



Effecten van ammoniak op korstmossen in Groningen in de periode 1991-2022

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

BLWG-rapport 34

BLWG

Titel: Effecten van ammoniak op korstmossen in Groningen in de periode 1991-2022

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

Rapport nr.: 34

Datum uitgave: 2023

Opdrachtgever: Provincie Groningen

Contactpersoon opdrachtgever: Edwin van Hooff, Renée Bekker

Foto omslag: Mossen en korstmossen (o.a. *Parmelia saxatilis* en *Ramalina farinacea*) op zomereik in Haren (Henk-Jan van der Kolk)

Dit rapport kan geciteerd worden als:

van der Kolk, H., L.B. Sparrius & L. Verboom, 2023. Effecten van ammoniak op korstmossen in Groningen in de periode 1991-2022. BLWG-rapport 34. BLWG, Utrecht.

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



www.blwg.nl

Voorwoord

Korstmossen die op bomen groeien reageren binnen enkele jaren op veranderingen in luchtkwaliteit en andere omgevingsfactoren, zoals het klimaat. In veel provincies worden korstmossen dan ook gebruikt als indicatoren in meetnetten. In de provincie Groningen is het meetnet korstmossen in 1996 opgezet op de zandgronden. Eerdere gegevens zijn beschikbaar uit 1991, toen al een aantal meetpunten langs de provinciegrenzen met Friesland en Drenthe zijn onderzocht. Het belangrijkste doel van het meetnet is het in kaart brengen van de effecten van ammoniakvervuiling. In 2022 is een nieuwe herhaalronde uitgevoerd, de eerste sinds 1996, waarbij bestaande meetpunten op de zandgronden zijn herhaald en er een aantal nieuwe meetpunten rond Natura-2000 gebieden zijn uitgezet. Dit rapport beschrijft de resultaten van de herhaalronde in 2022, en focust op de veranderingen in de graadmeters voor luchtvervuiling en klimaatverandering tussen 1991 en 2022.

Vanuit de Provincie Groningen begeleidden Edwin van Hooff en Renée Bekker dit project.

Samenvatting

Korstmossen die op bomen groeien reageren snel op veranderingen in luchtkwaliteit en zijn daardoor uitstekende indicatoren voor luchtvervuiling met ammoniak. In Nederland worden korstmossen sinds 1989 in gestandaardiseerde provinciale meetnetten gebruikt om de effecten van ammoniakvervuiling in kaart te brengen. Hierbij worden meetpunten met meestal 10 zomereiken bezocht, waarbij op elke boom alle soorten mossen en korstmossen genoteerd worden. Uit deze gegevens worden diverse graadmeters berekend voor soortenrijkdom, luchtkwaliteit en klimaat. De belangrijkste graadmeters voor ammoniakvervuiling zijn de Nitrofiële Indicatie Waarde (NIW) en de Acidofiële Indicatie Waarde (AIW). Deze graadmeters worden bepaald door het aantal respectievelijk stikstofminnende (NIW) of stikstofgevoelige (AIW) soorten korstmossen dat gemiddeld op één boom in het meetpunt groeit. In gebieden met meer ammoniakvervuiling is de NIW hoger en de AIW lager.

In 1991 werden er voor het eerst meetpunten in het provinciale korstmossenmeetnet in Groningen onderzocht, vooral in de grensregio's met Friesland en Drenthe. In 1996 werd het onderzoeksgebied uitgebreid naar de hele zuidelijke helft van de provincie. In 2022 is er een herhaalronde uitgevoerd, en is het meetnet uitgebreid rond Natura 2000-gebieden uitgebreid, zodat het huidige meetnet in Groningen uit 208 meetpunten bestaat.

De resultaten laten zien dat de soortenrijkdom van korstmossen sinds 1996 sterk is toegenomen, in alle regio's, in agrarische gebieden en bebouwde gebieden. De toename in soortenrijkdom wordt vooral veroorzaakt door klimaatverandering, waardoor veel zuidelijke en Atlantische soorten toenemen. Het aantal Rode Lijst soorten in het meetnet is sinds 1996 gelijk gebleven. In beide meetrondes werden er 14 Rode Lijst soorten samengesteld, maar sommige zuurminnende soorten zijn verdwenen en sommige klimaatvolgers verschenen.

Het aantal stikstofminnende korstmossen (NIW) per meetpunt is sinds 1996 in Groningen gemiddeld genomen gelijk gebleven, maar er zijn wel regionale verschillen. Stikstofminnende korstmossen zijn sinds 1996 toegenomen rond Leek, rond Grootegast, maar het meest duidelijk rond Musselkanaal en Ter Apel, wat er op duidt dat de effecten van ammoniak in deze gebieden sinds 1996 zijn toegenomen. Daartegenover staat dat stikstofminnende korstmossen afgenomen rond Zevenhuizen en aan de oostgrens rond Sellingen en ten oosten van Veelerveen, wat er op duidt dat de effecten van ammoniak hier minder zijn geworden.

Stikstofgevoelige korstmossen (AIW) zijn sinds 1991 in Groningen sterk afgenomen. Sommige stikstofgevoelige soorten zijn uit het meetnet verdwenen, waaronder Dennenschotelkorst (*Lecanora aitema*), Bruin boerenkoolmos (*Tuckermanopsis chlorophylla*) en Gewoon baardmos (*Usnea subfloridana*). Veel stikstofgevoelige soorten die nog wel in het meetnet voorkomen zijn ook sterk achteruit gegaan, waaronder Eikenmos (*Evernia prunastri*), Gewoon schubjesmos (*Hypocenomyce scalaris*) en Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*).

In en rond de meeste Natura 2000-gebieden zijn sinds 1996 stikstofminnende korstmossen afgenomen, wat er op duidt dat de effecten van ammoniak kleiner zijn geworden. Wel is er nog sprake van een achteruitgang van stikstofgevoelige korstmossen, wat er op wijst dat de huidige ammoniakbelasting nog te hoog is om gevoelige soorten te laten herstellen.

Uit de resultaten kan geconcludeerd worden dat effecten van ammoniak op korstmossen in Groningen gemiddeld genomen vergelijkbaar zijn als in 1996, maar dat er wel lokale verschuivingen zijn in waar ammoniak de meeste invloed heeft. Bovendien is de ammoniakvervuiling nog te hoog om

stikstofgevoelige korstmossen te laten terugkeren. Omdat de meeste soorten korstmossen niet bijzonder gevoelig zijn voor ammoniakvervuiling neemt de soortenrijkdom toe. Deze trend is ook zichtbaar buiten het meetnet om, bijvoorbeeld in jonge loofbossen waar typische soorten voor een Atlantisch klimaat toenemen.

Korstmossen reageren binnen enkele jaren op veranderingen in het milieu. Het is daarom aan te bevelen om de monitoring elke vijf jaar te herhalen. Met de voorgestelde meetfrequenties kunnen veranderingen in ammoniakbelasting veel nauwkeuriger gevolgd worden dan in het verleden in Groningen is gebeurd.

Summary

Epiphytic lichens respond quickly to changes in their environment and are excellent bio-indicators for monitoring air pollution and climate change. In the Netherlands, epiphytic lichens are used to map ammonia pollution in a standardized monitoring network since 1989. Monitoring sites typically consists out of ten oak (*Quercus robur*) trees. During surveys all lichens and mosses are recorded on each tree within a monitoring site. From the monitoring data several indication values are derived, including nitrophytic species abundance and acidophytic species abundance. Since ammonia causes an increase in bark pH, monitoring sites that are influenced by ammonia exhibit a higher abundance of nitrophytic species and lower abundance of acidophytic species.

Epiphytic lichens were monitored on 208 sites in 2022 in the province of Groningen in natural, agricultural and urban areas. The results were compared with previous surveys in 1991 and 1996.

Epiphytic lichen species richness has strongly increased since 1991, measuring 18.9, 20.3 and 28.2 species per monitoring site in the surveys of 1991, 1996 and 2022, respectively. The increasing species richness in the last two decades can be largely attributed to climate change, due to which many southern and Atlantic species are expanding their range. Seventeen of the lichen species recorded in 2022 are listed on the Dutch Red List of endangered lichens.

The average abundance of nitrophytic species in the province of Groningen was on average similar in 2022 compared to 1996. However, regionally the abundance of nitrophytic lichens have decreased or increased, indicating a decreased or increased impact of ammonia on epiphytic lichens, respectively. The abundance of nitrophytic lichens have decreased near Natura 2000 areas. The abundance of acidophytic lichens that are sensitive to ammonia has strongly decreased since 1996. The steepest declines happened in nature areas and regions that harboured in 1996 a high abundance of acidophytic species. Some acidophytic species have completely disappeared from the monitoring scheme in Groningen, e.g. *Lecanora aitema*, *Tuckermanopsis chlorophylla* and *Usnea subfloridana*, whereas others have strongly declined, e.g. *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes* and *Lecanora pulicaris*.

The effects of ammonia on epiphytic lichens are now in the province of Groningen on average similar as in 1996, but effects have decreased around Natura 2000 protected areas. However, the level of ammonia pollution is still too high for acidophytic species to recover. Ammonia measurements done by the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) show that ammonia concentrations in nature areas in Groningen are currently around $5 \mu\text{g m}^{-3}$, whereas they preferably should be below $1,5 \mu\text{g m}^{-3}$ for acidophytes to recover.

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	6
1.1	WAT ZIJN KORSTMOSSEN?	6
1.2	KORSTMOSSEN ALS INDICATOREN VOOR LUCHTKWALITEIT EN KLIMAAT	6
1.3	DE PROVINCIALE KORSTMOSSENMEETNETTEN.....	7
1.4	GRAADMETERS VOOR AMMONIAKVERVUILING EN KLIMAAT	7
1.5	KORSTMOSSENMEETNET IN GRONINGEN EN HERHAALRONDE 2022	9
2	METHODE	10
2.1	SELECTIE VAN MEETPUNTEN	10
2.2	VELDWERK	11
2.3	BEREKENING GRAADMETERS.....	12
2.4	KENMERKEN VAN DE MEETPUNTEN EN OMGEVINGSVARIABLEN	13
2.5	ANALYSE	15
3	RESULTATEN EN DISCUSSIE	18
3.1	SOORTENRIJKDOM KORSTMOSSEN	18
3.2	SOORTENRIJKDOM MOSSEN.....	22
3.3	NITROFYTEN (NIW)	24
3.4	ACIDOFYTEN (AIW)	28
3.5	KLIMAAT	32
3.6	EFFECTEN VAN AMMONIAK IN NATURA 2000-GEBIEDEN.....	33
3.7	VERGELIJKING MET ANDERE PROVINCIES	35
3.8	TOEKOMST VOOR (ZUURMINNENDE) EPIFYTISCHE KORSTMOSSEN	36
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	38
	LITERATUUR.....	39
	BIJLAGE A. MILIEUTYPEN MEETPUNTEN	41
	BIJLAGE B. OVERZICHT WAARGENOMEN KORSTMOSSEN EN TRENDS	42
	BIJLAGE C. OVERZICHT WAARGENOMEN MOSSEN EN TRENDS.....	46
	BIJLAGE D. SOORTKAARTEN KORSTMOSSEN	47
	BIJLAGE E. SOORTKAARTEN MOSSEN	78

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 en die groep vormt de focus van dit rapport. 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 vervuiling van de lucht met zwaveldioxide en ammoniak 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 en de zwaveldioxide vervuiling die in de jaren '70 zijn hoogtepunt bereikte heeft veel epifytische korstmossen toen doen verdwijnen. Slechts een klein aantal soorten korstmossen kan hoge concentraties zwaveldioxide verdragen. Veel soorten die door zwaveldioxide gedecimeerd waren zijn in de afgelopen decennia weer teruggekeerd doordat vervuiling met zwaveldioxide sterk is afgenomen (van Dobben & de Bakker, 1996).

Ammoniak (NH_3) heeft andere effecten op korstmossen dan zwaveldioxide. Vervuiling met ammoniak

beïnvloedt de soortensamenstelling: het leidt tot het verdwijnen van acidofyten (zuurminnaars) en het stimuleert nitrofyten (stikstofminnaars). Dit komt doordat ammoniak de bast van de bomen minder zuur maakt. De pH van de bast van een zomereik, normaal ca. 4,5, kan door de ammoniak in gebieden met veel intensieve veehouderij stijgen tot 6,5 (van Herk, 2001). De bast wordt dus basischer. Dit is de belangrijkste oorzaak van de verschuiving in soortensamenstelling waarbij de voor eiken typerende zuurminnende korstmossen verdwijnen en plaatsmaken voor stikstofminnende korstmossen met voorkeur voor een ongeveer neutraal schorsmilieu. 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. De effecten van ammoniakvervuiling 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).

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

Epifytische korstmossen worden sinds 1989 via een gestandaardiseerd meetnet gemonitord, met als doel het in kaart brengen van ammoniakeffecten. 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 6000 monsterpunten. Alle provinciale meetnetten zijn ontworpen en ontwikkeld door het LON, het Lichenologisch Onderzoeksbureau Nederland (van Herk, 1999) in opdracht van de desbetreffende provincies. Bij voorkeur worden meetnetten elke zes jaar opnieuw opgenomen, maar in de praktijk zit er vaak langere tijd tussen herhaalrondes. Recent zijn de provincies Drenthe (van Herk, 2017), Friesland (van der Kolk et al., 2020), Gelderland (van der Kolk et al., 2023), Overijssel (van Herk, 2021), Utrecht (van Herk, 2019b) en Zeeland (van Herk, 2019c) onderzocht.

1.4 Graadmeters voor ammoniakvervuiling en klimaat

De hoeveelheid nitrofyten (ammoniakminnaars, ook wel stikstofminnende korstmossen genoemd) wordt bij de provinciale karteringen per meetpunt uitgedrukt in de **Nitrofiële Indicatie Waarde (NIW)**, een graadmeter voor de ammoniakbelasting. Op dezelfde manier wordt de hoeveelheid acidofyten (zuurminnaars, ook wel stikstofgevoelige korstmossen genoemd) uitgedrukt in de **Acidofiele Indicatie Waarde (AIW)**, een omgekeerde graadmeter voor ammoniak. Zowel de NIW als de AIW worden per punt uitgerekend door het voorkomen van ongeveer 20 kenmerkende soorten bij elkaar op te tellen (Figuur 1.2). 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 heeft vooral praktische betekenis in open gebieden, omdat vrijwel alle ammoniakminnende soorten ook lichtminnend zijn. De AIW is ook geschikt voor het meten van effecten in bosgebieden, omdat een deel van de zuurminnende soorten schaduwminnend zijn. De NIW is dus het meest geschikt om de effecten van stikstofdepositie op korstmossen in open gebieden te meten, terwijl de AIW ook geschikt is om de effecten van stikstofdepositie op korstmossen in bos- en natuurgebieden te meten.



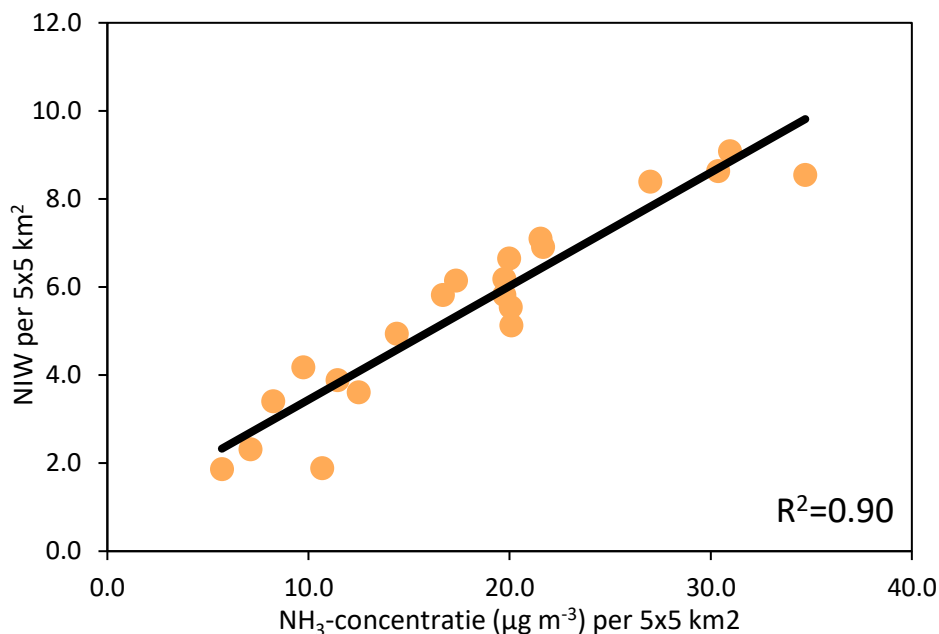
Figuur 1.2 Links Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*), een stikstofminnende soort, en rechts Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*), een stikstofgevoelige soort.

