*, were found in storm-felled pine trees.

binnenkomen en hier geen natuurlijke vijanden zoals specifieke sluipwespen voorkomen. Een nieuwe soort kan dan plaagdichtheden bereiken en resulteren in blijvend zware aantastingen. Een voorbeeld hiervan is de paardenkastanjinemermot, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, die sinds zijn binnenkomst in 1998 onverminderd een plaagstatus heeft (figuur 5).

Er zijn ook polyfage nieuwkomers zoals koningsdopluis, *Pulvinaria regalis* Canard (figuur 6), en hydrangeadopluis, *Pulvinaria hydrangeae* Steinwed. Deze twee plaagsoorten komen bijna uitsluitend voor op bomen in onze steden (Moraal et al. 2004). Ze zijn afkomstig uit Azië en hun verschijning in de steden houdt vrijwel zeker verband met hun behoefte aan hogere temperaturen. In stedelijke gebieden is de temperatuur hoger als gevolg van de grote warmteopslag en het vrijkomen van warmte uit industriële processen, auto's en huizen. Steden zijn te beschouwen als 'hitte-eilanden' met een 2,5 tot 3 °C hogere temperatuur dan die van het omringende landschap (Unger et al. 2001). In de toekomst kan het klimaat buiten de steden mogelijk ook geschikt worden voor deze thermofiele insecten.

Soms kan het nuttig zijn om schadelijke exoten snel op te sporen. Het is dan misschien nog mogelijk om schade te voorkomen of te beperken. Een sprekend voorbeeld is de vondst van een onbekend aantastingsbeeld in Almere in 2010. Via het netwerk werd een foto ter identificatie naar Alterra opgestuurd (figuur 7). Het bleek te gaan om de eerste aantasting van de Aziatische boktor, *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) (figuur 8), in Nederland, niet te verwarren met de eerder gevonden Oost-Aziatische boktor, *Anoplophora chinensis* (Foster), in Boskoop. De melding werd direct doorgestuurd naar de VWA, omdat deze dienst verantwoordelijk is voor het nemen van maatregelen bij schadelijke EU meldplichtige quarantaine-organismen. Alle bomen en struiken in een straal van 100 meter zijn verwijderd. Verpakkings-

hout uit Azië is de vermoedelijke besmettingsbron (Moraal 2011b).

#### Wat zijn de belangrijkste oorzaken voor de waargenomen verschuivingen?

Er is tegenwoordig veel belangstelling voor klimaatverandering maar dit is niet de enige factor waardoor insectenpopulaties veranderen. Uit de voorgaande beschouwing over de effecten van bosbeheer, stormen en stikstofdepositie blijkt dat we te maken hebben met een samenspel van factoren. Hoe kunnen we bepalen wat de meest belangrijke factoren zijn bij de verschuivingen van plagen?

Op zoek naar een antwoord hebben we onze database over 61 jaar monitoring van insectenplagen op bomen en struiken geanalyseerd. Insecten kunnen hun levenscyclus alleen succesvol voltooien als ze zijn aangepast aan hun voedselplant, klimaat en milieu (Bale et al. 2002). Daarom hebben we informatie over de taxonomische indeling en life history eigenschappen in de analyse meegenomen. Op basis van eerdere analyses van onze database (Moraal et al. 2004) was het doel van de onderhavige studie om vast te stellen hoe plaaginsecten met verschillende ecologische eigenschappen worden beïnvloed door het klimaat en veranderingen in het bosbeheer.

#### Materiaal en methoden

##### Eigenschappen en beperkingen van de database

Sinds 1946 is jaarlijks het optreden van insectenplagen op bomen en struiken in bossen, natuurgebieden en stedelijk gebied, met behulp van een landelijk netwerk van vrijwilligers geregistreerd. De meeste waarnemers zijn beroepshalve betrokken bij het beheer van bomen en bossen. Het project heeft geresulteerd in een database met 35.000 records van bijna 350 plaagsoorten.





5. De paardenkastanjenmineermot, *Cameraria ohridella*, arriveerde in 1998 in Nederland. Foto: Leen Moraal

5. The horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella*, arrived in The Netherlands in 1998.



6. De hydrangeadopluis, *Pulvinaria hydrangea*, komt voor op verschillende boomsoorten in de stad, hier op linde. Foto: Alterra

6. The cottony hydrangea scale, *Pulvinaria hydrangea*, occurs on several tree species in cities, here on lime tree.



7. Boomverzorgers vonden een onbekend aantastingsbeeld bij een esdoorn op een industrieterrein in Almere. Foto: Herco Vlottes

7. Tree technicians found an unknown infestation on a maple at an industry park in Almere.



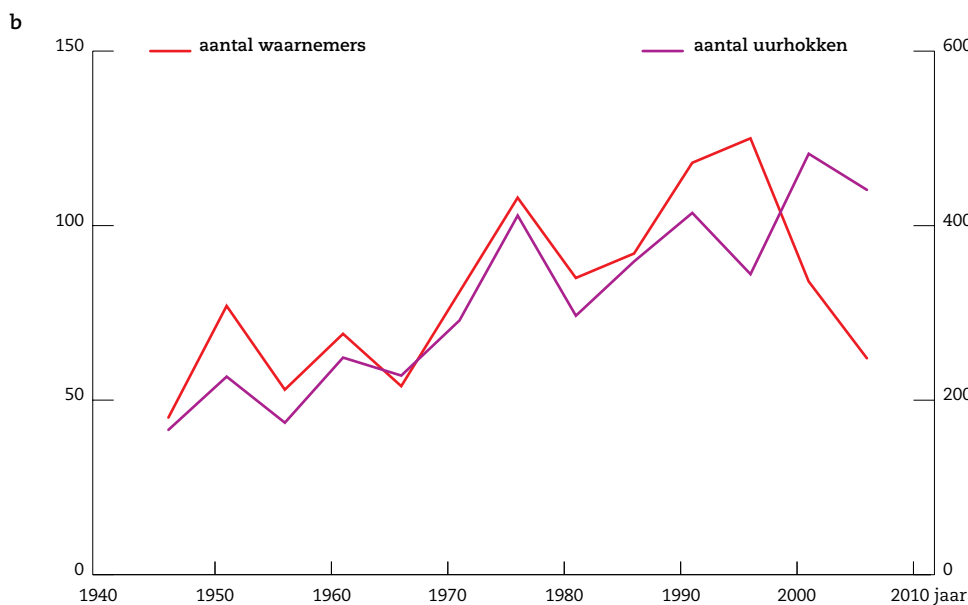
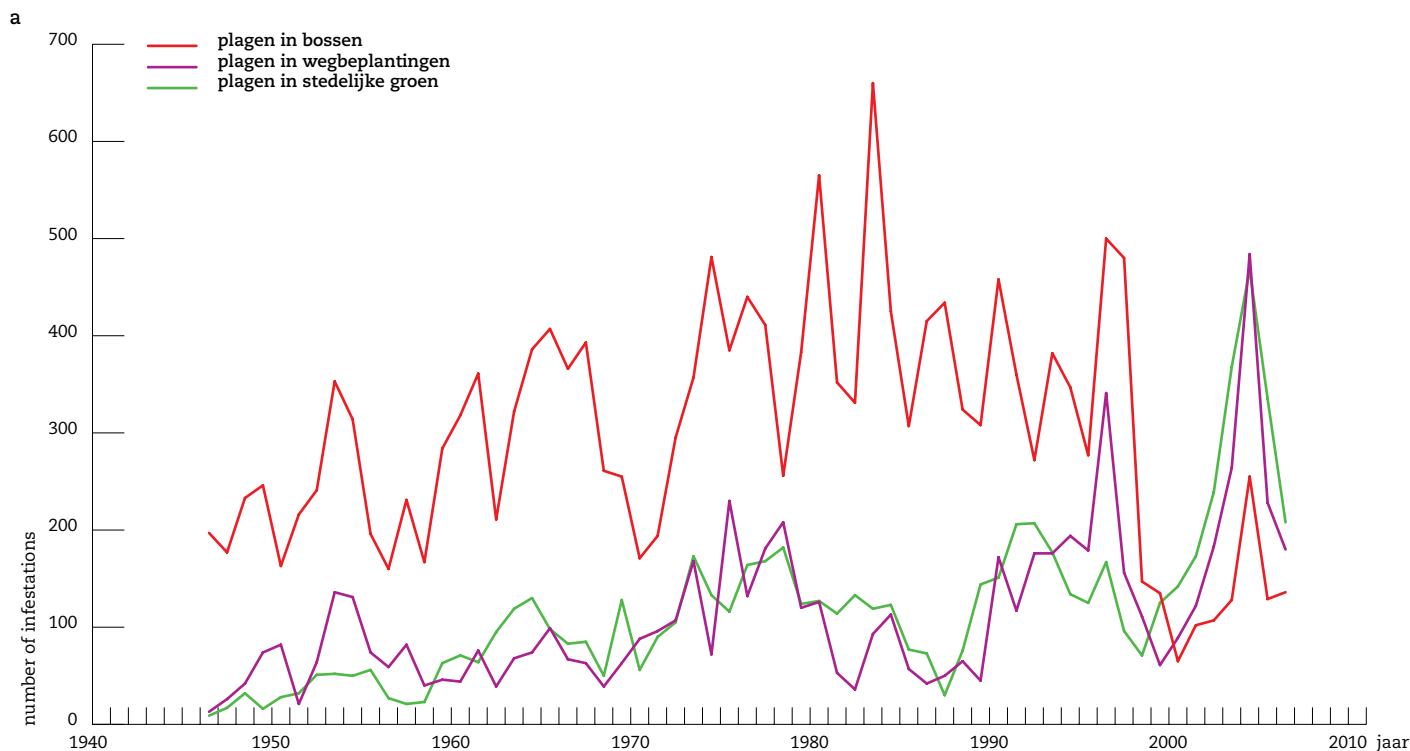
8. De tot 5 cm lange rups van de Aziatische boktor, *Anoplophora glabripennis*. Foto: Thomas B. Denholm

8. The larva of the Asian longhorn beetle, *Anoplophora glabripennis*, can reach a length of 5 cm.

De plaagsoorten behoren tot de Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Diptera, Heteroptera en Acari. Een record in de database bevat de volgende informatie: insectensoort, boomsoort, habitat (bos, landschappelijke beplanting of stedelijk gebied), uurhok (5x5 km), de mate van aantasting (licht, matig of zwaar) en een schatting van de aangetaste oppervlakte of het aantal bomen.

Uit figuur 9 kan worden afgeleid dat zowel het aantal waarnemers als het aantal uurhokken door de jaren heen varieert. De temporele patronen in het aantal uurhokken worden grof-

weg gevolgd door het aantal aantastingen. Het aantal aantastingen in wegbeplantingen en stedelijk gebied is sinds 2000 toegenomen. De activiteit en de ruimtelijke verdeling van de vrijwilligers is niet noodzakelijk gecorreleerd met de lokale plagen. Het toepassen van een correctiefactor op basis van het aantal waarnemers en het aantal uurhokken is ongewenst omdat het artefacten zou veroorzaken als gevolg van lokale of temporele overcompensatie. Om dit soort ongewenste effecten te vermijden, richtte onze studie zich op niet-getransformeerde gegevens van de aantastingen.



9. Achtergrondinformatie over de observatiegegevens sinds 1946. De figuur toont (a) de jaarlijkse aantallen aantastingen in bossen, wegbeplantingen en stedelijk gebied, in combinatie met (b) het aantal verschillende uurhokken (met vijfjarige gemiddelden) en het aantal waarnemers als vijfjarige gemiddelden (Moraal & Jagers op Akkerhuis 2011).  
9. Background information about the insect pest observation data. The figure shows (a) the yearly numbers of infestations in forest, roadside and urban habitat in combination with (b) the number of different grid cells (determined as five-years averages) and the number of observers (five-years averages).

