

Update klimaatindicator dier- en plantgemeenschappen



Update klimaatindicator dier- en plantgemeenschappen

Update klimaatindicator dier- en plantgemeenschappen

Tekst

Chris van Swaay
Roy van Grunsven
Gerdien Bos
Jurriën van Deijk
Chris van Turnhout, Sovon Vogelonderzoek Nederland
Laurens Sparrius, Floron

Rapportnummer

VS2023.029

Projectnummer

P-2023.056

Productie

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

Opdrachtgever

Rene Henkens en Anouk Cormont, WenR/PBL

Deze publicatie kan worden geciteerd als

Van Swaay, C.A.M., Van Grunsven, R.H.A., Bos, G., Van Deijk, J.R., Van Turnhout, C.A.M. & Sparrius, L.B. (2023). Update klimaatindicator dier- en plantgemeenschappen. Rapportnr. VS2023.028, De Vlinderstichting, Wageningen

Oktober 2023



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

Inhoud

Inhoud	3
Inleiding.....	4
Methode.....	5
Resultaten	8
Discussie.....	14
Voorstel voor CTI indicator	19
Voorstel voor indicator invloed klimaatverandering op koelte- en warmteminnende dieren en planten	22
Literatuur	24

Inleiding

De Community Temperature Index (CTI) is een manier om de effecten van temperatuurverandering op gemeenschappen van planten en dieren in beeld te brengen, via de ontwikkelingen in aantallen en verspreiding van individuele soorten. Hij werd geïntroduceerd door Devictor et al. (2008, 2012) en voor Nederland uitgewerkt in Van Swaay et al. (2018). De methode richt zich op veranderingen in de samenstelling van soorten op vaste meetpunten, en hoe dat doorwerkt in de gemiddelde temperatuurvoorkeur van alle exemplaren van een soortgroep op die locatie. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de STI (de Species Temperature Index), de gemiddelde temperatuur van alle vindplaatsen binnen (het Europese deel van) de range van de soort. Als zuidelijke soorten (met een hoge STI) dus relatief toenemen ten opzichte van noordelijke soorten met een lage STI, dan stijgt de plot-CTI. Gaan alle soorten achteruit, maar 'warme' soorten minder dan 'koele' soorten, dan stijgt de plot-CTI ook. Gaan alle soorten evenveel achteruit (of vooruit), dus onafhankelijk van hun temperatuurvoorkeur, dan blijft de CTI stabiel.

In dit rapport wordt de CTI berekend aan de hand van gestructureerde tellingen die met een protocol verzameld zijn binnen het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM). Dit is mogelijk voor de soortgroepen dagvlinders, libellen, nachtvlinders en broedvogels. Voor deze groepen zijn NEM data beschikbaar alsmede STI's per soort.

Om het duiden van de veranderingen in de CTI eenvoudiger te maken wordt – waar mogelijk – een Multi Species Indicator (MSI) berekend voor drie groepen soorten binnen elke soortgroep: soorten met een hoge (warmteminners), een neutrale en een lage STI (koudeminners). Deze methode kan ook worden toegepast voor vaatplanten in perioden van vier jaar.

Daarnaast zal de bruikbaarheid van een alternatieve methode bekeken worden (Lajeunesse & Fourcade, 2022). Deze maakt gebruik van opportunistische waarnemingen. De resultaten van deze methode zullen worden getoetst aan de bovengenoemde CTI's die gebaseerd zijn op gestructureerde tellingen die met een protocol verzameld zijn binnen het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM). Om te kijken wat het effect is van (veel) minder waarnemingen kunnen we deze indicator ook met een steeds kleinere steekproef van de bezoeken berekenen en zo onderzoeken waar de grens ligt voor een betrouwbare CTI indicator. Dat zal dan ook duidelijk maken voor welke soortgroepen er genoeg data beschikbaar zijn in de NDFF om deze methode toe te passen.

De trends in de CTI kunnen gebruikt worden om de effecten van klimaatverandering op het voorkomen van verschillende soortgroepen te presenteren, bijvoorbeeld op het Compendium voor de Leefomgeving (CLO). Als aanzet hiervoor zullen de resultaten kort gepresenteerd worden in het format dat gebruikt wordt op het CLO.

Methode

Update Community Temperature Indicator (CTI)

Oorspronkelijk is de CTI als klimaatindicator de gewogen gemiddelde STI (Species Temperature Index) voor alle exemplaren van soorten in ieder meetpunt voor ieder jaar afzonderlijk, waar de STI de gemiddelde temperatuur van alle vindplaatsen binnen de range van de soort is (voor broedvogels de temperatuur in de broedtijd). Deze STI is als volgt vastgesteld:

- Vogels: conform Devictor et al. (2012) over de periode maart-september, maar herberekend door Sovon met gebruikmaking van de hele WP range, inclusief Noord-Afrika (Devictor et al., 2012 gebruiken alleen Europa).
- Dagvlinders: conform Devictor et al. (2012) het hele jaar, zoals ook gepubliceerd door Schweiger et al. (2014).
- Planten, nachtvinders en libellen: volgens de methode uit Sparrius et al. (2019). De STI voor de libellen en nachtvinders wordt gegeven in Van den Top (2017).

Talrijkere soorten tellen dus zwaarder mee in de CTI-klimaatindicator dan zeldzame soorten. Om deze methode te kunnen gebruiken is een populatiemeetnet nodig dat voor elk meetpunt representatieve aantallen per soort per jaar geeft. Zulke meetnetten worden in Nederland georganiseerd binnen het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM), waarbij het startjaar varieert tussen soortgroepen. Van Swaay et al. (2018) laten zien dat deze methode bruikbare resultaten geeft voor broedvogels, dagvlinders en libellen. Van Swaay et al. (2022) laten zien dat het NEM-meetnet nachtvinders inmiddels ook bruikbaar is om de CTI via populatieveranderingen te meten.

Voor de vaatplanten worden tegenwoordig geen occupancymodellen per jaar meer toegepast, omdat ze de werkelijke populatieontwikkelingen onvoldoende blijken te reflecteren. Daarmee is een update van de CTI met deze data, die in 2017 nog wel beschikbaar was, niet meer mogelijk. Ook binnen het Living Planet Report Nederland (Wereld Natuur Fonds, 2023) worden ze niet meer gebruikt. Er wordt wel gewerkt aan een publicatie van een definitieve trendberekeningsmethode voor het Landelijke Meetnet Flora (PQ-reeksen / provincies). Die gegevens zouden wellicht daarna wel kunnen worden opgenomen.

Voor de dagvlinders, libellen en nachtvinders zijn de meetnetdata gebruikt zoals die zijn opgeslagen in de online database van De Vlinderstichting (meetnet.vlinderstichting.nl). Voor de broedvogels zijn de meetnetdata gebruikt zoals die zijn opgeslagen in de online database van Sovon (aantal broedparen/territoria per soort per BMP-plot per jaar; alleen BMP-A plots gebruikt waarin alle broedvogelsoorten worden geteld).

De CTI is berekend voor de volgende perioden:

- Dagvlinders: vanaf de start van het meetnet dagvlinders in 1990 tot en met 2022.
- Libellen: vanaf de start van het meetnet libellen in 1999 tot en met 2022.
- Nachtvinders: vanaf de jaren met de eerste tellingen (2014) tot en met 2022. Dit meetnet loopt nog maar kort en pas vanaf 2018 wordt er op grotere schaal geteld. De resultaten in de eerste jaren zijn daardoor minder betrouwbaar.
- Broedvogels: vanaf de start van het BMP in 1984 tot en met 2022.

De CTI-klimaatindicator per soortgroep voor Nederland is vastgesteld door de gewogen gemiddelde STI per meetlocatie per jaar (de plot-CTI) in een zogenaamd 'mixed-effects' model te stoppen met jaar als 'fixed' variabele en route- of plotnummer als 'random' variabele. Deze bewerkingen zijn uitgevoerd in het programma R version 4.1.2 (R Core Team, 2021), met het package lme4 (Bates et al., 2015).

Daarna is met trimspotter van het CBS (een update van het vroegere trendspotter - <https://www.pbl.nl/modellen/TS-TrendSpotter>) een flexibele trend door de CTI's getrokken.

MSI voor temperatuurvoorkeur

De CTI klimaatindicator geeft wel aan hoe de gemeenschap (community) verandert, maar niet of dit gedreven wordt door het (relatief) talrijker worden van warme, zuidelijke soorten, door het afnemen van koele, noordelijke soorten, of een combinatie van beide. Een oplossing hiervoor kan worden gevonden in het aanvullend maken van Multi Species Indicators (MSI's), voor groepen 'warme, zuidelijke', 'neutrale' en 'koele, noordelijke' soorten. Dit wordt gedaan door de soorten waarvoor betrouwbare soortindexen uit het NEM beschikbaar zijn per soortgroep te verdelen in drie gelijke delen op basis van hun STI (dus evenveel soorten in elk van de drie groepen) op basis van de soortenlijsten uit de meetnetten tot en met 2022. Als er, bijvoorbeeld als gevolg van de klimaatopwarming, nieuwe soorten in Nederland opduiken, zullen de groepen al dan niet moeten worden aangepast, hierover kan t.z.t. gediscussieerd worden. Binnen elke groepen worden vervolgens de afzonderlijke jaarindexen geometrisch gemiddeld.