De NIW en AIW zijn gekoppeld met ammoniakmetingen, en vertonen een zeer sterke correlatie met daadwerkelijke concentraties van ammoniak. In 1998 is het verband onderzocht tussen de korstmossamenstelling en ammoniakmetingen die met vaste monsternemers in de gemonitorde bomen door TNO uitgevoerd zijn. 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. Indien de NIW en de NH_3 -concentratie als gemiddelde per uurhok ($5 \times 5 \text{ km}^2$) genomen worden, is het verband nog veel sterker: de verklaarde variantie is op dit niveau 90% (Figuur 1.3). De NIW, en met name de uurhok-gemiddelde NIW, kan dus gezien worden als een 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 kan worden. De bruikbaarheid van korstmossen voor de monitoring van ammoniak wordt uitgebreid behandeld in een artikel in *The Lichenologist* (van Herk, 2001).

De waarden van de NIW en AIW variëren in de praktijk tussen 0 (geen indicatorsoorten aanwezig) en 12 (op een gemiddelde boom zijn 12 indicatorsoorten aanwezig), al zijn theoretisch hogere waarden mogelijk. In natuurgebieden met geen of nauwelijks ammoniakvervuiling is de NIW lager dan 0,5 en de AIW hoger dan 8,0 (bijvoorbeeld delen van de Veluwe in 1990, zie van der Kolk et al., 2023). Een NIW waarde tussen 1,5 en 5,0 duidt op matige vervuiling met ammoniak. NIW waarden hoger dan 5,0 duiden op een grote mate van vervuiling met ammoniak en komen voor in landbouwgebieden waar veel ammoniak wordt uitgestoten. De NIW kan op meetpunten dicht bij veehouderijen oplopen tot boven 10,0. Voor de AIW geldt dat hoge waarden van boven 8,0 vroeger in veel uitgestrekte natuurgebieden nog voorkwamen. Tegenwoordig liggen de maximale AIW waarden in de minst vervuilde gebieden rond de 7,0 (zie bijvoorbeeld van der Kolk et al., 2023), maar in de meeste natuurgebieden is de AIW gedaald tot beneden de 5,0. Op veel plekken is de AIW nu zo laag ($< 2,0$) dat deze graadmeter in de toekomst nauwelijks nog verder kan dalen.

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.



Figuur 1.3 Relatie tussen de NIW en de jaarrond gemeten NH₃-luchtconcentratie (µg m⁻³) per 5x5 km² uurhok, op basis van 4-6 metingen per uurhok. Gegevens afkomstig van metingen aan zomereiken in 1997 in Friesland, Noord-Brabant en de Gelderse Vallei, ontleend aan van Herk, 2001.

1.5 Korstmossenmeetnet in Groningen en herhaalronde 2022

De eerste meetpunten in Groningen werden in 1991 onderzocht tijdens inventarisaties van Drenthe en Friesland om grensoverschrijdende effecten vast te stellen. De 49 meetpunten die in 1991 onderzocht worden liggen dan ook bijna allemaal dicht bij de provinciegrens (van Herk, 1997). In 1996 werd de eerste (en tot nu toe enige) volledige meetronde van het meetnet uitgevoerd. Er werden 192 meetpunten bezocht die de hele zuidelijke helft van de provincie (zandgronden) besloegen. Hierbij zijn meetpunten met zomereiken onderzocht met een dichtheid van vijf à zes meetpunten per uurhok (5x5 km²). Tijdens de meetronde in 1996 werd, in vergelijking met de meetpunten die in 1991 werden onderzocht, een toenemend effect van ammoniak op korstmossen vastgesteld (van Herk, 1997). De meetronde in 2022 is de eerste volledige herhaalronde die sinds 1996 is uitgevoerd van het meetnet korstmossen in de provincie Groningen. Dit rapport beschrijft de uitvoering en resultaten van deze nieuwe herhaalronde. Tijdens de herhaalronde zijn de meetpunten uit 1996 zoveel mogelijk herhaald en zijn er een aantal nieuwe meetpunten uitgezet rond Natura-2000 gebieden Lieftinghsbroek, Zuidlaardermeer en Drentsche Aa. De volgende onderzoeksvragen met betrekking tot de huidige kwaliteit en veranderingen zijn gekoppeld aan het uitvoeren van een nieuwe meetronde:

1. Hoe is de invloed van ammoniak in de lucht op natuur in de afgelopen 30 jaar veranderd in de provincie Groningen?
2. Wat is de huidige impact van ammoniak in de lucht op natuur in Groningse natuurgebieden en landbouwgebieden?

2 Methode

2.1 Selectie van meetpunten

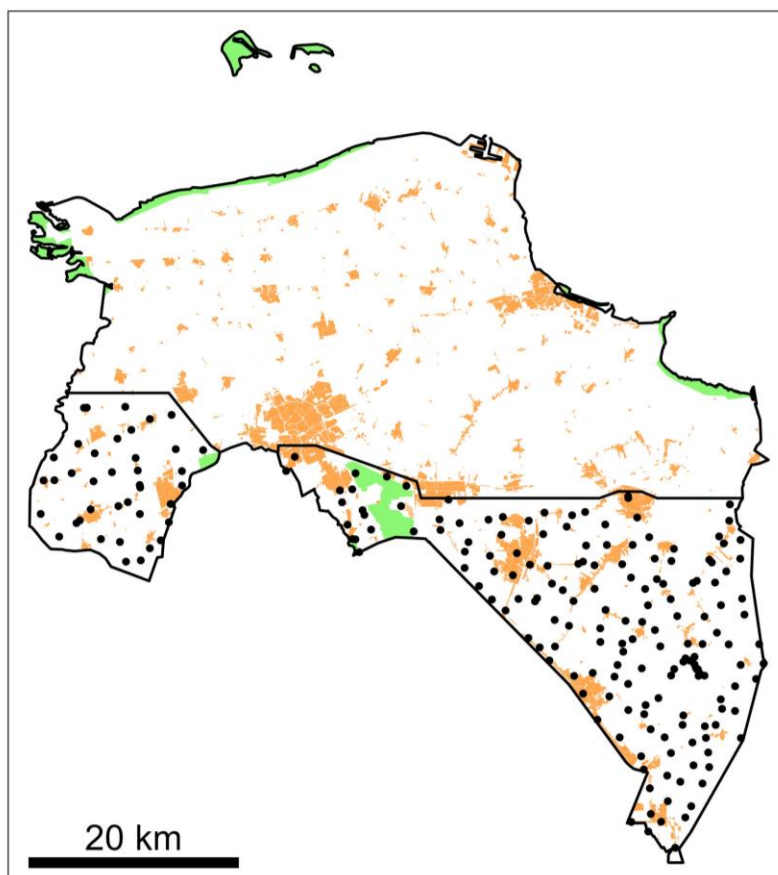
Meetpunten bestaan uit 10 bomen, bij voorkeur zomereiken (*Quercus robur*). In gebieden waar weinig bomen staan worden soms minder dan 10 bomen gebruikt voor een meetpunt. In gebieden waar geen eiken voorhanden zijn kunnen ook andere boomsoorten gebruikt worden. Vaak bestaat een meetpunt uit een rijtje 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 Voorbeeld van een meetpunt met zomereiken in een wegberm.

Het uitgangspunt voor de herhaalronde 2022 in Groningen was om meetpunten uit de ronde 1996 zoveel mogelijk te herhalen. Meetpunten die uit 1 of 2 bomen bestonden zijn vervangen als er in de directe omgeving een betere meetlocatie met 10 bomen beschikbaar was. Ook zijn meetpunten vervangen wanneer alle of de meeste bomen uit het meetpunt waren verdwenen (bijvoorbeeld door de aanleg van een woonwijk of nieuwe weg) of ongeschikt zijn geworden doordat stammen begroeid zijn geraakt met klimop of nu omgeven zijn door opslag. Naast het herhalen van bestaande meetpunten zijn rond de Natura-2000 gebieden Lieftingsbroek en Drentsche Aa enkele nieuwe meetpunten uitgezet.

In de meetronde 2022 zijn er in totaal 208 meetpunten onderzocht (Figuur 2.2). 176 van de 192 meetpunten uit meetronde 1996 zijn herhaald. De overige 16 meetpunten (8.3%) zijn vervallen, doordat bomen gekapt zijn, overgroeid zijn geraakt met klimop of opslag of doordat meetpunten met 1-2 bomen vervangen zijn door een meetpunt met 10 bomen. In totaal zijn er in deze meetronde 32 nieuwe meetpunten uitgezet.



Figuur 2.2 Kaart van de provincie Groningen met meetpunten die in 2022 onderzocht zijn. Groene gebieden zijn Natura 2000-gebieden en oranje gebieden zijn bebouwde gebieden. In totaal zijn er 208 meetpunten bezocht.

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 (Bijlage A), afstand tot het dichtstbij gelegen veehouderijbedrijf (in m) en de afstand tot de dichtstbij gelegen maïsakker (in m). In de meetronde 2022 zijn 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. Binnen een bestaand meetpunt zijn soms één of twee bomen verdwenen door kap. Deze worden indien mogelijk met nieuwe bomen gecompenseerd. Per onderzochte boom worden alle aanwezige mossen en korstmossen genoteerd die tot een hoogte van 2 meter op de boom voorkomen. Vervolgens wordt per meetpunt de kwantiteit per soort genoteerd met een schaal 1-6 (Tabel 2.1).

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

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

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

Er zijn een aantal soorten korstmossen die moeilijk te herkennen zijn en niet (in alle rondes) zijn onderscheiden. Het gaat specifiek om:

- Vals dooiermos (*Candelaria concolor*) en *Candelaria pacifica*. *Candelaria pacifica* wordt in de rapportage samengevoegd onder Vals dooiermos.
- Kort schriftmos (*Alyxoria varia*) en Limoen-schriftmos (*Alyxoria viridipruinosa*). Deze soorten worden in de rapportage samengevoegd.
- Tenslotte zijn er enkele soortcomplexen die tijdens eerdere meetrondes niet altijd van elkaar zijn onderscheiden. Deze soortcomplexen worden wel gesplitst bij de beschrijving van de resultaten van deze meetronde, maar samengevoegd bij vergelijkende analyses met eerdere meetrondes, zodat verschillen in bijvoorbeeld soortenrijkdom tussen meetrondes vergelijkbaar blijven. Het gaat om de volgende soortcomplexen:
 - Miskende schotelkorst (*Lecanora compallens*) en Bleekgroene schotelkorst (*Lecanora expallens*)
 - Rijpschildmos (*Punctelia jeckeri*) en Gestippeld schildmos (*Punctelia subrudecta*)

2.3.2 Soortenrijkdom mossen per meetpunt

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 NIW

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

2.3.4 AIW

De berekening van de AIW (Acidofiele Indicatie Waarde) is gelijk aan die van de NIW, maar met een set ammoniakmijdende soorten. De acidofyten die bijdragen aan de AIW zijn: *Chaenotheca ferruginea*, *Cladonia* soorten (geaggregeerd), *Evernia prunastri*, *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, *Lecanora aitema*, *Lecanora conizaeoides*, *Lecanora pulicaris*, *Lepraria incana*,

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

2.3.5 Ecologische indicatiewaarde voor continentaliteit

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 gewogen op kwantiteit, waarbij een soort met kwantiteitswaarde 2 en 3 respectievelijk twee en drie keer zo zwaar meetelt als een soort met kwantiteitswaarde 1. Kwantiteitswaarden 4 en 5 tellen bij de weging even zwaar, omdat kwantiteitswaarden van 4 nauwelijks voorkomen (1,3% van het totaal aantal waarnemingen). Soorten met kwantiteitswaarden 4 en 5 tellen vier keer, en kwantiteitswaarde 6 tellen vijf keer zo zwaar mee als soorten met kwantiteitswaarde 1.

2.3.6 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 deze berekening gewogen op kwantiteit (zie 2.3.5).

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

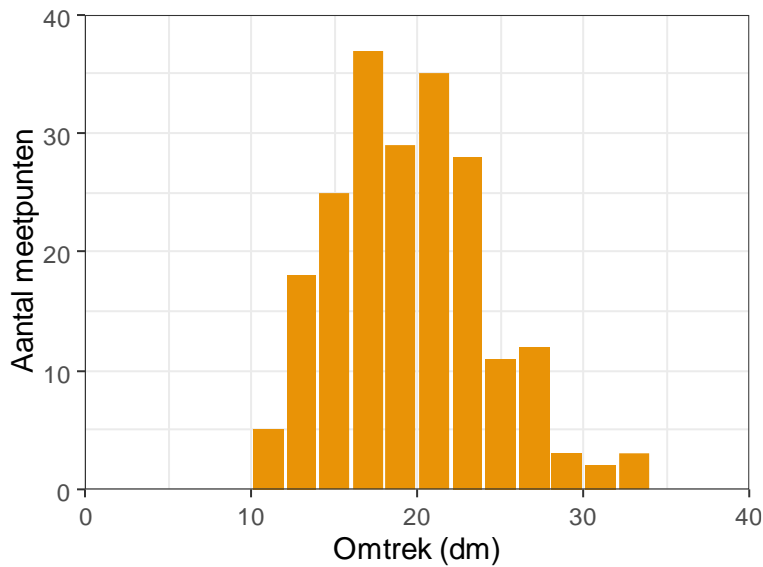
De boomsoort die op het meetpunt onderzocht is. In Groningen is op alle meetpunten gebruik gemaakt van zomereiken (*Quercus robur*).

2.4.2 Aantal bomen per meetpunt

Het aantal bomen dat op een meetpunt onderzocht is. In de meetronde 2022 werden er op 87.0% (181 uit 208 totaal) van de meetpunten 10 bomen onderzocht. Op 1.4% (3 uit 208 totaal) van de meetpunten werden er minder dan vier bomen onderzocht.

2.4.3 Omtrek

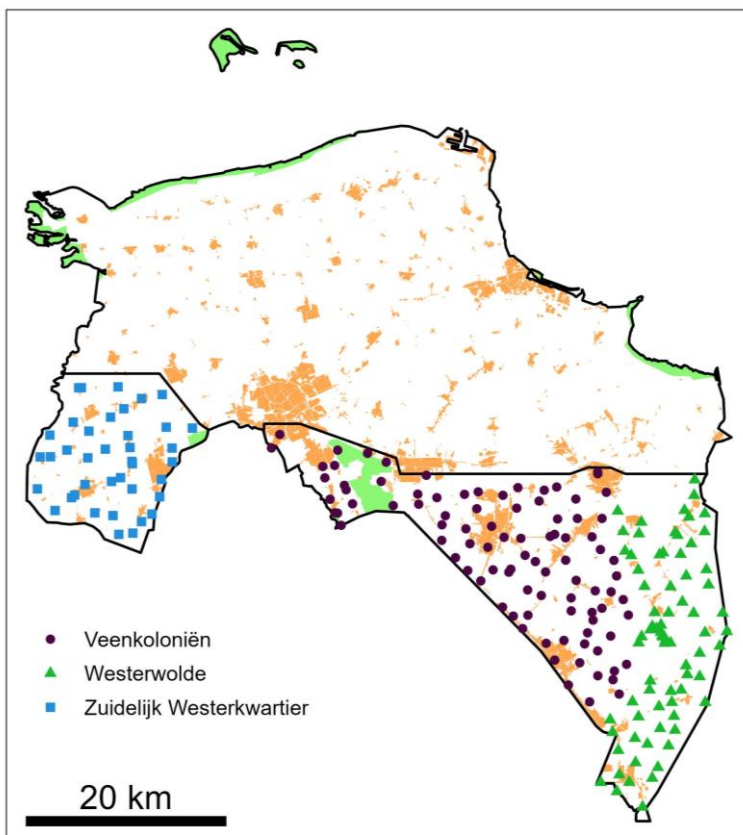
De omtrek (in dm) op 1 m hoogte van een gemiddelde boom op een meetpunt. Figuur 2.3 geeft de distributie weer van de omtrek van de bomen die in meetronde 2022 onderzocht zijn.



Figuur 2.3 Verdeling van de omtrek van meetpunten die in de meetronde 2022 onderzocht zijn.

2.4.4 Regio

De meetpunten zijn opgedeeld in drie **regio's** (Figuur 2.4): Zuidelijk Westerkwartier (39 meetpunten), Veenkoloniën (94) en Westerwolde (75).



Figuur 2.4 Indeling van de onderzochte meetpunten per regio.

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 (20 meetpunten in meetronde 2022), in agrarisch gebied (161 meetpunten) of in bebouwd gebied (27 meetpunten).

2.4.6 Overige omgevingsvariabelen

De afstand tot veehouderij, afstand tot maisakker, afstand tot wegrand en percentage lichtinval worden als variabelen overgenomen zoals ze in het veld genoteerd zijn (zie 2.2).

2.5 Analyse

2.5.1 Graadmeters

Voor elk meetpunt zijn alle graadmeters berekend (zie 2.3). Vervolgens is voor elke graadmeter voor elke meetronde het gemiddelde berekend. De gemiddelden worden ook apart berekend voor regio's (zie 2.4.4) en gebiedstypen (zie 2.4.5).

