

Effecten van ammoniak op korstmossen in Zuid-Holland in 2024

L. Verboom, H. van der Kolk & L.B. Sparrius

BLWG-rapport 45

BLWG

Titel:	Effecten van ammoniak op korstmossen in Zuid-Holland in 2024
Auteurs:	L. Verboom, H. van der Kolk & L.B. Sparrius
Rapport nr.:	45
Datum uitgave:	2025
Opdrachtgever:	Provincie Zuid-Holland
Contactpersoon opdrachtgever:	Marieke Kaptijn-van der Helm
Foto omslag:	Begroeiing met onder andere Breed takmos (*Ramalina canariensis*) en Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*) op een Canadapopulier bij Oudenhoorn (Lukas Verboom)

Dit rapport kan geciteerd worden als:

Verboom, L., H. van der Kolk & L.B. Sparrius, 2025. Effecten van ammoniak op korstmossen in Zuid-Holland in 2024. BLWG-rapport 45. BLWG, Utrecht.

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

BLWG

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 daarom gebruikt als indicatoren in meetnetten, met als belangrijkste doel het in kaart brengen van de effecten van ammoniak. In de provincie Zuid-Holland zijn korstmossen op bomen eerder de jaren ’70 en ‘80 in het Rijnmondgebied onderzocht, maar nog niet volgens de gestandaardiseerde methode zoals die nu in veel provincies wordt toegepast. In 2024-2025 is voor het eerst de hele provincie Zuid-Holland volgens de huidige gestandaardiseerde methode onderzocht. Er zijn 451 meetpunten uitgezet die de hele provincie dekken, maar met een iets hogere dichtheid van meetpunten in Natura 2000-gebieden. Dit rapport beschrijft de resultaten van de inventarisatie in 2024-2025. Voor het Rijnmondgebied worden veranderingen ten opzichte van 1986 geanalyseerd.

We danken Marieke Kaptijn-van der Helm en Eric Thomassen die dit project begeleidden vanuit de Provincie Zuid-Holland.

Samenvatting

Korstmossen die op bomen groeien reageren snel op veranderingen in luchtkwaliteit en zijn uitstekende indicatoren voor de ammoniakconcentratie in de lucht. Ammoniak beïnvloedt korstmossen zowel direct, door een verhoogde beschikbaarheid van stikstof, als indirect, via een stijging van de pH van de boomschors. Deze veranderingen leiden tot een verschuiving in de korstmossensamenstelling: bij hogere ammoniakconcentraties nemen stikstofminnende korstmossen toe, terwijl zuurminnende (en dus stikstofgevoelige) korstmossen juist afnemen.

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 bomen (zomereiken, Canadapopulieren of essen) 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 Nitrofiele 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.

In de jaren ’70 en ’80 zijn korstmossen op bomen in delen van de provincie Zuid-Holland onderzocht, maar nog niet volgens de huidige gestandaardiseerde methode zoals die nu in de rest van Nederland wordt toegepast. In 2024-2025 is voor het eerst de provincie Zuid-Holland helemaal volgens de moderne methode geïnventariseerd. Er zijn in totaal 451 nieuwe meetpunten uitgezet, die ruimtelijk gelijkmatig verdeeld zijn over de hele provincies maar met iets hogere dichtheid in en rond Natura 2000-gebieden. Dit rapport beschrijft de meetresultaten uit 2024-2025, en voor het Rijnmondgebied een vergelijking met gegevens uit 1986.

Er zijn in de meetronde 2024-2025 in Zuid-Holland in totaal 186 soorten korstmossen aangetroffen, waarvan er 35 op de Rode Lijst staan. Vijf soorten zijn nieuw in Zuid-Holland aangetroffen, waarvan er één ook nieuw in Nederland is. Er komen gemiddeld 27,5 soorten korstmossen voor op een meetpunt, waarbij de soortenrijkdom hoger is in bebouwde gebieden en lager in natuurgebieden in vergelijking met agrarische gebieden. In bebouwde gebieden komen relatief meer korstmossen voor die indicatief zijn voor een warmer klimaat.

De indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen (NIW), een maat voor de invloed van ammoniak op korstmossen, is in Zuid-Holland gemiddeld 1,9, relatief laag in vergelijking met de rest van Nederland. De NIW is hoger in bebouwde gebieden en lager in Natura 2000-gebieden. De indicatiewaarde voor stikstofgevoelige korstmossen (AIW) is gemiddeld 0,3, een waarde die zeer laag is en er op duidt dat vrijwel alle stikstofgevoelige korstmossen door ammoniakvervuiling verdwenen zijn. Dat zowel de NIW als de AIW laag zijn, duidt er op dat hoewel de huidige ammoniakconcentraties voor Nederlandse begrippen relatief laag zijn, de ammoniakconcentraties al lange tijd en nu nog steeds te hoog zijn om herstel van stikstofgevoelige soorten mogelijk te maken.

Een vergelijking tussen gegevens uit 1986 en 2024 uit het Rijnmondgebied laat zien dat de soortenrijkdom hier in die periode sterk is gestegen. De toenemende soortenrijkdom korstmossen heeft geen indicatieve waarde voor ammoniakvervuiling, maar is toe te schrijven aan het herstel van

korstmossen na de periode met zwaveldioxidevervuiling (zure regen) en door de netto toename aan soorten door klimaatverandering. Stikstofminnende korstmossen zijn in het Rijnmondgebied tussen 1986 en 2024 toegenomen, terwijl stikstofgevoelige korstmossen in diezelfde periode juist zijn afgenomen.

Natura 2000-gebieden in Zuid-Holland worden matig beïnvloed door ammoniak. De NIW (indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen) is zeer laag (<0,5) in zes, laag (<1,5) in vijf en matig (<3,0) in vijf onderzochte Natura 2000-gebieden. Een zeer lage NIW werd gemeten in de Natura 2000-gebieden Donkse Laagten, Hollands Diep, Oude Maas, Westduinpark & Wapendal, Voornes Duin en Duinen Goeree & Kwade Hoek. Een relatief hoge NIW werd gemeten in de Natura 2000-gebieden Krammer-Volkerak, Haringvliet, Solleveld & Kapittelduinen, Biesbosch en Broekvelden, Vettenbroek & Polder Stein. De relatief hoge NIW waarden in de gebieden Solleveld & Kapittelduinen en Kennemerland-Zuid kunnen respectievelijk verklaard worden door de ligging van de meetpunten (relatief veel meetpunten in het deel van het gebied buiten de duinstrook) en een afwijkend meetpunt op een parkeerplaats. De AIW (indicatiewaarde voor stikstofgevoelige korstmossen) is in alle onderzochte Natura 2000-gebieden zeer laag. Dat zowel de NIW als de AIW laag zijn duidt er enerzijds op dat ammoniakconcentraties relatief laag zijn, waardoor stikstofminnende korstmossen in veel gebieden schaars zijn, maar tegelijkertijd dat de ammoniakconcentraties te hoog zijn om herstel van stikstofgevoelige korstmossen mogelijk te maken.

Net als in andere provincies zijn ook in Zuid-Holland meetpunten binnen het korstmossenmeetnet waar mogelijk gekoppeld aan meetpunten van het RIVM-MAN meetnet. Een vergelijking tussen de graadmeters uit het korstmossenmeetnet en de ammoniakconcentraties gemeten in het RIVM-MAN toont aan dat de NIW significant positief en de AIW significant negatief is gecorreleerd aan vijfjarige gemiddelde ammoniakconcentraties in de lucht. Desondanks is er behoefte aan een nieuw gedetailleerd vergelijkingsonderzoek waarbij het voorkomen van epifytische korstmossen wordt gecorreleerd aan gemeten ammoniakconcentraties en aan de mate van lichtinval. Hiervoor is het onder andere nodig dat de ammoniakconcentratie in de lucht op meer plekken in agrarisch gebied gemeten gaat worden.

Concluderend zijn de effecten van ammoniak op korstmossen in de provincie Zuid-Holland relatief laag ten opzichte van andere provincies waar korstmossen gemonitord worden. Toch worden korstmossen in Zuid-Holland sterk door ammoniak beïnvloed, en zijn de ammoniakconcentraties te hoog om herstel van stikstofgevoelige korstmossen mogelijk te maken. Ondanks de invloed van ammoniak kon de soortenrijkdom korstmossen wel sterk toenemen in de laatste decennia. Dat komt doordat korstmossen herstellen van de periode met vervuiling van zwaveldioxide en doordat veel soorten profiteren van klimaatverandering.

Korstmossen reageren binnen enkele jaren op veranderingen in het milieu. Binnen de natuur behoren ze daarmee tot de organismen die het snelst op luchtvervuiling reageren. De verwachting is dat afnemende concentraties van ammoniak ook zullen resulteren in een afname van de NIW. Vooral in de duingebieden is het mogelijk dat stikstofgevoelige soorten weer kunnen herstellen als de ammoniakconcentraties voor langere tijd onder de grenswaardes dalen. Het is daarom aan te bevelen om elke zes jaar een complete meetronde van het meetnet korstmossen in Zuid-Holland uit te voeren, waarbij de eerstvolgende meetronde in 2030 plaatsvindt. Met deze meetfrequentie kunnen veranderingen in ammoniakbelasting in Zuid-Holland nauwkeurig gevolgd worden. Het korstmossenmeetnet geeft een snel signaal of het gevoerde stikstofbeleid tot daadwerkelijk herstel van biodiversiteit en verbetering van omgevingscondities voor stikstofgevoelige soorten leidt.

Inhoudsopgave

1 INLEIDING 5
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 SOORTENRIJKDOM KORSTMOSSEN EN SOORTENRIJKDOM MOSSEN 9
1.6 KORSTMOSSENMEETNET IN ZUID-HOLLAND 2024-2025 10
2 METHODE 11
2.1 SELECTIE VAN MEETPUNTEN 11
2.2 VELDWERK 12
2.3 BEREKENING GRAADMETERS 13
2.4 KENMERKEN VAN DE MEETPUNTEN EN OMGEVINGSVARIABELEN 14
2.5 ANALYSE 16
3 RESULTATEN 19
3.1 SOORTENRIJKDOM KORSTMOSSEN 19
3.2 SOORTENRIJKDOM MOSSEN 23
3.3 STIKSTOFMINNENDE KORSTMOSSEN (NIW) 25
3.4 STIKSTOFGEVOELIGE KORSTMOSSEN (AIW) 27
3.5 KLIMAAT 29
3.6 VERANDERINGEN TUSSEN 1986 EN 2024 IN RIJNMONDGEBIED 31
3.7 EFFECTEN VAN AMMONIAK IN NATURA 2000-GEBIEDEN 32
3.8 VERGELIJKING VAN EFFECTEN VAN AMMONIAK TUSSEN PROVINCIES 35
4 DISCUSSIE 36
4.1 HUIDIGE STAAT VAN DE GRAADMETERS IN ZUID-HOLLAND 36
4.2 VERANDERINGEN IN HET RIJNMONDGEBIED TUSSEN 1986 EN 2024 37
4.3 NATURA 2000-GEBIEDEN 39
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 41
5.1 HUIDIGE INVLOED VAN AMMONIAK OP KORSTMOSSEN IN ZUID-HOLLAND 41
5.2 VERANDERINGEN IN RIJNMONDGEBIED 41
5.3 AANBEVELING MONITORING 41
LITERATUUR 43
BIJLAGE A. OVERZICHT WAARGENOMEN KORSTMOSSEN 46
BIJLAGE B. OVERZICHT WAARGENOMEN MOSSEN 50

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 onopvallend 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.

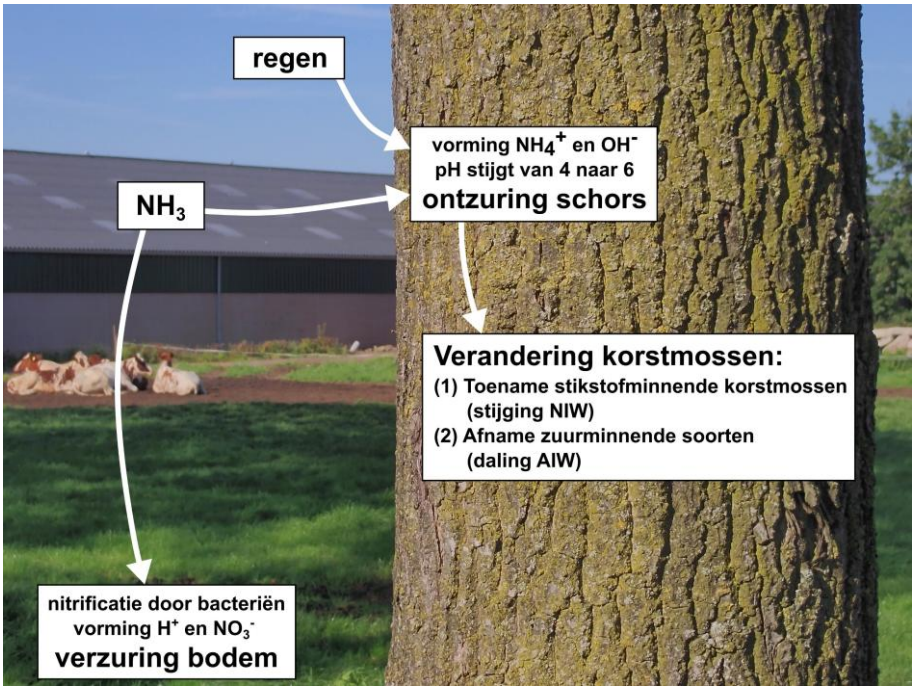


Figuur 1.1 Voorbeeld van een korstmos (links, Heksenvingermos *Physcia tenella*) en een bladmos (rechts, Fijn laddermos *Kindbergia praelonga*).

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 (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. Dankzij de sterke reductie van de uitstoot van zwaveldioxide hebben veel korstmossen die gevoelig zijn voor zwaveldioxide zich weer kunnen herstellen (van Dobben & de Bakker, 1996).

Ammoniak (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 (NH_3) op de pH van boomschors en op korstmossen. Hogere concentraties ammoniak zorgt voor ontzuring van boomschors, waardoor stikstofminnende korstmossen (samengevat in de NIW) toenemen en zuurminnende korstmossen (samengevat in de AIW) afnemen. 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** (**stikstofminnende korstmossen**) en leidt tot het verdwijnen van **acidofyten** (**zuurminnende stikstofgevoelige korstmossen**) (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 4.2). 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 gevolg 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 monsterpunten. 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 de meeste provincies een herhaalronde uitgevoerd, namelijk in Drenthe (van Herk, 2023), Friesland (van der Kolk et al., 2020), Gelderland (van der Kolk et al., 2023a; van der Kolk & Sparrius, 2025), Groningen (van der Kolk et al., 2023b), Noord-Brabant (van der Kolk et al., 2024), Overijssel (van Herk, 2021), Zeeland (van Herk, 2019c) en Utrecht (van der Kolk et al., 2025).

1.4 Graadmeters voor ammoniak en klimaat

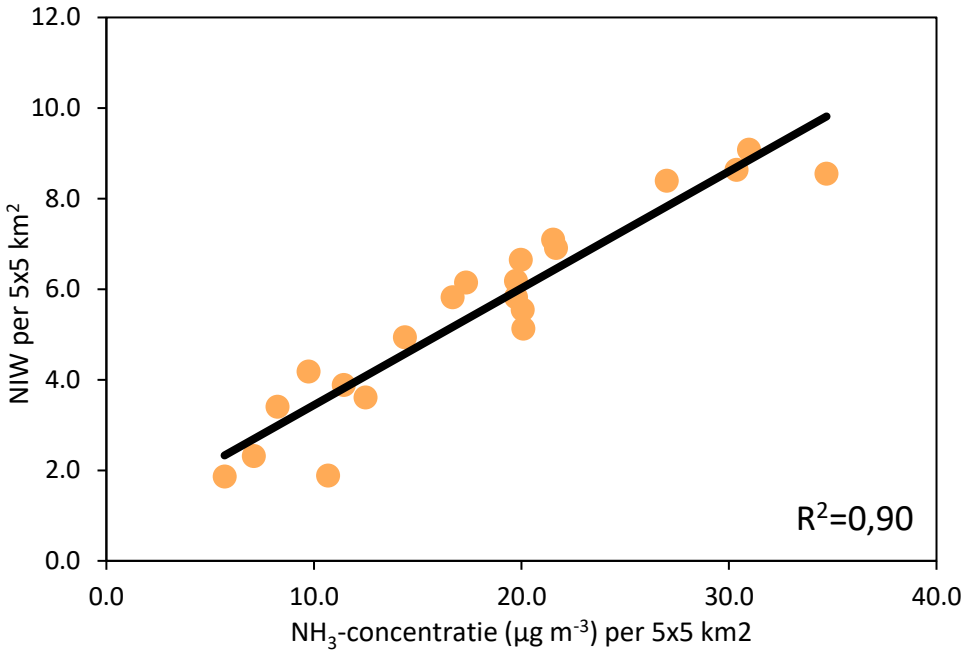
De hoeveelheid stikstofminnende korstmossen wordt bij de provinciale karteringen per meetpunt uitgedrukt in de **Nitrofiele Indicatie Waarde (NIW)**, een graadmeter voor de ammoniakbelasting. Op dezelfde manier wordt de hoeveelheid zuurminnende stikstofgevoelige korstmossen uitgedrukt in de **Acidofiele 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 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 NH_3-concentratie zijn ook als gemiddelde per uurhok (5x5 km^2) berekend, met in elk uurhok ongeveer 5 meetlocaties. Hierdoor worden verstorende 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 NH_3, en het effect daarvan op korstmossen. De AIW laat een duidelijk negatief verband met NH_3 zien, en kan dus als omgekeerde graadmeter voor 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 het analyseren van de invloed van het klimaat is de **indicatiewaarde voor continentaliteit** van belang. Voor klimaat wordt ook gebruik gemaakt van de **community temperature index**, een maat voor de gemiddelde temperatuur van het verspreidingsgebied van de aangetroffen korstmossen (Sparrius et al., 2018).



Figuur 1.4 Relatie tussen de NIW en de jaarrond gemeten NH_3-luchtconcentratie (µg m^{-3}) per 5x5 km2 uurhok, op basis van 4-6 metingen per uurhok. Er is een sterk positief verband (R^2=0,90) tussen de ammoniakconcentratie in de lucht en de NIW. Gegevens afkomstig van metingen aan zomereiken in 1997 in Friesland, Noord-Brabant en de Gelderse Vallei, ontleend aan van Herk, 2001.

