



# Effecten van ammoniak op korstmossen in Gelderland in de periode 1989-2024

H. van der Kolk & L.B. Sparrius

BLWG-rapport 38

**BLWG**

Titel: Effecten van ammoniak op korstmossen in Gelderland in de periode 1989-2024

Auteurs: H. van der Kolk & L.B. Sparrius

Rapport nr.: 38

Datum uitgave: 2025

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Contactpersoon opdrachtgever: Robbert Wolf

Foto omslag: Zuurminnende korstmossen, o.a. Blauwgrijs steenschildmos (*Parmelia saxatilis*), Eikenmos (*Evernia prunastri*) en Ananaskorst (*Pertusaria amara*), op zomereik in paleispark het Loo (Henk-Jan van der Kolk)

Dit rapport kan geciteerd worden als:

van der Kolk H. & L.B. Sparrius, 2025. Effecten van ammoniak op korstmossen in Gelderland in de periode 1989-2024. BLWG-rapport 38. BLWG, Utrecht.

Bryologische en Lichenologische Werkgroep (BLWG). De BLWG onderzoekt en beschermt mossen en korstmossen in Nederland.



[www.blwg.nl](http://www.blwg.nl)

## Voorwoord

Korstmossen die op bomen groeien reageren binnen enkele jaren op veranderingen in luchtkwaliteit en andere omgevingsfactoren, zoals het klimaat. In veel provincies worden korstmossen dan ook gebruikt als indicatoren in meetnetten, met als belangrijkste doel het in kaart brengen van de effecten van ammoniak. In de provincie Gelderland is het meetnet korstmossen in 1989 opgezet op de zandgronden, en gestandaardiseerd volgens de methode die nu nog steeds in heel Nederland wordt toegepast. In 2021-2022 is de laatste complete herhaalronde uitgevoerd, waarbij behalve het herhalen van bestaande meetpunten het meetnet ook is uitgebreid zodat het een groot deel van het rivierengebied bedekt. In 2024 is een steekproefronde uitgevoerd waarbij 200 meetpunten (21% van het totaal) verspreid over de provincie zijn herhaald, met speciale aandacht voor Natura 2000-gebieden. Dit rapport beschrijft de resultaten van de monitoring in 2024, en de veranderingen van de indicatiewaarden voor ammoniakvervuiling en klimaatverandering over de tijd. De focus ligt hierbij op recente veranderingen die zich tussen 2021 en 2024 hebben voorgedaan.

We danken Robbert Wolf en Mienieke Steijns die dit project begeleiden vanuit de Provincie Gelderland.

## Samenvatting

Korstmossen die op bomen groeien reageren snel op veranderingen in luchtkwaliteit en zijn uitstekende indicatoren voor luchtvervuiling met ammoniak. Ammoniak zorgt voor een verhoogde stikstofbeschikbaarheid, maar beïnvloedt korstmossen ook indirect door het verhogen van de pH van boomschors. Onder invloed van ammoniak verandert daardoor de korstmossamenstelling op bomen: stikstofminnende korstmossen nemen toe en tegelijkertijd nemen stikstofgevoelige zuurminnende korstmossen af.

In Nederland worden korstmossen sinds 1989 in gestandaardiseerde provinciale meetnetten gebruikt om de effecten van ammoniak in kaart te brengen. Hierbij worden meetpunten met meestal 10 zomereiken bezocht, waarbij op elke boom alle soorten mossen en korstmossen genoteerd worden. Uit deze gegevens worden diverse graadmeters berekend voor soortenrijkdom, luchtkwaliteit en klimaat. De belangrijkste graadmeters voor ammoniakvervuiling zijn de Nitrofiële Indicatie Waarde (NIW) en de Acidofiele Indicatie Waarde (AIW). Deze graadmeters worden bepaald door het aantal stikstofminnende (NIW) of stikstofgevoelige (AIW) soorten korstmossen dat gemiddeld op één boom in een meetpunt groeit. De NIW is een graadmeter voor ammoniakbelasting, en stijgt of daalt mee met veranderingen in ammoniakconcentraties in de lucht. De AIW is een omgekeerde graadmeter voor ammoniakbelasting die vooral indicatief is voor de zuurgraad van de schors. In gebieden met een grote invloed van ammoniak is de NIW hoger en de AIW lager.

Het provinciale korstmossenmeetnet in Gelderland is in 1989-1990 opgezet en bedekte toen de zandgronden. In 1994 en 1997 is een klein aantal meetpunten herhaald. In 2002-2003 en 2021-2022 zijn er complete herhaalronden uitgevoerd. Het meetnet is daarnaast in 2021-2022 uitgebreid zodat het alle Natura 2000-gebieden in Gelderland omvat. In 2024 is er een steekproefronde uitgevoerd, waarbij er 200 meetpunten zijn onderzocht die verspreid over de provincie liggen. Deze rapportage beschrijft de resultaten van deze steekproefronde. De focus van dit onderzoek lag op het meten van veranderingen die de afgelopen jaren zijn opgetreden in Natura 2000-gebieden en agrarische gebieden.

Uit de herhaling van de steekproef blijkt dat de soortenrijkdom van korstmossen tussen 2021-22 en 2024 verder is toegenomen, maar dat de snelheid van de toename iets is afgevlakt ten opzichte van de verandering tussen 2002-03 en 2021-22. De toename van de soortenrijkdom tussen 2021-22 en 2024 is significant in vier van de zes onderzochte regio's, en voor zowel meetpunten in natuurgebieden als in agrarische gebieden. De toename in soortenrijkdom wordt de laatste jaren vooral veroorzaakt door klimaatverandering, waardoor veel zuidelijke en Atlantische soorten toenemen. De gemiddelde Community Temperature Index per meetpunt is sinds 2021-22 dan ook verder toegenomen, wat wijst op een relatieve toename van soorten met een zuidelijke verspreiding. Op de 200 meetpunten in de steekproef zijn 23 soorten korstmossen aangetroffen die op de Rode Lijst staan. Ten opzichte van 2021-22 zijn er vier Rode Lijst soorten verdwenen en drie Rode Lijst soorten nieuw verschenen.

Het aantal stikstofminnende korstmossen (NIW) is ten opzichte van 2021-22 afgenomen, wat wijst op een afgenomen invloed van ammoniak in de lucht. De afname van het aantal stikstofminnende korstmossen is significant in meetpunten in zowel natuurgebieden als agrarische gebieden. De afname is significant in vijf van de zes onderzochte regio's, waaronder in de drie regio's met vooral meetpunten in agrarisch gebied (Gelderse Vallei, IJsselvallei en Achterhoek). Deze verandering is in lijn met gemeten ammoniakconcentraties in het RIVM-MAN, die laten zien dat ammoniakconcentraties in Gelderse

natuurgebieden de laatste jaren zijn afgenomen. De gemiddelde gemeten ammoniakconcentraties zijn in 2021-2023 duidelijk lager in vergelijking met 2018-2020, de jaren voorafgaand aan de meetronde 2021-22. Een belangrijke verklaring hiervoor zijn de invloeden van het weer. Extreme droogte in 2018 heeft in dat jaar waarschijnlijk gezorgd voor hogere ammoniakconcentraties in de lucht, en in 2023 heeft extreme neerslag waarschijnlijk juist gezorgd voor lagere ammoniakconcentraties in de lucht. De volgende steekproefronde die gepland staat in 2027 kan meer duidelijkheid geven in hoeverre de huidige trend door weersinvloeden veroorzaakt wordt. De afname van het aantal stikstofminnende korstmossen is een trendbreuk met de periode tussen 2002-03 en 2021-22, waarin juist een toename van stikstofminnende korstmossen werd vastgesteld.

Het aantal stikstofgevoelige korstmossen (AIW) is sinds 2021-22 verder afgenomen, met een significante afname op de Veluwe. In de andere regio's is het aantal stikstofgevoelige korstmossen al zo klein, dat de AIW hier niet verder meer kan afnemen. Dat de afname nog steeds doorzet en er geen sprake is van herstel is niet verwonderlijk, omdat de huidige ammoniakconcentraties in natuurgebieden nog altijd ruim boven de grenswaarde liggen waaronder stikstofgevoelige korstmossen zich kunnen herstellen.

In zeven van de negen onderzochte Natura 2000-gebieden is de NIW sinds 2021-22 afgenomen, wat duidt op een afgenomen invloed van ammoniak. De grootste dalingen werden vastgesteld in Natura 2000-gebieden Korenburgerveen en Rijntakken. Ondanks dat de NIW de afgelopen jaren gedaald is, is de invloed van ammoniak op korstmossen in Natura 2000-gebieden nog steeds erg groot, wat blijkt uit NIW waarden die ver boven nul liggen en achteruitgang of blijvende afwezigheid van stikstofgevoelige korstmossen.

Korstmossen reageren binnen enkele jaren op veranderingen in het milieu. We bevelen daarom aan om elke drie jaar dezelfde steekproef van meetpunten in Natura 2000-gebieden te herhalen (eerstvolgende steekproeven in 2027 en 2030) en elke twaalf jaar een complete meetronde uit te voeren (eerstvolgende volledige meetronde in 2033-2034). Met deze meetfrequenties kunnen veranderingen in ammoniakbelasting nauwkeurig gevolgd worden.

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
1.1	WAT ZIJN KORSTMOSSEN?	5
1.2	KORSTMOSSEN ALS INDICATOREN VOOR LUCHTKWALITEIT EN KLIMAAT	5
1.3	DE PROVINCIALE KORSTMOSSENMEETNETTEN	7
1.4	GRAADMETERS VOOR AMMONIAK EN KLIMAAT	7
1.5	KORSTMOSSENMEETNET IN GELDERLAND EN STEEKPROEFRONDE 2024	9
<b>2</b>	<b>METHODE</b>	<b>11</b>
2.1	SELECTIE VAN MEETPUNTEN	11
2.2	VELDWERK	12
2.3	BEREKENING GRAADMETERS	12
2.4	KENMERKEN VAN DE MEETPUNTEN EN OMGEVINGSVARIABLEN	14
2.5	ANALYSE	16
<b>3</b>	<b>RESULTATEN</b>	<b>18</b>
3.1	SOORTENRIJKDOM KORSTMOSSEN	18
3.2	NITROFYTEN (NIW)	23
3.3	ACIDOFYTEN (AIW)	25
3.4	KLIMAAT	27
3.5	EFFECTEN VAN AMMONIAK IN NATURA 2000-GEBIEDEN	28
3.6	VERGELIJKING VAN EFFECTEN VAN AMMONIAK TUSSEN PROVINCIES	31
<b>4</b>	<b>DISCUSSIE</b>	<b>32</b>
4.1	VERDERE TOENAME SOORTENRIJKDOM	32
4.2	VERANDERINGEN IN STIKSTOFMINNENDE KORSTMOSSEN (NIW)	33
4.3	VERANDERINGEN IN STIKSTOFGEVOELIGE KORSTMOSSEN (AIW)	35
4.4	NATURA 2000-GEBIEDEN	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>37</b>
5.1	VERANDERINGEN STIKSTOFMINNENDE EN ZUURMINNENDE KORSTMOSSEN	37
5.2	AANBEVELING MONITORING	37
	<b>LITERATUUR</b>	<b>38</b>
	<b>BIJLAGE A. VERANDERINGEN KORSTMOSSEN TUSSEN 2021-22 EN 2024</b>	<b>40</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Wat zijn korstmossen?

Korstmossen bestaan uit een schimmel en een alg die in een symbiose met elkaar samenleven. De alg produceert door fotosynthese suikers, die gedeeld worden met de schimmel. De schimmel groeit als een behuizing rond de alg en zorgt voor bescherming. Korstmossen worden vaak verward met mossen, maar zijn daar niet aan verwant. Mossen zijn primitieve voorouders van vaatplanten, en hebben een stengel met blaadjes (Figuur 1.1). Korstmossen groeien relatief langzaam en komen voor op extreme standplaatsen, meestal op voedselarme grond, op stenen en op boomschors. Op deze groeiplaatsen hoeven ze niet te concurreren met vaatplanten, die veel sneller groeien. Korstmossen die op bomen groeien worden epifytische korstmossen genoemd. Korstmossen vertonen een grote variatie in groeivorm. Korstmossen kunnen struikvormig, bladvormig of korstvormig zijn. De kleur varieert van opvallend groen of bruin tot felgekleurd geel of rood. In Nederland zijn in totaal ongeveer 800 soorten korstmossen vastgesteld (Aptroot et al., 2004; van Herk et al., 2018), waarvan er ongeveer 250 algemeen voorkomen.

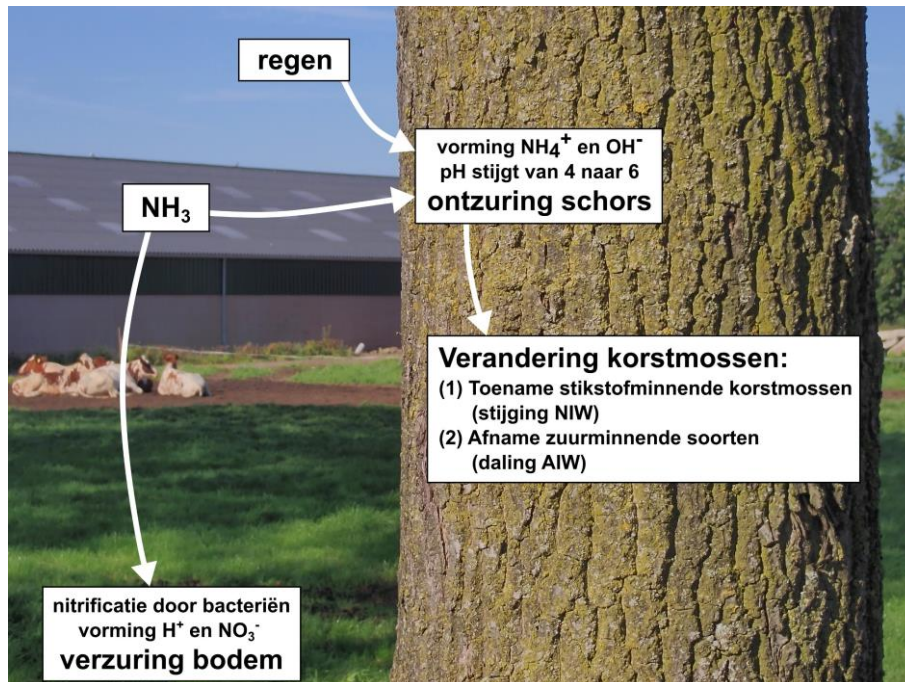


**Figuur 1.1** Voorbeeld van een korstmos (links, Heksenvingermos *Physcia tenella*) en een bladmos (rechts, Fijn laddermos *Kindbergia praelonga*).

## 1.2 Korstmossen als indicatoren voor luchtkwaliteit en klimaat

Korstmossen reageren sterk op veranderingen in de luchtkwaliteit. In Nederland hebben hoge concentraties van zwaveldioxide en ammoniak in de lucht in de afgelopen vijftig jaar een grote invloed gehad op epifytische korstmossen (van Dobben, 1990; van Herk, 2019a). Zwaveldioxide en ammoniak hebben een verschillende uitwerking op de soortensamenstelling. Zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ) is giftig voor veel soorten korstmossen. De zwaveldioxide in de lucht (“zure regen”) bereikte in de jaren '70 zijn hoogtepunt en heeft toen veel epifytische korstmossen doen verdwijnen, waardoor er zogenaamde epifytenwoestijnen ontstonden (Barkman, 1958). Slechts een klein aantal soorten korstmossen kan hoge concentraties zwaveldioxide verdragen. Veel soorten die door zwaveldioxide gedecimeerd waren zijn in de afgelopen decennia weer teruggekeerd doordat de uitstoot van zwaveldioxide sterk is afgenomen (van Dobben & de Bakker, 1996).

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) heeft andere effecten op korstmossen dan zwaveldioxide. Ammoniak is een base en zorgt ervoor dat de bast van bomen ontzuurt. De pH van de bast van een zomereik, normaal ca. 4, kan onder invloed van ammoniak in gebieden met veel intensieve veehouderij stijgen tot ca. 6 (van Herk, 2001). De bast wordt dus basischer. Pas als ammoniak in de bodem terecht komt wordt het door bacteriën omgezet in zuur en levert de ammoniak een bijdrage aan verzuring van de bodem. Dit proces in de bodem heeft echter geen effect op de korstmossen die op boomschors voorkomen (Figuur 1.2).



**Figuur 1.2** Effect van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) op de pH van boomschors en op korstmossen. De NIW en AIW zijn graadmeters die worden geïntroduceerd in 1.4.

Een verhoogde ammoniakconcentratie in de lucht heeft een grote impact op de soortensamenstelling van korstmossen op de boomschors: het stimuleert nitrofyten (stikstofminnaars) en leidt tot het verdwijnen van acidofyten (zuurminnaars) (van Herk, 2001). Stikstofminnende korstmossen reageren zowel direct op veranderingen van de ammoniakconcentratie in de lucht als op de zuurgraad. Dat betekent dat stikstofminnende korstmossen toenemen wanneer ammoniak in de lucht toeneemt. Andersom neemt het aantal stikstofminnende korstmossen af wanneer ammoniak in de lucht afneemt. Dit gebeurt ook wanneer de ammoniakconcentraties ondanks een afname nog steeds hoog zijn. Het aantal stikstofminnende korstmossen volgt in Nederland daardoor goed de trend van de ammoniakconcentratie in de lucht (van Herk, 2021). Zuurminnende korstmossen reageren vooral op de zuurgraad van de schors. Doordat de pH van boomschors toeneemt bij een grotere ammoniakbelasting verdwijnen de voor eiken typerende zuurminnende korstmossen, zoals Eikenmos (*Evernia prunastri*). Soorten die kenmerkend zijn voor het habitat eikenbossen, zoals Groot boerenkoolmos (*Platismatia glauca*) zijn al grotendeels uit Nederland verdwenen. Er is sprake van nivellering, waarbij de plaats van typische soorten van schone, zure eikenstammen wordt ingenomen door soorten die ook op allerlei andere boomsoorten en ook in agrarisch gebied en bebouwde kom voorkomen (van Herk, 2019a). Het effect van ammoniak op de zuurgraad van de boomschors werkt cumulatief, wat betekent dat stikstofgevoelige zuurminnende soorten niet zomaar terugkeren zolang de ammoniakconcentratie boven een grenswaarde blijft (zie ook 4.3). De effecten van de verhoogde ammoniakconcentratie op korstmossen werden in Nederland voor het eerst aangetoond in de Gelderse Vallei, toen vastgesteld werd dat stikstofminnende korstmossen rond boerderijen sterk waren toegenomen (van der Knaap, 1980; 1984).



Naast luchtvervuiling reageren epifytische korstmossen ook op klimaatverandering (van Herk et al., 2002; Aptroot & van Herk, 2007). Zuidelijke en warmteminnende soorten nemen momenteel sterk toe, terwijl noordelijke soorten afnemen.

### 1.3 De provinciale korstmossenmeetnetten

In Nederland wordt er al bijna 100 jaar onderzoek gedaan naar epifytische korstmossen. In de jaren '40 en '50 werden de epifytenwoestijnen gekarteerd door Barkman (1958). Dit onderzoek kreeg een vervolg in de jaren '70, toen de Werkgroep Herkartering Epifyten Nederland (WHEN) de epifytenwoestijnen opnieuw karteerde, waarbij er duizenden meetpunten in heel Nederland bezocht werden (de Wit, 1976). In de jaren '80 zijn herhaalrondes uitgevoerd van delen van het WHEN (de Bakker, 1987; van der Knaap & van Dobben, 1987; van Dobben & de Bakker, 1996).

Het meetnet volgens de huidige gestandaardiseerde methode is in 1989 gestart, met als voornaamste doel het in kaart brengen van de effecten van ammoniak (van Herk, 1990). Het meetnet bestaat uit vaste meetpunten met meestal 10 bomen, waarop alle soorten mossen en korstmossen genoteerd worden. Meestal wordt zomereik als boomsoort gebruikt, maar in gebieden waarin zomereiken niet voorhanden zijn worden ook wel andere boomsoorten opgenomen. De meetnetten worden in acht provincies uitgevoerd, die tezamen bestaan uit ongeveer 4000 meetpunten. De provinciale meetnetten zijn ontworpen en ontwikkeld door het LON, het Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (van Herk, 1999) in opdracht van de desbetreffende provincies. Bij voorkeur worden meetnetten elke zes jaar opnieuw opgenomen. Recent is er in alle acht provincies een herhaalronde uitgevoerd, namelijk in Friesland (van der Kolk et al., 2020), Groningen (van der Kolk et al., 2023b), Drenthe (van Herk, 2023), Overijssel (van Herk, 2021), Gelderland (van der Kolk et al., 2023a), Utrecht (van Herk, 2019b), Noord-Brabant (van der Kolk et al., 2024) en Zeeland (van Herk, 2019c).

