

Pilot N-indicator Vlinders

Toepassing in Kennemerland-Zuid



Pilot N-indicator Vlinders

Toepassing in Kennemerland-Zuid



Pilot N-indicator Vlinders: Toepassing in Kennemerland-Zuid

Tekst

Michiel Wallis de Vries, Chris van Swaay & Henk de Vries

Rapportnummer

VS2016.17

Projectnummer

P2015.124

Productie

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

Opdrachtgever

Provincie Noord-Holland

Deze publicatie kan worden geciteerd als

Wallis de Vries, M.F., Van Swaay, C.A.M. & De Vries, H.H. (2016). *Pilot N-indicator Vlinders: toepassing in Kennemerland-Zuid*. Rapport VS2016.017, De Vlinderstichting, Wageningen.

Trefwoorden

Stikstofdepositie, PAS, dagvlinders, monitoring, herstelmaatregelen, natuurbeheer, duinen

December 2016



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

Samenvatting	5
1 Inleiding.....	7
Aanleiding	7
N-indicator Vlinders	8
Doelstellingen.....	9
2 Werkwijze.....	10
Vlinderstand	10
Toepassing N-indicator.....	10
3 Vlinderstand Kennemerland-Zuid	12
Werkwijze.....	12
Resultaten	12
4 Methodologische ontwikkeling	14
Basisprincipe van de stikstofindicator.....	14
Vergelijking van methoden	15
Samenvattend	17
5 Gevoeligheidsanalyse	18
Benodigde routelengte	18
Benodigd aantal tellingen	19
Benodigd aantal routes	21
Samenvattend	22
6 Toepassing op gebiedsniveau	23
Gebiedsniveau.....	23
Stikstofdepositie.....	24
Samenvattend	24
7 Toepassing op locatie	25
Verschillen tussen locaties	25
Waarneembare effecten van maatregelen	26
Samenvattend	30
8 Conclusie	31
Literatuur	33
Bijlage 1: Gebruikte Monitoringroutes	35
Bijlage 2: N-indicator vlinders voor langlopende routes in Kennemerland-Zuid	37

Samenvatting

De effectiviteit van de in 2015 gelanceerde Programmatistische Aanpak Stikstof (PAS) zal door diverse typen monitoring worden gevolgd. In het monitoringinstrumentarium ontbreekt vooralsnog een betrouwbare biotische indicator met een snelle reactietijd. Dit rapport presenteert een pilot voor een dergelijke indicator, de N-indicator Vlinders, voor het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. Daaruit blijkt een goede geschiktheid voor bredere toepassing.

De N-indicator Vlinders geeft op basis van de monitoring van dagvlinders een getal tussen 1 en 8 dat de aantalsverhouding tussen stikstofmijdende en –minnende soorten weerspiegelt: hoe hoger de waarde, hoe hoger de stikstofbelasting. Op landelijke schaal is de N-indicator Vlinders succesvol gebleken als trendindicator voor de effecten van stikstofdepositie op de verandering in soorten-gemeenschappen.

In deze pilot is de N-indicator Vlinders getest in het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. De aandacht heeft zich gericht op drie onderdelen: 1) gevoeligheidsanalyse, 2) toepassing op gebiedsniveau en 3) toepassing op locatieniveau.

Gevoeligheidsanalyses laten zien dat de indicator robuust is voor kleine aanpassingen van de methode. Noch de keuze van het statistisch model, noch het weglaten van de trekkende distelvlinder, noch de correctie voor temperatuur had een grote invloed op niveau en trend van de indicator.

Er zijn richtlijnen vastgesteld voor de benodigde inspanning om betrouwbare indicatorwaarden te verkrijgen:

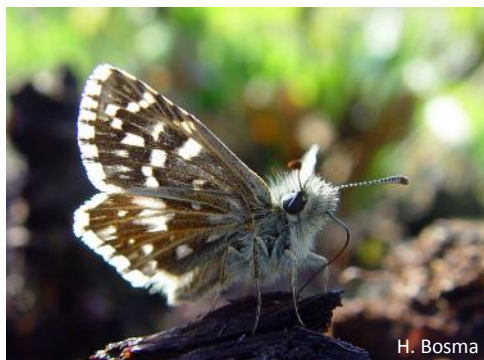
- Aantal routes: in het duingebied Kennemerland-Zuid blijkt dat vier routes al een betrouwbaar beeld geven van niveau en trend van de N-indicator Vlinders.
- Routelengte: de minimale lengte voor een betrouwbare indicatorwaarde is 400 meter
- Aantal tellingen: zes maandelijks tellingen zijn nodig voor een betrouwbare indicatorwaarde; drie tellingen volgens de SNL-methode geven onvoldoende betrouwbaarheid en negen tellingen geven weinig meer betrouwbaarheid dan zes tellingen.

Uit de berekende N-indicator blijkt dat ook in Kennemerland-Zuid de stikstofdepositie nog steeds te hoog is. De trend is significant stijgend en vlakt de laatste jaren niet af. Dit is in overeenstemming met gegevens over de huidige stikstofoverschrijding. Uit de analyse van de genomen herstelmaatregelen in de nabijheid van de routes blijkt dat het niet goed mogelijk is om afzonderlijke maatregelen te koppelen aan wijzigingen in de N-indicator. Ten minste niet in dit duingebied. Daarvoor is de doorwerking van maatregelen als grootschalige begrazing en vernatting op locatieniveau te complex.

Op gebiedsniveau geeft de N-indicator Vlinders voor Kennemerland-Zuid een duidelijk beeld van het niveau en de trend van de stikstofbelasting voor de biodiversiteit. Stikstofmijdende soorten nemen overwegend af, terwijl stikstofminnende soorten geen trend vertonen of toenemen. Netto is er dus sprake van een afname van de stikstofgevoelige soorten.

Concluderend geeft de pilot met de N-indicator Vlinders in Kennemerland-Zuid aan dat deze indicator kansrijk is voor een bredere toepassing. De indicator heeft de volgende sterke punten:

- De N-indicator Vlinders levert een biotische graadmeter voor de beschikbaarheid van stikstof in het ecosysteem;
- Deze beschikbaarheid van stikstof is het resultaat van de landschapsecologische uitgangssituatie, recente depositie en recente verwijdering via herstelmaatregelen;
- Het meetinstrument is een kwaliteitsindicator voor N2000 gebieden die aangetast worden door verhoogde stikstofdepositie;
- Het geeft een snellere reactietijd dan veranderingen in vegetatie;
- Bestaande infrastructuur van het NEM-Meetnet Vlinders kan voor verzameling en verwerking van gegevens worden gebruikt;
- Monitoringgegevens zijn voor een groot aantal gebieden reeds beschikbaar
- Door de inzet van vrijwilligers bij de monitoring kunnen de kosten worden beperkt.



De aardbeivlinder is een stikstofmijdende soort met een dalende trend in Kennemerland-Zuid.

1 Inleiding

Sinds juli 2015 is het ontwikkelde instrumentarium voor de programmatische aanpak stikstof (PAS) beschikbaar. Een van de onderdelen is het monitoringplan. Hiermee wordt de effectiviteit van de gekozen aanpak, ruimte creëren voor economische ontwikkelingen gecombineerd met natuurbescherming, gevolgd. Dit project onderzoekt in hoeverre dagvlindergemeenschappen een interessante aanvullende indicator van stikstofeffecten in natuurgebieden vormen. Deze analyse, een eerste pilot van drie, is bedoeld om inzichtelijk te maken wat de huidige gesteldheid van Kennemerland-Zuid is, gebaseerd op telgegevens van dagvlinders. De stikstofindicator, ofte wel N-indicator Vlinders, wordt toegepast op telgegevens van vlinderroutes in dit gebied, onderdeel van het NEM (Netwerk Ecologische Monitoring). Trends in ruimte en tijd worden zichtbaar gemaakt aan de hand van verschillen in aantallen en soortsaamenstelling. Gemeten wordt op welk stikstofniveau de vlindergemeenschap in Kennemerland-Zuid zich momenteel bevindt. Tevens worden enkele verbetermogelijkheden van de indicator nader uitgewerkt en wordt bekeken op welke momenten deze informatie bruikbaar is binnen het PAS-monitoringstraject.

Aanleiding

De uitvoering van de Programma Aanpak Stikstof (PAS) is recentelijk opgestart door het ministerie van Economische Zaken en zijn partners met als doel de natuurkwaliteit in de N2000-natuurgebieden te beschermen en te verbeteren. Het PAS-bureau, ondergebracht bij BIJ12, ondersteunt hierbij. Stikstof is een belangrijke oorzaak van verslechtering van natuurkwaliteit en reductie van stikstofdepositie is urgent. Tegelijkertijd moet er ontwikkelruimte gemaakt worden voor economische activiteiten die extra uitstoot van stikstof tot gevolg zullen hebben. Via uitvoering van het monitoringsplan stikstof wordt de voortgang van de PAS gevolgd, zodat ontwikkelruimte voor bedrijven gelijkop loopt met verbetering van natuurkwaliteit. Het doel is behoud en herstel van stikstofgevoelige natuur. De gekozen aanpak vraagt om diverse innovaties, zowel op gebied van natuurkennis als op het gebied van vermindering van uitstoot van stikstof. Om het programma meetbaar uit te voeren zijn drie aandachtvelden in beeld (zie Monitoringsplan bij het programma aanpak stikstof 2015-2021). Deels gaat het hierbij om reductie in blootstelling aan stikstof, deels gaat het om het monitoren van uitvoeringsprocessen en deels gaat het om monitoring van verbetering van natuurkwaliteit. Met behulp van het instrument *Aerius* worden de emissie, verspreiding en depositie van stikstof berekend. Voor informatie over de verbetering van natuurkwaliteit wordt gewerkt volgens de procedures beschreven in het rapport *Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS* (Van Beek et al., 2014). Het PAS-bureau coördineert het verkrijgen van de meetgegevens en levert de gebiedsrapportages voor natuur op. De verbeteringen in de natuur zullen vaak pas op termijn zichtbaar worden. De ambitie met de PAS zijn om binnen een, twee of drie beheerplanperioden van telkens zes jaar verbeteringen vast te stellen. Tussentijds wordt jaarlijks een rapportage van de PAS door BIJ12 opgeleverd, zullen aanvullende terreinbezoeken plaatsvinden, waarbij een indicatie verkregen wordt van de vooruitgang met betrekking tot de werkzaamheden en de natuurkwaliteit, en wordt in het derde jaar een tussenevaluatie opgesteld.

Los van deze inzet is er tijdens een overleg met BIJ12 en twee provinciale PAS-monitoringcoördinatoren over gesproken in hoeverre de N-indicator Vlinders als gevoelig instrument ingezet kan worden om nieuwe inzichten te krijgen in de actuele stand van zaken in terreinen met vlinders.

Uit een landelijke analyse met de N-indicator Vlinders (Wallis de Vries & Van Swaay, in druk) blijkt dat deze een kansrijk en gevoelig instrument biedt voor monitoring. Deze indicator biedt hiermee in potentie een extra instrument ter ondersteuning van de ambitie om binnen termijnen van 6, 12 of 18 jaar meetbare

verbeteringen te kunnen constateren als resultaat van de inspanningen in het kader van de PAS. Verdere tests zijn echter noodzakelijk om drie vragen te beantwoorden:

- In hoeverre kan de N-indicator Vlinders ook op gebiedsniveau worden gebruikt om de doorwerking van stikstofbelasting en van mitigerende maatregelen inzichtelijk te maken?
- Kan met de N-indicator Vlinders ook een indicatie worden verkregen van effecten van uitgevoerde maatregelen?
- Bij welke minimum-inspanning van monitoring, met het oog op het kostenaspect, levert de N-indicator Vlinders voldoende betrouwbare resultaten op?

Omdat de resultaten van de N-indicator Vlinders mogelijk variëren tussen gebieden, is tijdens overleg met vertegenwoordigers van BIJ12 en verschillende provincies voorgesteld om de antwoorden op bovenstaande vragen te kunnen beantwoorden zo mogelijk drie pilots met de N-indicator Vlinders uit te voeren in verschillende regio's. Hierbij zijn drie stikstofgevoelige en goed door vlindermonitoring gedekte regio's gekozen: Kennemerland-Zuid, de hogere zandgronden in Noord-Brabant en de hogere zandgronden in Noord-Nederland. Bij gebleken geschiktheid in deze pilots zou de N-indicator Vlinders in het kader van de PAS kunnen worden ingezet als biotische indicator voor veranderingen in biodiversiteit in relatie tot de stikstofbelasting.