### Selectie van insectensoorten met gelijkvormige populatiepatronen

De database bevat meer dan 35.000 records met informatie over bijna 350 plaagsoorten. Alleen soorten met ten minste 35 gemelde aantastingen (records) in de periode 1946 tot 2006 werden geselecteerd voor verdere analyse. Een record bestaat uit minimaal een aantasting per uurhok. Deze selectie resulteerde in een shortlist van 76 soorten (tabel 1). Van deze 76 soorten werd gelijkelijk met alle aantastingen, ongeacht de graad (licht, matig, zwaar) gerekend omdat dit de beste intermediair werd geacht tussen extreme afvlakking (alleen uurhokken) en extreem variabele gegevens (opnemen van de verschillende aantastingsgraden). Voor een betere vergelijking van de historische populatiepatronen van soorten met weinig of veel meldingen, is hun jaarlijkse voorkomen als percentage van de totale aantallen geschaald voor de gehele periode van

61 jaar. Deze percentages kunnen als 'relatief voorkomen' worden beschouwd. Deze methode staat een effectieve vergelijking toe van temporele patronen in de plagen (Moraal & Jagers op Akkerhuis 2011). In figuur 10 wordt een voorbeeld gegeven van verschillen in temporele patronen met afnemend en toenemend 'relatief voorkomen' voor respectievelijk de dennenbladwesp, *Diprion pini* (Linnaeus) (figuur 11) en de kleine wintervlinder, *Operophtera brumata*.

Het bleek moeilijk te zijn om tijdreeksen van insectenpopulaties uit onze database statistisch te analyseren. Omdat de variatie in onze gegevens erg groot is, hebben we gekozen voor het gebruik van robuuste methoden bij het indelen in 'patroongroepen' (integratie van soorten in grote groepen met vergelijkbare patronen), in plaats van te gaan op details van afzonderlijke soorten. Natuurlijk leidt het maken van groepen, ongeacht de gebruikte methoden, altijd tot het probleem van de



**Tabel 1.** Lijst van insectenfamilies en -soorten die in de analyses in dit artikel zijn gebruikt.  
**Table 1.** List of insect families and species that are used in the analyses of this article.

Taxon	Soortnamen/ Species	Taxon	Soortnamen/ Species
<b>Acari</b>		<b>Hymenoptera</b>	
Tetranychidae	<i>Eotetranychus tiliarium</i> (Hermann) <i>Oligonychus ununguis</i> (Jacobi)	Cynipidae	<i>Andricus foecundatrix</i> (Hartig) <i>Andricus quercuscalicis</i> (Burgsdorff) <i>Biorhiza pallida</i> (Olivier)
<b>Coleoptera</b>		Diprionidae	<i>Diprion pini</i> (Linnaeus) <i>Neodiprion sertifer</i> (Geoffroy)
Buprestidae	<i>Agrilus biguttatus</i> (Fabricius) <i>Agrilus sinuatus</i> (Olivier)	Tenthredinidae	<i>Caliroa annulipes</i> (Klug) <i>Pristiphora abietina</i> (Christ)
Cerambycidae	<i>Saperda carcharias</i> (Linnaeus) <i>Saperda populi</i> (Linnaeus)	<b>Lepidoptera</b>	
Chrysomelidae	<i>Agelastica alni</i> (Linnaeus) <i>Altica quercetorum</i> Foudras <i>Lochmaea suturalis</i> (Thomson) <i>Phratora vulgatissima</i> (Linnaeus) <i>Pyrrhalta viburni</i> (Paykull)	Coleophoridae	<i>Coleophora laricella</i> (Hübner)
Curculionidae	<i>Brachyderes incanus</i> (Linnaeus) <i>Cryptorhynchus lapathi</i> (Linnaeus) <i>Hylobius abietis</i> (Linnaeus) <i>Pissodes castaneus</i> (De Geer) <i>Rhynchaenus fagi</i> (Linnaeus) <i>Strophosoma capitatum</i> De Geer	Cossidae	<i>Cossus cossus</i> (Linnaeus)
Rhynchitidae	<i>Deporaus betulae</i> (Linnaeus)	Geometridae	<i>Erannis defoliaria</i> (Clerck) <i>Operophtera brumata</i> (Linnaeus)
Scarabaeidae	<i>Melolontha melolontha</i> (Linnaeus)	Gracillariidae	<i>Phyllonorycter platani</i> (Staudinger) <i>Cameraria ohridella</i> (Deschka & Dimic)
Scolytidae	<i>Dendroctonus micans</i> (Kugelann) <i>Hylastes ater</i> (Paykull) <i>Hylastes cunicularius</i> Erichson <i>Ips cembrae</i> (Heer) <i>Ips typographus</i> (Linnaeus) <i>Leperisinus varius</i> Fabricius <i>Pityogenes bidentatus</i> (Herbst) <i>Scolytus intricatus</i> (Ratzeburg) <i>Scolytus scolytus</i> (Fabricius) <i>Tomicus piniperda</i> (Linnaeus)	Lasiocampidae	<i>Malacosoma neustria</i> (Linnaeus)
<b>Diptera</b>		Lymantriidae	<i>Euproctis chrysorrhoea</i> (Linnaeus) <i>Leucoma salicis</i> (Linnaeus) <i>Lymantria dispar</i> (Linnaeus)
Agromyzidae	<i>Phytomyza ilicis</i> Curtis	Notodontidae	<i>Phalera bucephala</i> (Linnaeus)
Cecidomyiidae	<i>Mikiola fagi</i> (Hartig)	Sesiidae	<i>Sesia apiformis</i> (Clerck)
<b>Hemiptera</b>		Thaumetopoeidae	<i>Thaumetopoea processionea</i> (Linnaeus)
Adelgidae	<i>Eopineus strobilus</i> (Hartig) <i>Gilletteella cooleyi</i> (Gillette)	Tortricidae	<i>Archips rosana</i> (Linnaeus) <i>Pseudococcyx turionella</i> (Linnaeus) <i>Retinia resinella</i> (Linnaeus) <i>Rhyacionia buoliana</i> (Denis & Schiffermüller) <i>Tortrix viridana</i> (Linnaeus)
Aphrophoridae	<i>Aphrophora salicina</i> (Goeze)	Yponomeutidae	<i>Yponomeuta cagnagella</i> (Hübner) <i>Yponomeuta evonymella</i> (Linnaeus) <i>Yponomeuta padella</i> (Linnaeus) <i>Yponomeuta rorrella</i> (Hübner) <i>Pineus pini</i> (Macquart) <i>Sacchiphantes abietis</i> (Linnaeus)
Coccidae	<i>Cryptococcus fagisuga</i> Lindinger <i>Pulvinaria hydrangeae</i> Steinweden <i>Pulvinaria regalis</i> Canard	Aphididae	<i>Drepanosiphum platanoidis</i> (Schrank) <i>Elatobium abietinum</i> (Walker) <i>Eriosoma lanigerum</i> Hausmann <i>Eriosoma lanuginosum</i> (Hartig) <i>Eucallipterus tiliae</i> (Linnaeus) <i>Phloeomyzus passerinii</i> (Signoret) <i>Phyllaphis fagi</i> (Linnaeus)
Diaspididae	<i>Lepidosaphes ulmi</i> (Linnaeus)		

tussenliggende soorten. De patronen van alle 76 soorten werden visueel, op grond van de patronen in aantallen meldingen ver-geleken en gesorteerd.

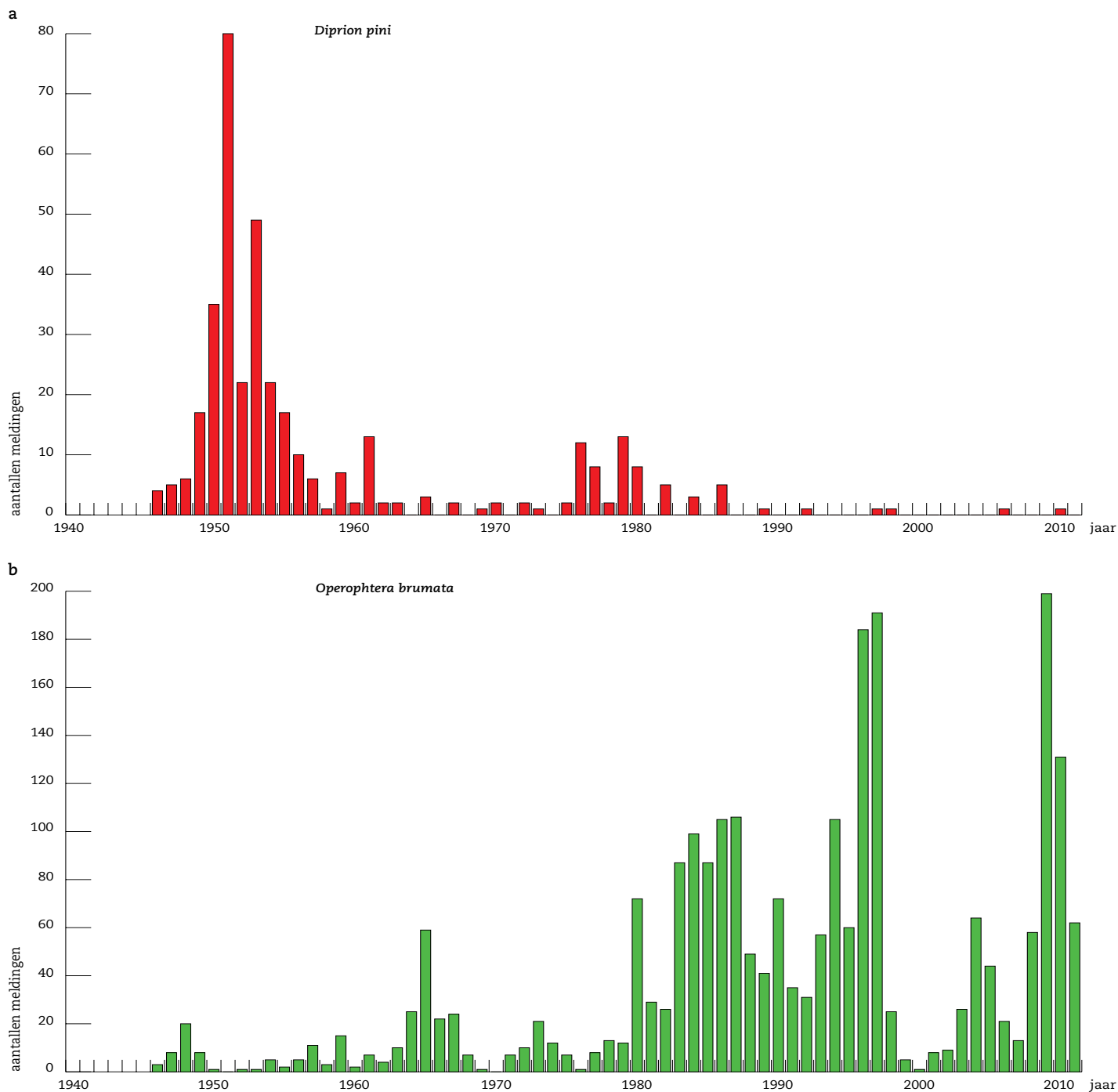
Hierbij werden 22 (van de 98) plaagsoorten die slechts incidenteel optraden uitgesloten. Dat gebeurde bijvoorbeeld met de populierenglasvlinder, *Paranthrene tabaniformis*, de essenschorsluis, *Pseudochermes fraxini* (Kaltenbach), en de populierenschoutboorder, *Gypsonoma aceriana* (Duponchel). De eenmalige pieken van deze plagen hingen namelijk samen met de grootschalige bebossing van Flevoland (Moraal 2004). Soorten met meerdere kortere pieken werden wel opgenomen zoals die van de letterzetter, *Ips typographus*. De patroongroepen werden geëvalueerd door het uitvoeren van een canonieke correspondentieanalyse (CCA) gebaseerd op de ln (N+1) getransformeerde aantastingsgegevens. Voor gedetailleerde informatie over de analyses wordt verwezen naar Moraal & Jagers op Akkerhuis (2011).

## Ecologische gegevens

De taxonomie (orde, geslacht en soort) en de associatie van plaaginsecten met specifieke boomtypen (naald- of loofbomen) zijn belangrijke determinanten voor de ecologie van een insectensoort. Bij de analyses werd dan ook rekening gehouden met de relaties tussen de ecologische eigenschappen, insectenorde, boomtype (naald- of loofboom) en populatiepatroon (tabel 2).

