LON

adviesbureau voor
korstmosonderzoek

Monitoring van korstmossen in de provincie Utrecht, 1979 – 2018

C.M. van Herk

2019

Monitoring van korstmossen in de provincie Utrecht, 1979 − 2018

Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON)

in opdracht van

Provincie Utrecht

C.M. van Herk

2019

VOORWOORD

Op bomen groeiende korstmossen staan er al jaren om bekend dat zij uitstekende indicatoren zijn voor de luchtkwaliteit. Ook reageren zij snel op veranderingen. Zij doen dit beter en sneller dan welke plantengroep ook. Daarnaast reageren zij op andere omgevigsfactoren, zoals de opwarming van het klimaat. Dit maakt korstmossen bij uitstek geschikt voor de toepassing als indicator in een biologisch meetnet.
In Utrecht wordt de soortensamenstelling van de korstmossen al sinds 1979 gevolgd. Onderzoeksrondes waren er in 1979, 1984, 1989, 1995, 2001 en nu dus een nieuwe ronde in 2018. Utrecht heeft hiermee wereldwijd het langstlopende meetnet korstmossen. Het is ook een robuust meetnet met veel meetpunten, en veel verzamelde data.
De aanleiding om dit meetnet in de 70-er jaren te starten werd gevormd door de luchtvervuiling met zwaveldioxide (SO_2). Nu de concentraties daarvan sterk gedaald zijn, heeft dit nog maar een beperkt nut. Maar al snel werd onderkend dat ammoniak (NH_3) een bijna even groot probleem geworden was. In de 90-er jaren zijn daarom de ruimtelijke patronen en de trends van ammoniak gedocumenteerd.
Uit het onderzoek van 2001 bleek dat korstmossen ook sterk reageren op klimaatverandering. Dit leidde in 2002 tot een publicatie in *The Lichenologist* (van Herk et al., 2002), de eerste waarmee het effect van klimaatverandering op de natuur significant kon worden aangetoond.
Bij het onderhavige onderzoek van 2018 is het meetnet omgevormd tot een meetnet met tijdreeksen. Uit de set van 450 meetpunten die in 2001 voor het laatst zijn opgenomen, is nu een selectie van 210 punten herhaald. Van een aantal graadmeters voor ammoniak en klimaatverandering zijn tijdreeksen berekend die de verandering tussen 1979 en 2018 in beeld brengen.
Namens de Provincie Utrecht werd het project begeleid door de heer Frank Bos (beleidsmedewerker Ecologische Monitoring).

Kok van Herk
Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON)
Wielewaal 42
3766 VC Soest
tel. 035-6018541
e-mail *lonsoest@wxs.nl*

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING en METHODE	8
1.1	Wat zijn korstmossen?	8
1.2	Relaties met het milieu	8
1.3	Het provinciale korstmossenmeetnet	9
1.4	De herhalingsronde in 2018	10
1.5	Ligging van de meetpunten	11
1.6	Boomsoorten	12
1.7	Welke graadmeters zijn onderzocht?	12
2	RESULTATEN en DISCUSSIE	18
2.1	Soortensamenstelling	18
2.2	Het aantal soorten korstmossen per meetpunt	19
2.3	Rode Lijst	20
2.4	De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt	23
2.5	De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt gecorrigeerd voor de nabijheid van wegen	25
2.6	De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt	25
2.7	Klimaatverandering	26
2.8	Regionale ontwikkelingen	29
2.9	Ontwikkelingen in de bossen van de Utrechtse Heuvelrug	44
2.10	Interprovinciaal	49
3	SAMENVATTING en CONCLUSIES	52
4	LITERATUUR	56
bijlage 1:	Lijst met aangetroffen korstmossen in 2018	58
bijlage 2:	Lijst met aangetroffen mossen in 2018	62
bijlage 3:	Trends van de korstmossen, 1979 - 2018	64
bijlage 4:	Veranderingen in meetpunten met Zomereik op de Heuvelrug	69
bijlage 5:	Naamswijzigingen van korstmossen sinds 2001	72
bijlage 6:	De NIW in 1995, 2001 en 2018 als functie van het type weg	73
bijlage 7:	Omrekening ammoniakminnaars/zuurminnaars in NIW/AIW	74
bijlage 8:	Toelichting op hoe de graadmeters zijn uitgerekend	75

1 INLEIDING en METHODE

1.1 Wat zijn korstmossen?

De benaming 'korstmos' suggereert dat we te maken hebben met een speciaal type mos, maar dat is niet het geval. Korstmossen vormen een samenleving tussen een schimmel en een alg (figuur 1.1); ze zijn niet verwant aan mossen.
Korstmossen groeien vooral op extreme standplaatsen: op kaal zand in de heide, op steen van bestratingen en daken, en op de schors van bomen. Het voorkomen op de stam van bomen is het onderwerp van deze studie. We spreken dan van *epifytische* korstmossen, ofwel *epifyten*.
Korstmossen worden ook wel *lichenen* genoemd. Zij leven van de stoffen die in de lucht zitten. Er bestaan diverse groeivormen korstmossen, elk met een groot aantal soorten. De baardvorm is het meest ontwikkeld. Daarnaast bestaan o.a. de struikvorm, de bladvorm, de bekervorm, en de korstvorm.
In Nederland zijn ruim 750 soorten gevonden (Aptroot *et al*., 2004). De naamgeving van de korstmossen volgt de Veldgids Korstmossen (van Herk *et al.,* 2018), zie ook https://www.verspreidingsatlas.nl/soortenlijst/korstmossen

Figuur 1.1 *Doorsnede door een bladvormig korstmos (50x). Van boven naar beneden zijn zichtbaar de bovenschors, een algenlaag, het merg, de onderschors en wortelachtige orgaantjes. Algen (met bladgroenkorrels) zitten alleen in de algenlaag, de overige lagen bestaan alleen uit de schimmel.*

1.2 Relaties met het milieu

Korstmossen reageren sterk op veranderingen in het milieu. De uitstoot van zwaveldioxide (SO_2), die in de de jaren '70 van de vorige eeuw zijn hoogtepunt bereikte, heeft veel korstmossen doen verdwijnen. Een deel van die soorten keerde terug toen de luchtkwaliteit weer verbeterde.
Het probleem van de depositie van ammoniak (NH_3) werd in ons land voor het eerst aan de korstmossen in de Gelderse Vallei gesignaleerd, toen bleek dat daar stikstofminnende soorten rond boerderijen sterk waren toegenomen (van der Knaap, 1980). Dit was tijdens de eerste ronde van dit meetnet. Van der Knaap maakte toen een vergelijking met data uit 1973 (de Wit, 1976). Deze ontdekking is bijzonder, omdat deze gedaan werd nog voordat de overheid het probleem herkende en onderkende, en voordat chemische metingen van NH_3 beschikbaar waren.
Recenter is met het Utrechtse meetnet ook gebleken dat korstmossen ook reageren

op klimaatverandering. Zuidelijke, warmteminnende soorten waren tussen 1989 en 2001 sterk toegenomen, en noordelijke soorten waren duidelijk afgenomen (van Herk, 2002). De Nederlandse publicatie hierover in The Lichenologist (van Herk *et al*., 2002) was wereldwijd de eerste waarmee het effect van klimaatverandering op de natuur met een robuuste dataset statistisch significant kon worden aangetoond. Het Utrechtse korstmossenmeetnet heeft dus meermalig een cruciale rol rol vervuld bij het onderkennen van belangrijke milieuveranderingen.
Korstmossen waren recentelijk ook onderdeel van een vergelijkende studie naar de effecten van klimaatverandering op soortgroepen (Bowler *et al.,* 2017). Uit deze publicatie blijkt dat effecten het duidelijkst zichtbaar zijn bij korstmossen, vogels, vlinders, loopkevers en springstaarten. Ruim 20 plant- en diergroepen werden onderzocht; van alle groepen gaven de korstmossen het sterkste signaal.

1.3 Het provinciale korstmossenmeetnet

In de meeste Nederlandse provincies is er sinds de jaren '90 systamatisch onderzoek geweest aan epifytische korstmossen. Door zes provincies zijn meetnetten opgestart, met steeds het hoofddoel de ammoniakproblematiek in kaart te brengen en te monitoren. Alle meetnetten zijn gebaseerd op het volgen van groepjes geselecteerde bomen, meestal rijtjes bomen langs wegen. De meetnetten van Drenthe, Friesland, Overijssel en Gelderland bestaan uitsluitend uit Zomereik; die van Zeeland vooral uit Populier, aangevuld met Zomereik; die van Utrecht uit een combinatie van diverse boomsoorten (zie tabel 1.1). In de literatuurlijst staat van alle zes provincies een referentie naar het laatste rapport.
Het Utrechtse meetnet is het langstlopende: de eerste ronde was in 1979 (van der Knaap, 1980). Er zijn daarna herhalingsronde's geweest in 1984 (van der Knaap, 1984), 1989 (Aptroot, 1989), 1995 (van Herk, 1996) en 2001(van Herk, 2002). De onderhavige herhaling in 2018 vormt de zesde ronde. Traditioneel worden in Utrecht de aanwezige mossen ook genoteerd. Zij vormen evenwel geen hoofddoel, en in de uitwerkingsfase wordt hiervan slechts beperkt gebruik gemaakt.
In 1979, 1984 en 1989 werd er in Utrecht gewerkt met zogenoemde referentiehokken. Dit zijn geselecteerde km^2-vakken die zo uitputtend mogelijk werden geïnventariseerd. Dit hield in dat van de meeste boomgroepen binnen deze kilometervakken een lijst van alle aanwezige korstmossoorten (tot 2 m. hoog) werd aangelegd.
In 1995 is de onderzoeksmethodiek gewijzigd. De methode met de referentiehokken is losgelaten, en in plaats daarvan zijn meetpunten met een zo groot mogelijke spreiding over de provincie uitgezet. Deze punten bestaan meestal uit 10 geselecteerde bomen, die individueel worden bemonsterd (van elke boom wordt een soortenlijst aangelegd), en iedere soort krijgt per meetpunt een kwantiteit (hoeveelheid) volgens een zes-delige schaal (zie bijlage 8). Dit maakt het mogelijk om gedetailleerd veranderingen te berekenen. Verder zijn toen indicatiewaarden voor ammoniak geïntroduceerd, de zogenoemde NIW en AIW, waarover in par. 1.7 meer. Om de overgang

in methode zo soepel mogelijk te laten verlopen, zijn per referentiehok uit 1989 in 1995 steeds drie meetpunten herhaald. Het meetnet bereikte hierdoor in 1995 met 986 meetpunten de maximale omvang, d.w.z. gemiddeld ongeveer 16 meetpunten per blok van 5 x 5 km^2. Dit is een puntendichtheid die het toelaat om tamelijk gedetailleerde kaarten samen te stellen. Door de gelijkmatige spreiding van de punten over de provincie, over biotopen, en over landschappen (landelijk gebied, natuurgebied, bebouwde kom) zijn deze data in hoge mate representatief voor Utrecht als geheel. De data van 1995 vormen dan ook de basis voor trendberekeningen (zowel naar het heden, als ook in retro tot 1979, zie o.a. bijlage 3).

1.4 De herhalingsronde in 2018

In navolging van Overijssel in 2015 (van Herk, 2015) en Drenthe in 2016 (Van Herk, 2017) is ook in Utrecht besloten tot een omvorming naar een meetnet met nadruk op tijdreeksen. Van de 986 punten uit 1995 zijn in 2001 nog 450 punten herhaald. Van die punten zijn in 2018 nog 210 herhaald. Een dermate grote inkrimping van het aantal meetpunten kan niet op een aselecte wijze gebeuren; dit zou ten koste gaan van sommige meetdoelen. Bij de keuze van de geselecteerde herhalingen zijn twee randvoorwaarden relevant:

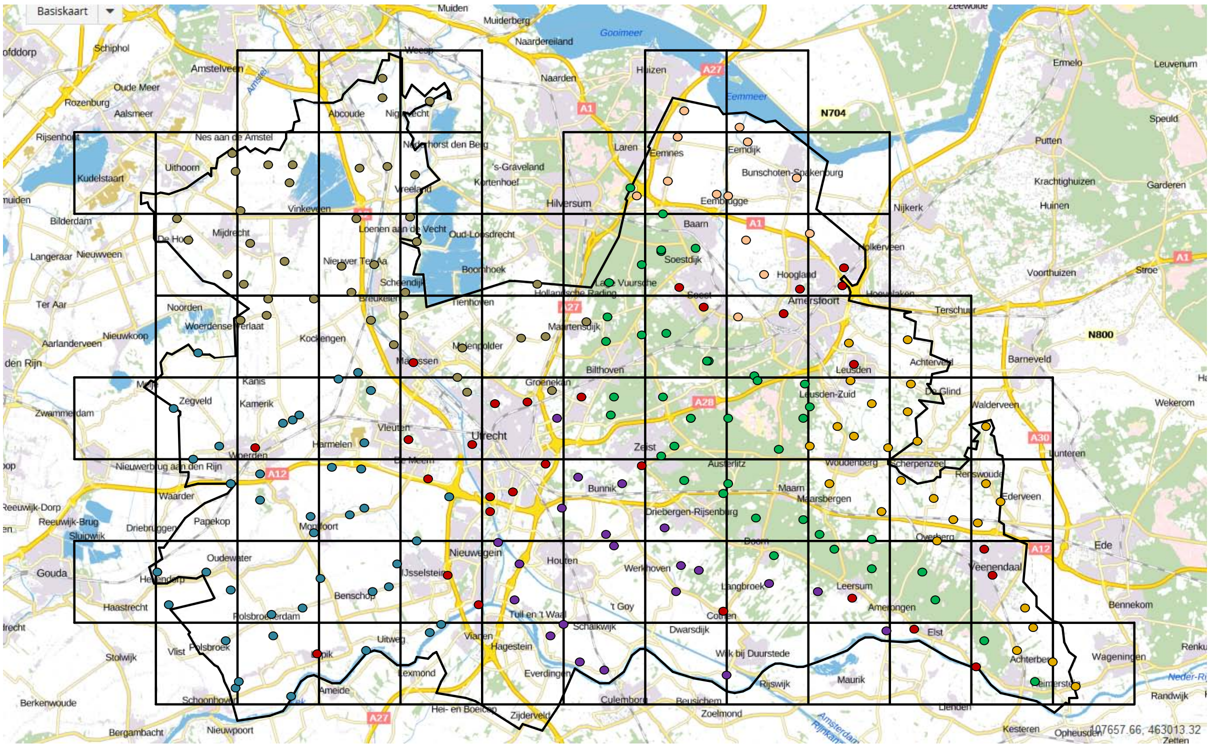
1. De geselecteerde set meetpunten moet geschikt zijn om betrouwbare trends te kunnen berekenen t.a.v. klimaat en ammoniak. Dit geldt ook voor regionale deelselecties (zie figuur 1.2).
2. De selectie meetpunten moet ook geschikt zijn om bij het leeuwendeel van de korstmossoorten een voor- of achteruitgang te berekenen, ook bij zeldzame soorten.

Meetpunten waar het milieu na 2001 door een plaatselijke oorzaak drastisch gewijzigd is, bijv. door verstedelijking, zijn gewoonlijk afgevallen. Een goede ammoniakindicatie vraagt in open gebieden verder liefst een vrije aanstroom van lucht naar de stam. Punten waar dit in het geding is gekomen, zijn ook afgevallen. Verder zijn punten met zeldzame soorten nu oververtegenwoordigd, anders is het niet mogelijk om in voldoende mate trends van alle soorten te bepalen.
Tenslotte moet opgemerkt worden dat vooral in het westen van de provincie sinds 2001 van veel meetpunten de bomen gekapt zijn. In sommige gebieden zijn daardoor 'gaten' in het meetnet gevallen (bij Kamerik, rond Houten, en bij Tienhoven). Rond Vianen ontbreken meetpunten sowieso omdat dit gebied pas na 2001 bij de provincie Utrecht gevoegd is (zie figuur 1.2).
Omdat de steekproefgrootte en -samenstelling per onderzoeksronde verschillend is, zijn de gemiddelden over de diverse onderzoeksjaren zonder een correctie niet rechtstreeks vergelijkbaar. De gegeven waarden van 1995 (het jaar met de maximale omvang) vormen gewoonlijk de werkelijke gemeten gemiddelde waarden. De waarden van de andere jaren (1979, 1984, 1989, 2001 en 2018) zijn daaruit afgeleid op basis van de veranderingen in de gemonitorde punten. Hierbij is steeds gebruik

gemaakt van het maximum aantal beschikbare paren meetpunten over twee opeenvolgende meetjaren. Dit geldt zowel voor data van geheel Utrecht, als voor opdelingen (zie onder). Ook de veranderingen per soort zijn op deze wijze berekend.

1.5 Ligging van de meetpunten

Er is een opdeling van de meetpunten gehanteerd naar zeven geografische regio's: Vecht- en Plassengebied, Westelijk Weidegebied, Kromme Rijngebied, Utrechtse Heuvelrug, Gelderse Vallei, Eemland, en de bebouwde kom van steden en dorpen. De ligging van de meetpunten in deze regio's is te zien in figuur 1.2. Verder zijn de punten opgedeeld in drie 'functionele' categorieën: agrarisch gebied, bos- en natuurgebied, en bebouwde kom van steden en dorpen. De laatste categorie is identiek aan de gelijknamige geografische regio. De categorie bos- en natuurgebied correspondeert grotendeels met de regio Utrechtse Heuvelrug.



Figuur 1.2 *Ligging van de meetpunten in de provincie Utrecht. rood= bebouwde kom van steden en dorpen; grijsgroen= Vecht- en Plassengebied; blauw= Westelijk Weidegebied; paars= Kromme Rijngebied; groen= Utrechtse Heuvelrug; geel= Gelderse Vallei; roze= Eemland.*

1.6 Boomsoorten

In tabel 1.1 is te zien welke boomsoorten onderzocht zijn. Eiken zijn vooral bemonsterd in de Gelderse Vallei, de Utrechtse Heuvelrug, en meer verspreid elders. In het westen van de provincie zijn vooral populieren en essen opgenomen.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	aantal punten	aantal bomen
Acer pseudoplatanus	Gewone esdoorn	4	27
Fagus sylvatica	Beuk	1	10
Fraxinus excelsior	Es	22	197
Pinus sylvestris	Grove den	2	21
Populus x *canadensis*	Canadapopulier	39	346
Populus nigra var. *italica*	Italiaanse populier	1	10
Quercus robur	Zomereik	114	988
Quercus rubra	Amerikaanse eik	3	13
Salix alba	Schietwilg	8	62
Tilia spec.	Linde	8	84
Ulmus spec.	Iep	8	65
totaal		**210**	**1823**

Tabel 1.1 *Onderzochte boomsoorten, aantal meetpunten en aantal bomen per soort.*

1.7 Welke graadmeters zijn onderzocht?

Ieder korstmos verschaft informatie over de gesteldheid van omgevingsfactoren. Sommige soorten reageren op factor A, andere soorten op factor B, en weer andere soorten op een veelheid aan factoren. Sommige soorten reageren door harder te gaan groeien, andere soorten verdwijnen juist. Dit gegeven maakt het mogelijk om graadmeters (parameters) te ontwerpen die nauwkeurig de respons van een groep soorten op een omgevingsfactor registreren. De volgende zeven graadmeters zijn uitgerekend. In bijlage 8 wordt de preciese berekeningswijze uiteengezet:

1. Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt,
2. Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt,
3. De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt,
4. Als 3, maar gecorrigeerd voor de nabijheid van wegen (NH_3 uit katalysatoren)
5. De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt,
6. Een indicatie voor opwarming (warmer klimaat),
7. Een indicatie voor "vernatting" (regenrijker klimaat).

1.7.1 Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt

Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt was in het verleden een goede graadmeter voor de zwaveldioxide belasting (meer SO_2 = minder soorten) (Barkman, 1958; De Wit, 1976). Dit was vooral in de jaren '70 bruikbaar toen de concentraties van dit, voor korstmossen, giftige gas zeer hoog waren. Met de huidige, aanzienlijk lagere concentraties moet deze parameter veel meer gezien worden als een graadmeter voor een veelheid van factoren. De korstmossendiversiteit is in de regel nog wel een goede indicator voor de natuurwaarde.
Het verloop van het aantal soorten korstmossen wordt ook uitgesplitst over struik/baardvormige soorten, staaf/schubvorige soorten, bladvormige soorten en korstvormige soorten gepresenteerd.

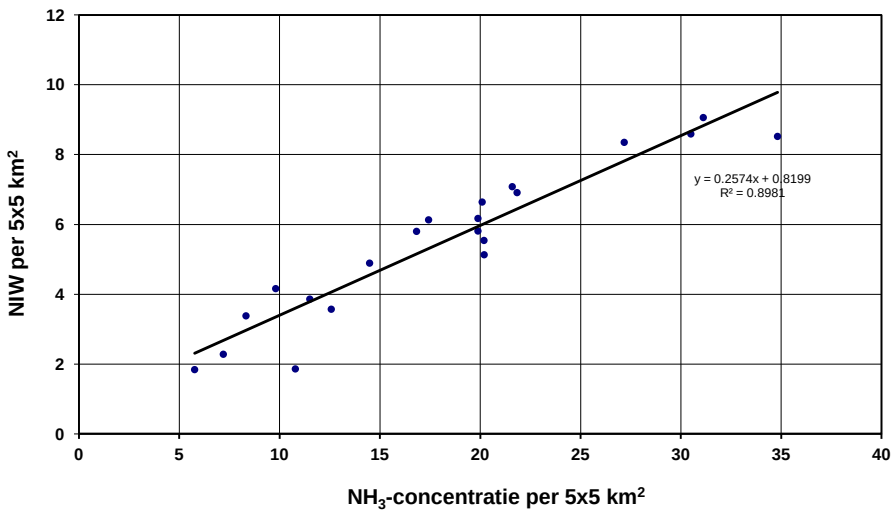
1.7.2 Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt

De berekening van het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt is gebaseerd op de Rode Lijst korstmossen die in 2012 is uitgekomen (Aptroot *et al*., 2012). Dit is de eerste keer dat de Rode Lijst geheel op berekende trends en de verspreiding van soorten gebaseerd is. Belangrijke bronnen hiervoor waren de databank van de Bryologische en Lichenonologische Werkgroep (BLWG) en de korstmoskarteringen en -meetnetten van de provincies. Ook het onderhavige meetnet van Utrecht (data tot en met 2001) heeft dus bijgedragen aan de vaststelling van de soorttrends (zie bijlage 3). De Rode Lijst telt 311 soorten (dit is 46% van inheemse korstmosflora), hiervan hebben 96 soorten de status 'gevoelig', 65 soorten zijn 'kwetsbaar', 49 zijn 'bedreigd', 42 'ernstig bedreigd', en 59 zijn 'verdwenen uit Nederland'. Naast het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt wordt ook het cumulatief aantal Rode Lijst-soorten per meetronde gepresenteerd.

1.7.3 De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt

Er zijn korstmossen die verdwijnen onder invloed van ammoniak, maar er zijn ook ammoniakminnende soorten, die er juist harder door gaan groeien. De respons op ammoniak komt dus op twee manieren tot uitdrukking in de soortensamenstelling. De positieve respons is een betere graadmeter voor de actuele NH_3-belasting omdat deze in hoge mate tot stand komt door snel groeiende pioniersoorten.

In 1989 is de zogenoemde **NIW**-methode geïntroduceerd (van Herk, 1990). NIW staat voor **Nitrofiele Indicatie Waarde**. Deze methode komt erop neer dat van 20 soorten korstmossen met een positieve respons op ammoniak het voorkomen bij elkaar wordt opgeteld. Dit resulteert in een getal tussen de nul en ± tien (zie bijlage 8).
In 1997 is het verband tussen de NIW en ammoniakmetingen die terplekke met permanente monsternemers door TNO uitgevoerd zijn, onderzocht (zie van Herk, 1998a). Daaruit blijkt een sterk verband (R^2= 0,898, zie figuur 1.3).



Figuur 1.3 *Lineaire regressie van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) tegen de jaarrond gemeten NH_3-luchtconcentratie in 1997 (beide op basis van 4 tot 6 metingen per 5 x 5 km^2). Metingen aan Zomereiken in Friesland, Gelderse Vallei en Noord-Brabant (ontleend aan van Herk, 2001).*

De NIW-methode is in beginsel gebaseerd op Zomereiken. Toepassing van andere boomsoorten levert andere resultaten op, omdat natuurlijke schorseigenschappen zoals mineralengehalte, zuurgraad, en ruwheid van invloed zijn op de NIW. In de meeste provincies waar de NIW-methode toegepast is, kon worden volstaan met Zomereiken. In de provincie Utrecht is dit niet het geval. In de westelijke helft van Utrecht bieden Zomereiken onvoldoende dekking. Hier zijn naast Zomereiken vooral Populieren, Wilgen en Essen gebruikt, aangevuld met wat Linde en Esdoorn (zie tabel 1.1). Om de resultaten vergelijkbaar te maken zijn de NIW's omgeschaald volgens de in 1995 uitgevoerde regressieberekeningen (van Herk, 1996). In bijlage 8 staat beschreven hoe de omschaling uitgevoerd is.
Verder vraagt de NIW bij voorkeur een vrije aanstroom van lucht op een goed belichte stam. Op de Utrechtse Heuvelrug is dit in de veelal gesloten bossen een probleem. In de praktijk blijkt dat eikenstrubbenbossen en singels met vergelijkbare eiken hier de beste resultaten opleveren. De lage horizontale takken van deze eiken vormen in potentie een goed substraat voor veel soorten.

1.7.4 De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt, gecorrigeerd voor de nabijheid van wegen

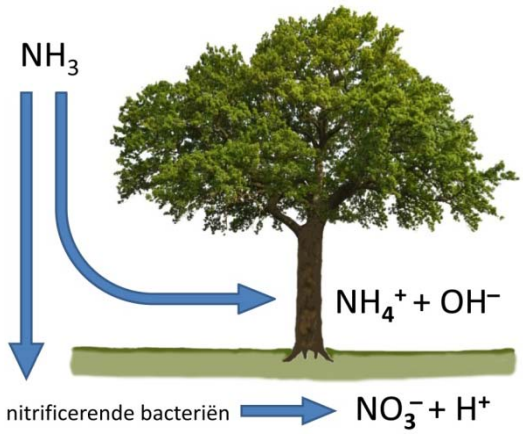
Sinds de introductie van de katalysator, ongeveer 20 jaar geleden, stoten ook auto's ammoniak uit. Dit wordt veroorzaakt door een reductieproces waarbij stikstofoxide (NO_x) niet alleen in onschadelijk stikstofgas (N_2) wordt omgezet, maar ook in ammoniak. Dit komt doordat de reductie onbedoeld iets te ver door gaat.

Ook bij dieselmotoren is er sprake van ammoniakuitstoot als er zogenoemde AdBlue (= vloeibare ammonium) via een verstuiver aan de uitlaatgassen wordt toegevoegd. Dit heeft eveneens tot doel de uitstoot van NOx zo laag mogelijk te maken, maar leidt tevens tot ammoniakuitstoot.
Volgens de meest recente cijfers (Compendium voor de Leefomgeving, www.clo.nl) bedraagt de emissie uit verkeer voor geheel Nederland 4,3 miljoen kg NH_3/jr (voor 2016). Ter vergelijking: de emissie uit landbouw bedraagt over het zelfde jaar 110 miljoen kg NH_3/jr, dus ruim 25 maal zo veel. In 1995 was de emissie uit verkeer nog bijna 45% lager (2,4 miljoen kg NH_3/jr), in 1990 ruim een factor vier lager. De piek lag volgens het CLO bij 2005 (5.3 miljoen kg NH_3/jr). Bij een onderzoek met permanente monsternemers langs de A1 bij Markelo bleek dat de NH_3-concentratie in de berm ongeveer 2 µg/m^3 hoger was dan de achtergrondbelasting (Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN), RIVM). Dit betekent dat de bijdrage van het wegverkeer lokaal substantieel kan zijn.

Om het effect van verkeer op de NIW te kwantificeren, is het type weg waarlangs de meetpunten gelegen zijn, gebruikt als relatieve maat voor de drukte van de weg. In alle recent herhaalde provincies laat een regressieberekening van wegtype tegen de NIW zien dat het effect in de loop der jaren sterker geworden is (de 'helling' van de regressielijn neemt toe). Deze hellingshoek kan gebruikt worden om het gemiddelde effect van wegverkeer uit te rekenen, en de NIW bij drukke wegen naar beneden bij te stellen. Zo'n correctie valt te rechtvaardigen, immers het locale effect van verkeer wordt weggenomen, zodat de getallen beter de situatie van de achtergrondbelasting benaderen. In bijlage 8 is uiteengezet hoe deze berekening in zijn werk gaat.

1.7.5 De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt

Voor een goed begrip van deze graadmeter is het belangrijk te beseffen dat ammoniak (NH_3) een base is. Bovengronds – in de lucht, maar ook in boomschors – draagt ammoniak niet bij aan de verzuring. Verzuring door ammoniak treedt pas op als dit in de vorm van ammonium (NH_4^+) in de bodem wordt opgenomen, en door bacteriën in nitraat (NO_3^-) wordt omgezet (figuur 1.4).



Figuur 1.4 *De omzetting van ammoniak (NH_3), bovengronds en ondergronds. Bij adsorbtie door boomschors reageert ammoniak basisch (NH_4^+ en OH^-). In de bodem, daarentegen, wordt het door nitrificerende bacteriën in nitraat (NO_3^-) omgezet. Hierbij komen waterstofionen (H^+) vrij.*

Nitraat reageert wel zuur (salpeterzuur, HNO_3). Het is daarom gebruikelijk om over **potentieel** zuur spreken als het om de depositie van ammoniak gaat. De term 'zure depositie' is in het geval van ammoniak feitelijk onjuist.