Dergelijke MSI's worden al volop gebruikt op clo.nl, veel soortgroepindicatoren (waaronder de Living Planet Index, de LPI; Wereld Natuur Fonds, 2023) zijn op precies deze methode gebaseerd.

De soorten binnen broedvogels, dagvlinders, libellen en nachtvlinders kunnen op basis van hun STI verdeeld worden, en met behulp van de soortindexen uit het NEM kunnen de MSI's per groep berekend worden.

De plantentrends zijn alleen beschikbaar als indexen met standaardfout per periode van vier jaar. Daarmee kunnen wel MSI's gemaakt worden, maar de resultaten zullen ook per periode zijn en niet per jaar.

De MSI berekeningen zijn uitgevoerd R version 4.1.2 (R Core Team, 2021) met het Rscript https://www.cbs.nl/-/media/excel/2017/22/msi_30.r van het CBS (Soldaat et al., 2017). Omdat voor vaatplanten de gegevens alleen beschikbaar zijn in perioden van vier jaar, zijn die perioden voor de berekening omgezet naar de jaren 2001-2012. Daarna zijn in de resultaten aan die jaren weer naar de perioden terug vertaald.

CTI klimaatIndicator op basis van opportunistische data

Het aantal soortgroepen waarvoor met bovenstaande methode een CTI klimaatindicator kan worden bepaald is beperkt tot groepen waarvoor een NEM-meetnet is én STI-waarden per soort beschikbaar zijn. Inmiddels is door Lajeunesse & Fourcade (2022) een methode voorgesteld die voortbouwt op die van Devictor et al. (2012), maar juist gebruikt maakt van opportunistische waarnemingen. Daarmee berekenen zij de CTI op continentale schaal voor negen soortgroepen op basis van GBIF data.

Deze methode zou ook voor veel andere soortgroepen in Nederland kunnen werken. Dit wordt getest voor dagvlinders, waarbij de schaal waarmee Lajeunesse & Fourcade (2022) werken moet worden aangepast. Zij werken met cellen van 1 breedte/lengte graad en een straal van 200km, voor Nederland worden de schalen van kilometerhokken en atlasblokken getest. De resultaten worden getoetst aan de resultaten die uit het NEM komen (zie **Update CTI** hierboven). Alle meetnetwaarnemingen zijn voor deze bewerkingen eerst uit de NDFF-dataset verwijderd, om zo volledig onafhankelijke datasets te creëren.

De volgende methodes worden getoetst:

- **Het aantal kilometerhokken per soort per atlasblok.**
Lajeunesse & Fourcade (2022) berekenen de CTI gebaseerd op presence-absence, dus zonder naar aantallen te kijken. Per atlasblok tellen we het

aantal kilometerhokken met een soort (dat kunnen er dus maximaal 25 zijn). We beschouwen dit als de proxy voor abundantie in de CTI berekening.

- **Aantal exemplaren uit opportunistische waarnemingen per atlasblok.**
Lajeunesse & Fourcade (2022) berekenen de CTI gebaseerd op presence-absence, dus zonder naar aantallen te kijken. In dit rapport berekenen we ook de CTI gebaseerd op de opportunistische aantallen. We weten weliswaar niet hoe alle aantallen geteld zijn en of daar veranderingen in de tijd in zitten, maar het gaat ons nu primair om de verhoudingen tussen de soorten.
- **Met deelsets van waarnemingen.**
Voor dagvlinders zijn er veel opportunistische waarnemingen (tegenwoordig zo'n 700.000 per jaar). Om te kijken wat het effect is van (veel) minder waarnemingen kunnen we deze indicatoren ook met een steeds kleiner deel van de waarnemingen berekenen (random 100 maal een steeds kleinere fractie trekken) en zo onderzoeken waar de grens ligt voor een betrouwbare CTI indicator. Dat zal dan ook duidelijk maken voor welke soortgroepen er genoeg data is in de NDFF om deze methode uit te voeren.
Als een bezoek wordt gedefinieerd als een combinatie van een waarnemer en een datum, dan zijn er in het NDFF databestand (exclusief de meetnetwaarnemingen) 1.284.588 bezoeken te onderscheiden. Hiervan zijn 100 maal willekeurige steekproeven genomen van 25% (fraction 0.25), 10% (fraction 0.1) en 1% (fraction 0.01).

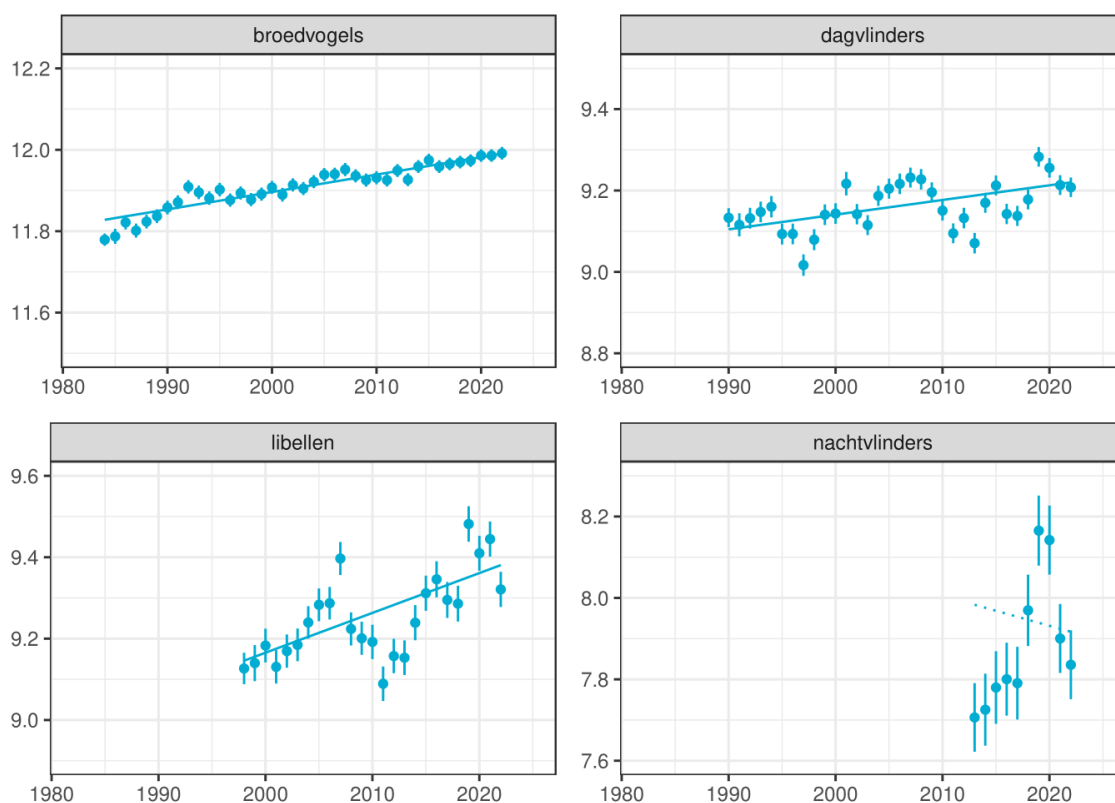
Voor deze bewerkingen is gebruik gemaakt van de data in de NDFF op 3 mei 2023. De CTI-klimaatindicator is vastgesteld met een mixed model met jaar als fixed variabele en het atlasblok als random variabele. Deze bewerkingen zijn uitgevoerd in R version 4.1.2 (R Core Team, 2021) in het package lme4 (Bates et al., 2015).

Resultaten

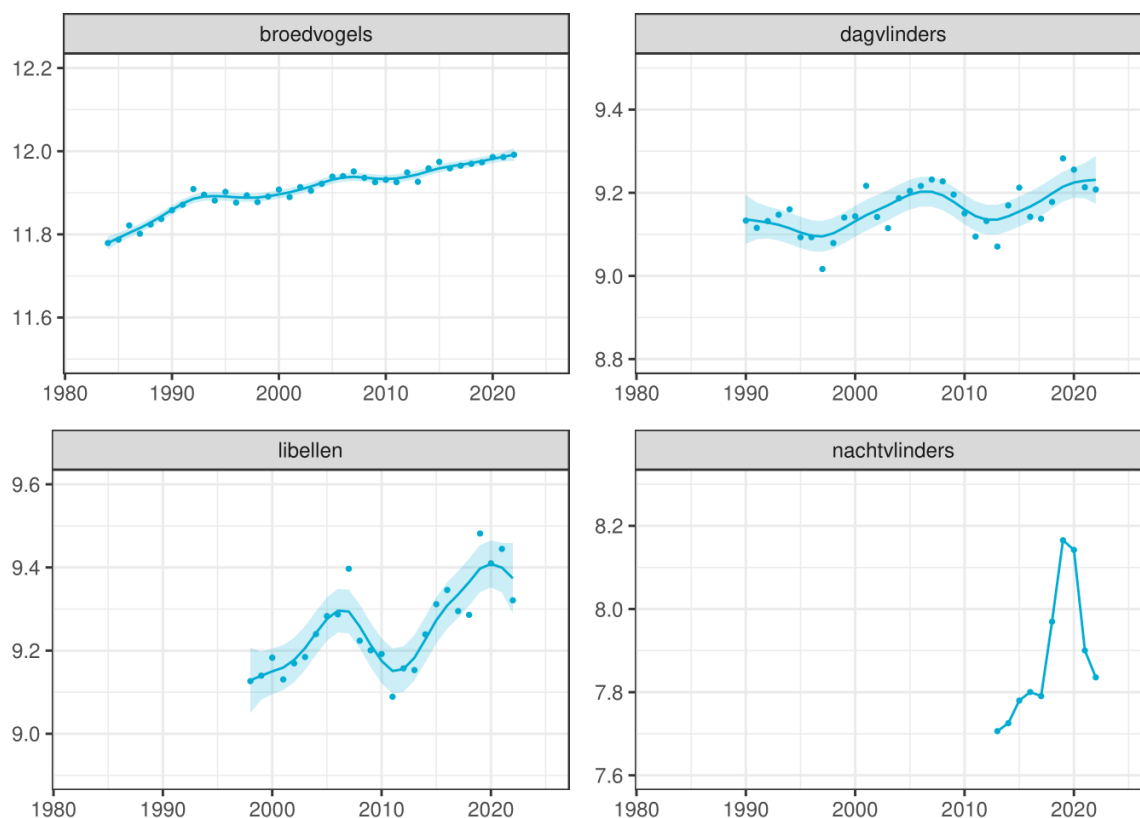
Update Community Temperature Indicator (CTI)