Om te corrigeren voor de onvolledige meetronde in 1991 is steeds gebruik gemaakt van linear mixed models om gemiddelden (en standaardfouten) van de graadmeters te berekenen voor elk jaartal, elke regio en elk gebiedstype. In deze modellen is de graadmeter steeds de responsvariabele, het jaartal van de meetronde de verklarende variabele (eventueel in interactie met regio of met gebiedstype), en opnamenummer de random variabele. Omdat in meetrondes 1996 en 2022 vrijwel alle meetpunten zijn onderzocht, komen de geschatte waarden uit het model vrijwel exact overeen met de mathematische gemiddelden van de onderzochte meetpunten. Voor 1991 wijken de geschatte modelberekeningen soms af van de mathematische gemiddelden, omdat de meetpunten in 1991 niet altijd een representatieve steekproef zijn van een hele regio. In deze gevallen geven de modelberekeningen een betere schatting voor de daadwerkelijke graadmeters voor de hele regio in 1991, dan wanneer de graadmeters gebaseerd zijn op de mathematische gemiddelden.

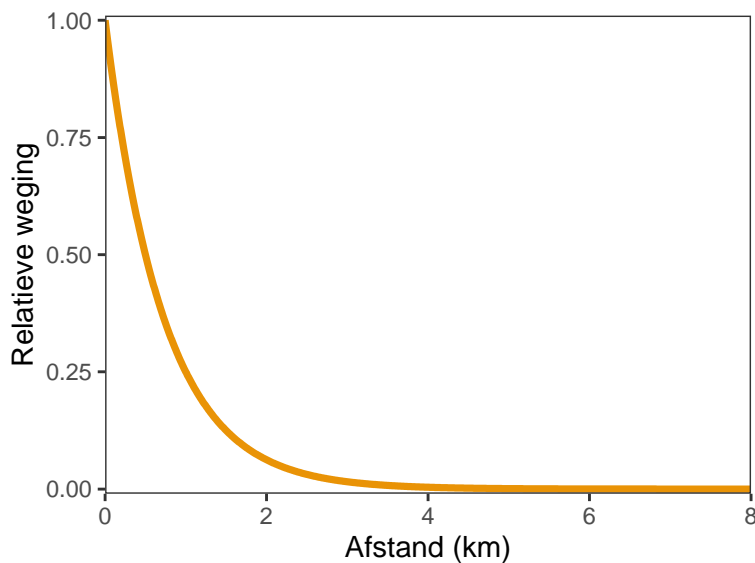
2.5.2 Interpolatiekaarten

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 $IW_{interpolatie}$ 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 .



Figuur 2.5 De relatieve gewing ($0,25^{\text{afstand}}$) van een meetpunt hangt af van de afstand tot de locatie waarvoor de indicatiewaarde geïnterpoleerd wordt.

Daarnaast worden er verschilkaarten gemaakt tussen de huidige meetronde 2022 en de meetronde 1996. Deze kaarten worden gemaakt uitsluitend op basis van meetpunten die herhaald zijn. Er wordt hiervoor een interpolatiekaart gemaakt met als inputwaarden voor elk herhaald meetpunt de verschilwaarde van de indicatiewaarde tussen 1996 en 2022.

2.5.3 Analyse NIW en AIW met omgevingsvariabelen

De NIW en AIW worden per gebiedstype (natuur-, agrarische- of bebouwde gebieden) gecorreleerd aan de volgende vijf variabelen: (1) Omtrek van de boom, (2) afstand tot veehouderij, (3) afstand tot maisakker, (4) afstand tot wegrand en (5) percentage lichtinval.

2.5.4 Trendberekeningen soorten

In bijlagen B en C worden (respectievelijk voor korstmossen en mossen) voor alle soorten het aantal meetpunten getoond waarin de soort in de meetronde 2022 is aangetroffen. Ook is de som van de kwantiteit berekend door de kwantiteitswaardes van een soort voor alle meetpunten bij elkaar op te tellen. De kwantiteitssom geeft een indruk of een soort op de meetpunten vaak in lage kwantiteit of juist in hoge kwantiteit voorkomt. Voor het berekenen van de trend (tussen 1996 en 2022) zijn alleen meetpunten gebruikt in het gebied dat in alle meetrondes is herhaald. De significantie van het verschil in voorkomen van een soort tussen de meetronde 1996 en meetronde 2022 is vervolgens berekend in een mixed effects model analyse waarbij het opnamenummer is gebruikt als random effect.

2.5.5 Indicatiewaarden en 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 uit de interpolatiekaarten. De gemiddelden voor meetronde 2022 zijn berekend als ook het gemiddelde verschil met meetronde 1996.

Het is belangrijk om bij deze analyses te beseffen dat veel meetpunten niet altijd direct in Natura 2000-gebieden liggen. Dit komt doordat er in veel natuurgebieden (vooral open natuurgebieden, zoals uiterwaarden, meren en veengebieden) geen geschikte bomenrijen voorhanden zijn die als meetpunt gebruikt kunnen worden. Voor die gebieden moeten de uitkomsten geïnterpreteerd worden als wat

er gebeurt in de omgeving direct rond de Natura 2000-gebieden. Het is daarbij zeer waarschijnlijk dat veranderingen direct rond Natura 2000-gebieden de veranderingen binnen Natura 2000-gebieden reflecteren.

2.5.6 Vergelijking met andere provincies

Om de resultaten uit Groningen in breder perspectief te plaatsen zijn de veranderingen in de NIW en AIW vergeleken met de veranderingen in andere provincies op de zandgronden waar het meetnet wordt uitgevoerd. Hiervoor zijn de gegevens van de NIW en AIW uit andere provincies overgenomen voor Drenthe (van Herk, 2017), Friesland (van der Kolk et al., 2020), Gelderland (van der Kolk et al., 2023), Overijssel (van Herk, 2021), Utrecht (van Herk, 2019b) en Zeeland (van Herk, 2019c).

3 Resultaten en discussie

3.1 Soortenrijkdom korstmossen

3.1.1 Soortensamenstelling

De begroeiing van korstmossen op eiken is in de provincie Groningen sinds de laatste meetronde in 1996 sterk veranderd. De soortenrijkdom is sterk toegenomen, maar soorten die gevoelig zijn voor ammoniak zijn juist afgenomen. In de meetronde 2022 zijn er op de 208 onderzochte meetpunten in totaal 145 soorten korstmossen aangetroffen (Bijlage B). Elf soorten korstmossen die in 1996 nog in het meetnet voorkwamen zijn nu verdwenen. Het gaat vooral om acidofyten die gevoelig zijn voor ammoniak zoals Bruin paardenhaarmos (*Bryoria fuscescens*), Dennenschotelkorst (*Lecanora aitema*), Bostandpastakorst (*Ochrolechia microstictoides*), Bruin boerenkoolmos (*Tuckermanopsis chlorophylla*) en Gewoon baardmos (*Usnea subfloridana*). Acidofyten die nog wel in het meetnet voorkomen, bijvoorbeeld Eikenmos (*Evernia prunastri*), Gewoon schubjesmos (*Hypocenomyce scalaris*) en Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*), zijn ook sterk achteruit gegaan (Bijlagen B en D). Laatstgenoemde soort kwam in 1996 nog op 60,4 % van de meetpunten voor, maar in 2022 nog slechts op 6,7% van de meetpunten, en is daarmee de soort die het meest is achteruit gegaan.

In tegenstelling tot de acidofyten zijn de meeste andere groepen korstmossen juist toegenomen. De sterkste stijgers zijn Verzonken schriftmos (*Pseudoschismatomma rufescens*; van 0,5% naar 96,6% van de meetpunten), Dun schaduwmos (*Hyperphyscia adglutinata*; van 1,0% naar 84,1%) en Vals dooiermos (*Candelaria concolor*; van 2,6% naar 76,0%). Alle drie de soorten hebben geprofiteerd van de klimaatopwarming, en zijn nu aspectbepalend op veel meetpunten.

Ten opzichte van de meetronde 1996 zijn er 53 soorten korstmossen nieuw gevonden. Hieronder zijn enkele soorten die met rode algen (*Trentepohlia*) samenleven en door klimaatverandering sterk toenemen (Aptroot & van Herk, 2007), zoals Rivierschriftmos (*Alyxoria culmigena*) en Kort schriftmos (*Alyxoria varia* s.l.). Er werden ook een aantal soorten nieuw gevonden die landelijk gezien zeldzaam of zeer zeldzaam zijn, waaronder Beukenvlekje (*Arthonia didyma*), Klein schorssteeltje (*Chaenotheca chlorella*), Valse kringkorst (*Ochrolechia turneri*, Rode Lijst: Bedreigd) en Duinrijpmos (*Physconia perisidiosa*). Vrijwel al deze soorten zijn aangetroffen op al bestaande meetpunten en hebben zich dus na 2002 nieuw gevestigd. Sommige landelijk zeldzame soorten korstmossen zijn nieuw in het meetnet gekomen door het toevoegen van nieuwe meetpunten in het Lieftingsbroek, zoals Roetkorst (*Reichlingia leopoldii*, Rode Lijst: Gevoelig) en Maleboskorst (*Lecanactis abietina*).

Zeventien van de aangetroffen soorten staan op de Rode Lijst korstmossen (Sparrius et al., 2023; Bijlage B). In de meetronde 1996 werden er 18 Rode Lijst soorten aangetroffen, maar dit waren deels wel andere soorten. De Rode Lijst soorten Bruin paardenhaarmos (*Bryoria fuscescens*), Dennenschotelkorst (*Lecanora aitema*), Bostandpastakorst (*Ochrolechia microstictoides*), Bruin boerenkoolmos (*Tuckermanopsis chlorophylla*), Gewoon baardmos (*Usnea subfloridana*) en Trilzwamkorst (*Violella fucata*) zijn tussen 1996 en 2022 uit het meetnet verdwenen. Daartegenover staat dat de Rode Lijst soorten Klein strontjesmos (*Buellia schaereri*), Beukenschotelkorst (*Lecanora hybocarpa*), Valse kringkorst (*Ochrolechia truneri*), Roetkorst (*Reichlingia leopoldii*) en Groene spiraalkorst (*Scoliciosporum gallurae*) nieuw in het meetnet zijn verschenen. Roetkorst en Groene spiraalkorst zijn alleen gevonden op bomen in meetpunten die in 2022 nieuw zijn aangemaakt.

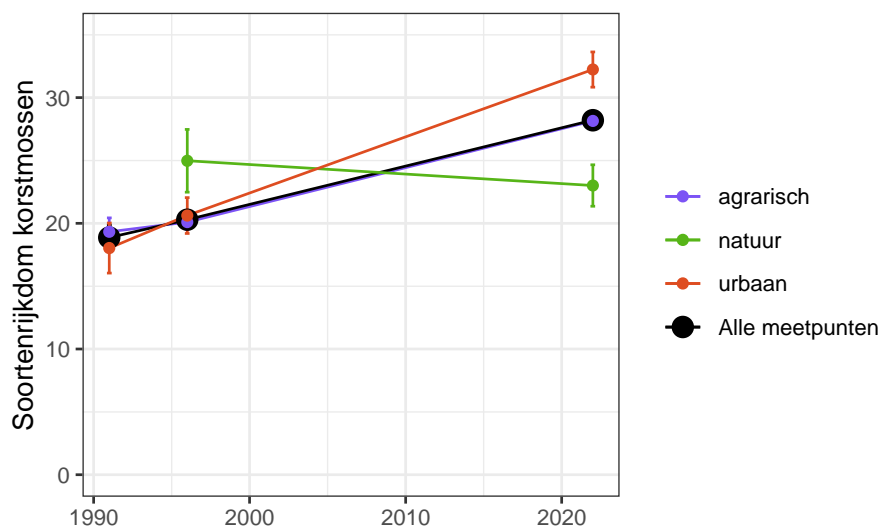


Groot takmos (*Ramalina fraxinea*) is één van de grootste epifytische korstmossen in Nederland en staat als Bedreigd op de Rode Lijst. Binnen het meetnet komt nog één exemplaar voor. Op de foto wordt Groot takmos omringd door Melig takmos (*Ramalina farinacea*).

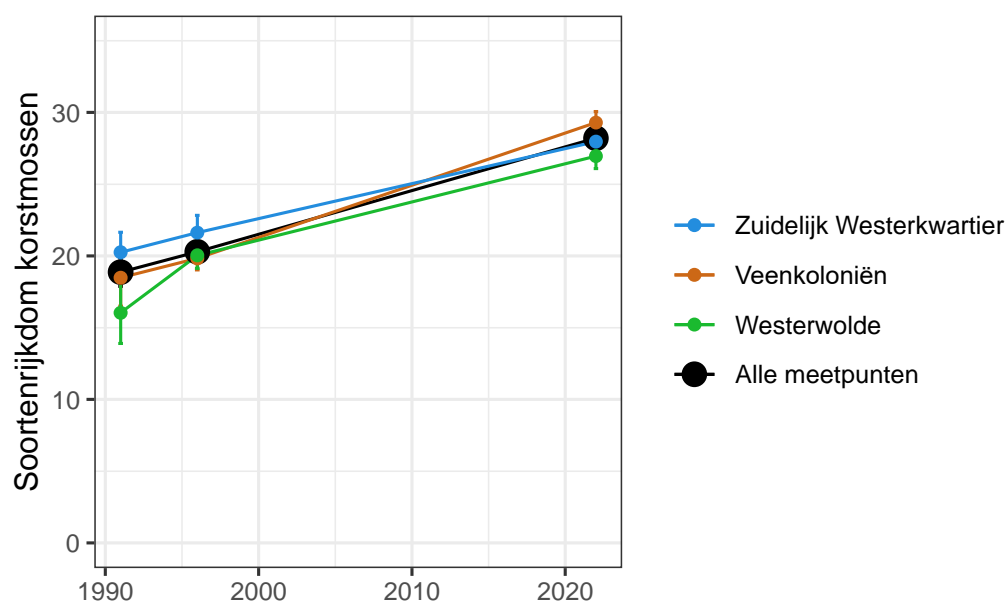
3.1.2 Soortenrijkdom korstmossen per meetpunt

De gemiddelde soortenrijkdom per meetpunt is sinds 1991 sterk toegenomen, gemiddeld van 18,9 soorten per meetpunt in 1991, naar 20,3 soorten korstmossen per meetpunt in 1996 tot 28,2 soorten per meetpunt in 2022. De soortenrijkdom op een meetpunt wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder mate van SO₂ vervuiling, mate van NH₃ vervuiling, microklimaat (belichting en beschutting) en klimaat. De toename in soortenrijkdom kwam voor 1990 waarschijnlijk vooral door een vermindering in de SO₂ vervuiling (van Dobben, 1991), maar kan daarna ook voor een groot deel worden toegeschreven aan de toename van zuidelijke en Atlantische soorten korstmossen door klimaatverandering (van Herk, 2004).

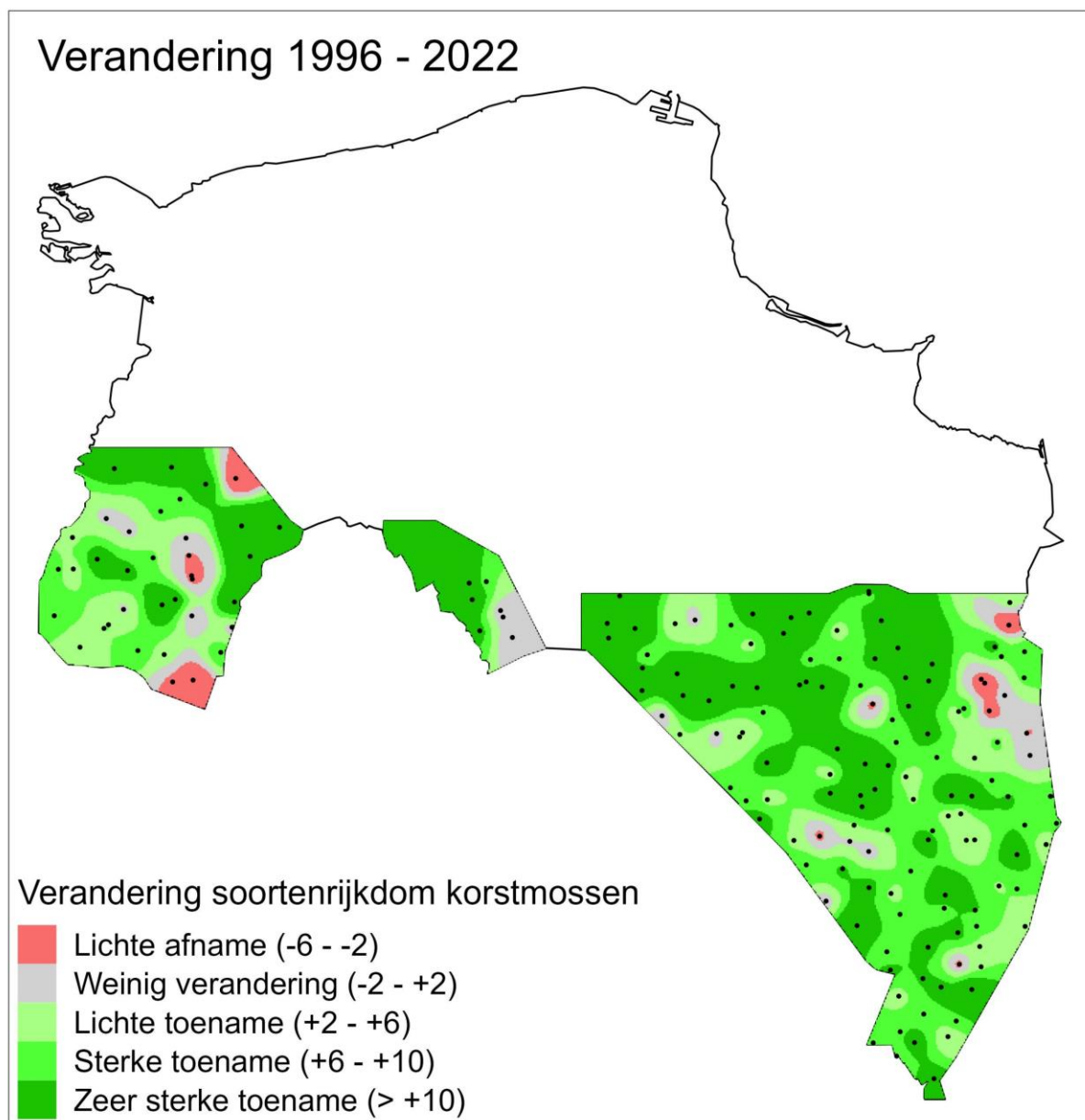
De veranderingen in soortenrijkdom verschillen tussen **gebiedstypen**. Er is sprake van een duidelijke toename in soortenrijkdom in zowel het agrarische gebied als in bebouwde gebieden (Figuur 3.1). De toename is het grootst in de bebouwde kom en hier is de soortenrijkdom nu het hoogst. Waarschijnlijk komt dit doordat bomen hier goed belicht zijn, maar tegelijkertijd beschut en daardoor na een regenbui niet meteen droogwaaien. Vooral macrolichenen (struik- en bladvormige korstmossen) gedijen goed in een goed belicht en enigszins vochtig milieu, en zijn in het buitengebied mogelijk minder vertegenwoordigd omdat bomen daar sneller droog waaien. Op meetpunten in natuurgebieden is de soortenrijkdom iets afgenomen en nu lager dan in agrarische en urbane gebieden. Een verklaring hiervoor is dat in natuurgebieden nitrofytische soorten zijn afgenomen (zie 3.3.2), terwijl tegelijkertijd ook acidofytische soorten nog afnemen (zie 3.4.2). Daarnaast nemen zuidelijke soorten minder snel toe in natuurgebieden, waar bomen over het algemeen beschutter staan, dan in agrarische en bebouwde gebieden. De huidige soortenrijkdom en de toename van de soortenrijkdom gedurende de afgelopen 25 jaar is vergelijkbaar tussen de drie **regio's** (Figuur 3.2 en Figuur 3.3).