Zolang de ammoniak zich nog in de lucht bevindt is er dus geen sprake van zuur. Dit geldt ook voor de effecten op boomschors: de bacteriën die verantwoordelijk zijn voor de omzetting naar nitraat ontbreken vrijwel geheel in boomschors. Boomschors die met ammoniak in aanraking komt, wordt door NH_3 juist ontzuurd (de pH gaat omhoog). Uit onderzoek blijkt dat bij een hoge achtergrondbelasting van ammoniak de stijging van de pH van de schors van eiken wel twee eenheden kan bedragen (pH 4,2 naar 6,2).
Schors van eiken is van nature zuur omdat de boom looizuur aanmaakt. Op eiken groeien van nature dan ook veel zuurminnende korstmossen, veel meer dan bijv. op populieren of essen. Zuurminnende korstmossen komen vanouds veel voor in de kern van grote boscomplexen, op relatief grote afstand van veehouderijgebieden of andere vervuilingsbronnen. Ook in sommige akkerbouwgebieden komen vanouds veel zuurminnaars voor. In de meeste veeteeltgebieden zijn deze soorten in mindere of meerdere mate verdwenen.
De hoeveelheid zuurminnaars wordt met behulp van de **AIW** (**Acidofiele Indicatie Waarde**) gekwantificeerd. Deze parameter is net als de NIW in 1989 geïntroduceerd. Ook hierbij komt het erop neer dat van ongeveer 20 soorten korstmossen de respons op ammoniak bij elkaar wordt opgeteld, nu dus alleen soorten met een negatieve respons (soorten die gevoelig zijn dus). Dit resulteert wederom in een getal tussen de nul en ongeveer tien (bijlage 8).
Bij de AIW is er voor gekozen om de diverse boomsoorten niet via een omschaling met elkaar vergelijkbaar te maken. Dit heeft te maken met het gegeven dat het om soorten met een gevoeligheid gaat; dit weerspiegelt een zekere reeële natuurwaarde t.a.v. ammoniak. Verder is het niet mogelijk om een omschaling toe te passen op bijv. wilgen of essen als de AIW al om en nabij nul is.
Omdat de AIW- en NIW-methode in 1979, 1984 en 1989 nog niet geïmplenteerd was, is deze (als provinciaal gemiddelde) met terugwerkende kracht geschat m.b.v. het aantal zuurminnaars cq. ammoniakminnaars per meetpunt, zie bijlage 7.

1.7.6 Een indicatie voor opwarming (warmer klimaat)

Het monitoren van de effecten van klimaatverandering is een ander doel van dit onderzoek. De meest voor de hand liggende methode om het effect van klimaat-verandering te monitoren is met behulp van de "Ellenberggetallen", genoemd naar de auteur van de publicatie waarop dit principe geënt is (Ellenberg, 1974). Ellenberggetallen zijn ecologische indicatiewaarden die per soort toegekend zijn voor onder meer temperatuur, vocht, nutriënten en continentaliteit. Dit getal beschrijft het gedrag van een bepaalde soort ten aanzien van die factor. Meestal is dit in de vorm van een waarde op een 9-delige schaal. Voor korstmossen zijn deze getallen

gepubliceerd door Wirth (2010), en voor de Nederlandse situatie zijn deze onlangs aangepast en aangevuld door Sparrius *et al*. (2015).

Om het effect van het warmer geworden klimaat te kwantificeren is per meetpunt per onderzoeksjaar het **gemiddeld temperatuurgetal** berekend, gebaseerd op Sparrius *et al*. De verandering van het gemiddeld temperatuurgetal wordt gepresenteerd.
Naast het temperatuurgetal is ook het areaal (wereldwijde verspreiding) van de soorten in beschouwing genomen. Het verloop van het percentage noordelijke, koelgematigde, warm-gematigde, en tropische soorten is uitgerekend.

1.7.7 Een indicatie voor "vernatting" (regenrijker klimaat)

De berekening van vernatting als indicator voor een mogelijk regenrijker klimaat, is op gelijke wijze uitgevoerd als die van de opwarming (par. 1.7.6). Hiervoor is het **vochtgetal** gebruikt (Sparrius *et al*., 2015).
Als aanvulling daarop is ook het gemiddeld **continentaliteitsgetal** berekend. Deze parameter beschrijft in welke mate de korstmossen gebonden zijn aan een Atlantisch (zee-) klimaat dan wel een continentaal (land-) klimaat.

Veel provinciale korstmosrapporten, alsmede wetenschappelijk publicaties, zijn te downloaden op www.researchgate.net/profile/Kok_Van_Herk2/publications.

2 RESULTATEN en DISCUSSIE

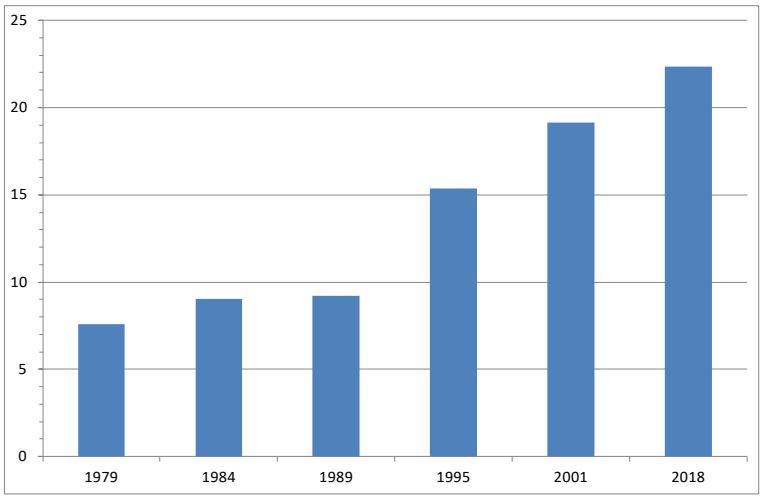
2.1 Soortensamenstelling

Het Utrechtse meetnet is voor het laatst in 2001 herhaald. De veranderingen over de laatste periode hebben dus betrekking hebben op in totaal 17 jaar. Dit is veel langer dan bij eerdere ronde's, toen er steeds een tussenpose was van 5 of 6 jaar.
In bijlage 1 (korstmossen) en 2 (mossen) is opgesomd welke soorten in 2018 in de meetpunten aangetroffen zijn, en hoe vaak. Er wordt ook een vergelijking gemaakt met de vorige ronde in 2001. In bijlage 3 staan de trendmatige ontwikkelingen sinds 1979. Bij veel korstmossen is na 2001 de wetenschappelijke naam gewijzigd; in bijlage 4 staat hiervan een overzicht.
Het valt direkt op dat er grote veranderingen zijn. Heel veel soorten korstmossen, ook algemene, verdubbelen of halveren. Dit betekent dat het milieu de laatste decennia drastisch is gewijzigd. Opvallend groot is de toename die zich bij de Schriftmossen voltrokken heeft. Drie soorten uit deze groep zijn bijna uit het niets algemeen geworden: Verzonken schriftmos (*Pseudoschismatomma rufescens*, van 2 naar 63%), Limoenschriftmos (*Alyoria viridipruinosa*, van 0 naar 33%) en Klein schriftmos (*Opegrapha niveoatra*, van 7 naar 27%).Op dezelfde bomen groeit vaak Boomrookkorst (*Catillaria nigroclavata* van 0 naar 40%) en Ammoniakschotelkorst (*Lecanora barkmaniana* van 18 naar 60%). Het gaat hier vaak om witte of zwarte korstvormige soorten die dikwijls grote oppervlakken innemen, en zo de bomen een surrealistische aanblik geven met hun mozaïeken van wit met zwart. Vooral op vrijstaande bomen in de westelijke helft van de provincie is dit een normaal beeld geworden.
Op goed belichte bomen in steden en dorpen, maar ook wel in het landelijk gebied zijn Vals dooiermos (*Candelaria concolor*, van 32 naar 67%) en Dun schaduwmos (*Hyperphyscia adglutinata*, van 23 naar 80%) de grote stijgers, de eerste vormt vaak opvallende gele overlangse banen op de stam.
Er zijn ook belangrijke 'verliezers'. Klein dooiermos (*Polycauliona polycarpa, van* 54 naar 14%) en Kroezig dooiermos (*P. candelaria, van* 53 naar 6%) behoorden in de jaren '90 nog tot de grootste stijgers, maar zijn nu weer helemaal terug bij af. Zelfs Heksenvingermos (*Physcia tenella*, van 73 naar 52%) is hier hard naar op weg.
In bossen is het Groenoogje (*Micarea viridileprosa*, van 0 naar 14%) een nieuwkomer. Dit is een op alg lijkende groene korst, die al wel veel op rottend hout groeide, maar niet op schors. In bossen zijn er vooral belangrijke verliezen. Zo is Groot boerenkoolmos (*Platismatia glauca*) helemaal uit het meetnet verdwenen (van 2 naar 0%), het is twijfelachtig of er nog iets van deze soort resteert. Deze soort was in strubbenbossen op de Utrechtse Heuvelrug altijd een opvallende verschijning. In par. 2.9 worden de veranderingen op de Heuvelrug apart geanalyseerd. Hieruit zal blijken dat de voor de bossen typerende epifytenflora bijna helemaal is verdwenen. Wat resteert bestaat vrijwel alleen uit soorten die even gemakkelijk in stedelijk gebied kunnen groeien.

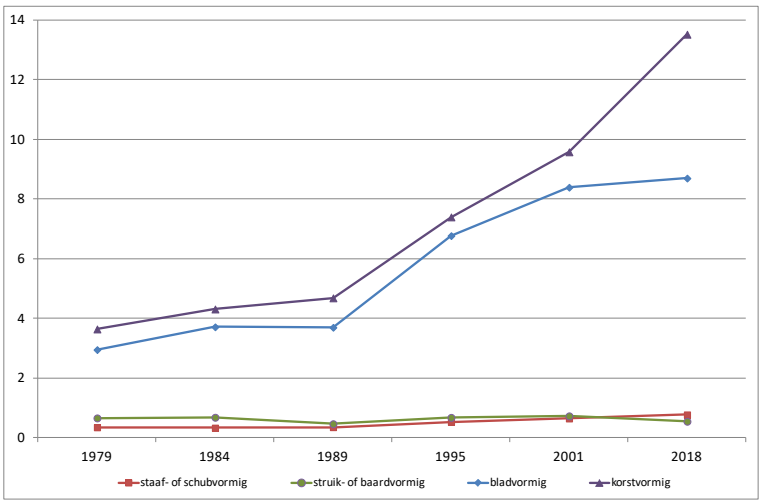
2.2 Het aantal soorten korstmossen per meetpunt

Over de gehele periode vanaf 1979 is de soortenrijkdom toegenomen. Deze steeg van 7,6 naar 22,3 soorten per punt (figuur 2.1). Ook na 2001 is de stijging nog groot, maar het gaat nu om een veel langere tussenpose (17 jaar) waardoor er toch sprake is van een zekere afvlakking. De grootste stijging deed zich voor tussen 1989 en 2001 (van 9,2 naar 19,2 soorten).
De oorzaak van de toename is gecompliceerd. Er is sprake van een combinatie van factoren, waarbij bovendien geldt dat de invloed van deze factoren in de loop van de tijd varieert. In het rapport van 2001 (van Herk, 2002, tabel 3, p. 27) zijn de veranderingen tot dan toe statistisch geanalyseerd. Over de periode 1979 - 1995 zijn de afgenomen zwaveldioxide belasting ('toxitolerantie') en de toegenomen ammoniakbelasting ('stikstof-indicatie') beide statistisch significant bij een multipele regressie. Tussen 1995 en 2001 zijn klimaatverandering ('temperatuur-indicatie') en ammoniak beide significant (zwaveldioxide niet meer). De regressiecoëfficient van ammoniak (een maat voor het effect) neemt toe van +0,013 (1979 - 1989) naar +0,032 (1989 - 1995) en weer af tot +0,010 (1995 - 2001). Bij zwaveldioxide neemt de regressiecoëfficient toe van +0,006 (1979 - 1989) naar +0,011 (1989 -1995); daarna is geen effect meer aantoonbaar. Tussen 1989 en 1995, de periode met de hoogste regressiecoëfficienten, was de toename van de soortenrijkdom het grootst (figuur 2.1).

Uit het bovenstaande blijkt dat het effect van ammoniak op de soortenrijkdom tot 2001 aanzienlijk, en per saldo positief is geweest. Er zijn duidelijk meer soorten met een positieve respons dan soorten die er gevoelig voor zijn. Dit heeft te maken met het ontzurende effect van ammoniak (figuur 1.4): Er zijn meer korstmossoorten die goed gedijen in een subneutraal milieu (pH ±6), dan soorten die gedijen in een zuur milieu (pH ±4). Het positieve effect van de gedaalde zwaveldioxidebelasting is



Figuur 2.1 *Het gemiddeld aantal soorten korstmossen per meetpunt, 1979 - 2018.*



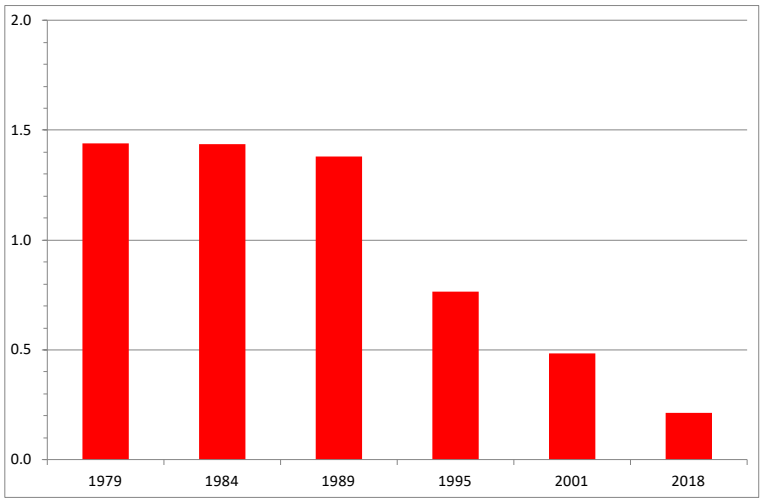
Figuur 2.2 *De verandering van het aantal soorten korstmossen per meetpunt, uitgesplitst over vier groeivormen (struik-/baardvormig, staaf-/schubvormig, bladvormig en korstvormig), 1979 - 2018.*

kleiner, maar vormt wel een belangrijke randvoorwaarde: zonder de gedaalde SO_2-belasting was bij veel soorten geen herstel mogelijk geweest, vanwege het toxische karakter van dit gas. Ook de klimaatverandering heeft een per saldo positief effect op de soortenrijkdom omdat er meer zuidelijke soorten zijn die erbij komen, dan noordelijke soorten die erdoor verdwijnen.
Het bovenstaande heeft tot gevolg dat de soortenrijkdom in veel mindere mate dan vroeger nog gezien kan worden als een indicator van een goed milieu, terwijl dit toch de algemeen gangbare opvatting is. Deze functie blijkt in de loop der jaren steeds verder verwaterd. De verandering van de soortenrijkdom heeft nog wel een belangrijke signaalfunctie: een analyse van de achterliggende factoren zegt veel over hoe, en in welke richting het milieu zich ontwikkeld heeft.
Dat de toename van de soortenrijkdom gepaard gaat met een sterke verandering van het algemene aspekt van de korstmosbegroeiing blijkt uit figuur 2.2. Sinds de start van het meetnet zijn vrijwel alleen blad- en korstvormige soorten toegenomen. Struikvormige en staaf-/schubvormige soorten (incl. bekervorm, vooral *Cladonia*'s) zijn weinig veranderd. Na 2001 heeft de toename zich grotendeels beperkt tot korstvormige soorten. Dit zijn dikwijls zeer kleine soorten die alleen met een geoefend oog te vinden zijn. Sommige sterk toegenomen soorten verraden hun aanwezigheid alleen door de schorsverkleuring die zij veroorzaken. De kleine afname van struikvormige soorten sinds 2001 (figuur 2.2) is eerder een reden waardoor op sommige meetpunten het weelderige aspekt afgenomen is.

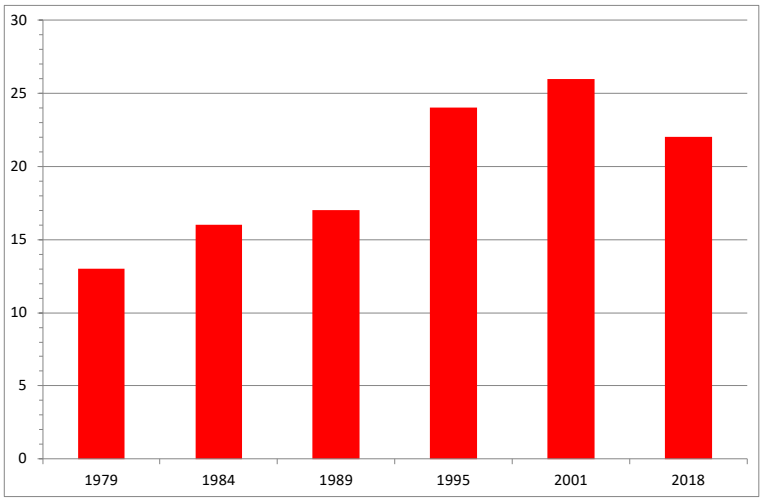
2.3 Rode Lijst

Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt is over de onderzoeksperiode sterk afgenomen (figuur 2.3). Ook na 2001 is dit onverminderd doorgegaan. Het aantal waargenomen Rode Lijst-soorten per onderzoeksronde (figuur 2.4) nam tot 2001

juist toe, maar is tussen 2001 en 2018 ook afgenomen. In tabel 2.1 is zichtbaar om welke soorten het gaat in 2001 en 2018.
Voor een goed begrip van het bovenstaande is het nuttig om te weten hoe een Rode Lijst werkt. Een RL somt op welke soorten een sterke achteruitgang hebben laten zien en/of zeldzaam zijn. Dit betekent dat niet alle RL-soorten erg zeldzaam zijn. Bij de onderhavige RL korstmossen uit 2011 (Aptroot *et al*, 2012) is 1950 het referentie-jaar. Bij de lichtste categorie 'gevoelig' mag een soort in 2011 nog in 25% van de atlasblokken aanwezig zijn mits de afname voldoende groot is (>50%). Bij de categorie 'Kwetsbaar' worden hogere eisen aan de zeldzaamheid gesteld (in 5 tot 25% van de atlasblokken) bij minimaal 25% afname. Bedreigde soorten zijn minimaal 50% afgenomen; zij groeien in maximaal 5% van de atlasblokken.



Figuur 2.3 *Het gemiddeld aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt, 1979 - 2018.*



Figuur 2.4 *Het totale aantal Rode Lijst-soorten per onderzoeksronde, 1979 - 2018.*

Tabel 2.1 *Aanwezige Rode Lijst-soorten in het korstmossenmeetnet. Per soort is de RL-categorie (GE= gevoelig, KW= kwetsbaar, BE= bedreigd), het aantal waarnemingen in herhaalde punten van 2001, en het aantal waarnemingen in bijbehorende herhalingen van 2018 gegeven (x= alleen in niet-herhaalde punten, deze bomen zijn soms gekapt).*

RL	wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	2001	2018
GE	Chaenotheca brachypoda	Groen schorssteeltje	3	0
GE	Chaenotheca chlorella	Klein schorssteeltje	2	0
GE	Hypogymnia physodes	Gewoon schorsmos	52	21
GE	Lecanora conizaeoides	Groene schotelkorst	45	10
GE	Phaeophyscia endophoenicea	Lipschaduwmos	0	3
GE	Physcia tribacia	Lobjesvingermos	1	0
GE	Pyrenula nitida	Beukenknikker	1	1
GE	Ramalina canariensis	Breed takmos	1	1
GE	Scoliciosporum pruinosum	Berijpte spiraalkorst	0	1
GE	Xanthomendoza ulophyllodes	Ulevellenmos	0	1
KW	Arthonia didyma	Beukenvlekje	0	5
KW	Caloplaca ulcerosa	Iepenkraterkorst	0	1
KW	Chaenotheca furfuracea	Lichtend schorssteeltje	x	1
KW	Enterographa crassa	Grauwe runenkorst	1	2
KW	Imshaugia aleurites	Dennenmos	2	0
KW	Ochrolechia microstictoides	Bostandpastakorst	2	0
KW	Parmelina pastillifera	Knopjesschildmos	1	0
KW	Parmelina tiliacea	Lindeschildmos	0	1
KW	Pertusaria albescens	Witte kringkorst	3	2
KW	Pertusaria amara	Ananaskorst	11	9
KW	Pertusaria hymenea	Open speldenkussentje	0	1
KW	Pertusaria leioplaca	Glad speldenkussentje	1	1
KW	Physconia perisidiosa	Duinrijpmos	0	2
KW	Platismatia glauca	Groot boerenkoolmos	15	0
KW	Pseudevernia furfuracea	Purper geweimos	7	3
KW	Usnea spec.	Baardmos	6	0
BE	Bacidina phacodes	Rechte knoopjeskorst	0	1
BE	Bryostigma muscigena	Knotwilgkorst	x	0
BE	Graphis elegans	Sierlijk schriftmos	x	0
BE	Lecanora aitema	Dennenschotelkorst	3	1
BE	Physconia distorta	Fors rijpmos	1	2
BE	Ramalina fraxinea	Groot takmos	1	0
BE	Tuckermanopsis chlorophylla	Bruin boerenkoolmos	1	0
BE	Xanthoparmelia verruculifera	Wrattig schildmos	1	1
	aantal Rode Lijst waarnemingen		161	71
	aantal Rode Lijst soorten		26	22

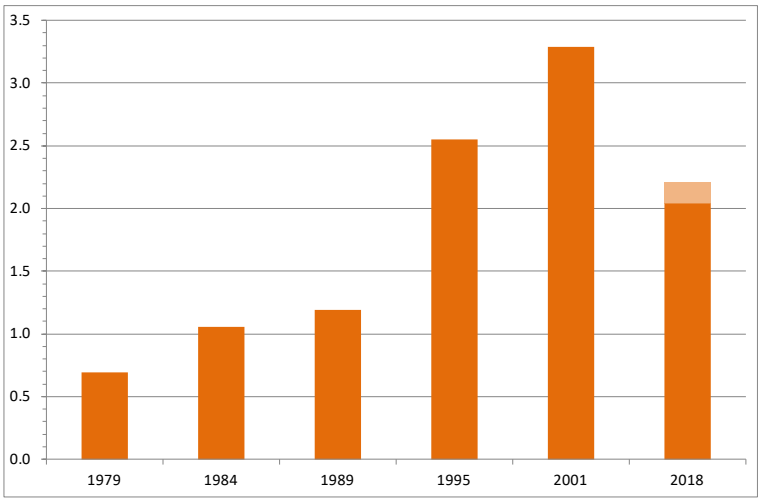
Dit betekent per definitie dat de trend per meetpunt gedomineerd wordt door de minder zeldzame soorten, dikwijks soorten uit de lichtere categorieën. Over de laatste ronde zijn dit vooral Groene schotelkorst (*Lecanora conizaeoides*, gevoelig, van 45 naar 10 punten), Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*, gevoelig, van 52 naar 21 punten) en Groot boerenkoolmos (*Platismatia glauca*, kwetsbaar, van 15 naar 0 punten). De trend van deze drie soorten wordt in hoge mate bepaald door hun gevoeligheid voor ammoniak, met wellicht ook een additioneel klimaateffect.

Voor de eerste van de drie geldt dat deze ooit algemeen geworden is door de zwaveldioxidevervuiling; het was de enige soort met een positieve respons op SO_2. Met de toegenomen invloed van ammoniak heeft hij zich teruggetrokken tot de schoonste delen van de Heuvelrug.
Het verdwijnen van Groot boerenkoolmos is in par. 2.1 al even aan de orde geweest. De snelheid waarmee zich dit voltrokken heeft is buitengewoon groot. Temeer omdat er tot voor kort nog een flink aantal omvangrijke populaties was, o.a. bij Leusden en Soest (foto pag. 45). Verwacht kan worden dat hij binnen afzienbare tijd in ons land uitgestorven zal zijn. Hij had als één van de weinige korstmossen al heel vroeg een Nederlandse naam.

Bij het aantal Rode Lijst-soorten per onderzoeksronde (figuur 2.4) wegen alle soorten even zwaar. Deels zijn dit indicatoren van bijzondere biotopen. Zo is een hele reeks soorten (vrijwel) beperkt tot een berçeau in het Baarnse Bos. De stijgende trend wordt tot 1995 vooral bepaald door de terugkeer van soorten met een gevoeligheid voor zwaveldioxide. Daarna zet zich een kentering in. Bij de afname in de meest recente periode vallen vooral ammoniakgevoelige soorten op die al jarenlang achteruit gingen, en nu definitief weg zijn. Het gaat dan om de Bostandpastakorst (*Ochrolechia microstictiodes*, van 2 naar 0), Dennenmos (*Imshaugia aleurites* , van 2 naar 0), Bruin boerenkoolmos (*Tuckermanopsis chlorophylla*, van 1 naar 0) en Baardmos (*Usnea* spec., van 6 naar 0). Van Baardmos bestaan nog wel groeiplaatsen op andere substraten (op hout); ook is Baardmos onbestendiger dan de drie eerstgenoemde soorten. Foto's van deze soorten staan op pag. 45.
Er zijn ook Rode Lijst-soorten met een toename. Hier overheersen warmteminnende soorten van voedselrijke omstandigheden, met een tegelijk hoge gevoeligheid voor zwaveldioxide, zoals Rechte knoopjeskorst (*Bacidina phacodes*), Duinrijpmos (*Physconia perisidiosa*), Groot rijpmos (*P. distorta*), Lipschaduwmos (*Phaeophyscia endophoenicea*) en Ulevellenmos (*Xanthomendoza ulophyllodes*). Deze soorten hebben vaak moeite om nieuwe gebieden te koloniseren, maar zo nu en dan lukt dat toch. De Berijpte spiraalkorst (*Scoliciosporum pruinosum*), daarentegen, is een zuurminnaar van voedselarme omstandigheden, nieuw voor Utrecht bij Lage Vuursche.

2.4 De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt

De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt (NIW) vertoont een stijgende lijn tot 2001 (figuur 2.5). Tussen 2001 en 2018 is er een duidelijke afname. De NIW daalde na 2001 van 3,29 naar 2,21. Deze afname bedraagt bijna 33%. Dit zijn de cijfers zonder correctie voor nabijheid van wegen (par. 2.5). De getallen tonen aan dat het beleid tot terugdringen van de ammoniakemissie heeft gewerkt.
De NIW van 1979, 1984 en 1989 is gereconstrueerd aan de hand van de gemiddelde hoeveeheid ammoniakminnaars per meetpunt (zie par. 1.7.5 en bijlage 7). Omdat er voor 1990 nog niet gewerkt werd met aan/afwezigheid per boom moet het bij een



Figuur 2.5 *De gemiddelde hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) per meetpunt, 1979 - 2018. De lichtere tint (2018) geeft de correctie voor nabijheid van wegen (verkeer).*

schatting blijven; een exacte omrekening is niet mogelijk. Wel is het duidelijk dat de NIW gestegen moet zijn, vooral tussen 1989 en 2005.
Een vraag die opkomt is, in welke mate de afgenomen zwaveldioxide ook bijgedragen heeft aan deze stijgende lijn. De in par. 2.2 behandelde regressiecoëfficienten doen evenwel vermoeden dat de toegenomen invloed van ammoniak domineert. Gelijksoortige observaties in andere provincies, bijv. Drenthe (waar de SO_2 belasting veel lager was, en veel SO_2-gevoelige soorten overleefden), laten zien dat de opkomst van ammoniakminnaars zich daar op een gelijksoortige manier heeft voltrokken. De heersende ammoniakbelasting is dus veel bepalender (van Herk, 1999). Met andere woorden, veel ammoniakminnaars hebben een tamelijk lage gevoeligheid voor SO_2, en hun toename is veel meer het gevolg van de ammoniakuitstoot door de intensiever geworden veetteelt.

De korstmossen lijken er ook op te wijzen dat het ammoniakprobleem in Nederland in beginsel ontstaan is toen in de jaren '70 in de veeteelt overgeschakeld is van mestverwerking met stro op drijfmest. Dit gaat gepaald met fundamenteel andere chemische processen: drijfmestproductie is een gistingsproces en verloopt anaeroob. Mestverwering met stro is een rottingsproces. De observaties van Van der Knaap (1980) in de Gelderse Vallei, in 1979 (par. 1.2), matchen met deze overgang.

De soorten die meetellen in de NIW (bijlage 8) vertonen een sterk pioniergedrag door zich snel te vestigen als zich gunstige omstandigheden voordoen, en ook snel af te sterven als het milieu niet meer geschikt is, zoals dat bij een dalende ammoniakbelasting het geval is. Soorten met kleine thalli (< ± 0,5 cm) zoals Klein dooiermos (*Polycauliona polycarpa*), Kroezig dooiermos (*P. candelaria*), Heksenvingermos (*Physcia tenella*), en Kleine schotelkorst (*Lecanora hagenii*) verschijnen en verdwijnen relatief snel. Soorten met grote thalli, zoals de forse rozetten van Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*) doen er langer over om te verdwijnen. Gewoonlijk

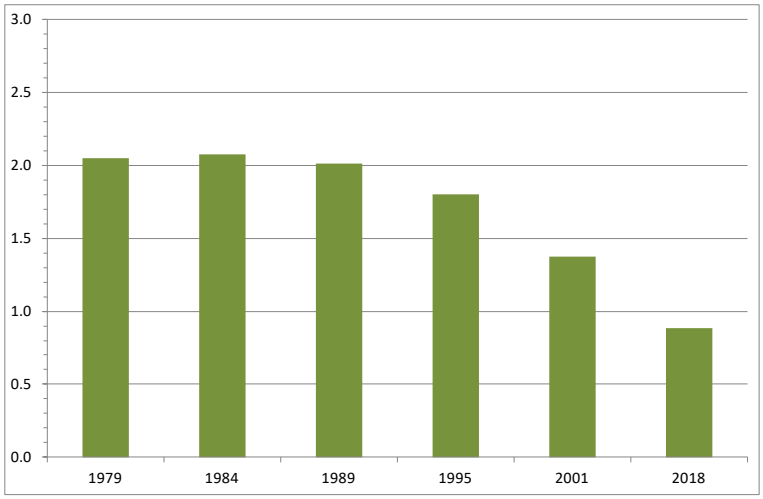
sterven zij vanuit het midden af, zodat er op den duur alleen een randzone over blijft. Dit is op dit moment een karakteristiek beeld op plekken met sterke ammoniakreductie. Ook wordt Groot dooiermos vaak door een zwarte schimmel aangetast. De tijd die nodig is om de NIW na een flinke ammoniakreductie volledig in overeenstemming met de luchtkwaliteit te brengen is vermoedelijk 5 tot 8 jaar.
Uit bijlage 3 blijkt dat niet alle ammoniakminnaars gelijksoortig reageren. Er zijn ook soorten die meetellen bij de NIW, en na 2001 nog steeds flink zijn toegenomen. Dit zijn met name Fijne geelkorst (*Candelariella xanthostigma*, + 20%) en Oranje dooiermos (*Xanthoria calcicola*, +17%). Omdat deze twee soorten tamelijk warmteminnend zijn, heeft de toename hoogstwaarschijnlijk te maken met een additionele respons op klimaatverandering. Vrijwel alle soorten korstmossen, ook ammoniakminnaars, reageren in mindere of meerdere mate positief of negatief op klimaat. Van belang is uiteraard of de NIW in dit opzicht voldoende in evenwicht is. Er is een positieve correlatie tussen het temperatuurgetal en het stikstofgetal (r= +0,1181, p= 0.0925), maar deze is niet significant. De balans is vermoedelijk goed omdat echte warmteminnaars als Vals dooiermos (*Candelaria concolor*) en Dun schaduwmos (*Hyperphyscia adglutinata*) niet meewegen in de NIW.