De CTI is berekend voor vier groepen (Figuur 1; Figuur 2):

- Broedvogels: een significant lineaire trend van $0,00427 \pm 0,00016$ °C (se) per jaar ($t=27,14$, $p<0,001$). Perioden van snelle toename en stabilisatie wisselen elkaar af, conform ontwikkelingen in de gemiddelde temperatuur, met in de laatste 5-10 jaren weer een versnelling.
- Dagvlinders: een significant lineaire trend van $0,00361 \pm 0,00031$ °C per jaar ($t=11,493$, $p<0,001$).
- Libellen: een significante lineaire trend van $0,00978 \pm 0,00103$ °C per jaar ($t=9,524$, $p<0,001$), de sterkste stijging onder de vier onderzochte groepen.
- Nachtvinders: een niet significant lineaire trend van $-0,00737 \pm 0,00496$ °C per jaar ($t=-1,482$, n.s.). Dit is echter wel een vertekend beeld, omdat er tussen 2014 en 2018 maar heel weinig telpunten waren wordt de trend vooral beïnvloed door de periode 2018-2022, een periode waarin ook de CTI waarden van de libellen en nachtvinders dalen.



Figuur 1: De CTI klimaatindicator gebaseerd op NEM data voor vier soortgroepen (CTI $\pm$ se in graden Celcius) inclusief de lineaire trend (doorgetrokken lijn=significant; gestippelde lijn=niet significant). De y-as verschilt per soortgroep, maar overspant wel dezelfde range.



Figuur 2: De CTI klimaatindicator gebaseerd op NEM data voor vier soortgroepen (CTI $\pm$ se in graden Celcius) alsmede de flexibele trend (en betrouwbaarheidsinterval) volgens het trimspotter algoritme van het CBS. De y-as verschilt per soortgroep, maar overspant wel dezelfde range.

In alle groepen fluctueert de CTI, maar in Figuur 2 valt op dat broedvogels, dagvlinders en libellen een piek lijken te hebben in 2007/2008 (volgend op de warme jaren 2006 en 2007), een dal rond 2011 (volgend op het relatief koele 2010) en dagvlinders, nachtvinders en libellen vervolgens weer een piek in 2019 (volgend op de extreem hete en droge 2018).

MSI voor temperatuurvoorkeur

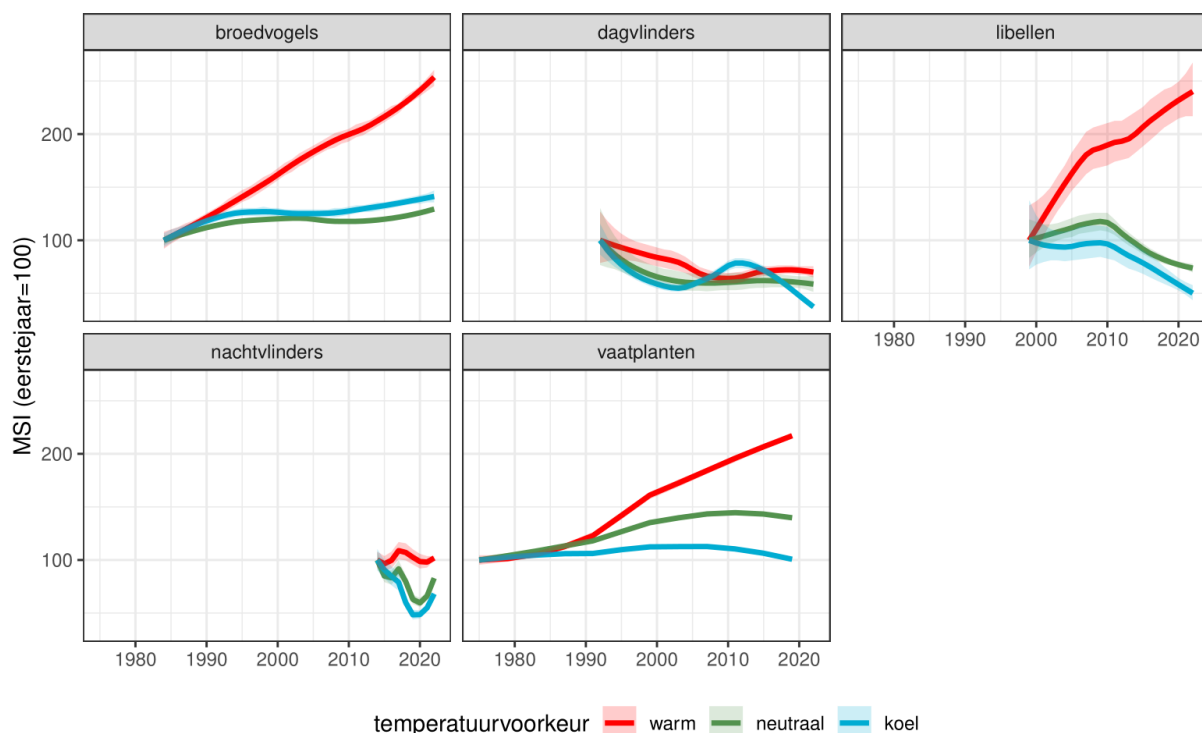
Voor alle soorten waarvoor indexen beschikbaar waren uit het NEM zijn die toegedeeld aan de drie groepen op basis van temperatuurvoorkeur, waarbij ongeveer drie even grote groepen per soortgroep zijn gemaakt. De grenswaarden verschillen daardoor per soortgroep. Tabel 1 toont de q33 en q67 waarden (de grenswaarden tussen respectievelijk koel/neutral en neutral/warm) alsmede het aantal soorten per groep. Dit zijn niet altijd drie precies even grote groepen, omdat er soorten zijn met exact dezelfde STI.

Tabel 1: Per soortgroep de waarden voor het splitsen van de soorten in warme, neutrale of koele soorten. De rechtse kolommen geven het aantal soorten per deelgroep.

Soortgroep	Grenswaarden		Aantal soorten		
	q33	q67	warm	neutraal	koel
dagvlinders	8,57	9,22	17	17	17
Libellen	7,75	10,2	21	22	21
nachtvinders	7,01	7,9	95	96	96
broedvogels	11,8	12,9	62	52	61
vaatplanten	7,97	9,38	379	379	379

Bij alle soortgroepen neemt de MSI voor de soorten met een voorkeur voor warme omstandigheden relatief sterker toe dan voor de andere twee deelgroepen (Figuur 3). Warme soorten doen het dus bij alle soortgroepen en ook in (bijna) de gehele periode beter dan neutrale en koele soorten.

Soorten met een voorkeur voor koele omstandigheden hebben een MSI die voor libellen, nachtvlinders en vaatplanten relatief het sterkste daalt: deze soorten doen het slechter dan neutrale en veel slechter dan warme soorten. Alleen voor broedvogels is dit niet zo, en doen neutrale soorten het (iets) slechter dan koele soorten. Voor koele soorten is opvallend genoeg gemiddeld niet eens van een afname sprake bij broedvogels en vaatplanten.