Figuur 3.1 Gemiddelde soortenrijkdom korstmossen per meetpunt in verschillende gebiedstypen.



Figuur 3.2 Gemiddelde soortenrijkdom korstmossen per meetpunt per regio.



Figuur 3.3 Verandering in het gemiddeld aantal soorten korstmossen per meetpunt tussen 1996 en 2022. Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd.

3.2 Soortenrijkdom mossen

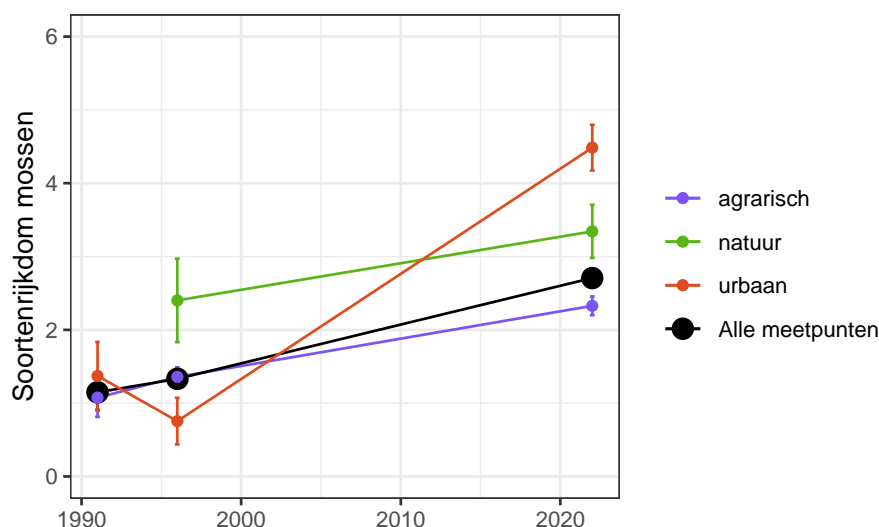
3.2.1 Soortensamenstelling

In totaal zijn er op de bomen in de 208 meetpunten die in 2022 zijn onderzocht 29 soorten mossen aangetroffen. Vier soorten mossen zijn sinds de meetronde 1996 uit het meetnet verdwenen, waaronder de concurrentiezwakke soorten Gewoon knopjesmos (*Aulacomnium androgynum*) en Gedrongen kantmos (*Lophocolea heterophylla*), die allebei doorgaans op vochtige boomvoeten groeien. Veertien soorten mossen werden er in de meetronde 2022 nieuw gevonden. Nieuwkomers zijn vooral mossoorten van voedselrijke schors die overal in Nederland toenemen, waaronder Dwergwratjesmos (*Cololejeunea minutissima*), Broedhaarmuts (*Orthotrichum lyellii*) en Knikkersterretje (*Syntrichia papillosa*).

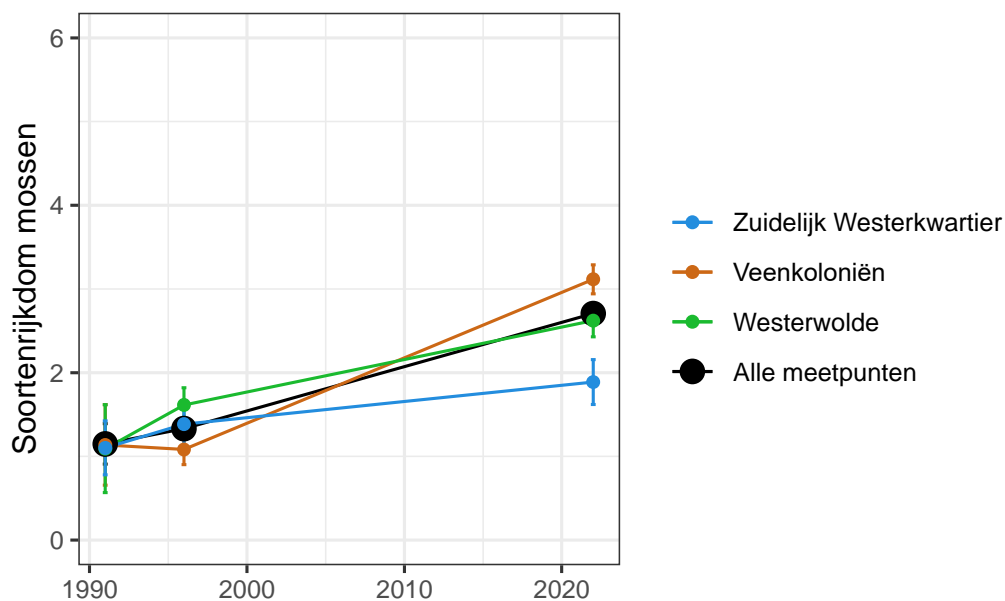
3.2.2 Soortenrijkdom mossen per meetpunt

Het aantal soorten mossen per meetpunt is sinds 1996 toegenomen, gemiddeld van 1,3 soorten mossen per meetpunt in 1996 naar 2,7 soorten per meetpunt nu. Er zijn wel verschillen tussen **gebiedstypen** in hoe sterk het aantal soorten mossen is toegenomen. In natuurgebieden en agrarische gebieden is er sprake van een lichte toename, terwijl het aantal soorten mossen in bebouwde gebieden juist sterk is toegenomen (Figuur 3.4). Gemiddeld genomen is het aantal mossen per meetpunt toegenomen in alle **regio's**, maar het sterkst in de Veenkoloniën (Figuur 3.5 en Figuur 3.6).

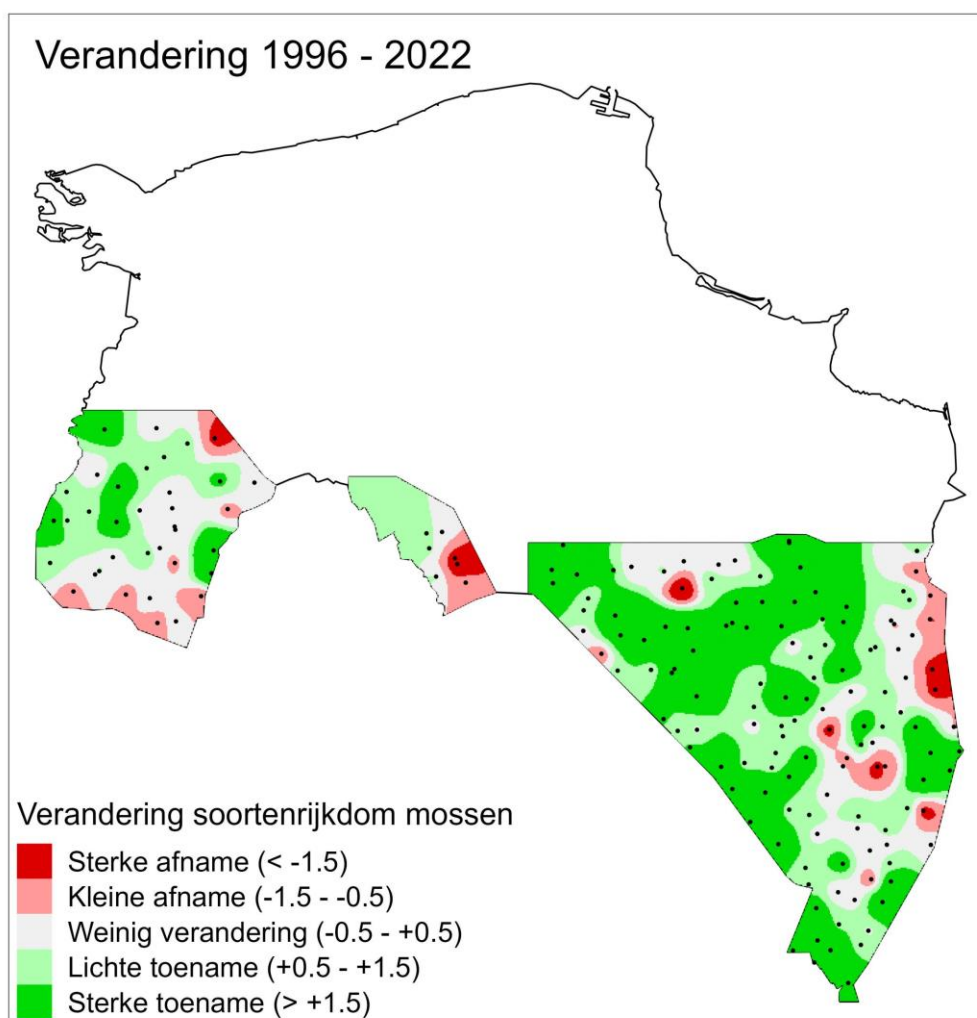
De gemiddelde toename is vooral toe te schrijven aan de opmars van Gesnaveld klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*). Deze dominante mossoort kan in bosgebieden grote oppervlakten van het schorsoppervlak bedekken. Buiten bossen beperkt Gesnaveld klauwtjesmos zich vooral tot de boomvoet. In 2022 kwam Gesnaveld klauwtjesmos voor op 88,9 % van de meetpunten, terwijl dit in 1996 nog maar 42,7 % van de meetpunten was. In agrarische en stedelijke gebieden zijn bovendien knikmossen (*Bryum spec.*), Helmroestmos (*Frullania dilatata*), Gewoon muisjesmos (*Grimmia pulvinata*) en haarmutsen (*Orthotrichum spec.*) toegenomen. Dit zijn mossen die karakteristiek zijn voor matig voedselrijk tot voedselrijke schors, en wijzen er ook op dat eikenschors in de loop van de tijd voedselrijker is geworden. De sterkere toename in bebouwde gebieden komt mogelijk doordat bomen hier beschutter staan en na regenval langer vochtig blijven.



Figuur 3.4 Gemiddelde soortenrijkdom mossen per meetpunt in verschillende gebiedstypen.



Figuur 3.5 Gemiddelde soortenrijkdom mossen per meetpunt per regio.



Figuur 3.6 Verandering in het gemiddeld aantal soorten mossen per meetpunt tussen 1996 en 2022. Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd.

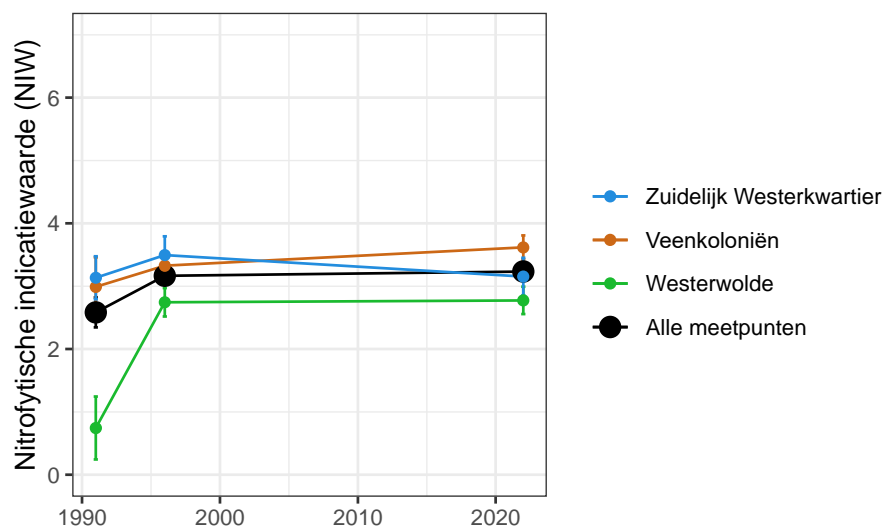


Het voorkomen van het dominante Gesnaveld klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*) is sinds de vorige meetronde sterk toegenomen.

3.3 Nitrofyten (NIW)

De indicatiewaarde voor nitrofytische korstmossen, de NIW, was in 2022 gemiddeld 3,2 en daarmee vrijwel gelijk aan de gemiddelde NIW in 1996. Er zijn wel verschillen in de trends van soorten die indicatief zijn voor stikstof. Sommige soorten zijn sinds 1996 (sterk) toegenomen, zoals Poedergeelkorst (*Candelariella reflexa*), Fijne geelkorst (*Candelariella xanthostigma*) en Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*). Tegelijkertijd zijn Heksenvingermos (*Physcia tenella*), Kroezig dooiermos (*Polycauliona candelaria*) en Klein dooiermos (*Polycauliona polycarpa*) afgenomen. Klein dooiermos en Kroezig dooiermos hebben (in vergelijking met andere stikstofminnende soorten) een optimum bij een relatief lage pH, wat kan verklaren waarom ze als eerste verschenen bij de ontzuring van schors die optrad als gevolg van NH_3 vervuiling en nu weer afnemen. Soorten als Fijne geelkorst hebben daarentegen juist een optimum bij geheel ontzuurde schors.

De tegengestelde trends van nitrofytische korstmossen lijken vreemd, maar kunnen worden verklaard doordat veel soorten behalve op ammoniak ook reageren op klimaatverandering. Temperatuurstijging en verdroging zorgen bijvoorbeeld voor een toename van Groot dooiermos, die goed in droge warme omstandigheden kan overleven, en een afname van Heksenvingermos, die vochtigere omstandigheden prefereert. De vraag is wel gerechtvaardigd of klimaatverandering geen verstrend effect heeft op de indicatiewaarde van de NIW, maar er zijn geen aanwijzingen dat dit feitelijk het geval is (van Herk, 2021). Temperatuur en stikstof zijn twee factoren die onafhankelijk invloed hebben op de soortensamenstelling. In een kouder of warmer milieu nemen er andere soorten toe wanneer er verontreiniging is met ammoniak. De NIW die in 1989 is ontworpen is in dat opzicht goed in balans (van Herk, 1999), omdat de cumulatieve hoeveelheid ammoniakminnaars doorslaggevend is, met een gebalanceerd aantal soorten dat een koud of warm milieu prefereert. Om die reden zijn soorten als Vals dooiermos (*Candelaria concolor*) en Dun schaduwmos (*Hyperphyscia adglutinata*), die ammoniakminnend zijn maar ook warmteminnend, niet opgenomen in de NIW.