N-indicator Vlinders

De N-indicator vlinders is een biotische indicator van de N-toestand in een natuurgebied. Hij bestaat uit een getal tussen 1,0 en 8,0 dat wordt afgeleid uit de verhouding tussen N-tolerante en N-mijdende vlindersoorten in de aanwezige dagvlindergemeenschap. Voor elke vlindersoort is het stikstofoptimum bepaald op basis van de stikstofindicatiewaarde van Ellenberg voor vegetatie-opnamen langs monitoringtransecten waar de soort voorkomt (Oostermeijer & Van Swaay, 1998). Doordat stikstof zowel de structuur en de samenstelling van de vegetatie (Weiss, 1999; Klop et al., 2015) als de kwaliteit van voedselplanten bepaalt (Chen et al., 2004; Fischer & Fiedler, 2000; Turlure et al., 2013), is stikstof een doorslaggevende factor voor de habitatkwaliteit voor vlinders (Wallis de Vries & Van Swaay, in druk).

De systematische tellingen langs de monitoringroutes van het NEM-meetnet Vlinders vormen een solide en reeds bestaande basis voor de meetgegevens. Voor een onderzochte locatie wordt een N-indicator vlinders berekend door voor elke waargenomen vlindersoort zowel de getelde aantallen als de stikstof-indicatiewaarde mee te wegen. De producten van getelde aantallen van elke vlindersoort en de bijbehorende indicatiewaarde worden hierbij opgeteld en gedeeld door het totaal aantal waargenomen vlinders. De gebruikte stikstof-indicatiewaarden van vlindersoorten zijn afgeleid uit de Ellenberg-stikstofgetallen van de vegetatie waarin de vlinders voorkomen (Oostermeijer & van Swaay, 1998).

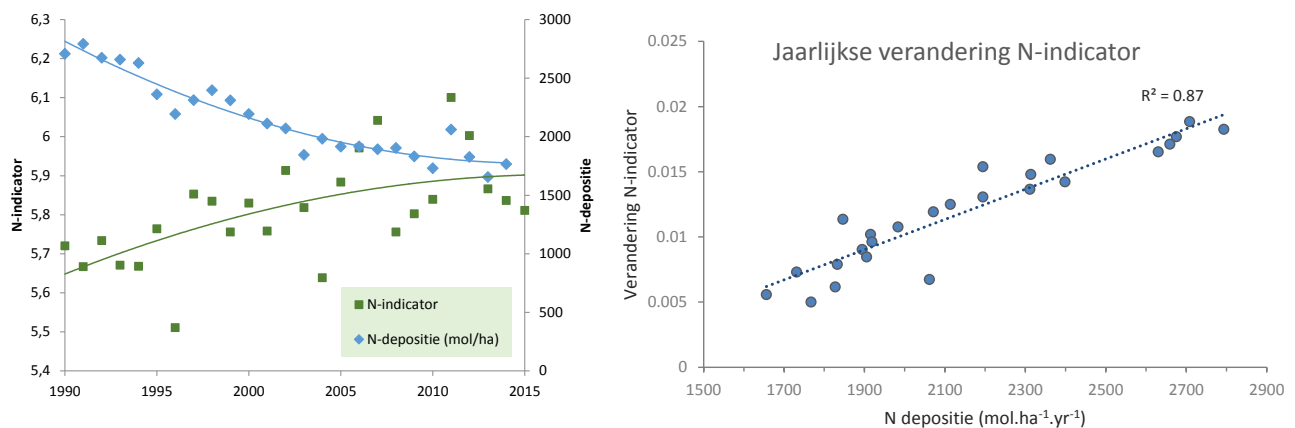
Dagvlinders lenen zich goed voor een gevoelige stikstofindicator omdat:

- de verschillende soorten een breed bereik dekken van stikstofarme tot -rijke milieus (Wallis de Vries, 2013);
- de soortspecifieke respons op stikstof goed bekend is (Oostermeijer & van Swaay, 1998; Wallis de Vries & van Swaay, 2013);
- de responstijd van dagvlinders met 1 jaar zeer kort is als gevolg van hun korte levenscyclus met één tot meerdere generaties per jaar;
- het Landelijk Meetnet Vlinders een uitgebreide basis voor implementatie van de stikstofindicator biedt via een landelijk netwerk van ruim 400 monitoringroutes met tellingen vanaf 1990 (van Swaay et al., 2015a);

- ervaring reeds bestaat via de succesvolle ontwikkeling van een vergelijkbare indicator voor de effecten van klimaatopwarming (zie van Swaay et al., 2010; Devictor et al., 2012).

Toepassing van de stikstofindicator laat zien dat er op landelijke schaal sprake is van een significante toename sinds 1990, met een duidelijke afvlakking in de latere jaren (Figuur 1.1 - links). Deze afvlakking loopt parallel aan de afname van de overschrijding van de stikstofdepositie. De stikstofindicator neemt nog steeds toe omdat de depositie de kritische waarde van veel habitattypen nog steeds overschrijdt, maar doordat de overschrijding minder wordt, neemt het tempo van de toename af.

Weliswaar zijn er onder invloed van klimaatextremen fluctuaties in de stikstofindicator van jaar op jaar, maar over een reeks van jaren kunnen deze worden uitgefilterd en wordt een zeer robuuste relatie verkregen tussen de voorspelde jaarlijkse verandering in de stikstofindicator en de stikstofdepositie in het voorafgaande jaar (Figuur 1.1 - rechts). Op basis van deze relatie is berekend dat het grootste deel van de stijging (58%) in de stikstofindicator al vóór 1990 heeft plaatsgevonden, met de snelste stijging rond 1980, toen de stikstofdepositie op zijn hoogtepunt was (Wallis de Vries & Van Swaay, in druk).



Figuur 1.1: Trend in de stikstofindicator voor vlinders en de stikstofdepositie in Nederland (links) en voorspelde jaarlijkse verandering in de stikstofindicator voor vlinders in relatie tot de stikstofdepositie (rechts)

Op de lokale schaal van individuele routes liet een eerste verkenning duidelijke contrasten te zien tussen locaties. Deze doen zich op twee manieren voor:

- stikstofrijkdom: contrasten tussen stikstofarme en -rijke gebieden;
- trend: op sommige locaties is de stikstofindicator stabiel, in andere is wel sprake van significante trends in de tijd, met bijvoorbeeld een toename, een afname of een optimum. In de pilots zal worden onderzocht in hoeverre de verschillen in trends zijn te verklaren door de invloed van herstelmaatregelen of het uitblijven daarvan.

Doelstellingen

Dit rapport behandelt de resultaten van de eerste pilot met de N-indicator Vlinders, te weten voor het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid.

De doelstelling van deze pilot is tweërlei:

1. Het toepassen en uitwerken van de N-indicator vlinders op gebiedsniveau voor het N2000-gebied Kennemerland-Zuid.
2. Inzicht krijgen in hoeverre de N-indicator vlinders een aanvulling biedt op het bestaande instrumentarium van de PAS-monitoring.

2 Werkwijze

Dit project bestaat uit vier delen: een algemene stand van zaken wat betreft de vlinderstand in Kennemerland-Zuid wordt opgesteld, de N-indicator vlinders wordt toegepast op de vlinderroutes in Kennemerland-Zuid, de relatie tussen de N-indicator en beschikbare gegevens van route-specifieke omgevingsfactoren wordt gemeten en verbetermogelijkheden worden nader onderzocht.

Vlinderstand

Deze pilot start met een beknopte schets van de stand van zaken met betrekking tot het voorkomen van dagvlinders in Kennemerland-Zuid. Hierin wordt het recente voorkomen geschetst evenals trends in de aantallen sinds 1992. Voorts wordt een korte vergelijking gemaakt met de situatie van de aanwezige dagvlinders in voorgaande decennia.

Toepassing N-indicator

Het werkgebied van deze pilot Kennemerland-Zuid (Figuur 2.1). Hier liggen vele vlindertelroutes waarvan een groot deel over een lange reeks van jaren is gelopen. Hiertoe worden in de periode mei – september wekelijks op een vaste route vlinders geteld in een denkbeeldige ruimte van 5 meter naar voren en 2,5 meter aan beide zijden van de teller. Deze gegevens gebruikt De Vlinderstichting om samen met het CBS trends te kunnen bepalen van vlindersoorten. De N-indicator Vlinders is berekend voor alle routes in Kennemerland-Zuid en trends zijn bepaald voor verschillende routes. Met deze gegevens wordt ook het niveau van stikstofrijdheid bepaald voor verschillende locaties en het totale gebied Kennemerland-Zuid.



Figuur 2.1: Ligging van het onderzochte Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid.

1. Methodologische ontwikkeling en gevoeligheidsanalyse

Voor een verbeterde toepassing van de stikstofindicator is getracht om inzicht te verkrijgen in de volgende aspecten:

- verfijning van de stikstofindicator door correctie voor weereffecten en/of voor regionale trends (Hoofdstuk 4);
- representativiteit van de stikstofindicator van een enkele monitoringroute voor die van een groter gebied om een goede indicatie te krijgen van de benodigde steekproefgrootte en handvatten te ontwikkelen voor opschaling van de stikstofindicator van locatie naar gebied (Hoofdstuk 5);
- ontwikkeling van een betrouwbare maar minder arbeidsintensieve toepassing van de stikstofindicator op locaties buiten het bestaande NEM-meetnet. Hiermee zou door een efficiënte inzet van professionals een complete dekking van PAS-gebieden verkregen kunnen worden. Hierbij is bepaald welke routelengte en welk aantal tellingen minimaal nodig zijn voor een betrouwbare waarde van de stikstofindicator (Hoofdstuk 5).

2. Toepassing van de N-indicator Vlinders op gebiedsniveau

De gegevens van alle monitoringroutes in Kennemerland-Zuid zijn benut om de stikstofindicator op gebiedsniveau toe te passen. De trend in de indicator is vergeleken met de landelijke trend en met informatie over de gemeten en gemodelleerde stikstofbelasting (Hoofdstuk 6).

3. Toepassing op locatie

Uit het PAS-programma is een lijst met stikstofrelevante maatregelen geselecteerd en vastgesteld is in hoeverre de effecten van deze maatregelen zich vertalen in veranderingen in de N-indicator Vlinders. Enkele van deze maatregelen zijn toegepast in Kennemerland-Zuid. Via de beheerders van de vier gebieden, Waternet, PWN, Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten, is uitgezocht welke maatregelen stikstofrelevant zijn en bij welke telroutes deze werden toegepast. Deze informatie is waar mogelijk gekoppeld aan verschillen die optreden tussen jaren bij verschillende routes. Doel hierbij was om vast te stellen of uitgevoerde maatregelen zich vertalen in veranderingen in de N-indicator op lokale schaal (Hoofdstuk 7).

De uitgebreide set gegevens van dagvlinders wordt verzameld op vlinderroutes door een grote groep vrijwillige vlindertellers, met name de KNNV dagvlinderwerkgroep Zuid-Kennemerland. Wij danken deze groep voor hun tomeloze inzet. Voor het leveren van de informatie over de uitvoering van beheermaatregelen zijn wij Hubert Kivit (PWN), Ruud Luntz (Natuurmonumenten), Marina Fijten (Staatsbosbeheer) en Mark van Til (Waternet) bijzonder erkentelijk.

3 Vlinderstand Kennemerland-Zuid

Momenteel zijn er 27 soorten standvlinders met een populatie bekend in Kennemerland-Zuid. Nog drie extra soorten worden wel waargenomen, maar te weinig om aan te duiden als populaties. Van drie soorten is de trend in abundantie beter dan landelijk en van vier soorten is deze slechter.

Werkwijze

Dit overzicht van voorkomen en trends van dagvlinders in Kennemerland-Zuid is gericht op de Nederlandse standvlinders, exclusief de trekvlinders. Het gebied is afgebakend als de 78 km-hokken die tot het Natura 2000-gebied behoren. Ook is aanvullend in de NDFF gezocht naar het historisch voorkomen van inmiddels verdwenen soorten (zie ook Wallis de Vries et al., 1999).

Voor het voorkomen is op basis van NDFF-waarnemingen van de laatste vijf jaar (2011-2015) via occupancy-analyse (Van Swaay & Van Strien, 2015; Wallis de Vries et al., 2013) jaarlijks per km-hok berekend met welke waarschijnlijkheid elke soort aanwezig is. De aanwezigheid is vervolgens berekend als het aantal km-hokken waarin de gemiddelde kans op aanwezigheid over de laatste vijf jaar groter is dan 50%. Dit is in Tabel 1 weergegeven als percentage van het totaal aantal km-hokken in het gebied.

De trendinformatie is door het CBS berekend voor de periode 1992-2015 op basis van de verandering in jaarlijkse abundantie van vlindersoorten op monitoringroutes van het NEM-meetnet Vlinders (Van Swaay et al., 2015a).