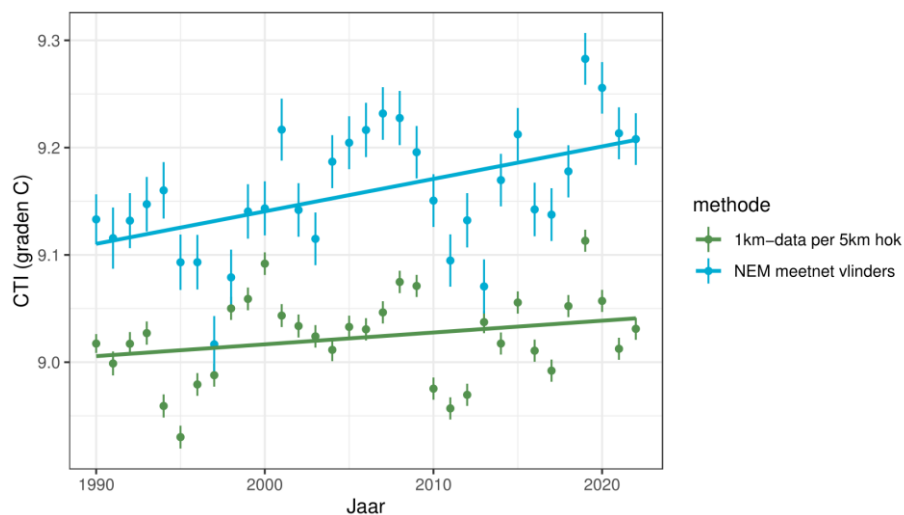


Figuur 3: MSI per soortgroep voor soorten met een voorkeur voor warme, neutrale en koele omstandigheden. Voor vaatplanten wordt het eerste jaar van de periode van vier jaar gebruikt in de grafiek.

CTI klimaatindicator op basis van opportunistische data

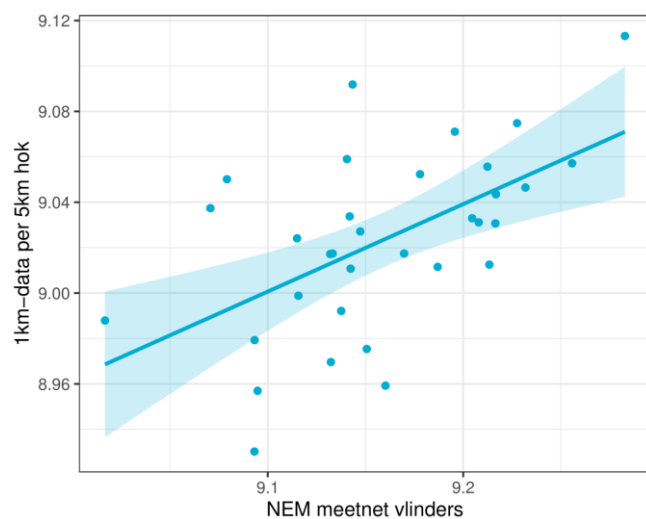
Het aantal kilometerhokken per soort per atlasblok.

De toename in de CTI klimaatindicator op basis van het aantal kilometerhokken met waarnemingen per atlasblok per soort (presence-absence per kilometerhok per atlasblok) in de NDFF vanaf 1990 is zwakker dan op basis van de data uit het NEM meetnet vlinders (Figuur 4): $0,00109 \pm 0,00012$ °C (se, $t=8,853$, $p<0,001$) per jaar tegen $0,00361 \pm 0,00031$ °C (se, $t=11,493$, $p<0,001$) per jaar uit NEM data.



Figuur 4: CTI klimaatindicator voor dagvlinders op basis van gestructureerde NEM data en op basis van presence-absence per kilometerhok over alle 5x5km hokken.

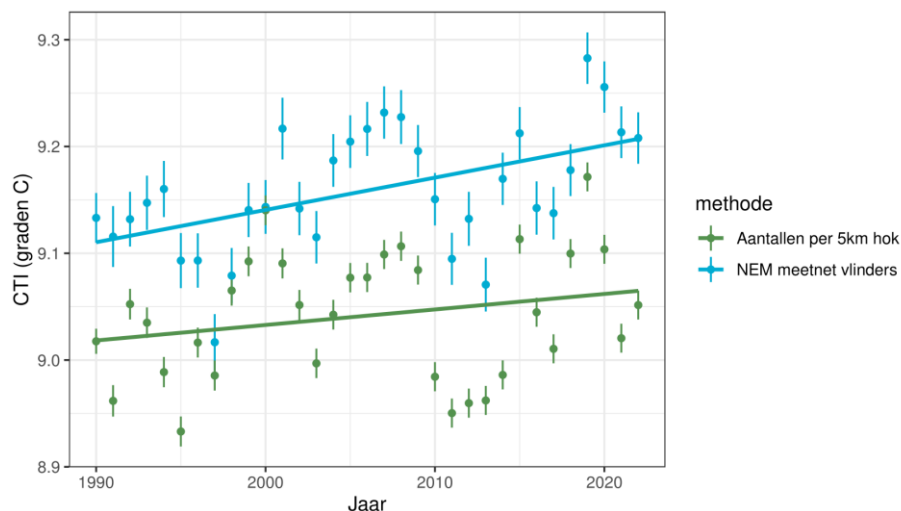
De pieken en dalen lijken ook niet goed overeen te komen. Als de jaarcijfers uit beide reeksen in één grafiek tegen elkaar uit worden gezet (Figuur 5) dan is er weliswaar een significant verband ($0,8107 \pm 0,2161$, $t=3,751$, $p<0,001$), maar met een relatief lage R^2 van 0,3122.



Figuur 5: CTI klimaatindicatorwaarden uit het NEM meetnet vlinders en op basis van presence-absence van opportunistische waarnemingen tegen elkaar uitgezet.

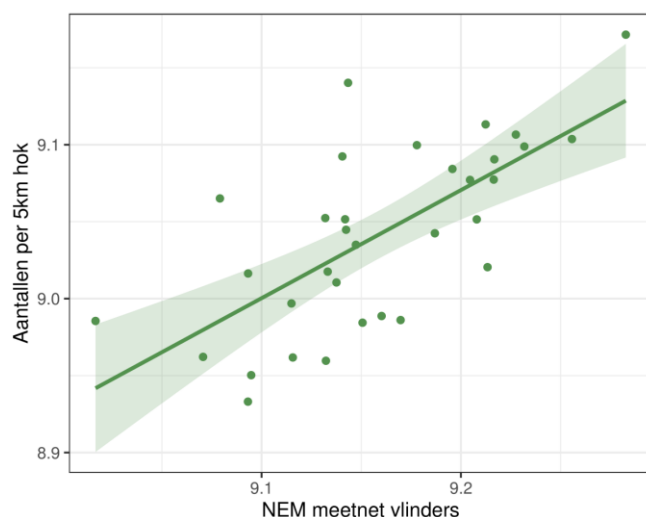
Aantal exemplaren uit opportunistische waarnemingen per atlasblok.

De toename in de CTI klimaatindicator op basis van het aantal gemelde vlinders per soort per atlasblok in de NDFF vanaf 1990 is zwakker dan op basis van de data uit het NEM meetnet vlinders (Figuur 6): $0,00137 \pm 0,00016^\circ\text{C}$ ($t=8,384$, $p<0,001$) per jaar tegen $0,00361 \pm 0,00031^\circ\text{C}$ ($t=11,493$, $p<0,001$) per jaar uit NEM data, maar wel sterker dan op basis van het aantal kilometerhokken met waarnemingen per atlasblok.



Figuur 6: CTI klimaatindicator voor dagvlinders op basis van gestructureerde NEM data en op basis van gemelde aantallen per 5x5km hok.

De pieken en dalen in jaarcijfers lijken in dit geval ook beter overeen te komen. Als beide waarden in één grafiek worden gezet (Figuur 7 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) dan is er een beter (en ook significant) verband dan met presence-absence per kilometerhok: $0,6774 \pm 0,1277$ ($t=5,303$, $p<0,001$), en met een hogere R^2 van 0,4757.

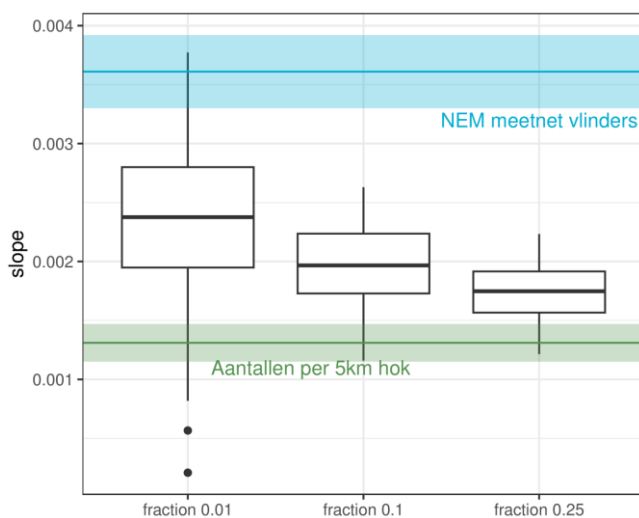


Figuur 7: CTI klimaatindicatorwaarden uit het NEM meetnet vlinders en op basis van gemelde aantallen in opportunistische waarnemingen tegen elkaar uitgezet.

De beste methode met minder waarnemingen.

Zoals hierboven getoond komt de methode met het aantal exemplaren uit opportunistische waarnemingen per atlasblok dicht bij de CTI uit monitoring waarnemingen dan de methode die gebaseerd is op presence-absence per kilometerhok per atlasblok. Er wordt daarom verder gerekend met die methode.

Als we de drie onderzochte fracties bekijken, blijkt (Figuur 8) dat met 25% van de bezoeken de helling van de CTI nog dicht bij die van Figuur 4 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** ligt, maar dat de fracties van 10 en zeker die van 1% fors daarvan afwijken (bij die laatste zitten zelfs dalende lijnen). Hoe dan ook zijn ze bijna allemaal kleiner dan de CTI slope uit het NEM meetnet vlinders (Figuur 1). Wel liggen ze dicht bij de hellingshoek dan als alle data gebruikt worden. Ook liggen ze dicht bij de hellingshoek uit het NEM naarmate de fractie kleiner is. Het is niet duidelijk waarom dit zo is.