## Habitat en waardplantpreferentie

Ook de voorkeur van plaaginsecten voor specifieke habitats (bossen, wegbplantingen en stedelijk groen) is een belangrijke parameter. Een voorbeeld is de plakker, *Lymantria dispar* (Linnaeus) (figuur 12), die (in 61 jaar) 155 keer in het bos, 53 keer in een wegbplanting en 13 keer in het stedelijke groen werd waargenomen. Dienovereenkomstig is voor deze soort de volgende verdeling van zijn voorkeur over de drie leefgebieden vastgesteld: 0,70, 0,24 en 0,06 (tabel 1).



10. Een voorbeeld van verschillen in temporele patronen voor respectievelijk (a) de dennenbladwesp, *Diprion pini*, en (b) de kleine wintervlinder, *Operophtera brumata*. Bron: Database Alterra

10. An example of differences in the patterns of the relative abundances of (a) the pine sawfly, *Diprion pini*, and (b) the small wintermoth, *Operophtera brumata*. Source: Database Alterra

Op een vergelijkbare manier werden alle plaagsoorten ingedeeld volgens hun voorkeur voor naald- of loofbomen. Polyfage insectensoorten die zowel voorkomen bij naald- als loofbomen, werden toegewezen aan hun belangrijkste boomsoort. Veranderingen in de bossamenstelling zijn uiteraard ook van invloed op het voorkomen van insectenplagen. De langetermijnveranderingen in de bossamenstelling zijn weergegeven in figuur 13 en 14 (overgenomen uit Moraal et al. 2004).

Uit figuur 13 kan worden geconcludeerd dat het loofbos-areaal sinds 1968 sterk is toegenomen. Dit komt vooral door de toename van het areaal van met name eik en populier. Uit figuur 14 blijkt dat de totale oppervlakte met naaldbomen redelijk constant is gebleven.

### Life history strategies

De ecologische eigenschappen van organismen kunnen worden geïnclassificeerd in life history strategies (Southwood 1988). Gebaseerd op combinaties van verschillende eigenschappen (synchronisatie, overwintering, reproductie etc.) hebben we 21 strategieën onderscheiden. Informatie over de insectensoorten is voornamelijk ontleend aan Schwenke (1972, 1974, 1978, 1982). Uit het schema van figuur 15 blijkt dat we 21 verschillende ecologische basisgroepen onderscheiden. Sommige eigenschappen behoeven uitleg: facultatief 1 + gen/12 mand = meer dan een tot meerdere generaties per jaar; obligaat 1 gen = niet meer dan een generatie per jaar; meerjarige pre-adult = minder dan een generatie per jaar, oftewel een generatie per 2-3 jaar;





**11.** Larven van de dennenbladwespe, *Diprion pini*, veroorzaakten in de jaren 1940 en 1950 op grote schaal kaalvraat. Foto: Alterra

**11.** Larvae of the pine sawfly, *Diprion pini*, caused defoliation on a large scale in the 1940s and 1950s.

amphitook = ongeslachtelijke voortplanting met eenmaal per jaar een seksuele generatie; sexueel = twee geslachten nodig; asexueel = alleen vrouwtjes; arrhenotook = mannetjes ontstaan uit onbevuchte eitjes; overw = overwinteringstadia met pre-adult, adult, larve of ei; 'cover' = beschermende bedekking met waswol bij wolluizen. In de kolom daarna wel of geen waardwisseling (van luizen) en 'overliggen', oftewel het meer dan een jaar in de grond blijven liggen van poppen van bladwespen.

### Meteorologische gegevens

Via de website [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl) hebben we de onderstaande gegevens verkregen om relaties tussen overwinteringsklimaat en insectenpopulaties te exploreren.

Uit figuur 16 kan worden afgeleid dat sinds ongeveer 1985, de gemiddelde wintertemperatuur is toegenomen. Tegelijkertijd is ook de gemiddelde neerslag in de winter toegenomen. De Nederlandse winters zijn dus zowel warmer als natter geworden.

### Statistische analyses

Fisher's exact test werd toegepast voor het analyseren van verschillen in de verdeling van ecologische eigenschappen

tussen geselecteerde combinaties van boomtype en patroongroep zoals de verdeling van insectensoorten op naald- of loofbomen voor de verschillende patroongroepen. Deze methode biedt een krachtige onafhankelijke test in een 2x2 tabel (Kendall & Stuart 1979).

De canonische correspondentieanalyse (CCA) werd gebaseerd op jaren en soorten. Omdat het bij populatieveranderingen om relatieve processen gaat zijn de data getransformeerd naar  $\ln(N+1)$  (Moraal & Jagers op Akkerhuis 2011).

### Resultaten

De analyse van de populatiegegevens van de soorten heeft geleid tot de identificatie van de volgende vier groepen van soorten met duidelijk verschillende patronen:

patroongroep 1: afname sinds ongeveer 1980 ( $n = 27$ ).

patroongroep 2: constante aanwezigheid ( $n = 18$ ).

patroongroep 3: vroege stijging vanaf ongeveer 1965 ( $n = 11$ ).

patroongroep 4: late stijging vanaf ongeveer 1985 ( $n = 20$ ).

Alleen de vier hierboven genoemde patroongroepen met langdurige stabiliteit, afname of toename zijn opgenomen in de analyses (figuur 17-18).

Om de robuustheid van de visuele classificatie te bepalen

**Tabel 2.** Lijst met plaagsoorten in de patroongroepen 1-4 met informatie over de habitat preferentie en het percentage van de meldingen gedurende de observatieperiode van 61 jaar voor bossen, wegbplantingen en stedelijk groen. Voor informatie over de betekenis van de lay-out en lettertypen wordt verwezen naar tabel 4.

**Table 2.** List of pest species in the pattern groups 1 to 4 accompanied by information about the habitat preference. For each species, the table gives information about the percentage of the observations in the 61 year observation period that originated from forest habitat, roadside habitat and urban habitat. For information about script types etc. used, see table 4.

COLEOPTERA				LEPIDOPTERA				HEMIPTERA				DIVERSEN			
	Bos/ Forest	Wegbeplanting/ Road side planting	Stad/ City		Bos/ Forest	Wegbeplanting/ Road side planting	Stad/ City		Bos/ Forest	Wegbeplanting/ Road side planting	Stad/ City		Bos/ Forest	Wegbeplanting/ Road side planting	Stad/ City
<b>Patroongroep 1. Afname sinds ongeveer 1980/</b> Pattern group 1. Decrease since around. 1980															
<i>Pissodes castaneus</i>	0.99	0.01	0.01	<i>Pseudococcyx turionella</i>	0.99	0.01	0.00	<i>Pineus pini</i>	0.84	0.04	0.12	<i>Diprion pini</i> (H)	0.99	0.00	0.00
<i>Tomicus piniperda</i>	1.00	0.00	0.00	<i>Rhyacionia buoliana</i>	0.94	0.04	0.02	<i>Gilletteella cooleyi</i>	0.98	0.01	0.01	<i>Oligonychus ununguis</i> (A)	0.73	0.03	0.25
<i>Hylastes ater</i>	1.00	0.00	0.00	<i>Coleophora laricella</i>	0.98	0.01	0.01	<i>Elatobium abietinum</i>	0.95	0.01	0.03				
<i>Strophosoma capitatum</i>	0.98	0.00	0.02	<i>Malacosoma neustria</i>	0.13	0.26	0.62	<i>Sacchiphantes abietis</i>	0.98	0.00	0.02				
<i>Hylobius abietis</i>	1.00	0.00	0.00	<i>Archips rosana</i>	0.93	0.07	0.00	<i>Lepidosaphes ulmi</i>	0.17	0.14	0.69				
<i>Pityogenes bidentatus</i>	1.00	0.00	0.00	<i>Euproctis chrysorrhoea</i>	0.28	0.37	0.35	<i>Phloeomyzus passerinii</i>	0.63	0.34	0.03				
<i>Lochmaea suturalis</i>	1.00	0.00	0.00	<i>Leucoma salicis</i>	0.51	0.44	0.05								
<i>Dendroctonus micans</i>	0.97	0.03	0.00												
<i>Hylastes cunicularius</i>	1.00	0.00	0.00												
<i>Brachyderes incanus</i>	1.00	0.00	0.00												
<i>Saperda populi</i>	0.41	0.48	0.11												
<i>Phratora vulgatissima</i>	0.21	0.58	0.20												
<b>Patroongroep 2. Constante aanwezigheid/</b> Pattern group 2. Constant occurrence															
<i>Deporaus betulae</i>	0.58	0.34	0.08	<i>Retinia resinella</i>	0.91	0.09	0.00	<i>Cryptococcus fagisuga</i>	0.78	0.08	0.14	<i>Neodiprion sertifer</i> (H)	0.98	0.00	0.02
<i>Agelastica alni</i>	0.29	0.34	0.37	<i>Phalera bucephala</i>	0.11	0.50	0.39	<i>Eriosoma lanuginosum</i>	0.00	0.64	0.36	<i>Pristiphora abietina</i> (H)	1.00	0.00	0.00
<i>Leperisinus varius</i>	0.51	0.14	0.35	<i>Cossus cossus</i>	0.08	0.55	0.37					<i>Caliroa annulipes</i> (H)	0.04	0.16	0.80
<i>Saperda carcharias</i>	0.09	0.64	0.27									<i>Mikiola fagi</i> (D)	0.72	0.14	0.14
<i>Pyrrhalta viburni</i>	0.21	0.15	0.64									<i>Etetranychus tiliarum</i> (A)	0.00	0.01	0.99
<i>Cryptorhynchus lapathi</i>	0.43	0.50	0.07												
<i>Melolontha melolontha</i>	0.74	0.20	0.06												
<i>Altica quercetorum</i>	0.87	0.12	0.01												
<b>Patroongroep groep 3. Vroege toename (start ongeveer 1965)/</b> Pattern group 3. Early increase (starting around 1965)															
<i>Ips cembrae</i>	1.00	0.00	0.00	<i>Lymantria dispar</i>	0.70	0.24	0.06	<i>Pineus strobi</i>	0.95	0.00	0.05	<i>Phytomyza ilicis</i> (D)	0.14	0.07	0.79
<i>Ips typographus</i>	0.99	0.01	0.00	<i>Sesia apiformis</i>	0.04	0.45	0.52	<i>Drepanosiphum platanoidis</i>	0.03	0.03	0.95				
<i>Rhynchaenus fagi</i>	0.91	0.05	0.04	<i>Erannis defoliaria</i>	0.86	0.14	0.00								
<i>Scolytus scolytus</i>	0.08	0.46	0.46	<i>Operophtera brumata</i>	0.81	0.17	0.02								
				<i>Tortrix viridana</i>	0.79	0.19	0.02								
<b>Patroongroep 4. Late toename (start ongeveer 1985)/</b> Pattern group 4. Late increase (starting around 1985)															
<i>Agrilus biguttatus</i>	0.93	0.05	0.02	<i>Yponomeuta rorellus</i>	0.16	0.58	0.25	<i>Eucallipterus tiliae</i>	0.02	0.03	0.96	<i>Andricus foecundatrix</i> (H)	0.61	0.31	0.08
<i>Scolytus intricatus</i>	0.25	0.57	0.18	<i>Yponomeuta evonymellus</i>	0.23	0.36	0.42	<i>Phyllaphis fagi</i>	0.44	0.18	0.38	<i>Andricus quercuscalicis</i> (H)	0.12	0.20	0.68
<i>Agrilus sinuatus</i>	0.01	0.06	0.93	<i>Yponomeuta padellus</i>	0.21	0.40	0.39	<i>Aphrophora salicina</i>	0.35	0.33	0.33	<i>Biorhiza pallida</i> (H)	0.41	0.51	0.09
				<i>Yponomeuta cagnagellus</i>	0.28	0.22	0.50	<i>Eriosoma lanigerum</i>	0.00	0.01	0.99				
				<i>Thaumetopoea processionea</i>	0.04	0.78	0.18	<i>Pulvinaria hydrangeae</i>	0.01	0.01	0.98				
				<i>Phyllonorycter platani</i>	0.02	0.10	0.88	<i>Pulvinaria regalis</i>	0.00	0.01	0.99				
				<i>Cameraria ohridella</i>	0.08	0.24	0.67								

werd een canonische correspondentie analyse (CCA) uitgevoerd. Deze aanvullende analyse bevestigt dat er slechts een beperkte overlap is tussen de vier patroongroepen en slechts enkele soorten komen voor waar de groepen overlap vertonen (figuur wordt niet afgebeeld). Verschillende statistische technieken kunnen leiden tot een indeling in groepen. Maar dit lost het probleem niet op dat er altijd discussie kan bestaan of een bepaalde intermediaire soort bij de ene of de andere groep moet worden ingedeeld (Moraal & Jagers op Akkerhuis 2011).