2.5 De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt gecorrigeerd voor de nabijheid van wegen

Indien een correctie voor wegverkeer wordt toegepast, wordt de NIW van 2018 lager, waardoor de afname van de NIW sinds 2001 groter (figuur 2.5) wordt.
Uit bijlage 6 blijkt dat er voor 2018 in Utrecht een effect aantoonbaar is, maar de verklaarde variantie (R^2) is niet groot (1%). Bij het laatste onderzoek in Drenthe kon een veel sterker effect worden aangetoond met een grotere verklaarde variantie (5% voor 2010, 4% voor 2016). Omdat het effect van verkeer op de NIW past in een breder interprovinciaal patroon, is besloten de correctie wel toe te passen. Deze is beperkt van grootte (regressiecoëfficient is 0,17) en veel kleiner dan die in bijv. Drenthe (0,40 in 2010). De oorzaak van dit geringere effect is niet bekend.
De gecorrigerde NIW voor 2018 bedraagt nu 2,04 (figuur 2.5). De afname van de NIW sinds 2001 is daarmee 38% (in plaats van 33% zonder correctie, zie par. 2.4).

2.6 De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt

De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) vertoont sinds 1989 een constant neergaande trend (figuur 2.6). Zoals in de inleiding al aangegeven is, is het verdwijnen geen gunstig teken. Zuurminnaars horen op veel boomsoorten te groeien, en zeker op de

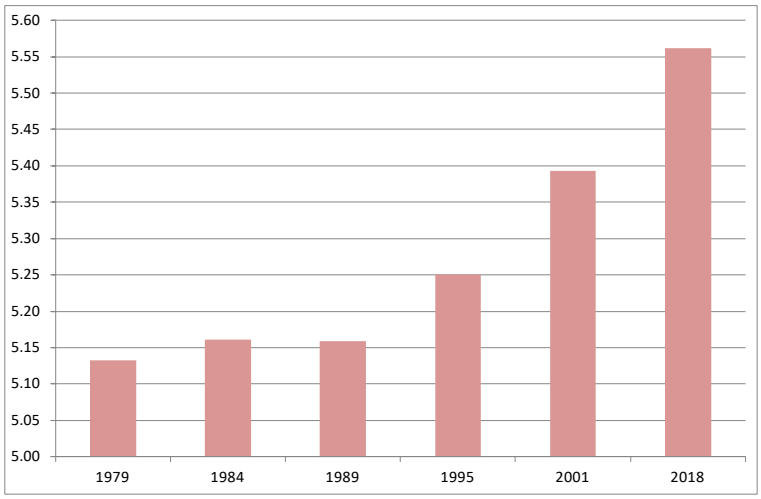


Figuur 2.6 *De gemiddelde hoeveelheid zuurminnaars (AIW) per meetpunt, 1979 - 2018.*

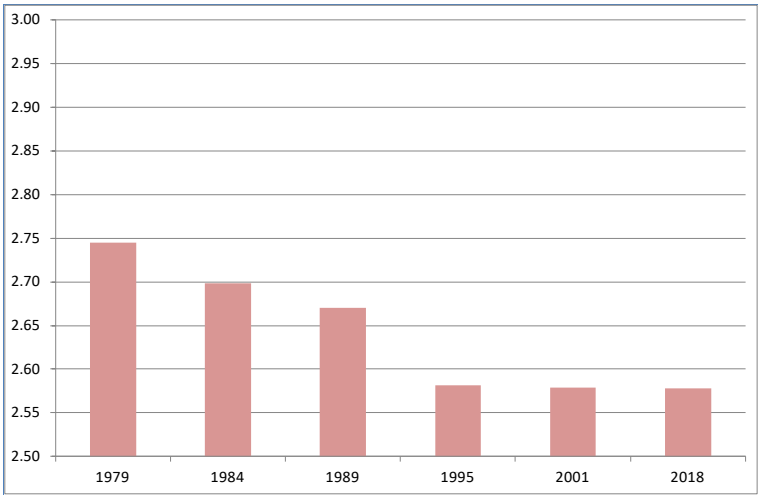
schors van eiken zou het de normale omstandigheid moeten zijn. De situatie laat zich nog het best vergelijken met die in hoogvenen. In dit biotoop zijn de typische planten ook zuurminnend, en kwetsbaar voor stikstofdepositie.
Ondanks de verminderde ammoniakuitstoot in ons land, en de duidelijke afname van de hoeveelheid ammoniakminnaars (par. 2.4 en 2.5) valt er tot dusver geen trendbreuk bij de zuurminnaars te bespeuren.
Al eerder was gebleken dat punten die ontzuurd zijn, niet zomaar zuurminnaars terug krijgen bij een sterke ammoniakreductie, ook niet bij een sterke afname van de NIW. Dit komt doordat schors die eenmaal ontzuurd is, niet vanzelf opnieuw zuur wordt. De soortensamenstelling wordt er dan duidelijk één van subneutrale omstandigheden (pH ± 6), met o.a. Purperschaaltje (*Lecidella elaeochroma*) en Witte schotelkorst (*Lecanora chlarotera*). Dit proces is vooral in de open agrarische gebieden zichtbaar.
In de bossen van de Heuvelrug, waar de belangrijkste afname in AIW heeft plaatsgevonden (zie figuur 2.35- 2.38), spelen andere processen. In par. 2.9 wordt deze problematiek verder onderzocht aan de hand de ontwikkelingen in eikenstrubben.

2.7 Klimaatverandering

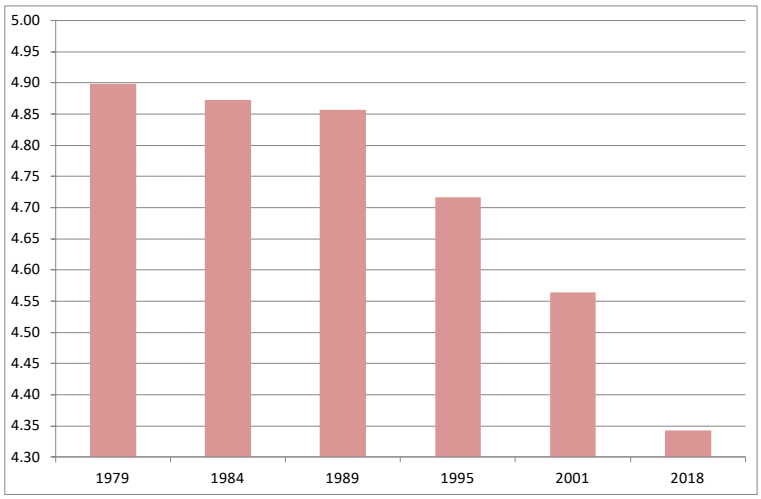
Het gemiddeld temperatuurgetal is na 1989 duidelijk toegenomen (figuur 2.7). Dit geldt voor alle drie de periodes (1989 - 1995, 1995 - 2001 en 2001 -2018). Vòòr 1989 is er nauwelijks verandering. De stijging bedraagt in totaal ongeveer 0,4 eenheden (van 5,15 naar 5,65). Dit betekent dat het warmer geworden klimaat zich duidelijk in de verandering van de korstmossamenstelling weerspiegelt. Het gemiddeld vochtgetal neemt, opvallend genoeg, af (figuur 2.8). Deze afname treedt alleen voor 1995 op, en lijkt daarmee los te staan van de recentere klimaateffecten. Na 1995 verandert het vochtgetal niet meer.



Figuur 2.7 *Het gemiddeld temperatuurgetal, 1979 - 2018.*



Figuur 2.8 *Het gemiddeld vochtgetal, 1979 - 2018*



Figuur 2.9 *Het gemiddeld continentaliteitsgetal, 1979 - 2018.*

Het continentaliteitsgetal neemt over de gehele meetperiode af (figuur 2.9), aanvankelijk nauwelijks, maar vanaf 1989 is de afname zeer duidelijk. Dit geldt wederom voor alle drie de recente periodes (1989 - 1995, 1995 - 2001 en 2001 -2018). De daling bedraagt ongeveer 0,5 eenheden (van 4,85 naar 4,35). Het continentaliteitsgetal geeft aan in welke mate de soortensamenstelling wijst op een landklimaat, danwel een zeeklimaat. Een afname duidt erop dat de soortensamenstelling meer op die van een zeeklimaat is gaan lijken, dus atlantischer geworden is. De sterke toename van diverse soorten Schriftmos is hier onderdeel van.
Uit het bovenstaande blijkt dat er vanaf 1989 belangrijke klimaateffecten in de soortensamenstelling opgetreden zijn, en dat deze ook in de meest recente periode doorgaan. Figuur 2.7 en 2.9 beantwoorden nog niet hoe het effect op korstmossen precies tot stand komt. Om meer inzicht hierin te krijgen is een multipele regressie uitgevoerd (tabel 2.2).

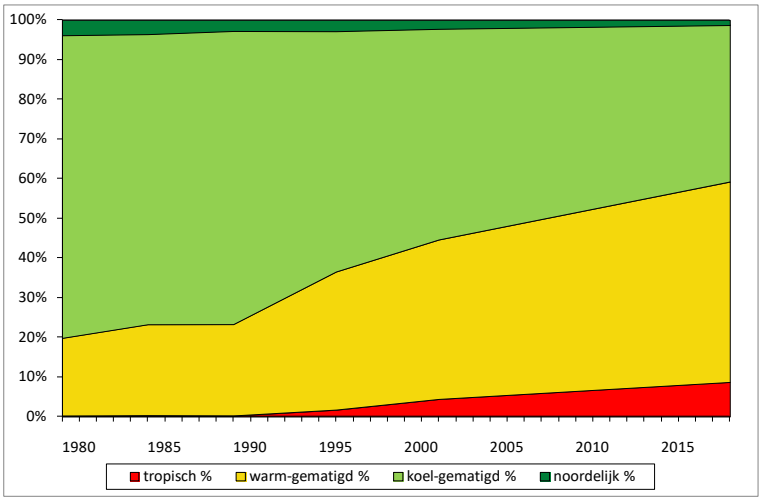
Tabel 2.2 *Multipele regressie met de veranderingen in de aanwezige korstmossen tussen 2001 en 2018 (bijlage 3, in procenten) als afhankelijke variabele, en zes reeksen met ecologische indicatiewaarden (Sparrius et al., 2015) als onafhankelijke variabelen. Gegeven zijn de regressiecoëfficient, de F-waarde en de significanties (t-waarde en p). Van de niet-significante variabelen (F-waarde < 4,0) is de correlatiecoëfficient met het model gegeven. Aantal soorten dat bij de regressie betrokken is: 204, aantal vrijheidsgraden: 202, verklaarde variantie: 5,3 %.*

in model:	**regressiecoëfficient:**	**F-waarde:**	**t-waarde:**	**p:**
constante	+14,38		+3,85	0,0009
continentaliteit	-2,76	11,35	-3,37	0,0002
niet in model:	**correlatiecoëfficient:**	**F-waarde:**		
vocht	0,126	3,25		
licht	0,048	0,47		
zuurgraad (pH)	0,076	1,17		
nutriënten	0,095	1,84		
temperatuur	0,031	0,19		

toelichting: *Multipele regressie vergelijkt de zes ingebrachte milieufactoren met elkaar, en selecteert de factoren die het sterkst op een rechtstreeks verband wijzen ('in model'). Het is mogelijk dat een factor wel correleert, maar geen wezenlijk nieuwe informatie toevoegt omdat een al geselecteerde factor een betere 'fit' oplevert. Deze komt dan niet in het model. Dit gebeurt als de F-waarde kleiner is dan 4. De constante geeft aan of het wiskundige verband door de oorsprong loopt. Er is 'backward selection' toegepast.*

Deze rekenmethode heeft het voordeel dat alle veranderingen tussen 2001 en 2018 tegen elkaar wordt afgewogen (zie ook toelichting); het gaat niet meer om alleen gemiddelden. Uit de regressie blijkt ondubbelzinnig dat alleen 'continentaliteit' een direkte 'fit' oplevert (F= 11,35, p= 0,0002). 'Temperatuur' voegt daar geen fundamenteel nieuwe informatie aan toe (F= 0,19).
Dit betekent dat niet simpelweg de hoger geworden gemiddelde temperatuur bepalend is. De sterke negatieve relatie met 'continentaliteit' duidt erop dat het zachter geworden winterklimaat veel belangrijker is. Veel korstmossen hebben een optimale

fotosynthese bij lage temperaturen, dikwijls tussen de 5 en 10 °C. (Nash III, 1996) mits voldoende vocht aanwezig is. Vocht wordt passief opgenomen; in droge perio-des valt de fotosynthese stil. Door de zachter geworden winters met voldoende neerslag in de vorm van regen, en slechts incidentele vorstperiodes, is de winter de optimale periode geworden om fotosynthese te laten plaatsvinden. Langdurig warme en droge zomers deren korstmossen niet; zij gaan dan over in een latente toestand. Een continentaal klimaat vraagt, vooral door strengere winters, een andere strategie van een korstmos.

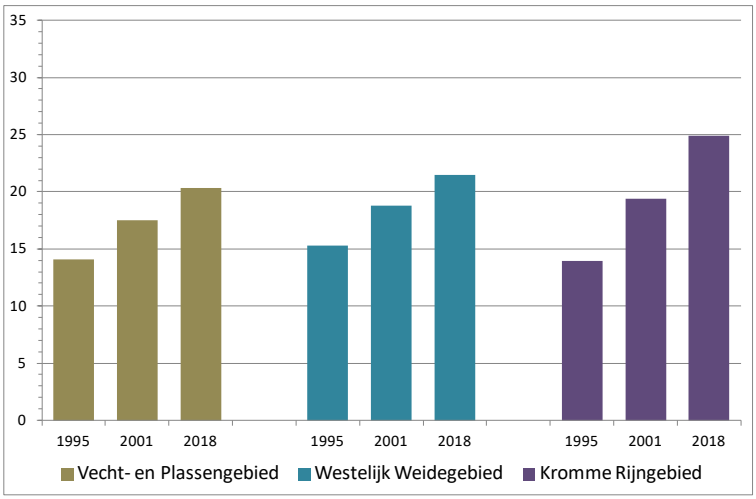


Figuur 2.10 *De verandering van de soortensamenstelling in Utrecht als functie van het areaal van de aan-wezige soorten. Gegeven is het aandeel tropische, warm-gematig-de, koel-gematigde, en noordelijke soorten.*

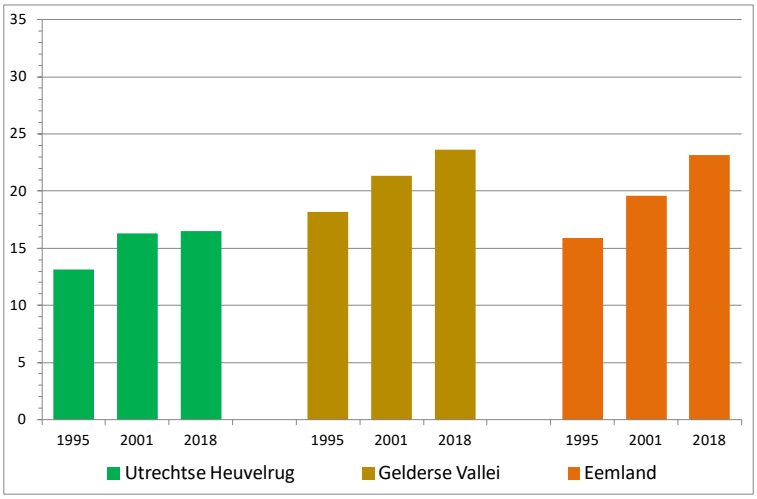
In figuur 2.10 is de verandering van de soortensamenstelling als functie van het areaal (= verspreiding op aarde) gegeven. Tot de tropische soorten worden soorten gerekend die in de tropen meer voorkomen dan in de gematigde zones. En gelijk-soortige definitie geldt voor de andere zones. Te zien is dat vooral vanaf 1990 een sterke verschuiving is ingetreden. Ook al zijn de effecten op korstmossen primair op het winterklimaat te herleiden, het heeft belangrijke areaalverschuivingen tot ge-volg.

2.8 Regionale ontwikkelingen

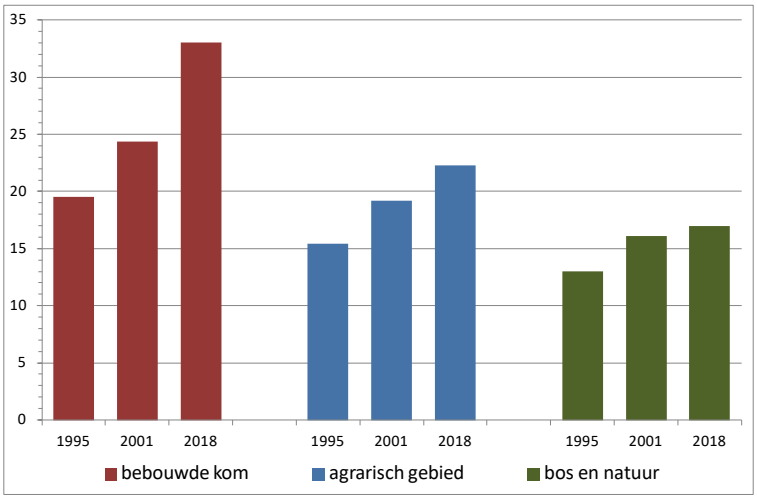
In deze paragraaf worden de overeenkomsten en verschillen tussen de diverse regio's van de provincie Utrecht behandeld. Het gaat dan steeds om de huidige toestand, en de ontwikkelingen sinds 1995 en 2001. Oudere gegevens uit de periode 1979 - 1989 blijven buiten beschouwing omdat die minder goed regionaal op te splitsen zijn. De regionale ontwikkeling van de soortenrijkdom, het aantal Rode Lijst-soorten, de Nitrofiele Indicatie waarde (NIW) en de Acidofiele Indicatie Waarde (AIW) staan achtereenvolgens in de figuren 2.11 tot en met 2.22. Kaartbeelden van dezelfde ontwikkelingen staan in de figuren 2.25 tot en met 2.40.



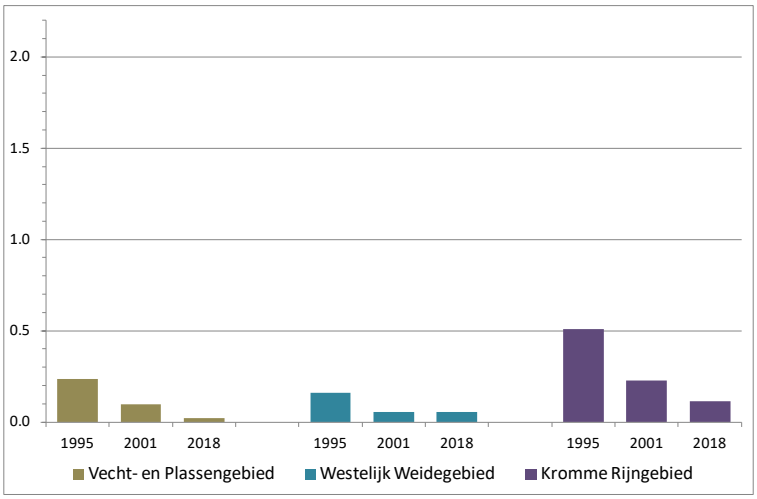
Figuur 2.11 *De soortenrijkdom in 1995, 2001 & 2018 in het Vecht- en Plassengebied, het Westelijk Weidegebied, en het Kromme Rijngebied.*



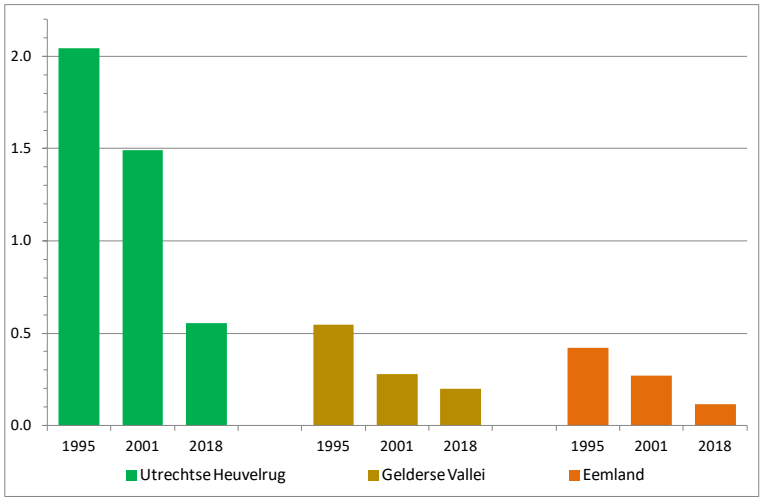
Figuur 2.12 *De soortenrijkdom in 1995, 2001 & 2018 in de Utrechtse Heuvelrug,de Gelderse Vallei, en in Eemland.*



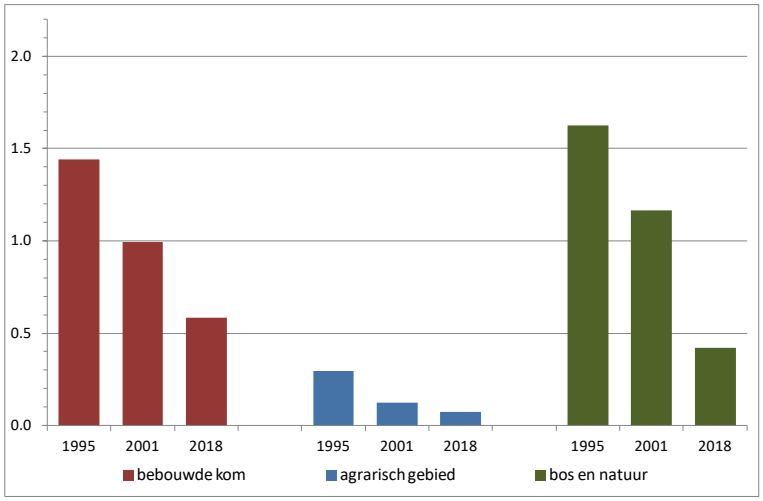
Figuur 2.13 *De soortenrijkdom in 1995, 2001 & 2018 in de bebouwde kom, het agrarische gebied,en in bos en natuur.*



Figuur 2.14 *Het aantal Rode Lijst-soorten in 1995, 2001 & 2018 in het Vecht- en Plassengebied, het Westelijk Weidegebied, en het Kromme Rijngebied.*



Figuur 2.15 *Het aantal Rode Lijst-soorten in 1995, 2001 & 2018 in in de Utrechtse Heuvelrug,de Gelderse Vallei, en in Eemland.*



Figuur 2.16 *Het aantal Rode Lijst-soorten in 1995, 2001 & 2018 in in de bebouwde kom, het agrarische gebied, en in bos en natuur.*

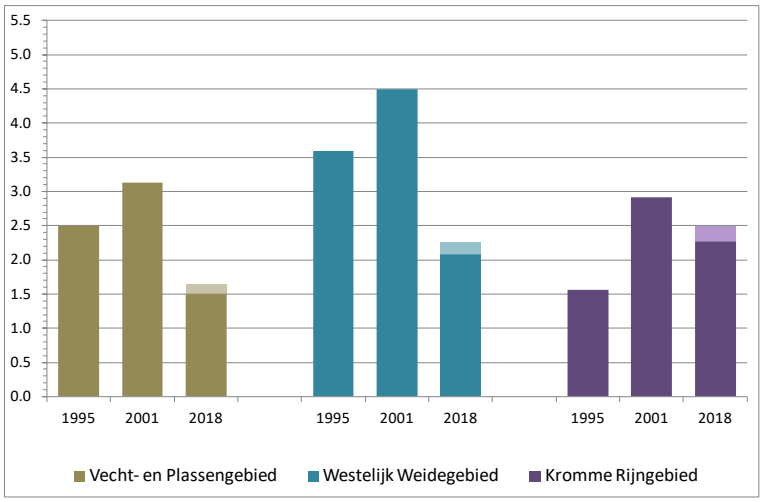
Het is niet de bedoeling om de regio's hierna uitgebreid te behandelen. Trends, overeenkomsten en verschillen zijn eenvoudig vast te stellen door de verschillende figuren met elkaar te vergelijken. Daarom volgen alleen wat opvallende zaken.

2.8.1 Soortenrijkdom

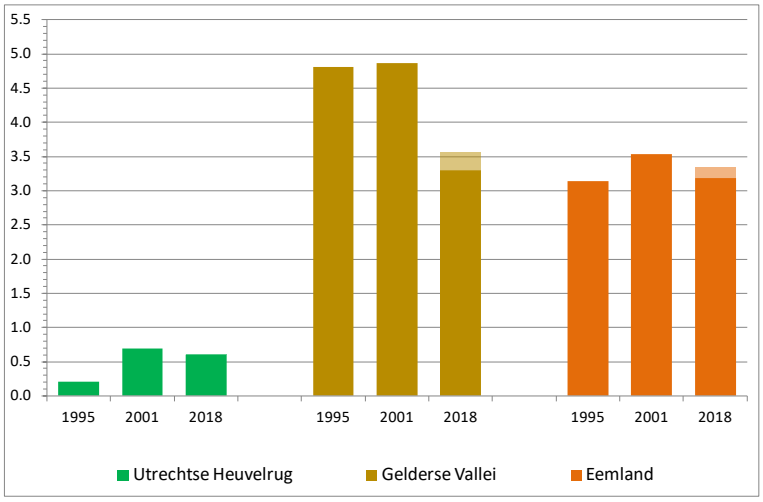
De soortenrijkdom is in alle delen van de provincie Utrecht toegenomen, met uitzondering van de Heuvelrug, waar een stagnatie is ingetreden (figuur 2.12). Vrijwel alle punten met een substantiële vermindering van de soortenrijkdom liggen op, of nabij de Heuvelrug (figuur 2.26). De Heuvelrug, en meer in het algemeen bos (figuur 2.13), is relatief arm aan korstmossen. Dit hangt samen met het van nature zure karakter van de Heuvelrug; niet zo veel soorten zijn daaraan aangepast. Er komen of kwamen echter wel veel karakteristieke soorten voor die erbuiten ontbreken of zeldzaam zijn. De bebouwde kom is zeer soortenrijk geworden, met momenteel wel 33 soorten per meetpunt (figuur 2.13). In geen enkele regio wordt dit geëvenaard. De rijkdom hangt o.a. samen met het warmere microklimaat.
Vanouds was het noordoosten van de provincie door de lagere zwaveldioxidebelasting soortenrijker dan het zuidwesten (figuur 2.23), maar dit verschil is grotendeels genivelleerd (figuur 2.25). Er zijn nog wel diverse soorten beperkt tot het noordoosten, vooral bij Leusden en Hoogland. Deze soorten hebben duidelijk moeite om zich naar nieuwe plekken uit te breiden, en geven daarmee een indicatie van het historische patroon van SO_2-vervuiling.

2.8.2 Rode Lijst

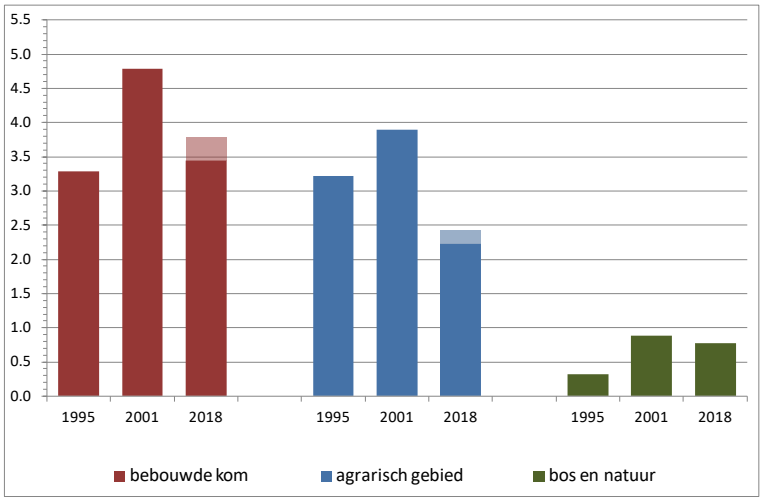
De hoeveelheid Rode Lijst-soorten per punt was verreweg het grootst in de Heuvelrug. Maar meer dan de helft hiervan is tussen 1995 en 2018 verloren gegaan (figuur 2.21). In alle regio's is er verlies (figuur 2.20 - 2.22), maar nergens is de afname zo groot als hier. Tussen 2001 en 2018 zijn er in de hele provincie slechts hier en daar nieuwe vestigingen van RL-soorten (figuur 2.30).
Buiten de bossen vormt de bebouwde kom een belangrijk toevluchtsoord voor RL-soorten. In de bebouwde komen nu even veel RL-soorten per punt voor als in de Heuvelrug (figuur 2.16). In het westen van de provincie zijn weinig RL-soorten meer aangetroffen, maar het zijn deels wel erg bijzondere soorten: In Lopik zijn dit Wrattig schildmos (*Xanthoparmelia verruculifera*) en Iepenkraterkorst (*Caloplaca ulcerosa*), in Montfoort Duinrijpmos (*Physconia perisidiosa*) en Ulevellenmos (*Xanthomendoxa ulophyllodes*), en in Vreeswijk Breed takmos (*Ramalina canariensis*). Het is meestal onduidelijk en tamelijk willekeurig waar en waardoor zulke speciale soorten zo nu en dan opduiken. Vaak gaat het om maar enkele exemplaren op één of een paar bomen, wat een groeiplaats kwetsbaar maakt. Plekken waar RL-soorten door kap verdwenen zijn, komen overigens niet tot uitdrukking in de figuren; alle figuren zijn uitsluitend gebaseerd op gemonitorde punten.