### 1.4 Graadmeters voor ammoniak en klimaat

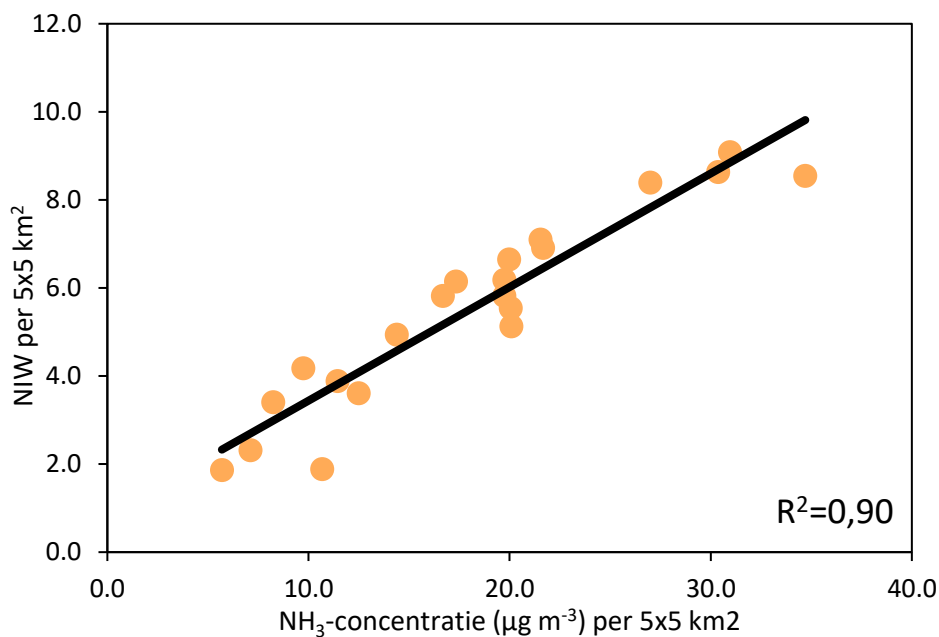
De hoeveelheid nitrofyten (ammoniakminnaars, ook wel stikstofminnende korstmossen genoemd) wordt bij de provinciale karteringen per meetpunt uitgedrukt in de **Nitrofiële Indicatie Waarde (NIW)**, een graadmeter voor de ammoniakbelasting. Op dezelfde manier wordt de hoeveelheid acidofyten (zuurminnaars, ook wel stikstofgevoelige korstmossen genoemd) uitgedrukt in de **Acidofiele Indicatie Waarde (AIW)**, een omgekeerde graadmeter voor ammoniak die vooral indicatief is voor de zuurgraad van de schors. Zowel de NIW als de AIW worden per punt uitgerekend door het voorkomen van ongeveer 20 kenmerkende soorten bij elkaar op te tellen (Figuur 1.3). Zie 2.3 voor details hoe de NIW en AIW worden berekend. Op locaties waar de NIW hoog is en de AIW laag, is er een grote invloed van ammoniak op boombewonende korstmossen. Andersom is op locaties met een lage NIW en hoge AIW de invloed van ammoniak laag. De NIW is het beste bruikbaar in halfopen en open gebieden, omdat vrijwel alle ammoniakminnende soorten ook lichtminnend zijn. De AIW is geschikt in zowel open- als bosgebieden, omdat een deel van de zuurminnende soorten ook schaduwminnend is.



**Figuur 1.3** Links Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*), een stikstofminnende soort, en rechts Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*), een stikstofgevoelige soort.

In 1997 is het verband onderzocht tussen de NIW en AIW en de ammoniakconcentraties in de lucht. De ammoniakmetingen zijn destijds met vaste monsternemers door TNO uitgevoerd, op dezelfde bomen waar ook de korstmossamenstelling onderzocht werd. De ammoniakmetingen betroffen metingen van de ammoniakconcentratie in de lucht met passieve monsterbuisjes, op een vergelijkbare manier zoals deze metingen nu worden uitgevoerd in het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden van het RIVM (RIVM-MAN; Stolk et al., 2009). Uit het vergelijkingsonderzoek (van Herk, 1998) blijkt dat de jaargemiddelde  $\text{NH}_3$ -concentratie ruim 59% van de variantie van de NIW kan verklaren, wat aangeeft dat de overeenkomst tussen beide zeer groot is. De NIW en de  $\text{NH}_3$ -concentratie zijn ook als gemiddelde per uurhok ( $5 \times 5 \text{ km}^2$ ) berekend, met in elk uurhok ongeveer 5 meetlocaties. Hierdoor worden versturende factoren die de NIW beïnvloeden anders dan ammoniak, bijvoorbeeld lichtinval, uitgemiddeld. Het verband op uurhok-niveau is daardoor nog sterker dan het verband op meetpunt-niveau: de verklaarde variantie is op uurhok-niveau 90% (Figuur 1.4). De NIW, en met name de gemiddelde NIW van meerdere meetpunten in een kleine regio, kan dus gezien worden als een zeer betrouwbare schatting van de luchtconcentratie  $\text{NH}_3$ , en het effect daarvan op korstmossen. De AIW laat een duidelijk negatief verband met  $\text{NH}_3$  zien, en kan dus als omgekeerde graadmeter voor  $\text{NH}_3$  gebruikt worden. De bruikbaarheid van korstmossen voor de monitoring van ammoniak wordt uitgebreid behandeld in een artikel in *The Lichenologist* (van Herk, 2001).

Voor het in kaart brengen van veranderingen in het milieu zijn ook de ecologische indicatiewaarden ("Ellenberggetallen") van korstmossen geschikt (Wirth, 2010; Sparrius et al., 2015). Voor elke soort is een indicatiewaarde (een getal tussen 1 en 9) bepaald voor vocht, stralingsklimaat, zuurgraad, nutriëntenrijkdom, continentaliteit en temperatuur. Voor klimaat wordt ook gebruik gemaakt van de community temperature index, een maat voor de gemiddelde temperatuur van het verspreidingsgebied van de aangetroffen korstmossen. In dit rapport wordt de gemiddelde community temperature index berekend en vergeleken met eerdere meetronden.



**Figuur 1.4** Relatie tussen de NIW en de jaarrond gemeten NH<sub>3</sub>-luchtconcentratie (µg m<sup>-3</sup>) per 5x5 km<sup>2</sup> uurhok, op basis van 4-6 metingen per uurhok. Gegevens afkomstig van metingen aan zomereiken in 1997 in Friesland, Noord-Brabant en de Gelderse Vallei, ontleend aan van Herk, 2001.

## 1.5 Korstmossenmeetnet in Gelderland en steekproefronde 2024

Epifytische korstmossen in Gelderland werden al onderzocht voordat het meetnet in de huidige vorm werd opgezet. In de jaren '40 en '50 werden epifytische korstmossen onderzocht door Barkman (1958). In het begin van de jaren '70 werden er in de provincie honderden locaties gekarteerd als onderdeel van de grootschalige WHEN-kartering (de Wit, 1976). In Gelderland werd vervolgens nog een deel van het WHEN-project herhaald aan het eind van de jaren '80, maar dit betrof alleen een klein gebied rond Eibergen (van Dobben & de Bakker, 1996).

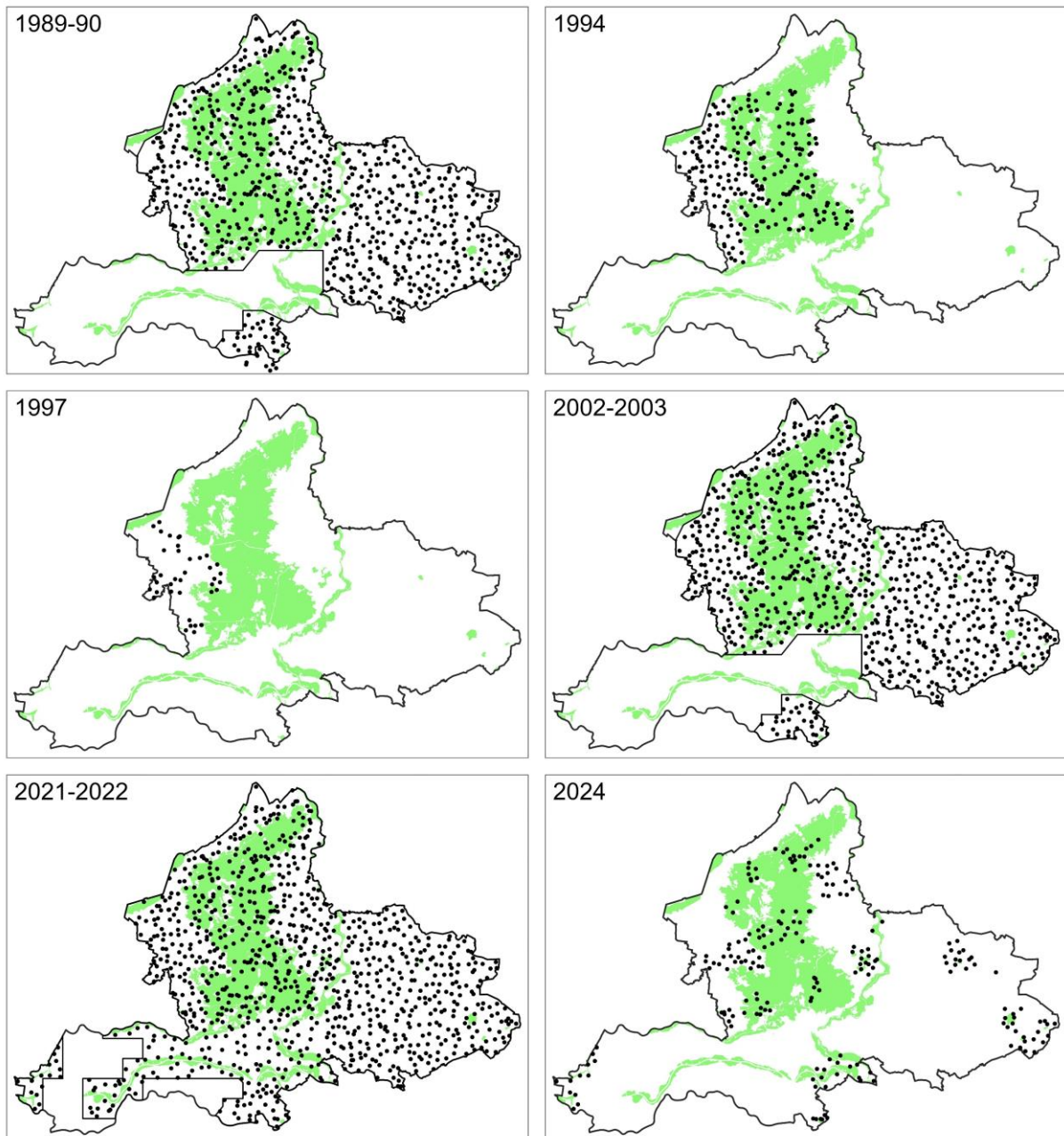
In Gelderland is het huidige uitgebreide korstmossenmeetnet in de gestandaardiseerde vorm gestart in 1989, toen delen van de Gelderse Vallei, de Graafschap en het Rijk van Nijmegen gekarteerd werden (van Herk, 1990). Hierbij zijn meetpunten met eiken onderzocht met een dichtheid van vijf à zes meetpunten per uurhok (5x5 km<sup>2</sup>). In 1990 is het meetnet uitgebreid zodat het geheel Gelderland omvatte uitgezonderd het rivierengebied (van Herk, 1991). Vervolgens is in 1994 een selectie van meetpunten in de Gelderse Vallei en de Veluwe herhaald (van Herk, 1996a), en in 1997 is een klein deel van de meetpunten in de Gelderse Vallei onderzocht (van Herk, 1998). Daarna werden er complete herhaalrondes van het meetnet uitgevoerd in 2002-2003 (van Herk, 2004) en in 2021-2022 (van der Kolk et al., 2023a). In de meetronde 2021-2022 werd het meetnet uitgebreid, zodat het ook een groot deel van het rivierengebied omvatte. In totaal bestond het meetnet in de meetronde 2021-2022 uit 966 meetpunten.

In deze rapportage wordt het jaartal 1990 aangehouden voor de eerste meetronde in 1989-1990, het jaartal 2002 voor de herhaalronde 2002-2003 en het jaartal 2021 voor de meetronde in 2021-2022, omdat binnen elke meetronde steeds in dat betreffende jaar de meeste meetpunten zijn bezocht.

In 2024 is een steekproef van 200 meetpunten opnieuw onderzocht (21% van het totaal). De focus lag hierbij op het meten van veranderingen die de afgelopen jaren hebben plaatsgevonden in Natura 2000-gebieden en agrarische gebieden. De volgende onderzoeksvragen met betrekking tot de huidige

kwaliteit en veranderingen zijn gekoppeld aan het uitvoeren van deze steekproefronde:

- Wat is de huidige impact van ammoniak in de lucht op korstmossen in Natura 2000-gebieden en agrarische gebieden in de provincie Gelderland?
- Hoe is de invloed van ammoniak in de lucht op korstmossen in de provincie Gelderland veranderd ten opzichte van 2021?

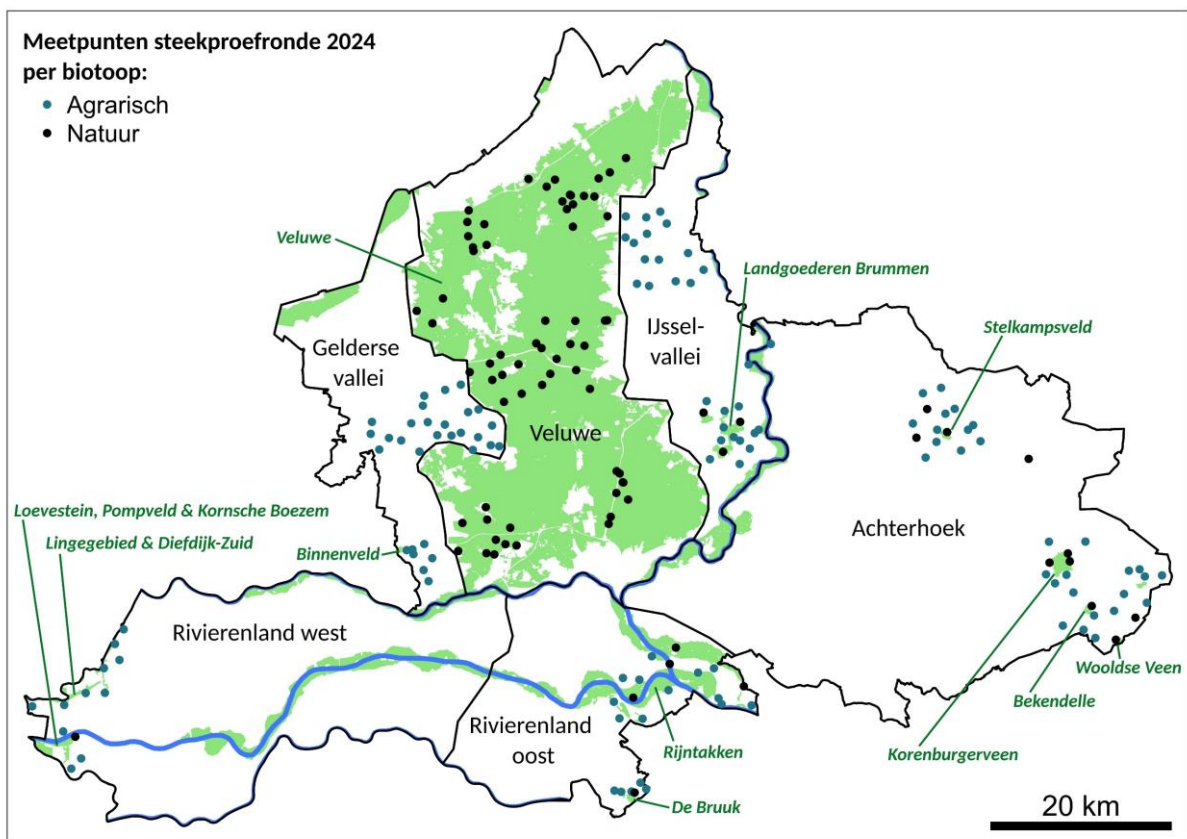


**Figuur 1.5** Onderzochte meetpunten in de provincie Gelderland in 1989-1990, 1994, 1997, 2002-2003, 2021-22 en 2024. Natura 2000-gebieden zijn groen gemarkeerd.

## 2 Methode

### 2.1 Selectie van meetpunten

Meetpunten bestaan meestal uit 10 bomen, maar op locaties waar weinig bomen staan worden soms minder dan 10 bomen gebruikt. Een aantal van 10 boomsoorten garandeert dat als een soort op één boom gemist wordt, dit meestal geen effect heeft op de abundantie (zie 2.2) en een minimaal effect op de NIW en AIW (zie 2.3.2). Als boomsoort wordt meestal zomereik (*Quercus robur*) gebruikt. In gebieden waar geen eiken voorhanden zijn, vooral op de kleigronden, kunnen ook andere boomsoorten gebruikt worden. Bij voorkeur worden dan Canadapopulieren (*Populus x canadensis*) of essen (*Fraxinus excelsior*) gebruikt, zelden andere boomsoorten. Vaak bestaat een meetpunt uit een rijtje bomen in een wegberm, maar in natuurgebieden kan een meetpunt ook uit vrijstaande bomen of bosbomen bestaan. De meetpunten worden waar mogelijk zo gekozen dat bemonsterde bomen niet te dicht op een boerderij staan, dat er een vrije aanstroom van lucht naar de stam is en dat bomen niet te jong zijn (omtrek van de stam bij voorkeur minimaal 13 dm, wat overeenkomt met een diameter van minimaal 41 cm).



**Figuur 2.1** Kaart van de provincie Gelderland met de 200 meetpunten die in de steekproefronde in 2024 zijn onderzocht. De namen van de regio's die gebruikt worden in deze rapportage zijn zwartgedrukt, en de regio's zijn met zwarte lijnen begrensd. Natura 2000-gebieden zijn groen gekleurd. De namen van de Natura-2000 gebieden (alleen die waar meetpunten zijn onderzocht) zijn groen schuingedrukt. In Natura 2000-gebied Willinks Weust liggen momenteel geen meetpunten.

Het uitgangspunt voor de steekproefronde in 2024 in Gelderland was om een selectie van de meetpunten uit de meetronde 2021-2022 te herhalen. Hierbij zijn clusters van meetpunten geselecteerd die in of dichtbij Natura 2000 gebieden liggen, maar ook enkele clusters in agrarische

gebieden (Figuur 2.1). Er zijn in totaal 200 meetpunten onderzocht (Figuur 2.1), waarvan er 196 herhalingen zijn van meetpunten die ook in de meetronde 2021-2022 zijn onderzocht. Daarnaast zijn er vier nieuwe meetpunten uitgezet in Natura 2000-gebieden De Bruuk (twee meetpunten), Korenburgerveen (één meetpunt) en Bekendelle (één meetpunt). Er is bewust gekozen voor een grote steekproefgrootte en een grote ruimtelijke spreiding zodat het onderzoek representatief is voor de hele provincie.

## 2.2 Veldwerk

Van elk meetpunt worden de volgende gegevens genoteerd: locatie (exacte GPS-coördinaten), datum van bezoek, waarnemer, omtrek van de bomen (in dm), aantal onderzochte bomen, boomsoort, codering voor het milieutype (zie Bijlage A in van der Kolk et al., 2023a), afstand tot het dichtstbij gelegen veehouderijbedrijf (in m) en de afstand tot de dichtstbij gelegen maïsakker (in m). Al deze gegevens behoren tot het standaardprotocol en zijn vanaf de start van het gestandaardiseerde meetnet voor alle meetpunten in alle provincies genoteerd. In de meetronde 2024 zijn als extra variabelen ook de afstand van de boomstam tot de wegrand (in dm) en lichtinval (percentage open lucht, gekeken vanaf de middelste boom naar het zuiden) genoteerd. Deze twee variabelen zijn in eerdere meetronden in Gelderland niet genoteerd. Niet alle in het veld genoteerde variabelen worden in dit onderzoek gebruikt in de analyse. Van elk meetpunt wordt een situatieschets overgenomen van de vorige meetronde of nieuw gemaakt. Binnen een bestaand meetpunt zijn soms één of twee bomen verdwenen door kap. Deze worden indien mogelijk met nieuwe bomen gecompenseerd. Per onderzochte boom worden alle aanwezige mossen en korstmossen genoteerd die tot een hoogte van 2 meter op de boom voorkomen. Vervolgens wordt per meetpunt de kwantiteit per soort genoteerd met een schaal 1-6 (Tabel 2.1).

**Tabel 2.1 Schaal voor het bepalen van de kwantiteit van een soort op een meetpunt.**

Kwantiteitsschaal	
1	slechts één exemplaar aanwezig
2	meerdere exemplaren op één boom
3	in kleine hoeveelheden op meer dan één maar op maximaal de helft van de bomen
4	gemiddeld meer dan 1 dm <sup>2</sup> op maximaal de helft van de bomen
5	in kleine hoeveelheden op meer dan de helft van de bomen
6	gemiddeld meer dan 1 dm <sup>2</sup> op meer dan de helft van de bomen

## 2.3 Berekening graadmeters

### 2.3.1 Soortenrijkdom korstmossen per meetpunt (AS)

De soortenrijkdom wordt berekend als het totaal aantal soorten korstmossen (dus exclusief mossen) dat in een meetpunt voorkomt. Alle soorten tellen even zwaar, het maakt dus niet uit op hoeveel bomen een soort voorkomt.

Er zijn een aantal soortcomplexen van korstmossen die in eerdere meetronden nog niet goed beschreven waren en daarom destijds niet zijn onderscheiden. In dit onderzoek worden deze soorten wel gesplitst bij de beschrijving van de resultaten van deze meetronde, maar samengevoegd bij vergelijkende analyses met eerdere meetronden, zodat verschillen in soortenrijkdom tussen eerdere meetronden en de steekproefronde in 2024 vergelijkbaar blijven. Het gaat om de volgende soortcomplexen:

- Boomvoetknoopjeskorst (*Bacidina sulphurella*) en Fijne knoopjeskorst (*B. adastrata*)
- Fijn bekermos (*Cladonia chlorophaea*) en Kopjesbekermos (*C. fimbriata*)
- Miskende schotelkorst (*Lecanora compallens*) en Bleekgroene schotelkorst (*L. expallens*)
- Rijpschildmos (*Punctelia jeckeri*) en Gestippeld schildmos (*P. subrudecta*)

### 2.3.2 Nitrofiële Indicatie Waarde (NIW)

De NIW (Nitrofiële Indicatie Waarde) is een graadmeter voor de ammoniakconcentratie in de lucht (zie 1.2 en 1.4). De berekening van de NIW gebeurt volgens de methode zoals beschreven door van Herk (2001). De NIW is gebaseerd op het gemiddelde aantal ammoniakminnende soorten (nitrofyten) dat op één boom in een meetpunt voorkomt. De per boom gescoorde presenties worden hierbij gesommeerd, waarna het gemiddeld aantal soorten per boom uitgerekend wordt. Komt een soort bijvoorbeeld op 4 van de 10 bomen voor, dan draagt deze soort 0,4 aan de NIW bij. Soorten die in ruime hoeveelheden aanwezig zijn (kwantiteit 4 of 6 in het meetpunt) worden dubbel geteld. Is een soort bijvoorbeeld op 4 van de 10 bomen aanwezig en in grote hoeveelheden (dus kwantiteit 4), dan draagt deze soort 0,8 aan de NIW bij. De nitrofyten die bijdragen aan de NIW zijn: *Athallia holocarpa*, *Candelariella aurella*, *Candelariella reflexa*, *Candelariella vitellina*, *Candelariella xanthostigma*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora hagenii*, *Lecanora muralis*, *Phaeophyscia nigricans*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia caesia*, *Physcia dubia*, *Physcia tenella*, *Polycauliona candelaria*, *Polycauliona phlogina*, *Polycauliona polycarpa*, *Rinodina oleae*, *Xanthoria calcicola* en *Xanthoria parietina*.