1.5 Soortenrijkdom korstmossen en soortenrijkdom mossen

Behalve specifieke graadmeters die direct gerelateerd zijn aan veranderingen in de luchtkwaliteit of klimaat, worden bij de uitwerking van de gegevens van de korstmossenmeetnetten ook de soortenrijkdom korstmossen en de soortenrijkdom mossen berekend. De soortenrijkdom korstmossen is geen indicator die specifiek is voor stikstofbelasting, maar wordt beïnvloedt door een grote hoeveelheid aan factoren zoals verschillende typen luchtvervuilingen in het verleden en heden, klimaatverandering en weersinvloeden. De soortenrijkdom wordt bepaald door een optelsom van effecten, zoals toename van stikstofminnende korstmossen (wanneer ammoniakconcentraties toenemen), afname van stikstofgevoelige korstmossen (wanneer ammoniakconcentraties boven de grenswaarde liggen) en toe- of afname van soorten die opschuiven door klimaatverandering. Bovendien is een belangrijke verklarende factor de zwaveldioxidevervuiling (zure regen) die ervoor heeft gezorgd dat veel korstmossen tot aan het einde van de vorige eeuw op grote schaal verdwenen waren (van Dobben, 1990; van Dobben & de Bakker, 1996). Doordat zwaveldioxideconcentraties sterk zijn verminderd, konden veel korstmossen zich herstellen. Dat herstel gaat tot op de dag van vandaag door. Het herstel van korstmossen van de periode met zwaveldioxide en recenter een netto toename van soorten door klimaatverandering zijn de belangrijkste twee oorzaken dat de soortenrijkdom korstmossen op bomen al decennialang toeneemt (van Herk et al., 2002; van der Kolk et al., 2023a; 2024).

Behalve de soortenrijkdom korstmossen wordt ook de soortenrijkdom mossen berekend. Ook hiervoor geldt dat de soortenrijkdom mossen niet indicatief is voor één factor, maar bepaald wordt door een optelsom van factoren, waaronder luchtvervuiling en klimaat.

1.6 Korstmossenmeetnet in Zuid-Holland 2024-2025

Epifytische korstmossen in Zuid-Holland werden al in de jaren ’40 en ’50 onderzocht door Barkman (1958). Hieruit bleek dat een groot deel van de provincie Zuid-Holland sterk was aangetast door vervuiling met zwaveldioxide. Een grote regio rond Rotterdam was een epifytenwoestijn waar bijna alle soorten korstmossen van de bomen verdwenen waren. In de jaren ’70, toen de Werkgroep Herkartering Epifyten Nederland (WHEN) de epifytenwoestijnen opnieuw karteerde, werden er ook veel meetpunten in Zuid-Holland onderzocht (de Wit, 1976). De soortenrijkdom korstmossen in Zuid-Holland was tijdens die kartering nog steeds zeer laag. In het Rijnmondgebied werden in de jaren ’80 delen van het WHEN herhaald, specifiek in 1986 (van der Knaap & van Dobben, 1987) en in 1988-1989 (van Dobben & de Bakker, 1996). Tijdens deze inventarisaties werd vastgesteld dat de soortenrijkdom langzaam aan het toenemen was door de afname van de concentratie zwaveldioxide. Er werd een methodiek gebruikt die lijkt op de gestandaardiseerde methode die nu in de meeste provincies wordt toegepast. De brongegevens van 1988-1989 kunnen echter niet meer achterhaald worden, waardoor een vergelijking van nieuwe gegevens met die ronde niet mogelijk is. De brongegevens van 1986 zijn wel beschikbaar, maar de exacte locaties van de onderzochte meetpunten zijn onbekend. Om die reden zijn tijdens de meetronde in 2024-2025 geen oude meetpunten herhaald, maar zijn alle meetpunten nieuw uitgezet.

De meetronde in 2024-2025 in Zuid-Holland is de eerste meetronde volgens de huidige gestandaardiseerde methode. Er zijn 451 meetpunten uitgezet die de hele provincie dekken. Er is extra nadruk gelegd op het meten in Natura 2000-gebieden. Deze meetronde vormt een goed startpunt voor het in de toekomst volgen van veranderingen van de effecten van ammoniak op korstmossen in Zuid-Holland. Daarnaast is voor het Rijnmondgebied een vergelijking met de gegevens van 1986 uitgevoerd.

De volgende onderzoeksvragen met betrekking tot de huidige kwaliteit en veranderingen zijn gekoppeld aan het uitvoeren van deze meetronde:

- Wat is de huidige impact van ammoniak in de lucht op korstmossen in Natura 2000-gebieden, overige natuurgebieden en agrarische gebieden in de provincie Zuid-Holland?
- Wat is de huidige soortenrijkdom van korstmossen en mossen op bomen in de provincie Zuid-Holland?
- Hoe is de soortenrijkdom en de invloed van ammoniak in de lucht op korstmossen in het Rijnmondgebied veranderd tussen 1986 en nu?

2 Methode

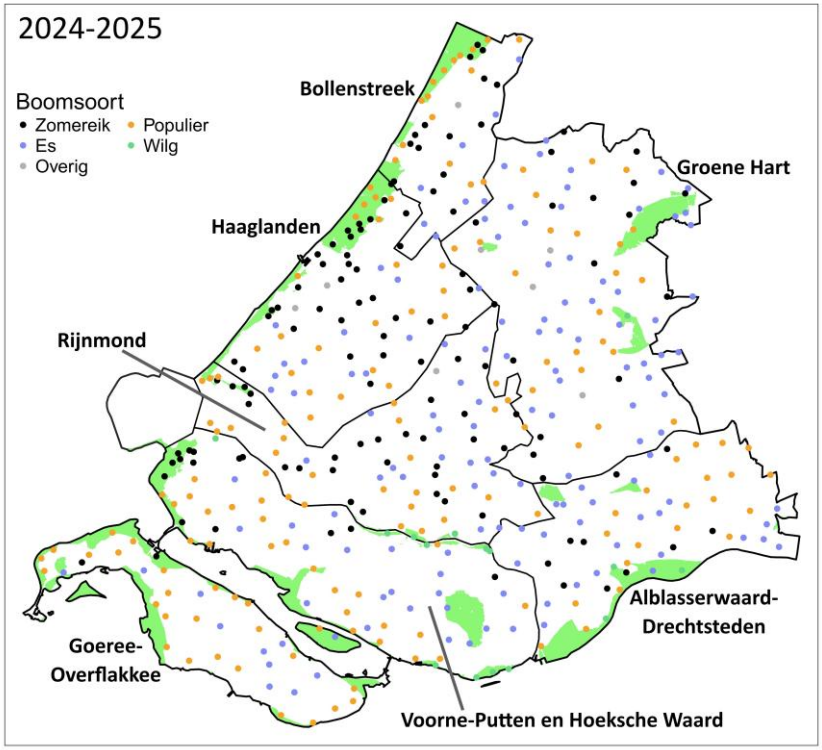
2.1 Selectie van meetpunten

Meetpunten bestaan meestal uit 10 bomen, maar op locaties waar weinig bomen staan worden soms minder bomen gebruikt. Een aantal van 10 bomen garandeert dat het missen van een soort op één boom weinig effect heeft op de abundantie (zie 2.2) en een minimaal effect op de NIW en AIW (zie 2.3.3) als een soort op één boom gemist wordt. Als boomsoort wordt bij voorkeur zomereik (*Quercus robur*) gebruikt. In gebieden waar geen eiken voorhanden zijn, vooral op de kleigronden, kunnen ook andere boomsoorten gebruikt worden. Bij voorkeur wordt dan Canadapopulier (*Populus × canadensis*) of es (*Fraxinus excelsior*) gebruikt, zelden andere boomsoorten. Vaak bestaat een meetpunt uit een rijtje bomen in een wegberm (Figuur 2.1), 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 Een voorbeeld van een meetpunt met zomereiken in bebouwd gebied (links) en een meetpunt met populieren in agrarisch gebied (rechts).

Het uitgangspunt voor de meetronde 2024-2025 in Zuid-Holland was om de hele provincie dekkend te inventariseren, met een iets hogere dichtheid aan meetpunten in en rond Natura-2000 gebieden. Waar mogelijk zijn er ook nieuwe meetpunten uitgezet in de buurt van meetlocaties van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden van het RIVM, zodat de gemeten ammoniakconcentraties in de lucht gecorreleerd kunnen worden aan het voorkomen van verschillende soorten korstmossen op bomen. Er zijn in Zuid-Holland in de meetronde 2024-2025 in totaal 451 nieuwe meetpunten onderzocht (Figuur 2.2). Verreweg de meeste meetpunten (375) zijn in 2024 bezocht. De overige 76 meetpunten zijn in 2025 bezocht.



Figuur 2.2 Kaart van de provincie Zuid-Holland met de 451 meetpunten die in 2024-2025 onderzocht zijn met opdeling in zeven regio's. De kleur van de stippen geeft de boomsoort aan die op het meetpunt is onderzocht. Natura 2000-gebieden zijn in lichtgroen aangegeven.

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 Zuid-Holland zijn in 2024-2025 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. Van elk meetpunt wordt een situatieschets overgenomen van de vorige meetronde of nieuw gemaakt. 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^2 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^2 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.

2.3.2 Soortenrijkdom mossen per meetpunt (AS_{mos})

De soortenrijkdom voor mossen wordt op dezelfde manier berekend als de soortenrijkdom korstmossen, maar dan door het aantal soorten mossen dat in een meetpunt voorkomt op te tellen.

2.3.3 Nitrofiele Indicatie Waarde (NIW)

De NIW (Nitrofiele Indicatie Waarde) is een graadmeter voor de ammoniakconcentratie in de lucht (zie 1.2 en 1.4). De NIW wordt berekend volgens de methode zoals beschreven door van Herk (2001). De NIW is gebaseerd op het aantal stikstofminnende soorten dat gemiddeld 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 stikstofminnende soorten die bijdragen aan de NIW zijn: *Athallia holocarpa, Candelariella aurella, Candelariella reflexa* s.l.*, Candelariella vitellina, Candelariella xanthostigma, Myriolecis dispersa, Myriolecis hagenii, Phaeophyscia nigricans, Phaeophyscia orbicularis, Physcia adscendens, Physcia caesia, Physcia dubia, Physcia tenella, Polycauliona candelaria, Polycauliona polycarpa, Protoparmeliopsis muralis, Rinodina oleae, Scythioria phlogina, Xanthoria calcicola* en *Xanthoria parietina*.

De waardes van de NIW variëren in de praktijk tussen 0 (geen indicatorsoorten aanwezig) en 12 (op een gemiddelde boom zijn 12 indicatorsoorten aanwezig), al zijn in theorie 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. Waardes 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, es en wilg) van nature meer stikstofminnende soorten 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, 1996). In navolging van van Herk (2019b), zijn linde en esdoorn behandeld als wilg.

Voor Canadapopulier: $NIW_{QU} = 0{,}73\ NIW_{PO} - 1{,}03$
Voor Es: $NIW_{QU} = 1{,}50\ NIW_{FR} - 6{,}34$
Voor Wilg: $NIW_{QU} = 1{,}17\ NIW_{SA} - 3{,}06$

2.3.4 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 zuurminnende stikstofgevoelige soorten. De stikstofgevoelige soorten 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.

2.3.5 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 (Sparrius 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 (Sparrius 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 niet gewogen op kwantiteit, elke soort telt even zwaar mee.

2.3.6 Ecologische indicatiewaarde voor continentaliteit

Continentaliteit geeft aan in welke mate de verspreiding van een soort aan een landklimaat gebonden is, de tegenhanger van een meer Atlantische verspreiding. De verwachting is dat deze waarde door klimaatverandering zal afnemen. De gemiddelde indicatiewaarde voor continentaliteit wordt per meetpunt berekend door de indicatiewaarde voor continentaliteit van alle aanwezige soorten korstmossen te middelen. De indicatiewaarden zijn gebaseerd op de Ellenberg-schaal (Wirth, 2010) en voor Nederlandse soorten aangevuld door Sparrius et al. (2015). De soorten worden bij de berekening niet gewogen op kwantiteit, elke soort telt even zwaar mee.

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 provincie Zuid-Holland is in deze meetronde

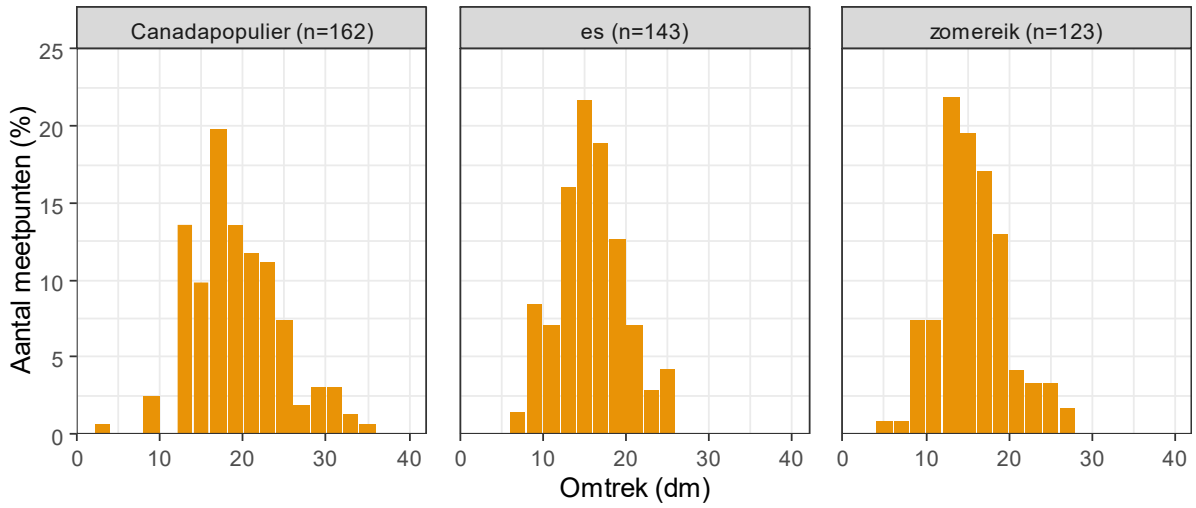
op 123 meetpunten (27,3% uit het totaal van 451 meetpunten) gebruik gemaakt van zomereik (*Quercus robur*). Veel punten met eiken liggen in stedelijk gebied of in de duinstreek. Vooral in agrarisch gebied op de kleigronden zijn zomereiken meestal niet aanwezig (Figuur 2.2). Hier is gebruik gemaakt van Canadapopulier (*Populus × canadensis*; 162 meetpunten, 35,9% van het totaal), es (*Fraxinus excelsior*; 143 meetpunten, 31,7% van het totaal), wilg (*Salix* sp., 15 meetpunten, 3,3% van het totaal) of andere soorten loofbomen (8 meetpunten, 1,8% van het totaal, opgesplitst in 3 zwarte els, 2 abeel, 1 gewone esdoorn, 1 walnoot en 1 robinia).

2.4.2 Aantal bomen per meetpunt

Het aantal bomen dat op een meetpunt onderzocht is. In deze meetronde werden er op 73,8% (333 uit 451 totaal) van de meetpunten 10 bomen onderzocht. Op 0,4% (2 uit 451 totaal) van de meetpunten werden er minder dan vier bomen onderzocht.

2.4.3 Omtrek

De omtrek (in dm) op 1 m hoogte van een gemiddelde boom op een meetpunt. Figuur 2.3 geeft de distributie weer van de omtrek van de bomen die in deze meetronde onderzocht zijn per boomsoort, opgesplitst voor de drie meest onderzochte boomsoorten. Gemiddeld genomen was de omtrek van onderzochte Canadapopulieren (gemiddeld 19,7 dm) groter dan die van zomereiken (gemiddeld 16,1 dm) en essen (gemiddeld 16,3 dm).



Figuur 2.3 Verdeling van de omtrek van de bomen op meetpunten die in de meetronde 2024-2025 onderzocht zijn, opgesplitst voor de drie meest onderzochte boomsoorten.

2.4.4 Regio

De meetpunten zijn opgedeeld in zeven **regio's** (Figuur 2.2). De westelijke kant van de provincie is van zuid naar noord opgedeeld in de regio's Goeree-Overflakkee (38 meetpunten), Voorne-Putten en Hoeksche Waard (71 meetpunten), Rijmond (78 meetpunten), Haaglanden (74 meetpunten) en Bollenstreek (40 meetpunten). Het oostelijke deel van de provincie is opgedeeld in de regio's Alblasserwaard-Drechtsteden (59 meetpunten) en Groene Hart (91 meetpunten).

2.4.5 Gebiedstype

Om de situatie en veranderingen natuurgebieden te vergelijken met agrarische en bebouwde gebieden

is voor elke meetpunt bepaald in welk **gebiedstype** het ligt. Aangegeven is of het meetpunt zich binnen (of op de rand van) een natuurgebied bevindt (130 meetpunten), in agrarisch gebied (160 meetpunten) of in bebouwd gebied (161 meetpunten). Van de meetpunten in natuurgebieden, bevinden er zich 82 meetpunten in Natura 2000-gebieden en 48 meetpunten in overige natuur buiten Natura 2000-gebieden. Meetpunten zijn tot Natura 2000-gebied gerekend wanneer ze daadwerkelijk binnen de grenzen van Natura 2000-gebieden liggen (58 meetpunten). Daarnaast zijn ook meetpunten die min of meer op de grens van een Natura 2000-gebied liggen (binnen een afstand van 50 m van de grens) ook tot het gebiedstype Natura 2000-gebied (24 meetpunten). De reden hiervoor is dat er in sommige Natura 2000-gebieden weinig bomen voorhanden zijn, maar dat er wel bomenrijen langs de grens van het gebied staan. De aanname hierbij is dat veranderingen in de effecten van ammoniak op de grens van het Natura 2000-gebied ook de veranderingen in het Natura 2000-gebied reflecteren.

2.4.6 Overige omgevingsvariabelen

De afstand tot de dichtstbijzijnde maisakker, de afstand tot de dichtstbijzijnde veehouderij, de afstand tot wegrand en percentage lichtinval zijn als variabelen overgenomen zoals ze in het veld genoteerd zijn (zie 2.2). Deze variabelen worden in dit rapport niet gebruikt in de analyse.

2.5 Analyse

2.5.1 Graadmeters

Voor elk meetpunt zijn alle graadmeters berekend (zie 2.3). Vervolgens is voor elke graadmeter het gemiddelde voor de hele provincie berekend, en ook apart voor regio's en gebiedstypen.

2.5.2 Interpolatiekaarten

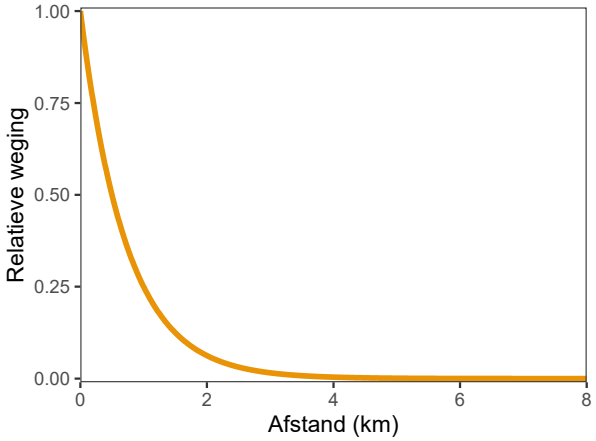
Voor Soortenrijkdom korstmossen, Soortenrijkdom mossen, NIW en AIW worden dekkende kaarten gemaakt ('heatmaps') voor het onderzochte gebied door tussen meetpunten te interpoleren.