Resultaten

Van Kennemerland-Zuid zijn historische waarnemingen bekend van 35 soorten dagvlinders. Recentelijk zijn er 27 soorten met een populatie in het gebied (Tabel 3.1). Van drie soorten – grote parelmoervlinder, koninginnenpage en oranje zandoogje – zijn er wel waarnemingen uit de laatste vijf jaar, maar te weinig om van een populatie te spreken. De grote parelmoervlinder is na 1959 als standvlinder uit het gebied verdwenen. Vijf andere soorten zijn eveneens al lang niet meer in Kennemerland-Zuid gezien: veldparelmoervlinder (laatste waarneming 1906), moerasparelmoervlinder (1919), kommavlinder (1947), bruine vuurvlinder (1959) en heideblauwtje (1959). Dit zijn allemaal soorten van stikstofarme milieus. De kommavlinder komt nog wel benoorden het Noordzeekanaal in de duinen voor, de andere zijn uit de vastelandsduinen verdwenen.

Het oranje zandoogje is na 1939 lange tijd niet gezien, maar is de laatste tien jaar aan een opmars vanuit het zuiden bezig, vermoedelijk onder invloed van successie en klimaatopwarming. De eveneens warmteminnende koninginnenpage is na 1953 uit het gebied verdwenen, maar wordt sinds 1993 weer geregeld gezien, zij het in kleine aantallen.

De keizersmantel staat nog als ‘Verdwenen’ op de Rode Lijst, maar heeft zich rond 2010 weer met een populatie in de duinbossen van het binnenduin gevestigd (zie Van Swaay et al., 2015b). Tussen 1948 en 1993 is de soort helemaal niet gemeld, daarna wel incidenteel maar niet meer dan twee jaren achtereen.

Van de huidige 27 soorten standvlinders staan er zeven op de Rode Lijst (Tabel 3.1): aardbeivlinder, bruin blauwtje, bruine eikenpage, duinparelmoervlinder, heivlinder en kleine parelmoervlinder. Voor al deze soorten vormen Kennemerland-Zuid een landelijk belangrijk gebied. Zes soorten gelden als ‘typische soorten’ voor de Europese habitattypen van de duinen (H2130 Grijze duinen en H2180 Duinbossen).

Voor drie soorten is de trend in abundantie beter dan landelijk. Voor bont zandoogje en koevinkje houdt dit waarschijnlijk verband met een lange termijn-

trend sinds 1950 van het geleidelijk 'dichtgroeien' van het duin met ruige grassen en struweel. Voor de argusvlinder is de trend alleen relatief gunstig in vergelijking met de zeer sterke achteruitgang op de hoge zandgronden, waar de soort vrijwel is verdwenen: de soort vertoont een matige afname en dan vooral in de door damherten zwaar begraasde Amsterdamse Waterleidingduinen (Wallis de Vries, 2015).

Vier soorten vertonen in Kennemerland-Zuid een slechtere trend dan de landelijke. Dit geldt voor bruin zandoogje, dagpauwoog, groot dikkopje, oranjetipje en zwartsprietdikkopje. Vermoedelijk speelt ook hier de toegenomen vraatdruk van de damherten een rol (Wallis de Vries, 2015).

Ten aanzien van de stikstofindicatie is opvallend dat van de tien soorten die stikstofminnend of indifferent (dus tolerant) zijn er geen enkele een afname vertoont en er twee toenemen. Van de acht stikstofgevoelige soorten en negen soorten met gemiddelde stikstofwaarde zijn er elf die afnemen en neemt er slechts één toe. De stikstofongevoelige en tolerante soorten doen het dus beduidend beter dan de stikstofgevoelige en ook dan de soorten met gemiddelde stikstofwaarde.

*Tabel 3.1: Actueel voorkomen en abundantietrend (1992-2015) van dagvlinders in Kennemerland-Zuid. **Vetgedrukt** zijn soorten met landelijk belangrijke populaties in Kennemerland-Zuid. Bij in het **groen** aangegeven soorten (eerste kolom) is de trend gunstiger dan landelijk, en ongunstiger bij **rood** aangegeven soorten. De aanwezigheid geldt het percentage van het aantal bezette km-hokken (n=78); bij de trend is n.v.t. aangegeven wanneer er onvoldoende gegevens waren voor een bepaling ervan.*

Soort	Rode Lijst	Typische soort N2000	Stikstof-waarde	Trend	% Aanwezig
Aardbeivlinder	BE		Laag	Matige afname	27
Argusvlinder			Gemiddeld	Matige afname	62
Bont zandoogje			Indifferent	Sterke toename	74
Boomblauwtje			Hoog	Onzeker	19
Bruin blauwtje	GE	2130 Grijze duinen	Gemiddeld	Stabiel	86
Bruin Zandoogje			Gemiddeld	Sterke afname	100
Bruine eikenpage	BE		Laag	Onzeker	5
Citroenvlinder			Indifferent	Stabiel	59
Dagpauwoog			Gemiddeld	Sterke afname	68
Duinparelmoervlinder	BE	2130 Grijze duinen	Laag	Matige afname	42
Eikenpage		2180 Duinbossen	Indifferent	Onzeker	28
Gehakelde aurelia			Hoog	Onzeker	53
Groot dikkopje	GE		Laag	Sterke afname	88
Groot koolwitje			Hoog	Stabiel	69
Grote parelmoervlinder	EB	2130 Grijze duinen	Laag	n.v.t.	0
Heivlinder	GE	2130 Grijze duinen	Laag	Sterke afname	67
Hooibeestje			Laag	Stabiel	99
Icarusblauwtje			Gemiddeld	Stabiel	99
Keizersmantel	V		Gemiddeld	n.v.t.	8
Klein geaderd witje			Hoog	Stabiel	69
Klein koolwitje			Hoog	Matige toename	91
Kleine parelmoervlinder	KW	2130 Grijze duinen	Gemiddeld	Matige afname	99
Kleine vos			Hoog	Stabiel	58
Kleine vuurvinder			Laag	Stabiel	83
Koevinkje			Laag	Matige toename	67
Koninginnenpage			Indifferent	n.v.t.	1
Landkaartje			Hoog	Onzeker	28
Oranje zandoogje			Laag	n.v.t.	1
Oranjetipje			Gemiddeld	Matige afname	65
Zwartsprietdikkopje			Gemiddeld	Sterke afname	91

4 Methodologische ontwikkeling

De stikstofindicator op basis van vlinders geeft voor elk jaar een getal dat de verhouding in talrijkheid weerspiegelt van soorten met verschillende stikstofoptima. In dit hoofdstuk wordt de methode toegelicht en worden enkele methodologische aspecten onderzocht die de toepassing van de indicator zouden kunnen verbeteren.

Basisprincipe van de stikstofindicator

De stikstofindicator geeft op basis van de aantalsverhouding van dagvlinders met soortspecifieke stikstofoptima een stikstofgetal voor een gegeven locatie en een gegeven periode (in principe één jaar). In dat opzicht is de indicator vergelijkbaar met de temperatuurindicator (zie Devictor *et al.*, 2012; Van Swaay, 2014) die is opgesteld om inzicht te geven in de effecten van klimaatverandering op soortengemeenschappen.

Voor de vlinderaantallen wordt gebruik gemaakt van systematisch verzamelde transecttellingen uit het Landelijk Meetnet Vlinders in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM). In principe worden voor elke locatie de totale aantallen vlinders per soort per jaar in de berekening meegenomen. Andersoortige gegevens kunnen zich ook lenen voor het bepalen van de stikstofindicator, maar van belang is wel dat de hele soortengemeenschap van de dagvlinders zodanig wordt geteld dat de aantalsverhouding goed kan worden bepaald. Dit vergt voor elke locatie vergelijkbare telinspanningen gedurende het hele seizoen (april-september) waarin de vlinders vliegen (zie hiervoor Hoofdstuk 5).

De stikstofoptima voor de vlindersoorten zijn eerder bepaald door de kans op voorkomen van elke vlindersoort op locaties van het Landelijk Meetnet te berekenen als functie van de gemiddelde stikstofwaarde van vegetatie-opnamen (op basis van Ellenberg-indicatiewaarden) op dezelfde locaties (Oostermeijer & Van Swaay, 1998). Voor 41 soorten zijn deze waarden vastgesteld (op een totaal van 49 onderzochte soorten). Voor vier soorten (bont zandoogje, citroenvlinder, eikenpage en koninginnenpage) valt geen significant verband vast te stellen omdat deze over het hele traject van stikstofarm tot -rijk worden waargenomen. De vier overige soorten zijn te zeldzaam voor een betrouwbare schatting. Deze acht soorten tellen dus niet mee in de stikstofindicator.

De stikstofindicator (SI) wordt voor n vlindersoorten berekend als het naar hun aantal N_i gewogen gemiddelde van de soortspecifieke stikstofwaarden S_i voor alle afzonderlijke soorten i :

$$SI = \frac{\sum_i^n N_i \cdot S_i}{\sum_i^n N_i}$$

Dit is geïllustreerd in het onderstaande rekenvoorbeeld

In jaar t zijn op een locatie A de volgende drie vlindersoorten geteld:

Soort (i)	Aantal (N_i)	Stikstofwaarde (S_i)	$N_i \times S_i$
Heivlinder	40	2,4	96
Bruin zandoogje	20	4,2	84
Kleine vos	10	8	80
Totaal	70		260

De stikstofindicator in jaar t is voor locatie A dan $SI_t = 260/70 = 3,71$

In het volgende jaar $t+1$ zijn evenveel vlinders geteld, maar is het aantal heivlinders (lage stikstofwaarde) afgenomen ten opzichte van het aantal kleine vossen (hoge stikstofwaarde) en is het qua stikstof intermediaire bruin zandoogje in aantal gelijk gebleven.

Soort (<i>i</i>)	Aantal (<i>N_i</i>)	Stikstofwaarde (<i>S_i</i>)	<i>N_i x S_i</i>
Heivlinder	10	2,4	24
Bruin zandoogje	20	4,2	84
Kleine vos	40	8	320
Totaal	70		428

De stikstofindicator in jaar $t+1$ is voor die locatie dan $SI_{t+1} = 428/70 = 6,11$

Een toename van de stikstoftolerante kleine vos ten opzichte van de stikstofgevoelige heivlinder leidt dus tot een toename van de stikstofindicator.

Vergelijking van methoden

Totaal aantal vs. Regional GAM

De aantallen van de vlinders voor een gegeven locatie worden in de basisberekening meegenomen als het totale aantal per soort, gerekend over alle tellingen. Omdat er in principe wekelijks wordt geteld, levert dit een goede schatting van de oppervlakte onder de aantalsgrafiek door het seizoen heen als indicatie van de totale vlinderabundantie (de AUC of 'area under the curve'). Recentelijk is een statistische techniek ontwikkeld, de 'regional GAM' (GAM = general additive model), waarmee op basis van de monitoring in een regio het aantalsverloop van elke soort gedurende de vliegtijd kan worden geschat (Schmucki *et al.*, 2015). Hiermee kan voor afzonderlijke locaties worden gecorrigeerd voor eventuele onregelmatigheden in de spreiding en frequentie van tellen.

Op basis van de monitoringroutes in Kennemerland-Zuid (Bijlage 1) is een vergelijking gemaakt tussen de stikstofindicator op basis van het totale aantal getelde vlinders per soort en de indicator op basis van het via de 'regional GAM' geschatte aantal. Hiervoor zijn 728 route x jaarcombinaties van 56 routes gebruikt. Voor de regional GAM werden alle routes van de vastelandsduinen gebruikt.

De vergelijking liet slechts een miniem en niet significant verschil tussen beide methoden zien. Bij een stikstofindicator die varieerde tussen 3,27 en 7,54 bedroeg het gemiddelde verschil -0,00215 (s.d. 0,10137; mediaan -0,009). In slechts 3,4% van de gevallen bedroeg het verschil meer dan 0,2. Wanneer bij de grotere verschillen gekeken werd naar de waarden in het voorgaande en het erop volgende jaar, bleek de 'regional GAM' niet tot minder afwijking van de algehele trend te leiden.

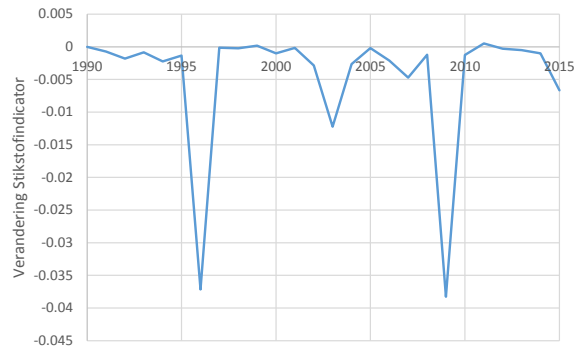
Op de doorgaans goed getelde routes in Kennemerland-Zuid volstaat de eenvoudige berekening op basis van totale aantallen getelde vlinders dus. Deze berekeningswijze is daarom in de rest van de rapportage aangehouden.