De waarden van de NIW variëren in de praktijk tussen 0 (geen indicatorsoorten aanwezig) en 12 (op een gemiddelde boom zijn 12 indicatorsoorten aanwezig), al zijn theoretisch hogere waarden mogelijk. In natuurgebieden met geen of nauwelijks ammoniakbelasting is de NIW doorgaans lager dan 0,5 (bijvoorbeeld delen van de Veluwe in 1990, zie van der Kolk et al., 2023a). In agrarische gebieden duidt een NIW-waarde lager dan 1,5 op een lage ammoniakbelasting. Een NIW-waarde tussen 1,5 en 5,0 duidt op matige belasting met ammoniak. Een NIW-waarde hoger dan 5,0 duidt op een hoge ammoniakbelasting en komt vooral voor in landbouwgebieden waar veel ammoniak wordt uitgestoten. Waarden hoger dan 7,0 duiden op een zeer hoge ammoniakbelasting. De NIW kan op meetpunten dicht bij veehouderijen oplopen tot boven 10,0.

De NIW verschilt tussen boomsoorten, omdat op boomsoorten met een voedselrijkere en meer basische schors (zoals populier en es) van nature meer nitrofyten groeien dan op bomen met een voedselarme en zure schors (eik). Om de NIW tussen verschillende boomsoorten te kunnen vergelijken wordt de NIW op meetpunten met populieren en essen gecorrigeerd. Hiervoor worden onderstaande formules gebruikt, die gebaseerd zijn op dosis-response relaties tussen NIW en ammoniakbelasting per boomsoort (van Herk, 1996b).

Voor Canadapopulier:  $NIW_{QU} = 0,73 NIW_{PO} - 1,03$

Voor es:  $NIW_{QU} = 1,50 NIW_{FR} - 6,34$

### 2.3.3 Acidofiele Indicatie Waarde (AIW)

De AIW (Acidofiele Indicatie Waarde) is een omgekeerde graadmeter voor de ammoniakconcentratie in de lucht en vooral indicatief voor de zuurgraad van de schors (zie 1.2 en 1.4). De berekening van de AIW is gelijk aan die van de NIW, maar met een set ammoniakmijdende soorten. De acidofyten die bijdragen aan de AIW zijn: *Chaenotheca ferruginea*, *Cladonia* soorten (geaggregeerd), *Evernia prunastri*, *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, *Lecanora aitema*, *Lecanora conizaeoides*, *Lecanora pulicaris*, *Lepraria incana*, *Ochrolechia microstictoides*, *Parmelia*

*saxatilis*, *Parmeliopsis ambigua*, *Placynthiella icmalea*, *Platismatia glauca*, *Protoparmelia oleagina*, *Pseudevernia furfuracea*, *Trapeliopsis granulosa*, *Trapeliopsis flexuosa*, *Tuckermannopsis chlorophylla* en *Usnea* soorten (geaggregeerd).

Net als de NIW, varieert de AIW in de praktijk tussen 0 en 12. Voor de AIW geldt dat hoge waarden van boven 8,0 vroeger in veel uitgestrekte natuurgebieden die niet onder invloed waren van ammoniak nog voorkwamen (bijvoorbeeld delen van de Veluwe in 1990, zie van der Kolk et al., 2023a). Tegenwoordig liggen de maximale AIW-waarden in de gebieden die het minst door ammoniak zijn beïnvloed rond de 7,0 (zie bijvoorbeeld van der Kolk et al., 2023a), maar in de meeste natuurgebieden is de AIW gedaald tot beneden de 5,0. Als vrijwel alle zuurminnende korstmossen op een meetpunt verdwenen zijn, is de AIW zeer laag (<1,0) en kan geen verdere daling van de AIW meer plaatsvinden. Hier moet rekening mee gehouden worden bij het interpreteren van de resultaten.

In tegenstelling tot de NIW, kan de AIW niet worden gecorrigeerd per boomsoort. In Nederland worden er meestal geen zuurminnende korstmossen op essen en populieren aangetroffen (hoewel in gebieden zonder ammoniak zuurminnende korstmossen wel degelijk op deze boomsoorten kunnen groeien). Het gevolg is dat de AIW in de praktijk op meetpunten met essen of populieren vrijwel altijd op 0 uitkomt. Het is hierdoor onmogelijk om te bepalen wat de AIW geweest zou zijn als op dezelfde locatie als het meetpunt zou bestaan uit zomereiken.

#### 2.3.4 Community temperature index

De Community Temperature Index (in graden Celsius) geeft het gemiddelde van de temperatuur van het Europese verspreidingsgebied van de korstmossoorten weer die in een opname voorkomen (Sparrus et al, 2018). Voor dit doel is eerst van elke soort de Species Temperature Index berekend. De Species Temperatuur Index wordt bepaald door de gemiddelde temperatuur van het Europese verspreidingsgebied van die soort (Sparrus et al., 2008). De Community Temperature Index wordt vervolgens berekend door de Species Temperature Index van alle aangetroffen soorten te middelen (Devictor et al., 2008). De soorten worden bij de berekening gewogen op kwantiteit, waarbij een soort met kwantiteitswaarde 2 en 3 respectievelijk twee en drie keer zo zwaar meetelt als een soort met kwantiteitswaarde 1. Kwantiteitswaarden 4 en 5 tellen bij de weging even zwaar, omdat kwantiteitswaarden van 4 nauwelijks voorkomen (1,3% van het totaal aantal waarnemingen). Soorten met kwantiteitswaarden 4 en 5 tellen vier keer, en kwantiteitswaarde 6 tellen vijf keer zo zwaar mee als soorten met kwantiteitswaarde 1.

## 2.4 Kenmerken van de meetpunten en omgevingsvariabelen

Hieronder worden de kenmerken van de meetpunten en omgevingsvariabelen besproken die van belang zijn of gebruikt worden in de analyse.

### 2.4.1 Boomsoort

De boomsoort die op het meetpunt onderzocht is. In de steekproefronde 2024 is in Gelderland op 173 meetpunten (86,5% van het totaal van 200 meetpunten) gebruik gemaakt van zomereik (*Quercus robur*) en op 4 meetpunten (2,0% van het totaal) van wintereik (*Quercus petraea*). In het rivierenland zijn eiken niet altijd voorhanden. Hier is daarom voor een deel gebruik gemaakt van andere boomsoorten, namelijk Canadapopulier (*Populus x canadensis*; 9 meetpunten, 4,5% van het totaal), es (*Fraxinus excelsior*; 13 meetpunten, 6,5% van het totaal) en okkernoot (*Juglans regia*; 1 meetpunt, 0,5% van het totaal).



## 2.4.2 Aantal bomen per meetpunt

Het aantal bomen dat op een meetpunt onderzocht is. In de steekproefronde 2024 werden er op 82,5% (165 van 200 totaal) van de meetpunten 10 bomen onderzocht. Op 3,0% (6 van 200 totaal) van de meetpunten werden er minder dan vier bomen onderzocht. Vaak betreffen dit meetpunten in gebieden waar weinig eikenbomen voorhanden zijn, bijvoorbeeld in uitgestrekte heidevelden of dennenbossen.

## 2.4.3 Regio

De meetpunten zijn opgedeeld in zes regio's (Figuur 2.1): **Gelderse Vallei** (30 meetpunten in steekproefronde 2024), **Veluwe** (65 meetpunten), **IJsselvallei** (31 meetpunten), **Achterhoek** (40 meetpunten), **Rivierenland west** (12 meetpunten) en **Rivierenland oost** (22 meetpunten). De regio's Gelderse Vallei, IJsselvallei en Achterhoek bestaan geheel of grotendeels uit meetpunten in agrarisch gebied.

## 2.4.4 Biotoop

De meetpunten die in de steekproefronde 2024 zijn onderzocht zijn ingedeeld per biotoop. Van de 200 onderzochte meetpunten lagen er 84 in **natuurgebieden** en 116 in **agrarische gebieden**. Er zijn in deze steekproefronde geen meetpunten in bebouwde gebieden onderzocht.

## 2.4.5 Natura 2000-gebieden

Om de situatie en veranderingen in Natura 2000-gebieden te analyseren is voor elk meetpunt bepaald of deze zich in of op de rand van een Natura 2000-gebied bevindt. Omdat in sommige Natura 2000-gebieden geen geschikte bomen staan die kunnen dienen als meetpunt, zijn meetpunten die zich minder dan 100 meter van de rand van het Natura 2000-gebied bevinden ook meegenomen in de analyse. In totaal zijn er 73 meetpunten onderzocht die binnen begrenzing van Natura 2000-gebied liggen en 21 meetpunten die op een afstand van minder dan 100 meter van een Natura 2000-gebied liggen.

**Tabel 2.2 Aantal onderzochte meetpunten in de steekproefronde 2024 die in een Natura 2000-gebied liggen of binnen een afstand van 100 meter tot de grens van een Natura 2000-gebied. Er liggen momenteel geen meetpunten in of binnen een afstand van 100 meter van het Natura 2000-gebied Willinks Weust.**

Natura 2000-gebied	Binnen begrenzing	<100 meter	Totaal
Bekendelle	1		1
Binnenveld		1	1
De Bruuk		2	2
Korenburgerveen	2	1	3
Landgoederen Brummen	3	2	5
Lingegebied & Diefdijk-Zuid		3	3
Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem <sup>1</sup>		1	1
Rijntakken	3	8	11
Stelkampsveld	1		1
Veluwe	63	2	65
Wooldse Veen		1	1
<b>TOTAAL</b>	<b>73</b>	<b>21</b>	<b>94</b>

<sup>1</sup>Het meetpunt ligt bij deelgebied Loevestein. De deelgebieden Pompveld en Kornsche Boezem liggen in de provincie Noord-Brabant.

## 2.5 Analyse

### 2.5.1 Trends van graadmeters

Voor elk meetpunt zijn voor elk bezoek alle graadmeters berekend, namelijk soortenrijkdom korstmossen per meetpunt, NIW, AIW en Community Temperature Index (zie 2.3).

#### 2.5.1.1 Provinciale trends 1989-2024

Veranderingen in de hele provincie tussen 1989 en 2024 zijn geanalyseerd met mixed effects modellen. Voor elk van de vier graadmeters is een mixed effects model gemaakt, met de graadmeter als responsvariabele, meetronde (factor met zes levels: 1989-90, 1994, 1997, 2002-03, 2021-22 of 2024) als verklarende variabele en meetpuntnummer als random effect. Hierbij moet bedacht worden dat de steekproef in 1997, en in mindere mate ook in 1994, geen goede representatie is voor de hele provincie. De gemodelleerde veranderingen tussen 1994 en 2002-03 zijn vooral een representatie voor de Gelderse Vallei en niet voor de hele provincie. Dit is in de trendgrafieken steeds met een stippellijn weergegeven.

#### 2.5.1.2 Veranderingen tussen 2021 en 2024

De veranderingen tussen de meetronde 2021-22 en de steekproefronde 2024 zijn in detail geanalyseerd door voor de 196 herhaalde meetpunten de veranderingen in de graadmeters per regio en per biotoop te berekenen. De significantie van de veranderingen is berekend met behulp van mixed effects modellen, met de graadmeter als responsvariabele, meetronde (factor met twee levels: 2021-22 of 2024) en regio (zes levels: Gelderse Vallei, Veluwe, IJsselvallei, Achterhoek, Rivierenland west of Rivierenland oost) óf biotoop (factor met twee levels: agrarisch gebied of natuurgebied) als verklarende variabelen, en meetpuntnummer als random effect.

### 2.5.2 Trendberekeningen soorten

Voor het berekenen van de trend (tussen 2021-22 en 2024) zijn alleen de gegevens van de 196 meetpunten gebruikt die in zowel 2021-22 als 2024 zijn bezocht. In Bijlage A wordt voor alle soorten korstmossen het aantal meetpunten getoond waarin de soort in de meetronden 2021-22 en 2024 is aangetroffen. Ook is de som van de kwantiteit berekend door de kwantiteitswaardes van een soort voor alle meetpunten bij elkaar op te tellen. De kwantiteitssom geeft een indruk of een soort op de meetpunten vaak in lage kwantiteit of juist in hoge kwantiteit voorkomt. De significantie van het verschil in voorkomen van een soort tussen de meetronde 2021-22 en meetronde 2024 is vervolgens berekend in een mixed effects model analyse waarbij het meetpuntnummer is gebruikt als random effect.

### 2.5.3 Natura 2000-gebieden

#### 2.5.3.1 Indicatiewaarden

Om de situatie in Natura 2000-gebieden beter te beoordelen zijn de indicatiewaarden (NIW en AIW) per Natura 2000-gebied berekend. Hiervoor zijn de meetpunten gebruikt die in Natura 2000-gebieden liggen of binnen een afstand van 100 meter tot de grens (Tabel 2.2). De gemiddelden voor meetronde 2024 zijn berekend (n=94). Daarnaast is ook het gemiddelde verschil met de meetronde 2021-22 berekend, op basis van alleen de meetpunten die herhaald zijn (n=90).

#### 2.5.3.2 Ammoniakconcentraties en neerslag

Om de resultaten van het korstmossenmeetnet te kunnen interpreteren worden ook metingen van het RIVM en KNMI gepresenteerd. Jaarlijkse gebiedsgemiddelden van ammoniakconcentraties in de lucht in Gelderse Natura 2000-gebieden zijn overgenomen van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden van het RIVM ([man.rivm.nl](http://man.rivm.nl)). De jaarlijkse neerslagsom is berekend voor het KNMI weerstation in Deelen, op basis van de daggegevens ([knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens](http://knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens)).

#### 2.5.4 Vergelijking graadmeters met andere provincies

Om de resultaten uit het korstmossenmeetnet in Gelderland in breder perspectief te plaatsen zijn de veranderingen in de NIW en AIW vergeleken met de veranderingen in andere provincies waar het meetnet wordt uitgevoerd. Hiervoor zijn de gegevens van de NIW en AIW uit andere provincies overgenomen voor Drenthe (van Herk, 2023), Friesland (van der Kolk et al., 2020), Groningen (van der Kolk et al., 2023b), Overijssel (van Herk, 2021), Utrecht (van Herk, 2019b), Noord-Brabant (van der Kolk et al., 2024) en Zeeland (van Herk, 2019c).

## 3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden eerst de huidige staat en de veranderingen over de tijd voor de vier graadmeters besproken, namelijk soortenrijkdom korstmossen (3.1), stikstofminnende korstmossen (NIW, 3.2), stikstofgevoelige korstmossen (AIW, 3.3) en Community Temperature Index als graadmeter voor klimaatverandering (3.4). Daarna worden de effecten van ammoniak op korstmossen in Natura 2000-gebieden geanalyseerd (3.5). Tenslotte worden de veranderingen in de NIW en AIW vergeleken tussen acht provincies (3.6).

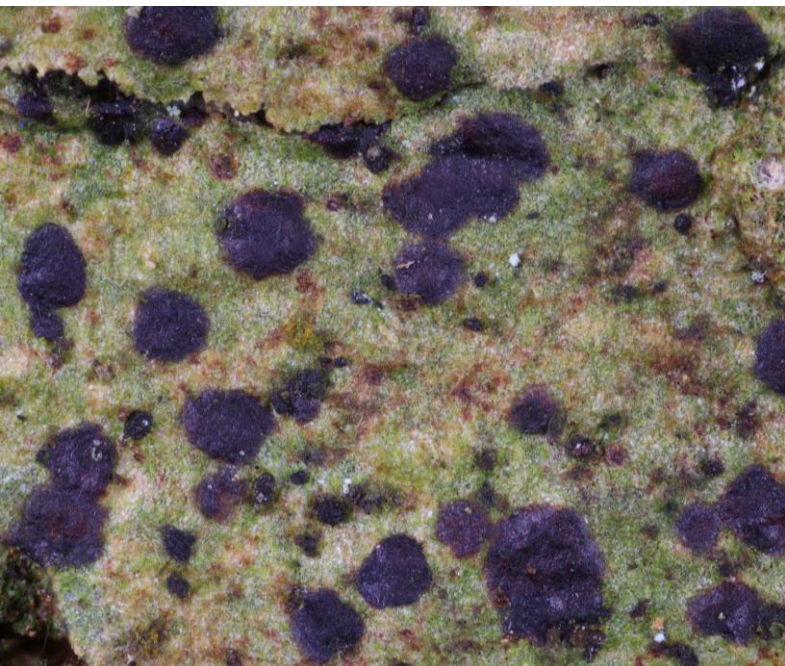
### 3.1 Soortenrijkdom korstmossen

#### 3.1.1 Soortensamenstelling en Rode Lijst soorten

In de provincie Gelderland zijn er in de steekproefronde 2024 in totaal 173 soorten korstmossen aangetroffen (Bijlage A). In vergelijking met dezelfde meetpunten in de meetronde 2021-22, zijn er 12 soorten korstmossen verdwenen en 17 korstmossen nieuw verschenen. Verdwenen soorten zijn onder andere de zuurminnende soorten gewone tandpastakorst (*Ochrolechia androgyna*) en wrattige tandpastakorst (*Ochrolechia subviridis*), en het zeer zeldzame eikenschildmos (*Parmelina quercina*), die in 2024 door het uitgroeien van zijtakjes uit de stam afgestorven bleek. Nieuw verschenen zijn enkele soorten die momenteel sterk toenemen in jonge bossen, zoals purperknoopjeskorst (*Bacidia laurocerasi*) en gewoon schriftmos (*Graphis scripta*), en ook soorten die door klimaatverandering toenemen, zoals witkopvingermos (*Phycia tribacioides*) en dragonderdooiermos (*Xanthomendoza huculica*).

Tussen 2021-22 en 2024 zijn 11 soorten significant afgenomen en 23 soorten significant toegenomen (Bijlage A). De soorten die het sterkst zijn afgenomen betreffen de stikstofminnende korstmossen heksenvingermos (*Phycia tenella*), klein dooiermos (*Polycauliona polycarpa*), kroezig dooiermos (*Polycauliona polycarpa*) en groot dooiermos (*Xanthoria parietina*). Ook melig takmos (*Ramalina farinacea*) en trompettakmos (*Ramalina fastigiata*) laten een significante afname zien.

Soorten die significant zijn toegenomen zijn veel soorten die samenleven met *Trentepohlia*-algen en profiteren van klimaatverandering, zoals valse knoopjeskorst (*Coenogonium pineti*), purperkring (*Dendrographa decolorans*), kort schriftmos (*Alyxoria varia*), verzonken schriftmos (*Pseudoschismatomma rufescens*) en inktspatkorst (*Arthonia spadicea*). Daarnaast zijn ook hamsteroortje (*Normandina pulchella*), gewone kraterkorst (*Caloplaca obscurella*), aspergekorst (*Jamesiella anastomosans*) en glanzend boomschildmos (*Melanelixia glabratula*) sterk toegenomen.



Inktspatkorst (*Arthonia spadicea*; links) en Valse knoopjeskorst (*Coenogonium pineti*; rechts) zijn tussen 2021-22 en 2024 significant toegenomen. Beide soorten komen vooral op beschaduwde bomen voor.



Van de blad- en struikvormige soorten is glanzend boomschildmos (*Melanelixia glabrata*) tussen 2021-22 en 2024 het meest toegenomen.

Van de aangetroffen soorten korstmossen staan er 23 op de Rode Lijst (Sparrius et al., 2023), 10 als Gevoelig, 7 als Kwetsbaar, 5 als Bedreigd en 1 als Verdwenen (Tabel 3.1). Rood schorsvlekje (*Coniocarpon cinnabarinum*) staat als Verdwenen op de Rode Lijst, maar is in de afgelopen tien jaar op tientallen plekken in Nederland nieuw gevonden, mogelijk door klimaatverandering. In vergelijking met dezelfde meetpunten in 2021-22, zijn er vier Rode Lijst soorten verdwenen en drie soorten nieuw verschenen (Tabel 3.1). Gewoon schubjesmos (*Hypocenomyce scalaris*) en groene schotelkorst (*Lecanora conizaeoides*), allebei zuurminnende en stikstofgevoelige soorten, zijn sterk afgenomen. Soredieus oogje (*Micarea microsorediata*) is juist sterk toegenomen, wat deels komt doordat de soort eerder werd verward met groenoogje (*M. viridisorediata*) en bosoogje (*M. micrococca*).

**Tabel 3.1** Vergelijking tussen het aantal meetpunten waarop Rode Lijst soorten korstmossen zijn aangetroffen in de meetronden 2021-22 en 2024 voor 196 meetpunten die in beide meetronden zijn onderzocht. RL: Rode Lijst status, GE = Gevoelig, KW = Kwetsbaar, BE = Bedreigd, EB = Ernstig bedreigd, VN = Verdwenen. zzz: Landelijke zeldzaamheid, a = algemeen, z = schaars, zz = zeldzaam, zzz = zeer zeldzaam. 2021-22 en 2024: Aantal meetpunten (van 196) waar de soort in respectievelijk 2021-22 en 2024 werd aangetroffen. Verandering: Verschil in aantal meetpunten tussen 2021-22 en 2024.