De volgende functie is gebruikt om voor een willekeurige locatie de geïnterpoleerde indicatiewaarde uit te rekenen:

$$IW_{interpolatie} = \frac{\sum_{i=1}^{n} 0{,}25^{afstand_i} * IW_i}{\sum_{i=1}^{n} 0{,}25^{afstand_i}}$$

waarin IW_i de geïnterpoleerde indicatiewaarde op een bepaalde locatie is, n het totaal aantal meetpunten, $afstand_i$ de afstand van de locatie tot meetpunt i in km en IW_i de indicatiewaarde op meetpunt i.

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. Voor het interpoleren van de AIW is daarom alleen gebruik gemaakt van zomereiken en andere boomsoorten met een van nature zure schors. Hierdoor dekt de geïnterpoleerde kaart van de AIW niet de hele provincie.



Figuur 2.4 De relatieve weging ($0{,}25^{afstand}$) van een meetpunt hangt af van de afstand tot de locatie waarvoor de indicatiewaarde geïnterpoleerd wordt. De relatieve weging van een meetpunt wordt exponentieel kleiner naarmate de afstand groter wordt.

2.5.3 Veranderingen tussen 1986 en 2024 in Rijnmondgebied

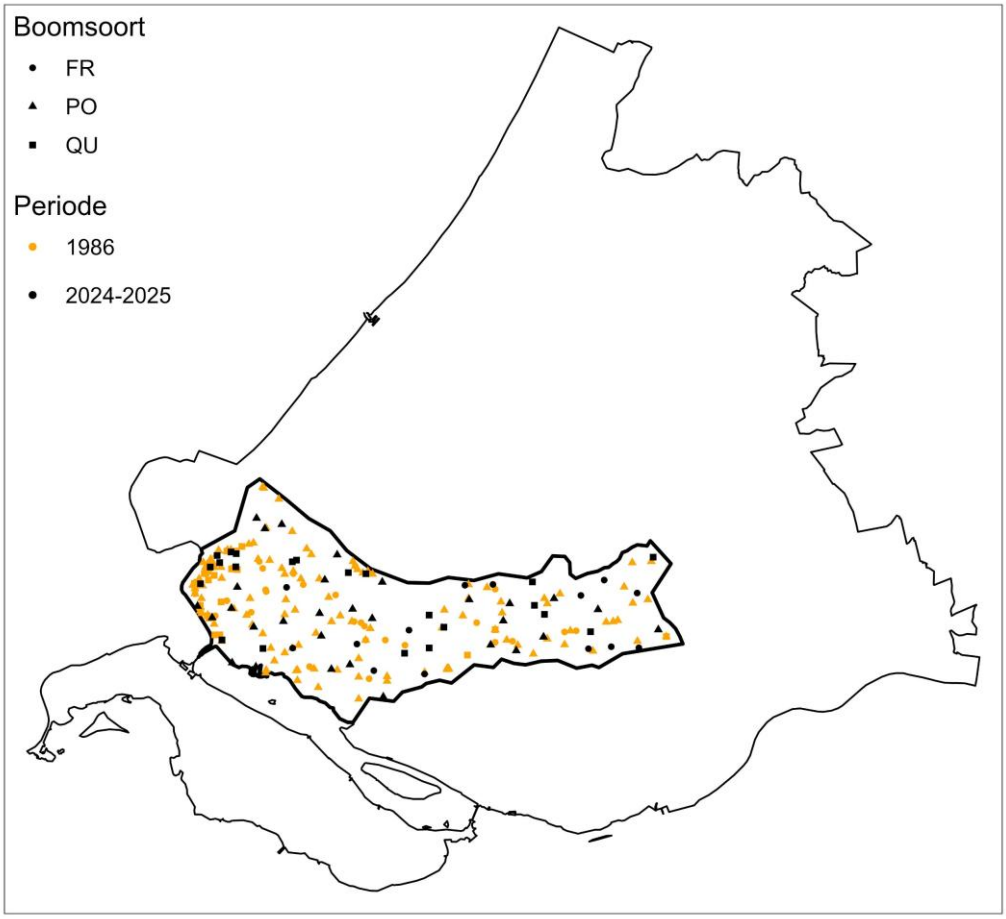
Er is een vergelijkende analyse uitgevoerd tussen meetpunten die in 1986 en meetpunten die in 2024 bezocht zijn in het Rijnmondgebied (Figuur 2.5). Hierbij zijn alleen meetpunten met Canadapopulier, es of zomereik gebruikt. Er zijn gegevens van 176 meetpunten uit 1986 gebruikt (124 Canadapopulier, 29 es en 23 zomereik) en van 66 meetpunten uit 2024 (30 Canadapopulier, 14 es en 22 zomereik). Voor beide periodes zijn drie graadmeters berekend, namelijk de soortenrijkdom korstmossen, het aantal NIW soorten en het aantal AIW soorten. Er is bij de vergelijking gebruik gemaakt van het aantal NIW en AIW soorten, omdat de gegevens uit 1986 (door ontbreken informatie over op hoeveel bomen een soort voorkwam) het niet toelaten om de daadwerkelijke NIW en AIW scores te berekenen.

2.5.4 Indicatiewaarden in Natura 2000-gebieden

Om de situatie in Natura 2000-gebieden beter te beoordelen zijn de indicatiewaarden (NIW, AIW en nutriëntenindicator) per Natura 2000-gebied berekend. Hiervoor zijn de meetpunten gebruikt die binnen de grenzen van Natura 2000 liggen (n=58), aangevuld met meetpunten die op de rand of net buiten het Natura 2000 gebied liggen, namelijk binnen 50 meter van de grens (n=24).

2.5.5 Vergelijking met het RIVM-MAN

Meetpunten binnen het korstmossenmeetnet in Zuid-Holland zijn waar mogelijk geplaatst dichtbij meetlocaties van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden van het RIVM (RIVM-MAN), een meetnet dat de ammoniakconcentraties in de lucht volgt. Er werden in deze meetronde in Zuid-Holland 12 korstmossenmeetpunten bezocht die gekoppeld kunnen worden aan een meetlocatie van het RIVM-MAN, doordat ze minder dan een kilometer uit elkaar en in een vergelijkbaar biotoop lagen. Een korstmossenmeetpunt in agrarisch gebied wordt dus niet gekoppeld aan een RIVM-MAN meetlocatie in een natuurgebied, ook al liggen beide locaties dicht bij elkaar. De gepaarde locaties in Zuid-Holland zijn aangevuld met gepaarde locaties in Gelderland (11 gekoppelde meetpunten; van der Kolk et al., 2023a), Groningen (twee gekoppelde meetpunten; van der Kolk et al., 2023b) en Noord-Brabant (46 gekoppelde meetpunten; van der Kolk et al., 2024), zodat de analyse uitgevoerd is met een totaal van 71 gekoppelde meetpunten.



Figuur 2.5. Kaart met het Rijnmondgebied waarbinnen een vergelijkende analyse is uitgevoerd tussen meetpunten die bezocht zijn in 1986 en meetpunten die bezocht zijn in 2024-2025. Boomsoort FR = es, PO = Canadapopulier, QU = zomereik.

De NIW en AIW op korstmossenmeetpunten zijn gecorreleerd aan ammoniakconcentraties in de lucht die zijn gemeten op de RIVM-MAN meetlocaties. De ammoniakconcentraties zijn berekend als een vijfjarige gemiddelde, op basis van de meetgegevens die door het RIVM online ontsloten worden (RIVM, 2025). Alle meetpunten van het korstmossenmeetnet in Zuid-Holland die gekoppeld zijn aan RIVM-MAN meetlocaties zijn bezocht in 2024. De gekoppelde ammoniakconcentraties is berekend als de gemiddelde ammoniakconcentratie in de periode 2019-2023. Voor het berekenen van de correlatie tussen ammoniakconcentraties en de NIW zijn alle 71 gekoppelde meetpunten gebruikt. Voor het berekenen van de correlatie tussen ammoniakconcentraties en de AIW is een subset van 59 gekoppelde meetpunten gebruikt omdat meetpunten met Canadapopulier en es niet geschikt zijn voor het meten van de AIW.

2.5.6 Vergelijking graadmeters met andere provincies

Om de resultaten uit het korstmossenmeetnet in Zuid-Holland 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), Gelderland (van der Kolk & Sparrius, 2025), Groningen (van der Kolk et al., 2023b), Noord-Brabant (van der Kolk et al., 2024), Overijssel (van Herk, 2021), Zeeland (van Herk, 2019c) en Utrecht (van der Kolk et al., 2025).

3 Resultaten

In dit hoofdstuk wordt eerst de huidige staat van de graadmeters in de provincie Zuid-Holland besproken, namelijk de soortenrijkdom korstmossen (3.1), soortenrijkdom mossen (3.2), de indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen (NIW; 3.3), de indicatiewaarde voor zuurminnende stikstofgevoelige korstmossen (AIW; 3.4), en graadmeters voor klimaatverandering (3.5). Voor veranderingen in soortenaantallen wordt een vergelijking uitgevoerd voor het Rijnmondgebied tussen 1986 en 2024-2025 (3.6). Vervolgens worden de effecten van ammoniak op korstmossen in Natura 2000-gebieden in detail behandeld (3.7). Tenslotte worden de veranderingen in de NIW en AIW vergeleken tussen acht provincies (3.8).

3.1 Soortenrijkdom korstmossen

3.1.1 Soortensamenstelling

In de provincie Zuid-Holland zijn er in de meetronde 2024-2025 op de 451 onderzochte meetpunten in totaal 186 soorten korstmossen aangetroffen (Bijlage A). De meest algemeen voorkomende soorten zijn stikstofminnende korstmossen als Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*) en Kapjesvingermos (*Physcia adscendens*), korstmossen die in Nederland recent door klimaatverandering sterk zijn toegenomen als Dun schaduwmos (*Hyperphyscia adglutinata*) en Vals dooiermos (*Candelaria concolor*), en soorten die als pionier gladde plaatsen op de schors koloniseren als Gewoon purperschaaltje (*Lecidella elaeochroma*) en Witte schotelkorst (*Lecanora chlarotera*). Gestippeld schildmos (*Punctelia subrudecta*) en Gewoon schildmos (*Parmelia sulcata*) zijn de algemeenste schildmossen. Stikstofgevoelige soorten zijn schaars, waarbij Eikenmos (*Evernia prunastri*) nog het meest algemeen voorkomt op ongeveer een kwart van de meetpunten (op 116 van de 451 meetpunten).

Van de aangetroffen soorten korstmossen staan er 35 op de Rode Lijst (Sparrius et al., 2023), 17 als Gevoelig, 9 als Kwetsbaar, 6 als Bedreigd, 2 als Ernstig Bedreigd en 1 als Verdwenen (Tabel 3.1). Vals speldenkussentje (*Thelenella modesta*) staat als Verdwenen op de Rode Lijst, maar is in de afgelopen jaren weer op meerdere plekken in Nederland gevonden. Behalve de Rode Lijst-soorten, werden er in de meetronde 2024-2025 ook nog zes andere soorten korstmossen gevonden die landelijk zeer zeldzaam zijn (Tabel 3.1). Vijf soorten korstmossen werden voor het eerst in de provincie Zuid-Holland vastgesteld, waarvan één ook nooit eerder in Nederland was gevonden (Tabel 3.1). *Physcia millegrana* was nooit eerder in Nederland, en zelfs nooit in Europa, vastgesteld. Het is een vingermos die in Noord-Amerika voorkomt, en die zich waarschijnlijk wel op een natuurlijke manier in Zuid-Holland gevestigd heeft. Berijpte bosschotelkorst (*Lecanora albella*), Lipvingermos (*Physcia vitii*), Dragonderdooiermos (*Xanthomendoza fallax*) en Ulevellenmos (*Xanthomendoza oregana*) werden nieuw in Zuid-Holland vastgesteld. Berijpte bosschotelkorst (*Lecanora albella*) was daarvoor in Nederland alleen bekend uit herbariummateriaal bij Nijmegen dat in de 19^{e} eeuw verzameld was.

Tabel 3.1 Landelijk zeer zeldzame en Rode Lijst soorten korstmossen die in de meetronde 2024-2025 in de provincie Zuid-Holland zijn aangetroffen. RL = Rode Lijst status (GE = Gevoelig, KW = Kwetsbaar, BE = Bedreigd, EB = Ernstig Bedreigd, VN = Verdwenen), Z = Landelijke zeldzaamheid (a = algemeen, z = schaars, zz = zeldzaam, zzz = zeer zeldzaam). Meetpunten is het aantal meetpunten waar de soort in de meetronde 2024-2025 is aangetroffen (uit totaal 451 meetpunten).

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	n	Opmerking
Alloarthopyrenia italica	Berijpte stipjes	zzz		1	
Bacidia arceutina	Bleke knoopjeskorst	zz	KW	4	
Bacidia laurocerasi	Purperknoopjeskorst	zzz	KW	12	
Bacidia rubella	Iepenknoopjeskorst	zzz	BE	1	
Buellia schaereri	Klein strontjesmos	zzz	GE	3	
Caloplaca cerina	Oranje boomzonnetje	zzz	GE	2	
Catillaria flexuosa		zzz	GE	27	
Cladonia pocillum	Duinbekermos	zz	KW	1	
Diplotomma pharcidium	Boomcementkorst	zz	BE	5	
Flavopunctelia flaventior	Oosters schildmos	zzz	GE	1	
Hyperphyscia lucida	Glimmend schaduwmos	zzz		6	
Hypogymnia physodes	Gewoon schorsmos	a	GE	19	
Hypogymnia tubulosa	Witkopschorsmos	a	GE	12	
Lecanora albella	Berijpte bosschotelkorst	zzz		1	Nieuw in ZH
Lecanora strobilina	Bleke dennenschotelkorst	zzz	EB	1	
Lepra amara	Ananaskorst	z	KW	1	
Melanelixia subargentifera	Behaard schildmos	zzz	GE	1	
Micarea microsorediata	Soredieus oogje	zzz	GE	3	
Micarea nitschkeana	Takkenoogje	zzz	KW	1	
Normandina chlorococca	Parasietkorst	zzz	GE	4	
Physcia aipolia	Gemarmerd vingermos	z	KW	2	
Physcia biziana	Groen vingermos	zzz		1	
Physcia leptalea	Stekelig vingermos	zzz	GE	2	
Physcia millegrana		zzz		1	Nieuw in NL
Physcia vitii	Lipvingermos	zzz		1	Nieuw in ZH
Physconia distorta	Fors rijpmos	zz	KW	5	
Piccolia ochrophora	Licht muggenstrontjesmos	zzz	GE	6	
Pseudevernia furfuracea	Purper geweimos	z	KW	2	
Pyrenula chlorospila	Duinknikker	zzz	KW	1	
Ramalina fraxinea	Groot takmos	zz	BE	5	
Ramalina lacera	Waaiertakmos	zz	BE	10	
Scoliciosporum chlorococcum	Boomspiraalkorst	zzz	BE	1	
Scoliciosporum gallurae	Groene spiraalkorst	zzz	GE	13	
Scoliciosporum sarothamni	Soredieuze spiraalkorst	zzz	GE	1	
Sporodophoron cretaceum	Witkring	zzz	GE	4	
Swinscowia jamesii	Boomspikkel	zzz	GE	3	
Thelenella modesta	Vals speldenkussentje	zzz	VN	6	
Usnea articulata	Saucijs-baardmos	zzz	EB	1	
Usnea hirta	Bleek baardmos	zz	BE	1	
Xanthomendoza fallax	Dragonderdooiermos	zzz	GE	1	Nieuw in ZH
Xanthomendoza oregana	Ulevellenmos	zzz	GE	6	Nieuw in ZH

3.1.2 Soortenrijkdom korstmossen per meetpunt

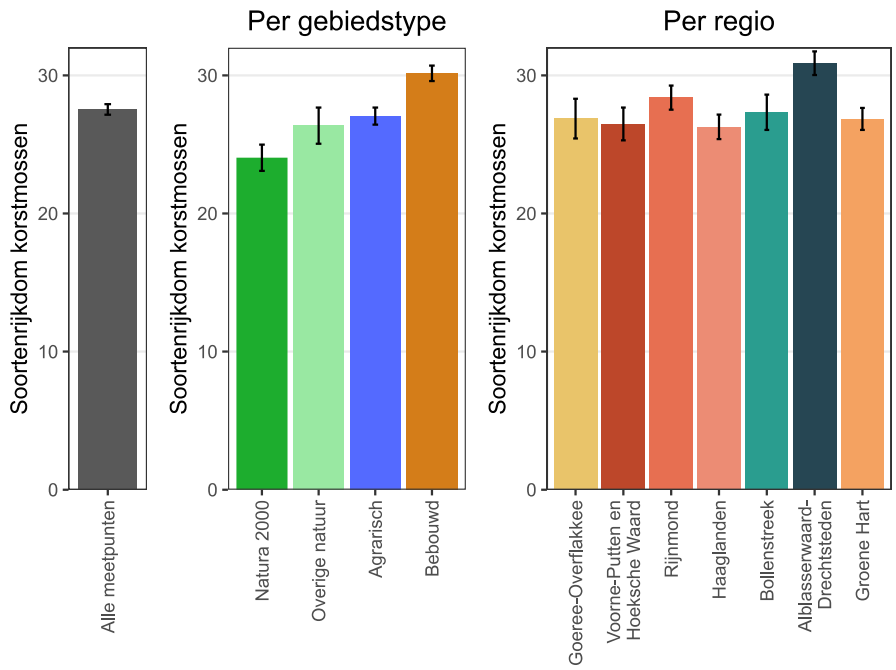
Gemiddeld komen er 27,5 soorten korstmossen voor op een meetpunt in Zuid-Holland in de meetronde 2024-2025 (Figuur 3.1). De soortenrijkdom is het hoogst in bebouwde gebieden (30,1 soorten) en het laagst in Natura 2000-gebieden (24,0 soorten; Figuur 3.1). Meetpunten in bebouwde gebieden zijn waarschijnlijk soortenrijker omdat meetpunten beschut staan en daardoor minder snel droogwaaien na regenbuien, vaker het optimale percentage lichtinval krijgen (geen diepe schaduw en geen volle zon) en hogere temperaturen. Veel korstmossen gedijen goed in warme en vochtige

omstandigheden. In Natura 2000-gebieden en natuurgebieden ligt een groter aantal meetpunten in bosrijke gebieden, waar de soortenrijkdom lager is door een gebrek aan lichtinval.