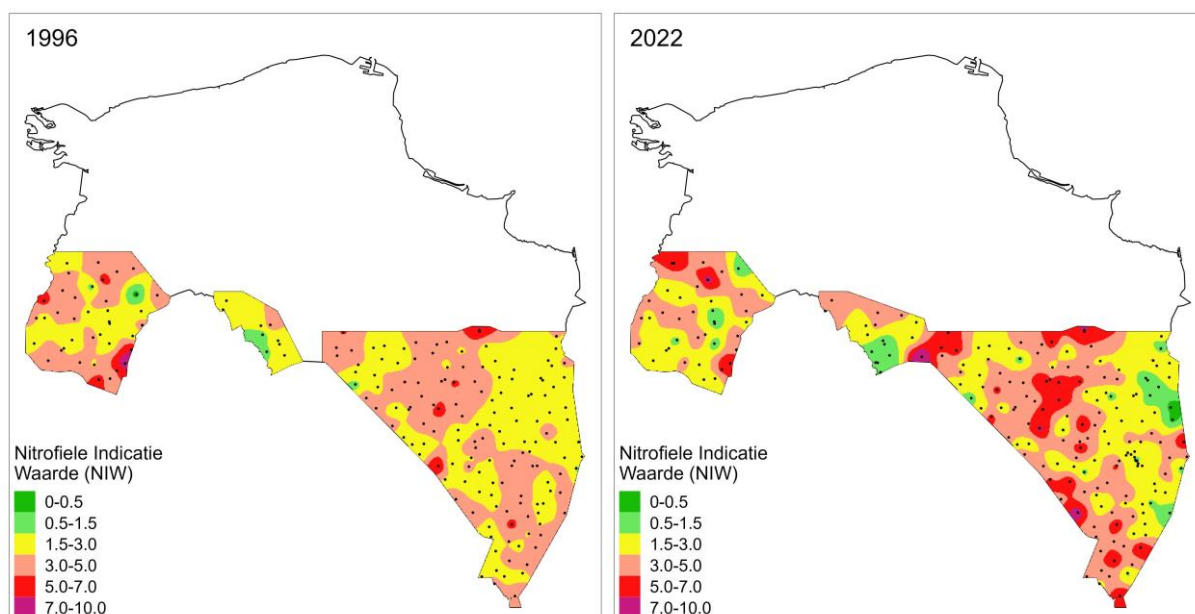
Figuur 3.7 De indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen (NIW) per regio. Een hogere waarde duidt op meer invloed van ammoniak.



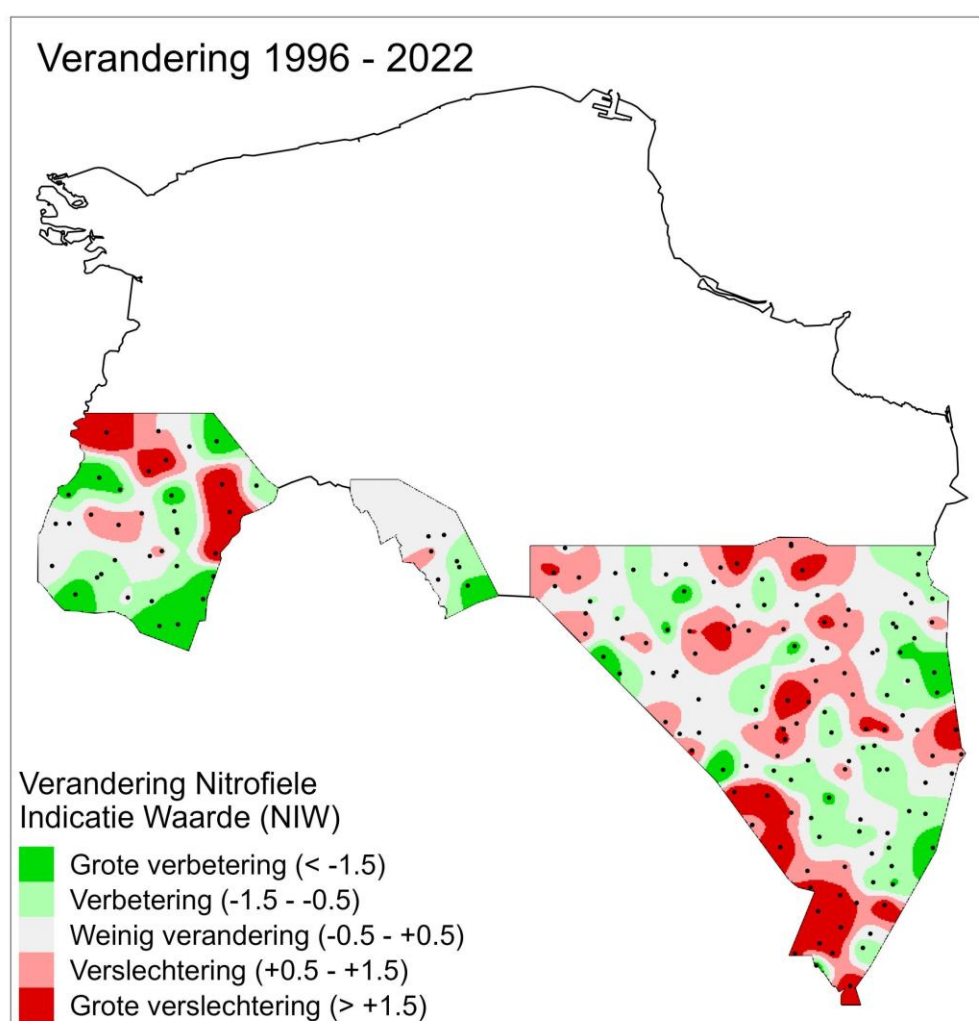
Fijne geelkorst (*Candelariella xanthostigma*) is een stikstofminnende soort die de laatste decennia sterk is toegenomen.

3.3.1 Ruimtelijke veranderingen

Er zijn subtiele verschillen in de veranderingen van ammoniakminnende korstmossen tussen **regio's** (Figuur 3.7). In het Zuidelijk Westerkwartier is het aantal ammoniakminnende korstmossen sinds 1996 licht gedaald, in de Veenkoloniën licht gestegen en in Westerwolde is de NIW vrijwel gelijk gebleven. Binnen regio's zijn er lokaal wel grote veranderingen sinds 1996 (Figuur 3.8 en Figuur 3.9). De NIW is lokaal toegenomen rond Leek, rond Grootegast, maar het meest duidelijk rond Musselkanaal en Ter Apel, wat er op duidt dat de effecten van ammoniak in deze gebieden sinds 1996 zijn toegenomen. Daartegenover staat dat de NIW lokaal is afgenomen rond Zevenhuizen en aan de oostgrens rond Sellingen en ten oosten van Veelerveen, wat er op duidt dat de effecten van ammoniak hier minder zijn geworden. In vergelijking met 1996 is het NIW-landschap heterogener geworden: Er zijn meer gebieden met een hoge NIW ($> 5,0$), maar ook meer gebieden met een lage NIW ($< 1,5$) (Figuur 3.8).



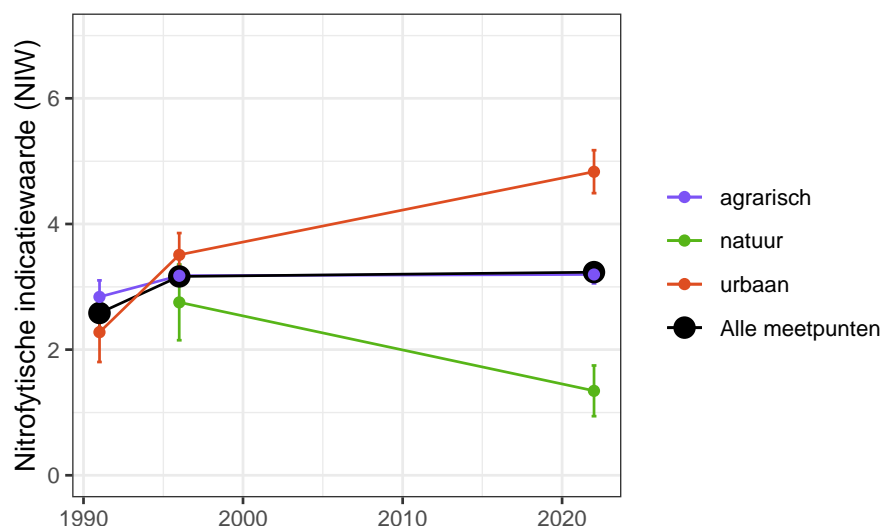
Figuur 3.8 De indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen (NIW) in meetronde 1996 (links) en meetronde 2022 (rechts). Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd. Een hogere waarde duidt op meer invloed van ammoniak.



Figuur 3.9 Verandering in de indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen (NIW) tussen 1996 en 2022. Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd.

3.3.2 Veranderingen in gebiedstypen

De veranderingen van de indicatiewaarde voor stikstofminnende korstmossen (NIW) verschilt tussen **gebiedstypen** (Figuur 3.10). De NIW is gemiddeld genomen in agrarische gebieden gelijk gebleven, in natuurgebieden afgenomen en in bebouwd gebied toegenomen. De sterkste stijging van de NIW heeft plaatsgevonden in bebouwde gebieden. Er is nog geen eenduidige verklaring voor de toename van stikstofminnende korstmossen in stedelijke gebieden. Een hypothese is dat de toename samenhangt met ammoniakuitstoot uit het verkeer, door het toegenomen gebruik van katalysatoren (van Herk, 2021c). Een andere mogelijke verklaring is de hogere concentraties (basenrijk) fijnstof in bebouwd gebied.



Figuur 3.10 Veranderingen in de NIW per gebiedstype.

3.3.3 Relaties met omgevingsvariabelen

In een lineair model is het effect van verschillende variabelen op de NIW op meetpunten in Groningen in 2022 getoetst (Tabel 3.1). De mate van lichtinval (%) is positief gecorreleerd met de NIW. Dit kan verklaard worden omdat veel stikstofminnende korstmossen alleen gedijen in goed belichte omstandigheden. Zelfs in een omgeving met een hoge ammoniakdepositie is het aantal stikstofminnende korstmossen op stammen van bosbomen vaak beperkt. Veel soorten korstmossen die meetellen in de indicatiewaarde voor stikstofgevoelige korstmossen (AIW) zijn wel tolerant voor schaduw. De AIW is daarom een goede aanvullende indicatiewaarde om de situatie in natuurgebieden te beoordelen (zie 3.4). Er is geen significante correlatie tussen de NIW en de dichtstbijzijnde veehouderij, afstand tot maisakker en afstand tot wegrand. Het ontbreken van een correlatie tussen de NIW en afstand tot dichtstbijzijnde veehouderij kan duiden op een ruimtelijke vervlakking van de ammoniakemissies. Wel is er een duidelijk verband tussen veehouderijen en AIW (zie 3.4.3)

Tabel 3.1 Uitkomsten van een mixed effects model analyse waarbij de NIW verklaard wordt met de boomomtrek, afstand tot veehouderij, afstand tot maisakker, afstand tot wegrand en licht. Significante effecten zijn vetgedrukt.

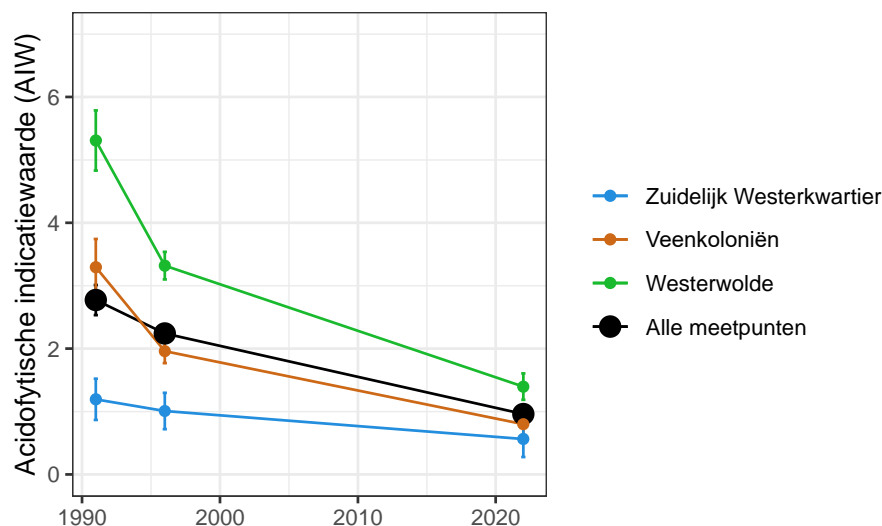
	Est.	SE	P
(Intercept)	2.437	0.949	
Omtrek (dm)	-0.029	0.033	0.386
Afstand tot veehouderij (m)	0.000	0.001	0.573
Afstand tot maisakker (m)	0.000	0.001	0.980
Afstand tot wegrand (dm)	-0.007	0.005	0.188
Lichtinval (%)	0.030	0.008	<0.001

3.4 Acidofyten (AIW)

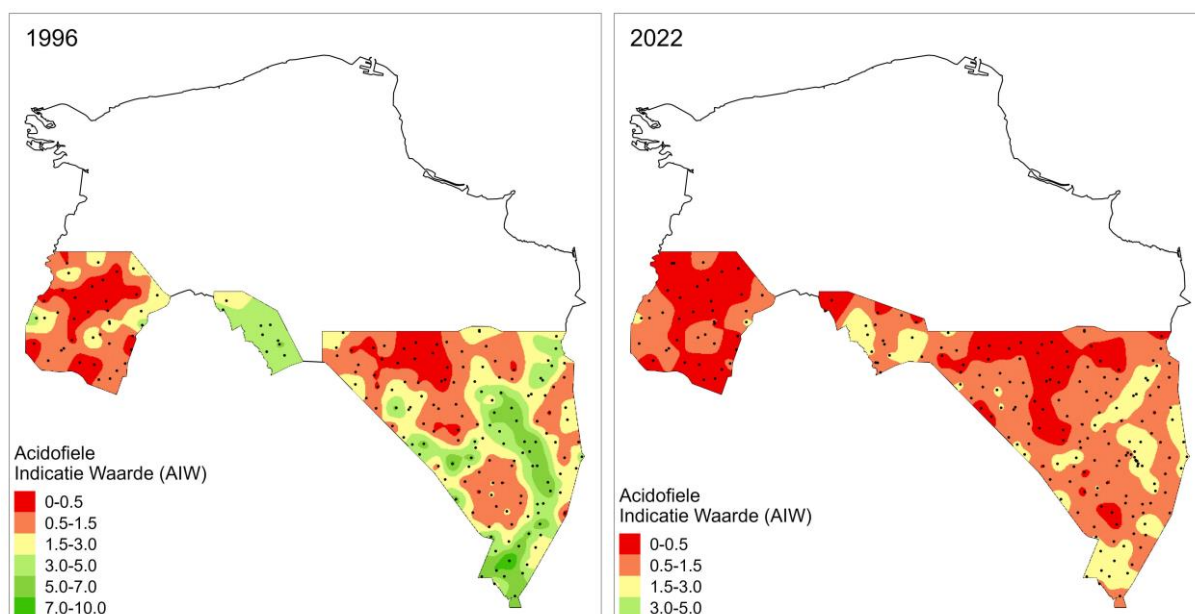
3.4.1 Ruimtelijke veranderingen

De indicatiewaarde voor stikstofgevoelige korstmossen (AIW) is gemiddeld genomen, na al een daling tussen 1991 en 1996, sinds 1996 verder afgenomen (Figuren 3.11-3.13). Vrijwel alle soorten acidofyten gaan achteruit (Bijlage B), en er is vooral een grote afname geweest van Eikenmos (*Evernia prunastri*) en Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*). Beide soorten kwamen vroeger algemeen in Groningen voor, maar worden steeds schaarser. De afname van stikstofgevoelige korstmossen vindt plaats in alle **regio's** (Figuur 3.11). In 1996 kwamen er vooral in het oosten van Groningen nog veel stikstofgevoelige korstmossen voor, maar in 2022 zijn er geen gebieden meer met substantiële hoeveelheden acidofyten (Figuur 3.12). De kaart die de veranderingen weergeeft (Figuur 3.13) is vooral een reflectie van de gebieden waar in 1996 nog veel stikstofgevoelige korstmossen voorkwamen. In veel gebieden in Groningen is de AIW nu op zo'n laag niveau dat de indicatiewaarde niet of nauwelijks verder meer kan dalen.