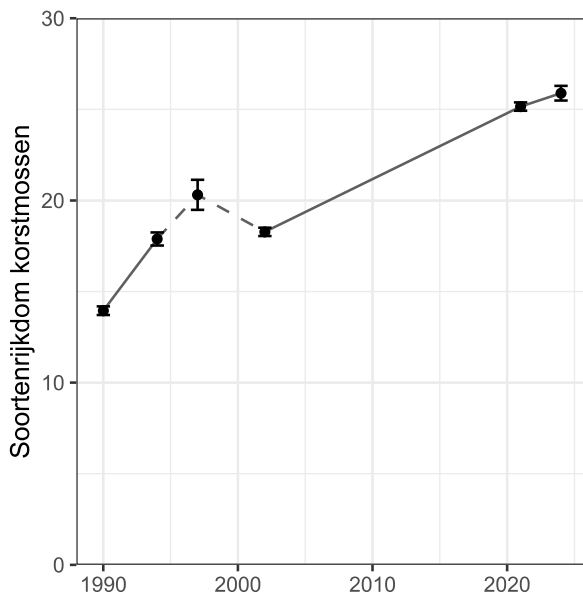
Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	RL	zzz	2021-22	2024	Verandering
<i>Bacidia laurocerasi</i>	Purperknoopjeskorst	KW	zz	0	1	+1
<i>Buellia schaereri</i>	Klein strontjesmos	GE	zzz	1	1	0
<i>Caloplaca cerina</i>	Oranje boomzonnetje	GE	zzz	1	0	-1
<i>Catillaria flexuosa</i>		GE	zzz	3	3	0
<i>Coniocarpon cinnabarinum</i>	Rood schorsvlekje	VN	zz	0	1	+1
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	Gewoon schubjesmos	KW	z	30	26	-4
<i>Hypogymnia physodes</i>	Gewoon schorsmos	GE	a	12	12	0
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Witkopschorsmos	GE	a	2	1	-1
<i>Lecanora conizaeoides</i>	Groene schotelkorst	KW	z	10	3	-7
<i>Micarea microsorediata</i>	Soredieus oogje	GE	zz	1	21	+20
<i>Ochrolechia androgyna</i>	Gewone tandpastakorst	KW	z	2	0	-2
<i>Ochrolechia microstictoides</i>	Bostandpastakorst	BE	zz	2	2	0
<i>Ochrolechia subviridis</i>	Wrattige tandpastakorst	GE	zzz	1	0	-1
<i>Ochrolechia turneri</i>	Valse kringkorst	BE	zz	1	1	0
<i>Parmelina quercina</i>	Eikenschildmos	GE	zzz	1	0	-1
<i>Pertusaria amara</i>	Ananaskorst	KW	z	6	4	-2
<i>Physcia tribacia</i>	Lobjesvingermos	GE	zzz	2	3	+1
<i>Physconia distorta</i>	Fors rijpmos	KW	z	4	4	0
<i>Protoparmelia hypotremella</i>	Grijze spijkerdrager	KW	zz	3	2	-1
<i>Protoparmelia oleagina</i>	Bruine spijkerdrager	BE	zz	2	3	+1
<i>Ramalina lacera</i>	Waaiertakmos	BE	zz	2	2	0
<i>Scoliosporum pruinosum</i>	Berijpte spiraalkorst	GE	zzz	2	3	+1
<i>Sporodophoron cretaceum</i>	Witkring	GE	zzz	1	1	0
<i>Usnea hirta</i>	Bleek baardmos	BE	zz	1	1	0
<i>Usnea rubicunda</i>	Rood baardmos	GE	zzz	1	1	0
<i>Violella fucata</i>	Trilzwamkorst	KW	zz	7	3	-4
<i>Xanthomendoza huculica</i>	Dragonderdooiermos	GE	zzz	0	5	+5



Klein strontjesmos (*Buellia schaereri*) komt in het meetnet in Gelderland op één meetpunt voor. De soort lijkt op een kleine versie van het zeer algemene vliegenstrontjesmos (*Amandinea punctata*). Klein strontjesmos is landelijk zeer zeldzaam en groeit meestal op zeer oude eikenbomen.

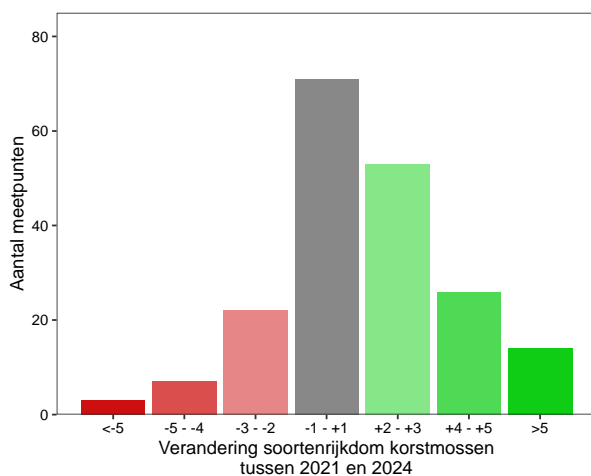
### 3.1.2 Soortenrijkdom korstmossen per meetpunt

De gemiddelde soortenrijkdom per meetpunt is in Gelderland sinds de start van het gestandaardiseerde meetnet in 1989-90 sterk toegenomen (Figuur 3.1), van 13,9 soorten per meetpunt in 1989-90, 18,3 soorten in 2002-03, 25,2 soorten in 2021-22 en 25,9 soorten in 2024. De soortenrijkdom is dus ook na de vorige meetronde in 2021-22 nog verder toegenomen, maar de snelheid is iets afgenomen (+0,25 soorten per jaar tussen 2021-22 en 2024, in vergelijking met +0,36 soorten per jaar tussen 2002-03 en 2021-22).



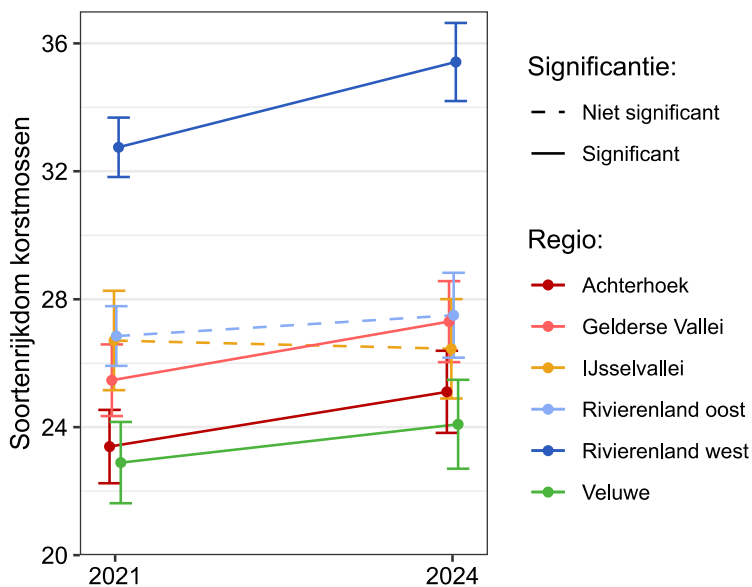
**Figuur 3.1** Gemiddelde soortenrijkdom korstmossen per meetpunt voor de hele provincie Gelderland tussen 1990 en 2024. Weergegeven zijn de gemiddelde soortenrijkdom per meetpunt per meetronde ( $\pm$  standaardfout) op basis van mixed effects modelanalyse. Omdat in 1997 alleen meetpunten in de Gelderse Vallei zijn onderzocht, is de trend tussen 1994 en 2002 (stippellijn) een weerspiegeling van de veranderingen in de Gelderse Vallei en waarschijnlijk niet representatief voor heel Gelderland.

Tussen 2021-22 en 2024 is de soortenrijkdom korstmossen op 48% (93 van 196) van de herhaalde meetpunten met twee of meer soorten toegenomen. Op 16% (32 van 196) van de meetpunten is de soortenrijkdom juist met twee of meer soorten afgenomen. Op 36% (71 van 196) van de meetpunten is de soortenrijkdom met niet meer dan één soort toe- of afgenomen (Figuur 3.2).

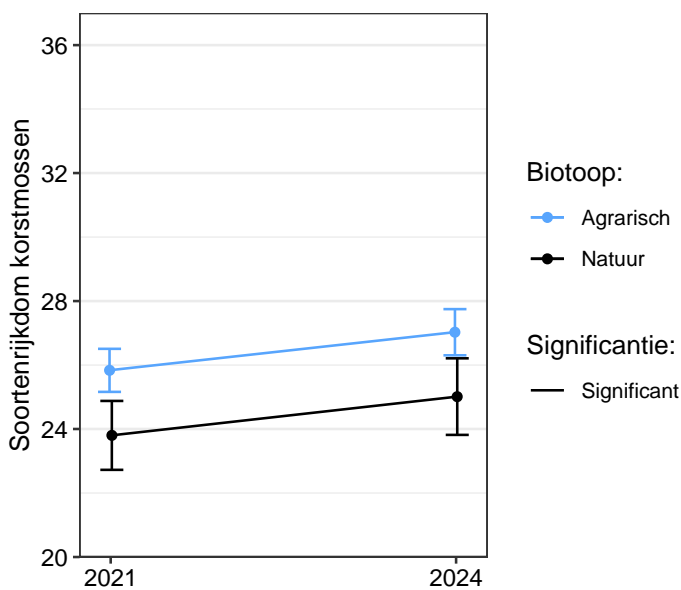


**Figuur 3.2** Verandering in soortenrijkdom korstmossen per meetpunt tussen 2021-22 en 2024 voor 196 meetpunten die in beide meetronden zijn onderzocht. Groene balken indiceren een verbetering (toename soortenrijkdom) en rode balken een verslechtering (afname soortenrijkdom)

In vier van de zes regio's is de soortenrijkdom tussen 2021-22 en 2024 significant toegenomen (Figuur 3.3). In de regio's met vooral agrarische meetpunten, is de soortenrijkdom tussen 2021-22 en 2024 significant toegenomen in de Gelderse Vallei en Achterhoek, maar niet toegenomen in de IJsselvallei. Ook in de regio Rivierenland oost is de soortenrijkdom niet significant veranderd. De soortenrijkdom is tussen 2021-22 en 2024 significant toegenomen in zowel natuurgebieden als agrarische gebieden (Figuur 3.4).



**Figuur 3.3** Verandering in soortenrijkdom korstmossen per regio tussen de meetronden 2021-22 en 2024. Een doorgetrokken lijn geeft aan dat de verandering tussen de twee meetronden in die regio significant is.

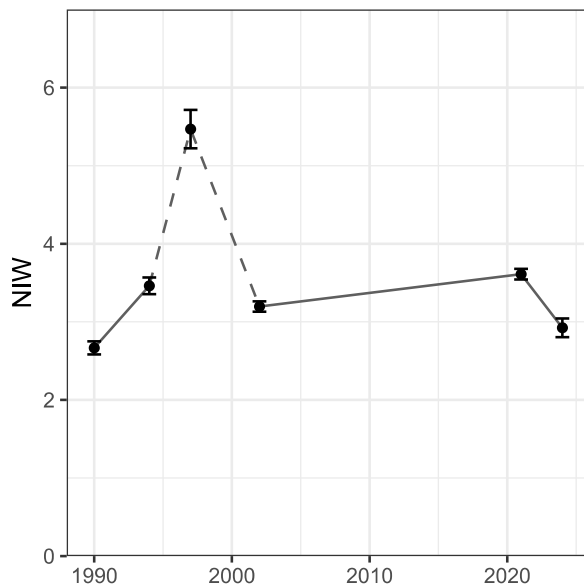


**Figuur 3.4** Verandering in soortenrijkdom korstmossen per biotoop tussen de meetronden 2021-22 en 2024. Een doorgetrokken lijn geeft aan dat de verandering tussen de twee meetronden in dat biotoop significant is.



### 3.2 Nitrofyten (NIW)

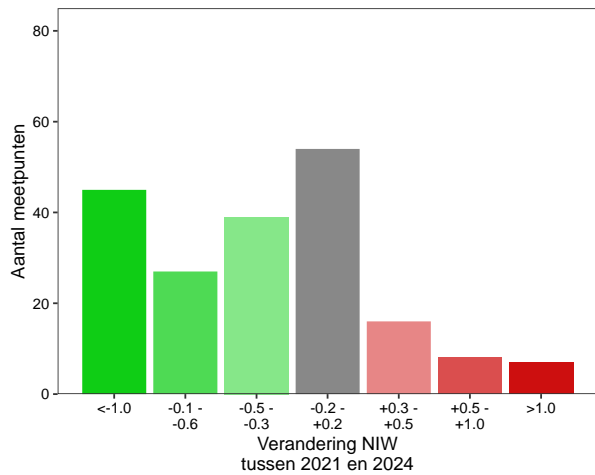
De indicatiewaarde voor nitrofytische korstmossen, de NIW, was in 2024 gemiddeld 2,9 en daarmee lager dan het gemiddelde van 3,6 in 2021-22 (Figuur 3.5). Het betreft een relatief sterke daling nadat de NIW tussen 2002-03 en 2021-22 juist iets was toegenomen, van 3,2 in 2021-22 naar 3,6 in 2021-22. De meeste soorten stikstofminnende soorten die bijdragen aan de NIW zijn tussen 2021-22 en 2024 afgenomen (Bijlage A). Er zijn wel verschillen in de trends van soorten die indicatief zijn voor stikstof. Heksenvingermos (*Physcia tenella*), klein dooiermos (*Polycauliona polycarpa*), kroezig dooiermos (*Polycauliona polycarpa*), Poedergeelkorst (*Candelariella reflexa*) en groot dooiermos (*Xanthoria parietina*) zijn sinds 2021-22 duidelijk en significant afgenomen. Daartegenover staat dat stoepbrandvingermos (*Physcia caesia*) en fijne geelkorst (*Candelariella xanthostigma*) juist zijn toegenomen. De tegengestelde trends van nitrofytische korstmossen kunnen worden verklaard doordat veel soorten behalve op ammoniak ook reageren op klimaatverandering. Hier is bij het samenstellen van de NIW in 1989 al rekening mee gehouden, en soorten die door klimaatverandering toe- en afnemen zijn met elkaar in balans, waardoor de NIW een goede graadmeter is voor veranderingen in de ammoniakbelasting.



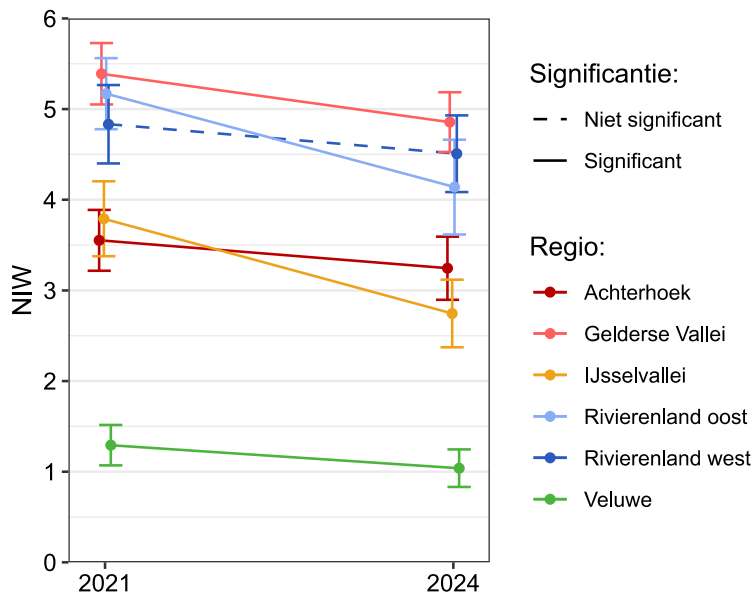
**Figuur 3.5 Gemiddelde NIW voor de hele provincie Gelderland tussen 1990 en 2024. Weergegeven is de gemiddelde NIW per meetronde ( $\pm$  standaardfout) op basis van mixed effects modelanalyse. Omdat in 1997 alleen meetpunten in de Gelderse Vallei zijn onderzocht, is de trend tussen 1994 en 2002 (stippellijn) een weerspiegeling van de veranderingen in de Gelderse Vallei en waarschijnlijk niet representatief voor heel Gelderland.**

Tussen 2021-22 en 2024 is de NIW op 57% (111 van 196) van de herhaalde meetpunten met minimaal 0,3 punten afgenomen. Op 16% (31 van 196) van de meetpunten is de NIW juist met minimaal 0,3 punten toegenomen. Op 27% (54 van 196) van de meetpunten is de NIW weinig veranderd en met maximaal 0,2 punten toe- of afgenomen (Figuur 3.6).

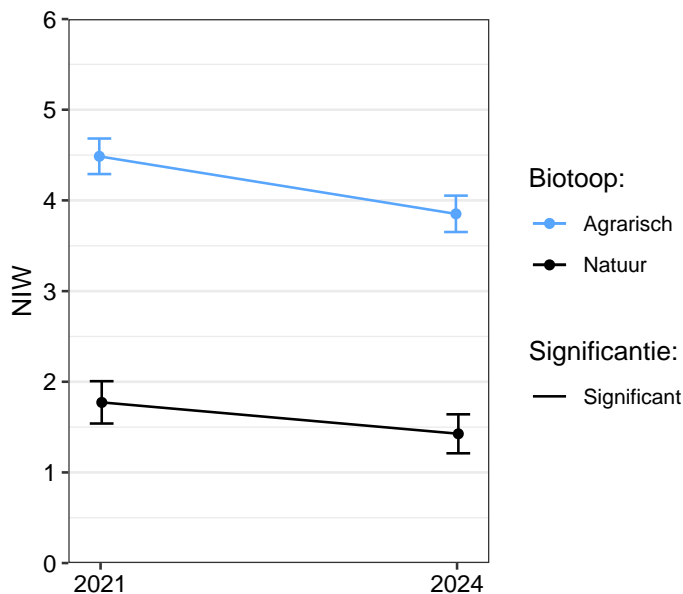
In alle regio's is de NIW tussen 2021-22 en 2024 afgenomen en in vijf van de zes regio's is de afname significant (Figuur 3.7). In alle drie de regio's met vooral agrarische meetpunten, Gelderse Vallei, IJsselvallei en Achterhoek, is de NIW significant afgenomen. Alleen in de regio Rivierenland west is de afname van de NIW niet significant. De afname van de NIW tussen 2021-22 en 2024 is significant in zowel natuurgebieden als agrarische gebieden (Figuur 3.8).



**Figuur 3.6** Verandering in de NIW per meetpunt tussen 2021-22 en 2024 voor 196 meetpunten die in beide meetronden zijn onderzocht. Groene balken indiceren een verbetering (afname NIW) en rode balken een verslechtering (toename NIW).



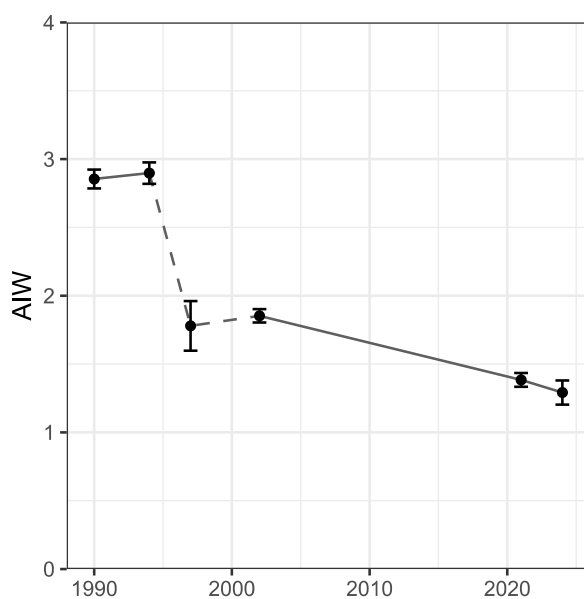
**Figuur 3.7** Verandering in de NIW per regio tussen de meetronden 2021-22 en 2024. Een doorgetrokken lijn geeft aan dat de verandering tussen de twee meetronden in die regio significant is.



**Figuur 3.8** Verandering in de NIW per biotoop tussen de meetronden 2021-22 en 2024. Een doorgetrokken lijn geeft aan dat de verandering tussen de twee meetronden in dat biotoop significant is.

### 3.3 Acidofyten (AIW)

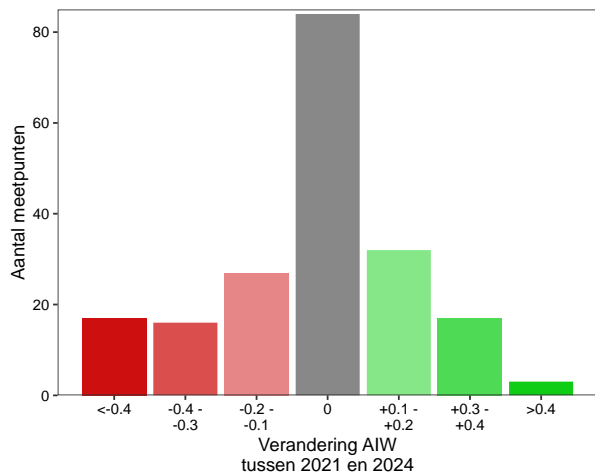
De indicatiewaarde voor stikstofgevoelige korstmossen, de AIW, is sinds 2021-22 verder afgenomen, van 1,38 in meetronde 2021-22 naar 1,29 in meetronde 2024 (Figuur 3.9). De meeste stikstofgevoelige soorten zijn al grotendeels of geheel uit het meetnet in Gelderland verdwenen. Van de soorten die nog wel voorkomen, zijn groene schotelkorst (*Lecanora conizaeoides*) en gewoon schubjesmos (*Hypocenomyce scalaris*) tussen 2021-22 en 2024 significant afgenomen. Veel andere soorten laten een niet-significante afname zien, waaronder eikenmos (*Evernia prunastri*), roestbruin schorssteeltje (*Chaenotheca ferruginea*) en avocadomos (*Parmeliopsis ambigua*). Alleen gewone poederkorst (*Lepraria incana*) en beermossen (*Cladonia* soorten) zijn tussen 2021-22 en 2024 iets toegenomen. Onder de zuurminnende korstmossen zijn dit nog relatief ongevoelige soorten, en op veel meetpunten de enige overgebleven soorten die meetellen voor de AIW.