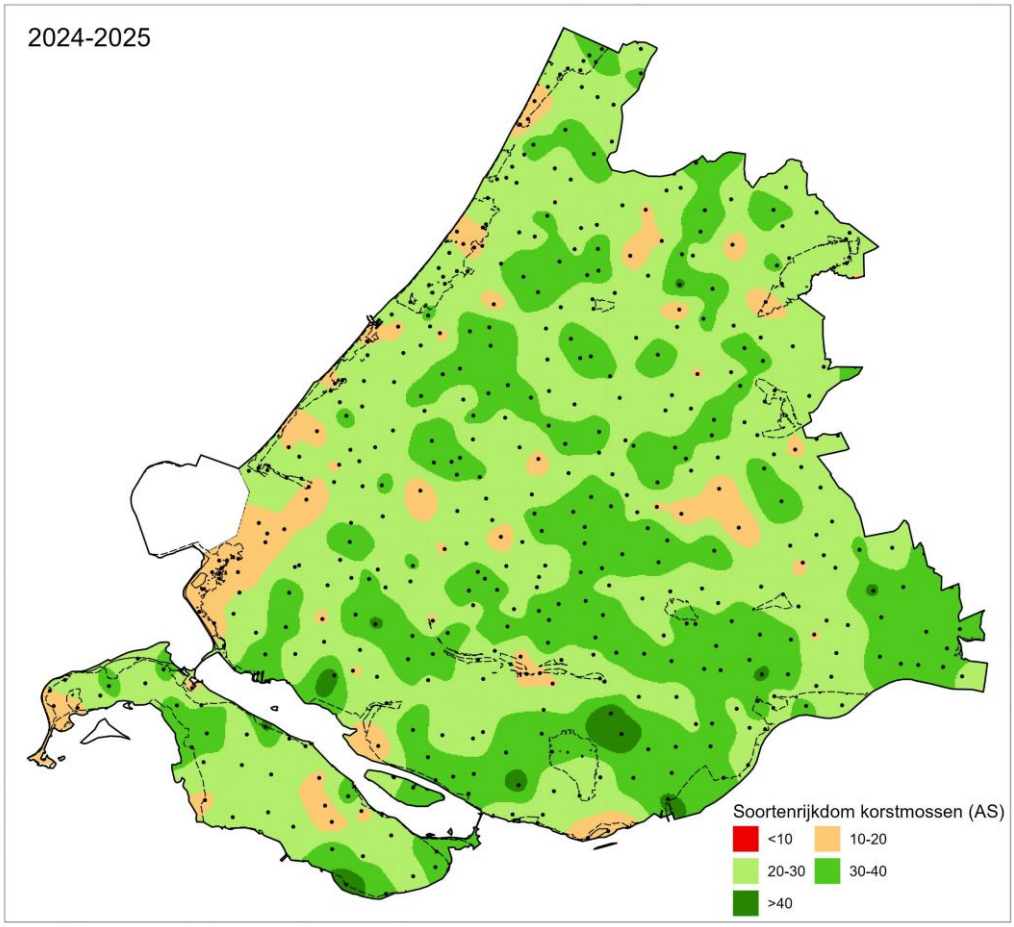
De verschillen tussen regio's zijn relatief klein, met alleen een duidelijk hogere soortenrijkdom in de regio Alblasserwaard-Drechtsteden (30,9 soorten) in vergelijking met de andere regio's (26,3-28,4 soorten; Figuur 3.1). Uit de ruimtelijke kaart blijkt dat meetpunten in de duinen relatief soortenarm zijn in vergelijking met binnenlandse meetpunten (Figuur 3.2).



Enkele vondsten van zeer zeldzame soorten korstmossen in Zuid-Holland in meetronde 2024-2025. Linksboven: Berijpte bosschotelkorst (*Lecanora albella*). Rechtsboven: *Physcia millegrana*, de eerste vondst van dit vingermos in Nederland. Linksonder: Saucijsbaardmos (*Usnea articulata*). Rechtsonder: Duinknikker (*Pyrenula chlorospila*).



Figuur 3.1 Gemiddelde soortenrijkdom korstmossen per meetpunt, als gemiddelde voor de hele provincie (links), opgesplitst per gebiedstype (midden) en opgesplitst per regio (rechts).



Figuur 3.2 Het aantal soorten korstmossen per meetpunt (AS) in de meetronde 2024-2025 in Zuid-Holland. Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd. Zwarte stippellijnen geven de grenzen van Natura 2000-gebieden weer.

3.2 Soortenrijkdom mossen

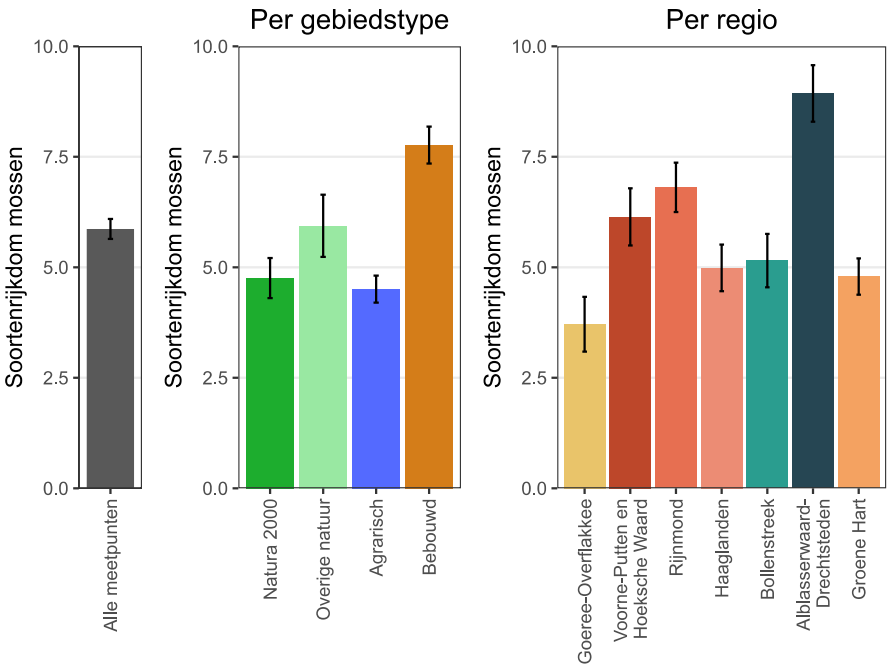
3.2.1 Soortensamenstelling

In de provincie Zuid-Holland zijn er in de meetronde 2024-2025 op de 451 onderzochte meetpunten in totaal 55 soorten mossen aangetroffen (Bijlage B). De meest algemeen voorkomende soorten zijn de slaapmossen Gesnaveld klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*) en Gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*), en de topkapselmossen Gewone haarmuts (*Orthotrichum affine*), Knikkersterretje (*Syntrichia papillosa*) en Grijze haarmuts (*Orthotrichum diaphanum*).

Van de aangetroffen soorten korstmossen staan er twee op de Rode Lijst (Siebel et al., 2013), namelijk Eekhoorntjesmos (*Leucodon sciuroides*; Kwetsbaar) en Sterretjeshaarmuts (*Orthotrichum rupestre*; Gevoelig). Beide soorten zijn op één meetpunt aangetroffen.

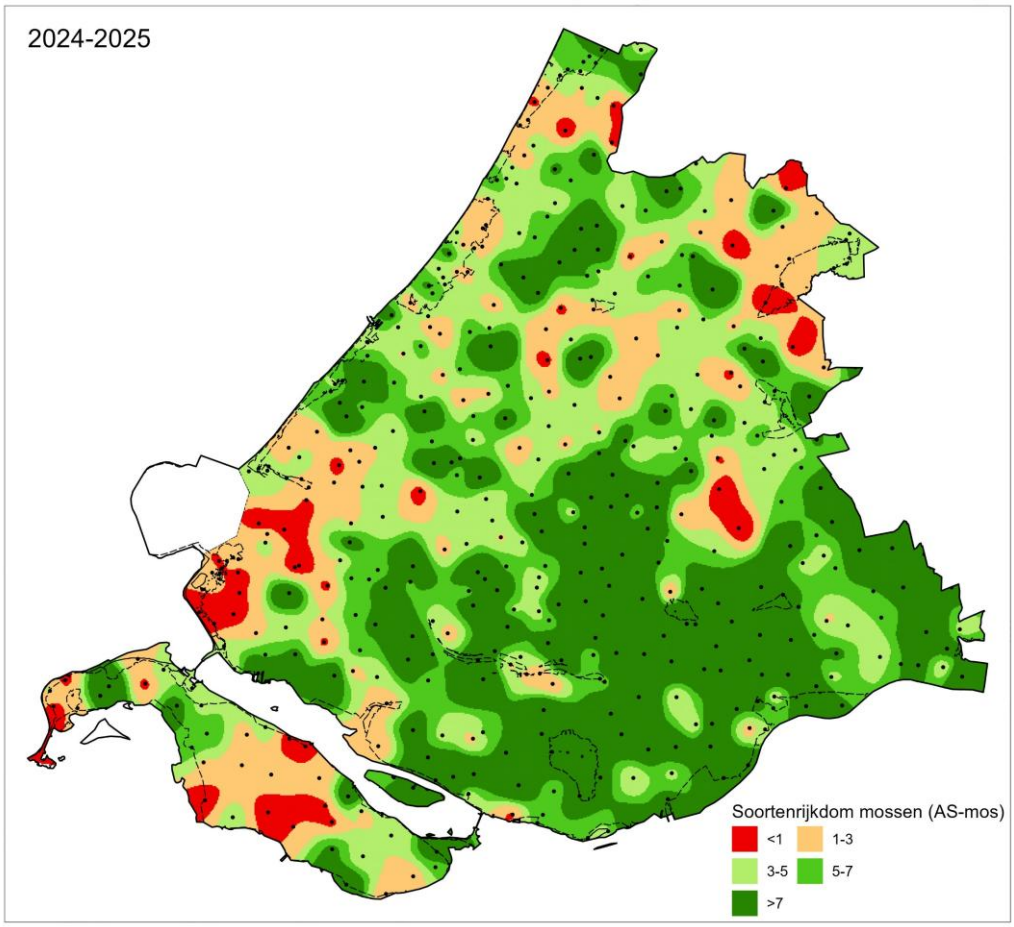
3.2.2 Soortenrijkdom mossen per meetpunt

Gemiddeld komen er 5,9 soorten mossen voor op een meetpunt in Zuid-Holland in de meetronde 2024-2025 (Figuur 3.3). De soortenrijkdom is het hoogst in bebouwde gebieden (7,8 soorten) en het laagst in agrarische gebieden (4,5 soorten; Figuur 3.3). Meetpunten in agrarische gebieden zijn waarschijnlijk het soortenarmst omdat de bomen vaak op open droge standplaatsen staan, terwijl vrijwel alle mossen juist een deels vochtig milieu prefereren.



Figuur 3.3 Gemiddelde soortenrijkdom mossen per meetpunt, als gemiddelde voor de hele provincie (links), opgesplitst per gebiedstype (midden) en opgesplitst per regio (rechts).

Er zijn duidelijke verschillen tussen regio's, met een hogere soortenrijkdom in de regio Alblasserwaard-Drechtsteden (8,9 soorten), en een lagere soortenrijkdom op Goeree-Overflakkee (3,7) in vergelijking met de andere vijf regio's (4,8-6,8 soorten; Figuur 3.3). Uit de ruimtelijke kaart blijkt dat er op meetpunten in het zuidoosten van de provincie een hogere soortenrijkdom mossen voorkomt in vergelijking met de rest van de provincie (Figuur 3.4).



Figuur 3.4 Het aantal soorten mossen per meetpunt (AS_{mos}) in de meetronde 2024-2025 in Zuid-Holland. Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd. Zwarte stippellijnen geven de grenzen van Natura 2000-gebieden weer.

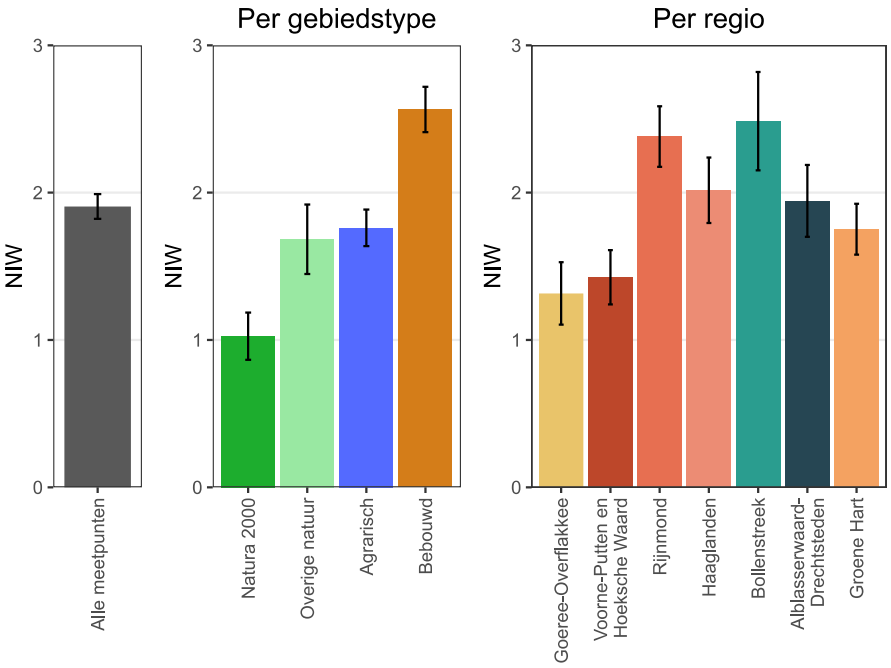


Eekhoorntjesmos (*Leucodon sciuroides*; Rode Lijst: Kwetsbaar) werd op één meetpunt in Zuid-Holland aangetroffen.

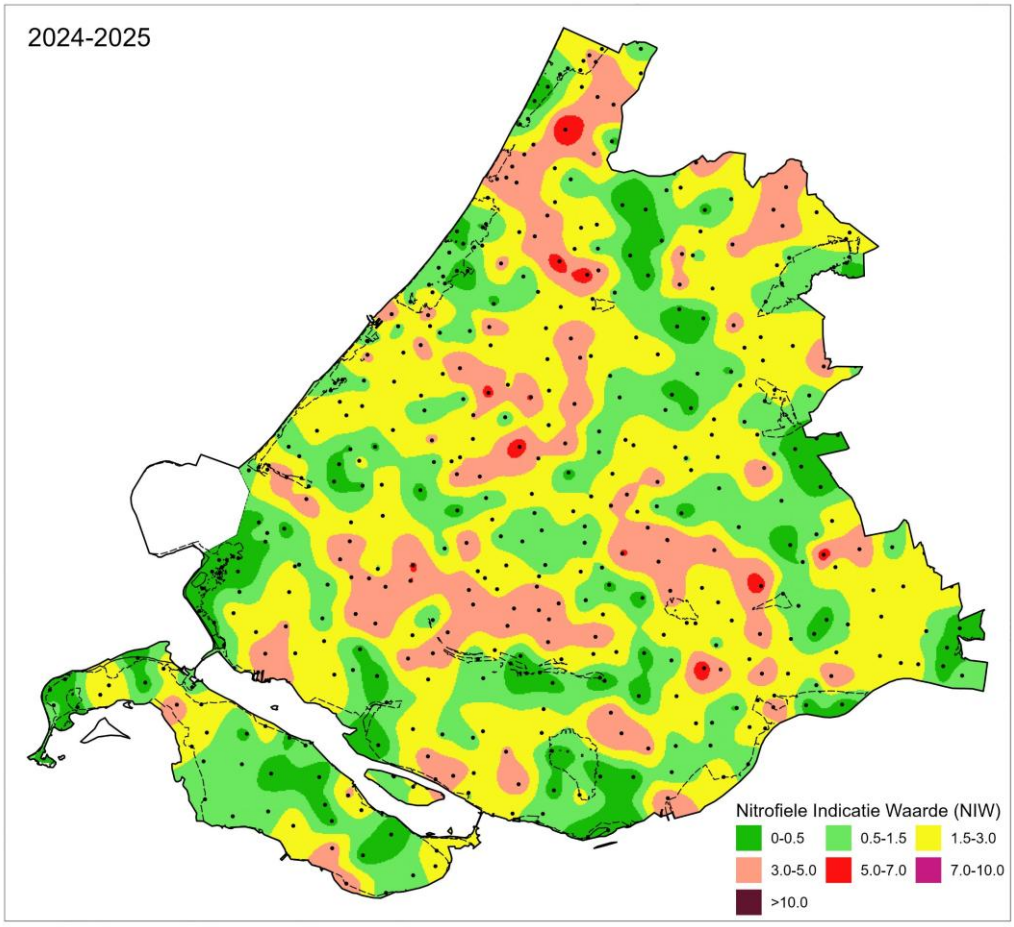
3.3 Stikstofminnende korstmossen (NIW)

De indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen (ook wel nitrofyten genoemd), de NIW (gecorrigeerd voor boomsoort), was gemiddeld voor de hele provincie 1,9 (Figuur 3.5). De algemeenste stikstofminnende korstmossen, en dus de soorten die in Zuid-Holland het meest aan de NIW bijdragen, zijn Groot dooiermos (*Xanthoria* parietina), Kapjesvingermos (*Physcia adscendens*), Poedergeelkorst (*Candelariella efflorescens / rubrisoli*), Rond schaduwmos (*Phaeophyscia orbicularis*) en Heksenvingermos (*Physcia tenella*) (Bijlage A).

De NIW is het hoogste in bebouwde gebieden (2,6) en het laagste in Natura 2000-gebieden (1,0; Figuur 3.5). Er zijn ook verschillen tussen regio's. De NIW is relatief laag op de eilanden, in de regio's Goeree-Overflakkee (1,3) en Voorne-Putten en Hoeksche Waard (1,4; Figuur 3.5). In de regio Voorne-Putten en Hoeksche Waard is de gemiddelde NIW laag vanwege meetpunten in het Voornes Duin waar de NIW lager dan 0,5 is (Figuur 3.6). De NIW is juist relatief hoog in de regio's Rijnmond (2,4) en Bollenstreek (2,5; Figuur 3.5 en 3.6).



Figuur 3.5 Gemiddelde Nitrofiele Indicatie Waarde (NIW) per meetpunt, als gemiddelde voor de hele provincie (links), opgesplitst per gebiedstype (midden) en opgesplitst per regio (rechts).



Figuur 3.6 De indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen (NIW) in de meetronde 2024-2025 in Zuid-Holland. Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd. Zwarte stippellijnen geven de grenzen van Natura 2000-gebieden weer.

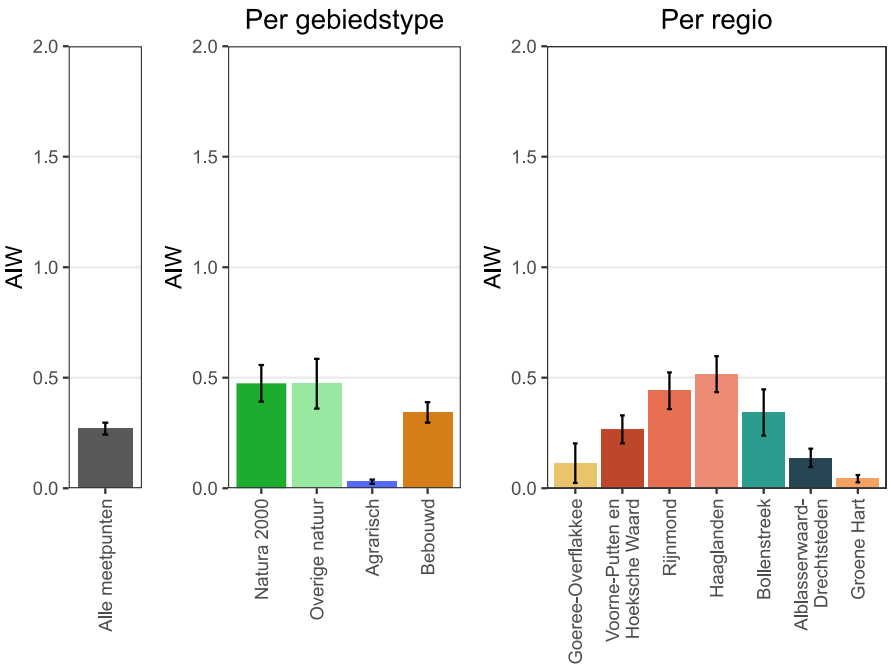


Boomstam met veel gele en grijze stikstofminnende korstmossen. Het overgrote deel van het geel gekleurde korstmos is Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*).