## Voedselgildes

In tabel 3 wordt een samenvatting gegeven van de voedselgildes van de 76 insectensoorten van vier trofische categorieën (45 bast-, blad- en naaldvreters, 15 blad- en naalduigers, 7 galvormers en 9 houtboorders). Dit toont aan dat er geen duidelijke relatie is tussen de vier voedselgildes en de vier patroongroepen. Opvallend is dat soorten op naaldbomen voornamelijk behoren tot dalende patroongroep nummer 1 (figuur 17).





12. De plakker, *Lymantria dispar*, is een soort die vooral in bosgebieden voorkomt. Foto: A. van Frankenhuyzen

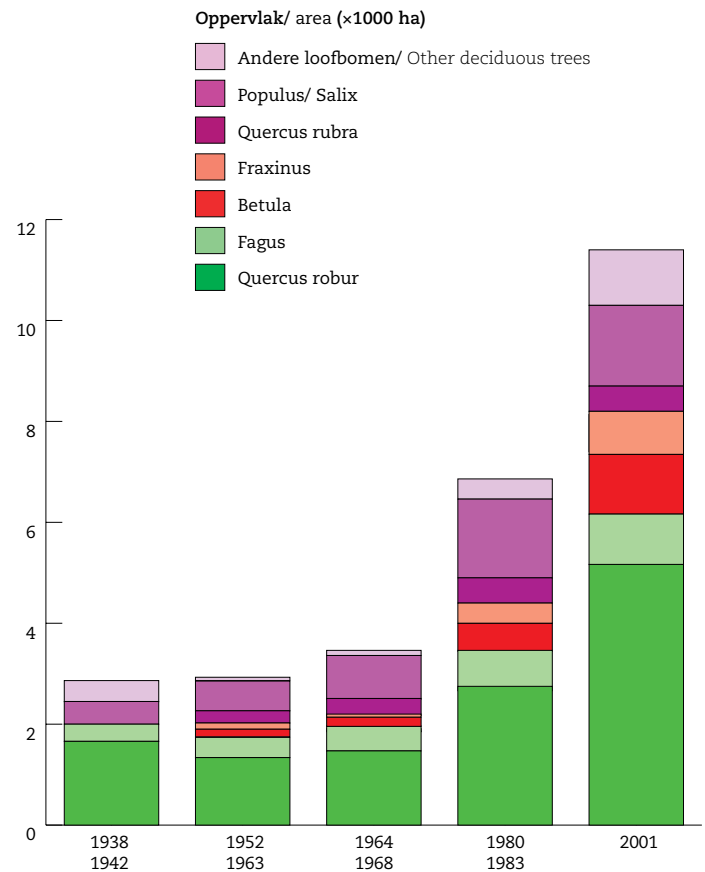
12. The gipsy moth, *Lymantria dispar*, is occurring predominantly in the forest habitat.

### Boomtypen en habitat

Bij boomtypen onderscheiden we naald- en loofbomen. Insectenplagen op naaldbomen komen bijna uitsluitend voor in het bos (zie tabel 1) en ze behoren merendeels tot de dalende patroongroep (Fisher's exact test,  $p = 0,01$ , zie ook figuur 19). Van de verschillende ordes zitten de Coleoptera vaker in de dalende patroongroep (Fisher's exact test,  $p = 0,04$ ) dan in een constante en toenemende patroongroep. Ook de Lepidoptera en Hymenoptera zitten (met respectievelijk  $p = 0,09$  en  $p = 0,13$ ) vooral in de dalende groep. Een belangrijke constatering is dat hierbij geen ei-overwinteraars aanwezig zijn (figuur 19-20). Op loofbomen komen insectensoorten met een toename het meest voor in het stedelijk gebied (zie tabel 1). Ook veel Hemiptera laten een toename in het stedelijk gebied zien maar de verbanden zijn zwak vanwege de lage aantallen.

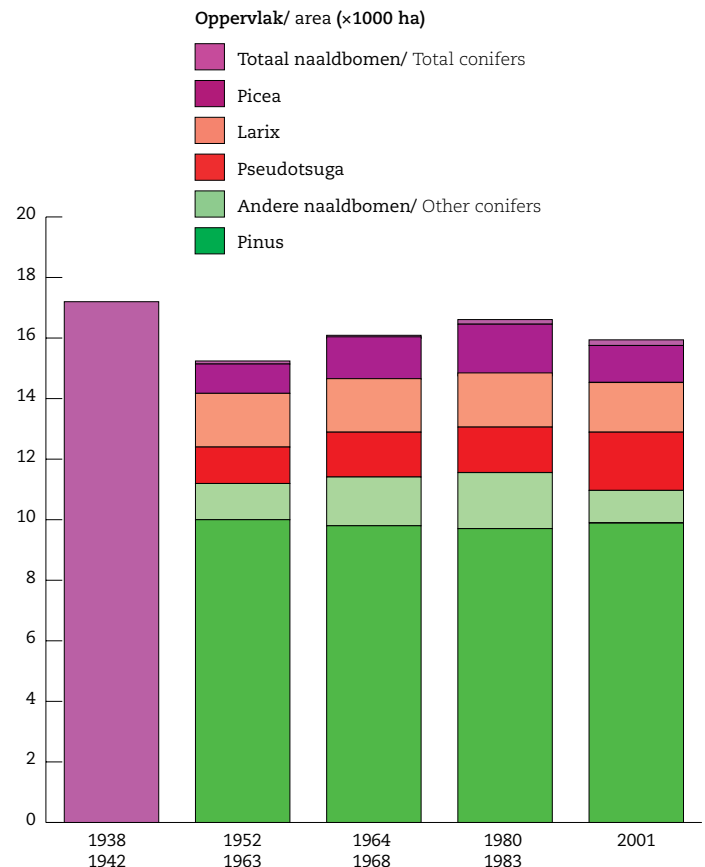
### Overwinterstadium

Zoals kan worden afgeleid uit tabel 4, vertonen de life history strategies geen consistente relatie met patroongroepen, insectenorde en boomtype. Voor de overwinterstadia (tabel 4, figuur 19) werden echter wel correlaties gevonden met boomtype en insectenorde. Zo komen obligate ei-overwinteraars uitsluitend voor op loofbomen. Verder bestaan er grote verschillen tussen de Coleoptera enerzijds en de Lepidoptera en Hemiptera anderzijds. Bij de Coleoptera overwintert een significant hoger percentage in het adulte stadium vergeleken met de andere insectenordes ( $p < 0,05$ , Fisher's exact test samengevat over naald- en loofbomen). Overwintering in het eistadium is een veel waargenomen strategie bij Lepidoptera en Hemiptera op loofbomen. Het aandeel van Lepidoptera en Hemiptera dat overwintert in het eistadium is hoger in de toenemende patroongroep dan in de constante patroongroep maar de significantie ( $p = 0,22$ ) van dit effect voor Lepidoptera was relatief laag. Andere vergelijkingen leverden lagere waarden op.



13. De totale oppervlakte van loofbossen in Nederland.

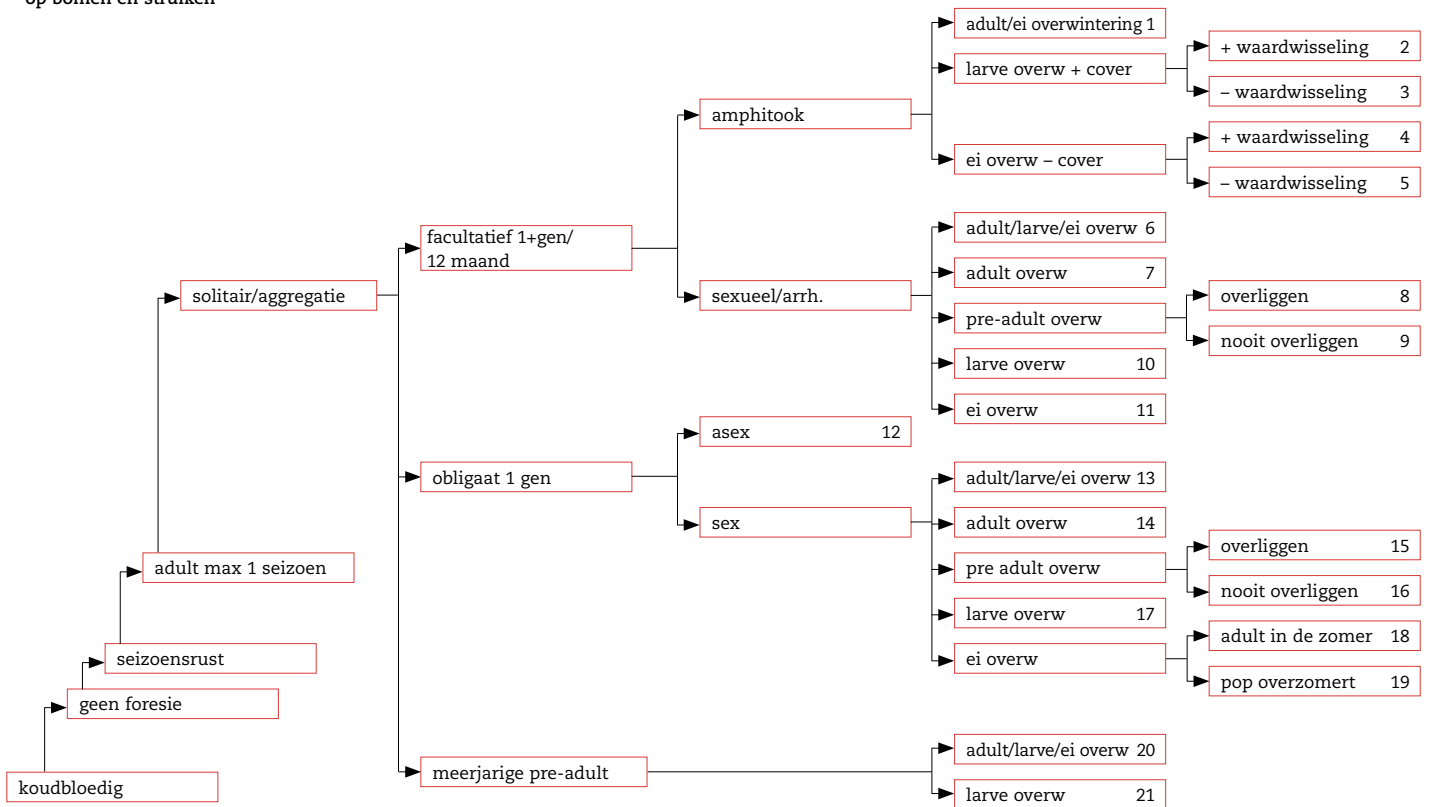
13. The total area of deciduous forests in The Netherlands.