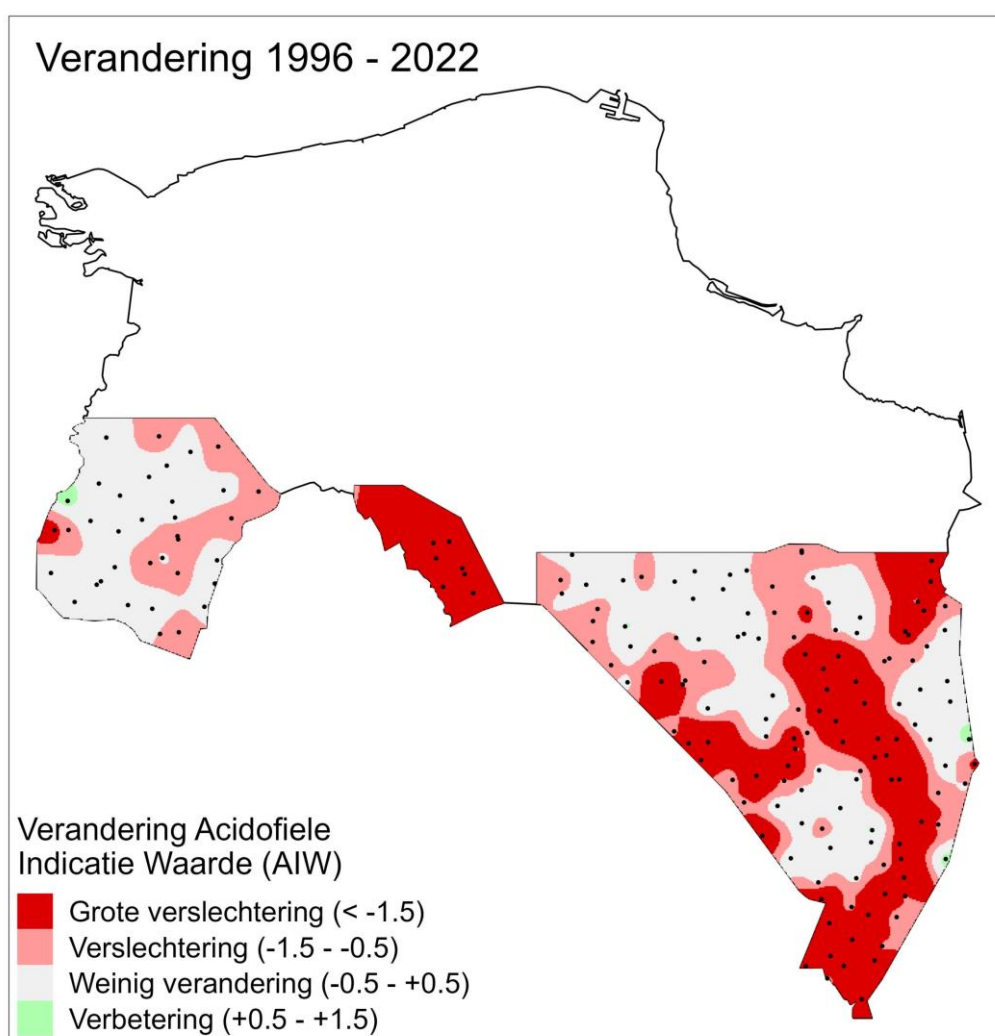
De achteruitgang van stikstofgevoelige korstmossen wordt veroorzaakt door de inwerking van ammoniak (dat basisch is) op de van nature zure en voedselarme schors van eiken. Waarnemingen uit andere provincies suggereren dat zelfs wanneer ammoniakbelasting daalt, stikstofgevoelige soorten korstmossen niet toenemen, wat er op duidt dat ammoniak de zuurgraad en/of voedselbeschikbaarheid van de schors voor een langdurige periode aantast (zie voor een uitgebreidere discussie ook 3.8). De aantasting van de pH en/of stikstofgehalte van boomschors door ammoniak werkt mogelijk cumulatief, waarbij eenmaal aangetaste schors zelfs in een schoon milieu niet zomaar weer geschikt wordt (van Herk, 2019a). Dit betekent dat de AIW indicatiewaarde bij een lager wordende ammoniakbelasting een naijleffect laat zien en dat de AIW pas na langere tijd weer toeneemt bij een lagere ammoniakvervuiling in de lucht, namelijk als er nieuwe schors in een schoon milieu wordt aangemaakt. Dit langdurige effect van ammoniakvervuiling op de boomschors 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.



Figuur 3.11 AIW per regio.



Figuur 3.12 AIW in meetronde 1996 (links) en meetronde 2022 (rechts). Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd.



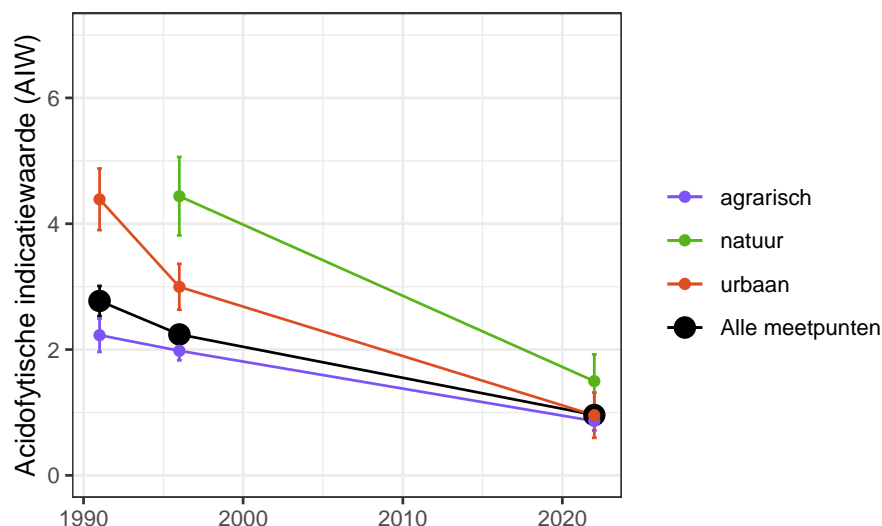
Figuur 3.13 Verandering in de AIW tussen 1996 en 2022. Zwarte stippen geven de locaties van meetpunten aan waarop interpolatie is gebaseerd.



Grote groeiplaatsen van Eikenmos (*Evernia prunastri*) worden in Groningen, net als in de rest van Nederland, steeds zeldzamer.

3.4.2 Veranderingen in gebiedstypen

In alle **gebiedstypen** is de indicatiewaarde voor stikstofgevoelige korstmossen (AIW) afgenomen sinds 1996 (Figuur 3.14). Er is een sterke afname van stikstofgevoelige korstmossen in natuurgebieden. Vroeger kwamen er in natuurgebieden nog veel meer gevoelige soorten korstmossen voor dan in agrarische en bebouwde gebieden, maar dat is nu nauwelijks nog het geval. De effecten van ammoniak op korstmossen zijn in Groningen dus niet beperkt tot bebouwde en agrarische gebieden, maar ammoniak beïnvloedt ook de korstmossen in natuurgebieden.



Figuur 3.14 Veranderingen in de AIW per gebiedstype.

3.4.3 Relaties met omgevingsvariabelen

In een lineair model is het effect van verschillende variabelen op de AIW op meetpunten in Groningen in 2022 getoetst (Tabel 3.2). De omtrek van de boom, de afstand tot veehouderij en lichtinval zijn

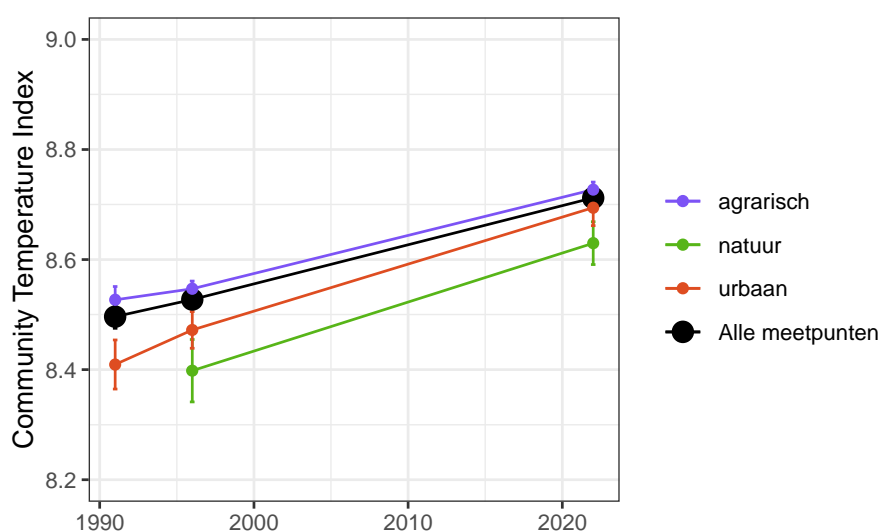
significant positief gecorreleerd met de AIW. Omdat schors van oudere eiken zuurder en voedselarmer is, komen hier van nature meer stikstofgevoelige soorten op voor. Dichtbij veehouderijen komen minder gevoelige korstmossen voor omdat acidofyten als eerste verdwijnen in gebieden dichtbij ammoniakbronnen. Tegenwoordig komen er op meetpunten in bossen meer acidofyten voor dan op meetpunten in een open omgeving. Dit komt door de aanwezigheid van Gewone poederkorst (*Lepraria incana*) en bekermossen (*Cladonia's*) in bosgebieden, korstmossen die goed gedijen op beschaduwde boomstammen.

Tabel 3.2 Uitkomsten van een mixed effects model analyse waarbij de AIW verklaard wordt met de boomomtrek, afstand tot veehouderij, afstand tot maisakker, afstand tot wegrand en lichtinval. Significante effecten zijn vetgedrukt.

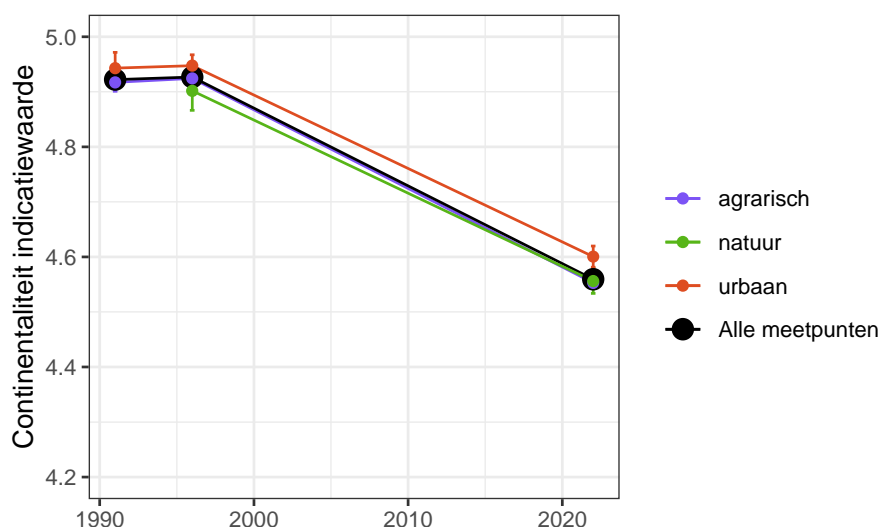
	Est.	SE	P
(Intercept)	-0.233	0.358	
Omtrek (dm)	0.063	0.012	<0.001
Afstand tot veehouderij (m)	0.001	0.000	<0.001
Afstand tot maisakker (m)	0.000	0.000	0.546
Afstand tot wegrand (dm)	0.002	0.002	0.215
Lichtinval (%)	-0.009	0.003	0.002

3.5 Klimaat

Dankzij het meetnet voor epifytische korstmossen in Nederland is al eerder aangetoond dat korstmossen reageren op veranderingen in het klimaat (van Herk et al., 2002). De effecten van klimaatverandering op korstmossen op bomen zijn in Groningen onderzocht door de Community Temperature Index en de gemiddelde ecologische indicatiewaarde voor continentaliteit te berekenen. Hieruit blijkt dat de soortensamenstelling sinds 1996 veranderd is naar relatief meer warmteminnende en meer Atlantische soorten (Figuur 3.15 en Figuur 3.16). De Community Temperature Index is gestegen van 8,53 °C in 1996 naar 8,71 °C in 2022. Deze stijging duidt op toename van zuidelijke soorten en/of afname van noordelijke soorten. Onder andere korstmossen die samenleven met *Trentepohlia* algen zijn door klimaatverandering sterk toegenomen (Aptroot & van Herk, 2007). De toename van Atlantische soorten kan verklaard worden door de relatief warme winters in de afgelopen twee decennia. De effecten van klimaatverandering zijn zichtbaar in alle gebiedstypen.



Figuur 3.15 Verloop van de Community Temperature Index (in graden Celsius) tussen 1991 en 2022 in Groningen.



Figuur 3.16 Verloop van de gemiddelde indicatiewaarden voor continentaliteit tussen 1991 en 2022 in Groningen.

3.6 Effecten van ammoniak in Natura 2000-gebieden

3.6.1 Graadmeters in Natura 2000-gebieden

Uit de interpolatiekaarten zijn de huidige waarden en veranderingen in graadmeters berekend per Natura 2000-gebied (Tabel 3.3). Hierbij moet worden opgemerkt dat meetpunten soms niet in Natura 2000-gebieden liggen (in open gebieden zijn geen bomenrijen voorhanden die als meetpunt gebruikt kunnen worden). In die gevallen zijn de veranderingen in Natura 2000-gebied een reflectie van de veranderingen in de gebieden die direct rond het Natura 2000-gebied liggen, en mag worden aangenomen dat de veranderingen binnen het Natura 2000-gebied dezelfde trend toont. Als bijvoorbeeld stikstofminnende korstmossen direct rond een Natura 2000-gebied zijn afgenomen (wat duidt op een afname van de ammoniakbelasting), is het waarschijnlijk dat ammoniakbelasting binnen het Natura 2000-gebied ook is afgenomen. Wel moet nog opgemerkt worden dat er in 1996 maar weinig meetpunten rond Natura 2000-gebieden lagen, en de veranderingen dus gebaseerd zijn op een beperkte set aan vergelijkingen. Omdat in 2022 meer nieuwe meetpunten zijn uitgezet rond de Natura 2000-gebieden Drentsche Aa, Zuidlaardermeer en Lieftingsbroek kunnen de veranderingen in de toekomst nauwkeurig gevolgd worden.

Uit de huidige meetronde blijkt dat de NIW laag is voor het Drentsche Aa gebied, en gemiddeld voor de andere drie Natura-2000 gebieden. Stikstofminnende korstmossen zijn sinds 1996 rond alle vier Natura 2000-gebieden in het onderzoeksgebied afgenomen. De ammoniakbelasting is echter nog te hoog om een toename van gevoelige korstmossen mogelijk te maken. De AIW is sinds 1996 dan ook achteruit gegaan en komen in en rond alle Natura 2000-gebieden in het onderzoeksgebied weinig meer voor (Tabel 3.3).

Bij het Lieftingsbroek is de NIW op alle vier de herhaalde meetpunten die binnen een afstand van 1,2 km van het Natura 2000-gebied liggen ten opzichte van 1996 met 1 tot 2 punten afgenomen. Er is geen informatie beschikbaar over de verandering binnen de grenzen van het Natura 2000-gebied omdat hier in 1996 geen meetpunt lag. In de meetronde van 2022 zijn er wel drie nieuwe meetpunten uitgezet in het bosgebied in het Natura 2000-gebied. Het betreft hier meetpunten met bosbomen, waardoor de NIW door de hoge mate van beschaduwning al laag is. De meetpunten die direct buiten het Natura 2000-gebied liggen blijven dus ook in de toekomst een belangrijke proxy voor of de verandering van de effecten van ammoniak. Op dunne takken van eiken binnen het Natura 2000-gebied groeien momenteel veel nitrofytische korstmossen, wat er op wijst dat de effecten van ammoniak in het Lieftingsbroek momenteel nog groot zijn.

Tabel 3.3 Gemiddelde waarden van graadmeters in meetronde 2022 en de veranderingen tussen meetronden 1996 en 2022 per Natura 2000-gebied. De gemiddelden zijn berekend door interpolatie tussen meetpunten.