Figuur 8: Verdeling van 100 trends over de CTI voor dagvlinders bij verschillende fracties van het totaal aantal bezoeken. In een blauwe band is de CTI $\pm$ se gegeven van de CTI-trend met NEM data (Figuur 1), in een groene band de CTI $\pm$ se van de aantallen per 5km hok (Figuur 6).

Discussie

Update Community Temperature Indicator (CTI)

Het berekenen van de CTI is eenvoudig en snel uit te voeren. Eerder hebben Devictor et al. (2008) al laten zien dat de hoogte van de Species Temperature Index (STI) weinig effect heeft op de trend, en dat zelfs het omzetten van aantalstellingen naar presence-absence weliswaar invloed heeft op de hellingshoek van de CTI, maar niet op de significantie van het resultaat. Wel leiden verschillende manieren van het vaststellen van de STI per soortgroep (bv. gemiddelde temperatuur van het hele jaar versus gemiddelde temperatuur van het broedseizoen, of over het hele areaal dan wel alleen het Europese deel daarvan) tot verschillende hoogtes van de CTI (zie bijvoorbeeld Figuur 9, waarin de lijn voor de broedvogels – gebaseerd op de gemiddelde temperatuur in de broedtijd – veel hoger ligt dan die voor dagvlinders en libellen; de STI voor nachtvlinders is op een andere manier berekend, wat in het algemeen leidt tot lagere STI waarden en dus tot een lager liggende lijn voor de CTI voor nachtvlinders).

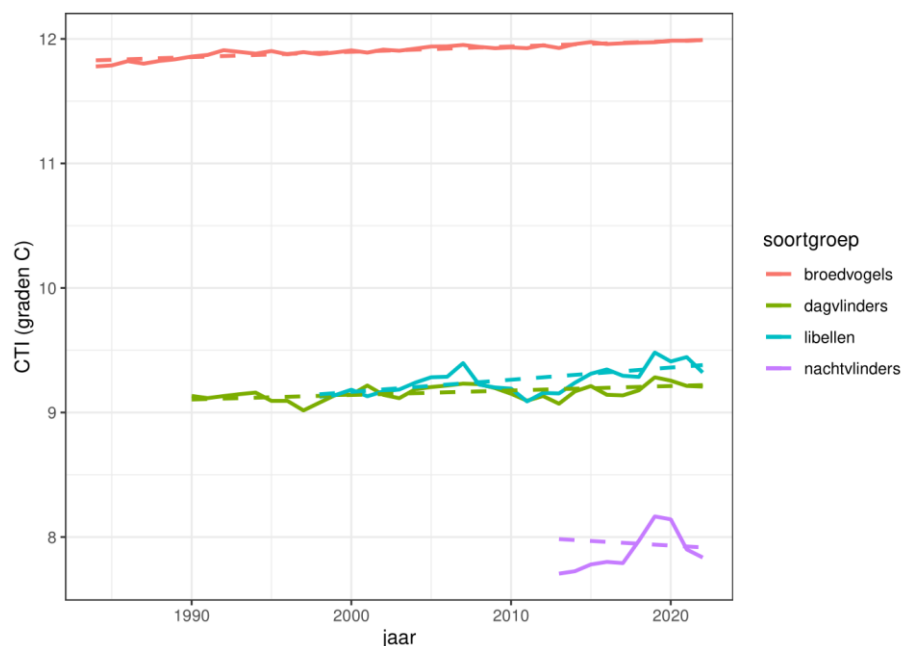
De resultaten voor broedvogels, dagvlinders en libellen sluiten hierbij aan en laten een gestaag en significant oplopende trend in de CTI zien, zij het met fluctuaties. De CTI voor langlevende organismen (hier de broedvogels) vertoont beduidend minder jaarvariatie dan die voor kortlevende en koudbloedige groepen als dagvlinders en libellen (Figuur 1). Dit maakt de indicator ook gevoelig, en dat is een sterk punt. De fluctuaties in de CTI voor dagvlinders, libellen en nachtvlinders lopen min of meer synchroon, al hebben nachtvlinders nog maar een korte tijdreeks in het meetnet; de meeste telpunten worden pas na 2018 geteld. De niet significante, dalende trend die bij dit meetnet te zien is, is na 2018 ook te zien bij de dagvlinders en libellen, vermoedelijk een gevolg van de reeks droge zomers na dit jaar. Extreem droge zomers kunnen zodoende het effect van temperatuur overtreffen, want ook na 2018 waren er warme tot zeer warme zomers.

Ondanks de flinke fluctuaties zijn de stijgingen van de CTI ook bij dagvlinders en libellen significant. Libellen zijn bovendien veel mobieler dan dagvlinders, en de stijging van de CTI is bij deze groep dan ook het sterkst: zuidelijke soorten komen snel en makkelijk naar het noorden en koloniseren Nederland.

Overigens betekent de daling na 2018 niet dat de CTI ineens van richting veranderd is voor deze insectengroepen, het valt binnen de aantalsfluctuaties die insecten hebben en die ook al eerder zijn opgetreden (bv. met een dip in de CTI tussen 2010 en 2013, overigens gevolgd door een sterke toename tot 2018). De daling bij enkele soortgroepen na 2018 is vermoedelijk vooral te wijten aan de reeks van droge zomers.

Nieuw verschijnende soorten (meestal warmteminnende opportunisten uit het zuiden) kunnen zonder problemen meedraaien in de CTI: de STI is voor alle Europese soorten bekend, en in de CTI berekening is het geen probleem om nieuw opduikende soorten mee te nemen.

In het volgende hoofdstuk wordt een voorstel voor een CTI indicator gepresenteerd met een begeleidende tekst.



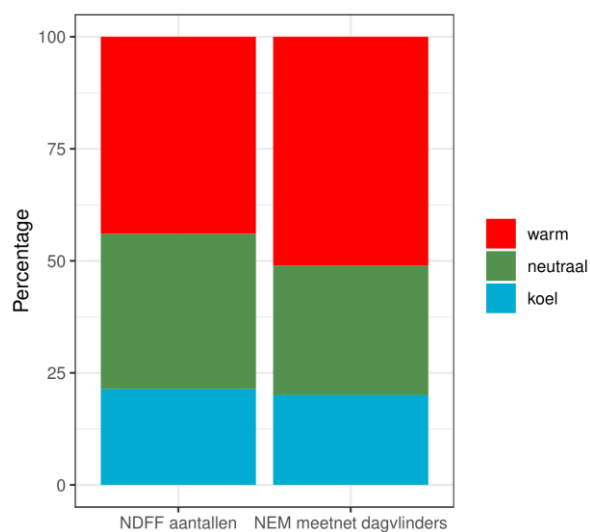
Figuur 9: De CTI klimaatindicator gebaseerd op NEM data voor vier soortgroepen.

MSI voor temperatuurvoorkeur

De MSI voor vijf soortgroepen, uitsplitst naar de temperatuurvoorkeur per groep, laat bij alle groepen de meest stijgende (of minst dalende) lijn zien voor de soorten met een voorkeur voor hoge temperaturen (Figuur 3). Bij broedvogels, libellen en vaatplanten is het verschil met neutrale en koele soorten ook erg groot: warme soorten doen het gemiddeld veel beter dan neutrale en koele soorten. De korte tijdreeksen voor de nachtvinders laat overigens ook al zo'n tendens zien. Bij de dagvlinders gaan alle lijnen naar beneden, en doen warmteminnende soorten het weliswaar duidelijk minder slecht dan neutrale en koele soorten, maar de trend neemt desondanks af. Voor dagvlinders zijn andere drukfactoren (met name stikstofdepositie) blijkbaar ook van groot belang, en waarschijnlijk van relatief groter belang dan voor de andere soortgroepen.

De MSI lijnen bieden ook een eenvoudige en snelle manier om het overkoepelende effect van klimaatopwarming op planten en dieren te laten zien, omdat ze de respons van vele individuele soorten integreren op het niveau van de hele gemeenschap. Voordeel is dat er onderscheid te maken valt tussen de snelheid van het toenemen van warme soorten en de eventuele achteruitgang van koele soorten. Bovendien wordt de methode van het berekenen van de MSI's ook al in veel andere indicatoren op clo.nl toegepast. Nadeel is dat er niet één lijn als resultaat is.