Met of zonder distelvlinder

De distelvlinder (stikstofwaarde 5,6) is een trekvlinder waarvan de aantallen in Nederland sterk worden bepaald door de weersomstandigheden in de Noord-Afrikaanse regio waar de voorjaarsstrek begint. Daarom kan het opnemen van deze soort ruis in de bepaling van de stikstofindicator veroorzaken. Bij bovengenoemde dataset is ook een vergelijking gemaakt tussen de waarden van de stikstofindicator met en zonder gegevens van de distelvlinder.

Het effect van het uitsluiten van de distelvlinder was wederom miniem, hoewel toch significant ($P < 0,0001$): zonder de distelvlinder was de stikstofwaarde iets lager dan met. Het gemiddelde verschil -0,00509 (s.d. 0,01735; mediaan 0,000). Dat de mediane waarde zo laag was, komt omdat de distelvlinder in sommige jaren ontbreekt en de dichtheden zodanig zijn dat hij op veel routes niet wordt gezien. In slechts 0,5% van de gevallen bedroeg het verschil meer dan 0,2.

Figuur 4.1: Effect van het uitsluiten van de distelvlinder op de stikstof-indicator in Kennemerland-Zuid: de jaren 1996, 2003 en 2009 waren jaren met veel distelvlinders, maar het effect op de indicator was ook toen miniem.



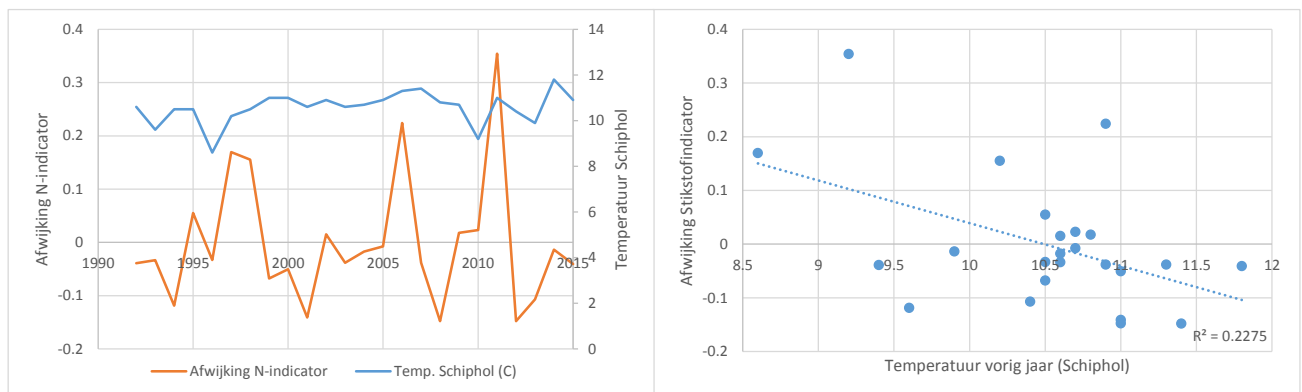
Ondanks het geringe effect van de distelvlinder op de stikstofindicator, lijkt het op principiële gronden beter om de soort toch uit te sluiten: de talrijkheid van de soort wordt namelijk niet door de lokale stikstofbelasting in Nederland bepaald. Op locaties waar de soort talrijk is, kan hij bovendien wel degelijk enige ruis in de stikstofindicator veroorzaken. Daarom is hij in de verdere analyses buiten beschouwing gelaten.

Correctie voor temperatuur

De stikstofindicator vertoont fluctuaties van jaar op jaar (zie Figuur 1.1). Deze fluctuaties betekenen een afwijking op de langjarige trend tot ruim 0,2. Het zou kunnen dat deze afwijking te verkleinen is door de temperatuur voor vlinders mee te wegen. Omdat de vlinderaantallen in belangrijke mate worden bepaald door het voortplantingssucces in het voorgaande jaar, is het redelijk om te veronderstellen dat vooral de temperatuur in het voorgaande jaar van invloed zou kunnen zijn. Dit is onderzocht door te bepalen of er een verband is tussen de afwijking op de langjarige trend in de stikstofindicator (zie Hoofdstuk 6) en de gemiddelde jaartemperatuur van het dicht bij Kennemerland gelegen weerstation van Schiphol (bron: KNMI). Er bleek een significant negatief lineair verband te zijn:

$$\text{Afwijking N-indicator} = 0,784 - 0,00811 \times \text{Temp}_{\text{Schiphol}} \quad (R^2=0,228, P=0,018, \text{d.f.}=22)$$

Voor de temperatuur in het zelfde jaar was er geen verband ($r=0,13$; $P=0,53$). Het verband met de temperatuur in het voorgaande jaar is niet heel sterk, want er is veel ruis rond de trendlijn (Figuur 4.2). Toch is er een grote lijn: na koude jaren (1996, 2010) volgt in de regel een hogere waarde voor de stikstofindicator en na warmere jaren (2000, 2007) volgt juist een lagere waarde voor de indicator. Opmerkelijk genoeg is dit verband *niet* significant voor de stikstofindicator op landelijke schaal ($P=0,22$). Het is dus de vraag hoe algemeen geldig het is.



Figuur 4.2: Jaarlijkse temperatuur op Schiphol en afwijking van de trend in de stikstofindicator (links) en het lineaire verband tussen de twee variabelen (rechts).

Samenvattend

- Berekening van de stikstofindicator op basis van de verhouding in totale aantallen getelde vlinders biedt een betrouwbare methode. Toepassing van de recentelijk ontwikkelde 'regional GAM'-techniek levert geen verbetering.
- De aantallen van de distelvlinder worden hoofdzakelijk bepaald door factoren buiten Nederland, waardoor het beter is om deze soort uit te sluiten van de berekening van de stikstofindicator, hoewel de soort op een enkele uitzondering na slechts geringe afwijkingen in de stikstofindicator veroorzaakt.
- De jaartemperatuur in het voorgaande jaar vertoont een significant verband met de afwijkende jaarwaarden van de stikstofindicator. Dit vormt een potentieel hulpmiddel om de fluctuaties in de stikstofindicator te corrigeren. Omdat het verband niet zo sterk is en ook niet terug te vinden is in de analyse op landelijke schaal, is de waarde van een dergelijke correctie vooralsnog echter discutabel.

5 Gevoeligheidsanalyse

De stikstofindicator voor vlinders is gebaseerd op tellingen langs monitoringroutes. In dit hoofdstuk wordt bekeken hoe gevoelig de stikstofindicator is voor de wijze van monitoring: routelengte en telfrequentie. Voor toepassing op gebiedsniveau wordt ook het effect van het aantal routes op de indicator geanalyseerd.

Benodigde routelengte

Methode

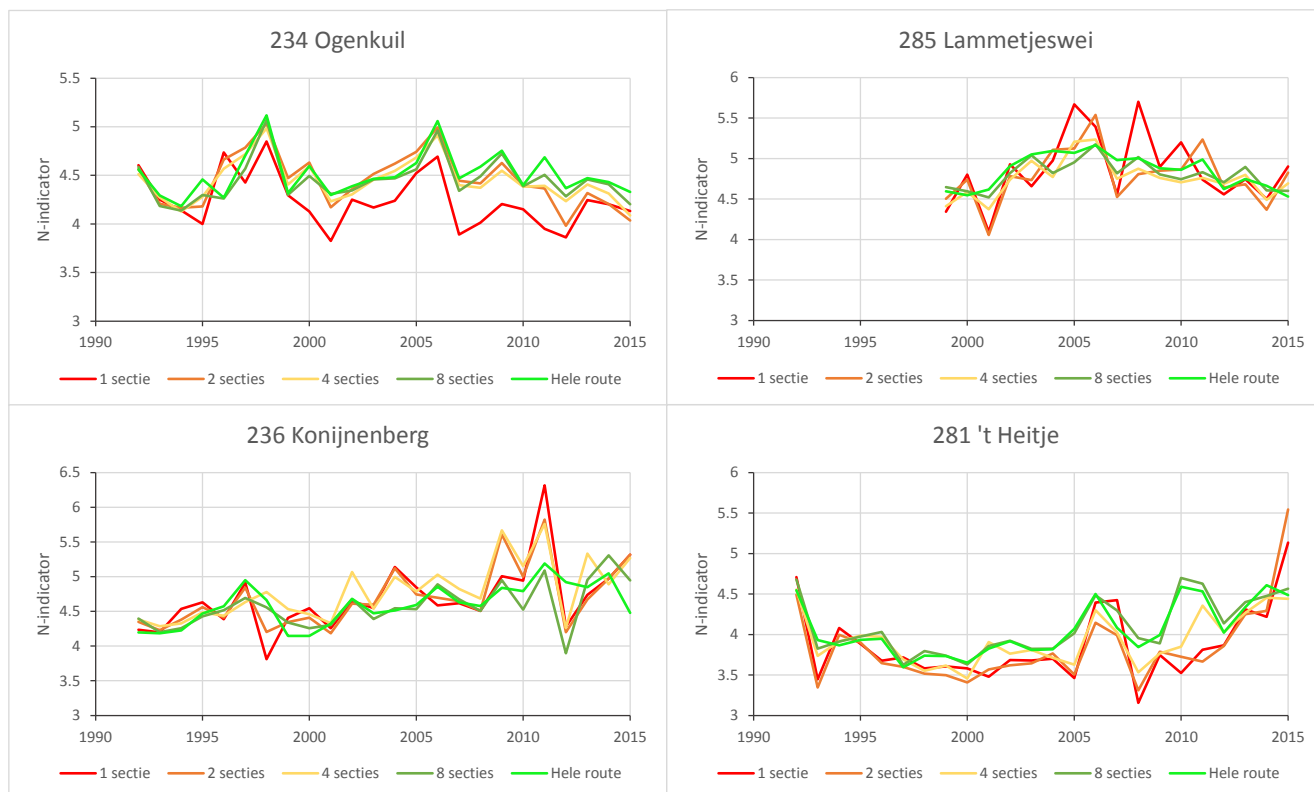
Er zijn voor deze analyses vier in minimaal 17 jaar goed getelde routes in het open duin geselecteerd. Bovendien werden met opzet routes gekozen met verschillende trends in de stikstofindicator (zie figuur 5.1; stabiel op route 234, stijgend op route 236, stijgend dan dalend op route 285 en dalend dan stijgend op route 281). Gemiddeld werden deze 19 tot 23 keer per jaar geteld in de periode april-september. Vier jaren met minder dan 15 tellingen werden buiten beschouwing gelaten.

De stikstofindicator is vervolgens voor elke route berekend op basis van:

- alleen de eerste sectie (50 m lengte);
- de eerste twee secties (100 m);
- de eerste vier secties (200 m);
- de eerste 8 secties (400 m);
- de hele route (1x 750 m, 1x 800 m, 2x 950 m).

Resultaten

Bij een routelengte van 50 m (1 sectie) is de variatie in de berekende stikstofindicator voor alle routes beduidend groter dan wanneer de indicator op een langere telroute is gebaseerd (Figuur 5.1). Bij een routelengte van 100 m is de afwijking al minder maar nog steeds substantieel. Pas bij een routelengte van 400 m is de afwijking minimaal ten opzichte van ruim de dubbele lengte van de hele route: in 92% van de gevallen was de



Figuur 5.1: Effect van de routelengte op de stikstofindicator op vier monitoringroutes in het open duin.

afwijking kleiner dan 0,2 (Tabel 5.1). Een routelengte van 400 m lijkt dus in de duinen voldoende voor een betrouwbare schatting van de stikstofindicator.

Tabel 5.1: Effect van de routelengte op de absolute afwijking van de stikstofindicator ten opzichte van de waarde voor de hele route (gemiddeld 860 m). De afwijking is berekend op basis van 89 route x jaar-combinaties.