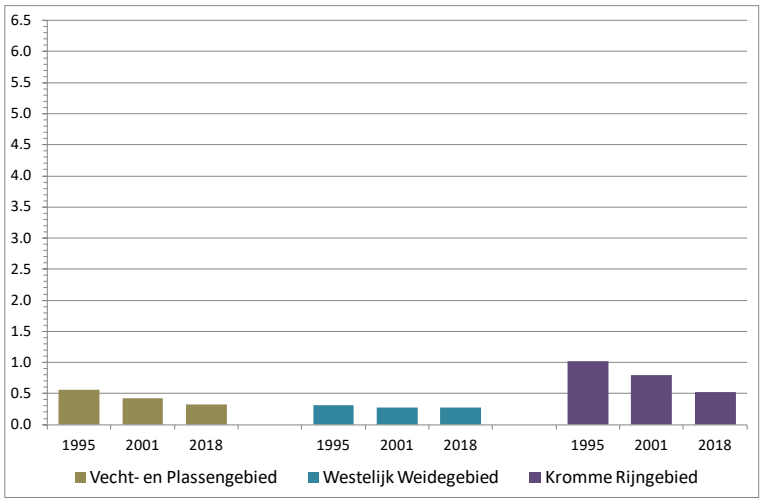
Figuur 2.17 *De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in 1995, 2001 & 2018 in het Vecht- en Plassengebied, het Westelijk Weidegebied, en het Kromme Rijngebied. Het getinte deel (2018) vormt de correctie voor verkeer.*



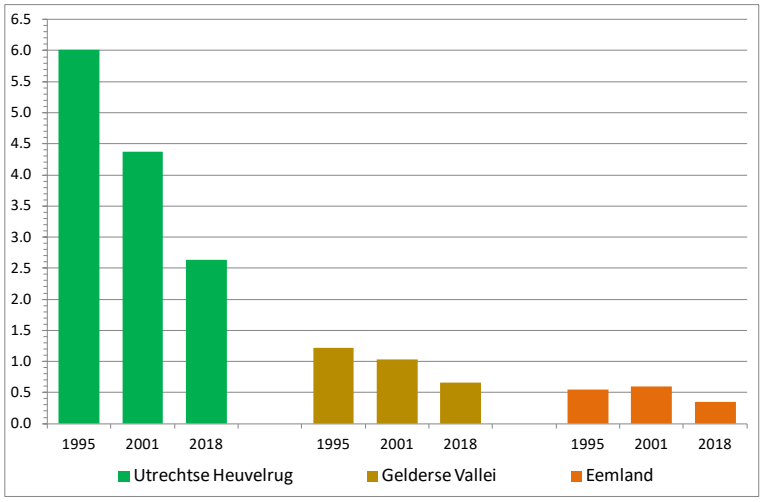
Figuur 2.18 *De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in 1995, 2001 & 2018 in de Utrechtse Heuvelrug,de Gelderse Vallei, en in Eemland. Het getinte deel (2018) vormt de correctie voor verkeer.*



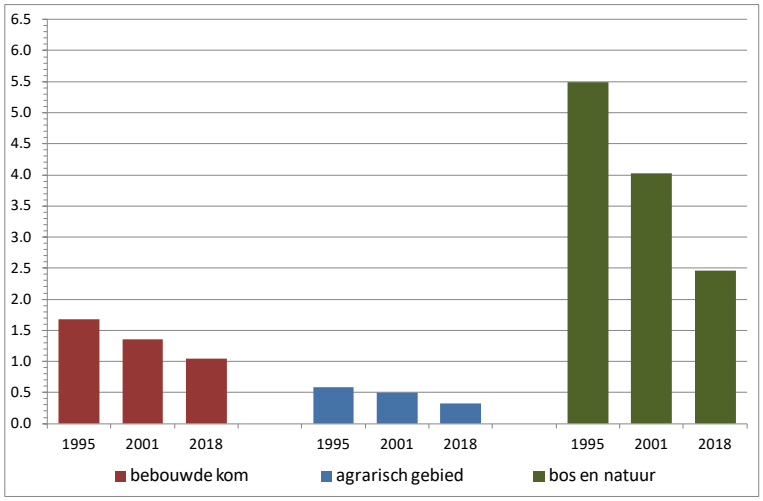
Figuur 2.19 *De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in 1995, 2001 & 2018 in de bebouwde kom, het agrarische gebied, en in bos en natuur. Het getinte deel (2018) vormt de correctie voor verkeer.*



Figuur 2.20 *De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) in 1995, 2001 & 2018 in het Vecht- en Plassengebied, het Westelijk Weidegebied, en het Kromme Rijngebied.*



Figuur 2.21 *De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) in 1995, 2001 & 2018 in de Utrechtse Heuvelrug, de Gelderse Vallei, en in Eemland.*



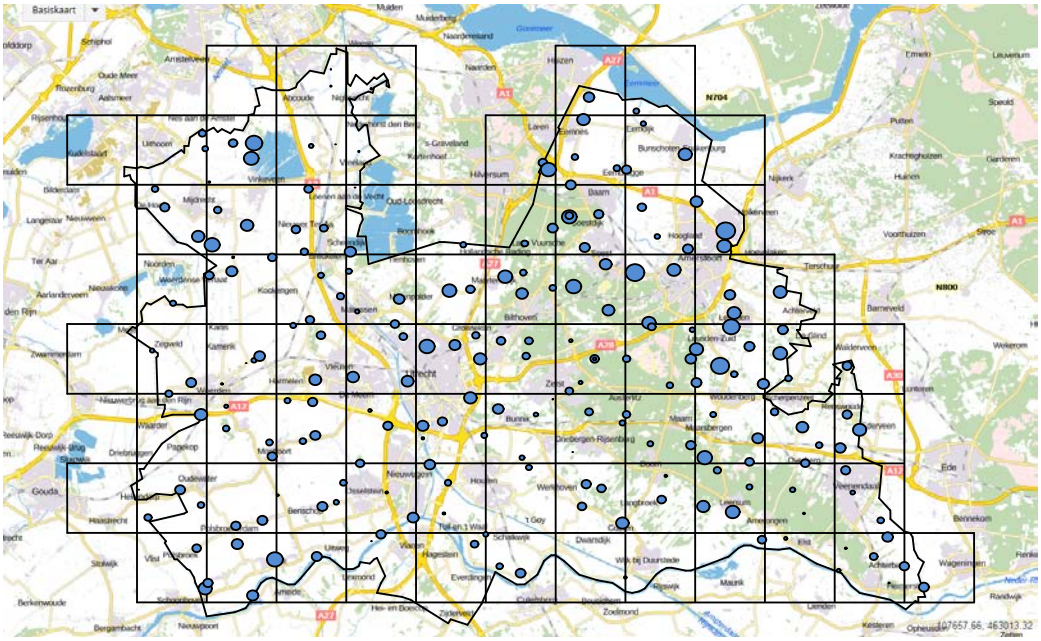
Figuur 2.22 *De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) in 1995, 2001 & 2018 in de bebouwde kom, het agrarische gebied, en in bos en natuur.*

2.8.3 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW)

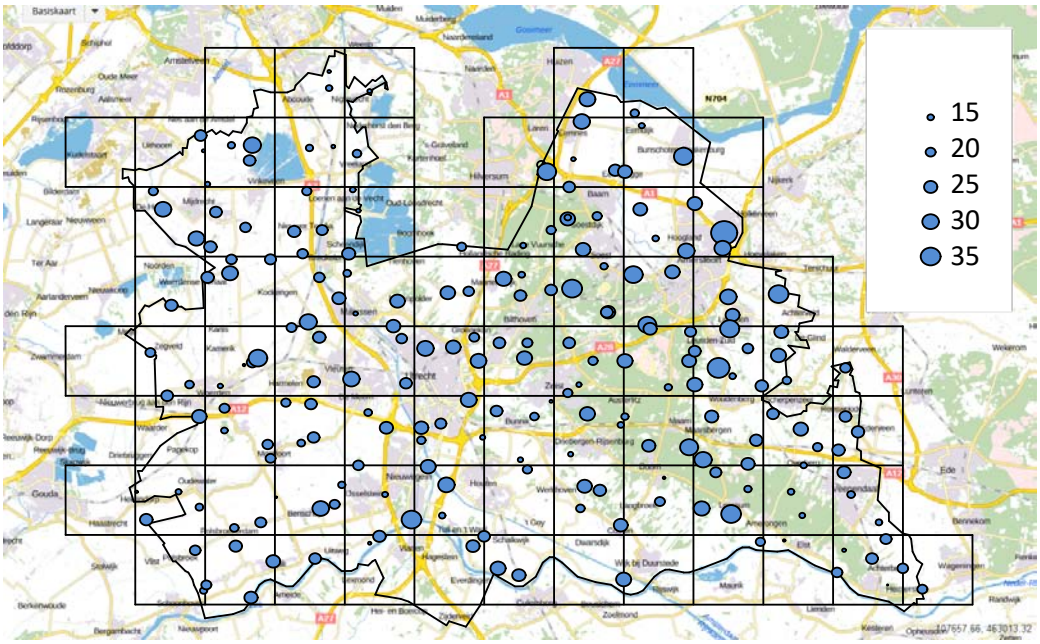
De hoeveelheid ammoniakminnaars is in alle regio's duidelijk afgenomen, met uitzondering van de Utrechtse Heuvelrug en Eemland, waar nauwelijks een verschil met 2001 gevonden is (figuur 2.17 - 2.19).
De grootste verbetering van de NIW is gevonden in het Vecht- en Plassengebied en het Westelijk Weidegebied. In het noordelijke deel van de Polder Groot-Mijdrecht is de NIW spectaculair gedaald, mogelijk als gevolg van uitkopen van boeren en natuurontwikkeling (figuur 2.34). Maar ook elders rond Mijdrecht, Nieuwer-ter-Aa, Zegveld, Woerden, Polsbroek en IJsselstein is de trend in het algemeen zeer gunstig.
In het Kromme Rijngebied is weinig veranderd. De NIW is hier nog het meest gezakt in het Langbroekerweteringgebied, waardoor de NIW-trend voor het Kromme Rijngebied als geheel dalend is.
In Eemland is de NIW in alle punten langs de Wakkerendijk/Meentweg gestegen (figuur 2.34). Elders is de trend gunstiger, waardoor de gemiddelde NIW voor Eemland net niet stijgt (figuur 2.18).
In de Gelderse Vallei is er ook een flinke daling van de NIW, vooral tussen Veenendaal en Rhenen (figuur 2.34). Dit gebied was sterk met ammoniak vervuild, en hier is aanzienlijke winst geboekt. Het beeld in de Vallei is echter wisselend. Zo is het 'staartje' aan Utrecht ten noorden van Renswoude nog steeds niet verbeterd. Hier gingen in de jaren '90 al korstmossenexcursies heen om te tonen hoe bomen eruit zien die zwaar met ammoniak vervuild zijn; dit beeld is hier in essentie niet veranderd.
De Gelderse Vallei is de enige regio waar in 1998 nog tussentijdse waarnemingen gedaan zijn, zie figuur 2 in Van Herk, 2002. Dit was in het kader van een project i.s.m. TNO (van Herk, 1998). De NIW was toen nog iets hoger dan in 2001. Dit geeft aan dat de piek van de NIW tussen 1995 en 2001 gelegen heeft (de absolute getallen zijn echter door een andere steekproefsamenstelling niet met figuur 2.18 vergelijkbaar).

2.8.4 De hoeveelheid zuurminnaars (AIW)

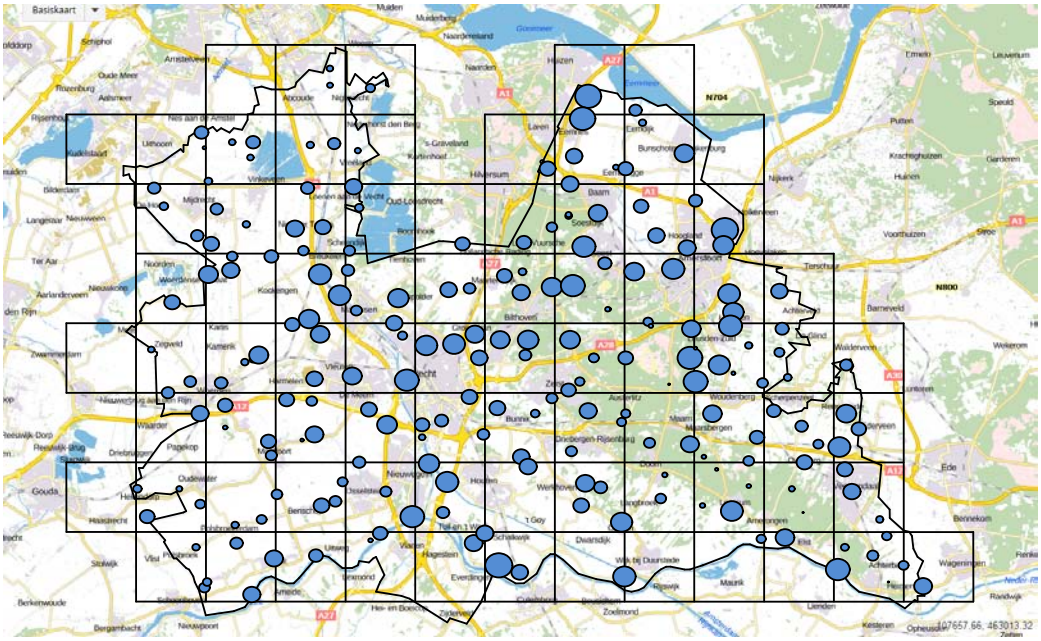
Zuurminnaars komen van nature veel minder voor in de westelijke helft van de provincie omdat boomsoorten met een neutralere schors, zoals populieren, essen en wilgen daar overheersen. Dit verklaart waarom in het Westelijk Weidegebied en in het Vecht- en Plassengebied gemiddeld weinig zuurminnaars gevonden zijn (figuur 2.20-2.22, 2.35-2.38). Hiervoor is de AIW (i.t.t. NIW) niet gecorrigeerd.
In alle regio's waar zuurminnaars nog substantieel voorkomen, was er een afname. De afname is propotioneel steeds ongeveer hetzelfde. In absolute zin is de afname in de Utrechtse Heuvelrug (figuur 2.21, 2.38), het belangrijkste bolwerk, verreweg het grootst. De afname lijkt sterk op de afname van het aantal Rode Lijst-soorten (figuur 2.15, 2.30).



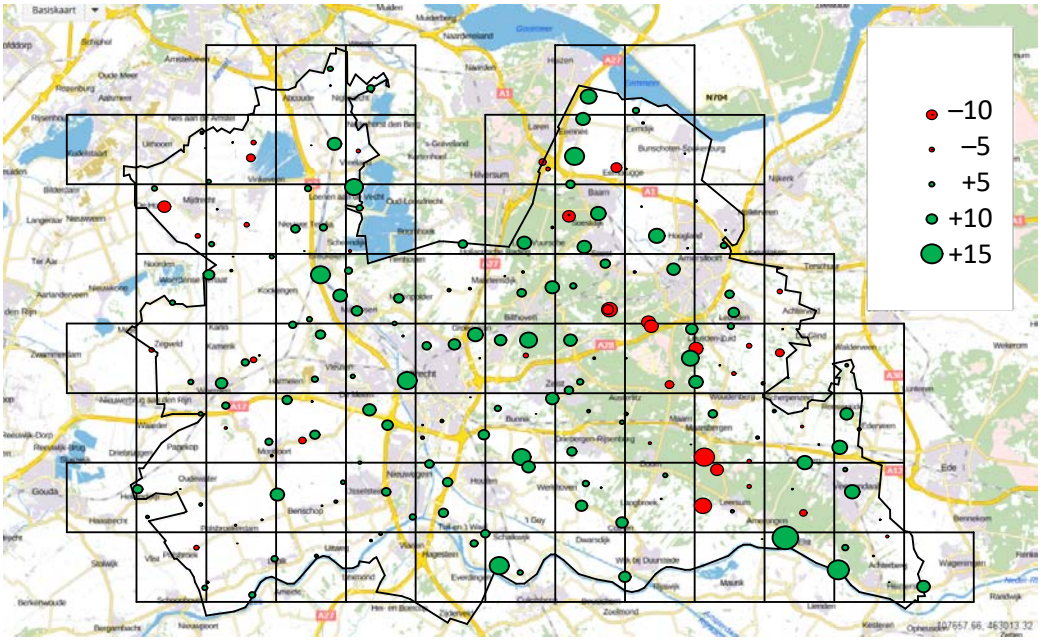
Figuur 2.23 *De soortenrijkdom per meetpunt in 1995 (legenda als fig. 2.24).*



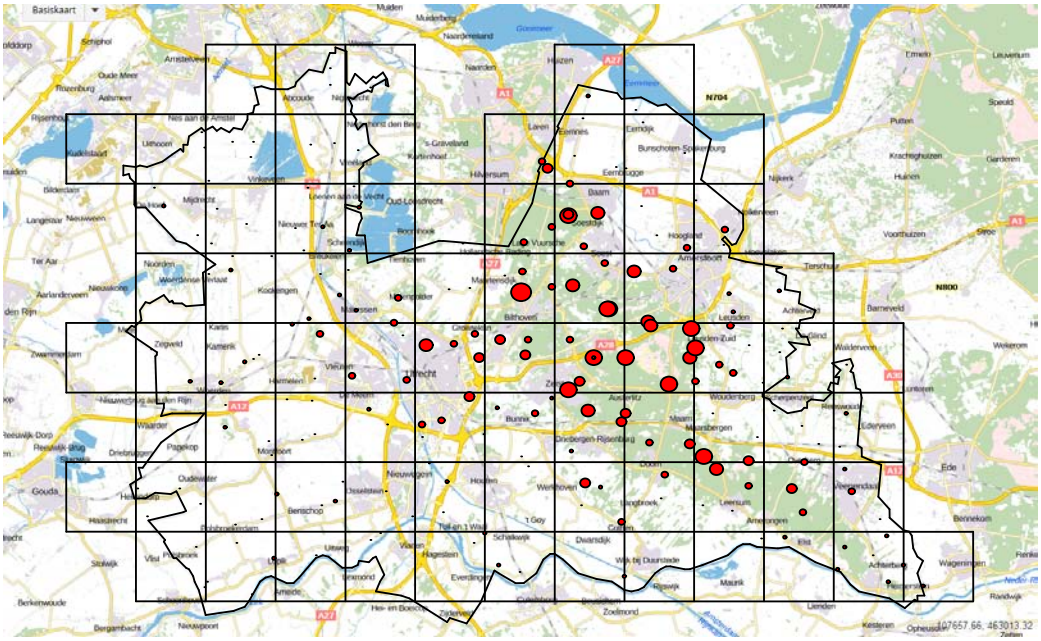
Figuur 2.24 *De soortenrijkdom per meetpunt in 2001.*



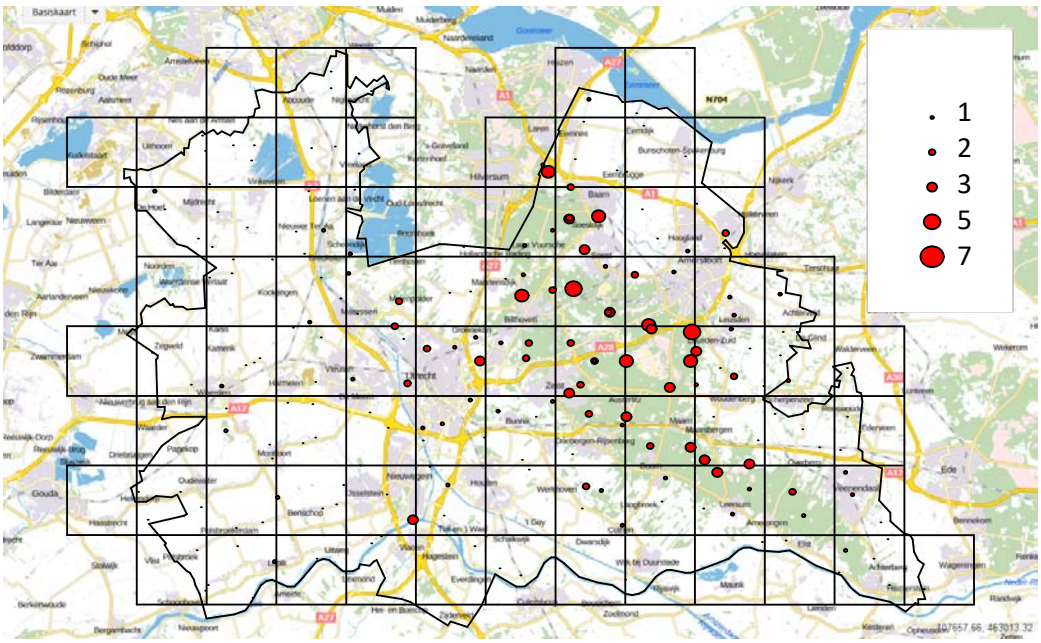
Figuur 2.25 *De soortenrijkdom per meetpunt in 2018 (legenda als fig. 2.24).*



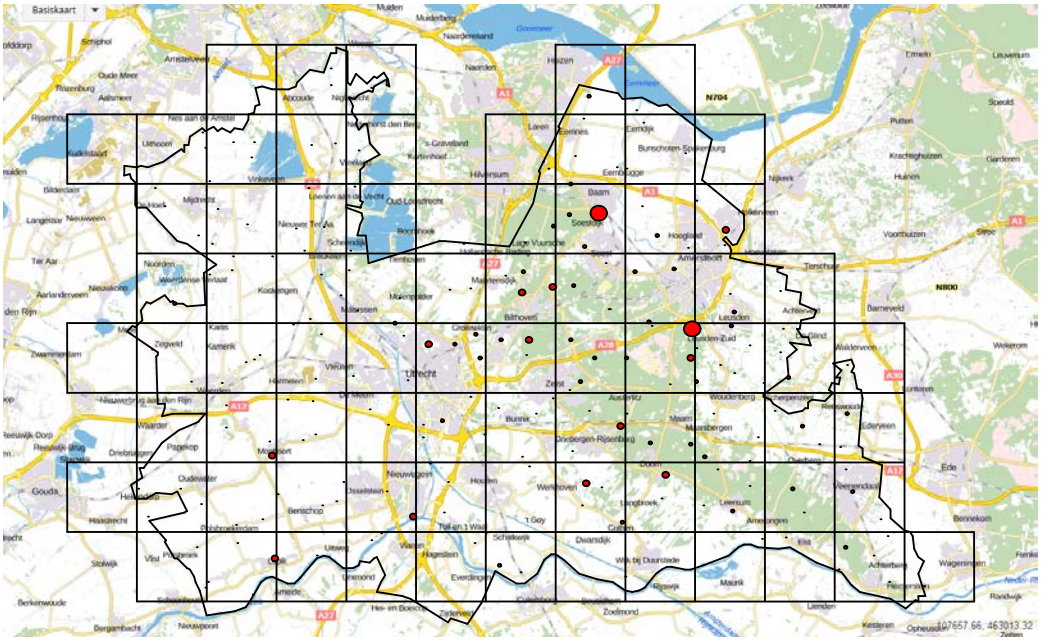
Figuur 2.26 *De verandering van de soortenrijkdom per meetpunt tussen 2001 en 2018*



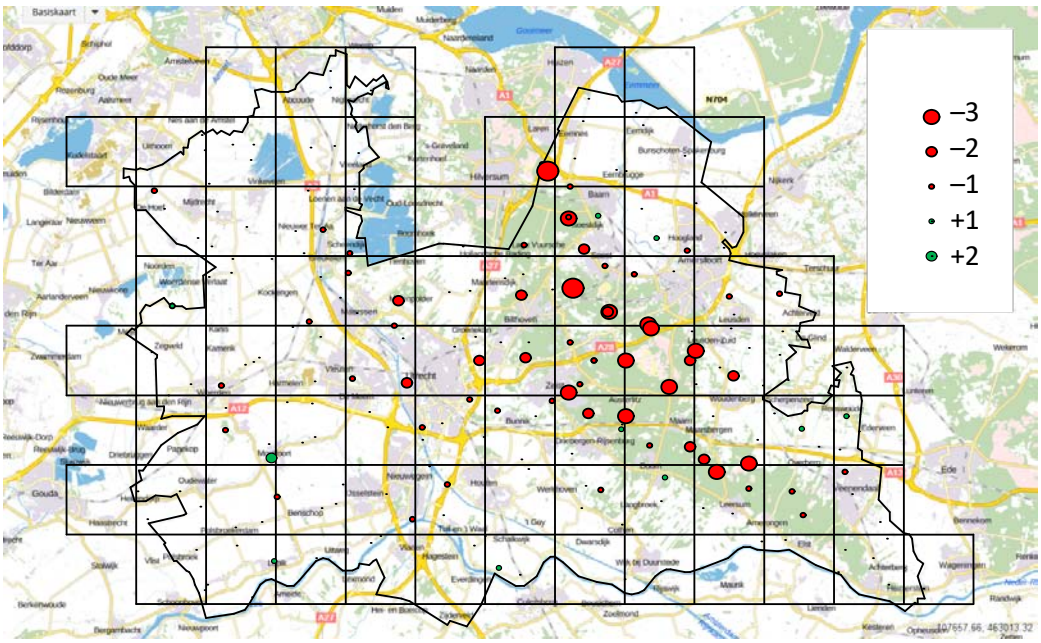
Figuur 2.27 *Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt in 1995 (legenda als fig. 2.28).*



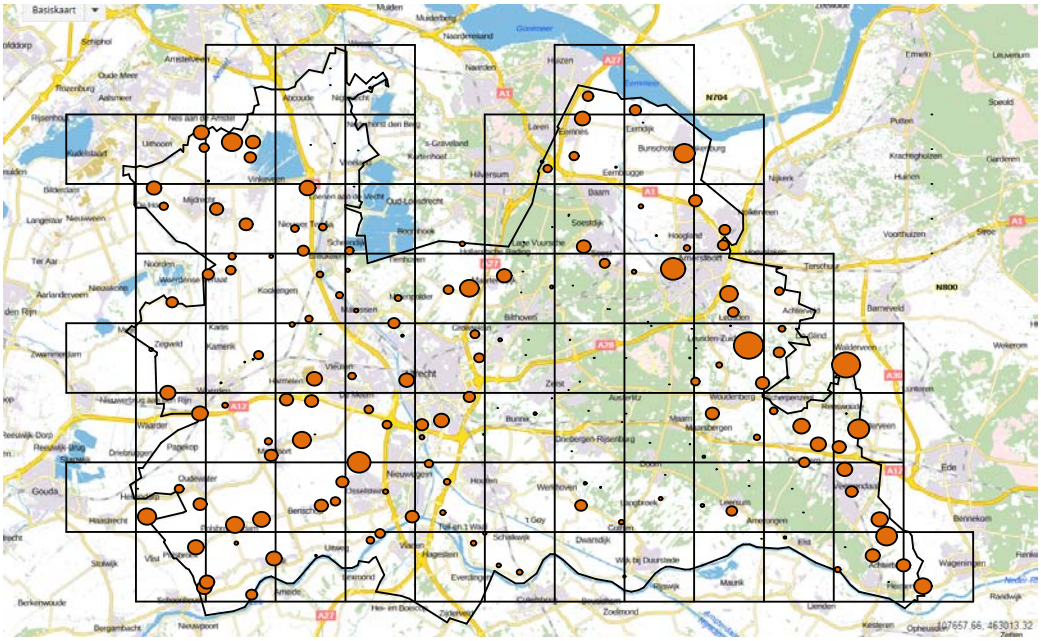
Figuur 2.28 *Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt in 2001.*



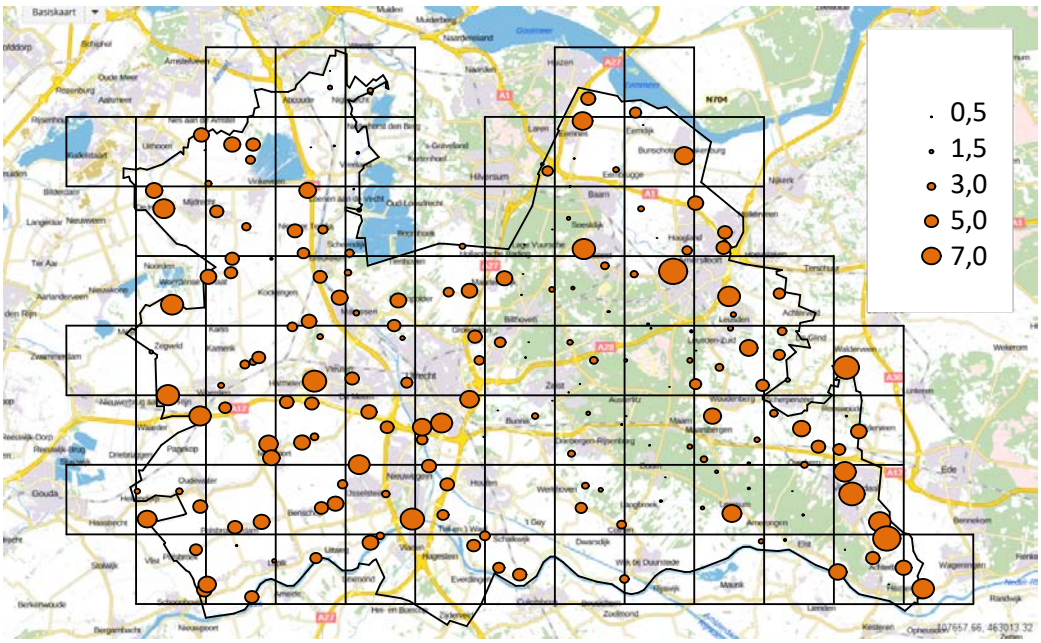
Figuur 2.29 *Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt in 2018 (legenda als fig. 2.28).*