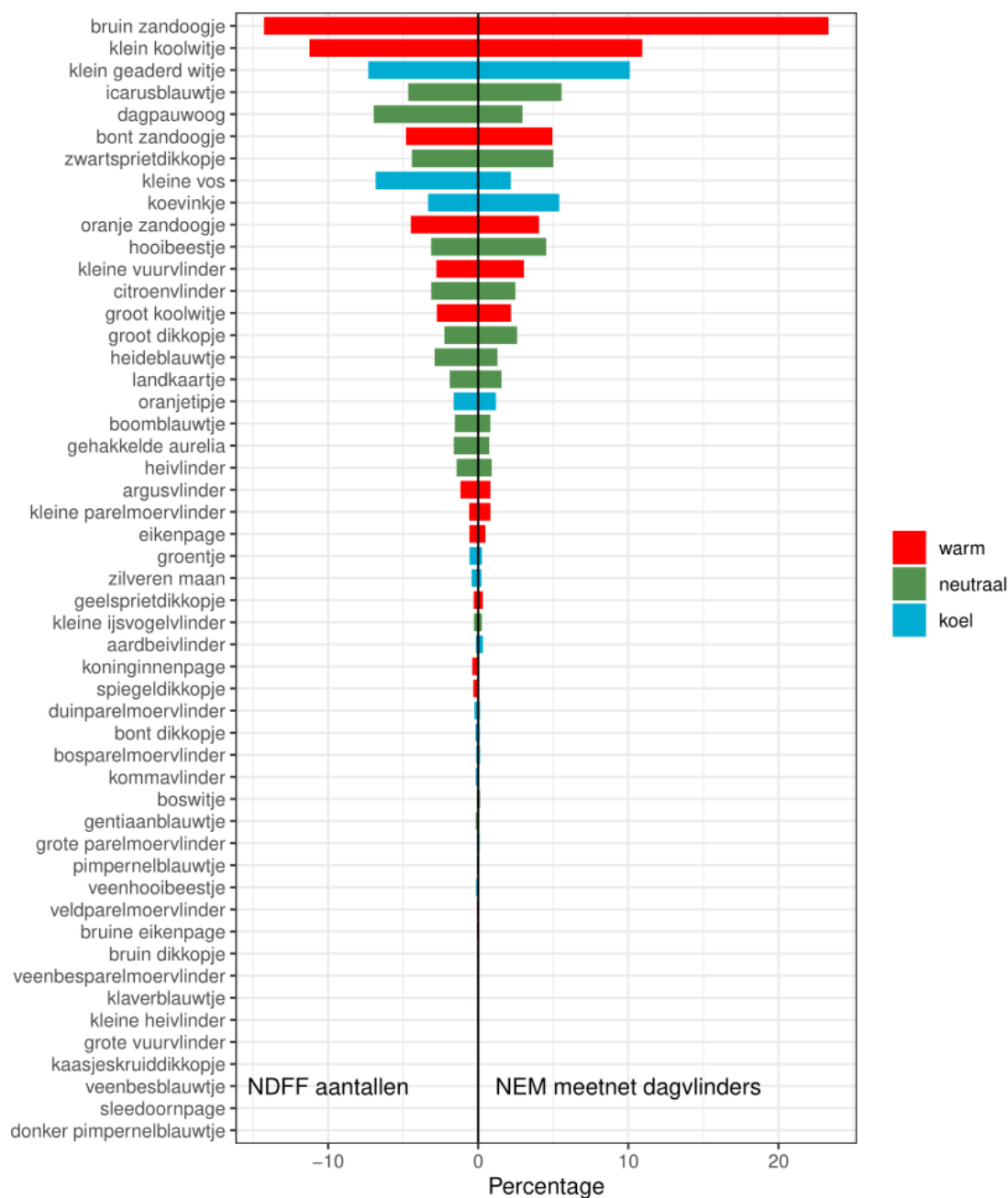
De verdeling van de soorten over de drie groepen is gedaan met de soorten waarvoor tot en met 2022 trends en indexen beschikbaar waren. In de toekomst zullen nieuwe, warmteminnende soorten Nederland steeds vaker koloniseren waardoor het aantal soorten in die groep langzaam zal groeien. Als alternatief kunnen de groepen opnieuw vastgesteld worden.



Figuur 10: Verhouding tussen het aantal vlinders, verdeeld naar warme, neutrale en koele soorten, in de NDFF (NDFF aantallen) en het NEM meetnet dagvlinders.

CTI klimaatIndicator op basis van opportunistische data

Zowel via het aantal kilometerhokken per soort per atlasblok als via het aantal exemplaren uit opportunistische waarnemingen per atlasblok is de trend voor de CTI duidelijk zwakker dan voor berekeningen gemaakt met NEM-meetnetdata (bij presence-absence data het zwakst). Dit betekent dat warme soorten relatief te weinig worden doorgegeven in de losse waarnemingen in vergelijking met het NEM meetnet dagvlinders, waar per definitie alle vlinders geteld worden (Figuur 10).



Figuur 11: Verhouding tussen het aantal vlinders per soort, verdeeld naar warme, neutrale en koele soorten, in de NDFF (NDFF aantallen) en het NEM meetnet dagvlinders.

Kijken we per soort dan zien we dat vooral het bruin zandoogje, een 'warme' soort, relatief weinig wordt doorgegeven in losse waarnemingen in de NDFF (Figuur 11). Een 'koele' soort als de kleine vos wordt juist relatief veel doorgegeven in losse waarnemingen. Dit zijn vermoedelijk de belangrijkste oorzaken voor het feit dat de CTI waarden uit de berekening met losse waarnemingen uit de NDFF lager ligt dan die met NEM meetnet dagvlinders data.

Daarnaast is de trend van de CTI gebaseerd op losse waarnemingen uit de NDFF minder sterk dan die gemaakt is met NEM meetnet dagvlinders data. Aantalsveranderingen worden in losse waarnemingen dus minder goed opgemerkt. Bovendien is er tussen 1990 en 2022 een flinke verandering opgetreden in de manier waarop waarnemers hun waarnemingen doorgeven (Van Swaay, 2023): van 10-15 waarnemingen per bezoek rond 1990, naar rond de twee waarnemingen per bezoek tegenwoordig. Dit wordt vermoedelijk vooral veroorzaakt door nieuwe manieren van invoer (rond 2000 de opkomst van de smartphone met apps) en meer recent de invoering van Obsidentify, waarin heel veel waarnemers maar één waarneming doorgeven. Binnen het NEM meetnet dagvlinders worden in deze periode altijd alle vlinders geteld, en treedt dit verschijnsel niet op.

Deze veranderde manier van het doorgeven van losse waarnemingen zal vermoedelijk ook bij andere soortgroepen gebeuren, daar is Obsidentify vaak nog veel populairder dan bij dagvlinders (die vaak met enige oefening goed op naam te brengen zijn en waar obsidentify relatief slecht presteert). Zeker als er nog minder waarnemingen zijn dan bij dagvlinders, kan dit tot een serieuze bron van fouten leiden in het bepalen van de trend in de CTI (al zullen zuidelijke nieuwkomers juist vaak gemeld worden).

Conclusies

- De CTI berekeningen voor broedvogels, dagvlinders, nachtvinders en libellen zijn eenvoudig met beschikbare NEM data uit te voeren. Omdat de methode van dataverzameling al die tijd ongewijzigd is gebleven, leveren deze NEM data de meest betrouwbare en meest gevoelige schattingen op van de verandering van de CTI.
- In de meeste gevallen is het met name de sterke toename van warmteminnende soorten die leidt tot de stijging van de CTI. Dit blijkt uit de berekeningen van de MSI voor groepen soorten met een verschillende temperatuurvoorkeur. Waar de MSI voor warmteminnende soorten daalt (bij de dag- en nachtvinders) daalt de MSI voor neutrale en koele soorten nog harder.
- NDFF data lenen zich maar zeer beperkt voor het vaststellen van de veranderingen in de CTI. Dit komt met name doordat juist sommige algemene soorten vaak niet of niet compleet geteld worden. Maar voor de veranderingen van de CTI in de tijd speelt daar de veranderde voorkeur van waarnemers doorheen. Bovendien resulteren de aantalsgegevens uit het NEM een veel gevoeliger en representatievere maat op voor veranderingen in temperatuurvoorkeur dan de presence/absence data uit de NDFF. We raden dan ook aan deze hooguit te gebruiken voor soortgroepen waarvoor geen abundantiegegevens beschikbaar zijn uit (gestandaardiseerde) NEM-meetnetten.

In het volgende hoofdstuk wordt een voorstel gedaan voor een CLO-indicator, gebaseerd op de NEM meetnet data: allereerst een die gebaseerd is op de CTI, en een die gebaseerd is op de MSI.