Routelengte (m)	Mediane afwijking	Gemiddelde afwijking	%Afwijking <0,1	%Afwijking <0,2
50	0,25	0,30	22	43
100	0,16	0,23	34	60
200	0,14	0,18	37	72
400	0,07	0,10	62	92

Benodigd aantal tellingen

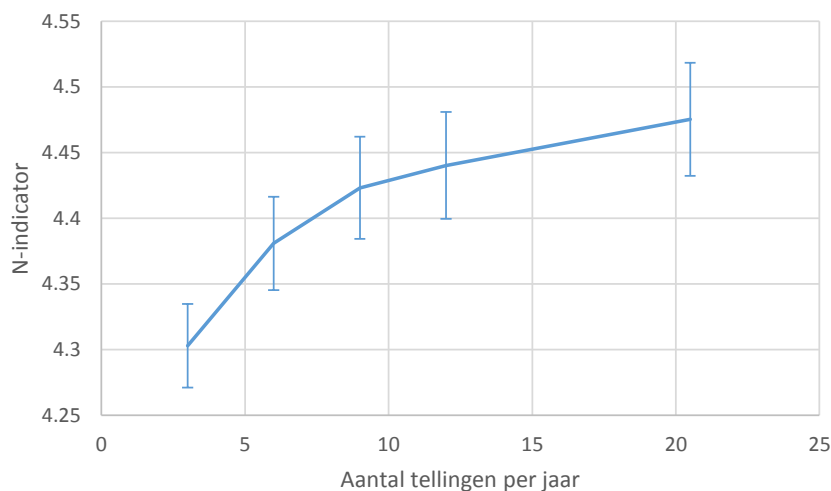
Methode

Bij vlindermonitoring worden de routes, onder goede weersomstandigheden, in principe wekelijks geteld tussen 1 april en 30 september. Dat levert maximaal 26 tellingen. Dit vergt een flinke tijdsinvestering. Voor een gerichte toepassing van de stikstofindicator in aanvulling op het Landelijk Meetnet Vlinders, is het belangrijk te weten bij welke telfrequentie een betrouwbare schatting van de stikstofindicator verkregen wordt. Omdat verschillende soorten vlinders ook in hun vliegtijd verschillen, is er altijd een minimaal aantal tellingen nodig om een representatief beeld te krijgen van de soortensamenstelling die de stikstofindicator bepaalt.

In dit kader zijn we als minimale telinspanning uitgegaan van de breder toegepaste SNL-methode: 3 tellingen gespreid over de periode van half mei tot en met augustus (<http://www.portaalnatuurenlanschap.nl/assets/Werkwijze-Monitoring-Beoordeling-Natuurnetwerk-N2000-050320143.pdf>). Voor de huidige analyse zijn de drie tellingen gekozen uit de tweede helft van de maanden mei, juni en juli. Daarnaast zijn nog vier varianten beschouwd: met 6 tellingen in zes verschillende maanden, met 9 tellingen (toevoeging van tellingen in de eerste helft van mei, juni en augustus) en met 12 tellingen (uitbreiding met 3 tellingen in de tweede helft april, eerste helft juli en 1e helft september) en alle tellingen (minimaal 15, gemiddeld 20,5 en maximaal 26). Hiervoor is de zelfde selectie van routes genomen als hierboven.

Resultaten

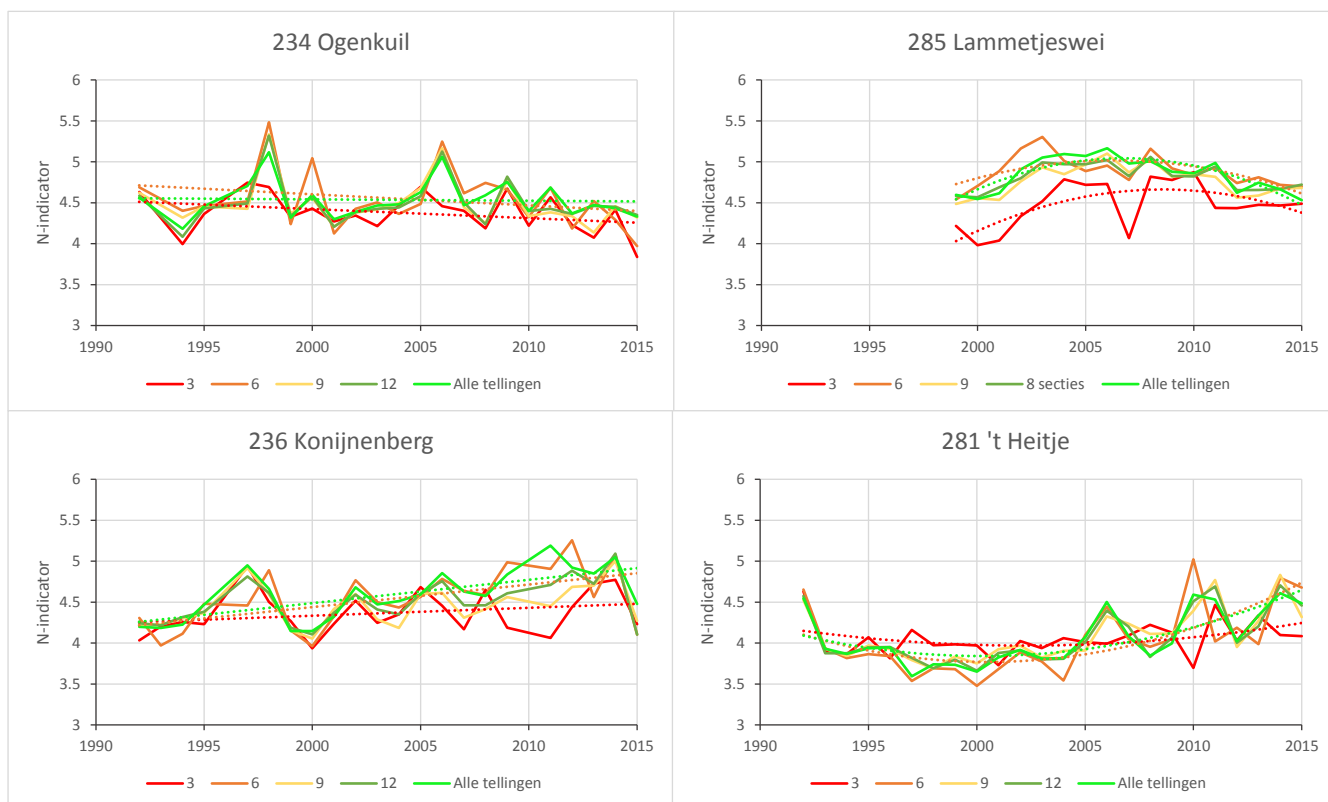
De berekende waarde van de stikstofindicator neemt toe met het aantal tellingen in een jaar (Figuur 5.2). Dit komt vooral doordat soorten met hogere



Figuur 5.2: Effect van het aantal tellingen per jaar op de waarde van de stikstofindicator ($\pm$ standaardfout) op basis van vier monitoringroutes in open duinen.

stikstofwaarden zowel relatief vroeg als relatief laat in het jaar vliegen en bij de SNL-methode de nadruk op het late voorjaar en de zomer wordt gelegd, wanneer de meeste kenmerkende soorten vliegen. De afwijking is echter gering en bij zes tellingen gemiddeld al $<0,2$.

Bij een toenemend aantal tellingen neemt ook de fluctuatie in de waarde van de stikstofindicator af. De afwijkingen zijn vooral opvallend wanneer de indicator is gebaseerd op slechts drie tellingen (Figuur 5.3). Ook de afwijking in de algehele trend is dan groot.



Figuur 5.3: Effect van het aantal tellingen per jaar op de waarde van de stikstofindicator (stippellijnen geven de trend weer).

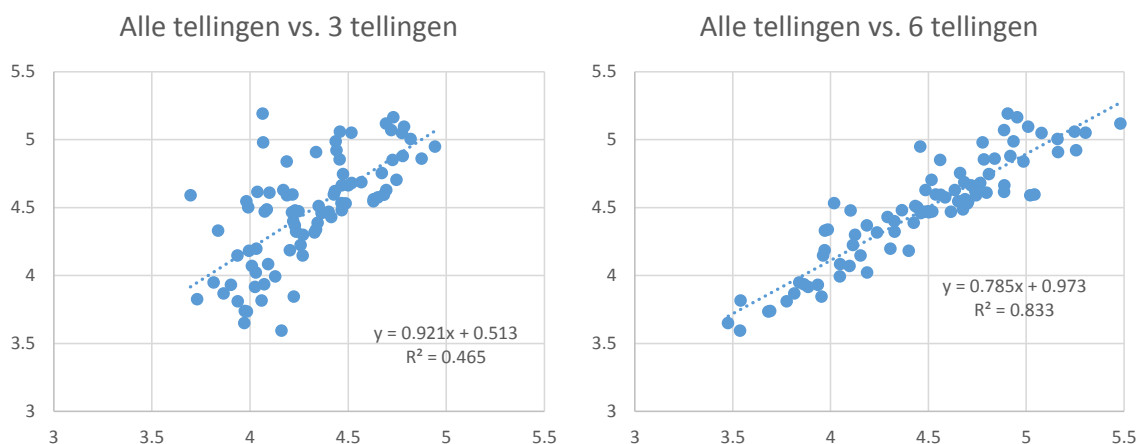
De afwijking bedroeg bij 3 tellingen in 56% van de gevallen meer dan 0,2 (Tabel 5.2). Bij 6 tellingen bleef de afwijking in 76% van de gevallen beneden die waarde en lag de mediane afwijking dichtbij een lage waarde van 0,1. Met 9 tellingen werd de schatting van de stikstofindicator niet veel betrouwbaarder. Dit was pas bij 12 tellingen het geval. Bij 6 maandelijkse tellingen wordt dus al een behoorlijk betrouwbare schatting van de stikstofindicator verkregen.

Tabel 5.2: Effect van het aantal tellingen op de absolute afwijking van de stikstofindicator ten opzichte van de waarde bij alle tellingen (gemiddeld 20,5). De afwijking is berekend op basis van 85 route x jaar-combinaties.

Aantal tellingen	Mediane afwijking	Gemiddelde afwijking	%Afwijking $<0,1$	%Afwijking $<0,2$
3	0,17	0,25	33	56
6	0,11	0,14	45	76
9	0,09	0,12	55	81
12	0,05	0,09	73	92

Wanneer er volgens de SNL-aanpak met 3 tellingen wordt geteld, is een optie om de stikstofindicator via regressie te berekenen. Dit levert echter wel een indicatie maar geen betrouwbare schatting op: bij 3 tellingen is er erg veel ruis rond de regressielijn, terwijl het verband bij 6 tellingen wel sterk is (Figuur 5.4). Toch is er

bij 6 tellingen wel enige afwijking ten opzichte van de 1:1-lijn, met een lichte onderschatting bij waarden <4,5 en een lichte overschatting erboven. Bij 9 en 12 tellingen is er geen afwijking meer van de 1:1-lijn en is ook de variatie rond de regressielijn nog kleiner dan bij 6 tellingen ($R^2=0,843$ bij 9 tellingen en $R^2=0,916$ bij 12 tellingen).



Figuur 5.4: Waarden van de stikstofindicator op basis van alle tellingen (y-as) uitgezet tegen de waarde op basis van 3 tellingen (links) of 6 tellingen (rechts).

Benodigd aantal routes

Methode

Wanneer de stikstofindicator voor een geheel natuurgebied bepaald moet worden, zal één route van 400-1000 m te weinig zijn om een betrouwbare indicatie te verkrijgen. Voor het bepalen van het effect van het aantal routes op de waarde van de stikstofindicator zijn 16 goed en langjarig getelde routes in het open duin geselecteerd. De waarde van de stikstofindicator is vervolgens vergeleken op basis van een selectie van 2, 4, 6 en 16 routes. De routes werden zoveel mogelijk ruimtelijk gespreid gekozen (bij 2 routes bijv. één in AWD en één in NPZK).

Resultaten

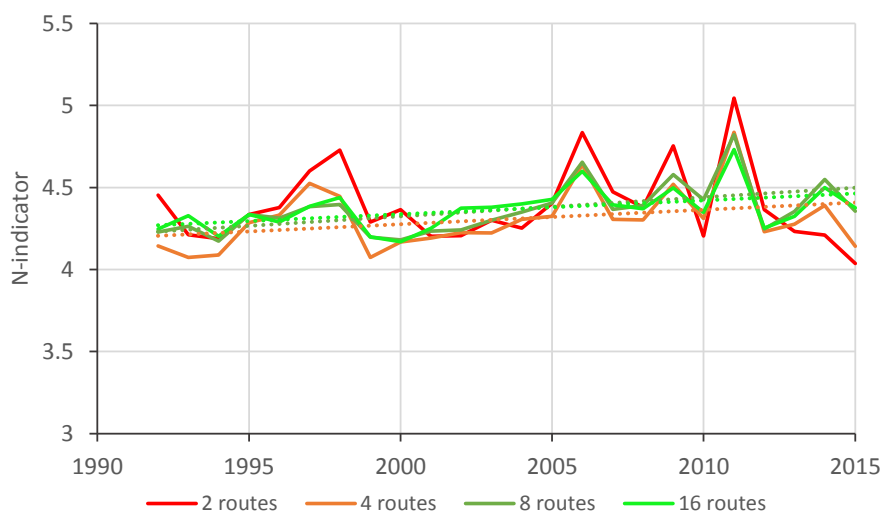
De afwijking van de jaarlijkse waarde voor de stikstofindicator nam zoals verwacht af met het aantal meegenomen routes. De afwijking daalde zowel gemiddeld als mediaan beneden 0,1 bij een aantal van slechts 4 routes (Tabel 5.3).