3.4 Stikstofgevoelige korstmossen (AIW)

De indicatiewaarde voor zuurminnende stikstofgevoelige korstmossen (ook wel acidofyten genoemd), de AIW, was gemiddeld voor de hele provincie 0,3 (Figuur 3.7). De algemeenste stikstofgevoelige korstmossen, en dus de soorten die in Zuid-Holland het meest aan de AIW bijdragen, zijn Eikenmos (*Evernia prunastri*), Gewone poederkorst (*Lepraria incana*) en Kopjes-bekermos (*Cladonia fimbriata*) (Bijlage A).

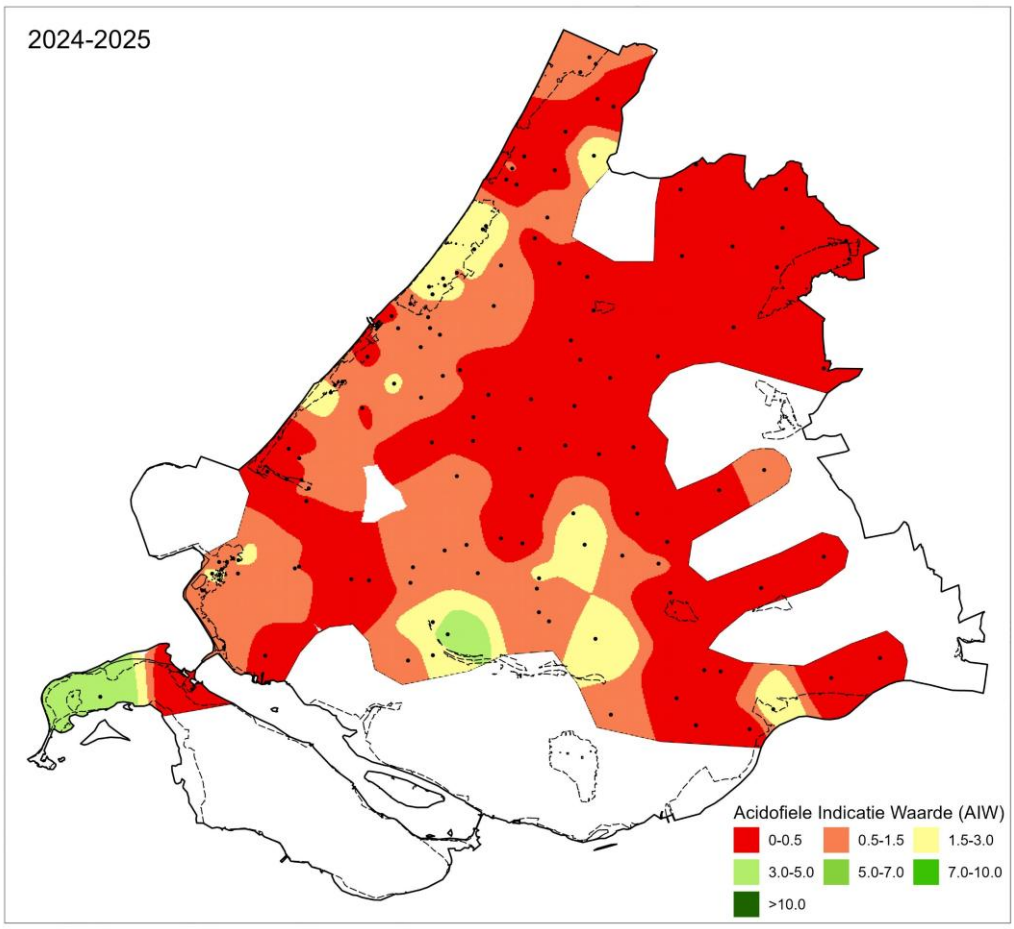
De AIW is overal in Zuid-Holland zeer laag, en in overgrote delen van de provincie zijn stikstofgevoelige korstmossen vrijwel helemaal afwezig (Figuur 3.7 en 3.8). Alleen in het Natura 2000-gebied Meijendel & Berkheide is de AIW consistent hoger dan 1,5 (Figuur 3.8).



Figuur 3.7 Gemiddelde Acidofiele Indicatie Waarde (AIW) per meetpunt, als gemiddelde voor de hele provincie (links), opgesplitst per gebiedstype (midden) en opgesplitst per regio (rechts).



Eikenmos (*Evernia prunastri*; links) en Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*; rechts) waren allebei zeer algemeen in Nederland. Nu komen ze slechts plaatselijk voor op locaties met lage ammoniakconcentraties.



Figuur 3.8 De indicatiewaarde voor zuurminnende stikstofgevoelige korstmossen (AIW) in de meetronde 2024-2025 in Zuid-Holland. Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd. Zwarte stippellijnen geven de grenzen van Natura 2000-gebieden weer.



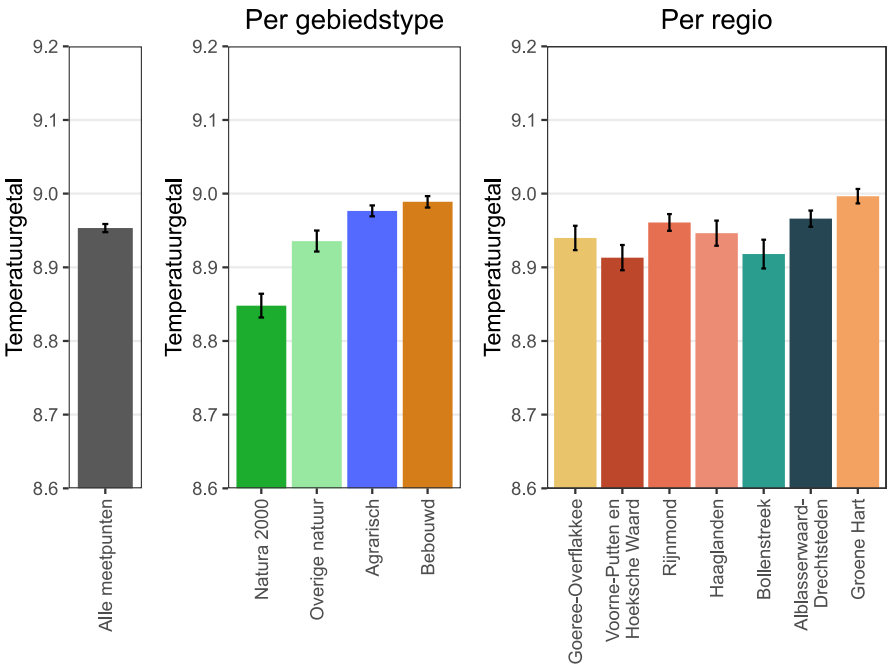
Baardmossen (*Usnea* sp.; links) en Purper geweimos (*Pseudevernia furfuracea*; rechts) zijn stikstofgevoelige soorten die in Nederland zeldzaam geworden zijn. In Zuid-Holland zijn ze maar op enkele meetpunten aangetroffen.

3.5 Klimaat

Dankzij het meetnet voor epifytische korstmossen in Nederland is al aangetoond dat korstmossen reageren op klimaatverandering (van Herk et al., 2002). Omdat de meetronde 2024-2025 de eerste gestandaardiseerde meetronde in Zuid-Holland is, kunnen veranderingen over de tijd in Zuid-Holland nog niet geanalyseerd worden.

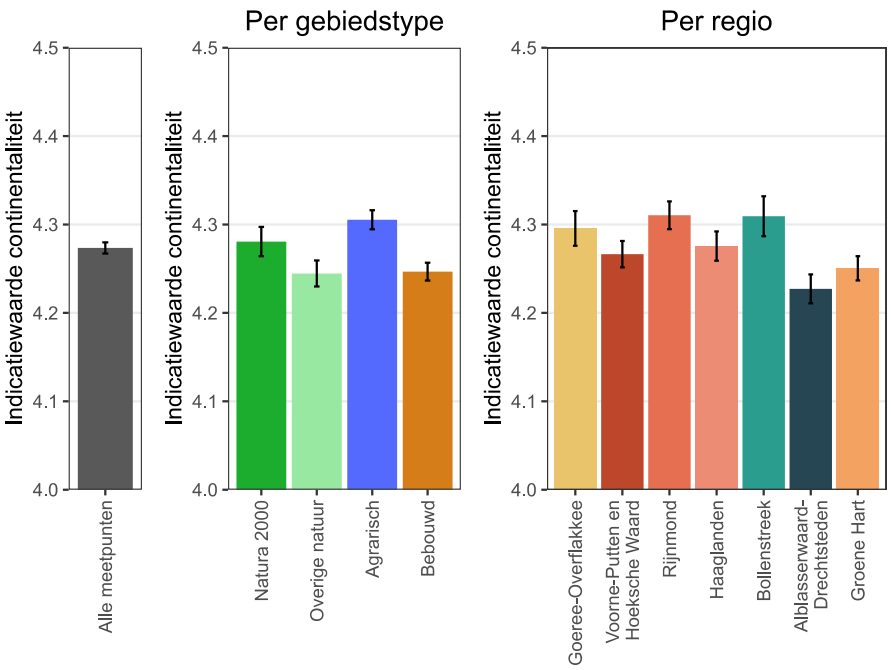
Het Temperatuurgetal (Community Temperature Index) is het gemiddelde van de temperatuur van het Europese verspreidingsgebied van de korstmossoorten die in een opname voorkomen. De index is het hoogst in bebouwde gebieden en het laagst in natuurgebieden, en iets hoger in de twee binnenlandse regio's in vergelijking met de vijf regio's die (deels) aan de kust liggen (Figuur 3.9).

De gemiddelde indicatiewaarde voor continentaliteit is iets hoger in Natura 2000-gebieden en agrarische gebieden in vergelijking met overige natuur- en bebouwde gebieden (Figuur 3.10). Een hogere indicatiewaarde voor continentaliteit duidt op een relatief groter aantal soorten met een continentale verspreiding en relatief minder soorten met Atlantische verspreiding. Het is wat dat betreft opvallend dat juist in de twee binnenlandse regio's een relatie lagere indicatiewaarde voor continentaliteit gemeten is in vergelijking met de andere vijf regio's (Figuur 3.10).

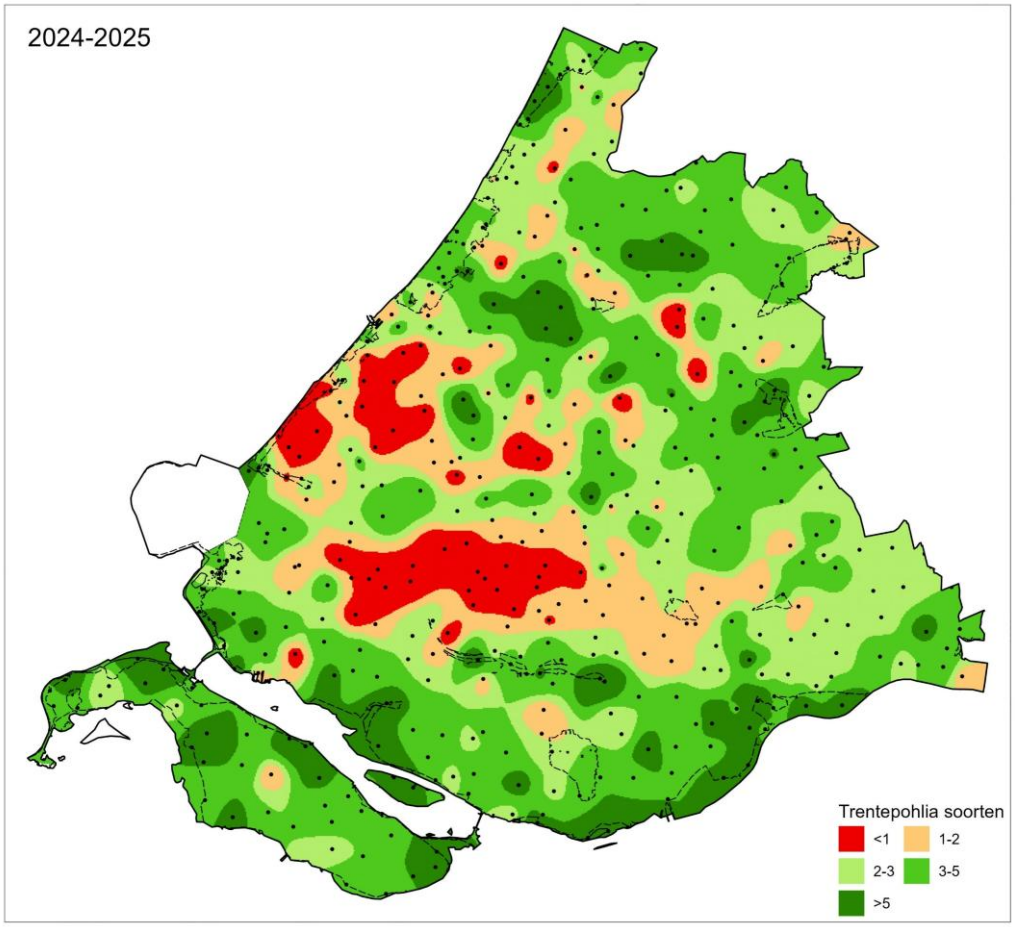


Figuur 3.9 Gemiddelde temperatuurgetal (in graden Celsius) per meetpunt, als gemiddelde voor de hele provincie (links), opgesplitst per gebiedstype (midden) en opgesplitst per regio (rechts).

Atlantische soorten nemen toe door de relatief warme winters in de afgelopen twee decennia. Onder andere korstmossen die samenleven met *Trentepohlia*-algen zijn door klimaatverandering sterk toegenomen (Aptroot & van Herk, 2007). In Zuid-Holland komen er vooral op meetpunten in het zuiden, op de eilanden en langs de rivieren, veel soorten korstmossen voor met *Trentepohlia* als fotobiont (Figuur 3.11). In de stedelijke gebieden van Rotterdam en Den Haag zijn deze soorten juist grotendeels afwezig.



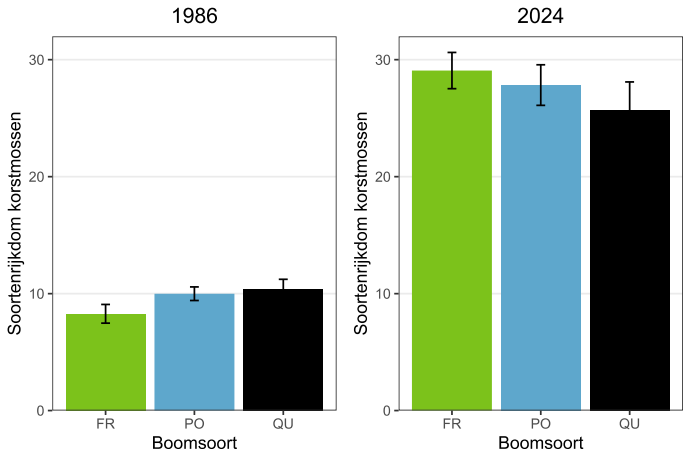
Figuur 3.10 Gemiddelde indicatiewaarde voor continentaliteit per meetpunt, als gemiddelde voor de hele provincie (links), opgesplitst per gebiedstype (midden) en opgesplitst per regio (rechts).



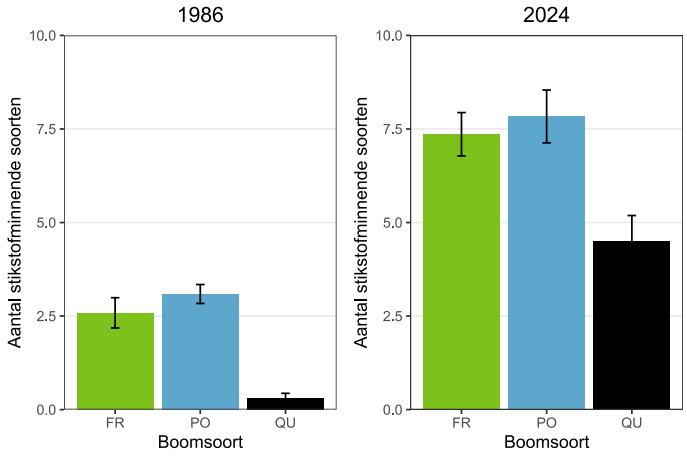
Figuur 3.11 Het aantal soorten korstmossen met *Trentepohlia* als fotobiont in de meetronde 2024-2025 in Zuid-Holland. Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd. Zwarte stippellijnen geven de grenzen van Natura 2000-gebieden weer.

3.6 Veranderingen tussen 1986 en 2024 in Rijnmondgebied

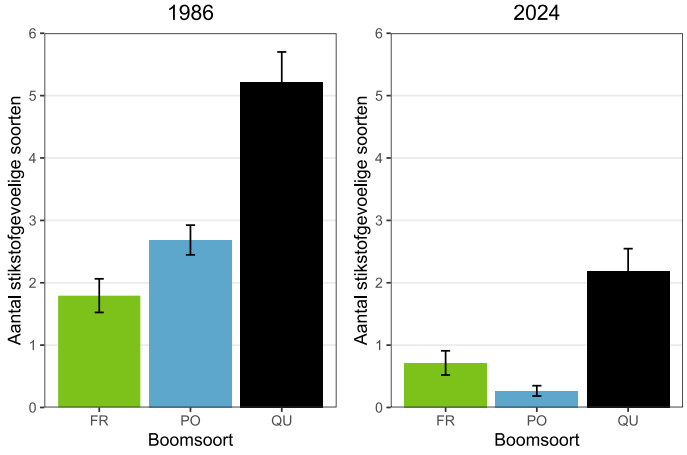
De vergelijking tussen gegevens uit 1986 en 2024 uit het Rijnmondgebied laat zien dat de soortenrijkdom korstmossen sterk is toegenomen, van 9,8 soorten per meetpunt in 1986 naar 27,4 soorten per meetpunt in 2024 (Figuur 3.12). Ook het aantal stikstofminnende korstmossen is sterk toegenomen, van 2,6 soorten in 1986 naar 6,6 soorten in 2024 (Figuur 3.13). Zowel in 1986 als in 2024 kwamen er meer stikstofminnende soorten voor op essen en populieren dan op zomereiken, wat komt doordat essen en populieren al van nature een meer basische en voedselrijkere schors hebben. Stikstofgevoelige soorten zijn tussen 1986 en 2024 juist sterk afgenomen, van 2,9 soorten per meetpunt in 1986 naar 1,0 soorten per meetpunt in 2024 (Figuur 3.14).