Natura-2000 gebied	Meetronde 2022			Verandering 1996 naar 2022		
	NIW	AIW	AS	NIW	AIW	AS
Drentsche Aa-gebied	0,7	0,9	16,1	-0,6	-2,7	+5,7
Leekstermeergebied	3,1	1,1	33,0	-0,3	-1,0	+13,9
Lieftingsbroek	1,4	1,9	24,6	-1,2	-3,8	+3,4
Zuidlaardermeergebied	3,4	1,3	29,0	-1,0	-3,0	+3,3



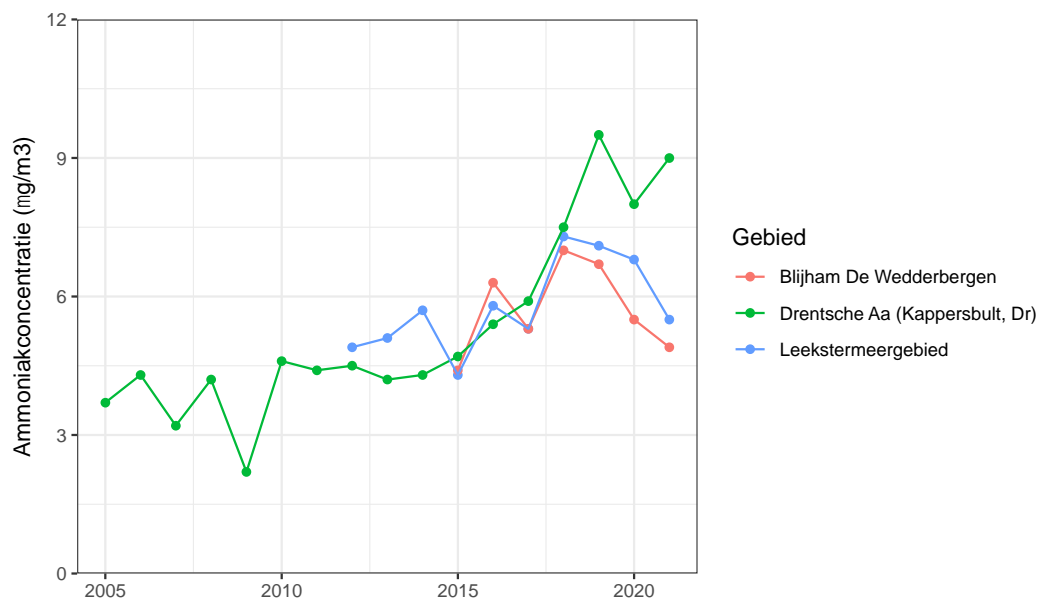
Een nieuw uitgezet meetpunt met bosbomen in het Lieftingsbroek



Op takken van eiken in het Lieftingsbroek groeien nu veel ammoniakminnende korstmossen, zoals Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*) en vingermossen (*Physcia spec.*)

3.6.2 Gemeten ammoniakconcentraties in Natura 2000-gebieden

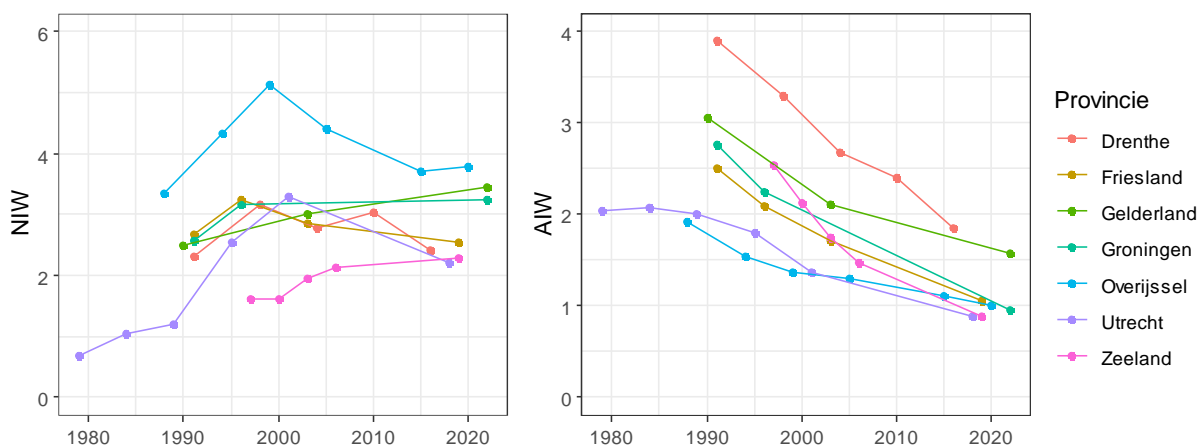
In de provincie Groningen zijn weinig meetpunten van het RIVM-MAN meetnet waar de ammoniakconcentraties al langere tijd gemeten wordt. In het Leekstermeergebied wordt sinds 2012, en in De Wedderbergen sinds 2015 gemeten. Gegevens van de Kappersbult (Drentscha Aa gebied vlakbij de grens met provincie Groningen) laten zien dat de ammoniakconcentraties daar sinds 2015 zijn toegenomen (Figuur 3.17).



Figuur 3.17 Gemeten ammoniakconcentratie in RIVM-MAN gebieden tussen 2005 en 2021. Waarden zijn gebiedsgemiddelden. Waarden voor Leekstermeergebied zijn gebiedsgemiddelden. Meetpunt Kappersbult ligt in het noorden van het Drentsche Aa-gebied, vlakbij de grens met Groningen. Gegevens zijn overgenomen van RIVM (2022).

3.7 Vergelijking met andere provincies

Een vergelijking in de trend van de NIW tussen provincies laat zien dat stikstofminnende korstmossen de afgelopen 25 jaar in de meeste provincies zijn afgenomen, behalve in Gelderland en Groningen licht zijn toegenomen (Figuur 3.18). De trends in de AIW zijn in alle provincies vergelijkbaar: Stikstofgevoelige korstmossen nemen overal op de Nederlandse zandgronden sterk af. De meetreeks in Utrecht laat zien dat er voor 1990 nog niet of nauwelijks sprake was van een achteruitgang van stikstofgevoelige korstmossen. Gekeken naar de NIW en AIW samen kan gesteld worden dat de effecten van ammoniak in Groningen dus relatief meer zijn toegenomen dan in andere provincies. Doordat het meetnet in Groningen maar twee keer volledig is onderzocht, met een lange tussenpoos tussen de laatste twee meetronden, is het onduidelijk of tussen 1996 en 2022 nog een daling of stijging van de NIW heeft plaatsgevonden. Resultaten uit andere provincies die frequenter zijn onderzocht (bijvoorbeeld Overijssel) laten zien dat de NIW binnen enkele jaren kan stijgen en dalen (Figuur 3.18).



Figuur 3.18 Verloop van de NIW en AIW in provincies op de zandgronden waar het meetnet korstmossen en ammoniak wordt uitgevoerd.

Een vergelijking van de huidige situatie in Groningen met die in de buurprovincies laat zien dat de NIW in het Zuidelijk Westerkwartier (NIW = 3,15 in 2022) vergelijkbaar is met die in de Noordelijke Wouden in Friesland (NIW = 3,29 in 2019; van der Kolk et al., 2019), maar duidelijk hoger dan de NIW in Zuidoost-Friesland (NIW = 2,08 in 2019; van der Kolk et al., 2019). De NIW is in de provincie Groningen (NIW = 3,23 in 2022) momenteel ook hoger dan de grensregio in Drenthe (NIW = 2,57 in 2022, op basis van 57 meetpunten die binnen 10 km van de grens met de provincie Groningen liggen; gegevens van van Herk, nog niet gepubliceerd).

3.8 Toekomst voor (zuurminnende) epifytische korstmossen

Zuurminnende epifyten die gevoelig zijn voor ammoniakvervuiling nemen overal in Nederland sterk af, en veel soorten zijn zelfs al grotendeels of helemaal verdwenen uit grote aaneengesloten bosgebieden zoals de Utrechtse Heuvelrug (van Herk et al., 2000; van Herk, 2019a). Ondanks ammoniakreducties die de laatste dertig jaar zijn gerealiseerd zijn er nog nergens signalen dat zuurminnende soorten zich op eikenbomen herstellen. Dit is niet verwonderlijk, omdat de grootste ammoniakreducties hebben plaatsgevonden in gebieden met veel ammoniakuitstoot. De ammoniakconcentraties in de lucht in natuurgebieden is de laatste twintig jaar niet veranderd, of zelfs toegenomen (wellicht deels veroorzaakt door drogere zomers waardoor ammoniak minder snel uit de lucht regent), wat blijkt uit metingen van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden van het RIVM. In grote binnenlandse natuurgebieden zoals de Veluwe, Sallandse Heuvelrug, Drents-Friese Wold, Fochteloërveen en Drentsche Aa liggen de gemiddelde gemeten ammoniakconcentraties de afgelopen jaren boven $3,5 \mu\text{g m}^{-3}$. Op basis van studies uit Groot-Brittannië is met deze ammoniakconcentraties een verlies van zuurminnende korstmossen van meer dan 80% te verwachten, vergeleken met schone condities met ammoniakconcentraties lager dan $0,25 \mu\text{g m}^{-3}$. Een kritische grens voor de ammoniakconcentratie in de lucht kan gezet worden op $1,5 \mu\text{g m}^{-3}$, hoewel er zelfs met deze luchtconcentraties er nog steeds een verlies van >40% aan zuurminnende korstmossen in vergelijking met gebieden zonder enige vervuiling (Sutton et al., 2009). Hoe dan ook is het duidelijk dat de ammoniakconcentraties in de lucht in de Nederlandse binnenlandse natuurgebieden nog veel te hoog zijn voor zuurminnende soorten om zich te herstellen. De laagste ammoniakconcentraties in Nederland worden momenteel gemeten aan de kust, in de Zeeuwse en Hollandse duingebieden en op de Waddeneilanden, en betreffen hier $1,5\text{--}2,5 \mu\text{g m}^{-3}$. Momenteel zijn dit in Nederland ook de enige gebieden waar nieuwe grote populaties van Eikenmos (*Evernia prunastri*) en Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*) voorkomen, vooral op takken van struiken en loofbomen. Dit zijn onder de zuurminnaars relatief ongevoelige soorten die nog enigszins hogere ammoniakconcentraties aankunnen. Voor herstel van gevoeligere soorten, zoals Groot boerenkoolmos (*Platismatia glauca*), moeten de ammoniakconcentraties waarschijnlijk nog verder dalen, tot onder $1 \mu\text{g m}^{-3}$.

Ondanks dat bossen en laanbomen momenteel ongeschikt zijn voor zuurminnende epifyten, zijn de soorten niet definitief uit Nederland verdwenen. Zelfs de meest gevoelige soorten hebben een toevlucht genomen tot dood hout en hardhout, zoals houtstobben, bankjes, rasterpaaltjes en bruggen. Rottend hout en hardhout is erg zuur en blijft lang vochtig, waardoor het een geschikte groeiplaats is voor zuurminnende soorten. Op sommige plekken, vooral in natuurgebieden, komen uiterst gevoelige soorten voor die in Nederland al zo goed als van de bomen verdwenen zijn, zoals Bruin boerenkoolmos (*Tuckermanopsis chlorophylla*), Geel boerenkoolmos (*Vulpicida pinastri*) en Bruin paardenhaarmos (*Bryoria fuscescens*) (bijvoorbeeld Aptroot & van Dort, 2016). Voor de meeste soorten zijn de aantallen die nu op hardhout in Nederland voorkomen echter veel lager dan de aantallen die vroeger op bomen

in bossen voorkwamen. Het feit dat gevoelige soorten zich vaak razendsnel op hout vestigen geeft aan dat verspreiding vooralsnog geen probleem is, en dat herkolonisatie van bomen ook zeker mogelijk is zodra boomschors weer geschikt wordt.

Hoe snel acidofyten op boomschors zullen terugkeren na daling van de ammoniakconcentratie is niet helemaal met zekerheid te zeggen, omdat het onzeker is hoelang de zuurgraad van (oudere) bomen aangetast blijft. Waarschijnlijk kunnen gevoelige soorten pas terugkeren nadat er nieuwe schors met een lage pH in een schoon milieu is teruggegroeid. Zodra de ammoniakconcentratie laag geworden is zullen de eerste signalen van herstel mogelijk zichtbaar zijn op relatief jonge bomen of op jongere takken van oudere bomen van boomsoorten met een zure schors (bijvoorbeeld eiken en berken).

Hoewel zuurminnende soorten van lanen en bossen op zandgronden afnemen, gaat het met veel andere soorten epifytische korstmossen momenteel wel goed. Dit heeft meerdere oorzaken. Sommige soorten herstellen nog steeds van de periode met zure regen, waardoor destijds vrijwel alle epifyten verdwenen (van Dobben, 1990). Daarnaast nemen veel zuidelijke en atlantische soorten toe door klimaatverandering. Tenslotte nemen korstmossen in loofbossen op voedselrijke grond momenteel nemen sterk toe, deels door klimaatverandering maar deels ook door het ouder worden van bossen. De wilgenbossen in de Biesbosch zijn hiervan een uitstekend voorbeeld (van der Pluijm et al., 2022), waar steeds meer soorten korstmossen zich vestigen, waaronder ook soorten die doorgaans vooral in oudere bossen voorkomen. Dezelfde trends zijn zichtbaar in jonge recreatiebossen en parkbossen. Ook in jonge loofbossen in Groningen zijn deze ontwikkelingen waargenomen. De laatste jaren zijn veel zeldzame soorten, waaronder Roze runenkorst (*Phaeographis smithii*), Witte runenkorst (*Phaeographis dendritica*) en Rood schorsvlekje (*Coniocarpon cinnabarinum*), nieuw in de provincie gevonden of na lange tijd weer herontdekt in jonge loofbossen zoals het Bedumerbos, Oosterbos en Vierhuizerbos. Bosaanplanten van bossen met loofbomen als populier, haagbeuk, es, esdoorn en zwarte els zijn dus waardevol voor epifytische korstmossen, en de verwachting is dat met het toenemen van de ouderdom van deze bossen de soortenrijkdom aan korstmossen verder stijgt. Het is hierbij wel belangrijk dat er ruimte is voor het bos om een natuurlijk karakter te ontwikkelen, waarbij omgevallen bomen blijven liggen.

Ondanks dat zuurminnende korstmossen er grotendeels zijn verdwenen, heeft ook het Lieftingsbroek nog belangrijke waarde voor boombewonende korstmossen. Het herbergt oud-bos soorten die in het noorden van Nederland uiterst zeldzaam zijn, zoals Maleboskorst (*Lecanactis abietina*) en Grote runenkorst (*Phaeographis inusta*). Ook is het momenteel de enige plek in Nederland waar Roetkorst (*Reichlingia leopoldii*) voorkomt.

Voor laanbomen geldt dat momenteel de meeste inheemse boomsoorten geschikt zijn als dragers van een soortenrijke begroeiing met mossen en korstmossen. Boomsoorten die geschikt zijn als laanboom zijn zomereiken, lindes, esdoorns, populieren, essen en iepen. Voor eiken geldt dat ze in met ammoniak vervuilde gebieden weliswaar niet geschikt zijn voor zuurminnaars, maar nog wel voor veel andere soorten korstmossen. Essen en populieren zijn boomsoorten met een van nature al wat meer basische schors, en zullen zelfs onder schone omstandigheden niet snel geschikt zijn voor zuurminnende soorten. Wel ontwikkelen er op essen en populieren soms rijke vegetaties met veel mossoorten. Voor korstmossen moeten de stammen van de bomen goed belicht zijn en vrijgehouden worden van struiken en klimop. Dit is al gebruikelijk rond wegen in verband met de verkeersveiligheid. Op andere plekken kan het verwijderen van struiken en klimop rond bomen een conflict geven met andere natuurbelangen (bijvoorbeeld nestplaatsen voor vogels), en moet per locatie een afweging gemaakt worden voor het beheer.

4 Conclusies en aanbevelingen

Lokale verschillen in veranderingen stikstofminnende korstmossen

Het aantal stikstofminnende korstmossen (NIW) op meetpunten in Groningen is gemiddeld genomen vergelijkbaar als in 1996, maar er zijn wel verschuivingen op lokaal niveau en tussen gebiedstypen. In bebouwd gebied is er een duidelijke toename van stikstofminnende korstmossen, terwijl er in natuurgebieden sprake is van een afname. Lokaal zijn stikstofminnende korstmossen sinds 1996 toegenomen rond Leek, rond Grootegast, maar het meest duidelijk rond Musselkanaal en Ter Apel, wat er op duidt dat de effecten van ammoniak in deze gebieden sinds 1996 zijn toegenomen. Daartegenover staat dat stikstofminnende korstmossen afgenomen rond Zevenhuizen en aan de oostgrens rond Sellinger en ten oosten van Veelerveen, wat er op duidt dat de effecten van ammoniak hier minder zijn geworden. In vergelijking met de buurprovincies, zijn de huidige effecten van ammoniak op korstmossen in Groningen vergelijkbaar met de Noordelijke Wouden in Friesland, maar hoger in vergelijking met Zuidoost-Friesland en de Drentse grensregio met Groningen.

Natura 2000-gebieden

Het aantal stikstofminnende korstmossen is in Natura 2000-gebieden laag tot gemiddeld. Het aantal stikstofminnende korstmossen is sinds 1996 afgenomen, wat duidt op een afname van ammoniakbelasting in en rond Natura 2000-gebieden. Wel zijn stikstofgevoelige soorten (AIW) in en rond Natura 2000-gebieden sterk afgenomen, wat er op duidt dat de huidige ammoniakconcentraties in de lucht nog te hoog zijn voor herstel. Een verdere reductie in ammoniakbelasting is nodig om korstmossen die gevoelig zijn voor stikstof een kans op herstel te geven. Uit internationale studies blijkt dat voor herstel de ammoniakconcentraties moeten dalen tot beneden de $1,5 \mu\text{g m}^{-3}$.

Verandering soortenrijkdom

De soortenrijkdom van korstmossen is tussen 1996 en 2022 in alle regio's en in alle gebiedstypen sterk toegenomen, behalve in natuurgebieden waar de soortenrijkdom ongeveer gelijk is gebleven. De toename in soortenrijkdom wordt vooral veroorzaakt door klimaatverandering, waardoor zuidelijke en Atlantische soorten korstmossen zich steeds verder uitbreiden. De veranderingen in gemiddelde indicatiewaarde voor temperatuur en continentaliteit bevestigen het beeld dat klimaat een grote invloed heeft op de soortensamenstelling: De aanwezige korstmossen zijn nu (ten opzichte van 1996) meer kenmerkend voor warmere (hogere indicatiewaarde voor temperatuur) en meer Atlantische (lagere indicatiewaarde voor continentaliteit) milieus. De soortenrijkdom van mossen is sinds 1996 ook iets toegenomen, wat wordt veroorzaakt door een toename van het dominante Gesnaveld klauwtjesmos en toename van mossoorten die matig voedselrijke tot voedselrijke schors prefereren.