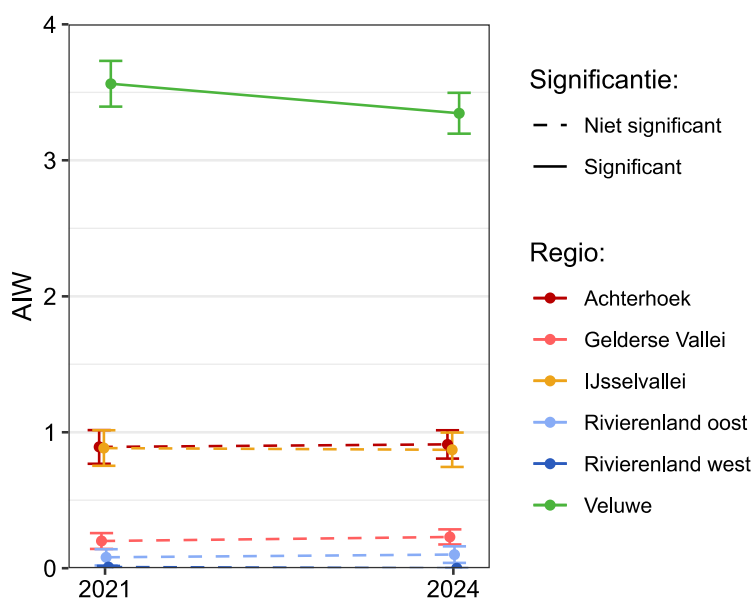
**Figuur 3.9** Gemiddelde AIW voor de hele provincie Gelderland tussen 1990 en 2024. Weergegeven is de gemiddelde AIW per meetronde ( $\pm$  standaardfout) op basis van mixed effects modelanalyse. Omdat in 1997 alleen meetpunten in de Gelderse Vallei zijn onderzocht, is de trend tussen 1994 en 2002 (stippellijn) een weerspiegeling van de veranderingen in de Gelderse Vallei en waarschijnlijk niet representatief voor heel Gelderland.

Tussen 2021-22 en 2024 is de AIW op 31% (60 van 196) van de herhaalde meetpunten afgenomen. Op 26% (52 van 196) van de meetpunten is de AIW toegenomen. Op de meetpunten waar de AIW is afgenomen is er relatief vaak sprake van een grote afname, terwijl er bij een toename vrijwel nooit sprake is van een grote toename (vergelijk verandering van AIW  $<-0.4$  met verandering van AIW  $>0.4$  in Figuur 3.10). Op 43% (84 van 196) van de meetpunten is de AIW onveranderd (Figuur 3.10). De toename betreft vooral meetpunten waar gewone poederkorst (*Lepraria incana*) of beermossen (*Cladonia* soorten) zich op meer bomen hebben gevestigd. Op 43 van de 84 meetpunten waar de AIW onveranderd is was de AIW in zowel 2021-22 als in 2024 nul.

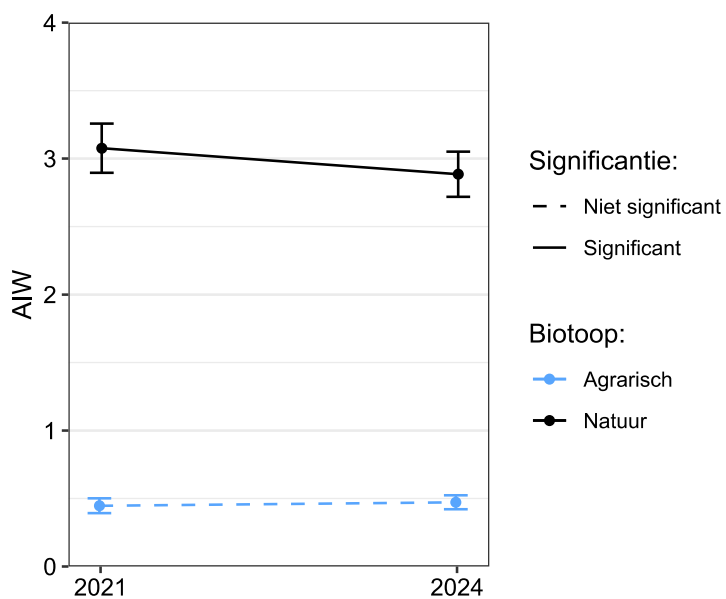
De AIW is tussen 2021-22 en 2024 significant afgenomen op de Veluwe maar niet significant veranderd in de andere vijf regio's (Figuur 3.11). In de regio's met vooral agrarische meetpunten, Gelderse Vallei, IJsselvallei en Achterhoek, was de AIW in 2021-22 al laag en kon deze daardoor niet nog verder afnemen. De afname van de AIW tussen 2021-22 en 2024 is daardoor significant in natuurgebieden, maar niet in agrarische gebieden (Figuur 3.12). Beide resultaten reflecteren vooral dat er in 2021-22 nog relatief veel stikstofgevoelige soorten voorkwamen op de Veluwe (waar de meeste meetpunten in natuurgebied liggen), terwijl de gemiddelde AIW in alle andere regio's en in agrarische gebied al beneden 1,0 lag (Figuren 3.11-3.12). Hier kan de AIW dus nauwelijks nog verder dalen.



**Figuur 3.10** Verandering in de AIW per meetpunt tussen 2021-22 en 2024 voor 196 meetpunten die in beide meetronden zijn onderzocht. Groene balken indiceren een verbetering (toename AIW) en rode balken een verslechtering (afname AIW).



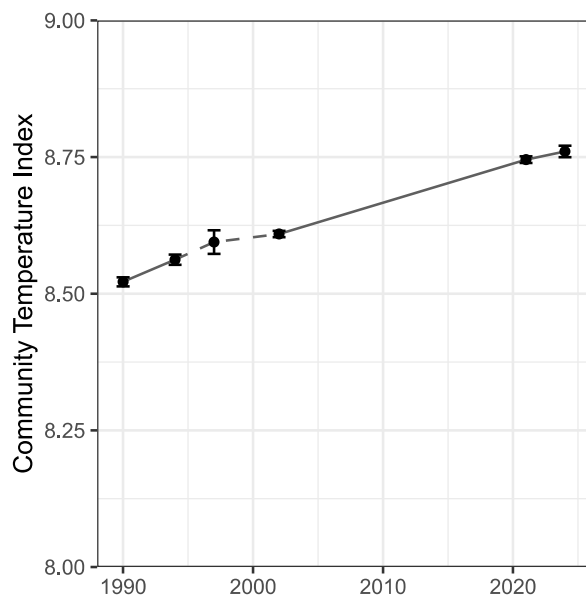
**Figuur 3.11** Verandering in de AIW per regio tussen de meetronden 2021-22 en 2024. Een doorgetrokken lijn geeft aan dat de verandering tussen de twee meetronden in die regio significant is.



**Figuur 3.12** Verandering in de AIW per biotoop tussen de meetronden 2021-22 en 2024. Een doorgetrokken lijn geeft aan dat de verandering tussen de twee meetronden in dat biotoop significant is.

### 3.4 Klimaat

Dankzij het meetnet voor epifytische korstmossen in Nederland is al aangetoond dat korstmossen reageren op klimaatverandering (van Herk et al., 2002). De effecten van klimaatverandering op korstmossen zijn in Gelderland onderzocht door de Community Temperature Index te berekenen. De Community Temperature Index is het gemiddelde van de temperatuur van het Europese verspreidingsgebied van de korstmossoorten die in een opname voorkomen. De index neemt in Gelderland al sinds de start van het gestandaardiseerde meetnet in 1990 toe, en is ook de laatste jaren verder toegenomen, van 8,745°C in 2021-22 naar 8,760°C in 2024. De toename van de Community Temperature Index duidt op een relatieve toename van zuidelijke, warmteminnende soorten.



**Figuur 3.13 Gemiddelde Community Temperature Index per meetpunt voor de hele provincie Gelderland tussen 1990 en 2024. Weergegeven is de gemiddelde Community Temperature Index per meetronde ( $\pm$  standaardfout) op basis van mixed effects modelanalyse. Omdat in 1997 alleen meetpunten in de Gelderse Vallei zijn onderzocht, is de trend tussen 1994 en 2002 (stippellijn) een weerspiegeling van de veranderingen in de Gelderse Vallei en waarschijnlijk niet representatief voor heel Gelderland.**

## 3.5 Effecten van ammoniak in Natura 2000-gebieden

### 3.5.1 Graadmeters in Natura 2000-gebieden

Uit de gegevens van de huidige meetronde blijkt dat de NIW alleen laag is (<1,5 punt) in de Natura 2000-gebieden Veluwe en Bekendelle (2 uit 11 onderzochte Natura 2000-gebieden). In Bekendelle betreft het echter maar één meetpunt die in het bos ligt. Omdat stikstofminnende soorten ook lichtminnend zijn (zie van der Kolk et al., 2024), is dit meetpunt niet geschikt voor het meten van de NIW. Dit is ook het geval voor een deel van de meetpunten in andere Natura 2000-gebieden, zoals de Veluwe, maar in deze gebieden ligt tenminste een deel van de meetpunten in open gebied. In de meeste Natura 2000-gebieden duidt de gemiddelde NIW waarde op een matige invloed van ammoniak. De NIW is gemiddeld het hoogst in de Natura 2000-gebieden Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem (NIW = 5,6; betreft één meetpunt bij deelgebied Loevestein), Binnenveld (NIW = 4,8) en Lingegebied & Diefdijk-Zuid (NIW = 4,5). Deze Natura 2000-gebieden bestaan allemaal uit relatief kleine natuuroppervlakten die ingesloten liggen in agrarisch gebieden, en de meetpunten liggen bij deze gebieden ook aan de rand van het Natura 2000-gebied en niet in het Natura-2000 gebied zelf (Tabel 2.2). De AIW is gemiddeld overal laag. Een gemiddelde AIW boven de 2,0 punten komt alleen nog voor in twee Natura 2000-gebieden, namelijk Bekendelle (AIW = 2,2) en Veluwe (AIW = 3,3).

In negen Natura 2000-gebieden zijn meetpunten uit 2021-22 herhaald (Tabel 3.2). De graadmeters in deze Natura 2000-gebieden laten grotendeels dezelfde trends zien. Het aantal stikstofminnende korstmossen (NIW) is in zeven gebieden duidelijk afgenomen, wat er op duidt dat de effecten van ammoniak op korstmossen tussen 2021-22 en 2024 zijn afgenomen. De sterkste afname heeft plaatsgevonden in de Natura 2000-gebieden Korenburgerveen en Rijntakken. Wanneer gekeken wordt naar de veranderingen op alle 90 individuele meetpunten die in zowel 2021-22 als in 2024 bezocht zijn, dan is de NIW op 57 meetpunten afgenomen, op 21 meetpunten onveranderd en op 12 meetpunten toegenomen (Figuur 3.14).

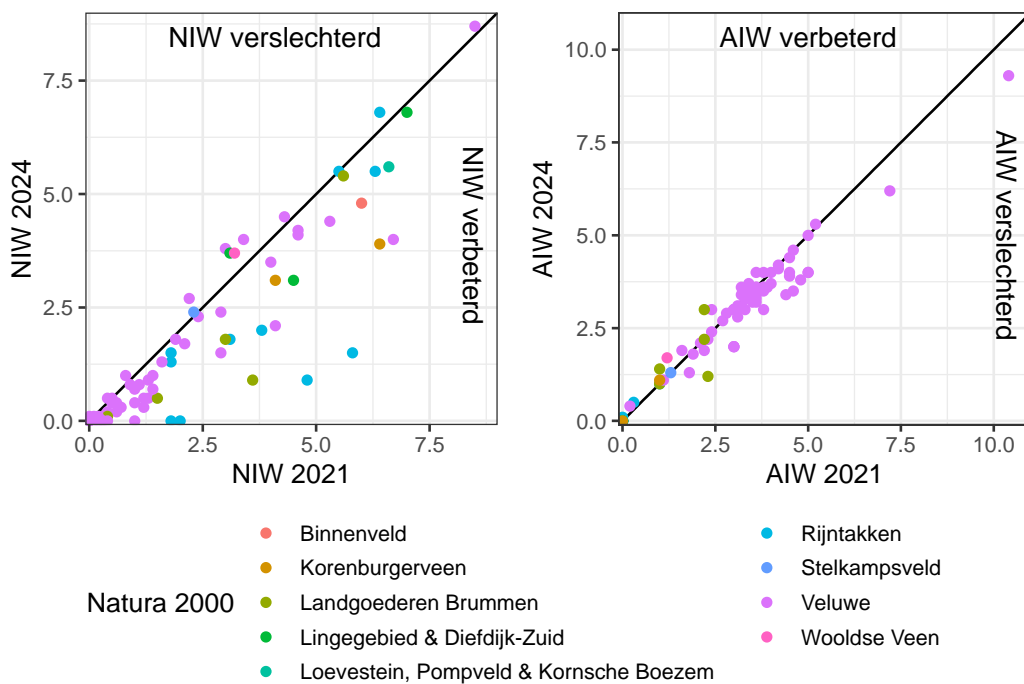
**Tabel 3.2 Gemiddelde waarden van de NIW en AIW in meetpunten in meetronde 2024 en de veranderingen tussen meetronden 2021-22 en 2024 per Natura 2000-gebied. De gemiddelden zijn berekend op basis van de meetpunten die in of binnen 100 meter van de grens van het Natura 2000-gebied liggen (n = aantal meetpunten in meetronde 2024 en aantal meetpunten uit 2021-22 dat herhaald is).**

Natura 2000-gebied	Steekproefronde 2024			Verandering 2021-22 - 2024		
	n	NIW	AIW	n	NIW	AIW
Bekendelle	1	0,0 <sup>1</sup>	2,2			
Binnenveld	1	4,8	0,0	1	-1,2	0,00
De Bruuk	2	3,2	0,1			
Korenburgerveen	3	3,4	1,1	2	-1,8	+0,05
Landgoederen Brummen	5	1,7	1,8	5	-1,1	+0,02
Lingegebied & Diefdijk-Zuid	3	4,5	0,0	3	-0,3	0,00
Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem <sup>2</sup>	1	5,6	0,0	1	-1,0	0,00
Rijntakken	11	2,4	0,1	11	-1,5	+0,03
Stelkampsveld	1	2,4	1,3	1	+0,1	0,00
Veluwe	65	1,0	3,3	65	-0,3	-0,22
Wooldse Veen	1	3,7	1,7	1	+0,5	+0,50

<sup>1</sup>Het enige meetpunt in Bekendelle betreft een nieuw uitgezet meetpunt in een dicht bos, niet geschikt voor het meten van de NIW.

<sup>2</sup>Het meetpunt ligt bij deelgebied Loevestein. De deelgebieden Pompveld en Kornsche Boezem liggen in de provincie Noord-Brabant.

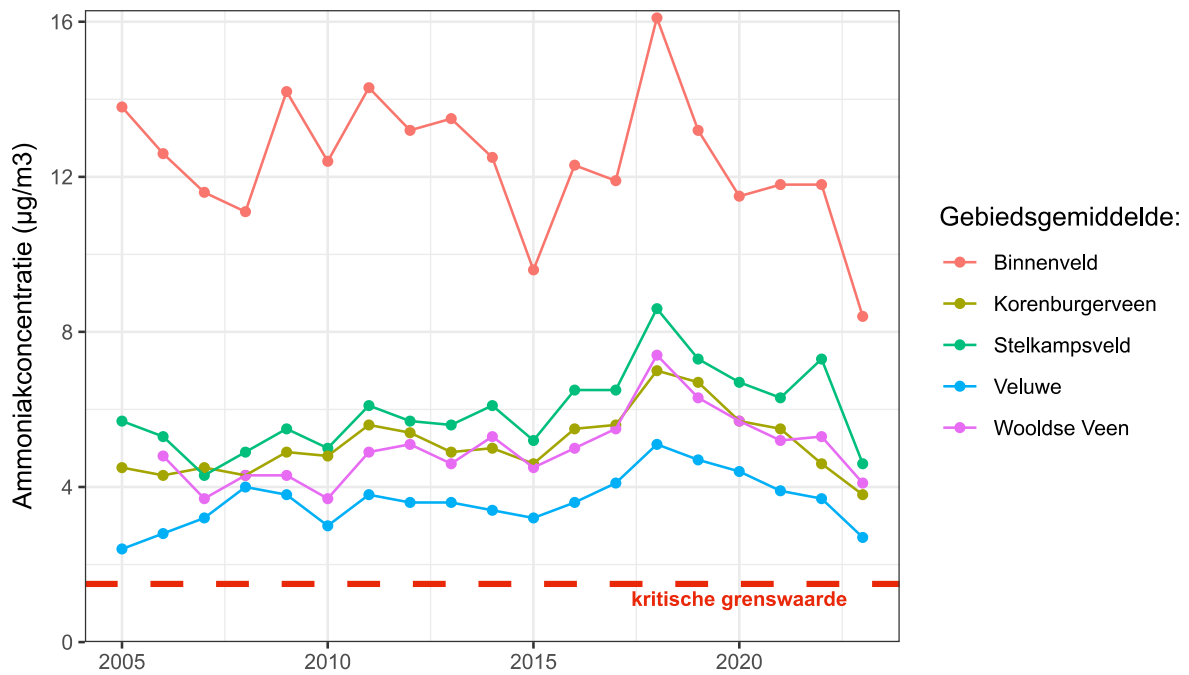
De AIW laat in de meeste gebieden weinig verandering zien. De AIW is in veel Natura 2000-gebieden echter al zo laag (nul of vrijwel nul) dat er geen of nauwelijks meer verdere verslechtering kan optreden. Op de Veluwe, het enige Natura-2000 gebied waar nog wel noemenswaardige hoeveelheden stikstofgevoelige korstmossen voorkomen, is de AIW verder afgenomen. De trends van de NIW en AIW in het Wooldse Veen wijken af van de overige Natura 2000-gebieden. Het betreft één meetpunt waar zowel de NIW als de AIW is toegenomen. Wanneer gekeken wordt naar de veranderingen op alle 90 individuele meetpunten die in zowel 2021-22 als in 2024 bezocht zijn, dan is de AIW op 37 meetpunten afgenomen, op 36 meetpunten onveranderd en op 17 meetpunten toegenomen (Figuur 3.14).



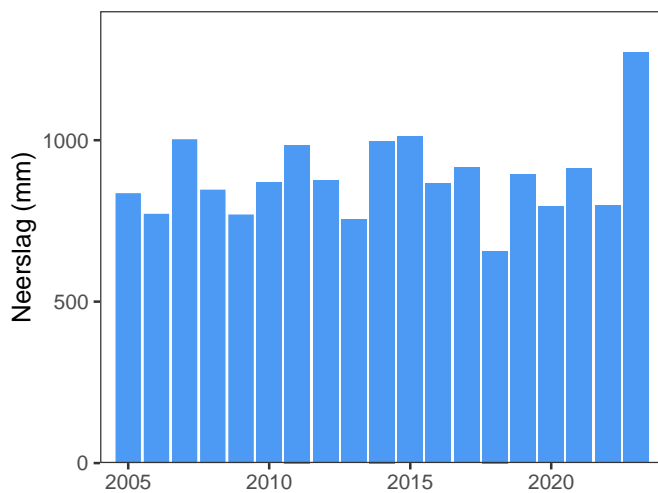
**Figuur 3.14** Veranderingen van NIW (links) en AIW (rechts) op 90 meetpunten in Natura 2000-gebieden die zowel in 2021-22 als in 2024 zijn onderzocht.

### 3.5.2 Gemeten ammoniakconcentraties en neerslag in Natura 2000-gebieden

In de provincie Gelderland meet het RIVM sinds 2005 in enkele Natura 2000-gebieden de ammoniakconcentraties in de lucht. De ammoniakconcentraties in de lucht zijn in deze gebieden over de hele periode tussen 2005 en 2023 niet duidelijk afgenomen (Figuur 3.15). In veel gebieden was er tussen 2005 en 2018 sprake van een lichte toename, waarbij de ammoniakconcentraties in 2018 een duidelijke piek laten zien. Na 2018 zijn de ammoniakconcentraties vervolgens weer afgenomen, met vooral een duidelijk lagere concentratie in 2023. De hoge ammoniakconcentraties in 2018 vallen samen met een relatief droog jaar en de lage ammoniakconcentraties in 2023 vallen samen met een relatief nat jaar (Figuur 3.16). De gebiedsgemiddelde ammoniakconcentraties liggen over de hele periode 2005-2023 ver boven de kritische grenswaarde van  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Sutton et al., 2009; Manninen et al., 2023; zie ook Discussie 4.3) waaronder een deel van de ammoniakgevoelige korstmossen zich weer kan herstellen.



**Figuur 3.15** Gemeten ammoniakconcentraties in Natura 2000-gebieden in Gelderland uit het RIVM-MAN tussen 2005 en 2023. Waarden zijn gebiedsgemiddelden. Gegevens zijn overgenomen van RIVM (2024). De rode stippellijn geeft de kritische grenswaarde ( $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) aan waaronder een deel van de ammoniakgevoelige korstmossen zich kan herstellen. De hier aangegeven kritische grenswaarde is specifiek voor de invloed van ammoniak in de lucht op epifytische korstmossen, en niet gelijk aan de kritische depositiewaarde (KDW).