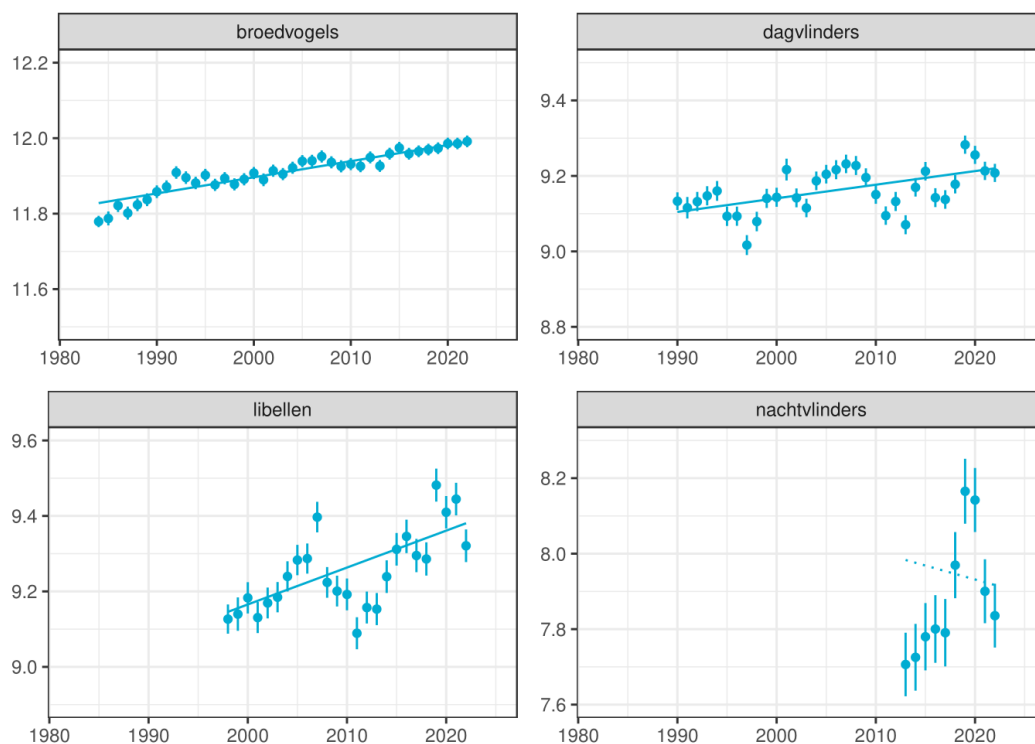
Voorstel voor CTI indicator

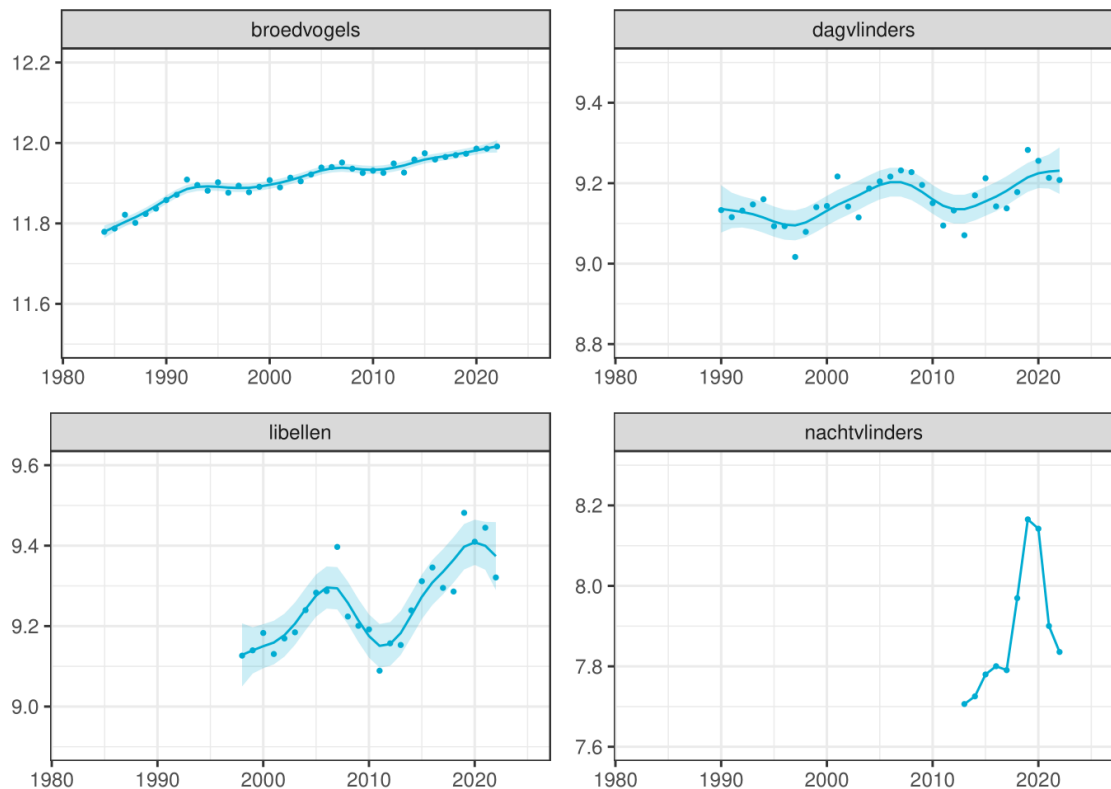
Header	
Trefwoorden	Klimaat biodiversiteit klimaatverandering dagvlinders nachtvlinders vlinders broedvogels vogels libellen
Auteur	Chris van Swaay, Roy van Grunsven, Gerdien Bos, Jurriën van Deijk, Chris van Turnhout, Laurens Sparrius
Redacteur	
Laatste datajaar	2022
Opmerkingen	

Effect klimaatverandering op dieren, 1984-2022

De samenstelling van de Nederlandse broedvogel-, vlinder- en libellenfauna laat relatief steeds meer zuidelijke, warmteminnende soorten zien, ten koste van koele, noordelijke soorten.

<<Onderstaande grafieken kunnen zo nodig ook los geleverd worden. Overwogen kan worden de nachtvlinders hieruit te laten, omdat de reeks nog erg kort is. >>





Toelichting bij de grafieken

De grafieken geven voor vier diergroepen (broedvogels, dagvlinders, nachtvinders en libellen) informatie over de veranderingen in de samenstelling van de gemeenschappen. Dit wordt weergegeven als de Community Temperature Index (CTI). Deze klimaatindicator toont de gewogen gemiddelde STI (Species Temperature Index) voor alle exemplaren van soorten in ieder meetpunt voor ieder jaar afzonderlijk, waar de STI de gemiddelde temperatuur van alle vindplaatsen binnen de Europese range van de soort is (voor broedvogels de temperatuur in de broedtijd). Talrijkere soorten tellen dus zwaarder mee in de CTI-klimaatindicator dan zeldzame soorten.

Voor langlevende organismen (als broedvogels) stijgt de lijn geleidelijker dan voor kortlevende insecten. Die reageren snel op veranderingen, en kunnen in sommige jaren veel talrijker zijn dan andere jaren.

Referenties

- Devictor, V.; Julliard, R.; Couvet, D. & Jiguet, F. (2008): Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings / Royal Society of London. Biological Sciences* 275 (1652), 2743-2748
- Devictor, V.; Swaay, C. van; Brereton, T.; Brotons, L.; Chamberlain, D.; Heliölä, J.; Herrando, S.; Julliard, R.; Kuussaari, M.; Lindström, A.; Reif, J.; Roy, D.B.; Schweiger, O.; Settele, J.; Stefanescu, C.; Strien, A. van; Van Turnhout, C.; Vermouzek, Z.; WallisdeVries, M.; Wynhoff, I. & Jiguet, F. (2012): Differences in the climate debts of birds and butterflies at a continental scale. - *Nature Climate Change* 2, 121–124
- Swaay, C. van; Turnhout, C. van; Sparrius, L.; Grunsvén, R. van; Deijk, J. van; Strien, A. van & Doornbos, S. (2018): Hoe onze flora en fauna veranderen door klimaatverandering. - *De Levende Natuur* 119 (6), 256-259

Naam van het gegeven	Effect klimaatverandering op dieren
Omschrijving	De grafieken geven voor vier diergroepen (broedvogels, dagvlinders, nachtvinders en libellen) informatie over de veranderingen in de samenstelling van de fauna. Dit wordt weergegeven als de Community Temperature Index (CTI). Deze klimaatindicator toont de gewogen gemiddelde STI (Species Temperature Index) voor alle exemplaren van soorten in ieder meetpunt voor ieder jaar afzonderlijk, waar de STI de gemiddelde temperatuur van alle vindplaatsen binnen de range van de soort is (voor broedvogels de temperatuur in de broedtijd). Talrijkere soorten tellen dus zwaarder mee in de CTI-klimaatindicator dan zeldzame soorten.
Verantwoordelijk instituut	De Vlinderstichting, Sovon
Berekeningswijze	Voor deze indicator wordt gebruik gemaakt van de gestandaardiseerde meetnetten van broedvogels, dagvlinders, nachtvinders en libellen in het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM). Daarnaast is voor elke soort de gemiddelde temperatuur van alle vindplaatsen binnen de range van de soort gebruikt (voor broedvogels de temperatuur in de broedtijd): de Species Temperature Index (STI). Daarmee wordt de Community Temperature Index (CTI) berekend. Deze klimaatindicator toont de gewogen gemiddelde STI voor alle exemplaren van soorten in ieder meetpunt voor ieder jaar afzonderlijk, en laat zo de veranderingen in de samenstelling van onze fauna zien in de richting van steeds meer zuidelijke, warmteminnende soorten.
Basistabel	
Geografisch verdeling	Nederland
Andere variabelen	
Verschijningsfrequentie	Jaarlijks
Achtergrondliteratuur	
Opmerking	
Betrouwbaarheidscodering	