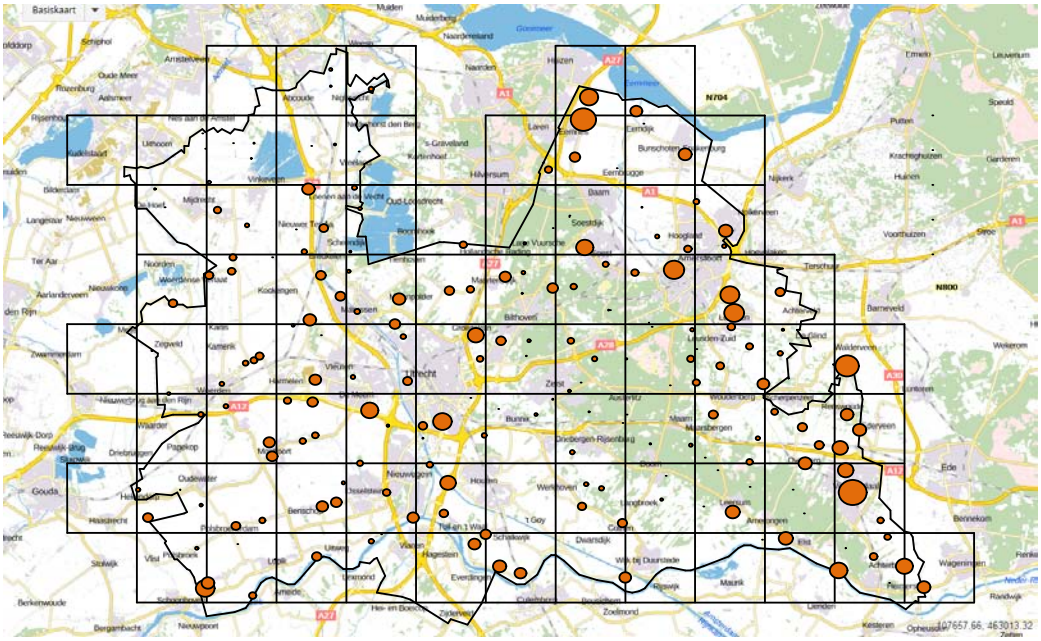
Figuur 2.30 *De verandering van het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt tussen 2001 en 2018.*



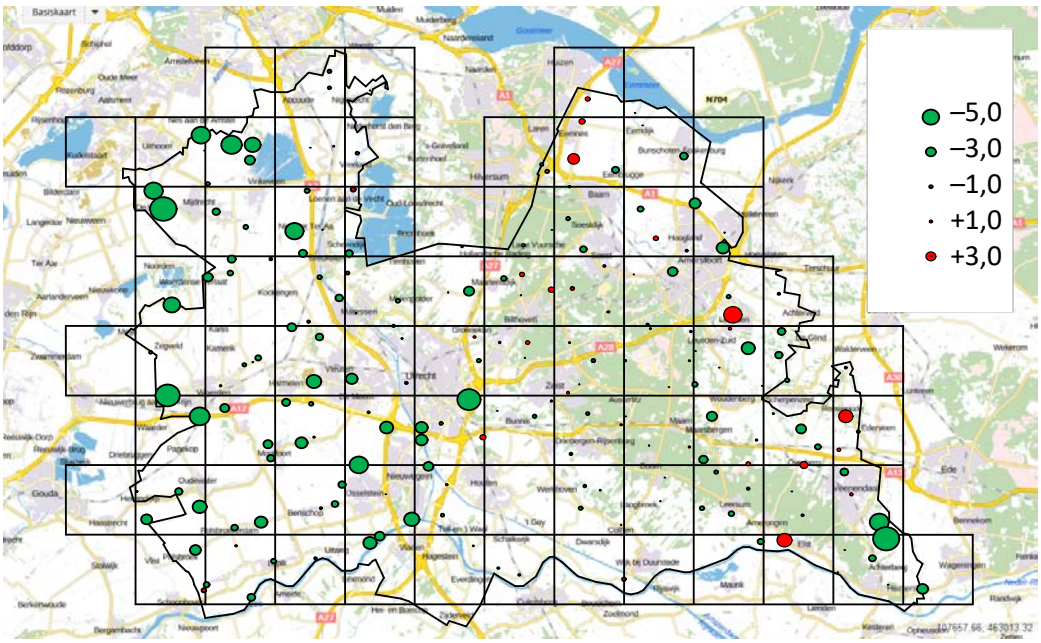
Figuur 2.31 *De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) per meetpunt in 1995 (legenda als fig. 2.32).*



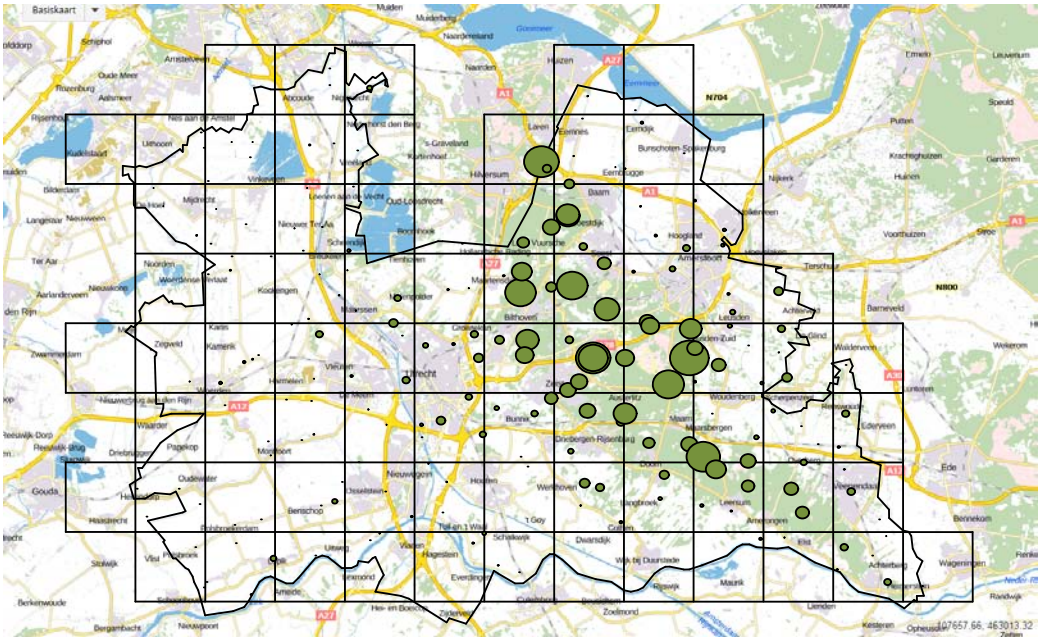
Figuur 2.32 *De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) per meetpunt in 2001.*



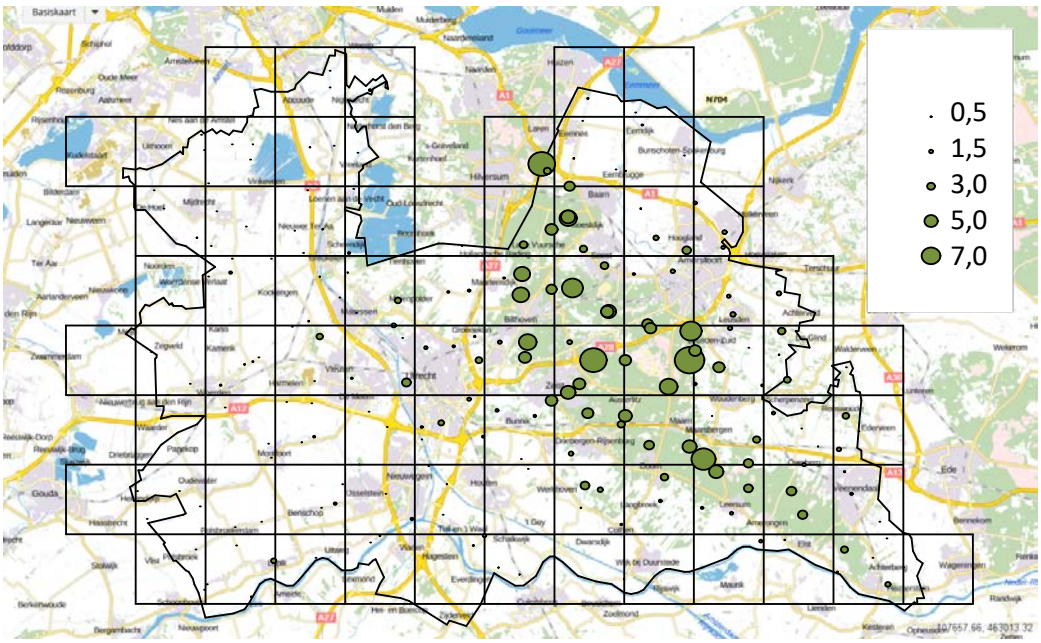
Figuur 2.33 *De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) per meetpunt in 2018 (niet gecorrigeerd voor nabijheid van wegen; legenda als fig. 2.32).*



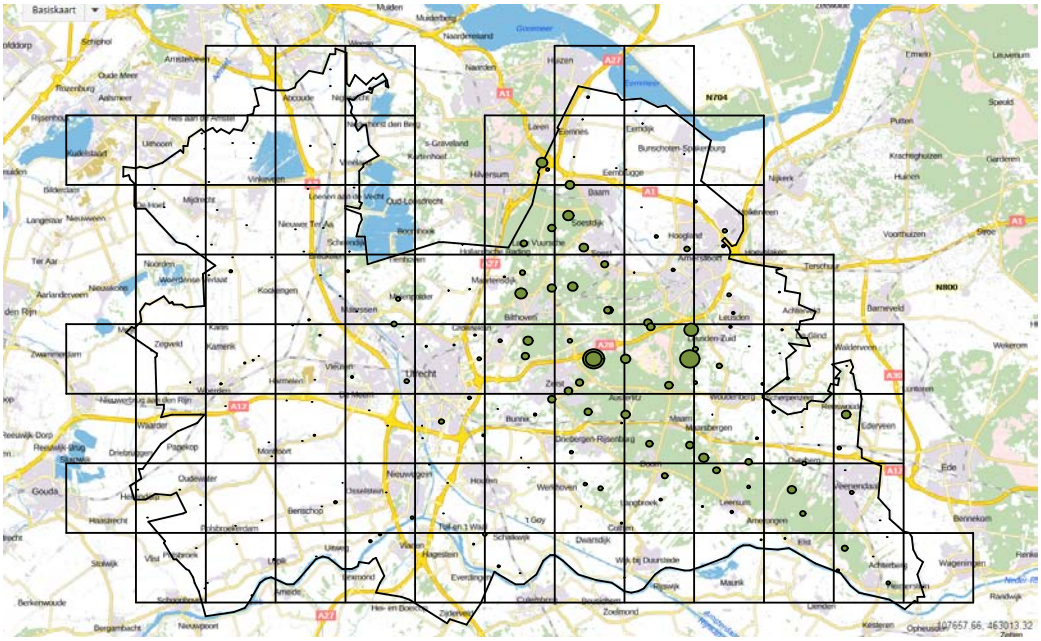
Figuur 2.34 *De verandering van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) per meetpunt tussen 2001 en 2018 (niet gecorrigeerd voor nabijheid van wegen).*



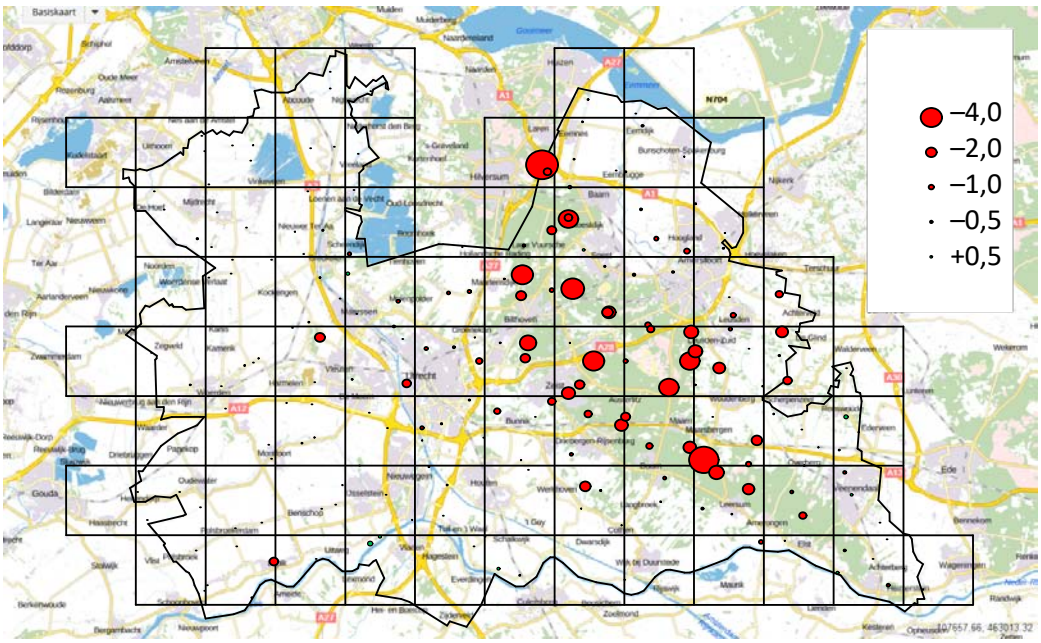
Figuur 2.35 *De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) per meetpunt in 1995 (legenda als fig. 2.36).*



Figuur 2.36 *De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) per meetpunt in 2001.*



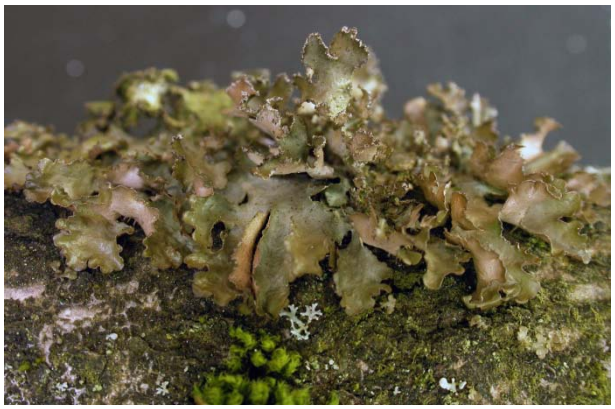
Figuur 2.37 *De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) per meetpunt in 2018 (legenda als fig. 2.36).*



Figuur 2.38 *De verandering van de hoeveelheid zuurminnaars (AIW) per meetpunt tussen 2001 en 2018.*

2.9 Ontwikkelingen in de bossen van de Utrechtse Heuvelrug

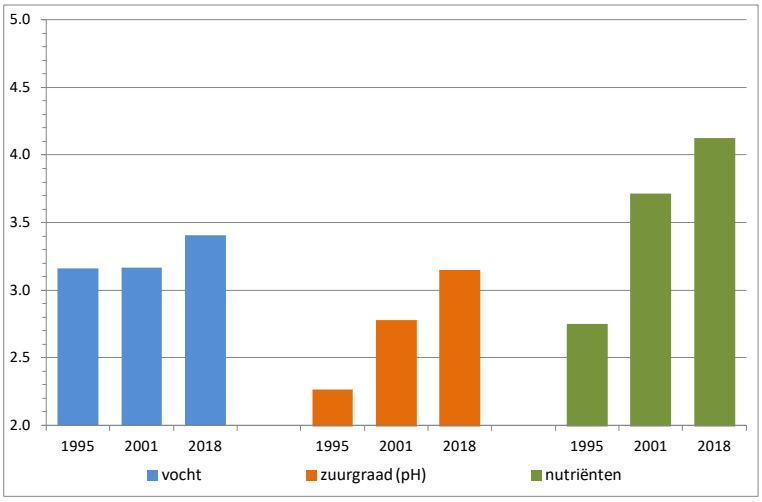
Om meer zicht te krijgen op de oorzaak van de sterke achteruitgang van de korstmossen van de Utrechtse Heuvelrug, is een aparte analyse uitgevoerd. In totaal zijn 28 soortenrijke punten geselecteerd, overwegend eikenstrubben en singels met kronkelige eiken. Dit zijn vanouds de plekken waar veel bijzondere soorten gevonden werden. De NIW van deze punten steeg van 0,14 (in 1995) naar 0,74 (in 2001), en daalde daarna weer naar 0,58 (in 2018). De AIW daalde van7,63 via 5,43 naar 3,14. Het aantal soorten steeg van 17,5 naar 22,5 en is nu weer terug naar 20,5. Het aantal Rode Lijstsoorten zakte van 3,5 via 2,6 naar 0,7 per punt. Deze cijfers volgen de trends voor de Heuvelrug als geheel in figuur 2.12, 2.15, 2.18 en 2.21.
In bijlage 4 staat een overzicht van de aangetroffen korstmossen en mossen in de punten. Sinds 1995 zijn 22 soorten korstmossen sterk afgenomen. 32 soorten zijn sindsdien sterk toegenomen. Dat zijn er per saldo meer, maar praktisch al deze soorten komen buiten de Utrechtse Heuvelrug royaal voor, terwijl de verdwenen of afgenomen soorten er in hoge mate typerend voor zijn. Feitelijk is de typerende bosflora hiermee grotendeels verloren gegaan. We treffen nu vooral nog soorten aan die even goed in de bebouwde kom van een grote stad kunnen groeien. Alleen een aantal typerende soorten van rottend hout doet het nog goed (diverse *Cladonia*'s, Groene veenkorst (*Trapeliopsis pseudogranulosa*), en verder enkele oude bossoorten (Beukenvlekje (*Arthonia didyma*), Boomvoetpoederkorst (*Lepraria umbricola*) en Berijpte spiraalkorst (*Scoliciosporum pruinosum*). De afgenomen en verdwenen soorten zijn al eerder besproken in onder meer par. 2.3. Plekken die voorheen ingenomen werden door Groot boerenkoolmos (*Platismatia glauca*), worden nu vaak bezet door Gebogen schildmos (*Hypotrachyna revoluta*), of door dominanties van Gesnaveld klauwtjesmos (Hypnum cupressiforme, zie onder).
Bij de mossen (bijlage 4) zijn meer soorten afgenomen (19) dan toegenomen (11). Het gemiddelde aantal soorten per punt steeg van 7,6 (in 1995) naar 9,5 (in 2001), en zakte weer terug naar 7,9 (2018). Vooral kleine levermossen van de boomvoet namen af of zijn verdwenen (Gedrongen kantmos (*Lophocolea heterphylla*), Gewoon draadmos (*Cephaloziella divaricata*), twee soorten Franjemos (*Ptilidium ciliare* en *pulcherrimum*), Gewoon trapmos (*Lophozia ventricosa*) en Neptunesmos (*Lepidozia reptans*)), maar ook andere kleine, dikwijls weinig concurrentiekrachtige soorten gingen achteruit zoals Gewoon Peermos (*Pohlia nutans*), Viertandmos (*Tetraphis pellucida*) en Gewoon knopjesmos (*Aulacomnium androgynum*). Daarvoor in de plaats zijn drie concurrentiekrachtige slaapmossen gekomen, in de eerste plaats Gesnaveld klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*), vaak vergezeld door Gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*) en Fijn laddermos (*Kindbergia praelonga*). De eerste overdekt nu niet alleen de boomvoet met zijn matvormige groeiwijze ('slaapmos'), maar ook alle dikke takken en stamdelen in vrijwel alle 28 meetpunten. Het is het mos met de grootste toename (bijlage 4). In de cijfers komt dit nog niet eens goed tot zijn recht omdat hij praktisch overal de maximale kwantiteit heeft bereikt (een 6). Geen enkele andere soort is nu zo dominant.



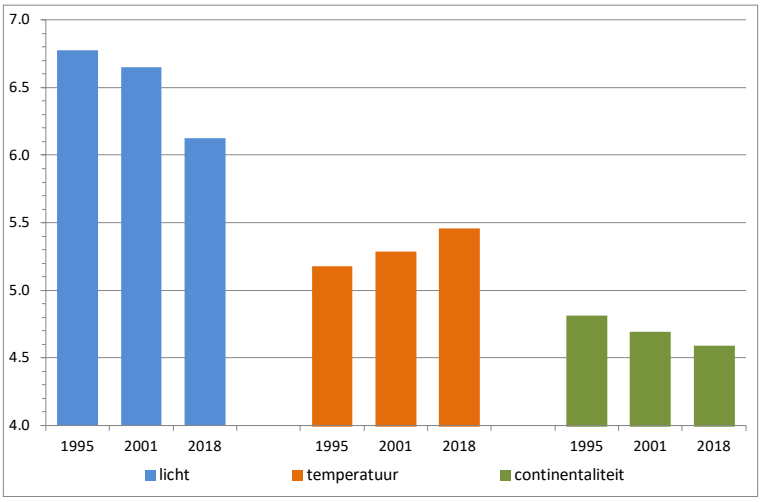
Kloksgewijs vanaf linksboven: Groot boerenkoolmos (*Platismatia glauca*), idem, Dennenmos (*Imshaugia aleurites*), Bruin boerenkoolmos (*Tuckermanopsis chlorophylla*), Baardmos (*Usnea* spec.), Bostandpastakorst (*Ochrolechia microstictoides*). Al deze soorten van zure, voedselarme bossen zijn uit het meetnet verdwenen.

In figuur 2.39 en 2.40 is de verandering van zes "Ellenberggetallen" uitgezet naar Sparrius *et al.* (2015) (zie par. 2.7). Bij 'zuurgraad' is het belangrijk te weten dat hoge waarden duiden op een hoge pH; een stijging duidt dus op ontzuring, niet op verzuring. Alle indicatoren zijn in mindere of meerdere mate toe- of afgenomen. Vooral 'nutriënten', een indicator voor ammoniak, stijgt flink, en de pH gaat navenant omhoog. De hoeveelheid licht neemt af, en de vochtigheidsgraad neemt toe. Temperatuur neemt volgens verwachting toe, en continentaliteit neemt af.

Op basis van deze uitkomst is het niet mogelijk te reconstrueren wat precies de oorzaak van de veranderingen is; diverse indicatoren zijn onderling gecorreleerd. Daarom is net als in par. 2.7 multipele regressie toegepast. De veranderingen zijn voor de twee periodes, 1995 - 2001 en 2001 - 2018 apart onderzocht (tabel 2.3).



Figuur 2.39 *Het gemiddeld vochtgetal,zuurtegetal, en nutriëntengetal van 28 punten met eiken op de Heuvelrug, 1995 - 2018.*



Figuur 2.40 *Het gemiddeld lichtgetal, temperatuurgetal, en continentaliteitsgetal van 28 punten met eiken op de Heuvelrug, 1995 - 2018.*

Tabel 2.3 *Multipele regressie met de veranderingen in de aanwezige korstmossen van 28 punten met eiken op de heuvelrug (bijlage 4, de kwantiteitssom) als afhankelijke variabele, en zes reeksen met ecologische indicatiewaarden (Sparrius et al., 2015) als onafhankelijke variabelen. Gegeven zijn de regressiecoëfficient, de F-waarde en de significanties (t-waarde en p). Van de niet-significante variabelen (F-waarde < 4,0) is de correlatiecoëfficient met het model gegeven. Aantal soorten bij de regressie: 91, aantal vrijheidsgraden: 88. Zie ook toelichting bij tabel 2.2.*

A. 1995 - 2001 verklaarde variantie: 19,8%

in model:	**regressiecoëfficient:**	**F-waarde:**	**t-waarde:**	**p:**
constante	+5,98		+0,94	0,35
nutriënten	+3,71	20,55	+4,53	<0,0001
licht	-2,46	7,22	-2,68	0,0086
niet in model:	**correlatiecoëfficient:**	**F-waarde:**		
vocht	0,044	0,16		
zuurgraad (pH)	0,092	0,74		
temperatuur	0,052	0,23		
continentaliteit	0,046	0,18		

B. 2001 - 2018 verklaarde variantie: 12,0%

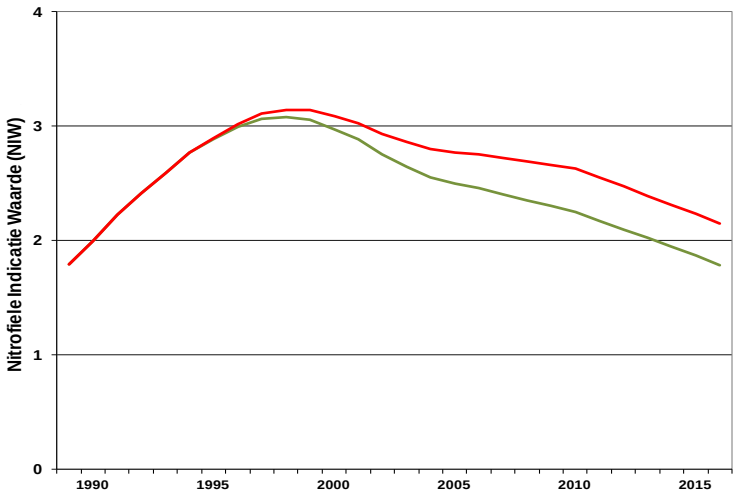
in model:	**regressiecoëfficient:**	**F-waarde:**	**t-waarde:**	**p:**
constante	-41,54		-3,53	0,0007
vocht	+8,13	8,34	+2,89	0,0049
zuurgraad (pH)	+4,06	8,03	+2,83	0,0057
niet in model:	**correlatiecoëfficient:**	**F-waarde:**		
licht	0,114	1,14		
nutriënten	0,086	0,65		
temperatuur	0,078	0,53		
continentaliteit	0,060	0,31		

Over de periode 1995 - 2001 is de toegenomen beschikbaarheid van nutriënten (ammoniak) de belangrijkste oorzakelijke factor (F= 20,55). Daarnaast vormt de verminderde hoeveelheid licht een factor (F= 7,22). De veranderingen bij de overige vier indicatoren zijn niet significant (F< 0,75). Over 2001 - 2018 vormen zowel de hoger geworden pH (F= 8,03) als ook het vochtigere microklimaat (F= 8,34) de verklaring. Ook nu zijn de F-waarden van de vier andere indicatoren ruim beneden de significantiegrens van 4,0 (zie toelichting bij tabel 2.2). Omdat 'nutriënten' en 'zuurgraad' onderling sterk gecorreleerd zijn (r= 0,73, R^2= 0,53), moet de uitkomst van deze twee met voorzichtigheid beoordeeld worden. De regressie is in beide gevallen (1995 - 2001 en 2001 - 2018) echter eenduidig.
Uit de regressie blijkt dat klimaatverandering in de bossen tot dusver niet significant aantoonbaar is. Voor beide periodes zijn de F-waarden zeer laag (< 0,54), alhoewel in figuur 2.40 zowel bij temperatuur als continentaliteit wel een trend zichtbaar is.

Het volgende scenario is waarschijnlijk. De kiem van het probleem is gelegd in de 80-er en 90-er jaren, toen door de toegenomen ammoniakdepositie het milieu irreversibel veranderd is. De strubbeneiken zijn toen zodanig verrijkt met stikstof, dat Gesnaveld Klauwtjesmos, die op iets rijkere plekken pleegt te groeien, kans kreeg om zich sterk uit te breiden. Dit was vooral zo op dikke horizontale takken en op boomvoeten. Door een proces van steeds dichter en donkerder bos ('licht') werd er ook voldoende vocht vastgehouden om deze mosgroei mogelijk te maken. Het typische korstmossenbiotoop op de dikke takken verloor door de groei van Klauwtjesmos steeds meer terrein. Ook heeft dit na 2001 door de sterke mosgroei een wat meer permanent vochtig karakter gekregen.
Er zijn geen aanwijzingen dat na 2001 de ammoniakdepositie nog is toegenomen. Wel heeft de ontzuring zich verder voortgezet. Dit blijkt duidelijk uit de berekeningen. Dit vormt, samen met de mosgroei, de direkte oorzaak van de voortgaande achteruitgang van de vele zuurminnaars sinds 2001. De manier waarop de ontzuring zich voltrekt (in de bossen, maar ook in het agrarische gebied) wekt sterk de indruk dat niet de reëele, maar de cumulatieve ammoniakbelasting bepalend is. Dit zou betekenen dat de ontzuring gewoon doorgaat, ook als de ammoniakbelasting daalt. Alleen de 'dosis' bepaalt hoeveel tijd daarmee gemoeid is (als er geen tegenkrachten werkzaam zijn). Dit is in feite het omgekeerde van wat er gebeurde toen de zwaveldioxideconcentraties hoog waren: alle boomschors neigde toen naar een pH van ongeveer 4. Eiken hebben deze pH van nature, bij veel andere boomsoorten is de natuurlijke pH hoger. Metingen lijken er op te wijzen dat de ontzuring uiteindelijk stopt bij een pH van ongeveer 6,4 (van Herk, 2001). In gebieden met met een hoge ammoniakuitstoot was dat moment eind jaren'80 al bereikt. In uitgestrekte bossen is dit proces nog gaande, en het duidelijkst zichtbaar op takken en twijgen. Het proces is mogelijk begonnen toen in de jaren '70 overgeschakeld is op drijfmest (zie par. 2.4). Het is niet aannemelijk dat een lager geworden zwaveldioidebelasting op zichzelf een oorzaak is van de ontzuring bij eiken. Wel zou de ontzuring zich niet op deze schaal hebben voltrokken als de zwaveldioidebelasting hoog gebleven zou zijn.
Geconcludeerd moet worden dat de ammoniakbeperkende maatregelen voor de bijzondere ammoniakgevoelige epifyten op de Heuvelrug te laat komen om nog effect te sorteren. Het milieu lijkt irreversibel veranderd, en er is voorlopig weinig kans op terugkeer. Wellicht is er nog iets te redden door plaatselijk mostapijten te verwijderen. Met experimenten kan dan onderzocht worden of, en welke korstmossen dan terugkeren. Voor sommige oude bossoorten zijn er nog wel perspectieven.
We zagen bij de regressie van heel Utrecht (tabel 2.2) dat klimaatseffecten goed konden worden aangetoond, maar er was geen correlatie met 'nutriënten' of 'zuurgraad' (par. 2.7). Dat ammoniak ('nutriënten') noch zuurgraad een significante bijdrage aan dat model kan leveren is te verklaren: de ontzuring is in het agrarische gebied grotendeels 'voltooid' en de afname van de ammoniakminnaars laat zich daar niet goed rijmen met een gelijktijdig grote afname van ammoniakgevoelige soorten in bossen. Daardoor blijven de F-waarden van zowel 'nutriënten' als 'zuurgraad' laag.