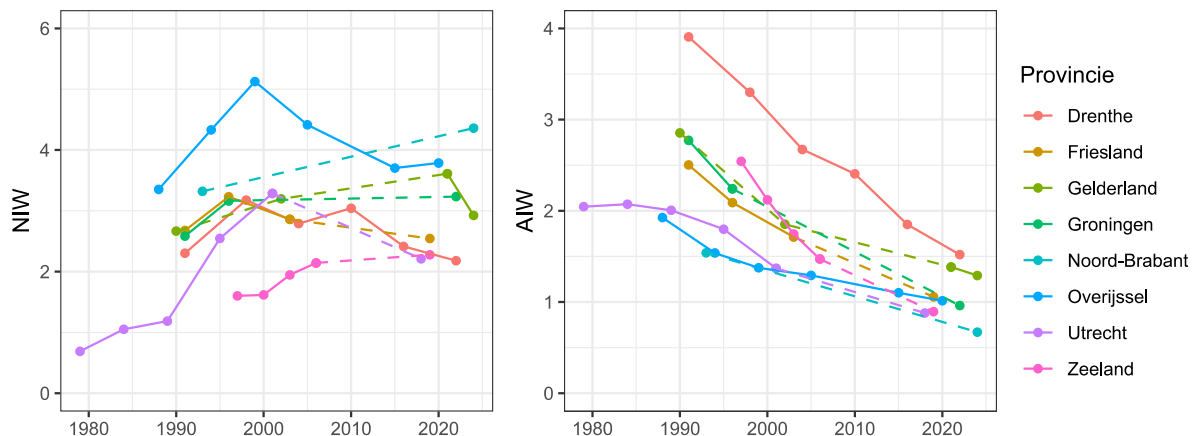
**Figuur 3.16** Jaarsom van neerslag op het KNMI weerstation Deelen op de Veluwe.



### 3.6 Vergelijking van effecten van ammoniak tussen provincies

Een vergelijking in de trend van de NIW tussen provincies laat zien dat het aantal stikstofminnende korstmossen in veel provincies tussen 1995 en 2000 piekte, en vervolgens in de meeste provincies weer is afgenomen. In een aantal provincies is NIW in de loop van deze eeuw juist weer iets toegenomen, waaronder in Gelderland (Figuur 3.24). In de provincies Gelderland, Noord-Brabant en Groningen is het meetnet niet regelmatig genoeg gemonitord om de trend in de periode sinds de jaren '90 goed te reconstrueren. De gegevens uit Gelderland van de meetronde in 1997 laat zien dat in de Gelderse Vallei de NIW ook aan het eind van de jaren '90 gepiekt heeft (Figuur 3.5). Het is waarschijnlijk dat de NIW hetzelfde is verlopen in de andere agrarische gebieden in Gelderland, maar dit is niet met zekerheid te achterhalen. Behalve in Gelderland zijn er de afgelopen tien jaar maar in twee andere provincies meerdere meetronden uitgevoerd. In Gelderland daalde de NIW tussen 2021-22 en 2024. In Drenthe daalde de NIW tussen 2016 en 2022, maar in Overijssel was er tussen 2015 en 2020 juist sprake van een lichte stijging (Figuur 3.17). De daling van de NIW tussen 2021-22 en 2024 in Gelderland is veel sterker dan de recent aangetoonde daling in Drenthe.

De trends in de AIW zijn in alle provincies vergelijkbaar: Stikstofgevoelige korstmossen nemen in alle provincies waar korstmossen worden onderzocht sterk af en nergens zijn er aanwijzingen dat er sprake is van herstel. De meetreeks in Utrecht laat zien dat er daar voor 1990 nog niet of nauwelijks sprake was van een achteruitgang van stikstofgevoelige korstmossen. Ook recent blijft de AIW verder afnemen, wat blijkt uit de afname van de AIW in Drenthe tussen 2016 en 2022, een afname in Overijssel tussen 2015 en 2020 en de verdere afname in Gelderland tussen 2021-22 en 2024 (Figuur 3.17).



**Figuur 3.17** Verloop van de NIW en AIW in provincies waar het meetnet korstmossen en ammoniak wordt uitgevoerd. De lijn is weergegeven als stippellijn wanneer opeenvolgende meetronden meer dan 10 jaar na elkaar zijn uitgevoerd, waardoor het daadwerkelijke verloop van de graadmeters sterk kan afwijken van de getekende lijn. De meetronden van 1994 en 1997 in Gelderland zijn niet opgenomen in de grafiek, omdat de meetpuntselectie niet voldoende representatief is voor de hele provincie.

## 4 Discussie

### 4.1 Verdere toename soortenrijkdom

De soortensamenstelling van epifytische korstmossenvegetaties op bomen in Gelderland is de laatste eeuw sterk veranderd onder invloed van luchtvervuiling en klimaatverandering. Een groot deel van de 20<sup>e</sup> eeuw werd gekenmerkt door een hoge concentratie zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) in de lucht. Het overgrote deel van de korstmossen is zeer gevoelig voor zwaveldioxide. De zwaveldioxideconcentratie was in de zuidelijke provincies hoger dan in de noordelijke provincies, met als gevolg dat vooral in Zuid-Nederland tot de jaren '80 vrijwel alle soorten korstmossen van de bomen verdwenen waren (van Dobben, 1990; van Dobben & de Bakker, 1996). De bomen in grote delen van Gelderland waren tot de jaren '80 dan ook zeer soortenarm, vooral in de oostelijke helft van de provincie (de Wit, 1976). Gedurende de WHEN-kartering rond 1973, werden er op een meetpunt met eikenbomen in Gelderland gemiddeld slechts 7,6 soorten korstmossen gevonden (berekend uit WHEN-dataset; de Wit, 1976).

Tegenwoordig is de soortenrijkdom in Gelderland 25,9 soorten per meetpunt, ruim drie keer zo hoog als in de jaren '70. Drie factoren hebben in het bijzonder bijgedragen aan de toename van de soortenrijkdom vanaf de jaren '80. Als eerste hebben veel soorten die gevoelig zijn voor zwaveldioxide zich hersteld. Met de afname van zwaveldioxide in de lucht in de jaren '80 en '90 steeg de soortenrijkdom in Gelderland snel, naar 13,9 soorten per meetpunt in 1989-90 en 18,3 soorten per meetpunt in 2002-03. De tweede belangrijke factor die gezorgd heeft voor een toenemende soortenrijkdom vanaf de jaren '80 is de toegenomen invloed van ammoniak. Doordat het verzurende effect van zwaveldioxide afnam, werd het relatieve ontzurende effect van ammoniak groter. Hierdoor konden stikstofminnende korstmossen zich in rap tempo vestigen. Klimaatverandering is de derde factor die een grote bijdrage heeft geleverd aan de toegenomen soortenrijkdom, vooral in de laatste twee decennia. Het gaat om een toename van enerzijds zuidelijke, warmteminnende soorten, en anderzijds een toename van Atlantische soorten. Atlantische soorten, die profiteren van de nattere en warmere winters, namen eerst in vochtige bosgebieden sterk toe (van der Pluijm et al., 2022), maar komen nu ook steeds vaker voor op wegbomen en in drogere bosgebieden. De factoren die in de laatste decennia hebben gezorgd voor de toenemende soortenrijkdom worden uitgebreid besproken in eerdere meetnetrapportages van Gelderland (van der Kolk et al., 2023a) en Noord-Brabant (van der Kolk et al., 2024).

Tegenover de voortuitgang van veel soorten korstmossen, staat een sterke achteruitgang van soorten die gevoelig zijn voor ammoniak. Het gaat vooral om zuurminnende soorten die verdwijnen door het ontzurende effect van ammoniak op de schors (zie 4.3).

De steekproefronde in 2024 toont aan dat de soortenrijkdom op meetpunten in Gelderland tussen 2021-22 en 2024 nog iets verder is toegenomen, en dat er nog geen sprake is van een afvlakking. Dit wijkt af van resultaten in Drenthe, waar de soortenrijkdom tussen 2016 en 2022 niet meer was toegenomen, maar er een lichte afname werd vastgesteld, veroorzaakt door een gecombineerde afname van zowel ammoniakminnende als ammoniakgevoelige soorten. In Overijssel vlakke de stijging van de soortenrijkdom tussen 2015 en 2020 ook af, maar was er in die periode nog wel steeds sprake van een lichte toename. In Gelderland wordt de afname van zowel stikstofminnende als stikstofgevoelige soorten tussen 2021-22 en 2024 meer dan gecompenseerd door de toename van soorten die ongevoelig zijn voor ammoniak, met name soorten die door klimaatverandering toenemen.

## 4.2 Veranderingen in stikstofminnende korstmossen (NIW)

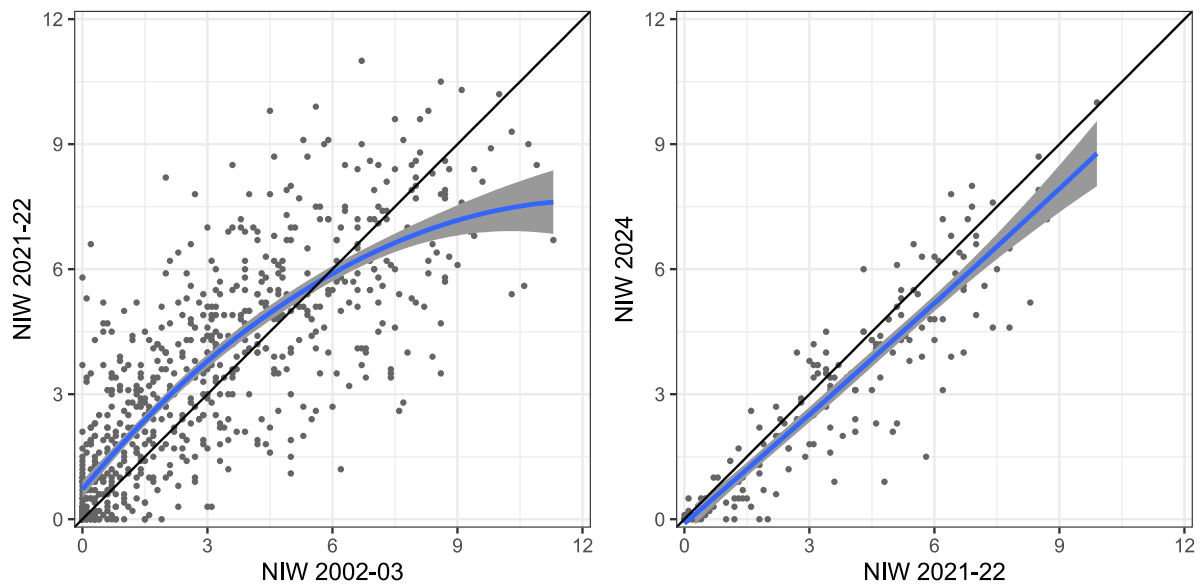
Korstmossen reageren snel op veranderingen in de luchtkwaliteit en zijn een uitstekende indicator voor de mate van ammoniakbelasting. Stikstofminnende korstmossen, samengevat in de NIW als graadmeter, reageren binnen enkele jaren op een toe- of afname van ammoniakconcentratie in de lucht. Bij toenemende ammoniakconcentraties vestigen zich binnen enkele jaren stikstofminnende korstmossen op bomen. Deze verdwijnen weer zodra de ammoniakbelasting afneemt. Dit onderzoek toont aan dat stikstofminnende korstmossen in Gelderland tussen 2021-22 en 2024 zijn afgenomen, en dat deze afname heeft plaatsgevonden op grote ruimtelijke schaal en in zowel agrarische gebieden als natuurgebieden.

De daling van de NIW wijst erop dat de effecten van ammoniak tussen 2021-22 en 2024 in Gelderland zijn afgenomen. Dit is in lijn met de metingen van ammoniakconcentraties in het RIVM-MAN, die laten zien dat de ammoniakconcentraties in natuurgebieden de laatste jaren gedaald zijn. Dit kan enerzijds komen door een vermindering van ammoniakuitstoot, maar het is zeer waarschijnlijk dat het weer hier een belangrijke bijdrage aan heeft geleverd. In de periode voor de meetronde van 2021-22 zorgde droogte voor een piek van de ammoniakconcentraties in de lucht in dat jaar (Figuren 3.15-3.16). Door langdurige droogte blijft ammoniak langer in de lucht en kan het dieper natuurgebieden inwaaien. Sinds 2018 zijn de ammoniakconcentraties in de lucht weer gedaald, met vooral een sterke daling in 2023. Het jaar 2023 was echter juist een erg nat jaar, wat ervoor heeft gezorgd dat ammoniakconcentraties in de lucht juist relatief laag waren. De grote hoeveelheid neerslag hield tot ver in 2024 aan. Mogelijk spelen deze extreme jaren een rol in de relatief hoge NIW in 2021-22 en de daarop volgende daling tot 2024. Bij de volgende steekproefronde in 2027 kan het effect van het weer op de NIW in een beter perspectief geplaatst worden.

Tussen 2002-03 en 2021-22 nam de NIW in Gelderland gemiddeld genomen toe, maar lokaal in gebieden met hoge ammoniakbelasting nam de NIW juist af. Er was sprake van een algemeen patroon dat het NIW-landschap homogener werd: de NIW nam toe in relatief schone gebieden waar de NIW in 2002-03 laag was en tegelijkertijd nam de NIW juist af in relatief vervuilde gebieden waar de NIW in 2002-03 hoog was (van der Kolk et al., 2023a). Hetzelfde gebeurde in Noord-Brabant tussen 1993 en 2023-24 (van der Kolk et al., 2024). Ook hier werd vastgesteld dat de NIW gemiddeld genomen was toegenomen, maar juist was afgenomen op gebieden die eerder sterk vervuild waren (van der Kolk et al., 2024). De veranderingen die zich tussen 2021-22 en 2024 hebben voorgedaan wijken duidelijk af van dit patroon (Figuur 4.1). De NIW is afgenomen in zowel relatief schone gebieden, waaronder de Veluwe, en in relatief vervuilde gebieden.

Ammoniak in de lucht is de belangrijkste verklarende factor voor het voorkomen van stikstofminnende korstmossen op bomen (van Herk, 2001). De belangrijkste bronnen van ammoniakuitstoot zijn veehouderijen, en in eerdere rapportages zijn al sterke correlaties tussen de NIW en de afstand tot veehouderijen aangetoond (van der Kolk et al., 2023a; 2024). Daarnaast kunnen ook andere vormen van stikstofuitstoot zorgen voor een toename van stikstofminnende korstmossen. Zo zijn er aanwijzingen dat ammoniakuitstoot van het verkeer (via katalysatoren in benzinemotoren en AdBlue in dieselmotoren) sinds ongeveer 1996 zorgt voor meer stikstofminnende korstmossen langs drukke wegen (van Herk, 2009; 2023; Manninen et al., 2023). In andere provincies zijn significante correlaties aangetoond tussen de NIW en verkeersintensiteit (bijvoorbeeld Drenthe; van Herk, 2023). In Gelderland bleek er in de meetronde 2002-03 echter geen significante correlatie te zijn tussen de NIW en verkeersintensiteit (van Herk, 2004), waardoor er voor deze provincie geen correctie wordt toegepast. Tussen 1989-90 en 2002-03 nam de NIW wel meer toe langs wegen met een hogere verkeersintensiteit, wat indiceert dat het verkeer mogelijk wel een effect op korstmossen heeft gehad

(van Herk, 2004). Het effect van verkeersuitstoot op korstmossen lijkt sinds de eeuwwisseling weinig veranderd (van Herk, 2023) en beïnvloedt dus niet een vergelijking van de resultaten tussen 2021-22 en 2024. Bovendien is de uitstoot van ammoniak uit het verkeer in Nederland relatief beperkt ten opzichte van andere bronnen van ammoniakuitstoot, zoals ammoniak uit veehouderijen (CBS, 2024).



**Figuur 4.1** Veranderingen van de NIW tussen de meetronden van 2002-03 en 2021-22 (links, 703 herhaalde meetpunten) en veranderingen van de NIW tussen de meetronden van 2021-22 en 2024 (rechts, 196 meetpunten). De blauwe lijn geeft het lopende gemiddelde aan (berekend met de *geom\_smooth* functie in R met *span = 2*). Tussen 2002-03 en 2021-22 nam de NIW toe op meetpunten met een relatief lage NIW, maar af op meetpunten met een relatief hoge NIW. Tussen 2021-22 en 2024 nam de NIW af ongeacht of het meetpunt een hoge of lage NIW had.

Behalve ammoniakvervuiling hebben ook klimaatverandering en lichtinval een effect op stikstofminnende korstmossen. Bij het samenstellen van de NIW is rekening gehouden met klimaatverandering, en zijn soorten die door klimaat toe- of afnemen evenredig opgenomen. Dat is ook de reden dat sommige soorten die pas recent door klimaatverandering sterk zijn toegenomen, bijvoorbeeld vals dooiermos (*Candelaria concolor*), en tegelijkertijd ammoniakminnend zijn, niet in de NIW zijn opgenomen (zie uitgebreidere discussie in van der Kolk et al., 2023a; 2024). De effecten van lichtinval zijn recent geanalyseerd voor meetpunten in Noord-Brabant (van der Kolk et al., 2024). Hoewel lichtinval de NIW beïnvloed is de lichtinval op een meetpunt over tijd min of meer constant, waardoor lichtinval geen invloed heeft op veranderingen in de NIW over tijd. Het scoren van de lichtinval op meetpunten behoort niet tot het standaardprotocol van het meetnet, maar is voor het eerst in Groningen in de meetronde van 2022 gedaan (van der Kolk et al., 2023b), en in deze steekproefronde ook voor het eerst in Gelderland. In de toekomst zal de lichtinval ook op meetpunten in andere provincies gescoord worden, zodat de rol van lichtinval beter onderzocht kan worden (zie ook van der Kolk et al., 2024).

Dat de NIW en AIW ook tegenwoordig uitstekende graadmeters zijn voor ammoniakbelasting blijkt uit dat er een significante correlatie is tussen de NIW en AIW en de ammoniakconcentraties op meetpunten van het RIVM-MAN, onderzocht in de recente meetronde in Noord-Brabant (van der Kolk et al., 2024). Toch is het wenselijk om een nieuw gedetailleerd vergelijkingsonderzoek uit te voeren tussen het voorkomen van korstmossen en de concentratie van ammoniak in de lucht. Sinds het

vergelijkingsonderzoek dat is uitgevoerd in 1997 (van Herk, 2001) zijn de effecten van klimaatverandering toegenomen, zijn AIW soorten grotendeels verdwenen (zie 4.3) en is de focus van het meetnet meer komen te liggen op Natura 2000-gebieden waar meetpunten vaker beschaduwd liggen (van der Kolk et al., 2024). De huidige meetgegevens uit het RIVM-MAN zijn voor een dergelijk onderzoek onvoldoende, omdat de meetpunten van het RIVM-MAN vaak op locaties liggen waar geen korstmossenmeetpunt kan worden uitgezet (bijvoorbeeld een eenzame boom in een heideveld) en doordat het RIVM-MAN focust op natuurgebieden, en nauwelijks op locaties meet in agrarisch gebied waar ammoniakconcentraties in de lucht hoog zijn. Het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (RIVM-LML) omvat wel veel meetpunten in het agrarische gebied, maar momenteel zijn er maar negen meetpunten van het LML in Nederland waar ammoniakconcentraties worden gemeten.

### 4.3 Veranderingen in stikstofgevoelige korstmossen (AIW)

Zuurminnende epifyten die gevoelig zijn voor ammoniak nemen overal in Nederland sterk af, en veel soorten zijn zelfs al grotendeels of helemaal verdwenen uit grote aaneengesloten bosgebieden zoals de Utrechtse Heuvelrug (van Herk et al., 2000; van Herk, 2019a). Ook in Gelderland zijn stikstofgevoelige korstmossen grotendeels verdwenen. In de praktijk dragen in veel gebieden alleen gewone poederkorst (*Lepraria incana*) en beermossen (*Cladonia* soorten) bij aan de AIW, en komen er geen andere stikstofgevoelige soorten meer voor. Van de AIW-soorten zijn gewone poederkorst en beermossen nog het minst gevoelig voor ammoniakvervuiling. De meer gevoelige soorten komen in Gelderland vrijwel alleen nog voor op de Veluwe, vooral aan de oostrand, maar zijn ook hier de laatste decennia sterk afgenomen. Ook soorten die vroeger algemeen voorkwamen, zoals eikenmos (*Evernia prunastri*) en gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*), zijn sterk achteruit gegaan. De implicatie hiervan is dat de toekomstige verandering in de AIW geen goede graadmeter meer is in gebieden waar de AIW nu zeer laag is, omdat de AIW hier niet verder meer kan dalen en er dus geen verdere achteruitgang kan worden aangetoond.

Het is niet verwonderlijk dat stikstofgevoelige soorten blijven afnemen. De ammoniakconcentraties in de lucht in natuurgebieden zijn over de hele periode tussen 2005 en 2023 niet duidelijk afgenomen, wat blijkt uit metingen van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden van het RIVM. Tussen 2005 en 2018 was er in veel gebieden sprake van een lichte stijging. Vanaf 2018 zijn ammoniakconcentraties weer afgenomen, in veel gebieden tot een niveau vergelijkbaar met rond 2005. In Gelderse natuurgebieden lagen de gemiddelde gemeten ammoniakconcentraties in de meeste jaren boven 3,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , in veel natuurgebieden zelfs ruim daarboven. Dit is nog ver boven een kritische grens van 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  waaronder een deel van de ammoniakgevoelige soorten zich zou kunnen herstellen. Zelfs met die concentratie is er overigens al een verlies van >40% aan zuurminnende korstmossen in vergelijking met gebieden zonder ammoniak (Sutton et al., 2009; Manninen et al., 2023). Voor herstel van de zeer gevoelige soorten, zoals groot boerenkoolmos (*Platismatia glauca*), moeten de ammoniakconcentraties nog verder dalen, tot onder 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Greaver et al., 2023). Het is dus duidelijk dat de ammoniakconcentraties in de lucht in de Gelderse natuurgebieden nog veel te hoog zijn voor zuurminnende soorten om zich te herstellen. De kritische grenswaarden voor ammoniakconcentraties in de lucht die bepaald worden voor epifytische korstmossen zijn niet hetzelfde als de Kritische Depositie Waarden (KDW), die bepaald worden per habitatype en uitgedrukt worden in kg N/ha/jaar (Wamelink et al., 2023). Ook wordt stikstofdepositie niet alleen bepaald door de ammoniakconcentratie in de lucht, maar ook door andere factoren zoals het weer en landschapselementen.