Figuur 3.12 Soortenrijkdom korstmossen op meetpunten in het Rijnmondgebied in 1986 en 2024.



Figuur 3.13 Het aantal stikstofminnende soorten op meetpunten in het Rijnmondgebied in 1986 en 2024.



Figuur 3.14 Het aantal stikstofgevoelige soorten op meetpunten in het Rijnmondgebied in 1986 en 2024.

3.7 Effecten van ammoniak in Natura 2000-gebieden

3.7.1 Graadmeters in Natura 2000-gebieden

Uit de gegevens van de meetronde 2024-2025 blijkt dat de gemiddelde NIW in zes van de zestien onderzochte Natura 2000-gebieden zeer laag is (< 0,5 punt) (Tabel 3.2), namelijk in Voornes Duin, Duinen Goeree & Kwade Hoek, Donkse Laagten, Hollands Diep, Oude Maas en Westduinpark & Wapendal. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat in de Natura 2000-gebieden Donkse Laagten en Westduinpark & Wapendal maar één meetpunt is onderzocht, en de waarden wel indicatief maar mogelijk niet representatief zijn voor het hele gebied. In vijf Natura 2000-gebieden is een lage NIW waarde (0,5-1,5 punt) vastgesteld. In de overige vijf Natura 2000-gebieden is de NIW waarde hoger dan 1,5 punt, wat duidt op een matige invloed van ammoniak (Tabel 3.2). De hoogste gemiddelde NIW waarde is vastgesteld in het Natura 2000-gebied Krammer-Volkerak (2,3). De AIW waarde is in alle gebieden zeer laag. De hoogste waarden zijn vastgesteld in Meijendel & Berkheide (1,0) en Voornes Duin (1,0).

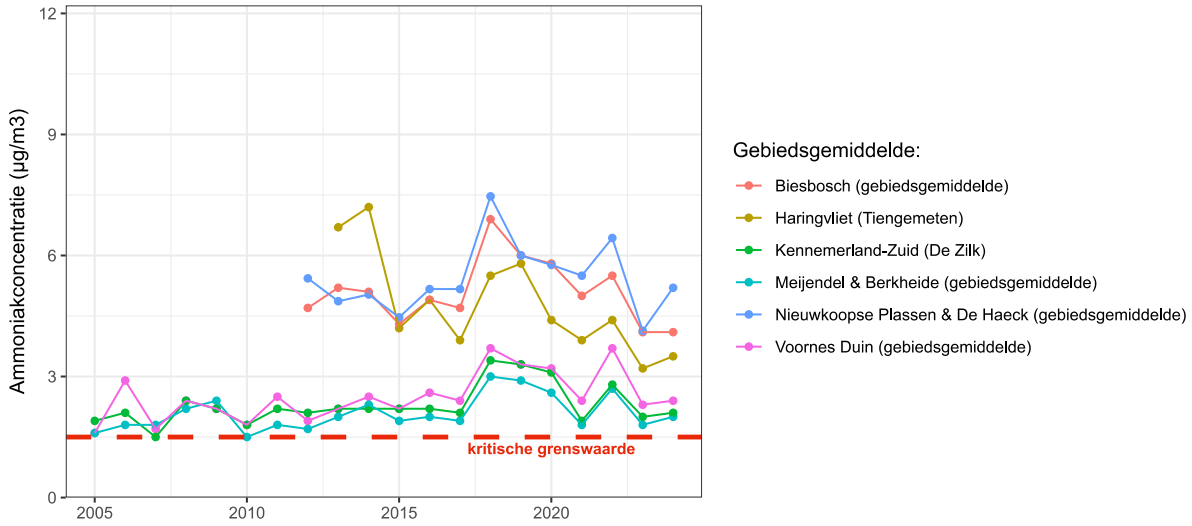
Tabel 3.2 Gemiddelde waarden van graadmeters in 2024-2025 per Natura 2000-gebied in Zuid-Holland. De gemiddelden zijn berekend uitsluitend op basis van de meetpunten die binnen de grenzen of maximaal tot 50 meter buiten de grens van het Natura 2000-gebied liggen (n = aantal meetpunten in meetronde 2024-2025). De tabel is gesorteerd op basis van de NIW waarde, waarbij de Natura 2000-gebieden met de hoogste NIW waardes bovenaan staan. De NIW waardes zijn gecorrigeerd voor boomsoort.

Natura 2000-gebied	n	AS	AS_{mos}	NIW	AIW
Krammer-Volkerak	3	39,7	8,0	2,3	0,1
Haringvliet	6	33,2	6,8	1,9	0,0
Solleveld & Kapittelduinen	8	21,5	3,9	1,8	0,8
Biesbosch	6	30,3	10,2	1,8	0,5
Broekvelden, Vettenbroek & Polder Stein	2	22,5	5,0	1,6	0,0
Kennemerland-Zuid	11	24,0	4,5	1,5	0,4
Grevelingen	2	27,0	3,5	1,4	0,0
Oudeland van Strijen	2	30,0	12,5	1,0	0,0
Meijendel & Berkheide	14	23,3	3,7	0,8	1,0
Nieuwkoopse Plassen & De Haeck	4	24,5	2,5	0,6	0,1
Voornes Duin	10	16,6	1,6	0,3	1,0
Duinen Goeree & Kwade Hoek	2	22,5	0,5	0,1	0,0
Donkse Laagten	1	20,0	8,0	0,0	0,0
Hollands Diep	4	18,5	6,3	0,0	0,1
Oude Maas	6	21,7	4,3	0,0	0,1
Westduinpark & Wapendal	1	17,0	3,0	0,0	0,0

3.7.2 Gemeten ammoniakconcentraties in Natura 2000-gebieden

In de provincie Zuid-Holland meet het RIVM in Natura 2000-gebieden de ammoniakconcentraties in de lucht. In een deel van de gebieden is in 2005 gestart met meten, en later zijn andere gebieden aan het meetprogramma toegevoegd. Voor Nederlandse begrippen hebben de duingebieden in Zuid-Holland lage concentraties van ammoniak, rond 2 µg/m^3, maar deze zijn sinds 2005 niet afgenomen (Figuur 3.15). Bovendien liggen ook deze waardes nog boven de kritische grenswaarde van 1,5 µg/m^3 (Sutton et al., 2009; Manninen et al., 2023), waaronder een deel van de ammoniakgevoelige

korstmossen zich weer kan herstellen. Dat verklaart dan ook waarom in veel Natura 2000-gebieden er een lage NIW is gemeten, maar tegelijkertijd geen herstel plaatsvindt van stikstofgevoelige soorten. De ammoniakconcentraties in de binnenlandse Natura 2000-gebieden zijn hoger, en hier worden ook vaak hogere NIW waardes gemeten, bijvoorbeeld in het Natura 2000-gebied Biesbosch. Niet in alle gebieden komen de NIW waardes overeen met de verwachte waardes op basis van de ammoniakconcentraties zoals die in het RIVM-Man worden gemeten. De NIW is relatief hoog in Kennemerland-Zuid en juist relatief laag in Nieuwkoopse Plassen & De Haeck. Mogelijke oorzaken hiervoor worden bediscussieerd in 4.3.



Figuur 3.15 Gemeten ammoniakconcentratie in een selectie van Natura 2000-gebieden in Zuid-Holland uit het RIVM-MAN tussen 2005 en 2024. De rode stippellijn geeft de kritische grenswaarde aan waaronder een deel van de stikstofgevoelige korstmossen zich kunnen herstellen. Gegevens afkomstig van RIVM (2025).

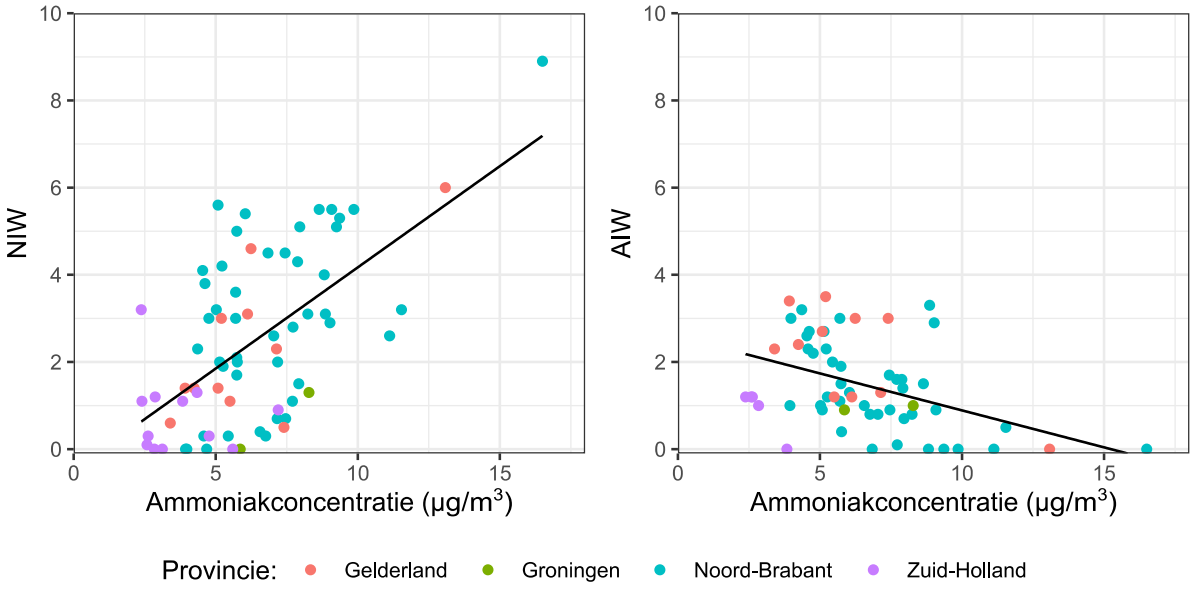
3.7.3 Vergelijking tussen graadmeters en ammoniakmetingen

Ammoniakconcentraties in de lucht gemeten op meetlocaties van het RIVM-MAN werden gecorreleerd aan korstmossenmeetpunten voor 12 meetpunten in Zuid-Holland, aangevuld met 46 meetpunten in Noord-Brabant (van der Kolk et al., 2024), 11 meetpunten in Gelderland (van der Kolk et al., 2023a) en twee meetpunten in Groningen (van der Kolk et al., 2023b).

Er is een significante positieve correlatie tussen de vijfjarige gemiddelde ammoniakconcentratie en de NIW (NIW = -0,472 + 0,464 * NH_3, R2 = 0,366, p < 0,0001, n = 71; Figuur 3.16). Er is ook een significante negatieve correlatie tussen de vijfjarige gemiddelde ammoniakconcentratie en de AIW (AIW = 2,585 – 0,170 * NH_3, R2 = 0,185, p = 0,0007, n = 59; Figuur 3.16). In de formules is NH_3 de vijfjarige gemiddelde ammoniakconcentraties in de lucht die op de meetpunten van het RIVM-MAN zijn gemeten.

Hoewel beide correlaties zeer significant zijn, zijn de correlatiecoëfficiënten zwakker in vergelijking met het eerdere vergelijkingsonderzoek in 1998 (van Herk, 1998; 2001). De zwakkere correlatiecoëfficiënten worden door een combinatie van factoren veroorzaakt. Bij veel meetlocaties van het RIVM-MAN kon niet direct naast de meetlocatie een korstmossenmeetpunt worden uitgezet, omdat er geen geschikte bomen voorhanden waren. De korstmossenmeetpunten liggen dan ook vaak enkele honderden meters verwijderd van de RIVM-MAN meetlocaties. Op kleine afstand kunnen ammoniakconcentraties al erg verschillen (Velders et al., 2002). Daarnaast liggen veel gekoppelde

korstmossenmeetpunten in een bosrijke beschaduwde omgeving, waardoor de NIW gedrukt wordt door een beperking aan lichtinval. Tenslotte ontbreken in het RIVM-MAN meetnet vrijwel geheel meetpunten in het agrarische gebied, waar de ammoniakconcentraties hoger zijn. In het eerdere vergelijkingsonderzoek (van Herk, 1998; 2001) werden de ammoniakconcentraties gemeten op de exacte locaties waar ook de korstmossen werden gekarteerd, en omvatte de vergelijking ook veel meetpunten in agrarisch gebied waardoor de correlaties berekend konden worden over een veel groter bereik van ammoniakconcentraties (tot 45 µg/m^3).

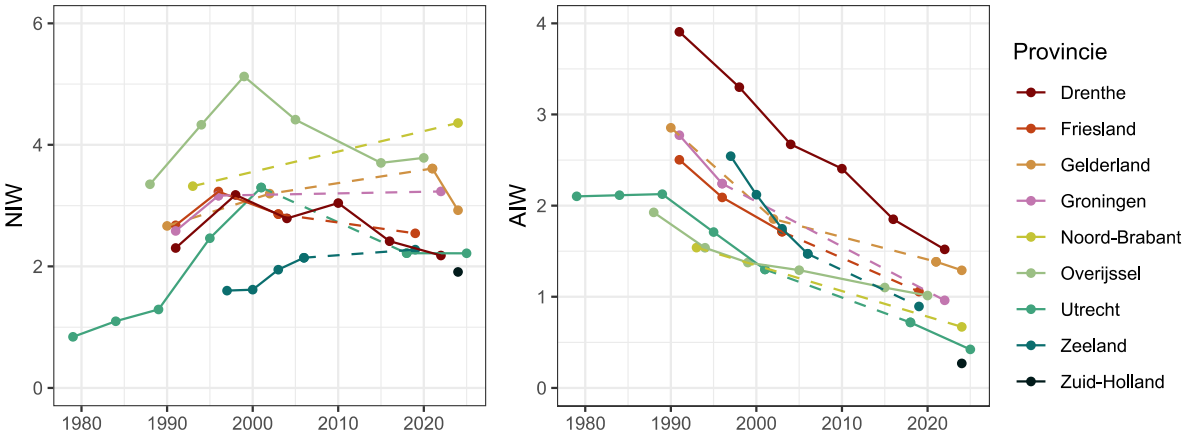


Figuur 3.16 Gemeten ammoniakconcentratie op meetlocaties van het RIVM-MAN (vijfjarige gemiddelden) in relatie tot de NIW (links) en AIW (rechts) op een dichtbijgelegen korstmossenmeetpunt (n=71 voor NIW, n=59 voor AIW). Beide correlaties zijn zeer significant (p < 0,001).

3.8 Vergelijking van effecten van ammoniak tussen provincies

Een vergelijking in de trend van de NIW tussen provincies laat zien dat in het algemeen het aantal stikstofminnende korstmossen tussen 1995 en 2001 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 3.17). In een aantal provincies waaronder 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. In provincies die recent meermaals zijn onderzocht, was er in Gelderland tussen 2021-22 en 2024 een sterke daling, in Drenthe tussen 2016 en 2022 een lichte daling, en in Overijssel tussen 2015 en 2020 een lichte stijging van de NIW (Figuur 3.17). In Zuid-Holland is de NIW relatief laag in vergelijking met andere provincies die recent zijn onderzocht.

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, afname in Gelderland tussen 2021 en 2024. In Zuid-Holland is de AIW relatief laag ten opzichte van andere recent onderzochte provincies (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 meetrondes meer dan 10 jaar na elkaar zijn uitgevoerd, waardoor het daadwerkelijke verloop van de graadmeters sterk kan afwijken van de getekende lijn. De NIW piekte in de meeste provincies rond 2000, en is daarna in sommige provincies weer iets afgenomen, maar de laatste jaren meestal stabiel gebleven. De AIW laat sinds het begin van de metingen in alle provincies een afname zien.

4 Discussie

4.1 Huidige staat van de graadmeters in Zuid-Holland

Korstmossen worden in een groot deel van Nederland gebruikt als indicator voor de mate van ammoniakbelasting. Dit onderzoek is de eerste keer dat korstmossen in de hele provincie Zuid-Holland volgens de gestandaardiseerde methode zijn geïnventariseerd. De huidige opzet van het meetnet in Zuid-Holland vormt een goed uitgangspunt om veranderingen in de ammoniakbelasting in de toekomst in Zuid-Holland te blijven volgen. Korstmossen reageren namelijk relatief snel op veranderingen in de luchtkwaliteit. Vooral 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. Door het blijven meten van de NIW in een dicht netwerk van meetpunten kunnen deze veranderingen in de toekomst op lokaal niveau inzichtelijk gemaakt worden in Zuid-Holland.

Ammoniak in de lucht is de belangrijkste verklarende factor voor het voorkomen van stikstofminnende korstmossen op bomen (van Herk, 2001). De belangrijkste uitstootbron van ammoniak in Nederland is de landbouw en met name veehouderijen (CBS, 2024). Correlaties tussen de afstand van een meetpunt tot een veehouderij enerzijds, en stikstofminnende en stikstofgevoelige korstmossen anderzijds zijn in eerdere onderzoeken aangetoond in onder andere Noord-Brabant (van der Kolk et al., 2024) en Gelderland (van der Kolk et al., 2023a). Dichterbij veehouderijen komen er meer stikstofminnende korstmossen (NIW) en minder zuurminnende korstmossen (AIW) voor in open agrarische gebieden. In Zuid-Holland was een dergelijke analyse niet mogelijk omdat de locaties van veehouderijen niet openbaar ontsloten zijn.

In Zuid-Holland zijn zowel de NIW als ammoniakconcentraties (in vergelijking met andere delen van Nederland) relatief laag. In natuurgebieden waar ammoniakconcentraties laag zijn, zijn deze over het algemeen niet te koppelen aan de dichtstbijzijnde ammoniakbron, maar betreft de concentratie vaak een optelsom van kleine bijdrages van bronnen uit de wijde omgeving. De relatieve bijdrage van één individuele veehouderij wordt namelijk minder belangrijk naarmate de afstand tot de dichtstbijzijnde veehouderij groter wordt. Dit is dan ook de reden dat in natuurgebieden effecten op korstmossen en op de natuur niet zijn te herleiden tot één of enkele individuele veehouderijen (Tietema et al., 2023). In plaats daarvan is er sprake van een “ammoniakdeken” boven natuurgebieden die ontstaat door de gecombineerde uitstoot van veel bronlocaties. Om ammoniakconcentraties in natuurgebieden te verlagen vergt inspanning om uitstoot te verminderen uit de wijde omgeving rond natuurgebieden, en niet alleen van bronnen die dicht langs de grens van het natuurgebied liggen.

Behalve ammoniak uit veehouderijen 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 drukkere 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 het algemeen 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).