14. De totale oppervlakte van naaldbossen in Nederland (Moraal et al. 2004).

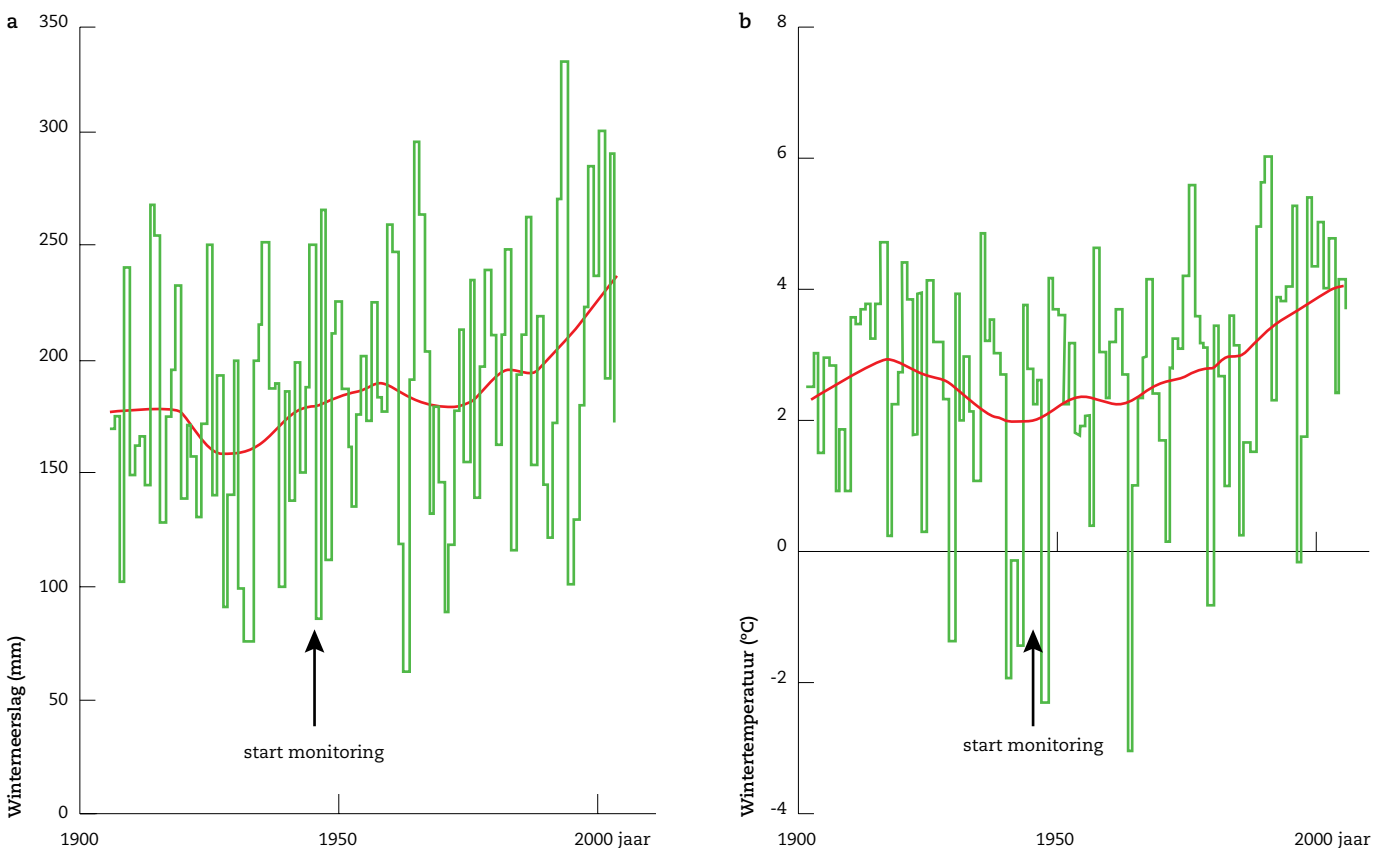
14. The total area of coniferous forests in The Netherlands.

Life History Tactics voor plaaginsecten  
op bomen en struiken



15. Classificatie van de insectenplagen op bomen en struiken in 21 life history strategies. In het artikel worden de afkortingen en sommige categorieën besproken.

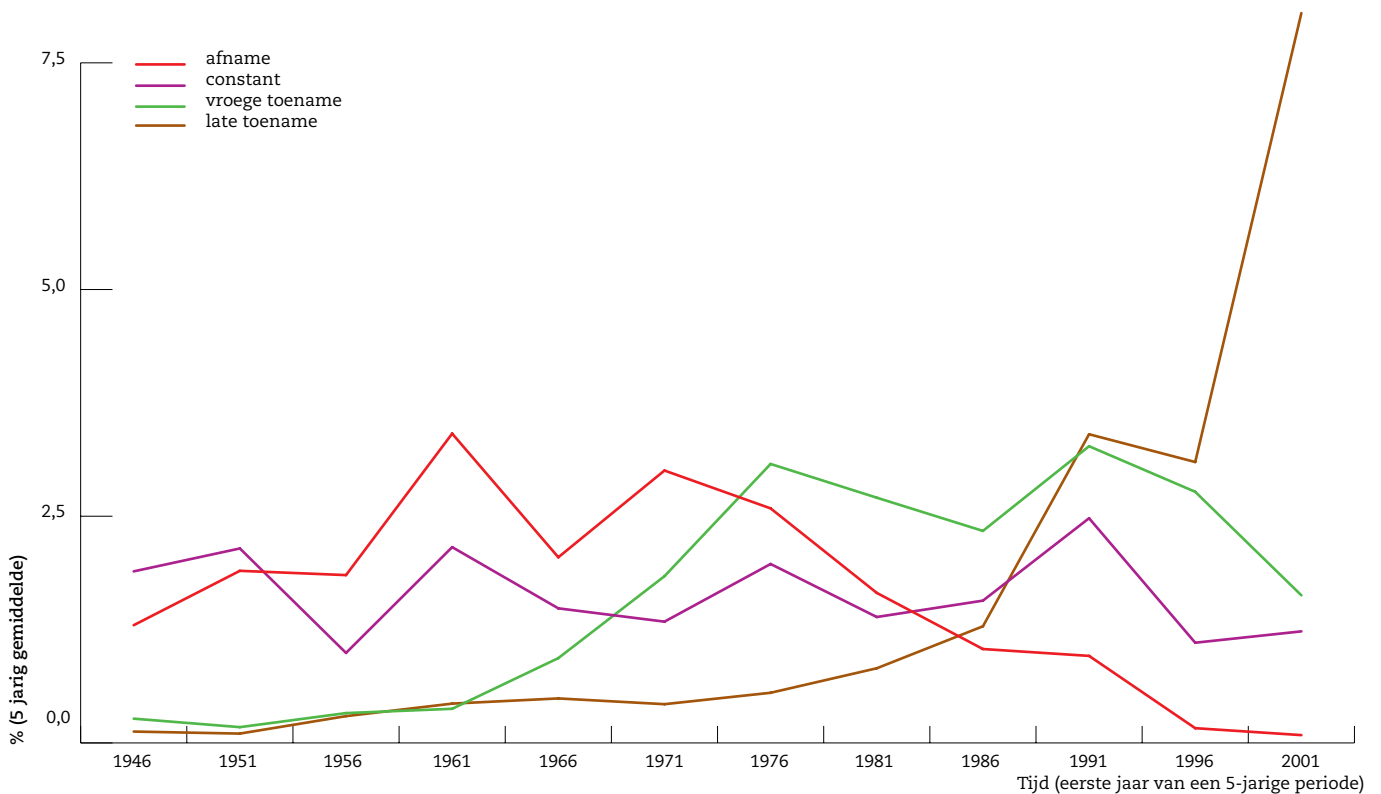
15. Classification scheme of insect pests on trees and shrubs in 21 life history strategies.



16. (a) Winterneerslag en (b) -temperatuur gemiddeld over Nederland. De golvende lijn geeft gewogen voortschrijdende gemiddelden van 15 jaar. Bron: KNMI

16. Winter (a) precipitation and (b) temperature as averages for The Netherlands. The wavy line represents weighed moving averages of 15 years. Source: KNMI





17. De vijf-jaar gemiddelden van de soorten in de vier geselecteerde patroongroepen van de totaal 76 soorten (zie tabel 2).  
17. The five-years averages of the relative abundance of the species in the four selected pattern groups (a total of 76 species, see table 2).



18. Aantastingen van de douglaswolluis *Gilletteella cooleyi* (patroongroep 1 uit tabel 2) worden tegenwoordig nauwelijks nog waargenomen. Foto: Leen Moraal

18. Infestations of the douglas fir woolly aphid (pattern group 1 from table 2) are hardly observed nowadays.

## Discussie

De resultaten suggereren dat in het cultureel dynamisch landschap van Nederland, door de mens veroorzaakte groot-schalige veranderingen in bosbeheer, bossamenstelling en toename van de stedelijke habitat, belangrijke factoren zijn bij het optreden van insectenplagen. Ook klimaatverandering is een belangrijke determinant voor de veranderingen op de lange termijn in populaties van plaaginsecten. Voor de hypothesevorming van correlaties tussen populatiepatronen en klimatologische veranderingen, worden hierna de algemene en individuele ecologische aspecten van soorten per patroongroep besproken.

## Oorzaken afname van populaties

### Afname van plaaginsecten op naaldbomen

De afname van populaties komt vooral voor bij insecten op naaldbomen (19 van de 27 soorten), en dan met name bij Coleoptera die als adult overwinteren (10 soorten). Aantastingen van naaldbomen komen bijna uitsluitend voor in bossen (tabel 1). Sinds 1942 is het areaal met naaldbomen redelijk constant gebleven (figuur 11). Echter, in de laatste decennia is het naaldbos sterk veranderd wat betreft leeftijd, structuur en type bosbeheer (Moraal et al. 2004). Dit laatste kan worden geïllustreerd met enkele voorbeelden. In het verleden werden monoculturen met naaldbomen geogst door middel van kaalkap, waarna het gebied werd herbebost met jonge boompjes. Dit soort beheer induceerde een aantal specifieke keverplagen zoals de grote dennensnuitkever, *Hylobius abietis*, tweetandige dennenschorskever, *Pityogenes bidentatus* (Herbst), *Pissodes castaneus* De Geer, *Hylastes* spp., en de grauwbroune dennen-

**Tabel 3.** Voedselgildes en patroongroepen van insectentaxa voor loofbomen en naaldbomen.

**Table 3.** Feeding guilds and pattern groups of insect taxa for deciduous trees and conifers.

Loofbomen/ deciduous trees						Naaldbomen/ conifers			
Patroon groep/ pattern group	taxon	Houtboorders/ wood borers	Galvormers/ gallers	Blad- en bastvreter/ leaf and bark eaters	Zuigers/ suckers	Houtboorders/ wood borers	Galvormers/ gallers	Naald- en bastvreter/ needle and bark eaters	Zuigers/ suckers
1	Acari								1
1	Coleoptera	1		1				10	
1	Hemiptera				2		2		2
1	Hymenoptera							1	
1	Lepidoptera			4			2	1	
2	Acari				1				
2	Coleoptera	2		6					
2	Diptera		1						
2	Hemiptera		1		1				
2	Hymenoptera			1				2	
2	Lepidoptera	1		1		1			
3	Coleoptera			2				2	
3	Diptera			1					
3	Hemiptera								1
3	Lepidoptera	1		4					
4	Coleoptera	1		2					
4	Hemiptera				7				
4	Hymenoptera		3						
4	Lepidoptera			7					

snuitkever, *Strophosoma capitatum* (De Geer), die vooral afhankelijk zijn van pas geplant materiaal. Ook Lepidoptera zoals dennenknoptvlinder, *Pseudococcyx turionella* (Linnaeus), dennenlotvlinder, *Rhyacionia buoliana* (Denis & Schiffermüller), en verschillende soorten Hemiptera zijn afgenomen omdat deze jonge bomen nodig hebben. Alle bovengenoemde plagen zijn door een ander type beheer afgenomen omdat de laatste decennia het systeem van kaalkap is vervangen door het selectief vellen van individuele bomen, gevolgd door natuurlijke verjonging uit zaden van achtergebleven bomen.

### Afname van plaaginsecten op loofbomen

Uit de resultaten (tabel 4) blijkt dat acht soorten op loofbomen een populatieafname laten zien (2 Coleoptera, 4 Lepidoptera en 2 Hemiptera). Soms is daarvoor een eenvoudige verklaring. Jonge populierenbossen zijn gevoelig voor aantastingen van de satijnvlinder, *Leucoma salicis* (Linnaeus) (patroon groep 1, tabel 1). De populaties vertoonden pieken tussen 1965 en 1980, toen grote delen van de nieuw aangeplante populieren in Flevoland werden aangetast vanwege hun toen geschikte leeftijd en het voorkomen in monoculturen.