De achteruitgang van stikstofgevoelige korstmossen wordt veroorzaakt door de inwerking van

ammoniak (dat basisch is) op de van nature zure en voedselarme schors van eiken. Anders dan de NIW, die fluctuaties in ammoniakconcentraties volgt, is de AIW vooral een indicator voor het cumulatieve effect dat ammoniak op de zuurgraad van de schors heeft. Zelfs als de ammoniakbelasting daalt, nemen zuurminnende korstmossen niet toe zolang de ammoniakconcentraties boven de grenswaarde van 1,5 µg/m<sup>3</sup> blijven. De aantasting van de pH van boomschors door ammoniak werkt namelijk cumulatief, waarbij eenmaal aangetaste schors niet zomaar weer opnieuw zuur wordt (van Herk, 2019a). De verwachting is dat de AIW pas weer toe zal nemen als de ammoniakconcentraties in de lucht voor langere tijd onder de grenswaarde blijven, zodat er nieuwe zure boomschors kan worden aangemaakt. Het is onduidelijk hoe snel schors weer geschikt zal worden voor stikstofgevoelige korstmossen vanaf het moment dat de ammoniakconcentraties laag genoeg zijn. Het cumulatieve en langdurige effect van ammoniak op de zuurgraad van boomschors en daarmee op stikstofgevoelige korstmossen is in de bredere context een probleem omdat de verschillen tussen boomsoorten hiermee nivelleren, en de typerende korstmossoorten van bomen met zure en voedselarme schors verdwijnen. Overigens wordt de hervestiging van stikstofgevoelige korstmossen vooralsnog niet beperkt door hun verspreidingsmogelijkheden. Dat blijkt uit dat stikstofgevoelige soorten zich nog wel binnen korte tijd kunnen vestigen op schone oppervlakken van zuur hardhout in natuurgebieden (bijvoorbeeld Aptroot & van Dort, 2016).

#### 4.4 Natura 2000-gebieden

De daling in het aantal stikstofminnende korstmossen in Natura 2000-gebieden in Gelderland laat zien dat de effecten van ammoniak op korstmossen tussen 2021-22 en 2024 zijn afgenomen. De effecten van ammoniak op korstmossen in Natura 2000-gebieden zijn echter nog steeds groot. Op de Veluwe is de gemiddelde NIW waarde 1,0, terwijl in schone omstandigheden de NIW waarde vrijwel nul moet zijn. In de andere Natura 2000-gebieden is de gemiddelde NIW waarde veel hoger. De afname van de NIW in Natura 2000-gebieden tussen 2021-22 en 2024 volgt op na een periode waarin de NIW juist was toegenomen (van der Kolk et al., 2023a). Dit werd mogelijk veroorzaakt door een periode waarin reducties in ammoniakemissie vooral plaatsvonden in gebieden met intensieve veehouderij en niet zozeer aan de randen van Natura 2000-gebieden. Hetzelfde was zichtbaar in Noord-Brabant, waar de NIW weliswaar lager was geworden in gebieden met veel ammoniakemissie, maar tegelijkertijd de NIW in Natura 2000-gebieden juist was toegenomen (van der Kolk et al., 2024). In Gelderland is dit patroon nu doorbroken, maar uit de volgende steekproefronden moet blijken in hoeverre dit toe te schrijven valt aan extreme droge en natte jaren. In enkele provincies in de noordelijke helft van Nederland, zoals in Overijssel en Drenthe, nam de NIW in Natura 2000-gebieden overigens al langere tijd af (van Herk, 2021; 2023).

Tegelijkertijd zijn zuurminnende stikstofgevoelige korstmossen in vrijwel heel Nederland uit de natuurgebieden verdwenen. In Gelderland komen alleen aan de oostrand van de Veluwe nog aanzienlijke populaties voor. In Nederlandse bosgebieden heeft Gesnaveld klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*) sterk geprofiteerd van de toegenomen voedselrijkdom. Dit slaapmos is op veel bomen zeer dominant geworden, waardoor andere soorten die minder concurrentiekrachtig zijn worden verdrongen (van Herk, 2019a). Qua korstmossen nemen er in bossen wel een aantal niet-stikstofgevoelige soorten toe, zoals Hamsteroortje (*Normandina pulchella*; Sparrius, 2019) en Groenogje (*Micarea viridisorediata*), maar daarnaast zijn in natuurgebieden in de laatste decennia ook veel triviale soorten toegenomen die ook in agrarische en bebouwde gebieden voorkomen. De epifytenvegetaties die typisch zijn voor eikenbossen dreigen door de langdurige hoge ammoniakconcentraties uiteindelijk helemaal uit de Nederlandse natuurgebieden te verdwijnen (van Herk, 2019a).

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Veranderingen stikstofminnende en zuurminnende korstmossen

Het aantal stikstofminnende korstmossen (NIW) op meetpunten in Gelderland is tussen 2021-22 en 2024 afgenomen, wat duidt op een afgenomen invloed van ammoniak. Deze afname heeft vrijwel provinciebreed plaatsgevonden en is significant in vijf van de zes regio's en in zowel agrarische als natuurgebieden. Ook in zeven van de negen onderzochte Natura 2000-gebieden is de NIW tussen 2021-22 lager geworden. Dit is een duidelijke ommekeer nadat de gemiddelde NIW tussen 2002-03 en 2021-22 juist was toegenomen, zowel gemiddeld voor de hele provincie als in Natura 2000-gebieden. Het is aannemelijk dat hogere ammoniakconcentraties door droogte in 2018 en lagere ammoniakconcentraties door veel neerslag in 2023 hebben bijgedragen aan respectievelijk de hogere NIW in 2021-22 en lagere NIW in 2024. Dit kan waarschijnlijk beter geduid worden na de volgende steekproefronde die voorzien is in 2027. Ondanks de positieve trend zijn de effecten van ammoniak op korstmossen in Natura 2000-gebieden in Gelderland nog steeds groot, en komen er in alle Natura 2000-gebieden veel meer stikstofminnende korstmossen voor dan valt te verwachten onder niet-vervuilde omstandigheden.

Het aantal zuurminnende korstmossen (AIW) is tussen 2021-22 en 2024 verder afgenomen. In veel gebieden zijn zuurminnende korstmossen nu geheel verdwenen, waardoor er in de toekomst geen verdere achteruitgang van de AIW meer kan worden vastgesteld. Dat stikstofgevoelige zuurminnende korstmossen niet herstellen komt doordat de ammoniakconcentraties in natuurgebieden nog ver boven de grenswaarde van  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liggen. Ook heeft ammoniak een cumulatieve en persistente werking op de zuurgraad van de schors, waardoor stikstofgevoelige korstmossen pas kunnen herstellen wanneer nieuwe schors in een schoon milieu aangroeit.

### 5.2 Aanbeveling monitoring

De NIW is een uitstekende indicator voor het volgen van veranderingen van de ammoniak concentratie in de lucht. Deze steekproefronde toont aan dat binnen enkele jaren al grote veranderingen in de NIW kunnen optreden. We bevelen daarom aan om de eerder voorgestelde monitoringsfrequentie voort te zetten, namelijk elke 3 jaar het monitoren van de steekproefmeetpunten (eerstvolgende steekproefmeetronde in 2027 en 2030) en elke 12 jaar een volledige meetronde (volgende volledige meetronde in 2033-2034). Voor de volgende steekproefronde in 2027 bevelen we aan om ook twee meetpunten in het Natura 2000-gebied Willinks Weust nieuw uit te zetten.

Voor het epifytenmeetnet in het algemeen (niet specifiek voor de provincie Gelderland), bevelen we aan om in een losstaand onderzoek ammoniakmetingen uit te voeren op locaties waar ook korstmossen gemonitord worden, om de relaties tussen de graadmeters, ammoniakconcentraties en lichtinval diepgaander te kunnen onderzoeken. Zo'n onderzoek kan uitwijzen of er een correctie mogelijk is voor de lichtinval op een meetpunt en of er een vervangende of aanvullende graadmeter voor de AIW kan worden gebruikt (zie ook van der Kolk et al., 2024). Voor dit onderzoek is het belangrijk om behalve metingen in natuurgebieden ook een groot aantal meetpunten in agrarisch gebieden te onderzoeken, omdat daar de ammoniakconcentraties hoger zijn. Een verdere uitbreiding van de RIVM-MAN en RIVM-LML-meetnetten met meer locaties met stikstofmetingen in het agrarisch gebied kan hier een onderdeel van zijn. Dit vergelijkingsonderzoek kan in samenwerkingsverband in meerdere provincies worden uitgevoerd, en er kan samengewerkt worden met beheerorganisaties die nu al betrokken zijn bij de uitvoering van het RIVM-MAN.

## Literatuur

- Aptroot, A., C.M. van Herk, L.B. Sparrius & J.L. Spier (2004). Checklist van de Nederlandse Korstmossen en korstmosparasieten. *Buxbaumiella* 69, 17-55.
- Aptroot, A. & C.M. van Herk (2007). Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with *Trentepohlia* phycobionts. *Environmental pollution* 146, 293-298.
- Aptroot, A. & K.W. van Dort (2016). Drie boerenkoolmossen op één houten stuw. *Buxbaumiella* 105, 1-3.
- Barkman, J.J. (1958). Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Van Gorcum, Assen, NL.
- Centraal Bureau voor Statistiek (CBS) (2024). Stikstofemissies naar lucht. Geraadpleegd op 21 augustus 2024. <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-stikstof/stikstofemissies-naar-lucht>
- de Bakker, A.J. (1987). Verslag van de herinventarisatie van Noord-Brabant en Limburg op epifytische lichenen in 1986. *Buxbaumiella* 20, 36-39.
- de Wit, T. (1976). Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. *Bibliotheca Lichenologica* 5, 1-227.
- Devictor, V., R. Julliard, D. Couvet & F. Jiguet (2008). Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275, 2743-2748.
- Greaver, T., S. McDow, J. Phelan, S.D. Kaylor, J.D. Herrick & S. Jovan (2023). Synthesis of lichen response to gaseous nitrogen: Ammonia versus nitrogen dioxide. *Atmospheric Environment* 292, 119396.
- Manninen, S., K. Jääskeläinen, A. Stephens, A. Iwanicka, S. Tang & N. van Dijk (2023). NH<sub>3</sub> concentrations below the current critical level affect the epiphytic macrolichen communities—Evidence from a Northern European City. *Science of the Total Environment* 877, 162877.
- RIVM (2024). Meetresultaten MAN. Geraadpleegd op 13 november 2024. <https://man.rivm.nl/>
- 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.
- Sparrius, L.B., G.G. van den Top & C.A.M. van Swaay (2018). An approach to calculate a species temperature index for flora based on open data. *Gorteria Dutch Botanical Archives* 40, 73-78.
- Sparrius, L.B. (2019). Hamsteroortje. *De Levende Natuur* 120(6), 232-233.
- Sparrius, L.B., H. van der Kolk & C.M. van Herk (2023). Basisrapport Rode Lijst Korstmossen 2022 volgens Nederlandse en IUCN-criteria. BLWG rapport 35. 149 pp.
- Stolk, A.P., M.C. van Zanten, H. Noordijk, J.A. van Jaarsveld & W.A.J. van Pul (2009). Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden. Meetresultaten 2005-2007. RIVM rapport 680710001.
- Sutton, M.A., P.A. Wolseley, I.D. Leith, N. van Dijk, Y.S. Tang, P.W. James, M.R. Theobald & C. Whitfield (2009). Estimation of the ammonia critical level for epiphytic lichens based on observations at farm, landscape and national scales. Chapter 6 in: *Atmospheric ammonia: detecting emission changes and environmental impacts*, 71-86.
- van der Knaap, W.O. (1980). Onderzoek naar epifytische lichenen en mossen in de provincie Utrecht in 1979. Provinciale Waterstaat Utrecht, afdeling Ecologie. Rapport no. 29, Utrecht.
- van der Knaap, W.O. (1984). Epifyten in de provincie Utrecht 1979-1984. *Buxbaumiella* 16: 15-17.
- van der Knaap, W.O. & H.F. Van Dobben (1987). Veranderingen in de epifytenflora van Rijnmond sinds 1972 (No. 87/1). RIN.
- van der Kolk, H., L.B. Sparrius & A. Aptroot (2020). Monitoring van ammoniak met korstmossen in Friesland 2019. BLWG-rapport 26. 100 pp.
- van der Kolk, H., L.B. Sparrius & C.M. van Herk (2023a). Effecten van ammoniak op korstmossen in Gelderland in de periode 1989-2022. BLWG-rapport 31. 109 pp.
- van der Kolk, H., L.B. Sparrius & L. Verboom (2023b). Effecten van ammoniak op korstmossen in Groningen in de periode 1991-2022. BLWG-rapport 34. 81 pp.
- van der Kolk, H., L. Verboom & L.B. Sparrius (2024) Effecten van ammoniak op korstmossen in Noord-Brabant in



- de periode 1993-2024. BLWG-rapport 37. 112 pp.
- van der Pluijm, A., H. van der Kolk & L.B. Sparrius (2022). Tonghaarmuts (*Orthotrichum rogeri*) in Natura 2000-gebied de Biesbosch. BLWG-rapport 29. 43 pp.
- van Dobben, H.F. (1990). Effecten van luchtverontreiniging op korstmossen, resultaten van meerjarige studies. *De Levende Natuur* 91, 179-183.
- van Dobben, H.F. & A.J. de Bakker (1996). Re-mapping epiphytic lichen biodiversity in The Netherlands: effects of decreasing SO<sub>2</sub> and increasing NH<sub>3</sub>. *Acta Botanica Neerlandica* 45, 55-71.
- van Herk, C.M. (1990). Epifytische korstmossen in de provincies Drenthe, Overijssel en Gelderland. Provincie Overijssel, hoofdgroep ROI, Zwolle.
- van Herk, C.M. (1991). Korstmossen als indicator voor zure depositie, basisrapport. Provincie Gelderland, dienst MW en dienst RWG, Arnhem.
- van Herk, C.M. (1996a). Monitoring van ammoniak met korstmossen in de Gelderse Vallei. LON in opdracht van Project monitoring verzuring Gelderse Vallei m.m.v. provincie Gelderland, dienst MW en dienst RWG en provincie Utrecht, dienst W&M en dienst R&G, Soest.
- van Herk, C.M. (1996b). Monitoring van ammoniak en zwaveldioxide met korstmossen in de provincie Utrecht. LON in opdracht van provincie Utrecht, dienst Water en Milieu en dienst Ruimte en Groen. Soest.
- van Herk, C.M. (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.
- van Herk, C.M. (1999). Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. *Lichenologist* 31, 9-20.
- van Herk, C.M. (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.
- van Herk, C.M. (2004). Korstmossen in Gelderland: milieuindicatie, natuurwaarde, veranderingen 1990-2002. Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON).
- van Herk, C.M. (2009). Climate change and ammonia from cars as notable recent factors influencing epiphytic lichens in Zeeland, Netherlands. *Bibliotheca Lichenologica* 99, 205-224.
- van Herk, C.M. (2019a). Teloorgang van epifyten in de bossen op de Utrechtse Heuvelrug. *Buxbaumiella* 115, 14-22.
- van Herk, C.M. (2019b). Monitoring van korstmossen in de provincie Utrecht, 1979 – 2018. Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON).
- van Herk, C.M. (2019c). Monitoring van korstmossen in de provincie Zeeland, 1997 – 2019. Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON).
- van Herk, C.M. (2021). Monitoring van korstmossen in de provincie Overijssel, 1989 – 2020. Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON).
- van Herk, C.M. (2023). Monitoring van de effecten van ammoniak en klimaat op korstmossen in de provincie Drenthe, 1991-2022. Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON).
- van Herk, C.M., A. Aptroot & H.F. van Dobben (2002). Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. *The Lichenologist* 34, 141-154.
- van Herk, C.M., A. Aptroot & L.B. Sparrius (2018). Veldgids korstmossen. KNNV Uitgeverij.
- van Herk, C.M., L. Spier, A. Aptroot & L.B. Sparrius (2000). Achteruitgang van de korstmossen in het Speulderbos. *De Levende Natuur* 101, 149-153.
- Wamelink, W., H. van Dobben, F. van der Zee, A. van Hinsberg & R. Bobbink (2023). Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000: Herziening 2023. Wageningen Environmental Research, Rapport 3272.
- Wirth, V. (2010). Ecological indicator values of lichens - enlarged and updated species list. *Herzogia* 23, 229-248.

## Bijlage A. Veranderingen korstmossen tussen 2021-22 en 2024

Overzicht van korstmossen die in Gelderland zijn waargenomen op 196 meetpunten die in zowel de meetronde 2021-22 als in de meetronde 2024 zijn onderzocht.

### Uitleg van de kolommen in de tabel

#### Soorteigenschappen:

**IW** = Kolom geeft aan of een soort bijdraagt aan de AIW ('A') of NIW ('N')

**RL** = Rode Lijst categorie (TNB = Thans Niet Bedreigd, GE = Gevoelig, KW = Kwetsbaar, BE = Bedreigd, EB = Ernstig bedreigd, VN = Verdwenen, E = Exoot).

**Z** = Landelijke zeldzaamheid (a = algemeen, z = schaars, zz = zeldzaam, zzz = zeer zeldzaam).

#### Aantal meetpunten en kwantiteit:

**n\_21** = Aantal meetpunten waarin een soort in 2021-22 is aangetroffen (totaal 196 meetpunten)

**n\_24** = Aantal meetpunten waarin een soort in 2024 is aangetroffen (totaal 196 meetpunten)

**k\_21** = Som van de kwantiteit in 2021-22 (theoretisch maximum is 196 meetpunten \* 6 = 1176)

**k\_24** = Som van de kwantiteit in 2024 (theoretisch maximum is 196 meetpunten \* 6 = 1176)

#### Trend 2021-22 - 2024

**Δn** = Verschil in het aantal meetpunten waarin een soort is aangetroffen tussen de meetronden 2021-22 en 2024. Een positief getal betekend dat het aantal meetpunten met deze soort tussen 2021-22 en 2024 is toegenomen.

**Δk** = Verschil in de kwantiteitssom tussen de meetronden 2021-22 en 2024. Een positief getal betekend dat de som van de kwantiteit tussen 2021-22 en 2024 is toegenomen.

**trend** = Verschil in percentage aantal meetpunten waarin een soort is aangetroffen tussen de meetronden 2021-22 en 2024. Een positief getal betekend dat een soort tussen 2021-22 en 2024 is toegenomen.