Net als in veel andere provincies is het aantal stikstofminnende korstmossen momenteel het hoogst

in bebouwde omgeving. Er is nog geen eenduidige verklaring waarom er momenteel veel stikstofminnende korstmossen in stedelijke gebieden voorkomen. Het is goed mogelijk dat meerdere factoren een rol spelen. Behalve ammoniak is er in stedelijke gebieden een relatief hoge uitstoot van NOx. Zowel hoge concentraties van ammoniak als NOx kunnen zorgen voor een toename van ammoniakminnende korstmossen in stedelijke gebieden (Davies et al., 2007; Larsen et al., 2007; Gadsdon et al., 2010; Manninen et al., 2023). Andere mogelijke factoren die bijdrage aan de grote hoeveelheid van stikstofminnende korstmossen zijn een bijdrage van ammoniakuitstoot uit het verkeer (zie hierboven), de hogere concentraties (basenrijk) fijnstof in bebouwd gebied en huisdieren die tegen bomen urineren. In de bebouwde kom zorgt opwaaiend basisch (fijn)stof (o.a. via slijt van stenige substraten door verkeer) ervoor dat boomschors voedselrijker en basischer wordt, waardoor stikstofminnende korstmossen ook kunnen toenemen (Marmor & Randlane, 2007). De relatieve bijdrage van al deze factoren aan het voorkomen van stikstofminnende korstmossen in bebouwde omgeving moet verder onderzocht worden.

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. Sommige soorten die recent door klimaatverandering sterk zijn toegenomen en tegelijkertijd ammoniakminnend zijn, bijvoorbeeld Vals dooiermos (*Candelaria concolor*), zijn daarom niet in de NIW opgenomen (zie uitgebreidere discussie in van Herk 2021; van der Kolk et al., 2023a; 2024). De effecten van lichtinval zijn eerder geanalyseerd en bediscussieerd voor meetpunten in Noord-Brabant (van der Kolk et al., 2024) en Utrecht (van der Kolk et al., 2025). Omdat veel stikstofminnende soorten ook lichtminnend zijn, is er een positieve correlatie tussen lichtinval en de NIW. Hoewel de 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. Bij een volgende meetronde is daarom de verandering in de NIW over de tijd de belangrijkste toets of de effecten van ammoniak toe- of afnemen.

Dat de NIW en AIW ook tegenwoordig uitstekende graadmeters zijn voor ammoniakbelasting blijkt uit de significante correlaties tussen de NIW en AIW enerzijds en de ammoniakconcentraties op meetpunten van het RIVM-MAN anderzijds. 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 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.

4.2 Veranderingen in het Rijnmondgebied tussen 1986 en 2024

De analyse van gegevens uit het Rijnmondgebied tussen 1986 en 2024 toont aan dat de begroeiing van korstmossen op bomen in die periode sterk is veranderd. De soortenrijkdom is sterk toegenomen, het aantal stikstofminnende soorten is ook toegenomen, maar het aantal stikstofgevoelige soorten is juist

afgenomen. Deze trends zijn vergelijkbaar met trends die waargenomen zijn in andere provincies, waaronder Utrecht (van der Kolk et al., 2025).

De soortensamenstelling van de epifytische korstmosvegetaties op de bomen in het Rijnmondgebied, en waarschijnlijk de hele provincie Zuid-Holland, is de laatste eeuw sterk veranderd onder invloed van luchtvervuiling en klimaatverandering. Een groot deel van de 20e eeuw werd gekenmerkt door een hoge concentratie zwaveldioxide (SO_2) 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 vrijwel alle soorten korstmossen van de bomen verdwenen waren (van Dobben, 1990; van Dobben & de Bakker, 1996). De bomen in grote delen van Zuid-Holland waren tot de jaren ’80 dan ook zeer soortenarm. Dat blijkt ook uit onderzoeken naar epifyten die in de jaren ’70 en ’80 in Zuid-Holland zijn uitgevoerd.

Sinds de jaren ’80 is de soortenrijkdom van korstmossen op bomen in het Rijnmondgebied sterk toegenomen. Drie factoren hebben hier in het bijzonder aan bijgedragen. Als eerste hebben veel soorten die gevoelig zijn voor zwaveldioxide zich hersteld, mogelijk gemaakt doordat de concentraties van zwaveldioxide veel lager geworden zijn. 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 de jaren ’90 in rap tempo vestigen en uitbreiden. Sinds de eeuwwisseling heeft zwaveldioxide geen effect meer op het voorkomen van stikstofminnende korstmossen, en wordt het voorkomen van stikstofminnende korstmossen bepaald door de ammoniakconcentraties in de lucht. 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).

Toekomstige meetronden moeten uitwijzen of de soortenrijkdom nog verder kan toenemen. In Drenthe en Overijssel, waar meetrondes in veel hogere frequenties zijn uitgevoerd dan in Noord-Brabant, lijkt de soortenrijkdom de laatste jaren niet meer verder toe te nemen (van Herk 2021; 2023), maar in Utrecht en Gelderland nam de soortenrijkdom de laatste jaren nog wel toe (van der Kolk & Sparrius, 2025; van der Kolk et al., 2025).

Zuurminnende epifyten die gevoelig zijn voor ammoniak nemen overal in Nederland sterk af. Ook in Zuid-Holland zijn zuurminnende epifyten in het overgrote deel van de provincie zo goed als verdwenen, en alleen in de duinen houden enkele relatief ongevoelige soorten nog enigszins stand. Soorten die vroeger algemeen voorkwamen, zoals Eikenmos (*Evernia prunastri*) en Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*), komen nog slechts hier en daar voor, en soorten die nog gevoeliger zijn voor ammoniak zijn uitermate zeldzaam geworden. 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^3 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 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).

Het is niet verwonderlijk dat stikstofgevoelige soorten afnemen. De ammoniakconcentraties in de lucht in natuurgebieden zijn over de hele periode tussen 2005 en 2024 niet duidelijk afgenomen, wat blijkt uit metingen van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden van het RIVM. De duingebieden in Zuid-Holland behoren tot de gebieden met de laagste ammoniakconcentraties in Nederland, maar ook hier liggen de concentraties boven de kritische grens van 1,5 µg/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 µg/m^3 (Greaver et al., 2023). Het is dus duidelijk dat de ammoniakconcentraties in de lucht in de Zuid-Hollandse natuurgebieden nog veel te hoog zijn voor zuurminnende soorten om zich te herstellen. De kritische grenswaardes voor ammoniakconcentraties in de lucht voor epifytische korstmossen moeten niet verward worden met de Kritische Depositie Waarden (KDW), die bepaald worden per habitattype en uitgedrukt worden in kg N/ha/jaar (Wamelink et al., 2023). Stikstofdepositie wordt niet alleen bepaald door de ammoniakconcentratie in de lucht, maar ook door andere factoren zoals het weer en landschapselementen.

4.3 Natura 2000-gebieden

De huidige waarden van de graadmeters voor stikstofminnende en zuurminnende korstmossen in Natura 2000-gebieden in Zuid-Holland laten zien dat stikstofeffecten duidelijk aanwezig zijn, maar in vergelijking met de rest van Nederland wel relatief laag zijn. Uit de metingen van het RIVM-MAN blijkt dat de ammoniakconcentraties in de Zuid-Hollandse duingebieden tot de laagste van Nederland behoren, maar desondanks nog boven de grenswaarde liggen waaronder herstel van stikstofgevoelige soorten kan optreden. De langdurige invloed van ammoniakconcentraties boven de grenswaarde heeft er voor gezorgd dat er nu nauwelijks nog stikstofgevoelige soorten in Natura 2000-gebieden voorkomen. Voor een vermindering van de effecten van ammoniak op korstmossen, en specifiek het herstel van zuurminnende stikstofgevoelige korstmossen, moet de concentratie van ammoniak in de lucht in natuurgebieden dan ook nog verder gereduceerd worden.

De NIW die gemeten is in Natura 2000-gebieden wijkt soms af van wat verwacht zou worden op basis van de ammoniakmetingen van het RIVM-MAN. In het Natura 2000-gebied Nieuwkoopse Plassen & De Haeck is een relatief lage NIW waarde gemeten, terwijl in het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid juist een relatief hoge NIW waarde is gemeten. Ook in het Natura 2000-gebied Solleveld & Kapittelduinen is de NIW relatief hoog, maar hier worden er door het RIVM geen ammoniakmetingen uitgevoerd. De hoge NIW waarde in het gebied Kennemerland-Zuid wordt verklaard door een

meetpunt op de parkeerplaats bij De Zilk. De bomen staan hier pal naast de parkeerplaats, waardoor ze door de vele af en aan rijdende auto's een hoge stikstofbelasting ontvangen. De NIW op dit meetpunt is 6,6, veel hoger dan de NIW op alle andere 10 meetpunten in het gebied (0,0-3,0). Zonder dit meetpunt mee te tellen, zou de gemiddelde NIW in het gebied Kennemerland-Zuid 1,0 zijn (n = 10 meetpunten) in plaats van 1,5. In het gebied Solleveld & Kapittelduinen is de NIW ook hoog. Dit komt omdat de meetpunten onevenredig over het gebied verspreid liggen. Door gebrek aan geschikte boomgroepen liggen er nauwelijks meetpunten in de duinstrook, maar liggen de meeste meetpunten in Hoek van Holland of rond het Staelduinse Bos. Deze gebieden worden door omliggende agrarische en bebouwde gebieden sterker door ammoniak beïnvloedt dan de duinstrook (Figuur 3.6). Op dit moment is er geen duidelijke verklaring waarom de NIW in het Natura 2000-gebied Nieuwkoopse Plassen & De Haeck laag is ondanks de relatief hoge ammoniakconcentraties.

In sommige Natura 2000-gebieden zijn er geen of nauwelijks geschikte boomgroepen aanwezig die kunnen dienen als korstmossenmeetpunt. Om deze reden is het aantal meetpunten zeer laag in onder andere Duinen Goeree & Kwade Hoek (n=2), Donkse Laagten (n=1) en Westduinpark & Wapendal (n=1). De uitkomsten geven in deze gebieden weliswaar een indicatie van de ammoniakbelasting, maar moeten met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Voor andere gebieden is het aantal meetpunten hoog, onder andere in de duingebieden Solleveld & Kapittelduinen (n=8), Kennemerland-Zuid (n=11), Meijendel & Berkheide (n=14) en Voornes Duin (n=10). In deze gebieden kunnen veranderingen in de effecten van ammoniak op korstmossen in de toekomst met nauwkeurigheid gevolgd worden.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Huidige invloed van ammoniak op korstmossen in Zuid-Holland

De indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen, een maat voor de invloed van ammoniak op korstmossen, is gemiddeld in Zuid-Holland relatief laag in vergelijking met de rest van Nederland. Er komen meer stikstofminnende korstmossen voor in bebouwde gebieden en minder in Natura 2000-gebieden in vergelijking met agrarische gebieden.

Natura 2000-gebieden in Zuid-Holland worden matig beïnvloed door ammoniak. De indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen varieert per gebied van zeer laag tot matig. De Natura 2000-gebieden met een zeer lage invloed van ammoniak op korstmossen zijn Voornes Duin, Duinen Goeree & Kwade Hoek, Donkse Laagten, Hollands Diep, Oude Maas en Westduinpark & Wapendal. In de Natura 2000-gebieden Krammer-Volkerak, Haringvliet, Solleveld & Kapittelduinen, Biesbosch en Broekvelden, Vettenbroek & Polder Stein is de invloed van ammoniak op korstmossen juist relatief hoog. De indicatiewaarde voor stikstofgevoelige korstmossen is in alle onderzochte Natura 2000-gebieden zeer laag.

Dat zowel de indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen als de indicatiewaarde voor stikstofgevoelige korstmossen laag zijn, duidt er op dat de huidige ammoniakconcentraties weliswaar relatief laag zijn, maar dat tegelijkertijd de ammoniakconcentraties al lange tijd boven de grenswaarde liggen waaronder stikstofgevoelige korstmossen zich kunnen handhaven of uitbreiden. Uit metingen van het RIVM-MAN blijkt dat (hoewel de ammoniakconcentraties in de Zuid-Hollandse duingebieden tot de laagste in Nederland behoren) ook de huidige ammoniakconcentraties nog te hoog zijn om herstel van stikstofgevoelige soorten mogelijk te maken.

5.2 Veranderingen in Rijnmondgebied

Een vergelijking tussen gegevens uit 1986 en 2024 uit het Rijnmondgebied laat zien dat de soortenrijkdom hier in die periode sterk is gestegen. De toenemende soortenrijkdom korstmossen heeft geen indicatieve waarde voor ammoniakvervuiling, maar is toe te schrijven aan het herstel van korstmossen na de periode met zwaveldioxidevervuiling (zure regen) en door de netto toename aan soorten door klimaatverandering. Stikstofminnende korstmossen zijn in het Rijnmondgebied tussen 1986 en 2024 toegenomen, terwijl stikstofgevoelige korstmossen in diezelfde periode juist zijn afgenomen.

5.3 Aanbeveling monitoring

Korstmossen reageren binnen enkele jaren op veranderingen in het milieu. De NIW volgt veranderingen in de ammoniakconcentraties in de lucht, en de verwachting is dat afnemende concentraties van ammoniak ook zullen resulteren in een afname van de NIW. Het is daarom aan te bevelen om elke zes jaar een complete meetronde van het meetnet korstmossen in Zuid-Holland uit te voeren, waarbij de eerstvolgende meetronde in 2030 plaatsvindt. Met deze meetfrequentie kunnen veranderingen in ammoniakbelasting in Zuid-Holland nauwkeurig gevolgd worden.

Door de uitvoering van dit meetnet kunnen de effecten van beleidsmaatregelen getoetst worden. Dit kan bij de volgende meetronde, wanneer veranderingen in graadmeters ten opzichte van de huidige meetronde op regionale schaal berekend kunnen worden. Bij verminderde ammoniakconcentraties zijn stikstofminnende korstmossen één van de snelst reagerende soortgroepen die aantonen dat het milieu verbetert. Doordat het meetnet zich over de hele provincie uitstrekt, kunnen

beleidsmaatregelen niet alleen getoetst worden in natuurgebieden, maar juist ook in agrarische en bebouwde gebieden waar de meeste ammoniakuitstoot is. Ook in veel Natura 2000-gebieden kunnen veranderingen in de invloed van stikstof op het milieu door een hoge dichtheid aan meetpunten (bijvoorbeeld Kennemerland-Zuid, Meijendel & Berkheide & Voornes Duin) nauwkeurig worden gevolgd. Het korstmossenmeetnet geeft dus snel een signaal of het gevoerde stikstofbeleid tot daadwerkelijk herstel van biodiversiteit en verbetering van omgevingscondities voor stikstofgevoelige soorten leidt.

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

Davies, L., J.W. Bates, J.N.B. Bell, P.W. James & O.W. Purvis (2007). Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. Environmental pollution 146, 299-310.

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.

Gadsdon, S.R., J.R. Dagley, P.A. Wolseley & S.A. Power (2010). Relationships between lichen community composition and concentrations of NO2 and NH3. Environmental Pollution 158, 2553-2560.

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.

KNMI (2025). Daggegevens van het weer in Nederland. Geraadpleegd op 10 augustus 2025. https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens

Larsen, R.S., J.N.B. Bell, P.W. James, P.J. Chimonides, F.J. Rumsey, A. Tremper & O.W. Purvis (2007). Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity. Environmental pollution 146, 332-340.

Manninen, S., K. Jääskeläinen, A. Stephens, A. Iwanicka, S. Tang & N. van Dijk (2023). NH3 concentrations below the current critical level affect the epiphytic macrolichen communities–Evidence from a Northern European City. Science of the Total Environment 877, 162877.

Marmor, L. & T. Randlane (2007). Effects of road traffic on bark pH and epiphytic lichens in Tallinn. Folia Cryptogamica Estonica 43, 23-37.

RIVM (2025). Meetresultaten MAN. Geraadpleegd op 10 augustus 2025. https://man.rivm.nl

Siebel, H.N., R.J. Bijlsma & L.B. Sparrius (2013). Basisrapport voor de rode lijst mossen 2012. BLWG-rapport 14. 98 pp.

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., 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.

Tietema, A., H. Barmentlo, E. van Loon, R. Bol, B. Ebben, T. Tulp, M. Tromp, C. Schwennen, L. Maas & J. Averkamp (2023). Nitrogen deposition around dairy farms: spatial and temporal patterns. Executive summary. Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.

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., & Van Dobben, H. F. (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 Kolk, H. & L.B. Sparrius (2025) Effecten van ammoniak op korstmossen in Gelderland in de periode 1989-2024. BLWG-rapport 38. 43 pp.

van der Kolk, H., L. Verboom & L.B. Sparrius (2025) Effecten van ammoniak op korstmossen in Utrecht in de periode 1979-2025. BLWG-rapport 42.

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). Effekten 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 SO2 and increasing NH3. 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. (1996). 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. (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.

Wamelink, W., van Dobben, H.V., Zee, F., Hinsberg, A.V. & Bobbink, R. (2023). Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000: Herziening 2023. Wageningen: Wageningen Environmental Research.

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

Bijlage A. Overzicht waargenomen korstmossen

Overzicht van korstmossen die in 2024-2025 in het meetnet zijn waargenomen.

Uitleg van de kolommen in de tabel

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).

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

STI = Species Temperature Index (zie 2.3.5). Een hogere waarde betekent dat de soort in Europa een meer zuidelijk en warmer verspreidingsgebied heeft.

IC = Indicatiewaarde voor continentaliteit (zie 2.3.6). Een lagere waarde betekent dat de soort in Europa een meer kustgebonden en Atlantisch verspreidingsgebied heeft.