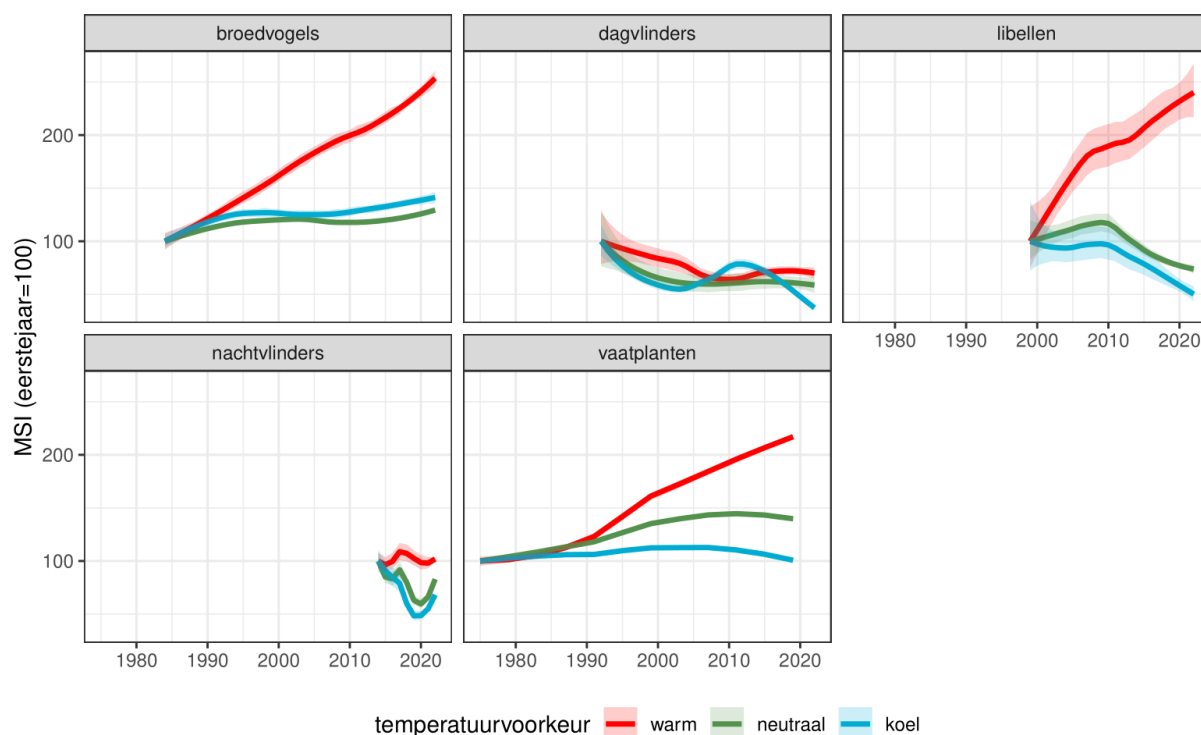
Voorstel voor indicator invloed klimaatverandering op koelte- en warmteminnende dieren en planten

Header	
Trefwoorden	Klimaat biodiversiteit klimaatverandering dagvlinders nachtvlinders vlinders broedvogels vogels libellen
Auteur	Chris van Swaay, Roy van Grunsven, Gerdien Bos, Jurriën van Deijk, Chris van Turnhout, Laurens Sparrius
Redacteur	
Laatste datajaar	2022
Opmerkingen	

Invloed klimaatverandering op koelte- en warmteminnende dieren en planten 1984-2022

Warmteminnende broedvogels, dagvlinders, libellen, nachtvlinders en vaatplanten laten een veel positievere (of minder negatieve) trend zien dan neutrale of koelteminnende soorten.

<<Onderstaande grafieken kunnen zo nodig ook los geleverd worden. Overwogen kan worden de nachtvlinders hieruit te laten, omdat de reeks nog erg kort is. >>



Toelichting bij de grafieken

De grafieken geven voor vier diergroepen (broedvogels, dagvlinders, nachtvlinders en libellen) en vaatplanten informatie over de veranderingen van warmte- en koelteminnende soorten. Alle soorten uit deze groepen waarvoor binnen het Netwerk Ecologische Monitoring een trend is vastgesteld, zijn verdeeld in drie gelijke groepen op basis van hun STI (Species Temperature Index), waarin de STI de

gemiddelde temperatuur van alle vindplaatsen binnen de Europese range van de soort is (voor broedvogels de temperatuur in de broedtijd).

Bij alle soortgroepen neemt de MSI voor de soorten met een voorkeur voor warme omstandigheden relatief sterker toe dan voor de andere twee deelgroepen.

Warme soorten doen het dus bij alle soortgroepen en ook in (bijna) de gehele periode beter dan neutrale en koele soorten.

Soorten met een voorkeur voor koele omstandigheden hebben een MSI die voor libellen, nachtvlinders en vaatplanten relatief het sterkste daalt: deze soorten doen het slechter dan neutrale en veel slechter dan warme soorten. Alleen voor broedvogels is dit niet zo, en doen neutrale soorten het (iets) slechter dan koele soorten. Voor koele soorten is opvallend genoeg gemiddeld niet eens van een afname sprake bij broedvogels en vaatplanten.

Referenties

- Devictor, V.; Swaay, C. van; Brereton, T.; Brotons, L.; Chamberlain, D.; Heliölä, J.; Herrando, S.; Julliard, R.; Kuussaari, M.; Lindström, A.; Reif, J.; Roy, D.B.; Schweiger, O.; Settele, J.; Stefanescu, C.; Strien, A. van; Van Turnhout, C.; Vermouzek, Z.; WallisdeVries, M.; Wynhoff, I. & Jiguet, F. (2012): Differences in the climate debts of birds and butterflies at a continental scale. - *Nature Climate Change* 2, 121–124
- Swaay, C. van; Turnhout, C. van; Sparrius, L.; Grunsven, R. van; Deijk, J. van; Strien, A. van & Doornbos, S. (2018): Hoe onze flora en fauna veranderen door klimaatverandering. - *De Levende Natuur* 119 (6), 256-259

Naam van het gegeven	Effect klimaatverandering op dieren
Omschrijving	De grafieken geven voor vier diergroepen (broedvogels, dagvlinders, nachtvlinders en libellen) en vaatplanten informatie over de veranderingen van warmte- en koelteminnende soorten.
Verantwoordelijk instituut	De Vlinderstichting, Sovon, Floron
Berekeningswijze	Voor deze indicator wordt gebruik gemaakt van de gestandaardiseerde meetnetten van broedvogels, dagvlinders, nachtvlinders, libellen en vaatplanten in het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM). Daarnaast is voor elke soort de gemiddelde temperatuur van alle vindplaatsen binnen de range van de soort gebruikt (voor broedvogels de temperatuur in de broedtijd): de Species Temperature Index (STI). Daarmee zijn alle soorten per diergroep in drie even grote groepen verdeeld: warmteminnende, neutrale en koelteminnende soorten. Per groep is een Multispecies Indicator berekend met behulp van de MSI tool van het CBS (https://www.cbs.nl/nl-nl/maatschappij/natuur-en-milieu/indexen-en-trends--trim--/msi-tool).
Basistabel	
Geografisch verdeling	Nederland
Andere variabelen	
Verschijningsfrequentie	Jaarlijks
Achtergrondliteratuur	
Opmerking	
Betrouwbaarheidscodering	

Literatuur

- Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S (2015). "Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4." *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. doi:10.18637/jss.v067.i01.
- Devictor, V.; Julliard, R.; Couvet, D. & Jiguet, F. (2008): Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings / Royal Society of London. Biological Sciences* 275 (1652), 2743-2748
- Devictor, V.; Swaay, C. van; Brereton, T.; Brotons, L.; Chamberlain, D.; Heliölä, J.; Herrando, S.; Julliard, R.; Kuussaari, M.; Lindström, A.; Reif, J.; Roy, D.B.; Schweiger, O.; Settele, J.; Stefanescu, C.; Strien, A. van; Van Turnhout, C.; Vermouzek, Z.; WallisdeVries, M.; Wynhoff, I. & Jiguet, F. (2012): Differences in the climate debts of birds and butterflies at a continental scale. - *Nature Climate Change* 2, 121–124
- Lajeunesse, A. & Fourcade, Y. (2022): Temporal analysis of GBIF data reveals the restructuring of communities following climate change. *Journal of Animal Ecology*, [1-12], DOI: 10.1111/1365-2656.13854
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sparrius, L.B., Top, G.G. van den & Swaay, C.A.M. van (2019): An approach to calculate a Species Temperature Index for flora based on open data. - *Gorteria, Dutch Botanical Archives* 40, 2018:73-78
- Soldaat, L.L., J. Pannekoek, R.J.T. Verweij, C.A.M. van Turnhout & A.J. van Strien. 2017. A Monte Carlo method to account for sampling error in multi-species indicators. *Ecological Indicators*.
- Schweiger, O.; Harpke, A.; Wiemers, M.; Settele, J. (2014): CLIMBER: Climatic niche characteristics of the butterflies in Europe. - *ZooKeys* 367, 65-84
- Swaay, C. van; Turnhout, C. van; Sparrius, L.; Grunsvan, R. van; Deijk, J. van; Strien, A. van & Doornbos, S. (2018): Hoe onze flora en fauna veranderen door klimaatverandering. - *De Levende Natuur* 119 (6), 256-259
- Swaay, C. van (2023). Veranderingen bij het doorgeven van waarnemingen. *Vlinders* 3: 10-11.
- Top, G.G. van den (2017): Temperatuurniche en trend van nachtvlinders en de temperatuurniche van libellen. Rapport SV2017.05, De Vlinderstichting, Wageningen
- Wereld Natuur Fonds (2023). Living Planet Report Nederland. Kiezen voor natuurherstel. WWF-NL, Zeist.