**sig** = Significantie van verschil tussen meetronde 2021-22 en meetronde 2024. Bij het berekenen van de significantie is ook rekening gehouden met de kwantiteit. Soorten die significant zijn toegenomen ( $P < 0,05$ ) zijn **groen vetgedrukt**, soorten die significant zijn afgenomen zijn **rood vetgedrukt**.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	IW	RL	zzz	n_21	n_24	k_21	k_24	Δn	Δk	trend	sig
<i>Alyxoria culmigena</i>	Rivierschriftmos			a	21	27	45	64	+6	+19	+3.1	0.109
<i>Alyxoria ochrocheila</i>	Geel schriftmos			z	1	1	2	2	0	0	0.0	1.000
<i>Alyxoria varia</i>	Kort schriftmos			a	25	45	70	146	+20	+76	<b>+10.2</b>	<b>0.000</b>
<i>Alyxoria viridipruinosa</i>	Limoenschriftmos			zz	11	2	46	4	-9	-42	<b>-4.6</b>	<b>0.006</b>
<i>Amandinea punctata</i>	Vliegenstrontjesmos			a	163	162	736	731	-1	-5	-0.5	0.782
<i>Anisomeridium biforme</i>	Stinzenkorst			zz	9	7	20	17	-2	-3	-1.0	0.158
<i>Anisomeridium polypori</i>	Schoorsteentje			a	7	11	22	25	+4	+3	+2.0	0.158
<i>Arthonia atra</i>	Zwart schriftmos			a	1	1	1	1	0	0	0.0	1.000
<i>Arthonia didyma</i>	Beukenvlekje			zz	1	2	1	2	+1	+1	+0.5	0.563
<i>Arthonia radiata</i>	Amoebekorst			a	33	38	76	90	+5	+14	+2.6	0.166
<i>Arthonia spadicea</i>	Inktspatkorst			a	62	72	211	259	+10	+48	<b>+5.1</b>	<b>0.012</b>
<i>Athallia cerinella</i>	Klein boomzonnetje			z	3	2	8	2	-1	-6	-0.5	0.654
<i>Athallia holocarpa</i>	Muurzonnetje		N	a	12	12	26	20	0	-6	0.0	1.000
<i>Athallia pyracea</i>	Gewoon boomzonnetje			z	1	0	1	0	-1	-1	-0.5	0.318
<i>Bacidia laurocerasi</i>	Purperknoopjeskorst		KW	zz	0	1	0	1	+1	+1	+0.5	0.318
<i>Bacidina adastrata</i>	Fijne knoopjeskorst			a	93	103	261	287	+10	+26	+5.1	0.096
<i>Bacidina caligans</i>	Kalkknoopjeskorst			a	0	1	0	1	+1	+1	+0.5	0.318
<i>Bacidina neosquamulosa</i>	Nieuwe knoopjeskorst			a	4	4	8	5	0	-3	0.0	1.000

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	IW	RL	zzz	n_21	n_24	k_21	k_24	Δn	Δk	trend	sig	
<i>Bacidina sulphurella</i>	Boomvoetknoopjeskorst			a	7	17	12	31	+10	+19	+5.1	0.018	
<i>Buellia griseovirens</i>	Grijsgroene stofkorst			a	51	48	136	127	-3	-9	-1.5	0.468	
<i>Buellia schaeereri</i>	Klein strontjesmos		GE	zzz	1	1	2	2	0	0	0.0	1.000	
<i>Calicium viride</i>	Groen boomspijkertje			z	2	1	3	2	-1	-1	-0.5	0.319	
<i>Calogaya pusilla</i>	Sinaasappelkorst			a	2	0	2	0	-2	-2	-1.0	0.157	
<i>Caloplaca cerina</i>	Oranje boomzonnetje		GE	zzz	1	0	1	0	-1	-1	-0.5	0.318	
<i>Caloplaca obscurella</i>	Gewone kraterkorst			a	18	42	48	94	+24	+46	+12.3	0.000	
<i>Candelaria concolor</i>	Vals dooiermos			a	142	147	623	649	+5	+26	+2.6	0.096	
<i>Candelariella aurella</i>	Kleine geelkorst		N	a	9	13	27	26	+4	-1	+2.0	0.103	
<i>Candelariella reflexa</i>	Poedergeelkorst		N	a	154	142	574	490	-12	-84	-6.1	0.018	
<i>Candelariella vitellina</i>	Grove geelkorst		N	a	67	63	218	201	-4	-17	-2.0	0.286	
<i>Candelariella xanthostigma</i>	Fijne geelkorst		N	a	125	135	505	545	+10	+40	+5.1	0.025	
<i>Catillaria chalybeia</i>	Donkere rookkorst			a	0	1	0	1	+1	+1	+0.5	0.318	
<i>Catillaria flexuosa</i>			GE	zzz	3	3	10	7	0	-3	0.0	1.000	
<i>Catillaria fungoides</i>	Steriele rookkorst			zz	1	16	1	30	+15	+29	+7.7	0.000	
<i>Catillaria nigroclavata</i>	Boomrookkorst			a	99	108	380	408	+9	+28	+4.6	0.039	
<i>Chaenotheca chlorella</i>	Klein schorssteeltje			zz	2	2	4	4	0	0	0.0	1.000	
<i>Chaenotheca chrysocephala</i>	Geel schorssteeltje			zz	5	6	16	11	+1	-5	+0.5	0.565	
<i>Chaenotheca ferruginea</i>	Roestbruin schorssteeltje		A	a	30	27	85	76	-3	-9	-1.5	0.083	
<i>Chaenotheca hispidula</i>	Kort schorssteeltje			zz	0	1	0	2	+1	+2	+0.5	0.318	
<i>Chaenotheca stemonea</i>	Stoffig schorssteeltje			zz	1	1	2	2	0	0	0.0	1.000	
<i>Chaenotheca trichialis</i>	Grijs schorssteeltje			a	21	24	47	59	+3	+12	+1.5	0.180	
<i>Cladonia caespiticia</i>	Greppelblaadje		A	a	7	6	15	12	-1	-3	-0.5	0.656	
<i>Cladonia chlorophaea</i>	Fijn bekermos		A	a	52	51	216	214	-1	-2	-0.5	0.565	
<i>Cladonia coniocraea</i>	Smal bekermos		A	a	22	21	59	57	-1	-2	-0.5	0.706	
<i>Cladonia digitata</i>	Vertakt bekermos		A	z	4	7	16	22	+3	+6	+1.5	0.083	
<i>Cladonia fimbriata</i>	Kopjes-bekermos		A	a	60	65	208	242	+5	+34	+2.6	0.096	
<i>Cladonia furcata</i>	Gevorkt heidestaartje			a	1	1	1	1	0	0	0.0	1.000	
<i>Cladonia glauca</i>	Bruin heidestaartje		A	a	4	1	8	2	-3	-6	-1.5	0.178	
<i>Cladonia humilis</i>	Frietzak-bekermos			a	0	1	0	2	+1	+2	+0.5	0.318	
<i>Cladonia macilenta</i>	Dove heidelucifer		A	a	10	7	18	15	-3	-3	-1.5	0.258	
<i>Cladonia polydactyla</i>	Sterheidestaartje		A	zz	5	6	18	19	+1	+1	+0.5	0.565	
<i>Cladonia ramulosa</i>	Rafelig bekermos		A	a	2	5	5	10	+3	+5	+1.5	0.083	
<i>Cliostomum griffithii</i>	Gespikkelde witkorst			a	6	5	14	15	-1	+1	-0.5	0.565	
<i>Coenogonium pineti</i>	Valse knoopjeskorst			a	60	89	232	332	+29	+100	+14.8	0.000	
<i>Coniocarpon cinnabarinum</i>	Rood schorsvlekje		VN	zz	0	1	0	1	+1	+1	+0.5	0.318	
<i>Dendrographa decolorans</i>	Purperkring			a	30	56	66	114	+26	+48	+13.3	0.000	
<i>Diploicia canescens</i>	Kauwgommos			a	54	58	101	120	+4	+19	+2.0	0.249	
<i>Evernia prunastri</i>	Eikenmos		A	a	35	30	101	83	-5	-18	-2.6	0.096	
<i>Fellhanera bouteillei</i>	Twijgdruppelkorst			zz	1	0	2	0	-1	-2	-0.5	0.318	
<i>Fellhanera subtilis</i>	Schaduwdruppelkorst			zz	1	0	1	0	-1	-1	-0.5	0.318	
<i>Fellhanera viridisorediata</i>	Gewone druppelkorst			a	16	14	38	23	-2	-15	-1.0	0.594	
<i>Flavoparmelia caperata</i>	Bosschildmos			a	47	45	127	137	-2	+10	-1.0	0.319	
<i>Flavoparmelia soredians</i>	Groen boomschildmos			a	33	34	76	82	+1	+6	+0.5	0.706	
<i>Flavoplaca flavocitrina</i>	Valse citroenkorst			a	8	12	23	29	+4	+6	+2.0	0.158	
<i>Fuscidea pusilla</i>	Groene suikerkorst			zz	2	3	4	7	+1	+3	+0.5	0.565	
<i>Graphis scripta</i>	Gewoon schriftmos			a	0	1	0	1	+1	+1	+0.5	0.318	
<i>Haematomma ochroleucum</i>	Witgerande stofkorst			a	2	2	4	4	0	0	0.0	1.000	
<i>Halecania viridescens</i>	Porseleinkorst			z	4	6	10	20	+2	+10	+1.0	0.319	
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	Dun schaduwmos			a	143	150	682	736	+7	+54	+3.6	0.019	
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	Gewoon schubjesmos		A	KW	z	30	26	66	52	-4	-14	-2.0	0.045
<i>Hypogymnia physodes</i>	Gewoon schorsmos		A	GE	a	12	12	36	34	0	-2	0.0	1.000
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Witkopschorsmos		A	GE	a	2	1	7	3	-1	-4	-0.5	0.319
<i>Hypotrachyna revoluta s.l.</i>	Gebogen schildmos s.l.			a	66	69	224	242	+3	+18	+1.5	0.533	
<i>Jamesiella anastomosans</i>	Aspergekorst			a	13	35	23	62	+22	+39	+11.2	0.000	
<i>Lecanactis abietina</i>	Maleboskorst			zz	7	8	24	26	+1	+2	+0.5	0.319	
<i>Lecania cyrtella</i>	Boomglimschoteltje			a	5	5	13	16	0	+3	0.0	1.000	
<i>Lecania erysibe</i>	Stofglimschoteltje			a	1	0	2	0	-1	-2	-0.5	0.318	

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	IW	RL	zzz	n_21	n_24	k_21	k_24	Δn	Δk	trend	sig
<i>Lecania naegelia</i>	Rookglimschotelkje			a	15	17	38	39	+2	+1	+1.0	0.528
<i>Lecanora albescens</i>	Kalkschotelkorst			a	1	0	2	0	-1	-2	-0.5	0.318
<i>Lecanora argentata</i>	Bosschotelkorst			zz	6	4	13	9	-2	-4	-1.0	0.158
<i>Lecanora barkmaniana</i>	Ammoniakschotelkorst			a	115	138	335	433	+23	+98	+11.7	0.000
<i>Lecanora campestris</i>	Kastanjebruine schotelkorst			a	1	1	1	1	0	0	0.0	1.000
<i>Lecanora carpinea</i>	Melige schotelkorst			a	64	71	177	192	+7	+15	+3.6	0.108
<i>Lecanora chlarotera</i>	Witte schotelkorst			a	138	146	550	582	+8	+32	+4.1	0.032
<i>Lecanora compallens</i>	Miskende schotelkorst			a	79	74	297	252	-5	-45	-2.6	0.096
<i>Lecanora conizaeoides</i>	Groene schotelkorst	A	KW	z	10	3	15	4	-7	-11	-3.6	0.008
<i>Lecanora dispersa</i>	Verborgene schotelkorst	N		a	63	66	201	193	3	-8	+1.5	0.514
<i>Lecanora expallens</i>	Bleekgroene schotelkorst			a	167	164	700	697	-3	-3	-1.5	0.258
<i>Lecanora hagenii</i>	Kleine schotelkorst	N		a	42	46	99	91	+4	-8	+2.0	0.506
<i>Lecanora horiza</i>	Donkere schotelkorst			a	6	6	10	12	0	+2	0.0	1.000
<i>Lecanora muralis</i>	Muurschotelkorst	N		a	6	6	10	10	0	0	0.0	1.000
<i>Lecanora pulicaris</i>	Eikenschotelkorst	A		z	12	10	26	20	-2	-6	-1.0	0.481
<i>Lecanora saligna</i>	Houtschotelkorst			a	0	1	0	2	+1	+2	+0.5	0.318
<i>Lecanora sinuosa</i>	Bochtige schotelkorst			zz	4	3	4	3	-1	-1	-0.5	0.319
<i>Lecanora subcarpinea</i>	Berijpte schotelkorst			zz	3	3	7	7	0	0	0.0	1.000
<i>Lecanora symmicta</i>	Bolle schotelkorst			a	10	6	11	7	-4	-4	-2.0	0.158
<i>Lecidella elaeochroma</i>	Gewoon purperschaaltje			a	149	147	658	661	-2	+3	-1.0	0.528
<i>Lecidella flavosorediata</i>	Fijne mosterdkorst			a	41	39	101	88	-2	-13	-1.0	0.656
<i>Lecidella scabra</i>	Grijsgroene steenkorst			a	42	48	94	115	+6	+21	+3.1	0.180
<i>Lepraria finkii</i>	Gelobde poederkorst			a	50	57	162	177	+7	+15	+3.6	0.052
<i>Lepraria incana</i>	Gewone poederkorst	A		a	138	148	690	709	+10	+19	+5.1	0.007
<i>Lepraria rigidula</i>	Grove poederkorst			a	10	21	25	42	+11	+17	+5.6	0.001
<i>Lepraria umbricola</i>	Boomvoetpoederkorst			zz	6	6	17	20	0	+3	0.0	1.000
<i>Lepraria vouauxii</i>	Bleke poederkorst			a	0	1	0	2	+1	+2	+0.5	0.318
<i>Melanelixia glabrata</i>	Glanzend boomschildmos			a	43	64	109	164	+21	+55	+10.7	0.000
<i>Melanelixia subaurifera</i>	Verstop-schildmos			a	69	65	192	199	-4	+7	-2.0	0.319
<i>Melanohalea elegantula</i>	Sierlijk schildmos			a	18	18	49	47	0	-2	0.0	1.000
<i>Melanohalea exasperatula</i>	Lepelschildmos			a	21	11	50	32	-10	-18	-5.1	0.012
<i>Melanohalea laciniatula</i>	Lobjesschildmos			z	3	4	7	6	+1	-1	+0.5	0.319
<i>Micarea micrococca</i>	Bosoogje			a	31	27	90	73	-4	-17	-2.0	0.416
<i>Micarea microsorediata</i>	Soredieus oogje		GE	zz	1	21	5	61	+20	+56	+10.2	0.000
<i>Micarea peliocarpa</i>	Boomoogje			zz	0	1	0	2	+1	+2	+0.5	0.318
<i>Micarea prasina</i>	Houtoogje			a	9	4	25	11	-5	-14	-2.6	0.096
<i>Micarea viridileprosa</i>	Groenoogje			a	33	37	117	143	+4	+26	+2.0	0.045
<i>Naetrocymbe punctiformis</i>	Gewone stipjes			a	0	1	0	2	+1	+2	+0.5	0.318
<i>Normandina pulchella</i>	Hamsteroortje			a	19	51	36	126	+32	+90	+16.3	0.000
<i>Ochrolechia androgyna</i>	Gewone tandpastakorst		KW	z	2	0	3	0	-2	-3	-1.0	0.157
<i>Ochrolechia microstictoides</i>	Bostandpastakorst	A	BE	zz	2	2	6	6	0	0	0.0	1.000
<i>Ochrolechia subviridis</i>	Wrattige tandpastakorst		GE	zzz	1	0	3	0	-1	-3	-0.5	0.318
<i>Ochrolechia turneri</i>	Valse kringkorst		BE	zz	1	1	1	2	0	+1	0.0	1.000
<i>Opegrapha niveoatra</i>	Klein schriftmos			a	20	19	58	68	-1	+10	-0.5	0.706
<i>Opegrapha vermicellifera</i>	Gestippeld schriftmos			z	1	2	2	4	+1	+2	+0.5	0.319
<i>Pachnolepia pruinata</i>	Aspirinekorst			zz	0	1	0	2	+1	+2	+0.5	0.318
<i>Parmelia saxatilis</i>	Blauwgrijs steenschildmos	A		a	21	21	59	58	0	-1	0.0	1.000
<i>Parmelia sulcata</i>	Gewoon schildmos			a	127	126	449	449	-1	0	-0.5	0.835
<i>Parmelina quercina</i>	Eikenschildmos		GE	zzz	1	0	1	0	-1	-1	-0.5	0.318
<i>Parmelina tiliacea</i>	Lindeschildmos			z	2	2	2	3	0	+1	0.0	1.000
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Avocadomos	A		zz	7	5	16	12	-2	-4	-1.0	0.158
<i>Parmotrema perlatum</i>	Groot schildmos			a	47	53	100	124	+6	+24	+3.1	0.083
<i>Pertusaria albescens</i>	Witte kringkorst			z	1	1	2	2	0	0	0.0	1.000
<i>Pertusaria amara</i>	Ananaskorst		KW	z	6	4	15	11	-2	-4	-1.0	0.158
<i>Pertusaria coccodes</i>	Bleek speldenkussentje			z	11	11	27	25	0	-2	0.0	1.000
<i>Pertusaria hymenea</i>	Open speldenkussentje			zz	1	1	3	1	0	-2	0.0	1.000
<i>Pertusaria pertusa</i>	Gewoon speldenkussentje			z	9	7	20	18	-2	-2	-1.0	0.158
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	Klein schaduwmos	N		a	8	7	16	15	-1	-1	-0.5	0.565

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	IW	RL	zzz	n_21	n_24	k_21	k_24	Δn	Δk	trend	sig
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Rond schaduwmos	N		a	82	80	291	261	-2	-30	-1.0	0.639
<i>Phlyctis argena</i>	Lichtvlekje			a	30	38	70	94	+8	+24	<b>+4.1</b>	<b>0.045</b>
<i>Physcia adscendens</i>	Kapjesvingermos	N		a	149	144	648	643	-5	-5	-2.6	0.166
<i>Physcia caesia</i>	Stoeprandvingermos	N		a	56	65	158	174	+9	+16	<b>+4.6</b>	<b>0.020</b>
<i>Physcia clementei</i>	Isidieus vingermos			z	14	20	21	32	+6	+11	+3.1	0.083
<i>Physcia dubia</i>	Bleek vingermos	N		a	15	16	33	41	+1	+8	+0.5	0.764
<i>Physcia stellaris</i>	Groot vingermos			z	2	1	2	1	-1	-1	-0.5	0.319
<i>Physcia tenella</i>	Heksenvingermos	N		a	113	85	420	276	-28	-144	<b>-14.3</b>	<b>0.000</b>
<i>Physcia tribacia</i>	Lobjesvingermos		GE	zzz	2	3	3	5	+1	+2	+0.5	0.319
<i>Physcia tribacioides</i>	Witkopvingermos			z	0	2	0	3	+2	+3	+1.0	0.157
<i>Physciella chloantha</i>	Zonneklepjesmos			zz	1	0	3	0	-1	-3	-0.5	0.318
<i>Physconia distorta</i>	Fors rijpmos		KW	z	4	4	6	7	0	+1	0.0	1.000
<i>Physconia enteroxantha</i>	Donker rijpmos			z	2	3	5	8	+1	+3	+0.5	0.319
<i>Physconia grisea</i>	Grauw rijpmos			a	89	98	300	331	+9	+31	+4.6	0.083
<i>Placynthiella dasaea</i>	Okerbruine veenkorst			a	3	6	5	11	+3	+6	+1.5	0.180
<i>Placynthiella icmalea</i>	Bruine veenkorst	A		a	4	5	8	8	+1	0	+0.5	0.656
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	Olijf-schildmos			a	21	19	64	61	-2	-3	-1.0	0.319
<i>Polycauliona candelaria</i>	Kroezig dooiermos	N		a	37	15	85	30	-22	-55	<b>-11.2</b>	<b>0.000</b>
<i>Polycauliona phlogina</i>	Boomcitroenkorst	N		a	5	2	17	6	-3	-11	-1.5	0.083
<i>Polycauliona polycarpa</i>	Klein dooiermos	N		a	64	40	160	79	-24	-81	<b>-12.2</b>	<b>0.000</b>
<i>Porina aenea</i>	Schors-olievlekje			a	0	1	0	1	+1	+1	+0.5	0.318
<i>Porina byssophila</i>	Rommelig olievlekje			z	0	1	0	2	+1	+2	+0.5	0.318
<i>Protoparmelia hypotremella</i>	Grijze spijkerdrager		KW	zz	3	2	6	4	-1	-2	-0.5	0.319
<i>Protoparmelia oleagina</i>	Bruine spijkerdrager	A	BE	zz	2	3	3	7	+1	+4	+0.5	0.319
<i>Pseudoschismatomma rufescens</i>	Verzonken schriftmos			a	141	157	614	780	+16	+166	<b>+8.2</b>	<b>0.000</b>
<i>Psilolechia lucida</i>	UV-mos			a	2	2	3	3	0	0	0.0	1.000
<i>Punctelia borrieri</i>	Witstippelschildmos			a	55	62	139	178	+7	+39	+3.6	0.209
<i>Punctelia jeckeri</i>	Rijpschildmos			a	56	52	136	123	-4	-13	-2.0	0.286
<i>Punctelia reddenda</i>	Gelobd stippelschildmos			zz	7	8	14	22	+1	+8	+0.5	0.319
<i>Punctelia subrudecta</i>	Gestippeld schildmos			a	111	109	364	383	-2	+19	-1.0	0.684
<i>Pyrrhospora quernea</i>	Grove mosterdkorst			a	33	34	94	99	+1	+5	+0.5	0.740
<i>Ramalina canariensis</i>	Breed takmos			zzz	1	0	1	0	-1	-1	-0.5	0.318
<i>Ramalina farinacea</i>	Melig takmos			a	86	73	248	210	-13	-38	<b>-6.6</b>	<b>0.015</b>
<i>Ramalina fastigiata</i>	Trompettakmos			a	23	16	47	38	-7	-9	<b>-3.6</b>	<b>0.019</b>
<i>Ramalina lacera</i>	Waaiertakmos		BE	zz	2	2	4	2	0	-2	0.0	1.000
<i>Rinodina oleae</i>	Donkerbruine schotelkorst	N		a	9	4	22	8	-5	-14	-2.6	0.059
<i>Rinodina pityrea</i>	Blauwe mosterdkorst			z	3	1	8	2	-2	-6	-1.0	0.316
<i>Scoliciosporum pruinosum</i>	Berijpte spiraalkorst		GE	zzz	2	3	5	8	+1	+3	+0.5	0.319
<i>Sporodophoron cretaceum</i>	Witkring		GE	zzz	1	1	2	2	0	0	0.0	1.000
<i>Strangospora pinicola</i>	Gewoon muggenstrontjesmos			zz	2	2	4	3	0	-1	0.0	1.000
<i>Thelotrema lepadinum</i>	Beukenwrat			zz	2	1	3	2	-1	-1	-0.5	0.319
<i>Trapeliopsis flexuosa</i>	Blauwe veenkorst			a	2	1	3	2	-1	-1	-0.5	0.319
<i>Trapeliopsis granulosa</i>	Lichte veenkorst	A		a	4	1	7	1	-3	-6	-1.5	0.178
<i>Trapeliopsis pseudogranulosa</i>	Groene veenkorst			zz	4	6	10	17	+2	+7	+1.0	0.158
<i>Usnea hirta</i>	Bleek baardmos	A	BE	zz	1	1	1	1	0	0	0.0	1.000
<i>Usnea rubicunda</i>	Rood baardmos	A	GE	zzz	1	1	2	2	0	0	0.0	1.000
<i>Verrucaria nigrescens</i>	Gewone stippelkorst			a	0	1	0	1	+1	+1	+0.5	0.318
<i>Violella fucata</i>	Trilzwamkorst		KW	zz	7	3	9	5	-4	-4	-2.0	0.103
<i>Xanthomendoza huculica</i>	Dragonderdooiermos		GE	zzz	0	5	0	6	+5	+6	<b>+2.6</b>	<b>0.024</b>
<i>Xanthoria calcicola</i>	Oranje dooiermos	N		a	18	18	26	31	0	+5	0.0	1.000
<i>Xanthoria parietina</i>	Groot dooiermos	N		a	165	155	767	731	-10	-36	<b>-5.1</b>	<b>0.004</b>