Tabel 5.3: Effect van het aantal routes op de absolute afwijking van de stikstofindicator ten opzichte van de waarde bij 16 routes. De afwijking is berekend op basis van 24 jaren.

Aantal routes	Gemiddelde afwijking	Standaard-fout	Mediane afwijking
2	0,148	0,021	0,13
4	0,090	0,013	0,09
8	0,040	0,007	0,03

Tabel 5.4: Effect van het aantal routes op de trend van de stikstofindicator over de periode 1992-2015; routelocatie werd als random factor in het regressiemodel meegenomen.

Aantal routes	Verklaarde variantie	Jaar-effect	Standaard-fout	P	N
2	0,136	0,00094	0,00601	0,88	46
4	0,554	0,00887	0,00395	0,027	96
8	0,509	0,01494	0,00288	<0,0001	197
16	0,540	0,00965	0,00207	<0,0001	355



Figuur 5.4: Effect van het aantal routes op de waarde van de stikstofindicator van open duin in Kennemerland-Zuid (stippellijnen geven de trend weer).

De trend in de stikstofindicator was op basis van 2 routes niet significant, maar de trends waren significant en zeer vergelijkbaar wanneer de stikstofindicator op basis van 4, 8 of 16 routes werd bepaald (Tabel 5.4; Figuur 5.4). Ook wat dit betreft lijkt een aantal van vier routes al te voldoen voor een bepaling van de stikstofindicator voor het gehele gebied. Echter, bij vier routes is de standaardfout wel groter en zijn uitspraken over de significantie van de trend dus minder betrouwbaar.

Samenvattend

Op basis van analyses van de variatie in de stikstofindicator bij verschillende bemonsteringsintensiteit, kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan voor het verkrijgen van een betrouwbare bepaling van de stikstofindicator:

- Een telroute dient minimaal 400 m (8 secties) lang te zijn;
- Per jaar zijn minimaal 6 maandelijkse tellingen wenselijk in de periode april-september;
- Voor een bepaling voor een duingebied met de omvang van Kennemerland-Zuid zijn bij een goede ruimtelijke spreiding 4 telroutes al voldoende voor een goede bepaling van een stikstofindicator op gebiedsniveau, waarbij een groter aantal wel is aan te bevelen om statistisch significante trends voor het gehele gebied te kunnen onderbouwen.

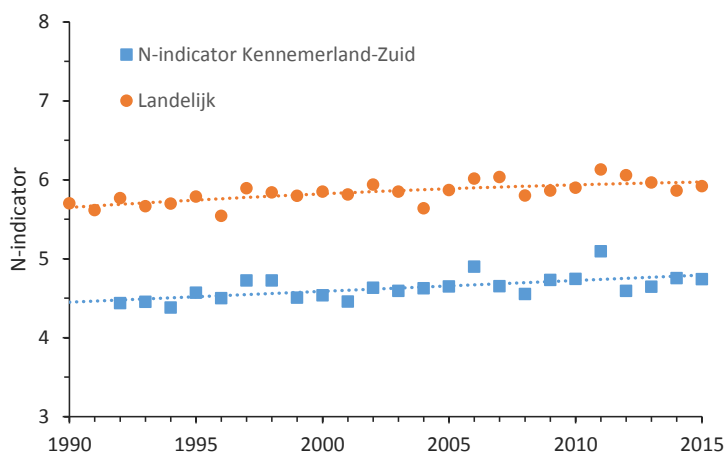
6 Toepassing op gebiedsniveau

In dit hoofdstuk wordt de toepassing van de stikstofindicator op het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid uiteen gezet. Allereerst wordt de toepassing op gebiedsniveau behandeld. Deze wordt in verband gebracht met andere informatie over stikstofbelasting.

Gebiedsniveau

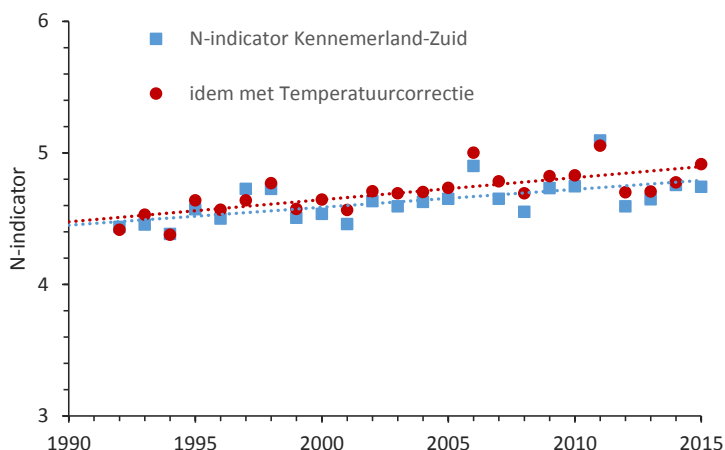
Voor het opstellen van de stikstofindicator voor het hele Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid werden 728 route x jaar-combinaties van 56 monitoringroutes gebruikt. Net als de landelijke stikstofindicator neemt de stikstofindicator in Kennemerland-Zuid significant toe over de periode 1992-2015 ($F=38,8$; $P<0,0001$; Figuur 6.1). De jaarlijkse toename bedroeg 0,0130 (s.e. 0,0021), van 4,54 in 1992 tot 4,86 in 2015 – een toename van 7%.

In Kennemerland-Zuid ligt de stikstofindicator beduidend lager dan landelijk. Dit weerspiegelt de relatief stikstofarme condities in de duinen. In tegenstelling tot de landelijke trend was er in Kennemerland-Zuid geen sprake van een afvlakking van de toename in recente jaren.



Figuur 6.1: Trend van de stikstofindicator voor Kennemerland-Zuid in vergelijking met de landelijke trend in Nederland.

Correctie van jaarlijkse afwijkingen van de stikstofindicator op basis van temperatuur (zie Hoofdstuk 4) leverde een sterker significante trend op (Figuur 6.2). De door het regressiemodel verklaarde variantie steeg van 37,6% naar 55,0%. Ook werd een steilere toename verkregen: 0,0168 vs. 0,0137. Weliswaar is de algemene geldigheid van de temperatuurcorrectie nog niet vastgesteld (zie Figuur



6.2: Vergelijking van de stikstofindicator voor Kennemerland-Zuid zonder en mét correctie voor de temperatuur in het voorgaande jaar.

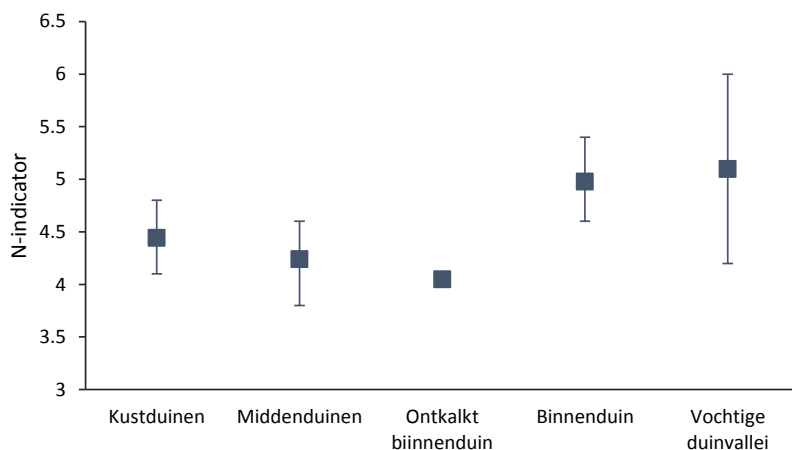
7 Toepassing op locatie

De stikstofindicator kan op gebiedsniveau worden toegepast, maar mogelijk ook om effecten van beheer op de stikstofbelasting op locatieniveau vast te stellen. In dit hoofdstuk wordt onderzocht in hoeverre locatie-specifieke trends, trendbreuken of afwijkende waarden aan de uitvoering van lokale maatregelen toegeschreven kan worden.

Verschillen tussen locaties

De locatiespecifieke variatie in de stikstofindicator is onderzocht op basis van 28 routes met langlopende meetreeksen. Tussen de locaties met monitoringroutes kan onderscheid gemaakt worden tussen ruwweg vijf landschapstypen: kustduinen, middenduinen, binnenduinen, vochtige duinvalleien en ontkalkt binnenduinen. De eerste twee zijn samen te vatten onder de noemer 'open duin', al betreft het hier ook struwelen. Een apart type vormt daarbij het open maar sterk ontkalkte binnenduinen in het zuiden van de Amsterdamse Waterleidingduinen dat meer een heideachtig karakter heeft. In het binnenduinen is het landschap vaak meer begroeid en komen ook duinbossen en in Elswout ook parkachtige begroeiing voor. Tenslotte zijn de vochtige duinvalleien en bermen van infiltratiekanalen als een apart type te onderscheiden.

Tussen deze typen valt een significant onderscheid te maken in de gemiddelde waarde van de stikstofindicator (Figuur 7.1; Kruskal-Wallis test $P=0,019$; d.f.=3, $N=26$, wanneer de slechts twee routes van het ontkalkte binnenduinen uit de analyse worden gelaten). De stikstofindicator in het open duin is daarbij gemiddeld lager dan in zowel binnenduinen als in vochtige duinvalleien. Dit is globaal in overeenstemming met de Aerius-resultaten, die een hogere stikstofbelasting in de binnenduinenrand dan in de kustduinen laten zien (figuur 6.3).



Figuur 7.1: Gemiddelde waarde van de stikstofindicator in vijf duintypen: in het binnenduinen en de vochtige duinvalleien liggen de waarden hoger dan in het open duin. De balkjes geven het bereik tussen de laagste en hoogste waarde aan.

De trend in de stikstofindicator was voor 11 van de 28 geanalyseerde routes significant:

- stijgend in 6 gevallen (allemaal in het noordelijk deel van het gebied; routes 232, 233, 236, 237, 238, 248)
- dalend maar recent weer stijgend in 3 gevallen (allemaal in het uiterste zuiden van het gebied); routes 281, 475, 1617)
- stijgend maar recent weer dalend in 1 geval (route 285)
- fluctuerend, met twee stijgingen, in 1 geval (Middenduinen; hier kan meespelen dat er in de loop van de tijd verschillende routes hebben bijgedragen)

Voor de overige 17 routes kon op locatieniveau geen significante trend worden vastgesteld. Een overzicht staat in bijlage 2.

Tabel 7.1. Een overzicht van de genomen maatregelen in Kennemerland-Zuid voor de periode 1992-2015.

Soort maatregel	Betreft	Details
Plaggen		
	Grootschalig plaggen	Maatregel wordt veel toegepast. Deze beslaat vaak slechts een kleiner deel van de telroutes.
	Kleinschalig plaggen	Uitgevoerd in 2004 t.b.v. aardbeivlinder
(Extra) begrazing		
	Konijnen	De konijnenstand daalt vanaf 1992 (1989) tot 2003 en neemt daarna weer toe. 2011 (2010) wordt genoemd als startjaar voor toename, maar in de AWD is de stand weer afgenomen.
	Jaarrond begrazing	Op diverse terreinen wordt in 2005 gestart met begrazing door 90 hooglanders, 30 koniks, 20 shetlanders
	Winterbegrazing	Ook wel zeedorpenbegrazing genoemd
	Damherten	Toename damherten (vooral vanaf 2010 in AWD en het zuidelijk deel van het Nationaal Park)
	Schappen	Stopzetten schapenbegrazing
	Runderen	Stopzetten runderbegrazing
Opslag verwijderen		
	Struweel verwijderen	
Herstel waterhuishouding		
	Grondwaterwinning	De grondwaterwinning in PWN-terreinen is geleidelijk gestopt in de periode 1992-2002
	Opvullen waterwinkanaal	
Herstel wind-waterdynamiek		
	Afgraven en herstel natuurlijk reliëf	
	Zeesleuven	Aanleg zeesleuven i.v.m. kalkinwaaing, gereed 2013
	Aanleg waterpartijen	
	Kaal maken hellingen	
Ingrijpen soortensamenstelling		
	Exotenbestrijding	In 2001 gestart bij Natuurmonumenten
	Verwijderen prunus	

Waarneembare effecten van maatregelen

Om te onderzoeken in hoeverre maatregelen in het verleden een waarneembaar en bij voorkeur ook significant effect hebben gehad op het verloop van de N-indicator vlinders werden gegevens over het terreinbeheer verzameld. Voor het terreinbeheer werden op basis van negen herstelmaatregelen (website Pasnatura2000.nl) als mogelijk relevant geacht voor Kennemerland-Zuid:

- plaggen;
- chopperen;
- (extra) begrazen;
- hakhoutbeheer en dunnen;
- vrijzetten venoevers;
- opslag verwijderen;
- herstel waterhuishouding;
- herstel wind-waterdynamiek;

- ingrijpen soortensamenstelling.