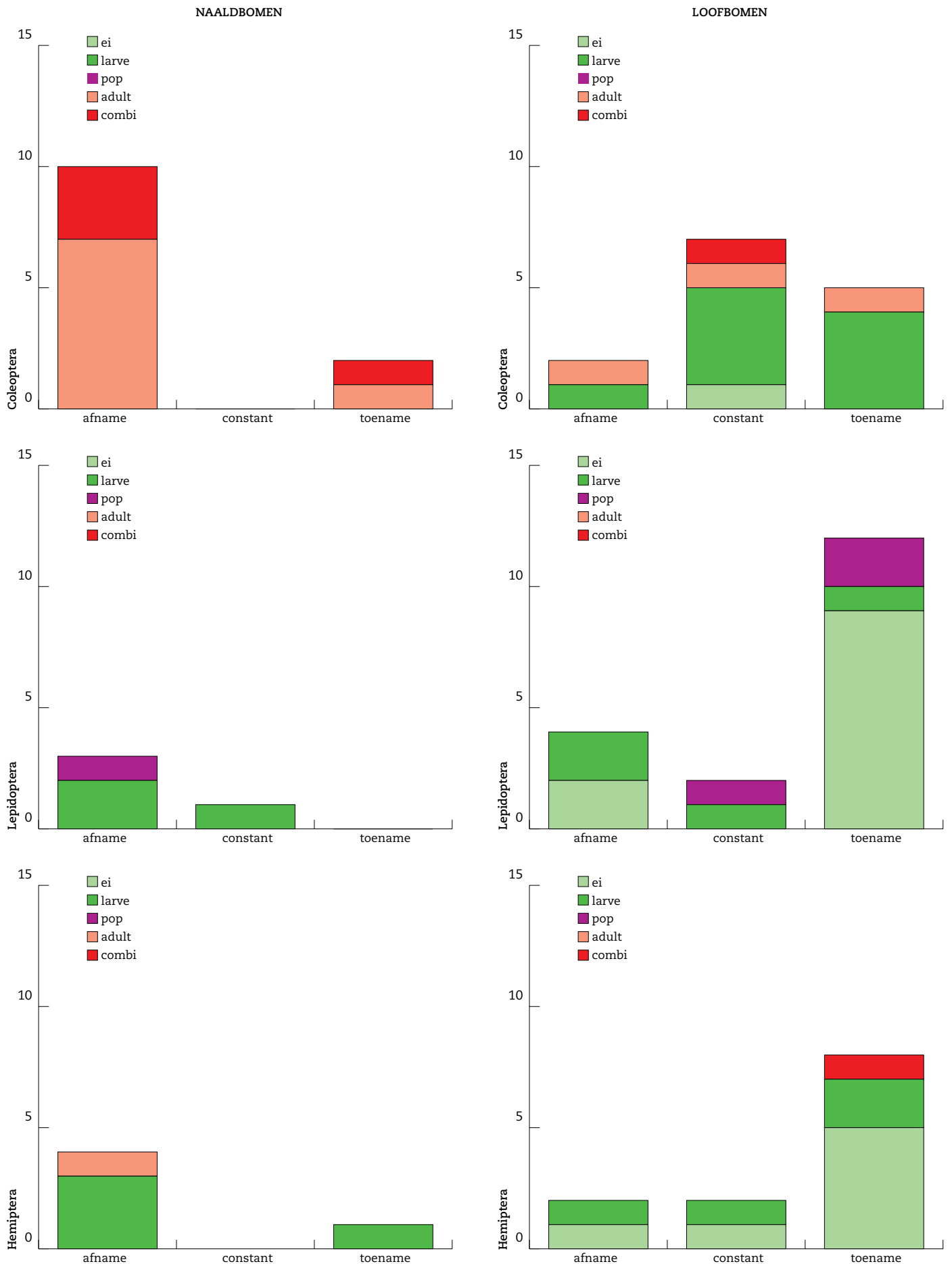
### Oorzaken toename van populaties

Van de 31 insectensoorten die in de laatste decennia een populatie-toename laten zien (figuur 17), komt de meerderheid voor op loofbomen (28 soorten, waarvan 14 op eiken). Deze groep bevat relatief veel Lepidoptera en Hemiptera die in het eistadium overwinteren. Dit suggereert dat ei-overwinteraars in het voordeel zijn ten opzichte van soorten die als larve, pop of adult overwinteren.

### Wintermortaliteit insecten en klimaatverandering

Volgens de literatuur is wintermortaliteit een van de belangrijkste factoren die populaties van insectensoorten beïnvloeden (Pitts & Wall 2005). Bovendien is aangetoond dat juist zachte winters de mortaliteit verhogen van insecten die overwinteren als adult, larve of pop. Bij overwinterende larven van de Amerikaanse guldenroedevlieg, *Eurosta solidaginis* (Fitch), trad 70% mortaliteit op wanneer de larven gedurende drie maanden bij 12 °C werden gehouden. Bij larven die bij 0 °C en minus 22 °C werden gehouden trad respectievelijk slechts 11% en 30% sterfte op (Irwin & Lee 2000). Een ander voorbeeld is de vleesvlieg *Lucilia sericata* (Meigen): in de bodem overwinterende larven en poppen hadden een hogere sterfte bij relatief hogere wintertemperaturen (Pitts & Wall 2005). Het is aannemelijk dat entomopathogene nematoden, bacteriën en schimmels in warmere winters actiever zijn dan in koude winters en larven en poppen kunnen infecteren en doden. Een ander effect is dat overwinterende adulten, larven en poppen een hoger stofwisselingsniveau hebben dan overwinterende eitjes. Hierdoor zullen de vetreserves sneller afnemen en daarmee de kansen op een succesvolle ontwikkeling in het voorjaar (Pitts & Wall 2005). Overwinterende eitjes op twijgen in boomtoppen zijn veel minder kwetsbaar voor nematoden en schimmels dan de in de bodem overwinterende larven, poppen en adulten.

Uit de gegevens van het KNMI (figuur 13) blijkt dat de winters gedurende de laatste twee-drie decennia relatief warmer en vochtiger zijn geworden. Dat zou volgens de hiervoor genoemde hypothese betekenen dat de ei-overwinteraars het in deze periode relatief beter zouden moeten doen dan soorten die overwinteren als larve, pop en adult. In een eerdere studie (Moraal et al. 2004) analyseerden we ongetransformeerde



19. Overwinteringsstadia van plaaginsecten op naald- en loofbomen. Weergegeven is het aantal soorten met specifieke overwinteringsstadia (ei, larve, pop, adult en combinaties daarvan) voor boomtype (naald- of loofboom), insectenorde en patroongroep (afname, constant, en gecombineerde vroege en late toename; zie tabel 2).

19. Hibernation stages of pest species. The figure presents the number of species showing specific hibernation stages for all the different combinations of tree type, insect order and pattern group (decrease, constant and a combination of early and late increase see tabel 2).





20. De eikenprocessierups, *Thaumetopoea processionea*, overwintert in eipakketjes op de twijgen. Foto: Leen Moraal  
20. The oak processionary moth, *Thaumetopoea processionea*, overwinters as egg masses.

gegevens voor alle insectensoorten in de database op loofbomen, vooral eiken. De resultaten toonden toen aan dat insecten die in het eistadium overwinteren sinds 1985 numeriek meer gemeld zijn dan insecten die overwinteren als larve, pop of adult. In de laatste analyse (Moraal & Jagers op Akkerhuis 2011) zijn statistisch zwakke aanwijzingen gevonden voor een recente toename van Lepidoptera-soorten die overwinteren in het eistadium ( $p = 0,22$ ). Analyses voor overwinterende adulten, poppen of larven leverden lagere significanties op.

Een voorbeeld van een soort die overwintert als larve is de bastaardsatijnrups, *Euproctis chrysorrhoea*. De rupsen van deze soort veroorzaakten in Noord-Brabant in de jaren 1960 en 1970 zware aantastingen met kaalvraat in wegbeplantingen met eiken (*Quercus*). De rupsen verdwenen in latere jaren bijna volledig uit het binnenland en zitten nu bijna alleen op duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) in de relatief droge duingebieden. De rupsen overwinteren in nesten op twijgen van de waardplant (figuur 21). Het vermoeden bestaat dat de sterfte bij de overwinterende larven in de het relatief vochtige en warme binnenland hoger is dan in de drogere duingebieden.

### Klimaatverandering en toename van populaties

Uit het voorgaande bleek dat het overwinteren als ei mogelijk een gunstige strategie is voor het overleven in warme en vochtige winters. De recent geconstateerde toename van soorten die overwinteren in het eistadium kan dus een directe relatie hebben met ons veranderde winterklimaat. De eikenprocessierups, *Thaumetopoea processionea*, is afkomstig uit Midden- en Zuid-Europa, maar heeft een opmerkelijke noordwaartse verspreiding laten zien. Volgens de EFSA (2009) zijn de afgelopen jaren grote gebieden van Engeland, Litouwen, Letland en andere noordelijke EU-lidstaten, voor dit insect geschikt geworden. Dat is het gevolg van de warmere zomers die gunstig zijn voor de ontwikkeling van ei tot adult. De eikenprocessierups is een ei-overwinteraar en kan in Nederland zowel zachte als strenge winters overleven. In Nederland werden de eerste aantastingen waargenomen in

1991 in een wegbeplanting bij Hilvarenbeek, en daarna is de soort steeds algemener geworden (figuur 22). Sindsdien breidt de soort zich langzaam naar het noorden uit (Moraal 2009, Van Oudenhoven et al. 2008). De eikenprocessierups is thermofiel en geeft de voorkeur aan eiken in cultuurlandschappen, zoals bomen in wegbeplantingen en in het stedelijk groen, omdat de zonbeschenen habitats warmer zijn dan de koelere bossen (Unger et al. 2001). Naast klimaatverandering zal dus ook de aanwezigheid van de vele eikenlanen de soort bevorderen. Inmiddels is de eikenprocessierups in alle provincies aanwezig (figuur 23).

Een ander voorbeeld van een zuidelijke plaagsoort die naar het noorden opschoof en een incidentele plaag vormde is de roodzwarte dennencicade, *Haematoloma dorsata* (Ahrens) (patroongroep 4) (figuur 24). De cicaden zuigen aan dennennaalden, waardoor deze bruin worden en afvallen. De soort is oorspronkelijk afkomstig uit het Middellandse Zeegebied maar heeft zich waarschijnlijk door klimaatverandering in Noord-Europa kunnen verspreiden. Vanaf de jaren 1980 traden er grootschalige plagen op met duizenden bruine dennen in Noord-Brabant en op de Veluwe (Moraal 1996).

Een andere thermofiele soort is de eikenprachtkever, *Agrilus biguttatus* (Fabricius), waarvan de larven hun gangen maken aan de warme zonzijde van verzwakte eikenbomen (figuur 25). Deze kever was in Europa en ook in Nederland altijd in zeer lage populatiedichtheden aanwezig. Vanwege z'n zeldzaamheid is de kever in Engeland op de rode lijst geplaatst. Maar vanaf de jaren negentig zijn in verschillende Europese landen zoals Duitsland, Frankrijk, Nederland en ook in Engeland, zware aantastingen geconstateerd (Moraal & Hilszczanski 2000). Een paar jaar later werden nog maar weinig aantastingen gezien, mogelijk ten gevolge van de inmiddels toegenomen vitaliteit van de eiken en het optreden van parasitoïden (Moraal & Van Achterberg 2001).

Modellen voor ons toekomstig klimaat voorspellen stijgende temperaturen met grote droogte en hittegolven tijdens het groeiseizoen en dat betekent een enorme stressfactor voor bomen (Verkaik et al. 2009). De uitzonderlijke droogte van 2003 geeft ons een doorkijkje naar de mogelijke toekomstige

**Tabel 4.** Lijst van plaaginsecten in the patroongroepen 1-4 met informatie over boomtype, code ecologische eigenschappen (LHS=life history strategy) (zie figuur 15) en de overwinteringsstadia (E=ei, El=eilurve, L=larve, P=pop, A=adult). De soorten met een preferentie voor naaldbomen zijn vet gedrukt. De namen van invasieve soorten zijn rood onderstreept. De belangrijkste ecologische eigenschappen zijn als volgt weergegeven: rood onderstreept=potentieel meer dan een generatie per jaar, normaal schrift=een enkele generatie per jaar, vet=larvale ontwikkeling potentieel langer een jaar. Overwintering stadia tussen haakjes geven minder frequente stadia aan. De afkortingen in de kolom 'Diversen' staan voor: (H)=Hymenoptera, (D)=Diptera, (A)=Acari.