2.10 Interprovinciaal

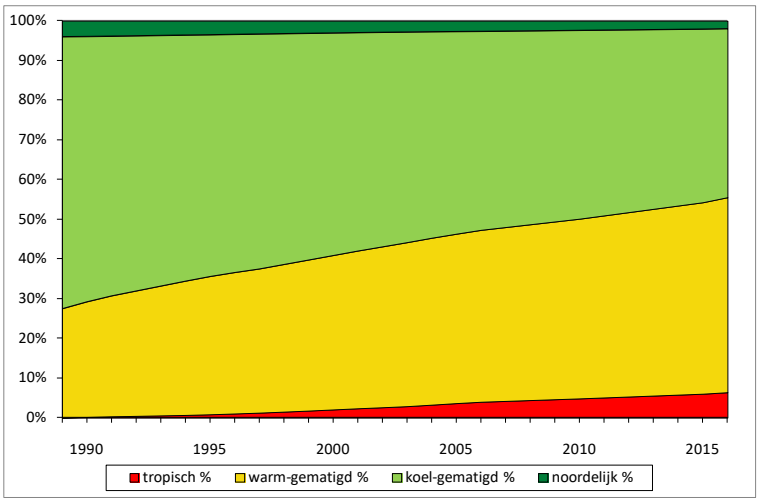
Sinds 1989 is er in acht provincies onderzoek geweest naar de epifytische korstmossen. In zes provincies is er tot monitoring overgegaan. Omdat de methode steeds hetzelfde was, zijn er vergelijkingen mogelijk, en is er gelegenheid tot synthese.
In figuur 2.41 is een synthese tot stand gebracht van de NIW-trends van zes provincies (zie ook https://www.clo.nl/indicatoren/nl1097-korstmossen-en-ammoniak). Te zien is dat de effecten van ammoniak uit veehouderij rond 1999 een maximum bereikten. De effecten van ammoniak uit verkeer zijn rond 1996 begonnen, en bereikten rond 2011 een maximum.



Figuur 2.41 *Het verloop van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) tussen 1989 en 2016 (rood). De trend is een synthese van data van zes provincies. De groene lijn geeft de toegepaste correctie voor de effecten van verkeer.*

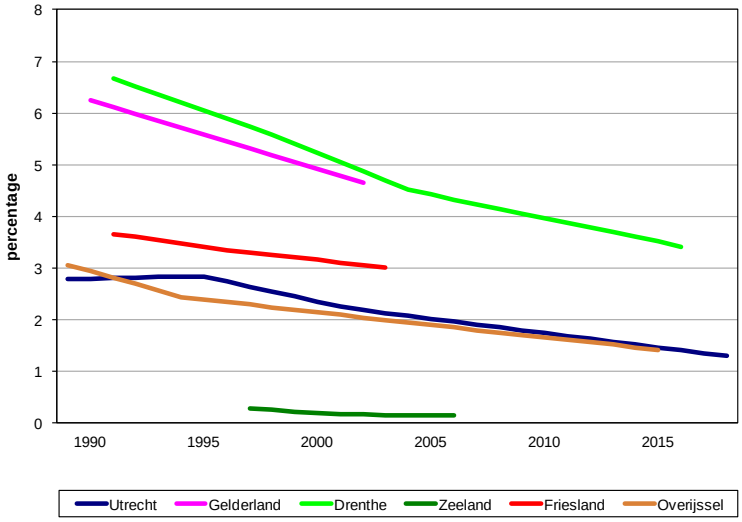
De veranderingen in Utrecht komen in hoge mate overeen met de samengestelde trend. Dit blijkt ook uit de cijfers van de afzonderlijke provincies. Zo daalde de (gecorrigeerde) NIW in Overijssel na 1999 met 37%. In Drenthe was dit na 1998 met 34%. In Utrecht is dit na 2001 met 38% (par. 2.5). Deze cijfers doen vermoeden dat de sterke afname van de NIW in grote delen van Nederland geldig is, met slechts beperkte regionale verschillen. Deze afname komt goed overeen met de berekende depositiecijfers van het CLO (https://www.clo.nl/indicatoren/nl0189-vermestende-depositie). Uitgaande van een vertraging van de NIW van ongeveer 7 jaar (zie par. 2.4) bedraagt de afname over dezelfde periode bij het CLO 37% (1756 mol NHx/ha/jr in 1994 tegen 1114 mol NHx/ha/jr in 2011).

Een vergelijkbare synthese is op het thema klimaat toegepast met behulp van de areaaltrends (figuur 2.42; zie ook figuur 2.10). De trends zijn nagenoeg identiek aan de eerder berekende trends zonder Utrecht 2001-2018 (vergelijk figuur 2.29 in Van Herk, 2017).

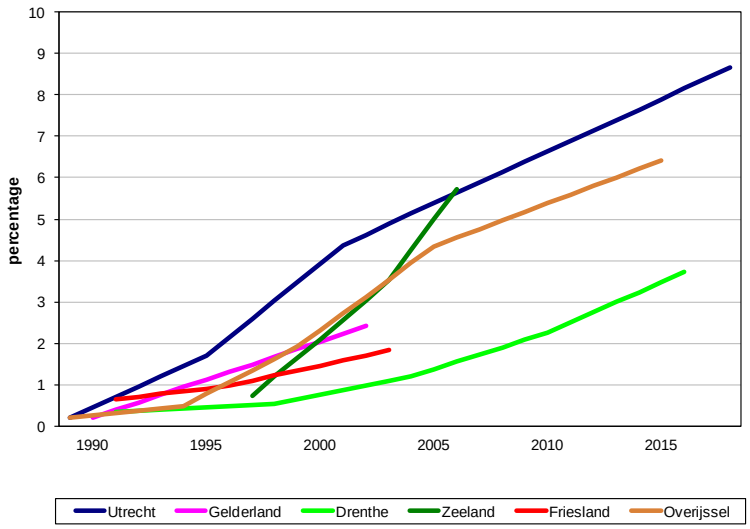


Figuur 2.42 *De verandering van de soortensamenstelling in zes provincies tussen 1989 en 2016 als functie van het areaal van de soorten.*

In figuur 2.43 en 2.44 zijn de verschillen tussen de zes provincies uitgezet. Bij de noordelijke soorten neemt Utrecht een middenpositie in. Drenthe heeft het hoogste aandeel noordelijke soorten, op de voet gevolgd door Gelderland. In Zeeland komen nauwelijks noordelijke soorten voor. In alle provincies is er een afname.
Utrecht heeft het hoogste aandeel soorten met een wereldwijd overwegend tropische verspreiding (figuur 2.44). Dit heeft te maken met de grote hoeveelheid bebouwde kom met een warm microklimaat. Drenthe heeft het laagste aandeel. In alle provincies neemt het aandeel tropische soorten sterk toe.



Figuur 2.43 *De verandering van het aandeel noordelijke soorten in zes provincies*



Figuur 2.44 *De verandering van het aandeel tropische soorten in zes provincies*

3 SAMENVATTING en CONCLUSIES

In 2018 is het korstmossenmeetnet van de Provinvie Utrecht voor de zesde maal onderzocht. Eerdere rondes waren er in 1979, 1984, 1989, 1995 en 2001. In totaal zijn in 2018 210 meetpunten herhaald. De punten liggen verspreid over de hele provincie (figuur 1.2), en zijn ingedeeld in zes geografische regio's. Er is ook een opdeling gemaakt naar functie (agrarisch gebied, bos en natuur, bebouwd gebied). Een meetpunt bestaat steeds uit een groepje bomen, veelal een rijtje van 10 langs een weg. Hier zijn per boom alle soorten op de stam tot op 2 m. hoogte genoteerd. In totaal zijn zo 1823 bomen onderzocht. Overigens blijkt uit het onderzoek dat veel bomen in het landelijk gebied zijn verdwenen.
De volgende graadmeters zijn voor ieder meetpunt berekend: 1. de soortenrijkdom; 2. het aantal Rode Lijst-soorten; 3. de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW); 4, de hoeveelheid ammoniakminnaars gecorrigeerd voor nabijheid van wegen (ammoniak uit wegverkeer); 5. de hoeveelheid zuurminnaars (AIW); 6. enkele graadmeters voor klimaatverandering.
Van alle graadmeters is de verandering voor Utrecht als geheel berekend over de hele meetperiode (1979 - 2018). Daarnaast is de verandering over de drie laatste meetjaren (1995, 2001 en 2018) berekend voor de zes regio's, en de opdeling naar functie. Van alle soorten korstmossen is de trendmatige ontwikkeling sinds 1979 uitgerekend (bijlage 3).

Soortenrijkdom
De soortenrijkdom is over de zes meetjaren flink toegenomen (figuur 2.1); deze steeg van 7,6 naar 22,3 soorten korstmossen per punt. Aanvankelijk was dit een goed teken, maar sinds 1990 is een flink deel van de toename ook toe te schrijven aan het veelvuldiger voorkomen van soorten die positief reageren op ammoniak en op een toename van warmteminnende soorten. Berekeningen laten zien dat de stijging na 2001 vrijwel alleen het gevolg is van klimaatverandering (tabel 2.2). Dit leidt tot een sterke toename van korsten die voorheen niet of nauwelijks aanwezig waren (figuur 2.2). In het landelijke gebied krijgen bomen hierdoor soms een surrealistische aanblik van wit met zwart.

Rode Lijst
Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt is vooral na 1989 sterk afgenomen (figuur 2.3). De trend wordt gedomineerd door soorten met een gevoeligheid voor ammoniak. Deze hadden hun hoofdverspreiding in de Utrechtse Heuvelrug. Bijzondere soorten zoals Groot en Bruin boerenkoolmos, Dennenmos, Bostandpastakorst en Baardmos (pag. 45) zijn hierdoor verdwenen of bijna verdwenen.
Het cumulatieve aantal Rode Lijst-soorten per meetronde verloopt minder dramatisch (figuur 2.4): dit aantal stijgt tot 2001, maar neemt daarna ook af. Bij het cumulatieve aantal Rode Lijst-soorten wegen de zeldzame soorten zwaarder dan bij het gemiddelde aantal per punt. Bijzondere nieuwe soorten zijn Rechte knoopjeskorst,

Duinrijpmos, Ulevellenmos en Iepenkraterkorst. Dit zijn soorten van voedselrijke omstandigheden die vroeger veel terrein verloren hebben, en nu moeite hebben om weer terug te komen. Berijpte spiraalkorst is een soort van oude bossen.

Ammoniakminnaars

De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) vertoont een curve met een maximum bij 2001 (figuur 2.5). Tussen 2001 en 2018 is er een duidelijke afname: de NIW daalt van 3,29 naar 2,21. Deze afname bedraagt bijna 33%. Dit zijn de cijfers zonder correctie voor verkeer. Als ook een correctie voor verkeer wordt toegepast daalt de NIW naar 2,04, een afname van 38%. De getallen tonen aan dat de emissie van ammoniak is verminderd. Ammoniakminnaars zijn i.h.a. snelgroeiende opportunisten, die ook weer snel verdwijnen als het milieu ongeschikt wordt. De tijd die nodig is om na een sterke ammoniakreductie weer tot evenwicht te komen bedraagt naar schatting 5-8 jaar. De afname komt goed overeen met de berekende depositiecijfers (www.clo.nl, RIVM, 2018). Bij een vertraging van de NIW van 7 jaar bedraagt de afname bij het CLO over dezelfde periode (1994 - 2011) 37%.
Korstmossen lijken erop te wijzen dat het ammoniakprobleem in Nederland in beginsel ontstaan is toen in de jaren '70 overgeschakeld is van vaste mest op drijfmest. Een reconstructie van de NIW over de periode 1979 en 1995 laat zien dat het ammoniakprobleem toen snel toenam. De verminderde zwaveldioxidebelasting heeft wel beperkt bijgedragen aan de stijging van de NIW.

De hoeveelheid ammoniakminnaars is tussen 2001 en 2018 in alle regio's duidelijk afgenomen, met uitzondering van de Utrechtse Heuvelrug en Eemland (figuur 2.17 - 2.19). De grootste verbetering van de NIW is gevonden in het Vecht- en Plassengebied en het Westelijk Weidegebied. Vooral bij Mijdrecht is de daling van de NIW zeer groot, mogelijk als gevolg van uitkopen van boeren (figuur 2.34). In het Kromme Rijngebied is weinig veranderd. De NIW is hier iets gezakt in het Langbroekerweteringgebied. In Eemland is de NIW in alle punten bij Eemnes gestegen (figuur 2.34). Elders is de trend gunstiger, waardoor het gemiddelde voor Eemland net niet stijgt (figuur 2.18).
In de Gelderse Vallei is er ook een flinke daling van de NIW, vooral tussen Veenendaal en Rhenen (figuur 2.34). Dit gebied was sterk met ammoniak vervuild, en hier is aanzienlijke winst geboekt. Het beeld in de Vallei is echter wisselend. Zo is het 'staartje' aan Utrecht ten noorden van Renswoude nog niet verbeterd.

Zuurminnaars

Zuurminnende korstmossen zijn in de regel gevoelig voor ammoniak. Op vooral eiken horen van nature veel zuurminnaars voor te komen. De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) vertoont sinds 1989 een constant neergaande trend (figuur 2.6). Ondanks de verminderde ammoniakuitstoot in ons land, en de duidelijke afname van de hoeveelheid ammoniakminnaars in de meeste agrarische gebieden, valt er tot dusver geen trendbreuk bij deze zuurminnaars te bespeuren.

De Heuvelrug vormt vanouds een belangrijk bolwerk voor zuurminnaars (figuur 2.35-2.38). Tussen 2001 en 2018 gaat de afname van deze ammoniakgevoelige soorten nog onverminderd door. Zuurminnaars vormen een belangrijk bestanddeel van de Rode Lijst-soorten, en de ruimtelijke overeenkomst tussen beide is dan ook groot (vergelijk figuur 2.27-2.30).
Om meer zicht te krijgen op de oorzaak van de sterke achteruitgang van de korstmossen van de Heuvelrug, is een aparte analyse uitgevoerd. In totaal zijn 28 punten met kronkelige eiken geselecteerd, veelal zogenoemde eikenstrubben. Deze bossen waren voorheen zeer rijk, maar de typerende bosflora is juist hier grotendeels verloren gegaan. Er zijn wel andere soorten voor in de plaats gekomen, maar die soorten komen buiten de Heuvelrug al royaal voor.
Uit de analyse blijkt dat door de toegenomen ammoniakdepositie het milieu hier tussen 1995 en 2001 irreversibel veranderd is. De strubbeneiken zijn zodanig met stikstof verrijkt, dat Gesnaveld Klauwtjesmos (geen korstmos, maar een mos) kans kreeg om zich zeer sterk uit te breiden.
Er zijn geen aanwijzingen dat na 2001 de ammoniakdepositie nog is toegenomen. Wel heeft de ontzuring zich verder voortgezet. De manier waarop de ontzuring zich voltrekt (in de bossen, maar ook in het agrarische gebied) wekt sterk de indruk dat niet de reëele, maar de cumulatieve ammoniakbelasting bepalend is. Dit zou betekenen dat de ontzuring gewoon doorgaat, ook als de ammoniakbelasting daalt. Alleen de 'dosis' bepaalt hoeveel tijd daarmee gemoeid is (als er geen verzurende tegenkrachten werkzaam zijn).
De ammoniakbeperkende maatregelen komen voor deze bijzondere epifyten op de Heuvelrug te laat om nog effect te sorteren. Het milieu is drastisch veranderd, en er is voorlopig weinig kans op terugkeer. Wellicht is er nog iets te redden door plaatselijk mostapijten te verwijderen. Voor sommige oude bossoorten zijn er nog wel perspectieven.

Klimaat

Een analyse van de klimaateffecten laat zien dat het gemiddelde temperatuurgetal na 1989 iedere ronde gestegen is (figuur 2.7). Het vochtgetal, daarentegen, is recent niet noemenwaardig veranderd (figuur 2.8). Het zogoemde continentaliteitsgetal is sinds 1989 juist iedere ronde afgenomen. Dit getal geeft aan in welke mate de soortensamenstelling wijst op een landklimaat, danwel een zeeklimaat. Een afname duidt erop dat de soortensamenstelling meer op die van een zeeklimaat is gaan lijken, dus atlantischer geworden is. De sterke toename van diverse soorten Schriftmos (par. 2.1) is hier onderdeel van.
De verandering van het temperatuur- en continentaliteitsgetal beantwoordt nog niet de vraag hoe het effect op korstmossen precies tot stand komt. Uit een nadere statistische analyse blijkt dat dat alleen 'continentaliteit' een direkte 'fit' oplevert. 'Temperatuur' voegt daar geen fundamenteel nieuwe informatie aan toe. Dit betekent dat niet simpelweg de hoger geworden gemiddelde temperatuur bepalend is voor de korstmossen. Het negatieve verband met 'continentaliteit' duidt erop dat het

zachter geworden winterklimaat veel belangrijker is. Door de zachtere winters met voldoende neerslag in de vorm van regen, en slechts incidentele vorstperiodes, is de winter de optimale periode geworden om fotosynthese te laten plaatsvinden. Klimaateffecten zijn vooral zichtbaar in bebouwde en agrarische gebieden; in de bossen van de Heuvelrug treden zij nog niet duidelijk op.
Figuur 2.10 laat zien dat vooral na 1990 belangrijke verschuivingen in de soortensamenstelling zijn opgetreden als functie van het areaal (verspreiding op aarde), ook al zijn de effecten op korstmossen primair op het winterklimaat te herleiden. Bij een interprovinciale vergelijking blijkt dat Utrecht het hoogste aandeel soorten heeft met een overwegend tropische verspreiding (figuur 2.44). Dit heeft te maken met de grote hoeveelheid bebouwde kom met een warm microklimaat

4 LITERATUUR

Aptroot, A., 1989. Veranderingen in de epifytenflora van de Provincie Utrecht over de periode 1984 - 1989. Provincie Utrecht, Dienst Ruimte en Groen, Utrecht.

Aptroot, A., K. van Herk & L. Sparrius, 2012. Basisrapport voor de Rode Lijst Korstmossen. Buxbaumiella 92: 1-117.

Aptroot, A., C.M. van Herk, L.B. Sparrius & L. Spier, 2004. Checklist van de Nederlandse korstmossen en korstmosparasieten. Buxbaumiella 69: 17-55.

Barkman, J.J., 1958. Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes. Van Gorcum, Assen.

Bowler, D.E., C. Hof, P. Haase, I. Kröncke, O. Schweiger, R. Adrian, L. Baert, H.-G. Bauer, T. Blick, R.W. Brooker, W. Dekoninck, S. Domisch, R. Eckmann, F. Hendrickx, T. Hickler, S. Klotz, A. Kraberg, I. Kühn, S. Matesanz, A. Meschede, H. Neumann, R. O'Hara, D. J. Russell, A. F. Sell, M. Sonnewald, S. Stoll, A. Sundermann, O. Tackenberg, M. Türkay, F. Valladares, K. van Herk, R. van Klink, R. Vermeulen, K. Voigtländer, R. Wagner, E. Welk, M. Wiemers, K.H. Wiltshire & K. Böhning-Gaese, 2017. Cross-realm assessment of climate change impacts on species' abundance trends. Nature Ecology & Evolution, 1, 0067.

Ellenberg, H., 1974. Zeigerwerte der Gefaßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica IX: 1-122.

Herk, C.M. van, 1990. Epifytische korstmossen in de provincies Drenthe, Overijssel en Gelderland. Provincie Overijssel, hoofdgroep ROI, Zwolle.

Herk, C.M. van, 1998. Onderzoek naar de relatie tussen de ammoniakconcentratie en epifytische korstmossen. LON in opdracht van Stichting Vernieuwing Gelderse Vallei, provincie Friesland en provincie Noord-Brabant.

Herk, C.M. van, 1999. Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. Lichenologist 31: 9-20.

Herk, C.M. van, 2001. Bark pH and susceptibility to toxic air pollutants as independent causes of changes in epiphytic lichen composition in space and time. Lichenologist 33: 419-441.

Herk, C.M. van, 2002. Monitoring van epifytische korstmossen in de provincie Utrecht, 1979-2001. LON in opdracht van provincie Utrecht.

Herk, C.M. van, 2004. Korstmossen in Gelderland: milieuindicatie, natuurwaarde, veranderingen 1990-2002. LON in opdracht van provincie Gelderland.

Herk, C.M. van, 2007. Korstmossen in Zeeland: milieuindicatie, natuurwaarde, veranderingen 1997-2006. LON in opdracht van provincie Zeeland, directie Ruimte, Milieu en Water.

Herk, C.M. van, 2015. Monitoring van korstmossen in de provincie Overijssel, 1989 - 2015. LON in opdracht van provincie Overijssel.

Herk, C.M. van, 2017. Monitoring van korstmossen in de provincie Drenthe, 1991 - 2016. LON in opdracht van provincie Drenthe.

Herk, C.M. van, A. Aptroot & H.F. van Dobben, 2002. Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. Lichenologist 34(2): 141-154.

Herk, K. van, A. Aptroot & L. Sparrius, 2018. Veldgids korstmossen. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Knaap, W.O. van der, 1980. Onderzoek naar epifytische lichenen en mossen in de provincie Utrecht in 1979. Provinciale Waterstaat Utrecht, afdeling Ecologie. Rapport no. 29, Utrecht.

Knaap, W.O. van der, 1984. Onderzoek naar epifytische lichenen en mossen in de provincie Utrecht in 1984. Provinciale Waterstaat Utrecht, afdeling Ecologie. Rapport no. 66, Utrecht.

Nash III, T.H. (ed.), 1996. Lichen Biology. Cambridge University Press.

RIVM, 2016. Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden, nieuwsbrief 11.

Sparrius, L.B., 2003. Monitoring van ammoniak met korstmossen in Friesland 2003. BIO·DIV in opdracht van provincie Fryslân en ROM project zuidoost Friesland.

Sparrius, L.B., A. Aptroot & C.M. van Herk, 2015. Ecologische indicatiewaarden voor korstmossen en een vergelijking met mossen en vaatplanten. Buxbaumiella 104: 18-24.

Wirth, V., 2010. Ecological indicator values of lichens - enlarged and updated species list. Herzogia 23: 229-248.

Wit, T. de, 1976. Epiphitic Lichens and Air Pollution in The Netherlands. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Verhandeling 8, Leersum.

Bijlage 1. *Lijst van aangetroffen korstmossen in de 210 herhaalde meetpunten van 2018. Gegeven is het aantal waarnemingen per soort (n) met bijbehorende percentages (%). Ter vergelijking zijn ook de data van dezelfde meetpunten uit 2001 opgenomen.*

wetenschappelijke naam	n2001	n2018	%2001	%2018	Nederlandse naam
Alyxoria culmigena	0	34	0.0	16.2	Rivierschriftmos
Alyxoria varia	1	0	0.5	0.0	Kort schriftmos
Alyxoria viridipruinosa	3	71	1.4	33.8	Limoenschriftmos
Amandinea punctata	177	165	84.3	78.6	Vliegenstrontjesmos
Anisomeridium biforme	0	2	0.0	1.0	Stinzenkorst
Anisomeridium polypori	2	7	1.0	3.3	Schoorsteentje
Arthonia atra	1	7	0.5	3.3	Zwart schriftmos
Arthonia didyma	0	5	0.0	2.4	Beukenvlekje
Arthonia radiata	9	43	4.3	20.5	Amoebekorst
Arthonia spadicea	8	41	3.8	19.5	Inktspatkorst
Athallia holocarpa	2	3	1.0	1.4	Muurzonnetje
Bacidina adastra + B. sulphurella	155	99	73.8	47.1	Fijne knoopjeskorst
Bacidina neosquamulosa	27	10	12.9	4.8	Nieuwe knoopjeskorst
Bacidina phacodes	0	1	0.0	0.5	Rechte knoopjeskorst
Buellia griseovirens	38	41	18.1	19.5	Grijsgroene stofkorst
Calicium viride	2	7	1.0	3.3	Groen boomspijkertje
Caloplaca chlorina	1	2	0.5	1.0	Grijze citroenkorst
Caloplaca obscurella	2	32	1.0	15.2	Gewone kraterkorst
Caloplaca ulcerosa	0	1	0.0	0.5	Iepenkraterkorst
Candelaria concolor	73	153	34.8	72.9	Vals dooiermos
Candelariella aurella	2	2	1.0	1.0	Kleine geelkorst
Candelariella reflexa	158	143	75.2	68.1	Poedergeelkorst
Candelariella vitellina	82	91	39.0	43.3	Grove geelkorst
Candelariella xanthostigma	35	88	16.7	41.9	Fijne geelkorst
Catillaria nigroclavata/fungoides	0	81	0.0	38.6	Boomrookkorst
Chaenotheca brachypoda	3	0	1.4	0.0	Groen schorssteeltje
Chaenotheca chlorella	2	0	1.0	0.0	Klein schorssteeltje
Chaenotheca chrysocephala	2	1	1.0	0.5	Geel schorssteeltje
Chaenotheca ferruginea	32	24	15.2	11.4	Roestbruin schorssteeltje
Chaenotheca furfuracea	0	1	0.0	0.5	Lichtend schorssteeltje
Chaenotheca stemonea	3	3	1.4	1.4	Stoffig schorssteeltje
Chaenotheca trichialis	7	8	3.3	3.8	Grijs schorssteeltje
Chrysothrix candelaris	0	3	0.0	1.4	Gele poederkorst
Cladonia caespiticia	2	4	1.0	1.9	Greppelblaadje
Cladonia chlorophaea	37	32	17.6	15.2	Fijn bekermos
Cladonia coniocraea	20	21	9.5	10.0	Smal bekermos
Cladonia digitata	2	4	1.0	1.9	Vertakt bekermos
Cladonia fimbriata	20	38	9.5	18.1	Kopjes-bekermos
Cladonia floerkeana	1	0	0.5	0.0	Rode heidelucifer
Cladonia glauca	9	2	4.3	1.0	Bruin heidestaartje
Cladonia incrassata	2	4	1.0	1.9	Turflucifer

wetenschappelijke naam	n2001	n2018	%2001	%2018	Nederlandse naam
Cladonia macilenta	21	15	10.0	7.1	Dove heidelucifer
Cladonia polydactyla	2	1	1.0	0.5	Sterheidestaartje
Cladonia portentosa	1	0	0.5	0.0	Open rendiermos
Cladonia ramulosa	2	1	1.0	0.5	Rafelig bekermos
Cliostomum griffithii	11	10	5.2	4.8	Gespikkelde witkorst
Coenogonium pineti	34	47	16.2	22.4	Valse knoopjeskorst
Dendrographa decolorans	13	22	6.2	10.5	Purperkring
Diploicia canescens	43	83	20.5	39.5	Kauwgommos
Enterographa crassa	1	2	0.5	1.0	Grauwe runenkorst
Evernia prunastri	74	40	35.2	19.0	Eikenmos
Fellhanera bouteillei	3	1	1.4	0.5	Twijgdruppelkorst
Fellhanera subtilis	2	0	1.0	0.0	Schaduwdruppelkorst
Fellhanera viridisorediata	18	12	8.6	5.7	Gewone druppelkorst
Flavoparmelia caperata	50	58	23.8	27.6	Bosschildmos
Flavoparmelia soredians	39	53	18.6	25.2	Groen boomschildmos
Flavoplaca citrina	13	27	6.2	12.9	Gewone citroenkorst
Flavoplaca flavocitrina	1	14	0.5	6.7	Valse citroenkorst
Flavoplaca ruderum	0	1	0.0	0.5	Kerkcitroenkorst
Graphis scripta	1	2	0.5	1.0	Gewoon schriftmos
Haematomma ochroleucum	7	9	3.3	4.3	Witgerande stofkorst
Halecania viridescens	6	7	2.9	3.3	Porceleinkorst
Hyperphyscia adglutinata	49	173	23.3	82.4	Dun schaduwmos
Hypocenomyce scalaris	31	16	14.8	7.6	Gewoon schubjesmos
Hypogymnia physodes	52	21	24.8	10.0	Gewoon schorsmos
Hypogymnia tubulosa	23	6	11.0	2.9	Witkopschorsmos
Hypotrachyna revoluta s.l.	57	71	27.1	33.8	(Grof)gebogen schildmos
Imshaugia aleurites	2	0	1.0	0.0	Dennenmos
Jamesiella anastomosans	30	14	14.3	6.7	Aspergekorst
Lecania cyrtella	2	15	1.0	7.1	Boomglimschoteltje
Lecania erysibe	0	1	0.0	0.5	Stofglimschoteltje
Lecania naegelii	0	19	0.0	9.0	Rookglimschoteltje
Lecania rabenhorstii	1	0	0.5	0.0	Steenglimschoteltje
Lecania subfuscula	1	0	0.5	0.0	Miskend glimschoteltje
Lecanora aitema	3	1	1.4	0.5	Dennenschotelkorst
Lecanora argentata	1	1	0.5	0.5	Bosschotelkorst
Lecanora barkmaniana	38	130	18.1	61.9	Ammoniakschotelkorst
Lecanora campestris	0	1	0.0	0.5	Kastanjebruine schotelkorst
Lecanora carpinea	34	59	16.2	28.1	Melige schotelkorst
Lecanora chlarotera	104	153	49.5	72.9	Witte schotelkorst
Lecanora compallens	42	100	20.0	47.6	Miskende schotelkorst
Lecanora confusa	2	1	1.0	0.5	Twijgschotelkorst
Lecanora conizaeoides	45	10	21.4	4.8	Groene schotelkorst
Lecanora dispersa	64	63	30.5	30.0	Verborgen schotelkorst
Lecanora expallens	187	173	89.0	82.4	Bleekgroene schotelkorst
Lecanora hagenii	89	43	42.4	20.5	Kleine schotelkorst
Lecanora horiza	5	18	2.4	8.6	Donkere schotelkorst