In tabel 7.1 staat aangegeven welke van deze maatregelen zijn uitgevoerd in Kennemerland-Zuid en worden maatregelen verder toegelicht. Plaggen en wijzigingen in het begrazingsbeheer zijn hierbij de belangrijkste.

Vijf vragen stonden centraal bij de verwerking van deze beheergegevens:

1. Welk niveau had de indicator in vergelijking tot het gemiddelde voor Kennemerland-Zuid?
2. Was er een trend zichtbaar in de N-indicator?
3. Waren er op of nabij de route herstelmaatregelen genomen in de periode 1990 – 2016?
4. Trad een zichtbaar effect op van de maatregel in de vorm van verlaging van de N-indicator?
5. Hoe snel trad dit effect op na de maatregel?
6. Hoe lang bleef dit effect zichtbaar?

Om te kijken in hoeverre maatregelen een daling van de N-indicator veroorzaakt hebben, zijn in tabel 7.2 per route de belangrijkste maatregelen aangegeven en zijn de startjaren van kortdurende neerwaartse afwijkingen weergegeven (trendbreuk 1–3).

Uit een analyse van de gegevens in tabel 7.2 blijkt dat er nauwelijks verbanden te vinden zijn tussen het uitvoeren van lokale maatregelen en het voorkomen van berekende langere trends of visuele kortere trends in de N-indicator van de telroutes. Zowel voor de stijgende trends als voor de fluctuerende trends en de weergegeven trendbreuken 1-3 werden vrijwel geen verklarende maatregelen gevonden. Er lijken zich drie belangrijke problemen voor te doen bij het vaststellen van verbanden tussen uitgevoerde maatregelen en de respons van de stikstofindicator:

1. Er zijn vaak verschillende maatregelen in een gebied genomen, waardoor de effecten van de afzonderlijke maatregelen niet goed uit elkaar te halen zijn.
2. De maatregelen zijn genomen op verschillende schaalniveaus. De doorwerking op de lokale schaal van de routes is daardoor niet altijd duidelijk. Dit is vooral het geval bij grootschalige maatregelen, zoals verandering in de waterhuishouding en het instellen van grootschalige, extensieve begrazing.
3. Het ecosysteem reageert geleidelijk op maatregelen in waterhuishouding en het instellen van begrazing. Van de responstijd van de vlindergemeenschap mag dat dan ook worden verwacht.

Door dit complex van factoren zal het veelal moeilijk zijn om de effecten van specifieke maatregelen op de stikstofindicator zichtbaar te maken. Hiervoor zou een meer experimentele opzet bij de uitvoering van maatregelen nodig zijn. Hieronder wordt de reactie van de N-indicator per maatregel besproken.

Geen maatregelen

Opvallend is dat bij alle zeven gebieden waar geen maatregelen zijn genomen de trend van de N-indicator stabiel was. Dit betreft deels N-indicator-niveaus die bovengemiddeld zijn en deels niveaus die onder het gemiddelde liggen.

Plaggen

Verwacht had mogen worden dat plaggen met name effectief zou zijn voor het gebied Middenduin Zanderij, omdat hier de N-indicator tevoren een hoog niveau had. Mogelijk trad er inderdaad een daling op als resultaat van plagwerkzaamheden in de periode 1999-2002. Dit niveau bleef relatief laag tot 2010. Vanaf 2011 en 2012 zijn echter opnieuw hoge niveaus bereikt. Mogelijk dat gebied Klazewei een lage N-indicator had in 2008 ten gevolge van plagwerkzaamheden in datzelfde jaar, maar in de volgende zeven jaren steeg de N-indicator weer sterk. Drie gebieden, Zeeveld Zuid, Zeeveld Noord en Mussenveld,

ondergingen in 2004 kleinschalige plagwerkzaamheden ten behoeve van de aardbeivlinder, maar de effecten van deze ingreep waren niet zichtbaar in de stabiel lage N-indicatoren van deze drie gebieden.

Begrazing

Zoals is weergegeven in tabel 7.1 blijkt dat op het gebied van begrazing in de onderzochte periode veel wijzingen hebben plaatsgevonden of zijn toegepast. Deels gaat het hierbij om spontane ontwikkelingen die optreden, met name toename van damherten en plaatselijk konijnen, en deels om actief beheer. In 2010 en 2011 nam de begrazing door konijnen en damherten toe, terwijl die door runderen werd verminderd. De periode van inzetten van dieren voor begrazing verschilt; het gaat om winterbegrazing en jaarrondbegrazing. Verder verschilt welke dieren worden ingezet: schapen, runderen, koniks, schotse hooglanders en shetlanders. Opvallend is dat de gebieden met een eenduidig stijgende N-indicator alle zes te maken kregen met toename van begrazing. Bij drie gebieden ging het om de inzet van hooglanders, pony's en koniks in 2005, bij drie andere gebieden werd spontane begrazing door konijnen en damherten genoemd. Deze laatste vorm van toenemende begrazing speelt echter ook een rol in andere delen van Kennemerland-Zuid. Bij één gebied, Koevlak, valt op dat de toename aanving na het moment waarop begrazing werd ingezet. Bij een ander gebied, Ogenkuil, leidde de inzet van grazers in 2005 niet tot een wijziging van de N-indicator. Over het algemeen is het bij deze maatregel lastig om oorzaak en gevolg uit elkaar te houden bij de interpretatie van een stijgende N-indicator.

Waterhuishouding

Een belangrijke maatregel in de PWN-duinen is het geleidelijk stopzetten van de waterwinning. Na ongeveer tien jaar van vermindering is de winning gestopt in 2002. Ook in de terreinen van Natuurmonumenten is de waterwinning vanaf 2000 gestopt. Het is niet goed bekend hoe deze maatregel zou uitpakken op de N-indicator, maar op vochtige locaties met ophoping van organische stof zou een toename kunnen optreden. Opvallend is dat slechts één route een dalende tendens vertoont na 2002. Deze route, Lammetjesweide, vertoont een afname van de N-indicator vanaf 2006. De routes met een stijgende trend bevinden zich echter eveneens daar waar de waterwinning is stopgezet.

Winddynamiek

Er zijn verschillende herstelprojecten uitgevoerd om herstel van zandverstuiving te bewerkstelligen en nwaaien van kalkrijk materiaal vanuit de zee te bevorderen. Effecten hiervan zijn niet gevonden. Vooral omdat het om recente projecten gaat die pas werden opgeleverd in 2013.

Verwijdering opslag en exoten

Struweel, prunus en andere exoten worden regelmatig verwijderd in het duingebied. Voor drie routes valt het starten met exotenverwijdering vrijwel gelijk met het stoppen van de waterwinning, waardoor deze effecten niet afzonderlijk bekeken kunnen worden. Opvallend is dat deze drie routes alle een stijgende lijn vertonen van de N-indicator, deels zelfs precies na de ingrepen.

*Tabel 7.2. Overzicht van langjarig getelde routes waarvoor de relatie tussen de uitvoering van maatregelen en trendbreuken in de N-indicator Vlinders is onderzocht. Aangegeven zijn: de stikstofniveaus (+ = bovengemiddeld, - = ondergemiddeld), de trend van de stikstofindicator (- is negatief, +- is variabel, + is positief), maximaal drie herstelmaatregelen plus het betreffende uitvoeringsjaar (begr = een verandering in begrazing, plag = een plagmaatregel uitgevoerd op of nabij de route, water = een waterhuishoudkundige maatregel, wind = herstel winddynamiek, opsl = verwijdering van opslag en soort = exotenbestrijding) en maximaal drie dalende (significant of niet) indicatorniveaus in de grafiek. De laatste is in drie kolommen aangegeven als trendbreuk 1, 2 en 3. Zie Bijlage 2 voor de trends in de stikstofindicator op de afzonderlijke routes. *Is een combinatie van meerdere routenummers*

Route	Naam	Niveau	Trend	Maatregel 1	Maatregel 2	Maatregel 3	Trendbreuk 1	Trendbreuk 2	Trendbreuk 3
281	Het Heitje	–	—+	Begr 2009	Begr 2015		2007	2012	
280*	Klazewei	–	—+	Plag 2008	Begr 2015		2011		
278*	Groot zwarte veld	–	0	Plag 2013			2012		
277	Eiland van Rolvers	–	0	Begr 2001	Begr 2012		1997	2007	2010
282*	Oosterduinrel	0	0	Plag 2015	Water 2015		–		
275	Middenveld	–	0	Plag 2015	Soort 2015		1997	2012	
276	Zwarte veld kanaal	–	0	–			1998	2012	
279	Blauwe weg	–	0	–			1998	2007	2012
274	Paradijsveld	+	0	–			2004	2007	2012
273	Rozenwaterveld	+	0	–			–		
470	Zeeveld Zuid	–	0	Plag 2004	Begr 2008		1998		
469	Mussenveld	–	0	Plag 2004			1998	2015	
468	Zeeveld Noord	–	0	Plag 2004			–		
475	Van Stirumduinen	–	—+	Plag 2013	Wind 2013		1997	2008	
471	Eiland van Rolvers Oost	–	0	Begr 2001	Begr 2012		1997	2007	
472	Donderhoek	–	0	–			1997	2007	2012
247	Elswout	+	0	–			2012		
242	Middenduyn Zanderij	+	++	Plag 1999–2002			1998		
244*	Middenduyn Zanderijvaart	+	0	–			2001	2012	
234	Ogenkuil	0	0	Plag* 1999 + 2001	Water 1992–2002	Begr 2005	1999	2007	
240*	Kraansvlak	–	0	Begr 1995	Plag* 1998 + 2009	Opsl 2008	1999		
236	Konijnenberg	0	+	Begr 2005			1998		
237	Koevlak	+	+	Begr 2005			1999	2007	
238	Lage Zeeveldroute	–	+	Water 2003	Begr 2005		2007	2012	
482	Noordduinen	+	0	Begr 1995			–		
285	Lammetjeswei	+	—	Begr 2005			–		
248	Koningshof	+	+	Water 2000	Soort 2001	Begr 2011	1999	2008	2012
231*	Cremermeerroute	0	+	Plag 2000	Water 2000	Begr 2011	2009		
233	Vossendelroute	+	+	Water 2000	Soort 2001	Begr 2011	1998	2007	2012

Samenvattend

De trend van de N-indicatoren was voor het grootste deel van de routes (62%) neutraal, hetgeen positief afwijkt van de landelijke trend, die stijgend is. Daarnaast zijn er ook in Kennemerland-Zuid zes routes aanwezig met stijgende trends, geen routes met dalende trends en vijf routes met gemengde trends.

- De N-indicatoren die berekend werden voor de vlinderroutes leverden geen duidelijke voorbeelden op van scherpe dalingen als gevolg van een genomen beheermaatregel.
- Door de overlap in de uitvoering en de complexe, langjarige doorwerking van uitgevoerde maatregelen op het ecosysteem was het niet goed mogelijk om eenduidige verbanden tussen maatregelen en stikstofindicator te leggen.
- Voor het vaststellen van eenduidige relaties tussen de uitvoering van maatregelen en de stikstofindicator zou een experimentele opzet nodig zijn dan wel een analyse over een groot aantal locaties met verschillend beheer.



Het klein koolwitje is een stikstofminnende soort die in Kennemerland-Zuid talrijker wordt.

8 Conclusie

De N-indicator Vlinders is een betrouwbare graadmeter voor de beschikbaarheid van stikstof in het ecosysteem. Hij geeft een overall beeld en reageert op veranderingen onder invloed van stikstofdepositie. De methode is getest op gevoeligheid en nadere details over het beste gebruik zijn nu verder uitgewerkt. Op locatieniveau bleek het niet mogelijk om afzonderlijke beheermaatregelen te koppelen aan deze stikstofindicator. Op gebiedsniveau geeft de stikstofindicator echter een duidelijk beeld van het niveau en de trend van de stikstofbelasting voor de vlindergemeenschap.

De N-indicator Vlinders is in deze pilot berekend op basis van een grote dataset langjarige monitoringgegevens uit het NEM-Meetnet Vlinders voor Kennemerland-Zuid. De resultaten leveren betrouwbare waarden op voor de relatieve talrijkheid van stikstofminnende ten opzicht van –mijdende soorten. Door de korte generatieduur van vlinders kunnen relatief kleine verschuivingen in de stikstofbelasting sneller zichtbaar worden gemaakt dan op basis van de tragere veranderingen in de vegetatie.

Gevoeligheidsanalyses laten zien dat de indicator robuust is voor kleine aanpassingen van de methode. Noch de keuze van het statistisch model, noch het weglaten van de trekkende distelvlinder, noch de correctie voor temperatuur had een grote invloed op niveau en trend van de indicator.