**Table 4.** List of pest insects in the pattern groups 1 to 4 accompanied by information about tree type, life history code (see figure 5) and the hibernation stages (E=egg, El=egg larva, L=larva, P=pupa, A=adult). The names of species living preferentially on coniferous trees are written in bold script. The names of invasive alien species are marked with red underlining. Major life history properties are indicated as follows: red underlining=potentially more than one generation per year, normal script=a single generation per year, bold=larval development potentially exceeding one year. Hibernation stages between brackets indicate infrequently occurring stages. Abbreviations used in column 'Other': (H)=Hymenoptera, (D)=Diptera, (A)=Acari.

COLEOPTERA		LEPIDOPTERA		HEMIPTERA		DIVERSEN	
	LHS code Winter		LHS code Winter		LHS code Winter		LHS code Winter

**Patroongroep 1. Afname sinds ongeveer 1980/** Pattern group 1. Decrease since around 1980

<i>Hylastes ater</i>	7	A	<i>Pseudococcyx turionella</i>	16	P	<i>Elatobium abietinum</i>	1	A(E)	<i>Oligonychus ununguis</i> (A)	5	E
<i>Pityogenes bidentatus</i>	7	A	<i>Rhyacionia buoliana</i>	17	L	<i>Pineus pini</i>	2	L	<i>Diprion pini</i> (H)	8	P
<i>Hylastes cunicularius</i>	7	A,P	<i>Coleophora laricella</i>	17	L	<i>Gilletteella cooleyi</i>	2	L			
<i>Strophosoma capitatum</i>	12	A	<i>Leucoma salicis</i>	10	L	<i>Sacchiphantes abietis</i>	3	L			
<i>Pissodes castaneus</i>	13	A(L,P)	<i>Euproctis chrysorrhoea</i>	17	L	<i>Phloeomyzus passerinii</i>	3	L			
<i>Tomicus piniperda</i>	13	A(L,P)	<i>Malacosoma neustria</i>	18	E	<i>Lepidosaphes ulmi</i>	13	E			
<i>Lochmaea suturalis</i>	14	A	<i>Archips rosana</i>	18	E						
<i>Brachyderes incanus</i>	14	A									
<i>Hylobius abietis</i>	20	A,L									
<i>Dendroctonus micans</i>	20	A,L									
<i>Phratora vulgatissima</i>	7	A									
<i>Saperda populi</i>	21	L									

**Patroongroep 2. Constante aanwezigheid/** Pattern group 2. Constant occurrence

<i>Agelastica alni</i>	14	A	<i>Retinia resinella</i>	21	L	<i>Eriosoma lanuginosum</i>	2	E(L)	<i>Pristiphora abietina</i> (H)	15	P
<i>Altica quercetorum</i>	14	A	<i>Phalera bucephala</i>	16	P	<i>Cryptococcus fagisuga</i>	12	L(E)	<i>Neodiprion sertifer</i> (H)	19	E
<i>Deporaus betulae</i>	17	L	<i>Cossus cossus</i>	21	L				<i>Eotetranychus tiliarum</i> (A)	1	A
<i>Leperisinus varius</i>	17	L							<i>Caliroa annulipes</i> (H)	8	L
<i>Pyrrhalta viburni</i>	18	E							<i>Mikiola fagi</i> (D)	17	L
<i>Cryptorhynchus lapathi</i>	20	A,L(E)									
<i>Melolontha melolontha</i>	21	L									
<i>Saperda carcharias</i>	21	L									

**Patroongroep 3. Vroege toename (start omstreeks 1965) /** Pattern group 3. Early increase (starting around 1965)

<i>Ips cembrae</i>	6	A,L,P	<i>Lymantria dispar</i>	18	E	<i>Pineus strobi</i>	2	L	<i>Phytomyza ilicis</i> (D)	17	L
<i>Ips typographus</i>	6	A(L,P)	<i>Tortrix viridana</i>	18	E						
<i>Scolytus scolytus</i>	6	L(A)	<i>Erannis defoliaria</i>	19	E						
<i>Rhynchaenus fagi</i>	14	A	<i>Operophtera brumata</i>	19	E						
			<i>Sesia apiformis</i>	21	L						

**Patroongroep 4. Late toename (start omstreeks 1985) /** Pattern group 4. Late increase (starting around 1985)

<i>Scolytus intricatus</i>	10	L	<i>Cameraria ohridella</i>	9	P	<i>Eriosoma lanigerum</i>	2	L,A	<i>Biorhiza pallida</i> (H)	3	A
<i>Agrilus biguttatus</i>	21	L	<i>Phyllonorycter platani</i>	9	P	<i>Eucallipterus tiliacae</i>	5	E	<i>Andricus foecundatrix</i> (H)	17	L
<i>Agrilus sinuatus</i>	21	L	<i>Yponomeuta rorrellus</i>	18	El	<i>Drepanosiphum platanoidis</i>	5	E	<i>Andricus quercuscalicis</i> (H)	17	L
			<i>Yponomeuta evonymellus</i>	18	El	<i>Phyllaphis fagi</i>	5	E			
			<i>Yponomeuta padellus</i>	18	El	<i>Pulvinaria hydrangeae</i>	12	L			
			<i>Yponomeuta cagnagellus</i>	18	El	<i>Pulvinaria regalis</i>	12	L			
			<i>Thaumetopoea processionea</i>	18	E	<i>Aphrophora salicina</i>	18	E			

effecten van extreme klimatologische omstandigheden op plagen (Rouault et al. 2006). Secundaire plaaginsecten zoals bastkevers, prachtkevers en boktorren profiteerden toen het meest van de door droogtestress verzwakte bomen. Daarnaast kan een toekomstig warmer klimaat de vestiging van nieuwe invasieve soorten in Nederland faciliteren (Moraal & Jagers op Akkerhuis 2008, Verkaik et al. 2009.).

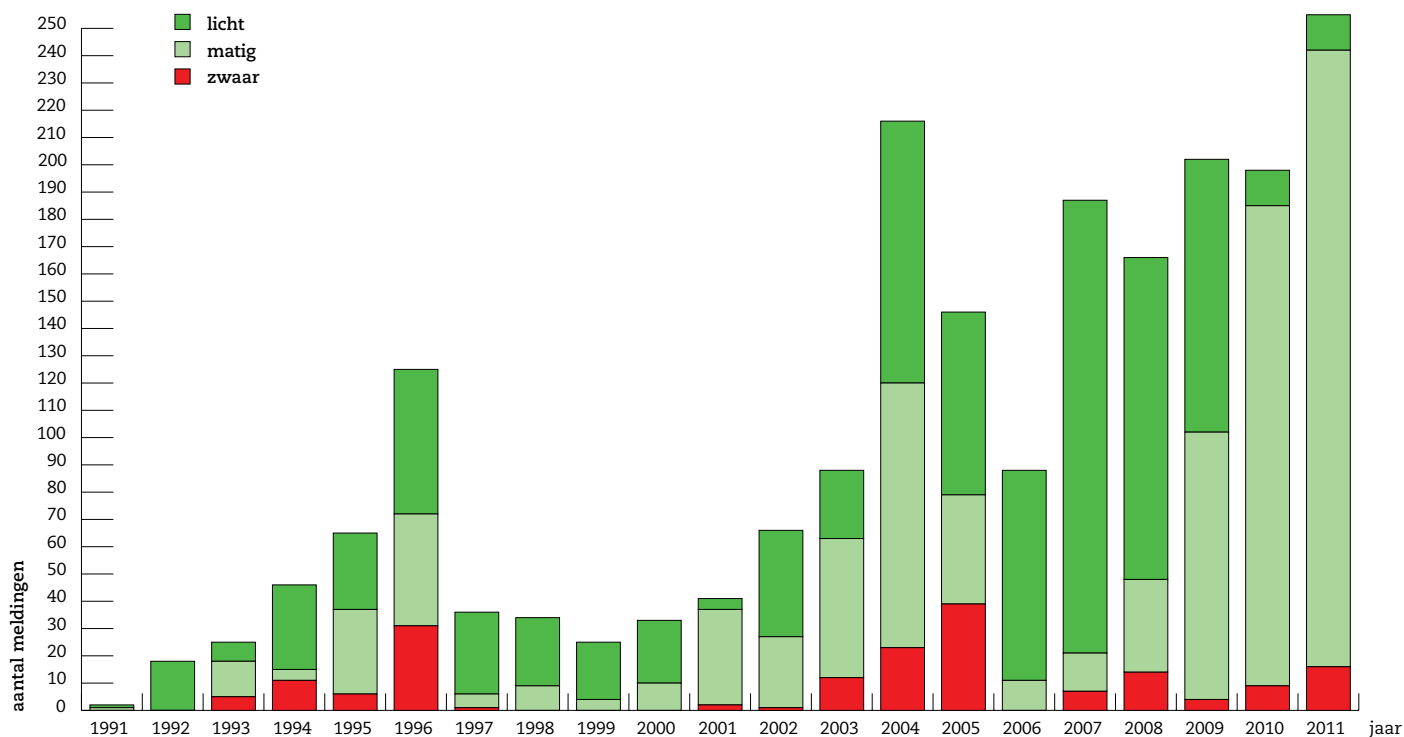
## Conclusie

De laatste zes decennia werden veel veranderingen bij plaaginsecten waargenomen. Zo traden er veranderingen op bij inheemse soorten, waarbij sommige ooit algemene plaagsorten verdwenen, terwijl andere nu frequenter voorkomen. Van de 76 soorten in deze studie lieten 27% een daling zien, bij 32% was sprake van een toename en 23% vertoonde tijdelijke pieken in de populatieontwikkeling. De resterende 18% soorten



21. De bastaardsatijnrups, *Euproctis chrysorrhoea*, overwintert als larve in zogenaamde winternesten. Foto: Jan Samanek

21. The browntail moth, *Euproctis chrysorrhoea*, overwinters as larvae in so-called winter nests.



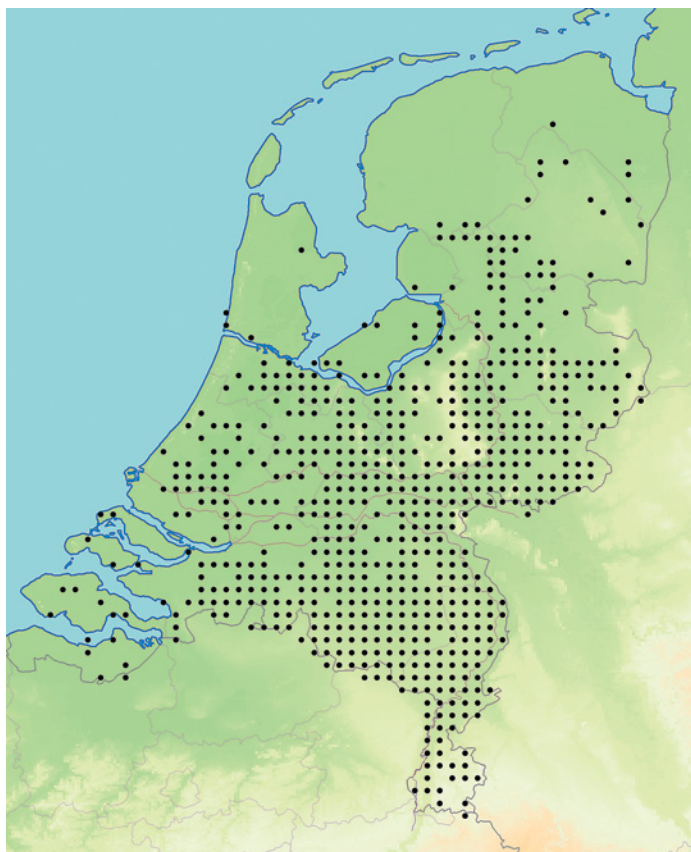
22. De eikenprocessierups, *Thaumetopoea processionea*, heeft zich sinds 1991 in Nederland gevestigd en het aantal meldingen neemt toe. Bron: database Alterra

22. The oak processionary moth, *Thaumetopoea processionea*, has been established in The Netherlands since 1991 and the number of observations are increasing. Source: database Alterra

vertoonden een min of meer constant populatieverloop. Op naaldbomen lieten de meeste insectensoorten afnemende populaties zien terwijl toenemende populaties het meest voorkwamen bij loofbomen. Vele factoren zijn verantwoordelijk voor deze veranderingen. De belangrijkste zijn door de mens veroorzaakte veranderingen in de habitat, zoals verschuivingen in de samenstelling van bossen en veranderingen in het bosbeheer. Daarnaast hebben we ten gevolge van klimaatverandering en de

toegenomen wereldhandel te maken met nieuwe soorten afkomstig uit Zuid-Europa en met uitheemse soorten (exoten) die hier ongewild zijn geïntroduceerd en die bedreigend kunnen zijn voor inheemse biodiversiteit, volksgezondheid of economie. In deze snel veranderende wereld is het daarom belangrijk om insectenplagen te monitoren en zo een vinger aan de pols te houden.