wetenschappelijke naam	n2001	n2018	%2001	%2018	Nederlandse naam
Lecanora muralis	0	3	0.0	1.4	Muurschotelkorst
Lecanora pulicaris	9	6	4.3	2.9	Eikenschotelkorst
Lecanora saligna	4	4	1.9	1.9	Houtschotelkorst
Lecanora sinuosa	1	4	0.5	1.9	Bochtige schotelkorst
Lecanora subcarpinea	2	2	1.0	1.0	Berijpte schotelkorst
Lecanora symmicta	29	19	13.8	9.0	Bolle schotelkorst
Lecidella elaeochroma	122	161	58.1	76.7	Gewoon purperschaaltje
Lecidella flavosorediata	20	34	9.5	16.2	Fijne mosterdkorst
Lecidella scabra	31	63	14.8	30.0	Grijsgroene steenkorst
Lecidella stigmatea	0	7	0.0	3.3	Steenpurperschaaltje
Lepraria finkii	10	45	4.8	21.4	Gelobde poederkorst
Lepraria incana	118	126	56.2	60.0	Gewone poederkorst
Lepraria rigidula	0	8	0.0	3.8	Grove poederkorst
Lepraria umbricola	2	5	1.0	2.4	Boomvoetpoederkorst
Lepraria vouauxii	1	4	0.5	1.9	Bleke poederkorst
Melanelixia glabratula	6	9	2.9	4.3	Glanzend schildmos
Melanelixia subaurifera	122	105	58.1	50.0	Verstop-schildmos
Melanohalea elegantula	8	18	3.8	8.6	Sierlijk schildmos
Melanohalea exasperatula	7	16	3.3	7.6	Lepelschildmos
Melanohalea laciniatula	2	6	1.0	2.9	Lobjesschildmos
Micarea denigrata	1	0	0.5	0.0	Vulkaanoogje
Micarea micrococca	33	33	15.7	15.7	Bosoogje
Micarea nitschkeana	4	1	1.9	0.5	Takkenoogje
Micarea peliocarpa	5	4	2.4	1.9	Boomoogje
Micarea prasina	1	5	0.5	2.4	Houtoogje
Micarea viridileprosa	0	30	0.0	14.3	Groenoogje
Normandina pulchella	0	22	0.0	10.5	Hamsteroortje
Ochrolechia androgyna	8	2	3.8	1.0	Gewone tandpastakorst
Ochrolechia microstictoides	2	0	1.0	0.0	Bostandpastakorst
Ochrolechia turneri	2	1	1.0	0.5	Valse kringkorst
Opegrapha niveoatra	5	47	2.4	22.4	Klein schriftmos
Opegrapha vermicellifera	2	3	1.0	1.4	Gestippeld schriftmos
Opegrapha vulgata	2	4	1.0	1.9	Wit schriftmos
Pachnolepia pruinata	1	2	0.5	1.0	Aspirinekorst
Parmelia saxatilis	20	9	9.5	4.3	Blauwgrijs steenschildmos
Parmelia sulcata	163	140	77.6	66.7	Gewoon schildmos
Parmelina pastillifera	1	0	0.5	0.0	Knopjesschildmos
Parmelina tiliacea	0	1	0.0	0.5	Lindeschildmos
Parmeliopsis ambigua	8	6	3.8	2.9	Avocadomos
Parmotrema perlatum	47	62	22.4	29.5	Groot schildmos
Parmotrema pseudoreticulatum	0	2	0.0	1.0	Gewimperd schildmos
Parmotrema reticulatum	0	1	0.0	0.5	Netschildmos
Pertusaria albescens	3	2	1.4	1.0	Witte kringkorst
Pertusaria amara	11	9	5.2	4.3	Ananaskorst
Pertusaria coccodes	11	9	5.2	4.3	Bleek speldenkussentje
Pertusaria hymenea	0	1	0.0	0.5	Open speldenkussentje

wetenschappelijke naam	n2001	n2018	%2001	%2018	Nederlandse naam
Pertusaria leioplaca	1	1	0.5	0.5	Glad speldenkussentje
Pertusaria pertusa	7	6	3.3	2.9	Gewoon speldenkussentje
Phaeophyscia endophoenicea	0	3	0.0	1.5	Lipschaduwmos
Phaeophyscia nigricans	3	1	1.4	0.5	Klein schaduwmos
Phaeophyscia orbicularis	123	115	58.6	54.8	Rond schaduwmos
Phlyctis argena	18	27	8.6	12.9	Lichtvlekje
Physcia adscendens	167	166	79.5	79.0	Kapjesvingermos
Physcia caesia	97	64	46.2	30.5	Stoeprandvingermos
Physcia clementei	1	7	0.5	3.3	Isidieus vingermos
Physcia dubia	43	15	20.5	7.1	Bleek vingermos
Physcia stellaris	2	0	1.0	0.0	Groot vingermos
Physcia tenella	181	129	86.2	61.4	Heksenvingermos
Physcia tribacia	1	0	0.5	0.0	Lobjesvingermos
Physcia tribacioides	1	3	0.5	1.4	Witkopvingermos
Physconia distorta	1	2	0.5	1.0	Fors rijpmos
Physconia enteroxantha	4	6	1.9	2.9	Donker rijpmos
Physconia grisea	67	110	31.9	52.4	Grauw rijpmos
Physconia perisidiosa	0	2	0.0	1.0	Duinrijpmos
Placynthiella dasaea	0	2	0.0	1.0	Okerbruine veenkorst
Placynthiella icmalea	15	6	7.1	2.9	Bruine veenkorst
Platismatia glauca	15	0	7.1	0.0	Groot boerenkoolmos
Pleurosticta acetabulum	18	15	8.6	7.1	Olijf-schildmos
Polycauliona candelaria	142	17	67.6	8.1	Kroezig dooiermos
Polycauliona polycarpa	152	38	72.4	18.1	Klein dooiermos
Porina aenea	1	2	0.5	1.0	Schors-olievlekje
Protoparmelia hypotremella	14	8	6.7	3.8	Grijze spijkerdrager
Protoparmelia oleagina	3	0	1.4	0.0	Bruine spijkerdrager
Pseudevernia furfuracea	7	3	3.3	1.4	Purper geweimos
Pseudoschismatomma rufescens	0	130	0.0	61.9	Verzonken schriftmos
Psoroglaena stigonemoides	0	1	0.0	0.5	Charamos
Punctelia borreri	22	65	10.5	31.0	Witstippelschildmos
Punctelia jeckeri	69	76	32.9	36.2	Rijpschildmos
Punctelia subrudecta	92	119	43.8	56.7	Gestippeld schildmos
Punctelia subrudecta + P. jeckeri	111	122	52.9	58.1	Gestippeld/Rijpschildmos
Pyrenula nitida	1	1	0.5	0.5	Beukenknikker
Pyrrhospora quernea	28	34	13.3	16.2	Grove mosterdkorst
Ramalina canariensis	1	1	0.5	0.5	Breed takmos
Ramalina farinacea	93	81	44.3	38.6	Melig takmos
Ramalina fastigiata	30	30	14.3	14.3	Trompettakmos
Ramalina fraxinea	1	0	0.5	0.0	Groot takmos
Ramalina lacera	1	0	0.5	0.0	Waaiertakmos
Rinodina efflorescens	0	1	0.0	0.5	Bleke peperkorst
Rinodina oleae	14	15	6.7	7.1	Donkerbruine schotelkorst
Rinodina pityrea	12	11	5.7	5.2	Blauwe mosterdkorst
Scoliciosporum gallurae	2	0	1.0	0.0	Groene spiraalkorst
Scoliciosporum pruinosum	0	1	0.0	0.5	Berijpte spiraalkorst

wetenschappelijke naam	n2001	n2018	%2001	%2018	Nederlandse naam
Sphinctrina anglica	1	1	0.5	0.5	-
Strangospora pinicola	6	2	2.9	1.0	Gewoon muggenstrontjesmos
Strigula jamesii	0	1	0.0	0.5	Boomspikkel
Trapeliopsis flexuosa	1	0	0.5	0.0	Blauwe veenkorst
Trapeliopsis granulosa	14	8	6.7	3.8	Lichte veenkorst
Trapeliopsis pseudogranulosa	3	6	1.4	2.9	Groene veenkorst
Tuckermanopsis chlorophylla	1	0	0.5	0.0	Bruin boerenkoolmos
Usnea spec.	6	0	2.9	0.0	Baardmos
Verrucaria ochrostoma	0	1	0.0	0.5	Bleke stippelkorst
Violella fucata	5	2	2.4	1.0	Trilzwamkorst
Xanthomendoza ulophyllodes	0	1	0.0	0.5	Ulevellenmos
Xanthoparmelia verruculifera	1	1	0.5	0.5	Wrattig schildmos
Xanthoria calcicola	6	41	2.9	19.5	Oranje dooiermos
Xanthoria parietina	169	183	80.5	87.1	Groot dooiermos

Bijlage 2. *Lijst van aangetroffen mossen in de 210 herhaalde meetpunten van 2018. Gegeven is het aantal waarnemingen per soort (n) met bijbehorende percentages (%). Ter vergelijking zijn ook de data van dezelfde meetpunten uit 2001 opgenomen.*

wetenschappelijke naam	n2001	n2018	%2001	%2018	Nederlandse naam
Amblystegium serpens	3	14	1.4	6.7	Gewoon pluisdraadmos
Aulacomnium androgynum	14	4	6.7	1.9	Gewoon knopjesmos
Brachythecium rutabulum	89	87	42.4	41.4	Gewoon dikkopmos
Bryum argenteum	13	9	6.2	4.3	Zilvermos
Bryum bicolor agg.	6	0	2.9	0.0	Knikmos
Bryum capillare	18	54	8.6	25.7	Gedraaid knikmos
Campylopus flexuosus	30	18	14.3	8.6	Boskronkelsteeltje
Campylopus introflexus	4	10	1.9	4.8	Grijs kronkelsteeltje
Campylopus pyriformis	1	0	0.5	0.0	Breekblaadje
Cephaloziella divaricata	1	1	0.5	0.5	Gewoon draadmos
Ceratodon purpureus	42	28	20.0	13.3	Gewoon purpersteeltje
Cryphaea heteromalla	1	2	0.5	1.0	Vliermos
Dialytrichia mucronata	1	2	0.5	1.0	Riviermos
Dicranella heteromalla	2	1	1.0	0.5	Gewoon pluisjesmos
Dicranoweisia cirrata	124	90	59.0	42.9	Gewoon sikkelsterretje
Dicranum montanum	17	17	8.1	8.1	Bossig gaffeltandmos
Dicranum scoparium	28	19	13.3	9.0	Gewoon gaffeltandmos
Dicranum tauricum	4	2	1.9	1.0	Bros gaffeltandmos
Frullania dilatata	8	17	3.8	8.1	Helmroestmos
Grimmia pulvinata	33	58	15.7	27.6	Gewoon muisjesmos
Homalothecium sericeum	1	0	0.5	0.0	Gewoon zijdemos
Hypnum cupressiforme	155	166	73.8	79.0	Gesnaveld klauwtjesmos
Hypnum jutlandicum	2	4	1.0	1.9	Heideklauwtjesmos
Isothecium myosuroides	0	2	0.0	1.0	Knikkend palmpjesmos
Kindbergia praelonga	69	48	32.9	22.9	Fijn laddermos

wetenschappelijke naam	n2001	n2018	%2001	%2018	Nederlandse naam
Lepidozia reptans	6	3	2.9	1.4	Neptunusmos
Leskea polycarpa	2	2	1.0	1.0	Uiterwaardmos
Leucobryum glaucum	3	0	1.4	0.0	Kussentjesmos
Lophocolea heterophylla	39	14	18.6	6.7	Gedrongen kantmos
Metzgeria furcata	1	7	0.5	3.3	Bleek boomvorkje
Mnium hornum	15	13	7.1	6.2	Gewoon sterrenmos
Orthodontium lineare	29	22	13.8	10.5	Geelsteeltje
Orthotrichum affine	78	105	37.1	50.0	Gewone haarmuts
Orthotrichum diaphanum	63	40	30.0	19.0	Grijze haarmuts
Orthotrichum lyellii	1	22	0.5	10.5	Broedhaarmuts
Orthotrichum tenellum	0	2	0.0	1.0	Slanke haarmuts
Plagiomnium affine	2	1	1.0	0.5	Rond boogsterrenmos
Plagiothecium laetum	9	4	4.3	1.9	Krom platmos
Plagiothecium nemorale	1	0	0.5	0.0	Groot platmos
Pohlia nutans	2	0	1.0	0.0	Gewoon peermos
Polytrichum formosum	3	8	1.4	3.8	Fraai haarmos
Pseudoscleropodium purum	4	0	1.9	0.0	Groot laddermos
Pseudotaxiphyllum elegans	4	1	1.9	0.5	Gewoon pronkmos
Radula complanata	0	2	0.0	1.0	Gewoon schijfjesmos
Rhynchostegium confertum	25	29	11.9	13.8	Boomsnavelmos
Rhynchostegium murale	1	1	0.5	0.5	Muursnavelmos
Rhytidiadelphus squarrosus	1	0	0.5	0.0	Gewoon haakmos
Schistidium platyphyllum	1	0	0.5	0.0	Kribbenachterlichtmos
Syntrichia laevipila	1	4	0.5	1.9	Boomsterretje
Syntrichia latifolia	1	2	0.5	1.0	Riviersterretje
Syntrichia papillosa	4	30	1.9	14.3	Knikkersterretje
Tetraphis pellucida	6	2	2.9	1.0	Viertandmos
Tortula muralis	0	3	0.0	1.4	Gewoon muursterretje
Ulota bruchii	10	14	4.8	6.7	Knotskroesmos
Ulota crispa	3	12	1.4	5.7	Trompetkroesmos
Ulota phyllantha	0	1	0.0	0.5	Broedkroesmos
Ulota spec.	10	1	4.8	0.5	Kroesmos

Bijlage 3. *Trends van alle aangetroffen soorten korstmossen over de gehele meetperiode van 1979 tot 2018. De getallen betreffen percentages meetpunten waarin de soorten aanwezig zijn. Bepalend voor de trends zijn de jaar-op-jaar veranderingen, zoals deze met monitoring zijn vastgesteld. Alles is stapsgewijs uit de percentages van 1995 afgeleid.*

wetenschappelijke naam	1979	1984	1989	1995	2001	2018	Nederlandse naam
Alyxoria culmigena	0.0	0.0	0.0	0.8	1.0	17.2	Rivierschriftmos
Alyxoria varia	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	Kort schriftmos
Alyxoria viridipruinosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	33.3	Limoenschriftmos
Amandinea punctata	62.3	68.1	71.4	79.2	81.4	75.9	Vliegenstrontjesmos
Anisomeridium biforme	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	Stinzenkorst
Anisomeridium polypori	0.0	0.6	0.2	5.7	6.3	8.7	Schoorsteentje
Arthonia atra	0.5	1.6	1.8	3.0	3.0	5.9	Zwart schriftmos
Arthonia didyma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	Beukenvlekje
Arthonia radiata	0.9	1.4	1.8	2.0	4.7	22.5	Amoebekorst
Arthonia spadicea	0.7	0.7	0.9	4.7	6.7	22.4	Inktspatkorst
Athallia holocarpa	0.0	0.0	0.0	0.9	0.5	0.8	Muurzonnetje
Bacidina adastra/sulphurella	0.0	3.9	12.2	53.8	78.6	50.2	Fijne knoopjeskorst
Bacidina chloroticula	0.0	0.0	0.2	0.5	0.5	0.0	Gladde knoopjeskorst
Bacidina delicata	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	Soredieuze knoopjeskorst
Bacidina neosquamulosa	0.0	0.0	0.0	0.2	10.2	3.8	Nieuwe knoopjeskorst
Bacidina phacodes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	Rechte knoopjeskorst
Bryostigma muscigena	0.0	0.4	0.2	0.2	0.2	0.0	Knotwilgkorst
Buellia griseovirens	1.4	5.1	5.3	9.9	14.1	15.2	Grijsgroene stofkorst
Calicium viride	1.8	2.1	1.0	0.6	1.0	3.4	Groen boomspijkertje
Calogaya decipiens	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	Stoffige citroenkorst
Caloplaca chlorina	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	Grijze citroenkorst
Caloplaca obscurella	0.0	0.4	1.1	2.2	3.1	17.4	Gewone kraterkorst
Caloplaca ulcerosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	Iepenkraterkorst
Candelaria concolor	1.1	1.1	1.1	7.4	32.1	67.3	Vals dooiermos
Candelariella aurella	0.0	0.6	0.3	3.4	2.5	2.5	Kleine geelkorst
Candelariella reflexa	4.1	3.9	4.8	37.2	61.9	56.0	Poedergeelkorst
Candelariella vitellina	2.3	6.7	9.3	20.2	28.6	31.7	Grove geelkorst
Candelariella xanthostigma	1.1	3.5	1.6	5.3	13.1	32.9	Fijne geelkorst
Catillaria nigroclavata/fungoides	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	39.3	Boomrookkorst
Chaenotheca brachypoda	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	Groen schorssteeltje
Chaenotheca chlorella	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	0.0	Klein schorssteeltje
Chaenotheca chrysocephala	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.1	Geel schorssteeltje
Chaenotheca ferruginea	4.3	5.1	4.6	9.2	10.5	7.9	Roestbruin schorssteeltje
Chaenotheca furfuracea	0.0	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5	Lichtend schorssteeltje
Chaenotheca stemonea	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.7	Stoffig schorssteeltje
Chaenotheca trichialis	0.4	0.3	0.2	2.4	3.7	4.2	Grijs schorssteeltje
Chrysothrix candelaris	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	1.0	Gele poederkorst
Cladonia caespiticia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.4	Greppelblaadje
Cladonia chlorophaea	7.1	2.6	2.4	11.1	15.1	13.1	Fijn bekermos
Cladonia coccifera	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.0	Rood bekermos
Cladonia coniocraea	15.2	17.5	18.2	15.5	8.0	8.4	Smal bekermos

wetenschappelijke naam	1979	1984	1989	1995	2001	2018	Nederlandse naam
Cladonia digitata	1.1	0.6	0.4	0.2	0.4	0.8	Vertakt bekermos
Cladonia fimbriata	4.0	4.6	4.8	8.4	15.6	29.7	Kopjes-bekermos
Cladonia floerkeana	0.0	0.0	0.0	0.9	0.7	0.0	Rode heidelucifer
Cladonia glauca	0.5	1.1	3.5	3.1	3.1	0.7	Bruin heidestaartje
Cladonia grayi	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	Bruin bekermos
Cladonia humilis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Frietzak-bekermos
Cladonia incrassata	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	1.8	Turflucifer
Cladonia macilenta	1.5	0.2	0.3	2.4	6.8	4.9	Dove heidelucifer
Cladonia polydactyla	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	Sterheidestaartje
Cladonia portentosa	0.0	0.3	0.1	0.3	0.1	0.0	Open rendiermos
Cladonia ramulosa	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0	0.5	Rafelig bekermos
Cladonia squamosa	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Doornig heidestaartje
Cliostomum griffithii	2.8	3.9	4.5	9.0	9.2	8.4	Gespikkelde witkorst
Coenogonium pineti	0.5	2.0	3.0	16.3	19.4	26.8	Valse knoopjeskorst
Dendrographa decolorans	1.2	2.6	2.6	3.2	4.1	6.9	Purperkring
Diploicia canescens	7.2	9.1	8.3	14.1	23.7	45.7	Kauwgommos
Enterographa crassa	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	Grauwe runenkorst
Evernia prunastri	41.8	40.2	28.4	28.9	24.7	13.4	Eikenmos
Fellhanera bouteillei	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	0.3	Twijgdruppelkorst
Fellhanera subtilis	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	0.0	Schaduwdruppelkorst
Fellhanera viridisorediata	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	4.9	Gewone druppelkorst
Flavoparmelia caperata	1.1	4.3	5.7	13.4	20.3	23.5	Bosschildmos
Flavoparmelia soredians	0.0	0.0	0.0	7.8	15.4	20.9	Groen boomschildmos
Flavoplaca citrina	1.5	2.4	1.7	6.3	9.4	19.5	Gewone citroenkorst
Flavoplaca flavocitrina	0.0	0.0	0.0	2.2	2.9	9.1	Valse citroenkorst
Flavoplaca ruderum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	Kerkcitroenkorst
Graphis elegans	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	Sierlijk schriftmos
Graphis scripta	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	Gewoon schriftmos
Haematomma ochroleucum	0.8	3.2	1.8	1.3	1.3	1.7	Witgerande stofkorst
Halecania viridescens	0.0	0.0	0.0	0.3	2.5	2.9	Porceleinkorst
Hyperphyscia adglutinata	0.0	0.6	0.6	3.7	22.6	79.8	Dun schaduwmos
Hypocenomyce scalaris	5.4	6.4	5.7	10.2	11.3	5.8	Gewoon schubjesmos
Hypogymnia physodes	43.3	37.5	33.2	22.5	16.5	6.7	Gewoon schorsmos
Hypogymnia tubulosa	7.9	4.5	2.9	8.0	6.9	1.8	Witkopschorsmos
Hypotrachyna revoluta s.l.	5.3	6.8	4.2	11.2	20.8	25.9	(Grof)gebogen schildmos
Imshaugia aleurites	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.0	Dennenmos
Jamesiella anastomosans	0.5	0.9	1.1	7.6	12.5	5.8	Aspergekorst
Lecania cyrtella	0.2	0.3	0.6	1.6	1.4	7.6	Boomglimschoteltje
Lecania erysibe	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	Stofglimschoteltje
Lecania naegelii	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	9.1	Rookglimschoteltje
Lecania rabenhorstii	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	Steenglimschoteltje
Lecania subfuscula	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	Miskend glimschoteltje
Lecanora aitema	3.3	2.5	2.4	1.2	0.8	0.3	Dennenschotelkorst
Lecanora argentata	0.3	0.3	0.4	0.2	0.1	0.1	Bosschotelkorst
Lecanora barkmaniana	0.0	0.0	0.0	1.5	17.5	59.9	Ammoniakschotelkorst
Lecanora campestris	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	Kastanjebruine schotelkorst

wetenschappelijke naam	1979	1984	1989	1995	2001	2018	Nederlandse naam
Lecanora carpinea	3.1	4.7	4.2	9.1	14.4	25.0	Melige schotelkorst
Lecanora chlarotera	19.2	23.4	24.4	37.5	43.9	64.6	Witte schotelkorst
Lecanora compallens	0.0	0.0	0.0	3.0	19.1	45.5	Miskende schotelkorst
Lecanora confusa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.4	Twijgschotelkorst
Lecanora conizaeoides	80.7	88.8	91.3	35.3	12.4	2.8	Groene schotelkorst
Lecanora dispersa	9.5	9.8	11.2	23.5	29.5	29.0	Verborgen schotelkorst
Lecanora expallens	56.8	58.5	64.0	81.6	85.8	79.4	Bleekgroene schotelkorst
Lecanora hagenii	0.2	0.2	0.8	24.8	37.2	18.0	Kleine schotelkorst
Lecanora horiza	0.0	0.1	0.1	0.3	2.7	8.9	Donkere schotelkorst
Lecanora muralis	0.2	0.5	0.0	1.2	1.4	2.8	Muurschotelkorst
Lecanora pulicaris	0.8	0.5	0.5	3.0	2.6	1.7	Eikenschotelkorst
Lecanora saligna	0.0	0.0	0.2	2.3	1.2	1.2	Houtschotelkorst
Lecanora sinuosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.0	Bochtige schotelkorst
Lecanora subcarpinea	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	Berijpte schotelkorst
Lecanora symmicta	1.2	2.8	2.9	8.2	7.3	4.8	Bolle schotelkorst
Lecidella elaeochroma	18.9	19.8	22.1	42.7	54.7	72.2	Gewoon purperschaaltje
Lecidella flavosorediata	0.0	0.0	0.0	4.2	7.3	12.4	Fijne mosterdkorst
Lecidella scabra	0.0	0.0	0.0	1.1	12.7	25.8	Grijsgroene steenkorst
Lecidella stigmatea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	3.7	Steenpurperschaaltje
Lepraria finkii	0.0	0.0	0.3	0.9	4.2	18.9	Gelobde poederkorst
Lepraria incana	55.8	64.0	68.1	61.9	64.3	68.7	Gewone poederkorst
Lepraria rigidula	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	Grove poederkorst
Lepraria umbricola	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	Boomvoetpoederkorst
Lepraria vouauxii	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	Bleke poederkorst
Melanelixia glabratula	0.3	1.2	1.4	2.7	4.0	5.4	Glanzend schildmos
Melanelixia subaurifera	23.2	27.1	19.7	43.0	47.2	40.6	Verstop-schildmos
Melanohalea elegantula	0.5	0.5	0.5	1.0	2.8	6.3	Sierlijk schildmos
Melanohalea exasperatula	1.4	5.0	4.4	2.2	3.1	7.1	Lepelschildmos
Melanohalea laciniatula	0.4	0.4	0.2	0.4	1.7	3.6	Lobjesschildmos
Micarea denigrata	0.0	0.0	0.0	1.0	0.8	0.0	Vulkaanoogje
Micarea micrococca	0.0	0.0	1.1	2.6	10.7	10.7	Bosoogje
Micarea nitschkeana	0.0	0.2	0.2	2.0	1.6	0.4	Takkenoogje
Micarea peliocarpa	0.0	0.1	0.0	0.8	1.5	1.2	Boomoogje
Micarea prasina	0.8	1.1	1.6	4.8	5.0	6.9	Houtoogje
Micarea viridileprosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	14.5	Groenoogje
Normandina pulchella	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	Hamsteroortje
Ochrolechia androgyna	0.0	0.0	0.0	1.1	1.5	0.4	Gewone tandpastakorst
Ochrolechia microstictoides	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	Bostandpastakorst
Ochrolechia turneri	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.3	Valse kringkorst
Opegrapha niveoatra	0.4	0.2	0.2	5.0	6.6	26.6	Klein schriftmos
Opegrapha vermicellifera	1.0	1.9	1.9	3.4	3.4	3.9	Gestippeld schriftmos
Opegrapha vulgata	0.9	0.9	0.9	3.4	3.6	4.6	Wit schriftmos
Pachnolepia pruinata	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.4	Aspirinekorst
Parmelia saxatilis	5.3	4.0	2.6	4.9	4.9	2.2	Blauwgrijs steenschildmos
Parmelia sulcata	45.0	49.9	47.3	61.3	64.9	55.7	Gewoon schildmos
Parmelina pastillifera	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Knopjesschildmos

wetenschappelijke naam	1979	1984	1989	1995	2001	2018	Nederlandse naam
Parmelina tiliacea	0.0	0.3	0.1	0.4	0.3	0.4	Lindeschildmos
Parmeliopsis ambigua	0.8	2.5	1.5	2.7	1.8	1.4	Avocadomos
Parmotrema perlatum	0.0	0.1	0.0	7.5	19.3	25.5	Groot schildmos
Parmotrema pseudoreticulatum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	Gewimperd schildmos
Parmotrema reticulatum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	Netschildmos
Pertusaria albescens	2.0	0.4	0.4	1.3	1.1	0.7	Witte kringkorst
Pertusaria amara	2.0	2.9	2.0	3.4	2.6	2.1	Ananaskorst
Pertusaria coccodes	0.8	1.5	1.3	3.0	3.7	3.0	Bleek speldenkussentje
Pertusaria hymenea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	Open speldenkussentje
Pertusaria leioplaca	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	Glad speldenkussentje
Pertusaria pertusa	0.7	1.3	1.0	1.4	1.6	1.4	Gewoon speldenkussentje
Phaeophyscia endophoenicea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	Lipschaduwmos
Phaeophyscia nigricans	0.0	1.2	0.3	3.1	1.2	0.4	Klein schaduwmos
Phaeophyscia orbicularis	4.2	13.7	16.2	43.1	53.1	49.6	Rond schaduwmos
Phlyctis argena	1.8	4.5	5.1	6.7	6.9	10.4	Lichtvlekje
Physcia adscendens	5.4	10.0	17.8	56.8	73.7	73.3	Kapjesvingermos
Physcia aipolia	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	Gemarmerd vingermos
Physcia caesia	6.5	16.8	13.8	32.3	33.0	21.8	Stoeprandvingermos
Physcia clementei	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	3.8	Isidieus vingermos
Physcia dubia	2.0	7.1	9.1	14.9	16.7	5.8	Bleek vingermos
Physcia leptalea	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	Stekelig vingermos
Physcia stellaris	0.3	0.3	0.0	0.8	0.6	0.0	Groot vingermos
Physcia tenella	44.8	51.7	55.9	72.6	73.3	52.2	Heksenvingermos
Physcia tribacia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Lobjesvingermos
Physcia tribacioides	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	Witkopvingermos
Physconia distorta	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.8	Fors rijpmos
Physconia enteroxantha	0.1	0.1	0.2	0.8	1.2	1.8	Donker rijpmos
Physconia grisea	3.3	7.6	8.2	15.6	27.4	45.0	Grauw rijpmos
Physconia perisidiosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Duinrijpmos
Placynthiella dasaea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	Okerbruine veenkorst
Placynthiella icmalea	0.3	0.1	2.1	13.9	6.6	2.6	Bruine veenkorst
Platismatia glauca	8.8	6.8	5.0	3.5	1.7	0.0	Groot boerenkoolmos
Pleurosticta acetabulum	9.6	8.6	6.6	6.0	5.8	4.8	Olijf-schildmos
Polycauliona candelaria	22.0	31.0	34.6	51.2	53.4	6.4	Kroezig dooiermos
Polycauliona polycarpa	19.0	21.6	23.6	55.8	54.5	13.6	Klein dooiermos
Porina aenea	1.5	0.8	1.5	3.5	3.5	4.0	Schors-olievlekje
Protoparmelia hypotremella	0.4	0.5	0.8	2.7	3.6	2.1	Grijze spijkerdrager
Protoparmelia oleagina	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	0.0	Bruine spijkerdrager
Pseudevernia furfuracea	1.8	2.3	1.5	2.7	1.1	0.5	Purper geweimos
Pseudoschismatomma rufescens	0.0	0.2	0.2	1.5	1.5	63.4	Verzonken schriftmos
Psilolechia lucida	0.0	0.1	0.0	0.2	0.2	0.0	UV-mos
Psoroglaena stigonemoides	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Charamos
Punctelia borreri	0.0	0.0	0.0	4.0	10.0	29.5	Witstippelschildmos
Punctelia jeckeri	9.0	11.0	11.3	19.5	26.8	29.5	Rijpschildmos
Punctelia subrudecta	13.5	17.8	17.0	29.3	40.4	52.3	Gestippeld schildmos
Pyrenula nitida	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Beukenknikker

wetenschappelijke naam	1979	1984	1989	1995	2001	2018	Nederlandse naam
Pyrrhospora quernea	0.3	0.3	1.3	5.7	8.4	10.2	Grove mosterdkorst
Ramalina canariensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	Breed takmos
Ramalina farinacea	19.5	22.0	14.5	29.3	37.3	32.5	Melig takmos
Ramalina fastigiata	3.0	3.7	2.0	5.2	8.5	8.5	Trompettakmos
Ramalina fraxinea	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	Groot takmos
Ramalina lacera	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	Waaiertakmos
Rinodina efflorescens	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Bleke peperkorst
Rinodina oleae	0.8	0.8	0.5	6.2	8.2	8.8	Donkerbruine schotelkorst
Rinodina pityrea	0.0	0.0	0.3	3.5	7.1	6.5	Blauwe mosterdkorst
Scoliciosporum gallurae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	Groene spiraalkorst
Scoliciosporum pruinosum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Berijpte spiraalkorst
Sphinctrina anglica	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	-
Stereocaulon vesuvianum	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	Grof korrelloof
Strangospora pinicola	0.0	0.0	0.3	1.5	2.8	0.9	Gew. muggenstrontjesmos
Strigula jamesii	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	Boomspikkel
Trapeliopsis flexuosa	0.0	0.2	2.0	1.6	0.4	0.0	Blauwe veenkorst
Trapeliopsis granulosa	5.4	7.5	8.7	5.1	4.2	2.4	Lichte veenkorst
Trapeliopsis pseudogranulosa	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	1.6	Groene veenkorst
Tuckermanopsis chlorophylla	1.3	1.0	1.0	0.7	0.2	0.0	Bruin boerenkoolmos
Usnea spec.	0.1	0.1	0.2	1.7	1.0	0.0	Baardmos
Verrucaria ochrostoma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	Bleke stippelkorst
Violella fucata	0.0	0.2	0.4	1.4	1.4	0.6	Trilzwamkorst
Xanthomendoza ulophyllodes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Ulevellenmos
Xanthoparmelia verruculifera	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	Wrattig schildmos
Xanthoria calcicola	0.5	0.1	0.6	2.7	4.0	20.7	Oranje dooiermos
Xanthoria parietina	8.7	18.6	22.8	63.1	74.9	81.1	Groot dooiermos