Voorts zijn handvatten verkregen voor de benodigde inspanning om betrouwbare indicatorwaarden te verkrijgen:

- aantal routes: in het duingebied Kennemerland-Zuid blijkt dat vier routes al een betrouwbaar beeld geven van niveau en trend van de N-indicator Vlinders.
- routelengte: de minimale lengte voor een betrouwbare indicatorwaarde is 400 meter
- aantal tellingen: zes maandelijks tellingen zijn nodig voor een betrouwbare indicatorwaarde; drie tellingen volgens de SNL-methode geven onvoldoende betrouwbaarheid en negen tellingen geven weinig meer betrouwbaarheid dan zes tellingen.

Uit de berekende N-indicator blijkt dat ook in Kennemerland-Zuid de stikstofdepositie nog steeds te hoog is. De algehele trend is significant stijgend en vakt de laatste jaren niet af. Dit is in overeenstemming met gegevens over de huidige stikstofoverschrijding. Uit de analyse van de genomen herstelmaatregelen in de nabijheid van de routes blijkt dat het niet goed mogelijk is om afzonderlijke maatregelen te koppelen aan wijzigingen in de N-indicator. Tenminste niet in dit duingebied. Daarvoor is de doorwerking van maatregelen als grootschalige begrazing en vernatting op locatieniveau te complex.

Op gebiedsniveau geeft de N-indicator Vlinders voor Kennemerland-Zuid een duidelijk beeld van het niveau en de trend van de stikstofbelasting voor de biodiversiteit. Stikstofmijdende soorten nemen overwegend af, terwijl stikstofminnende soorten geen trend vertonen of toenemen. Netto is er dus sprake van een afname van de stikstofgevoelige soorten.

In de voorgenomen pilots op de hogere zandgronden zal moeten blijken of de trend in de N-indicator bij hogere stikstofoverschrijding steiler verloopt en of de sterke inzet van N-verwijderende maatregelen in heidegebieden ook leidt tot een gunstiger ontwikkeling.

Concluderend: de pilot met de N-indicator Vlinders in Kennemerland-Zuid geeft aan dat deze indicator gereed is voor een bredere toepassing. Hij heeft de volgende sterke punten:

- De N-indicator Vlinders levert een biotische graadmeter voor de beschikbaarheid van stikstof in het ecosysteem;
- Deze beschikbaarheid van stikstof is het resultaat van de landschapsecologische uitgangssituatie, recente depositie en recente verwijdering via herstelmaatregelen;
- Het meetinstrument is een kwaliteitsindicator voor N2000-gebieden die aangetast worden door verhoogde stikstofdepositie;
- Het geeft een snellere reactietijd dan veranderingen in vegetatie;
- Bestaande infrastructuur van het NEM-Meetnet Vlinders kan voor verzameling en verwerking van gegevens worden gebruikt;
- Monitoringgegevens zijn voor een groot aantal gebieden reeds beschikbaar;
- Door de inzet van vrijwilligers bij de monitoring kunnen de kosten worden beperkt.



De heivlinder is een typische soort voor de Grijze Duinen (H2130); het is een stikstofmijdende soort die sterk afneemt in Kennemerland-Zuid.

Literatuur

Chen, Y.Z., Lin, L., Wang, C.W., Yeh, C.C., Hwang, S.Y. (2004) Response of two *Pieris* (Lepidoptera: Pieridae) species to fertilization of a host plant. *Zoological Studies* 43(4): 778-786.

Devictor, V., Van Swaay, C.A.M., Brereton, T., Brotons, L., Chamberlain, D., Heliölä, J., Herrando, S., Julliard, R., Kuussaari, M., Lindström, A., Reif, J., Roy, D., Van Strien, A., Settele, J., Schweiger, O., Stefanescu, C., Vermouzek, Z., Van Turnhout, C., Wallis de Vries, M., Wynhoff, I. & Jiguet, F. (2012) Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Climate Change* 2, 121–124.

Fischer, K., Fiedler, K. (2000) Response of the copper butterfly *Lycaena tityrus* to increased leaf nitrogen in natural food plants: evidence against the nitrogen limitation hypothesis *Oecologia*, 124(2), 235-241.

Oostermeijer, J.G.B. & Van Swaay, C.A.M. (1998) The relationship between butterflies and environmental indicator values: a tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation* 86, 271-280.

Schmucki, R., Pe'er, G., Roy, D.B., Stefanescu, C., Van Swaay, C.A.M., Oliver, T.H., Kuussaari, M., Van Strien, A.J., Ries, L., Settele, J., Musche, M., Carnicer, J., Schweiger, O., Brereton, T.M., Harpke, A., Heliölä, J., Kühn, E. & Julliard, R. (2015) A regionally informed abundance index for supporting integrative analyses across butterfly monitoring schemes. *Journal of Applied Ecology* DOI: 10.1111/1365-2664.12561.

Turlure, C., Radchuk, V., Baguette, M., Meijrink, M., van den Burg, A., Wallis de Vries, M., Van Duinen, G.J. (2013) Plant quality and local adaptation undermine relocation in a bog specialist butterfly. *Ecology and Evolution* 3, 244-254.

Van Beek, J.G., R.F. van Rosmalen, B.F. van Tooren, en P.C. van der Molen (allen red.) *Werkwijze Natuurmonitoring en –Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS* (+ 2 bijlagedocumenten) BIJ12, Utrecht 2014

Van Swaay, C.A.M. (2014) *Vlinders volgen voor betere bescherming*. De Vlinderstichting, Wageningen.

Van Swaay, C. & Strien, A. van (2015) Veldinventarisaties een (tref)kansenspel? *Vakblad Bos Natuur Landschap* 12 (116), 10-13.

Van Swaay, C.A.M., Harpke, A., van Strien, A., Fontaine, B., Stefanescu, C., Roy, D., Maes, D., Kühn, E., Öunap, E., Regan, E.C., Švitra, G., Heliölä, J., Settele, J., Musche, M., Warren, M.S., Plattner, M., Kuussaari, M., Cornish, N., Schweiger, O., Feldmann, R., Julliard, R., Verovnik, R., Roth, T., Brereton, T. & Devictor, V. (2010) *The impact of climate change on butterfly communities 1990-2009*. Report VS2010.25, Butterfly Conservation Europe & De Vlinderstichting, Wageningen.

Van Swaay, C.A.M., Veling, K., Kok, J. & van Strien, A. (2015a) *25 jaar vlinders tellen*. Rapport VS2015.02, De Vlinderstichting, Wageningen.

Van Swaay, C., Van Strien, A. & Wallis de Vries, M. (2015b) Nederland weer keizerrijk! *Vlinders* 30 (4), 4-6.

Wallis de Vries, M.F. (2013) Hoe stikstof de vlinders laat stikken. *Entomologische Berichten* 73(4), 158-163.

Wallis de Vries, M.F. (2015) *Meer damherten in de Amsterdamse waterleidingduinen - minder vlinders?* Rapport VS2015.12, De Vlinderstichting, Wageningen.

WallisDeVries, M.F. & Van Swaay, C.A.M. (2013) Effects of local variation in nitrogen deposition on butterfly trends in The Netherlands. *Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet.* 24, 9-17.

WallisDeVries, M.F. & Van Swaay, C.A.M. (in druk) A nitrogen index to track changes in butterfly species assemblages under nitrogen deposition. *Biological Conservation*.

Wallis de Vries, M.F., Eggenkamp-Rotteveel Mansveld, M.H. & Mourik, J. (1999) *Dagvlinders in het landschap van de Amsterdamse Waterleidingduinen: Monitoringevaluatie 1992-1998*. Rapport VS99.18, De Vlinderstichting, Wageningen.

Wallis de Vries, M.F., Van Swaay, C.A.M. & Van Strien, A. (2013) *Terreinmonitoring voor dagvlinders in de duinen: een verkenning*. Rapport VS2012.026, De Vlinderstichting, Wageningen.

Weiss, S.B., (1999) Cars, cows, and checkerspot butterflies: nitrogen deposition and management of nutrient-poor grasslands for a threatened species. *Conservation Biology* 13, 1476–1486.

Bijlage 1: Gebruikte Monitoringroutes

Routenummers	Routenaam	Deelgebied	X-km	Y-km	Periode	Type	Gevoeligheidsanalyse
1676 / 1737	Kennemermeer IJmuiden	NPZK	99	496	2009-2015	Dv	
233	Vossendelroute	NPZK	102	495	1992-2015	Bi	
231 / 232 / 1054	Cremermeerroute	NPZK	99	494	1992-2015	K	8, 16 routes
234	Ogenkuil	NPZK	99	493	1992-2015	K	2, 4, 8, 16 routes*
479	Jachtlust	NPZK	102	493	1997-1998		
239	Oosterplasroute	NPZK	101	492	1992-2001		
235	Spartelmeer	NPZK	98	491	1992-2001		
285	Lammetjeswei	NPZK	99	491	1999-2015	K	16 routes*
238	Lage zeeveldroute	NPZK	100	491	1992-2015	M	8, 16 routes
236	Konijnenberg	NPZK	100	490	1992-2015	M	4, 8, 16 routes*
237	Koeflak, Kennemerland-Zuid	NPZK	101	490	1992-2015	Bi	
482	Noordduinen PWN	NPZK	97	489	1997-2015	K	16 routes
240 / 338 / 481	Kraansvlak 1	NPZK	99	489	1992-2015	K	16 routes
57 / 242 / 243	Middenduין	NPZK	100	489	1990-2011		
245	Kemperberg	NPZK	100	489	1992-1996		
246	Begraasde Kemperberg	NPZK	100	489	1992-1996		
244 / 666 / 1872	Middenduין Zanderijvaart	NPZK	101	489	1992-2015	Dv	
247	Elswout	NPZK	101	488	1992-2015	Bi	
248	Koningshof	NPZK	99	487	1992-2015	Bi	
467	Zuidduinen	AWD	96	486	1996-1998		
273	Rozenwaterveld	AWD	98	486	1992-2015	Bi	
468	Zeeveld Noord	AWD	96	485	1996-2015	K	16 routes
274	Paradijsveld	AWD	97	485	1992-2015	Dv	
469	Mussenveld	AWD	95	484	1996-2015	K	8, 16 routes
275	Middenveld	AWD	97	484	1992-2015	M	4, 8, 16 routes
276	Zwarte veld kanaal	AWD	98	484	1992-2015	Dv	
1727	Aw-duinen, 't Panneland 2	AWD	98	484	2010-2015		
279	Blauwe weg	AWD	99	484	1992-2015	M	2, 4, 8, 16 routes
470	Zeeveld Zuid	AWD	95	483	1996-2015	K	16 routes
278 / 283	Groot zwarte veld	AWD	96	483	1992-2015	Dv	
277	Eiland van Rolvers	AWD	97	483	1992-2015	M	8, 16 routes
471	Eiland van Rolvers Oost	AWD	97	483	1997-2015	M	16 routes
472	Donderhoek	AWD	98	483	1997-2015	M	16 routes
1713	Aw-duinen, 't Panneland 1	AWD	98	483	2010-2015		
282 / 1220	Oosterduinrel	AWD	99	483	1992-2015		
473	Schapenwei	AWD	99	483	1997-2015		
280 / 284 / 1617	Klazewei	AWD	96	481	1992-2015	Bi-zuur	
1439	Wouwen (AWD)	AWD	95	480	2006-2011		
1440	Westhoek (AWD)	AWD	95	480	2006-2011		
475	van Stirumduinen	AWD	93	479	1997-2015	K	16 routes
474	Paardenkerkhof	AWD	96	479	1996-2001		
1589	Langeveld	AWD	94	478	2008-2015		
281	Het Heitje	AWD	96	478	1992-2105	Bi-zuur	*

Toelichting:

- In de tabel zijn de routes van noord naar zuid gerangschikt.
- Sommige routes op eenzelfde locatie zijn in de loop van de tijd in gewijzigde vorm voortgezet. Deze routes zijn bij de trendanalyse op locatieniveau samengevoegd.
- Voor de langlopende routes is, voor zover mogelijk, een globale indeling in landschapstype opgesteld: K=kustduinen, M=middenduinen,

- In de rechter kolom zijn de met * gemarkeerde routes aangeduid die voor de gevoeligheidsanalyse van de stikstofindicator voor aantal tellingen en routelengte zijn benut. De aanduiding voor het aantal routes geeft aan in welke variant voor het effect van het aantal routes de aangeduide route is meegenomen.

Bijlage 2: N-indicator vlinders voor langlopende routes in Kennemerland-Zuid

Voor elke route is de stikstofindicator weergegeven (blauwe stippen) met trendlijn voor zover significant. Ter vergelijking is de trend voor heel Kennemerland-Zuid gegeven (grijze stippen).