**23.** Sinds 1991 heeft de eikenprocessierups, *Thaumetopoea processionea*, zich over het hele land verspreid.

**23.** Since 1991, the oak processionary moth, *Thaumetopoea processionea*, has spread all over the country



**24.** De roodzwarte dennencicade, *Haematoloma dorsatum*, is vanuit het Middellandse Zeegebied langzaam naar het noorden opgeschoven. Foto: Alterra

**24.** The red-black pine bug, *Haematoloma dorsatum*, has spread slowly northward from the Mediterranean.



**25.** In de jaren 1990 werd een grootschalige eikensterfte in verband gebracht met aantastingen door de eikenprachtkever, *Agrilus biguttatus*. Foto: Leen Moraal

**25.** In the nineties of the previous century, oak decline was related to infestations by the oak buprestid beetle *Agrilus biguttatus*.

## Dankwoord

Een belangrijk woord van dank gaat uit naar de vele vrijwilligers die in de loop van de jaren hebben bijgedragen aan het Alterra-project 'Monitoring van plaaginsecten op bomen sinds 1946'. Dit project is door de jaren heen gefinancierd door het Minis-

terie van Economische zaken (en zijn voorgangers). De samenstelling van dit artikel is ondersteund door het EU Zevende Kaderprogramma BACCARA (projectnummer 226299). Een woord van dank gaat uit naar dr. Mart-Jan Schelhaas (Alterra) voor zijn support en nuttige suggesties.

## Literatuur

- Aukema B 2003. Recent changes in the Dutch Heteroptera fauna (Insecta: Hemiptera). In: Changes in ranges: invertebrates on the move (M Reemer, PJ van Helsdingen, RMJC Kleukers eds): 39-52. Proceedings 13th International Colloquium European Invertebrate Survey, Leiden 2-5 September 2001.
- Bale JS, Master GJ, Hodkinson ID, Awmack C, Bezemer TM, Brown VK, Butterfield J, Buse A, Coulson JC, Farrar J, Good JEG, Harrington R, Hartley S, Jones TH, Lindroth RL, Press MC, Symrnioudis I, Watt AD & Whittaker JB 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology* 6: 1-16.
- Battisti A 2006. Insect populations in relation to environmental change in forests of temperate Europe. In: Invasive forest insects, introduced forest trees, and altered ecosystems (TD Paine ed): 127-140. *Ecological Pest Management in Global Forests of a Changing World*.
- Bobbink R & Lamers LPM 1999. Effecten van stikstofhoudende luchtverontreiniging op vegetaties: een overzicht. Rapport Technische Commissie Bodembescherming R13: 1-77.
- Eerden L, De Vries W & Van Dobben H 1998. Effects of ammonia deposition on forests in the Netherlands. *Atmospheric Environment* 3: 525-532.
- EFSA 2009. Plant health risk of *Thaumetopoea processionea* L., the oak processionary moth. *The EFSA Journal* 1195: 1-64.
- Ellis WN, Donner JH & Kuchlein JH 1997. Recent shifts in phenology of Microlepidoptera, related to climatic change (Lepidoptera). *Entomologische Berichten* 8: 66-72.
- Evans HF, Straw NA & Watt AD 2002. Climate change: implications for forest insect pests. In: *Climate Change: Impacts on UK Forests* (MSJ Broadmeadow ed): 99-108. Forestry Commission Bulletin 125.
- Flückiger W & Braun S 1998. Nitrogen deposition in Swiss forests and its possible relevance for leaf nutrient status, parasite attacks and soil acidification. *Environmental Pollution* 102: 69-76.
- Harrington R & Stork NE (eds) 1995. *Insects in a changing environment*. Academic Press.
- IPCC, Climate change 2007. Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press.
- Irwin JT & Lee RE 2003. Cold winter microenvironments conserve energy and improve overwintering survival and potential fecundity of the goldenrod gall fly *Eurosta solidaginis*. *Oikos* 100: 71-78.
- Kendall MG & Stuart A 1979. *The Advanced Theory of Statistics, Vol. 2: Inference and Relationship*, 4th edition, Griffin.
- Moraal LG 1996. Bionomics of *Haematoloma dorsatum* (Hom., Cercopidae) in relation to needle damage in pine forests. *Journal of Pest Science* 5: 114-118.
- Moraal LG 2001. Nieuws uit het onderzoek: beperkingen beleid dennenscheerder opgeheven. *Nederlands Bosbouw tijdschrift* 3: 33.
- Moraal LG 2004. Sesiidae - clearwing moths. In: *Bark and wood boring insects in living trees in Europe*, a synthesis (Lieutier F, KR Day, A Battisti, J-C Grégoire & Evans HF eds): 522-529. Kluwer.
- Moraal LG 2008. Blauwe dennenprachtkever in stormhout - nieuw fenomeen. *Vakblad Natuur Bos en Landschap* 2: 20-21.
- Moraal LG 2009. Insectenplagen op bomen en struiken in bos en landelijk gebied in 2008. *Vakblad Natuur Bos en Landschap* 7: 18-21.
- Moraal LG 2010a. Eikenprocessierups en klimaatverandering, 1990-2008. Webpagina, Compendium voor de Leefomgeving. CBS; Planbureau voor de Leefomgeving en Wageningen UR.
- Moraal LG 2010b. Infestations of the cypress bark beetle *Phloeosinus rufus*, *P. bicolor* and *P. thujae* in The Netherlands (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Entomologische Berichten* 4: 140-145.
- Moraal LG 2011a. Eikenprocessierups blijft in Nederland. In: *Kennis in kaarten. Atlas van Wagenings onderzoek naar onze groene leefomgeving*: 130-131.
- Moraal LG 2011b. Landelijke inventarisatie insectenplagen 2010 - Eerste ontdekking Aziatische boktor in Nederland. *Tuin en Landschap* 10: 36-39.
- Moraal LG & Hilszczanski J 2000. The buprestid beetle *Agrilus biguttatus* (F.) (Col.: Buprestidae), a recent factor in oak decline in Europe. *Journal of Pest Science* 5: 134-138.
- Moraal LG & Van Achterberg C 2001. *Spathius curvicaudis* (Hymenoptera: Braconidae) new to the fauna of The Netherlands; a parasitoid of the oak buprestid beetle, *Agrilus biguttatus* (Coleoptera: Buprestidae). *Entomologische Berichten* 11: 165-168.
- Moraal LG & Nas R 2001. Resultaten praktijkproef dennenscheerder. *Vakblad Natuurbeheer* 3: 31-34.
- Moraal LG Jagers op Akkerhuis GAJM, Siepel H, Schelhaas MJ & Martakis GFP 2004. Verschuivingen van insectenplagen bij bomen sinds 1946 in relatie met klimaatverandering. Met aandacht voor de effecten van stikstofdepositie, vochtstress, bossamenstelling en bosbeheer. *Alterra-rapport* 856.
- Moraal LG & Roskams P 2010. Biotische aantastingen. In: *Bosecologie en bosbeheer* (Den Ouden J, Muys B, Mohren F & Verheyen K eds): 437-450. ACCO.
- Moraal LG & Jagers op Akkerhuis GAJM 2011. Changing patterns in insect pests on trees in The Netherlands since 1946 in relation to human induced habitat changes and climate factors - an analysis of historical data. *Forest Ecology and Management* 261: 50-61.
- Musolin DL 2007. Insects in a warmer world: ecological, physiological and life-history responses of true bugs (Heteroptera) to climate change. *Global Change Biology* 8: 1565-1585.
- Ortloff W & Schlaepfer R 1996. Stickstoff und Waldschäden: eine Literaturübersicht. *Allgemeine Forst- und Jagd Zeitung* 9/10: 184-201.
- Parmesan C, Ryrholm N & Stefanescu C 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399: 579-583.
- Pitts KM & Wall R 2005. Winter survival of larvae and pupae of the blowfly, *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Bulletin Entomological Research* 95: 179-186.
- Port GR, Barrett K, Okello E & Davison, A 1995. Gaseous air pollutants: can we identify critical loads for insects? In: *Insects in a changing environment* (R Harrington, NE Stork eds): 441-453. Academic Press.
- Rouault G, Candau JN, Lieutier F, Nageleisen L-M, Martin J & Warzée N 2006. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Annals of Forest Science* 6: 613-624.
- Schwenke W 1972-1982. *Die Forstschädlinge Europas*. Band 1-4. Verlag Paul Parey.
- Southwood TRE 1988. Tactics, strategies and templets. *Oikos* 1: 3-18.
- Thomas FM & Schafellner C 1999. Effects of excess nitrogen and drought on the foliar concentrations of allelochemicals in young oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). *Journal of Applied Botany* 5/6: 222-227.
- Unger J, Sümegehy Z, Gulyás Á, Bottyán Z & Mucs L 2001. Land-use and meteorological aspects of the urban heat island. *Meteorological Applications* 2: 189-194.
- Van den Burg J 1990. Stickstoff und Säuredeposition und die Nährstoffversorgung niederländischer Wälder auf pleistozänen Sandboden. *Forst und Holz* 20: 597-605.
- Van Oudenhoven AP, Van Vliet AJH & Moraal LG 2008. Climate change exacerbates the oak processionary caterpillar problem in The Netherlands. *Gewasbescherming* 6: 236-237.
- Verkaik E, Moraal LG, & Nabuurs GJ 2009. Potential impacts of climate change on Dutch forests, mapping the risks. *Alterra-report* nr 1761.
- Visser ME & Holleman LJM 2001. Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. *Proceedings Royal Society London B* 268: 289-294.
- Ward NL & Master GJ 2007. Linking climate change and species invasion: an illustration using insect herbivores. *Global Change Biology* 13: 1605-1615.

Geaccepteerd: 28 november 2012

## Summary

### Shifts of insect pests on trees in The Netherlands since 1946 – an analysis of historical data

In The Netherlands, insect pests on trees and shrubs are being monitored continuously since 1946. During these years, almost all insect pest populations showed marked changes, which may be the result of changes in forest management, shifts in forest composition, climate change and the arrival of new pests from the Mediterranean region or from other continents. In order to generate hypotheses about possible relationships between species ecology and environmental factors, we have analyzed 61 years of population development of the 98 most abundant species in the database while paying attention to life history traits and preferred host plants. The 22 species with infestations lasting a few years only were excluded from the analysis. Of the remaining 76 species, 18 were, more or less constant present over the entire observation period of 61 years. Of the other species, 27 showed a decline and 31 showed an increase. On coniferous trees most species showed decreasing populations. Increasing populations were found most on deciduous trees. Changes in forest age, tree composition and forest management were identified as the most important causes for the fluctuations in pest insect populations besides climate-related factors. Climate change is a possible driver of the population increase in *Thaumetopoea processionea*, *Haematoloma dorsatum* and of the population decrease in *Euproctis chrysorrhoea*. The recently increasing exotic species *Eupulvinaria hydrangeae* and *Pulvinaria regalis* were exclusively found on trees in cities, presumably in relation to the higher temperatures of the urban habitat.



Leen Moraal & Gerard Jagers op Akkerhuis

Alterra, Wageningen UR

Droevendaalsesteeg 3

6708 PB Wageningen

leen.moraal@wur.nl