Trend Utrecht = Soorten die in de provincie Utrecht tussen 2018 en 2025 significant zijn toegenomen ('+') of afgenomen ('-') (van der Kolk et al., 2025)

Statistieken zijn van alle meetpunten die in 2024-2025 in Zuid-Holland zijn onderzocht (totaal 451 meetpunten):

n = Aantal meetpunten waarin een soort is aangetroffen

kwant = Som van de kwantiteit van de betreffende soort

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	IW	STI	IC	Trend Utrecht	n	kwant
Agonimia tristicula	Gewoon haarschubje	zz			9,0	5		1	2
Alloarthopyrenia italica	Berijpte stipjes	zzz			9,0			1	3
Alyxoria culmigena	Rivierschriftmos	a			9,1	4		111	254
Alyxoria ochrocheila	Geel schriftmos	z			8,2	3		8	18
Alyxoria varia	Kort schriftmos	a			7,9	3	+	295	1223
Alyxoria viridipruinosa	Limoenschriftmos	a			9,3	3		1	2
Amandinea punctata	Vliegenstrontjesmos	a			8,9	5		348	1262
Anisomeridium biforme	Stinzenkorst	z			8,9	4	+	86	194
Anisomeridium polypori	Schoorsteentje	a			8,8	3	+	80	208
Arthonia atra	Zwart schriftmos	a			9,1	5		38	63
Arthonia didyma	Beukenvlekje	z			8,2	5		6	7
Arthonia radiata	Amoebekorst	a			8,7	4		141	383
Athallia cerinella	Klein boomzonnetje	a			8,7	3	+	93	210
Athallia cerinelloides	Geel boomzonnetje	zz			7,9	5		1	1
Athallia holocarpa	Muurzonnetje	a		N	8,8	4		10	15
Athallia pyracea	Gewoon boomzonnetje	z			6,7	4		12	25
Bacidia arceutina	Bleke knoopjeskorst	zz	KW		8,2	3		4	8
Bacidia laurocerasi	Purperknoopjeskorst	zzz	KW		9,6	2		12	15
Bacidia rubella	Iepenknoopjeskorst	zzz	BE		7,0	3		1	1
Bacidia sp.	Knoopjeskorst	z						7	21
Bacidina adastra	Fijne knoopjeskorst	a			9,6	3		213	562
Bacidina delicata	Soredieuze knoopjeskorst	zz			9,2	4		8	22
Bacidina modesta	Boomvoetknoopjeskorst	z			9,0	4		13	26
Bacidina neosquamulosa	Nieuwe knoopjeskorst	z			9,5	3		26	54
Buellia griseovirens	Grijsgroene stofkorst	a			7,8	5	-	18	35
Buellia schaereri	Klein strontjesmos	zzz	GE		6,3	5		3	6
Caloplaca cerina	Oranje boomzonnetje	zzz	GE		7,4	6		2	3
Caloplaca obscurella	Gewone kraterkorst	a			8,4	5	+	133	351
Candelaria concolor	Vals dooiermos	a			9,4	3		357	1618
Candelaria pacifica	Brinkengeelkorst	zz			6,5	4	+	18	49
Candelariella aurella	Kleine geelkorst	a		N	9,2	5		21	41
Candelariella efflorescens / rubrisoli	Poedergeelkorst	a		N	9,1	4		347	1373
Candelariella reflexa s.s.	Grove poedergeelkorst	z		N	9,1	4	+	23	57
Candelariella vitellina	Grove geelkorst	a		N	8,9	5		114	286

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	IW	STI	IC	Trend Utrecht	n	kwant
Candelariella xanthostigma	Fijne geelkorst	a		N	7,4	5	+	132	350
Catillaria chalybeia	Donkere rookkorst	a			9,2	5	+	13	30
Catillaria flexuosa		zzz	GE		9.2	5		27	67
Catillaria fungoides	Steriele rookkorst	z			9,6	3	+	68	154
Catillaria nigroclavata	Boomrookkorst	a			9,2	5	+	268	927
Chaenotheca brachypoda	Groen schorssteeltje	z			5,2	3		11	37
Chaenotheca chrysocephala	Geel schorssteeltje	zz			5,1	5		1	2
Chaenotheca ferruginea	Roestbruin schorssteeltje	a		A	7,3	5	-	6	19
Chaenotheca hispidula	Kort schorssteeltje	zz			6,8	3		3	6
Chaenotheca trichialis	Grijs schorssteeltje	a			5,8	5		2	6
Chrysothrix candelaris	Gele poederkorst	zz			8,1	5		2	4
Circinaria contorta	Rond dambordje	a			9,3	5		1	1
Cladonia chlorophaea	Fijn bekermos	a		A	8,4	5		4	8
Cladonia fimbriata	Kopjes-bekermos	a		A	8,3	5		36	96
Cladonia humilis	Frietzak-bekermos	a			9,2	5		1	1
Cladonia pocillum	Duinbekermos	zz	KW		8,0	5		1	1
Cliostomum griffithii	Gespikkelde witkorst	a			8,6	2		27	65
Coenogonium pineti	Valse knoopjeskorst	a			8,1	5	+	45	125
Coniocarpon cinnabarinum	Rood schorsvlekje	zz			9,3	2		3	3
Coppinsiella ulcerosa	Iepenkraterkorst	zz			9,0	3		27	68
Dendrographa decolorans	Purperkring	a			8,7	3	+	55	95
Diarthonis spadicea	Inktspatkorst	a			7,7	5	+	34	123
Dichoporis taylorii	Kalkspikkel	zz			9,6	3		12	31
Diploicia canescens	Kauwgommos	a			9,7	4		141	286
Diplotomma pharcidium	Boomcementkorst	zz	BE					5	6
Enterographa crassa	Grauwe runenkorst	zz			9,7	3		6	16
Evernia prunastri	Eikenmos	a		A	8,2	5	-	116	345
Fellhanera viridisorediata	Gewone druppelkorst	a			9,3	4		9	19
Flavoparmelia caperata	Bosschildmos	a			9,7	4	-	179	547
Flavoparmelia soredians	Groen boomschildmos	a			10,3	3		194	564
Flavoplaca flavocitrina	Valse citroenkorst	a			9,3	4	+	91	232
Flavopunctelia flaventior	Oosters schildmos	zzz	GE			7		1	2
Fuscidea lightfootii	Boomsuikerkorst	zz			9,0	2		2	5
Fuscidea pusilla	Groene suikerkorst	zz			5,2	3		13	21
Glaucomaria carpinea	Melige schotelkorst	a			9,6	5		242	744
Glaucomaria subcarpinea	Berijpte schotelkorst	zz			7,8	7		19	25
Graphis scripta	Gewoon schriftmos	a			7,5	5		3	3
Gyalolechia flavovirescens	Betoncitroenkorst	a			8,8	4		1	1
Haematomma ochroleucum	Witgerande stofkorst	a			8,5	5		1	2
Halecania viridescens	Porseleinkorst	z			8,5	3	+	69	158
Hyperphyscia adglutinata	Dun schaduwmos	a			10,4	3	+	426	2010
Hyperphyscia lucida	Glimmend schaduwmos	zzz				3		6	14
Hypogymnia physodes	Gewoon schorsmos	a	GE	A	7,2	5	-	19	45
Hypogymnia tubulosa	Witkopschorsmos	a	GE	A	7,5	5	-	12	26
Hypotrachyna revoluta / afrorevoluta	Gebogen schildmos s.l.	a			9,2	3		149	433
Jamesiella anastomosans	Aspergekorst	a			8,9	3	+	18	36
Lecania cyrtella	Boomglimschoteltje	a			8,6	5	+	173	515
Lecania naegelii	Rookglimschoteltje	a			8,8	5	+	171	441
Lecanora albella	Berijpte bosschotelkorst	x			8,6	3		1	1
Lecanora argentata	Bosschotelkorst	z			7,3	5		1	1
Lecanora barkmaniana	Ammoniakschotelkorst	a			9,5	3	+	286	857
Lecanora chlarotera	Witte schotelkorst	a			9,0	5		373	1375
Lecanora compallens	Miskende schotelkorst	a			9,3	3	-	26	47
Lecanora confusa	Twijgschotelkorst	zz			9,3	3		34	51
Lecanora expallens	Bleekgroene schotelkorst	a			9,0	5		333	1271
Lecanora horiza	Donkere schotelkorst	a			11,0	2	+	45	77
Lecanora saligna	Houtschotelkorst	a			8,3	5		1	2
Lecanora sinuosa	Bochtige schotelkorst	z			9,4	7		3	4
Lecanora strobilina	Bleke dennenschotelkorst	zzz	EB		10,8			1	1
Lecanora symmicta	Bolle schotelkorst	a			8,5	5	-	17	26
Lecidella elaeochroma	Gewoon purperschaaltje	a			8,7	5		389	1749
Lecidella flavosorediata	Fijne mosterdkorst	a			6,6	5		9	16
Lecidella scabra	Grijsgroene steenkorst	a			9,2	5		21	41

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	IW	STI	IC	Trend Utrecht	n	kwant
Lepra amara	Ananaskorst	z	KW		8,1	5		1	1
Lepraria finkii	Gelobde poederkorst	a			8,8	5		65	192
Lepraria incana	Gewone poederkorst	a		A	8,8	5		96	341
Lepraria rigidula	Grove poederkorst	a			7,5	5	+	30	70
Lepraria vouauxii	Bleke poederkorst	z			9,3	5	+	4	9
Leptorhaphis atomaria	Populierspoelkorst	zz						3	11
Melanelixia glabratula	Glanzend boomschildmos	a			8,2	5	+	47	107
Melanelixia subargentifera	Behaard schildmos	zzz	GE		6,5	6		1	2
Melanelixia subaurifera	Verstop-schildmos	a			8,9	5	-	174	553
Melanohalea elegantula	Sierlijk schildmos	a			9,1	4		26	61
Melanohalea exasperatula	Lepelschildmos	a			7,1	5		24	46
Melanohalea laciniatula	Lobjesschildmos	z			8,9	5		3	5
Micarea micrococca	Bosoogje	z			7,8	5		4	11
Micarea microsorediata	Soredieus oogje	zzz	GE			4	+	3	7
Micarea nitschkeana	Takkenoogje	zzz	KW		8,2	5		1	2
Micarea viridileprosa	Groenoogje	z			9,0	4		11	28
Myriolecis albescens	Kalkschotelkorst	a			9,4	5		8	17
Myriolecis dispersa	Verborgen schotelkorst	a		N	9,2	5	+	141	402
Myriolecis hagenii	Kleine schotelkorst	a		N	8,1	5		208	507
Myriolecis sambuci	Vlierschotelkorst	zz			8,0	4		1	1
Normandina chlorococca	Parasietkorst	zzz	GE		7,1	2		4	10
Normandina pulchella	Hamsteroortje	a			8,7	2	+	48	98
Opegrapha niveoatra	Klein schriftmos	a			8,8	3	+	73	230
Opegrapha vermicellifera	Gestippeld schriftmos	a			8,6	5		12	51
Opegrapha vulgata	Wit schriftmos	z			9,0	3		15	68
Pachnolepia pruinata	Aspirinekorst	zz			9,2	3		1	1
Parmelia saxatilis	Blauwgrijs steenschildmos	a		A	7,5	5	-	5	7
Parmelia sulcata	Gewoon schildmos	a			7,9	5	-	276	1008
Parmelina tiliacea	Lindeschildmos	z			8,5	4		6	9
Parmotrema perlatum	Groot schildmos	a			9,6	4		201	524
Parmotrema pseudoreticulatum	Gewimperd schildmos	zz			11,3	3		7	14
Pertusaria pertusa	Gewoon speldenkussentje	z			8,6	5		1	1
Phaeographis smithii	Roze runenkorst	zz			9,6	2		1	1
Phaeophyscia nigricans	Klein schaduwmos	a		N	8,5	5	+	15	27
Phaeophyscia orbicularis	Rond schaduwmos	a		N	9,0	5	-	345	1309
Phlyctis argena	Lichtvlekje	a			8,1	5		28	45
Physcia adscendens	Kapjesvingermos	a		N	9,2	5		428	2081
Physcia aipolia	Gemarmerd vingermos	z	KW		8,1	5		2	2
Physcia biziana	Groen vingermos	zzz						1	1
Physcia caesia	Stoeprandvingermos	a		N	8,7	5		136	354
Physcia clementei	Isidieus vingermos	a			10,6	3	+	32	52
Physcia dubia	Bleek vingermos	a		N	8,0	5		14	23
Physcia leptalea	Stekelig vingermos	zzz	GE		10,5	5		2	3
Physcia millegrana		zzz						1	3
Physcia stellaris	Groot vingermos	zz			7,0	5		1	1
Physcia tenella	Heksenvingermos	a		N	8,7	5	-	207	788
Physcia tribacioides	Witkopvingermos	z			10,6	4		29	45
Physcia vitii	Lipvingermos	zzz				4		1	2
Physciella chloantha	Zonneklepjesmos	zz			10,0	6		6	17
Physconia distorta	Fors rijpmos	zz	KW		7,4	5		5	5
Physconia enteroxantha	Donker rijpmos	z			7,5	5		16	33
Physconia grisea	Grauw rijpmos	a			9,4	4		278	1066
Physconia perisidiosa	Duinrijpmos	zz			7,6	5		1	2
Piccolia ochrophora	Licht muggenstrontjesmos	zzz	GE		8,3	5		6	10
Placynthiella icmalea	Bruine veenkorst	a		A	8,5	5		1	1
Pleurosticta acetabulum	Olijf-schildmos	a			8,0	5		35	50
Polycauliona candelaria	Kroezig dooiermos	a		N	6,9	5		19	34
Polycauliona polycarpa	Klein dooiermos	a		N	8,4	5	-	70	140
Porina aenea	Schors-olievlekje	a			8,9	5		28	68
Porina byssophila	Rommelig olievlekje	z			9,8	5	+	37	108
Protoparmeliopsis muralis	Muurschotelkorst	a		N	9,0	5		4	7
Pseudevernia furfuracea	Purper geweimos	z	KW	A	6,4	5		2	3
Pseudoschismatomma rufescens	Verzonken schriftmos	a			7,7	4	+	311	1158

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	IW	STI	IC	Trend Utrecht	n	kwant
Psoroglaena stigonemoides	Charamos	zz			9,8	5		4	8
Punctelia borreri	Witstippelschildmos	a			9,6	3	+	233	803
Punctelia jeckeri	Rijpschildmos	a			9,6	3	-	206	734
Punctelia subrudecta	Gestippeld schildmos	a			9,7	4		307	1151
Pyrenula chlorospila	Duinknikker	zzz	KW		9,7			1	1
Pyrrhospora quernea	Grove mosterdkorst	a			9,1	5		8	14
Ramalina canariensis	Breed takmos	zz			10,1	2		9	12
Ramalina farinacea	Melig takmos	a			8,3	5	-	223	643
Ramalina fastigiata	Trompettakmos	a			8,7	5	-	131	293
Ramalina fraxinea	Groot takmos	zz	BE		7,7	3		5	5
Ramalina lacera	Waaiertakmos	zz	BE		10,4	3		10	11
Rinodina oleae	Donkerbruine schotelkorst	a		N	9,4	5		67	167
Rinodina pityrea	Blauwe mosterdkorst	z			8,9	5	+	59	153
Scoliciosporum chlorococcum	Boomspiraalkorst	zzz	BE		8,4	5		1	3
Scoliciosporum gallurae	Groene spiraalkorst	zzz	GE		8,8	4		13	45
Scoliciosporum sarothamni	Soredieuze spiraalkorst	zzz	GE		7,0			1	3
Scythioria phlogina	Boomcitroenkorst	z		N	8,7	5	+	110	323
Sporodophoron cretaceum	Witkring	zzz	GE		9,7	2		4	6
Strangospora pinicola	Gewoon muggenstrontjesmos	zz			7,6	5	+	7	17
Swinscowia jamesii	Boomspikkel	zzz	GE		8,8	3		3	5
Thelenella modesta	Vals speldenkussentje	zzz	VN				+	6	11
Usnea articulata	Saucijs-baardmos	zzz	EB		9,7	3		1	1
Usnea hirta	Bleek baardmos	zz	BE	A	6,0	5		1	3
Usnea sp.	Baardmos	z		A				4	6
Xanthomendoza fallax	Dragonderdooiermos	zzz	GE		8,3	8		1	2
Xanthomendoza oregana	Ulevellenmos	zzz	GE		8,0	3		6	11
Xanthoria calcicola	Oranje dooiermos	a		N	9,8	2		82	165
Xanthoria parietina	Groot dooiermos	a		N	8,8	5		434	2112

Bijlage B. Overzicht waargenomen mossen

Overzicht van mossen die in 2024-2025 in het meetnet zijn waargenomen. Zie Bijlage A voor de uitleg van de betekenis van de verschillende kolommen.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	n	kwant
Amblystegium serpens	Gewoon pluisdraadmos	a		48	101
Atrichum undulatum	Groot rimpelmos	a		1	2
Brachythecium rutabulum	Gewoon dikkopmos	a		263	868
Bryum argenteum	Zilvermos	a		5	10
Bryum barnesii	Geelkorrelknikmos	a		4	7
Bryum capillare	Gedraaid knikmos	a		140	369
Campylopus introflexus	Grijs kronkelsteeltje	a		2	2
Ceratodon purpureus	Gewoon purpersteeltje	a		21	35
Cololejeunea minutissima	Dwergwratjesmos	a		18	39
Cratoneuron filicinum	Gewoon diknerfmos	z		1	2
Cryphaea heteromalla	Vliermos	a		34	55
Dicranoweisia cirrata	Gewoon sikkelsterretje	a		59	150
Dicranum scoparium	Gewoon gaffeltandmos	a		4	7
Didymodon sinuosus	Bros dubbeltandmos	z		1	3
Didymodon vinealis	Muurdubbeltandmos	a		3	4
Frullania dilatata	Helmroestmos	a		150	342
Grimmia pulvinata	Gewoon muisjesmos	a		152	394
Homalothecium sericeum	Gewoon zijdemos	a		13	18
Hypnum cupressiforme	Gesnaveld klauwtjesmos	a		322	1234
Isothecium myosuroides	Knikkend palmpjesmos	a		2	5
Kindbergia praelonga	Fijn laddermos	a		53	128
Leskea polycarpa	Uiterwaardmos	a		3	11
Leucodon sciuroides	Eekhoorntjesmos	zz	KW	1	1
Lophocolea heterophylla	Gedrongen kantmos	a		1	2
Metzgeria furcata	Bleek boomvorkje	a		60	119
Mnium hornum	Gewoon sterrenmos	a		1	1
Orthotrichum affine	Gewone haarmuts	a		268	1021
Orthotrichum anomalum	Gesteelde haarmuts	a		4	5
Orthotrichum diaphanum	Grijze haarmuts	a		213	682
Orthotrichum lyellii	Broedhaarmuts	a		102	247
Orthotrichum obtusifolium	Stompe haarmuts	zz		2	4
Orthotrichum pulchellum	Gekroesde haarmuts	a		4	7
Orthotrichum pumilum	Dwerghaarmuts	zz		2	4
Orthotrichum pumilum var. pumilum	Echte dwerghaarmuts	zzz		1	1
Orthotrichum pumilum var. schimperi	Parkhaarmuts	zz		1	1
Orthotrichum rupestre	Sterretjeshaarmuts	zz	GE	1	1
Orthotrichum stramineum	Bonte haarmuts	a		3	3
Orthotrichum striatum	Gladde haarmuts	a		63	130
Orthotrichum tenellum	Slanke haarmuts	a		52	145
Oxyrrhynchium hians	Kleisnavelmos	a		3	5
Plagiomnium affine	Rond boogsterrenmos	a		1	1
Pylaisia polyantha	Boommos	z		3	4
Radula complanata	Gewoon schijfjesmos	a		10	17
Rhynchostegium confertum	Boomsnavelmos	a		120	290
Syntrichia laevipila	Boomsterretje	a		45	88
Syntrichia laevipila var. propagulifera	Broedbladsterretje	zz		1	2
Syntrichia latifolia	Riviersterretje	z		3	7
Syntrichia papillosa	Knikkersterretje	a		203	711
Syntrichia ruralis	Duinsterretje	a		26	51

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	n	kwant
Syntrichia virescens	Uitgerand zodesterretje	a		38	75
Tortula muralis	Gewoon muursterretje	a		19	27
Ulota sp.	Kroesmos	a		42	86
Ulota phyllantha	Broedkroesmos	a		14	23
Zygodon sp.	Iepenmos	a		2	2
Zygodon conoideus	Staafjesiepenmos	a		17	42
Zygodon rupestris	Parkiepenmos	zz		1	1
Zygodon viridissimus var. viridissimus	Echt iepenmos var. viridissimus	z		20	56