Bijlage 4. *Opgetreden veranderingen tussen 1995 en 2018 in 28 meetpunten met Zomereik op de Utrechtse Heuvelrug (vooral strubbenbossen en singels met vergelijkbare eiken). De soorten (eerst korstmossen, daarna mossen) zijn gerangschikt van sterke afname naar sterke toename. De grens tussen weinig en sterk toe- of afgenomen is gelegd bij een verandering van de kwantiteitssom van ±5.*

wetenschappelijke naam	aantal meetpunten			kwantiteitssom				Nederlandse naam
	1995	2001	2018	1995	2001	2018	1995 - 2018	
verdwenen:								
Platismatia glauca	17	14	0	67	46	0	-67	Groot boerenkoolmos
Hypogymnia tubulosa	9	10	0	24	20	0	-24	Witkopschorsmos
Trapeliopsis flexuosa	5	1	0	12	1	0	-12	Blauwe veenkorst
Ochrolechia microstictoides	4	2	0	10	4	0	-10	Bostandpastakorst
Tuckermanopsis chlorophylla	4	0	0	5	0	0	-5	Bruin boerenkoolmos
Usnea spec.	3	2	0	5	2	0	-5	Baardmos
Cladonia portentosa	2	1	0	4	2	0	-4	Open rendiermos
sterk afgenomen:								
Lecanora conizaeoides	28	24	6	147	84	10	-137	Groene schotelkorst
Hypogymnia physodes	25	21	6	109	74	13	-96	Gewoon schorsmos
Placynthiella icmalea	18	12	4	54	32	6	-48	Bruine veenkorst
Hypocenomyce scalaris	22	22	10	61	61	21	-40	Gewoon schubjesmos
Parmelia saxatilis	14	14	3	47	43	8	-39	Blauwgrijs steenschildmos
Cladonia coniocraea	23	14	18	93	48	56	-37	Smal bekermos
Evernia prunastri	13	10	3	33	22	5	-28	Eikenmos
Trapeliopsis granulosa	13	10	6	30	26	9	-21	Lichte veenkorst
Pseudevernia furfuracea	11	4	1	21	10	1	-20	Purper geweimos
Parmeliopsis ambigua	9	6	4	23	18	7	-16	Avocadomos
Chaenotheca ferruginea	19	22	18	58	60	44	-14	Roestbruin schorssteeltje
Jamesiella anastomosans	11	17	7	25	49	13	-12	Aspergekorst
Cladonia glauca	8	7	2	15	14	4	-11	Bruin heidestaartje
Violella fucata	4	3	1	10	4	1	-9	Trilzwamkorst
Lecanora aitema	3	2	1	9	8	2	-7	Dennenschotelkorst
weinig af- of toegenomen:								
Lecanora pulicaris	3	2	2	8	6	4	-4	Eikenschotelkorst
Lepraria incana	28	28	28	168	168	164	-4	Gewone poederkorst
Cladonia floerkeana	1	0	0	3	0	0	-3	Rode heidelucifer
Cladonia polydactyla	2	2	1	9	8	6	-3	Sterheidestaartje
Cladonia ramulosa	2	2	1	6	5	3	-3	Rafelig bekermos
Pertusaria amara	3	2	1	5	3	2	-3	Ananaskorst
Micarea peliocarpa	2	2	1	5	6	3	-2	Boomoogje
Pertusaria coccodes	1	1	0	2	2	0	-2	Bleek speldenkussentje
Melanohalea elegantula	1	0	0	1	0	0	-1	Sierlijk schildmos
Chaenotheca chrysocephala	1	2	1	2	3	2	0	Geel schorssteeltje
Chaenotheca trichialis	1	2	1	2	3	2	0	Grijs schorssteeltje
Fellhanera subtilis	0	2	0	0	3	0	0	Schaduwdruppelkorst
Parmelina pastillifera	0	1	0	0	1	0	0	Knopjesschildmos
Pertusaria pertusa	0	1	0	0	1	0	0	Gewoon speldenkussentje
Lecania naegelii	0	0	1	0	0	1	1	Rookglimschoteltje
Melanohalea laciniatula	0	0	1	0	0	1	1	Lobjesschildmos
Parmotrema reticulatum	0	0	1	0	0	1	1	Netschildmos

Phlyctis argena	0	0	1	0	0	1	1	Lichtvlekje
Physcia dubia	0	0	1	0	0	1	1	Bleek vingermos
Physconia grisea	0	0	1	0	0	1	1	Grauw rijpmos
Catillaria nigroclavata	0	0	1	0	0	2	2	Boomrookkorst
Cladonia chlorophaea	20	27	23	88	117	90	2	Fijn bekermos
Flavoparmelia soredians	1	2	3	1	2	3	2	Groen boomschildmos
Melanelixia glabratula	0	0	1	0	0	2	2	Glanzend schildmos
Phaeophyscia orbicularis	0	1	2	0	1	2	2	Rond schaduwmos
Placynthiella dasaea	0	0	1	0	0	2	2	Okerbruine veenkorst
Scoliciosporum pruinosum	0	0	1	0	0	2	2	Berijpte spiraalkorst
Cladonia digitata	0	0	2	0	0	5	5	Vertakt bekermos
Micarea prasina	0	0	2	0	0	5	5	Houtoogje
Lecanora expallens	19	23	23	62	86	68	6	Bleekgroene schotelkorst
sterk toegenomen:								
Ramalina farinacea	3	3	5	3	6	10	7	Melig takmos
Buellia griseovirens	1	3	4	3	5	10	7	Grijsgroene stofkorst
Trapeliopsis pseudogranulosa	1	3	5	2	7	12	10	Groene veenkorst
Amandinea punctata	1	4	3	1	10	13	12	Vliegenstrontjesmos
Flavoparmelia caperata	4	8	8	4	12	16	12	Bosschildmos
Cladonia macilenta	4	16	11	9	52	27	18	Dove heidelucifer
Cladonia fimbriata	3	2	9	7	5	29	22	Kopjes-bekermos
Hypotrachyna revoluta s.l.	12	21	18	38	59	64	26	(Grof)gebogen schildmos
Coenogonium pineti	22	25	28	92	120	120	28	Valse knoopjeskorst
Punctelia subrudecta	3	7	14	4	12	33	29	Gestippeld schildmos
Physcia tenella	11	23	16	20	73	55	35	Heksenvingermos
Arthonia spadicea	1	2	22	2	5	76	74	Inktspatkorst
Micarea micrococca	9	26	27	21	115	115	94	Bosoogje
nieuw:								
Melanohalea exasperatula	0	1	3	0	1	7	7	Lepelschildmos
Cladonia incrassata	0	1	3	0	3	8	8	Turflucifer
Lecidella elaeochroma	0	0	3	0	0	5	5	Gewoon purperschaaltje
Arthonia radiata	0	0	4	0	0	6	6	Amoebekorst
Arthonia didyma	0	0	4	0	0	8	8	Beukenvlekje
Hyperphyscia adglutinata	0	1	4	0	1	8	8	Dun schaduwmos
Lepraria umbricola	0	1	4	0	3	13	13	Boomvoetpoederkorst
Parmotrema perlatum	0	4	7	0	4	13	13	Groot schildmos
Cladonia caespiticia	0	2	4	0	5	14	14	Greppelblaadje
Punctelia borreri	0	0	6	0	0	15	15	Witstippelschildmos
Punctelia jeckeri	0	7	9	0	10	18	18	Rijpschildmos
Normandina pulchella	0	0	11	0	0	25	25	Hamsteroortje
Lecanora barkmaniana	0	0	11	0	0	28	28	Ammoniakschotelkorst
Fellhanera viridisorediata	0	13	11	0	31	27	27	Gewone druppelkorst
Xanthoria parietina	0	5	11	0	9	30	30	Groot dooiermos
Candelaria concolor	0	0	12	0	0	24	24	Vals dooiermos
Candelariella reflexa	0	18	15	0	43	38	38	Poedergeelkorst
Micarea viridileprosa	0	0	23	0	0	86	86	Groenoogje
Lepraria finkii	0	4	25	0	7	100	100	Gelobde poederkorst
piek in 2001:								
Bacidina adastra/sulphurella	25	27	5	77	90	13	-64	Fijne knoopjeskorst

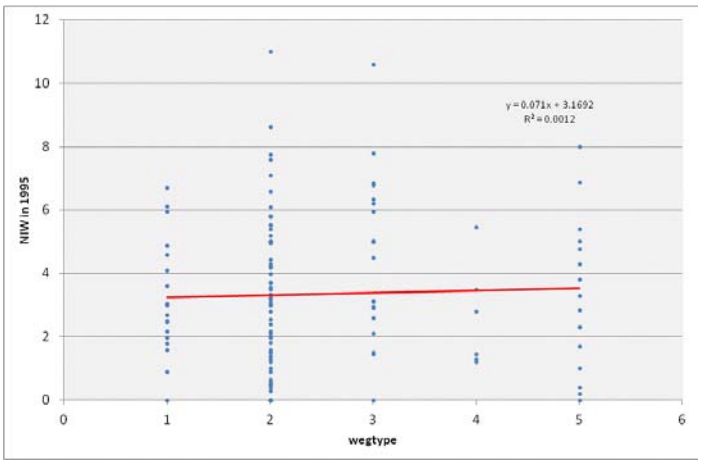
Parmelia sulcata	19	23	15	63	79	42	-21	Gewoon schildmos
Polycauliona candelaria	1	11	1	1	22	2	1	Kroezig dooiermos
Polycauliona polycarpa	2	10	3	3	24	5	2	Klein dooiermos
Bacidina neosquamulosa	0	13	2	0	29	5	5	Nieuwe knoopjeskorst
Physcia adscendens	2	11	5	2	20	9	7	Kapjesvingermos
Melanelixia subaurifera	9	19	13	25	49	35	10	Verstop-schildmos

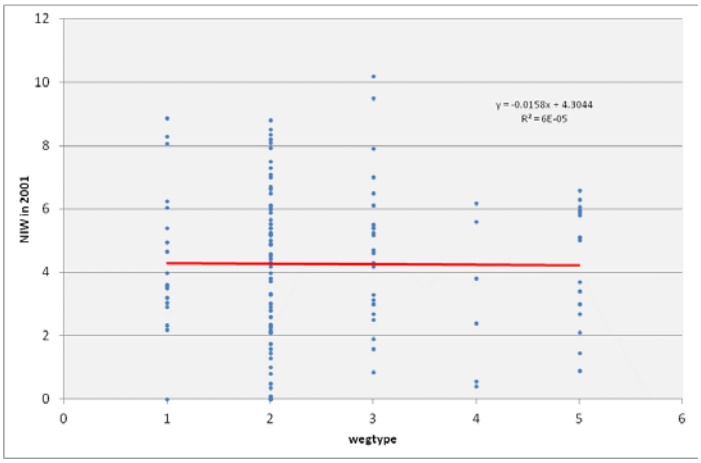
wetenschappelijke naam	aantal meetpunten			kwantiteitssom				Nederlandse naam
	1995	2001	2018	1995	2001	2018	1995 - 2018	
verdwenen:								
Pohlia nutans	5	2	0	11	5	0	-11	Gewoon peermos
Campylopus pyriformis	3	1	0	9	2	0	-9	Breekblaadje
Cephaloziella divaricata	4	1	0	6	1	0	-6	Gewoon draadmos
Ptilidium pulcherrimum	2	0	0	6	0	0	-6	Boomfranjemos
Leucobryum glaucum	4	2	0	6	5	0	-6	Kussentjesmos
Pseudotaxiphyllum elegans	2	3	0	4	6	0	-4	Gewoon pronkmos
Pleurozium schreberi	2	0	0	3	0	0	-3	Bronsmos
Ptilidium ciliare	1	0	0	3	0	0	-3	Heidefranjemos
Lophozia ventricosa	1	0	0	2	0	0	-2	Gewoon trapmos
sterk afgenomen:								
Lophocolea heterophylla	24	28	12	112	123	32	-80	Gedrongen kantmos
Dicranoweisia cirrata	25	27	21	112	120	57	-55	Gewoon sikkelsterretje
Orthodontium lineare	24	23	20	91	80	49	-42	Geelsteeltje
Dicranum scoparium	23	23	18	83	80	49	-34	Gewoon gaffeltandmos
Campylopus flexuosus	18	22	14	57	62	29	-28	Boskronkelsteeltje
Lepidozia reptans	6	5	3	18	16	6	-12	Neptunusmos
Aulacomnium androgynum	7	8	3	16	22	5	-11	Gewoon knopjesmos
Plagiothecium laetum	6	9	4	17	27	9	-8	Krom platmos
Tetraphis pellucida	3	6	2	9	14	2	-7	Viertandmos
Dicranum tauricum	2	4	2	10	16	6	-4	Bros gaffeltandmos
weinig af- of toegenomen:								
Pseudoscleropodium purum	0	2	0	0	3	0	0	Groot laddermos
Bryum capillare	0	1	0	0	3	0	0	Gedraaid knikmos
Frullania dilatata	0	0	1	0	0	2	2	Helmroestmos
Polytrichum formosum	1	0	3	3	0	6	3	Fraai haarmos
sterk toegenomen:								
Metzgeria furcata	0	0	3	0	0	3	3	Bleek boomvorkje
Mnium hornum	8	9	9	20	25	27	7	Gewoon sterrenmos
Isothecium myosuroides	0	0	2	0	0	8	8	Knikkend palmpjesmos
Hypnum jutlandicum	0	2	3	0	4	9	9	Heideklauwtjesmos
Campylopus introflexus	0	0	4	0	0	10	10	Grijs kronkelsteeltje
Kindbergia praelonga	1	7	10	3	16	26	23	Fijn laddermos
Brachythecium rutabulum	4	7	14	10	16	36	26	Gewoon dikkopmos
Dicranum montanum	10	16	17	29	58	58	29	Bossig gaffeltandmos
Ulota bruchii/crispa	0	17	13	0	35	36	36	Knots-/Trompetkroesmos
Orthotrichum affine	2	12	15	2	18	38	36	Gewone haarmuts
Hypnum cupressiforme	26	28	28	128	147	165	37	Gesnaveld klauwtjesmos

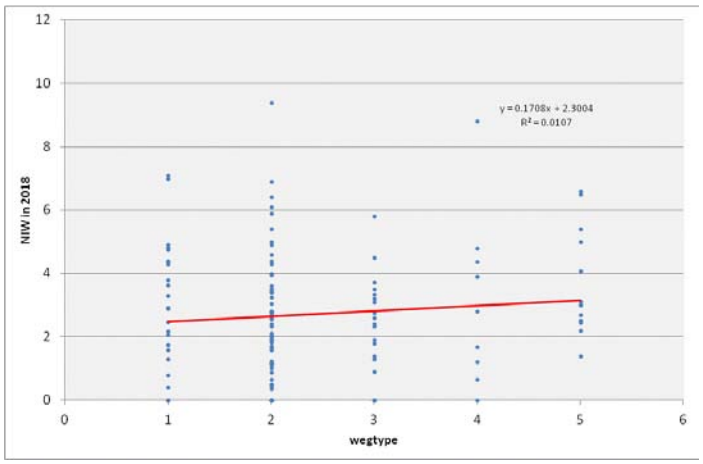
Bijlage 5. *Naamswijzigingen van korstmossen sinds de vorige ronde (2001).*

oude wetenschappelijke naam	huidige wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Arthonia muscigena	Bryostigma muscigena	Knotwilgkorst
Arthonia pruinata	Pachnolepia pruinata	Aspirinekorst
Bacidia adastra	Bacidina adastra	Fijne knoopjeskorst
Bacidia arnoldiana	Bacidina sulphurella	Boomvoetknoopjeskorst
Bacidia chloroticula	Bacidina chloroticula	Gladde knoopjeskorst
Bacidia delicata	Bacidina delicata	Soredieuze knoopjeskorst
Bacidia neosquamulosa	Bacidina neosquamulosa	Nieuwe knoopjeskorst
Bacidia phacodes	Bacidina phacodes	Rechte knoopjeskorst
Bacidia subfuscula	Lecania subfuscula	Miskend glimschoteltje
Buellia punctata	Amandinea punctata	Vliegenstrontjesmos
Caloplaca citrina	Flavoplaca citrina	Gewone citroenkorst
Caloplaca decipiens	Calogaya decipiens	Stoffige citroenkorst
Caloplaca flavocitrina	Flavoplaca flavocitrina	Valse citroenkorst
Caloplaca holocarpa	Athallia holocarpa	Muurzonnetje
Caloplaca ruderum	Flavoplaca ruderum	Kerkcitroenkorst
Cetraria chlorophylla	Tuckermanopsis chlorophylla	Bruin boerenkoolmos
Cladina portentosa	Cladonia portentosa	Open rendiermos
Dimerella pineti	Coenogonium pineti	Valse knoopjeskorst
Gyalideopsis anastomosans	Jamesiella anastomosans	Aspergekorst
Lepraria lobificans	Lepraria finkii	Gelobde poederkorst
Leproloma vouauxii	Lepraria vouauxii	Bleke poederkorst
Macentina stigonemoides	Psoroglaena stigonemoides	Charamos
Mycoblastus fucatus	Violella fucata	Trilzwamkorst
Opegrapha atra	Arthonia atra	Zwart schriftmos
Opegrapha herbarum	Alyxoria culmigena	Rivierschriftmos
Opegrapha rufescens	Pseudoschismatomma rufescens	Verzonken schriftmos
Opegrapha varia	Alyxoria varia	Kort schriftmos
Opegrapha viridipruinosa	Alyxoria viridipruinosa	Limoenschriftmos
Parmelia (= Melanelia) elegantula	Melanohalea elegantula	Sierlijk schildmos
Parmelia (= Melanelia) exasperatula	Melanohalea exasperatula	Lepelschildmos
Parmelia (= Melanelia) fuliginosa	Melanelixia glabratula	Glanzend schildmos
Parmelia (= Melanelia) laciniatula	Melanohalea laciniatula	Lobjesschildmos
Parmelia (= Melanelia) subaurifera	Melanelixia subaurifera	Verstop-schildmos
Parmelia (= Neofuscelia) verruculifera	Xanthoparmelia verruculifera	Wrattig schildmos
Parmelia (= Rimelia) reticulata	Parmotrema reticulatum	Netschildmos
Parmelia acetabulum	Pleurosticta acetabulum	Olijf-schildmos
Parmelia borreri	Punctelia borreri	Witstippelschildmos
Parmelia caperata	Flavoparmelia caperata	Bosschildmos
Parmelia pastillifera	Parmelina pastillifera	Knopjesschildmos
Parmelia perlata (= Parmotrema chinense)	Parmotrema perlatum	Groot schildmos
Parmelia revoluta	Hypotrachyna revoluta s.l.	(Grof)gebogen schildmos
Parmelia soredians	Flavoparmelia soredians	Groen boomschildmos
Parmelia subrudecta	Punctelia subrudecta	Gestippeld schildmos
Parmelia tiliacea	Parmelina tiliacea	Lindeschildmos
Parmelia ulophylla	Punctelia jeckeri	Rijpschildmos
Rinodina gennarii	Rinodina oleae	Donkerbruine schotelkorst
Schismatomma decolorans	Dendrographa decolorans	Purperkring
Xanthoria candelaria	Polycauliona candelaria	Kroezig dooiermos
Xanthoria polycarpa	Polycauliona polycarpa	Klein dooiermos
Xanthoria ulophyllodes	Xanthomendoza ulophyllodes	Ulevellenmos

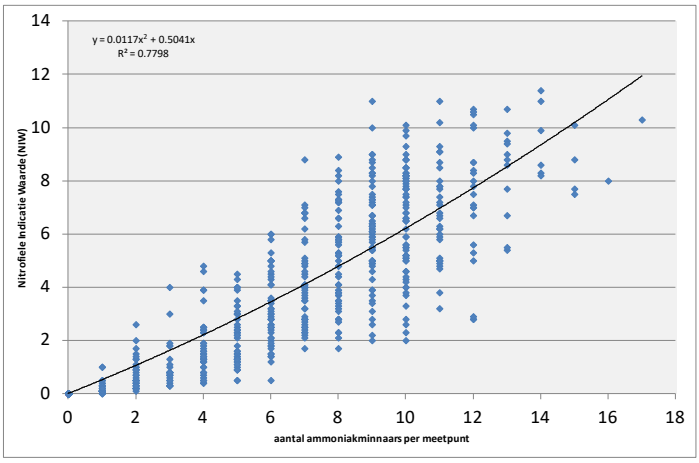
Bijlage 6. *De NIW in 1995, 2001 en 2018 als functie van het type weg waarlangs monsterpunten gelegen zijn (n= 132). Uitgevoerd is een lineaire regressie. De hellingshoek van de regressielijn bepaalt de correctiefactor (zie par. X.X). Verklaring wegtype: 1= onverharde of doodlopende weg; 2= verharde landweg zonder belijning; 3= weg met belijning (vroeger middenstreep, tegenwoordig fietsstroken); 4= weg met gescheiden fietspad(en), maar geen provinciale weg; 5= provinciale weg*

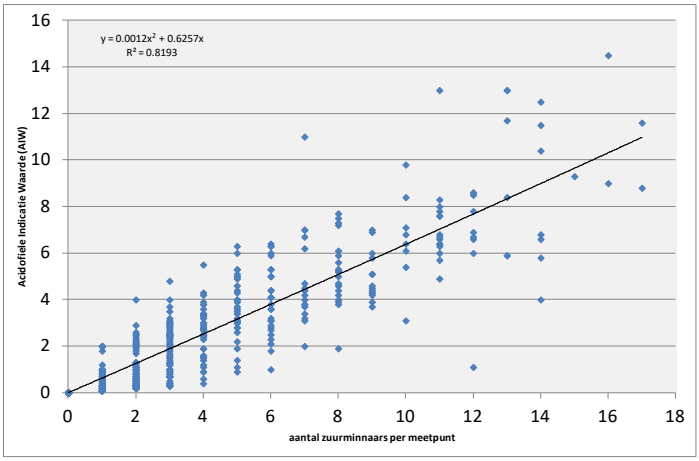






Bijlage 7. *Regressie van het aantal ammoniakminnaars per meetpunt in 1995 tegen de NIW van dezelfde meetpunten in 1995 (boven). Idem voor het aantal zuurminnaars tegen de AIW (onder). De omrekencurve is gebruikt om de gemiddelde NIW resp. AIW van 1979, 1984 en 1989 te berekenen.*





Bijlage 8. *Toelichting op hoe de graadmeters zijn uitgerekend.*

De basis voor de berekening vormt de samenstelling van de soorten korstmossen die in een meetpunt wordt aangetroffen. Een meetpunt bestaat uit één of meerdere bomen van dezelfde soort. De preciese plaats van de individuele bomen wordt nauwkeurig vastgelegd, zodat dezelfde bomen later ondubbelzinnig teruggevonden kunnen worden. Van elke boom wordt een soortenlijst gemaakt. De kwantiteit per meetpunt wordt als volgt vastgelegd: 1: slechts één exemplaar aanwezig, 2: meer exemplaren op één boom, 3: in kleine hoeveelheden (<1 dm^2) op maximaal de helft van de bomen, 4: gemiddeld meer dan dan 1 dm^2 op maximaal de helft van de bomen, 5: in kleine hoeveelheden op meer dan de helft van de bomen, 6: gemiddeld meer dan dan 1 dm^2 op meer dan de helft van de bomen.

1. Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt

Indicatiewaarde: Graadmeter voor de milieukwaliteit; omgekeerde indicator voor de zwaveldioxide belasting

Meetellende soorten: Alle aanwezige soorten korstmossen in een meetpunt tellen mee. Er vindt geen weging plaats. Eventueel aanwezige mossen tellen niet mee.

Wijze van berekening: Dit is het totale aantal soorten dat in het meetpunt aanwezig is op de stam van de bomen (tot 2 m. hoogte) en op eventuele lage takken (<2 m.).

2. Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt of per onderzoeksronde

Indicatiewaarde: Graadmeter voor de beschermwaardigheid van de korstmossen

Meetellende soorten: Alle aanwezige soorten korstmossen met een Rode Lijst-status tellen mee. De laatste Rode Lijst (Aptroot *et al*., 2012) is maatgevend. Er vindt geen weging plaats. Eventueel aanwezige mossen met een RL-status tellen niet mee.

Wijze van berekening: Dit is het totale aantal RL-soorten dat in het meetpunt aanwezig is, en tijdens de onderzoeksronde gevonden is op de stam van de bomen (tot 2 m. hoogte) of op eventuele lage takken (<2 m.). De veranderingen per onderzoeksronde worden bij voorkeur afgeleid uit alleen gemonitorde meetpunten.

3. De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt (Nitrofiele Indicatie Waarde, NIW)

Indicatiewaarde: Indicator voor de ammoniakbelasting

Meetellende soorten: *Athallia holocarpa*, *Candelariella aurella*, *C. reflexa*, *C. vitellina*, *C. xanthostigma*, *Flavoplaca citrina*, *Lecanora dispersa* (incl. *L. hageni*), *L. muralis*, *Phaephyscia nigricans*, *P. orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. caesia*, *P. dubia*, *P. tenella*, *Polycauliona candelaria*, *P. polycarpa*, *Rinodina oleae*, *Xanthoria calcicola* en *X. parietina*.

Wijze van berekening: Het aantal bomen waarop de soort voorkomt in een meetpunt bepaalt hoeveel de soort bijdraagt aan de NIW. Komt de soort bijv. op 4 van de 10 bomen voor, dan draagt hij 0,4 aan de NIW bij. Verder telt de kwantiteit mee: is de betreffende soort gemiddeld met meer dan 1 dm^2 per boom aanwezig, dan telt de bijdrage dubbel. Deze wordt in dit geval dus 0,8. De uiteindelijke NIW is de som van de bijdragen van alle meetellende soorten. De schaal is gebaseerd op zomereik (NIW_{Qu}). Als de opname op andere boomsoorten plaatsvindt, moet t.b.v. de vergelijkbaarheid een omschaling plaatsvinden: Populier: NIW_{Qu}= 0,73 * NIW_{Po} - 1,03, Wilg: NIW_{Qu}= 1,17 * NIW_{Sa} -3,06, Es: NIW_{Qu}= 1,5 * NIW_{Fr} - 6,34. Omschaling van Iep is niet mogelijk (geen goede dosis-respons relatie), daarom is hiervan geen NIW bepaald. Linde en Esdoorn zijn behandeld als Wilg. Beuk, Grove den en Amerikaanse eik zijn behandeld als Zomereik.

4. Als 3, maar gecorrigeerd voor de nabijheid van wegen (NIW gecorrigeerd voor verkeer)

Indicatiewaarde: Indicator voor de ammoniakbelasting waarbij het locale effect van verkeer zo veel mogelijk wordt weggenomen

Meetellende soorten: Zelfde als 2.

Wijze van berekening: Zelfde als 2, maar hierop wordt een correctie toegepast. De uitkomst van de regressie (zie bijlage 5) bepaalt de grootte van de correctie. Voor 2018 bedraagt deze -0,17 voor landwegen zonder strepen, -0,34 voor landwegen met strepen, -0,51 voor wegen met gescheiden fietspaden, en -0,68 voor provinciale wegen en wegen in de bebouwde kom.

5. De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt (Acidofiele Indicatie Waarde, AIW)

Indicatiewaarde: Omgekeerde indicator voor ammoniak, in het bijzonder het cumulatief effect over een lange periode; indicator voor de zuurgraad van de schors

Meetellende soorten: *Chaenotheca ferruginea*, *Cladonia* spp. (alle soorten uit dit geslacht geaggregeerd), *Evernia prunastri*, *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*, *Lecanora aitema*, *L. conizaeoides*, *L. pulicaris*, *Lepraria incana*, *Ochrolechia microstictoides*, *Parmelia saxatilis*, *Parmeliopsis ambigua*, *Placynthiella icmalea*, *Platismatia glauca*, *Proto-parmelia oleagina, Pseudevernia furfuracea*, *Trapeliopsis granulosa*, *T. flexuosa*, *Tuckermanopsis chlorophylla* en *Usnea* spp. (alle soorten uit dit geslacht geaggregeerd).

Wijze van berekening: Het aantal bomen waarop de soort voorkomt in een meetpunt bepaalt hoeveel de soort bijdraagt aan de AIW. Komt de soort bijv. op 4 van de 10 bomen voor, dan draagt hij 0,4 aan de AIW bij. Verder telt de kwantiteit mee: is de betreffende soort gemiddeld met meer dan 1 dm^2 per boom aanwezig, dan telt de bijdrage dubbel. Deze wordt in dit geval dus 0,8. De uiteindelijke AIW is de som van de bijdragen van alle meetellende soorten.

6. Gemiddeld temperatuurgetal

Indicatiewaarde: Indicator voor een warmer geworden klimaat

Meetellende soorten: Alle aanwezige soorten korstmossen in een meetpunt tellen mee. Alle soorten wegen even zwaar. Eventueel aanwezige mossen tellen niet mee.

Wijze van berekening: Per meetpunt wordt het rekenkundig gemiddelde bepaald van de aan de soorten toegekende temperatuurgetallen. Zie Sparrius *et al.* (2015).

7. Gemiddeld vochtgetal, gemiddeld continentaliteitsgetal

Indicatiewaarde: Indicator voor een natter geworden klimaat

Meetellende soorten: Alle aanwezige soorten korstmossen in een meetpunt tellen mee. Alle soorten wegen even zwaar. Eventueel aanwezige mossen tellen niet mee.

Wijze van berekening: Per meetpunt wordt het rekenkundig gemiddelde bepaald van de aan de soorten toegekende vochtgetallen cq continentaliteitsgetallen. Zie Sparrius *et al.* (2015).