Aanbeveling monitoring

Korstmossen reageren binnen enkele jaren op veranderingen in het milieu. Het is daarom aan te bevelen om de monitoring van korstmossen in Groningen in de toekomst met een hogere frequentie door te zetten, door elke vijf jaar een complete meetronde uit te voeren (eerstvolgende volledige meetrondes in 2027 en 2032). Met deze meetfrequenties kunnen veranderingen in ammoniakbelasting in Groningen veel nauwkeuriger gevolgd worden dan tot nu toe gebeurd is. Met grotere intervallen (zoals tussen de meetrondes 1996 en 2022) is het niet goed mogelijk om vast te stellen wanneer bepaalde veranderingen precies hebben plaatsgevonden, en of er tussentijds nog onopgemerkte stijgingen of dalingen van ammoniakeffecten zijn geweest.

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(2), 293-298.
- Aptroot, A. & van Dort, K.W. (2016). Drie boerenkoolmossen op één houten stuw. *Buxbaumiella* 105, 1-3.
- 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(1652), 2743-2748.
- RIVM (2022). Meetresultaten MAN. Geraadpleegd op 1 september 2022. <https://man.rivm.nl>
- Sparrius, L.B., A. Aptroot & C.M. van Herk (2015). Ecologische indicatiewaarden voor korstmossen en een vergelijking met mossen en vaatplanten. *Buxbaumiella* 104, 18-24.
- Sparrius, L. B., G.G van den Top & C.A.M. van Swaay (2018). An approach to calculate a species temperature index for flora based on open data. *Gorteria Dutch Botanical Archives* 40(1), 73-78.
- Sparrius, L.B., H. van der Kolk & C.M. van Herk (2023). Basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst Korstmossen 2022 volgens de Nederlandse en IUCN-criteria. BLWG rapport.
- Sutton, M.A., Wolseley, P.A., Leith, I.D., van Dijk, N., Tang, Y.S., James, P.W., Theobald, M.R. & Whitfield, C. (2009). Estimation of the ammonia critical level for epiphytic lichens based on observations at farm, landscape and national scales. Chapter 6 in: *Atmospheric ammonia: detecting emission changes and environmental impacts*, 71-86.
- van Dobben, H.F. (1990). Effekten van luchtverontreiniging op korstmossen, resultaten van meerjarige studies. *De Levende Natuur* 91, 179-183.
- van Dobben, H.F. (1991). Monitoring van epifytische korstmossen in 1989. Rijksinstituut voor Natuurbeheer. RIN-rapport 91/8.
- van Dobben, H.F. & de Bakker, A.J. (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. (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., A. Aptroot & H.F. van Dobben (2002). Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. *The Lichenologist* 34(2), 141-154.
- van Herk, C.M. (2004). Korstmossen in Gelderland: milieuindicatie, natuurwaarde, veranderingen 1990–2002. *Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON)*.
- van Herk, C.M. (1997). Monitoring van ammoniak met korstmossen in Groningen. LON in opdracht van de provincie Groningen, dienst Ruimte en Milieu. LON rapport, 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., Spier, L., Aptroot, A. & Sparrius, L.B. (2000). Achteruitgang van de korstmossen in het Speulderbos. *De Levende Natuur*, 101(5), 149-153.
- van Herk, C.M. (2017). Monitoring van korstmossen in de provincie Drenthe, 1991 – 2016. Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON).
- van Herk, C.M., A. Aptroot & L.B. Sparrius (2018). *Veldgids korstmossen*. KNNV Uitgeverij.
- 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 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 Kolk, H., L.B. Sparrius & A. Aptroot (2020). Monitoring van ammoniak met korstmossen in Friesland 2019. BLWG rapport 26.
- van der Kolk, H., L.B. Sparrius & C.M. van Herk (2023). Effecten van ammoniak op korstmossen in Gelderland in de periode 1989-2022. BLWG-rapport 31.
- 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.
- Wirth, V. (2010). Ecological indicator values of lichens - enlarged and updated species list. *Herzogia* 23, 229-248.

Bijlage A. Milieutypen meetpunten

Overzicht van milieutypen zoals die aan meetpunten worden toegekend. Niet alle milieutypen komen in elke provincie voor.

Code	Milieutype
WK	wegberm in de bebouwde kom
WB	wegberm in of langs het bos
WL	afscheiding wegberm en weiland
WA	afscheiding wegberm en akker
WH	wegberm in directe omgeving van huis of erf
W5	berm provinciale weg
W4	berm doorgaande verharde weg met gescheiden fietspaden
W3	berm doorgaande verharde weg zonder fietspaden
W2	berm verharde boerenlandweg
W1	berm van een onverharde of doodlopende weg
BW	bosbomen in de nabijheid van een weg
BL	bosbomen langs weiland
BH	bomen bij huis in het bos
B.	bosbomen
Z.	in zandverstuiving, heideveld of open plek in het bos
T.	tuin bij huis
H.	erfbomen bij huis
L.	in of langs weiland
A.	in of langs akker
P.	in park of plantsoen
K.	elders in de bebouwde kom

Bijlage B. Overzicht waargenomen korstmossen en trends

Overzicht van korstmossen die in het meetnet zijn waargenomen en trendberekeningen.

Uitleg van de kolommen in de tabel

Soorteigenschappen:

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

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

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

Meetronde 2022:

Statistieken zijn van alle meetpunten die in 2022 is onderzocht:

n22 = Aantal meetpunten waarin een soort is aangetroffen

k22 = Som van de kwantiteit van de betreffende soort

%22 = Percentage van aantal meetpunten waarin een soort is aangetroffen

Trendberekening 1996-2022:

De trendberekening is gedaan door het voorkomen van soorten in de meetrondes van 1996 en 2022 met elkaar te vergelijken:

verandering (%) = Verschil in percentage aantal meetpunten waarin een soort is aangetroffen tussen de meetrondes 1996 en 2022. Een positief getal betekend dat een soort tussen 1996 en 2022 is toegenomen. Bij deze berekening zijn alleen de meetpunten die in zowel 1996 als 2022 onderzocht zijn geanalyseerd.

P = Significantie van verschil tussen meetronde 1996 en meetronde 2022. Bij het berekenen van de significantie is ook rekening gehouden met de kwantiteit. Soorten die significant zijn toegenomen zijn **groen gearceerd**, soorten die significant zijn afgenomen zijn **rood gearceerd**.

Soorten die met een * gemarkeerd worden zijn niet in alle meetrondes onderscheiden (zie 2.3.1). Van deze soorten wordt alleen het voorkomen in meetronde 2022 gegeven en geen trendberekening. De verzamelsoorten staan als aparte regel vermeldt.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	IW	Meetronde '22			Trendberekening 1996-2022	
					n22	k22	%22	verandering (%)	P
<i>Alyxoria culmigena</i>	Rivierschriftmos	a	TNB		22	36	10.6	+10.6	0.000
<i>Alyxoria varia / viridipruinosa</i>	Kort / Limoenschriftmos	a	TNB		38	74	18.3	+18.3	0.000
<i>Amandinea punctata</i>	Vliegenstrontjesmos	a	TNB		199	833	95.7	-4.3	0.004
<i>Anisomeridium biforme</i>	Stinzenkorst	z	TNB		13	22	6.3	+6.3	0.000
<i>Anisomeridium polypori</i>	Schoorsteentje	a	TNB		8	15	3.8	+3.9	0.006
<i>Arthonia atra</i>	Zwart schriftmos	a	TNB		18	33	8.7	+7.8	0.000
<i>Arthonia didyma</i>	Beukenvlekje	zz	TNB		1	2	0.5	+0.5	0.337
<i>Arthonia radiata</i>	Amoebekorst	a	TNB		65	133	31.3	+19.5	0.000
<i>Arthonia spadicea</i>	Inktspatkorst	a	TNB		74	223	35.6	+35.6	0.000
<i>Athallia cerinella</i>	Klein boomzonnetje	z	TNB		2	3	1.0	+1.0	0.174
<i>Athallia cerinelloides</i>	Geel boomzonnetje	zz	TNB		4	7	1.9	+1.9	0.054
<i>Athallia holocarpa</i>	Muurzonnetje	a	TNB	N	15	29	7.2	+5.7	0.006
<i>Bacidina adastrata</i>	Fijne knoopjeskorst	a	TNB		107	244	51.4	+23.9	0.000
<i>Bacidina spec.</i>	Knoopjeskorst onbekend	zz			5	11	2.4	+2.4	0.031
<i>Blastenia ferruginea</i>	Rood boomzonnetje	zzz	GE	N	1	2	0.5	0.0	1.000
<i>Bryoria fuscescens</i>	Bruin paardenhaarmos	zzz	EB	A	0	0	0.0	-0.5	0.299
<i>Buellia griseovirens</i>	Grijsgroene stofkorst	a	TNB		136	442	65.4	+11.3	0.002
<i>Buellia schaeereri</i>	Klein strontjesmos	zzz	GE		3	7	1.4	+1.4	0.095
<i>Calicium viride</i>	Groen boomspijkertje	z	TNB		6	12	2.9	+1.8	0.189
<i>Caloplaca obscurella</i>	Gewone kraterkorst	a	TNB		93	235	44.7	+44.7	0.000
<i>Candelaria concolor s.l.</i>	Vals dooiermos	a	TNB		158	497	76.0	+73.4	0.000
<i>Candelariella aurella</i>	Kleine geelkorst	a	TNB	N	3	3	1.4	+0.4	0.719
<i>Candelariella reflexa</i>	Poedergeelkorst	a	TNB	N	185	689	88.9	+66.9	0.000
<i>Candelariella vitellina</i>	Grove geelkorst	a	TNB	N	116	345	55.8	+19.6	0.000
<i>Candelariella xanthostigma</i>	Fijne geelkorst	a	TNB	N	150	453	72.1	+68.2	0.000
<i>Catillaria fungoides</i>	Steriele rookkorst	zz	TNB		4	10	1.9	+1.9	0.054
<i>Catillaria nigroclavata</i>	Boomrookkorst	a	TNB		141	513	67.8	+67.8	0.000
<i>Chaenotheca chlorella</i>	Klein schorssteeltje	zz	TNB		3	8	1.4	+1.4	0.095
<i>Chaenotheca chryscephala</i>	Geel schorssteeltje	zz	TNB		2	4	1.0	+1.0	0.174
<i>Chaenotheca ferruginea</i>	Roestbruin schorssteeltje	z	TNB	A	5	8	2.4	-2.0	0.135
<i>Chaenotheca trichialis</i>	Grijs schorssteeltje	a	TNB		11	27	5.3	+2.7	0.047
<i>Chrysothrix candelaris</i>	Gele poederkorst	zz	TNB		2	5	1.0	+1.0	0.174
<i>Cladonia caespiticia</i>	Greppelblaadje	z	TNB	A	2	4	1.0	0.0	1.000
<i>Cladonia chlorophaea</i>	Fijn bekermos	a	TNB	A	16	34	7.7	-9.0	0.000
<i>Cladonia coniocraea</i>	Smal bekermos	a	TNB	A	2	4	1.0	-0.6	0.315
<i>Cladonia fimbriata</i>	Kopjes-bekermos	a	TNB	A	35	81	16.8	+16.8	0.000
<i>Cladonia furcata</i>	Gevorkt heidestaartje	a	TNB		1	2	0.5	0.0	1.000
<i>Cladonia humilis</i>	Frietzak-bekermos	a	TNB		1	4	0.5	0.0	1.000
<i>Cladonia macilenta</i>	Dove heidelucifer	a	TNB	A	0	0	0.0	-0.5	0.299
<i>Cladonia spec.</i>	Heidestaartje en Bekermos	a		A	9	17	4.3	+4.3	0.004
<i>Cliostomum griffithii</i>	Gespikkelde witkorst	a	TNB		36	80	17.3	+11.4	0.000
<i>Coenogonium pineti</i>	Valse knoopjeskorst	a	TNB		31	62	14.9	+14.9	0.000
<i>Dendrographa decolorans</i>	Purperkring	a	TNB		30	93	14.4	+11.5	0.000
<i>Diploicia canescens</i>	Kauwgommos	a	TNB		35	56	16.8	+15.9	0.000
<i>Enterographa crassa</i>	Grauwe runenkorst	zz	TNB		1	2	0.5	+0.5	0.337
<i>Evernia prunastri</i>	Eikenmos	a	TNB	A	75	233	36.1	-29.8	0.000
<i>Flavoparmelia caperata</i>	Bosschildmos	a	TNB		47	79	22.6	+14.9	0.000
<i>Flavoparmelia soredians</i>	Groen boomschildmos	a	TNB		48	105	23.1	+14.6	0.000
<i>Flavoplaca flavocitrina</i>	Valse citroenkorst	a	TNB		1	3	0.5	0.0	0.955
<i>Fuscidea pusilla</i>	Groene suikerkorst	zz	TNB		3	5	1.4	+1.4	0.095
<i>Haematomma ochroleucum</i>	Witgerande stofkorst	a	TNB		29	92	13.9	+4.2	0.028
<i>Halecania viridescens</i>	Porseleinkorst	z	TNB		76	178	36.5	+36.5	0.000
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	Dun schaduwmos	a	TNB		175	639	84.1	+83.1	0.000
<i>Hypocnomyce scalaris</i>	Gewoon schubjesmos	z	KW	A	5	11	2.4	-11.0	0.000
<i>Hypogymnia physodes</i>	Gewoon schorsmos	a	GE	A	14	33	6.7	-53.5	0.000
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Witkopschorsmos	a	GE	A	8	23	3.8	-15.5	0.000
<i>Hypotrachyna revoluta s.l.</i>	Gebogen schildmos	a	TNB		35	77	16.8	+1.5	0.650
<i>Jamesiella anastomosans</i>	Aspergekorst	a	TNB		7	9	3.4	+3.4	0.010
<i>Lecanactis abietina</i>	Maleboskorst	zz	TNB		3	9	1.4	0.0	1.000

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	IW	Meetronde '22			Trendberekening 1996-2022	
					n22	k22	%22	verandering (%)	P
<i>Lecania cyrtella</i>	Boomglimschotelkje	a	TNB		7	9	3.4	+3.4	0.010
<i>Lecania erysibe</i>	Stofglimschotelkje	a	TNB		1	2	0.5	+0.5	0.337
<i>Lecania naegeli</i>	Rookglimschotelkje	a	TNB		1	1	0.5	+0.5	0.337
<i>Lecanora aitema</i>	Dennenschotelkorst	zz	BE	A	0	0	0.0	-3.1	0.010
<i>Lecanora argentata</i>	Bosschotelkorst	zz	TNB		5	8	2.4	+1.5	0.212
<i>Lecanora barkmaniana</i>	Ammoniakschotelkorst	a	TNB		123	354	59.1	+57.1	0.000
<i>Lecanora carpinea</i>	Melige schotelkorst	a	TNB		117	289	56.3	-0.7	0.853
<i>Lecanora chlarotera</i>	Witte schotelkorst	a	TNB		206	1005	99.0	+17.3	0.000
<i>Lecanora compallens*</i>	Miskende schotelkorst	a	TNB		146	467	70.2		
<i>Lecanora expallens*</i>	Bleekgroene schotelkorst	a	TNB		207	1009	99.5		
<i>Lecanora compallens / expallens</i>	Miskende / Bleekgroene schotelkorst				207	1017	99.5	0.0	0.955
<i>Lecanora confusa</i>	Twijgshotelkorst	zz	TNB		2	2	1.0	+1.0	0.174
<i>Lecanora conizaeoides</i>	Groene schotelkorst	z	KW	A	2	2	1.0	-34.5	0.000
<i>Lecanora dispersa</i>	Verborgen schotelkorst	a	TNB	N	31	73	14.9	+2.2	0.457
<i>Lecanora hagenii</i>	Kleine schotelkorst	a	TNB	N	93	204	44.7	+32.2	0.000
<i>Lecanora horiza</i>	Donkere schotelkorst	a	TNB		5	7	2.4	+0.3	0.830
<i>Lecanora hybocarpa</i>	Beukenschotelkorst	zzz	GE		1	2	0.5	+0.5	0.337
<i>Lecanora muralis</i>	Muurschotelkorst	a	TNB	N	4	5	1.9	+1.4	0.208
<i>Lecanora pulicaris</i>	Eikenschotelkorst	z	TNB	A	14	27	6.7	-20.8	0.000
<i>Lecanora saligna</i>	Houtschotelkorst	a	TNB		0	0	0.0	-14.1	0.000
<i>Lecanora sinuosa</i>	Bochtige schotelkorst	z	TNB		13	23	6.3	+6.3	0.000
<i>Lecanora subcarpinea</i>	Berijpte schotelkorst	zz	TNB		2	2	1.0	-1.1	0.280
<i>Lecanora symmicta</i>	Bolle schotelkorst	a	TNB		25	44	12.0	-43.2	0.000
<i>Lecidella elaeochroma</i>	Gewoon purperschaaltje	a	TNB		204	1030	98.1	+25.2	0.000
<i>Lecidella flavosorediata</i>	Fijne mosterdkorst	a	TNB		62	135	29.8	+17.6	0.000
<i>Lecidella scabra</i>	Grijsgroene steenkorst	a	TNB		53	119	25.5	+21.9	0.000
<i>Lepraria finkii</i>	Gelobde poederkorst	a	TNB		14	40	6.7	+6.7	0.004
<i>Lepraria incana</i>	Gewone poederkorst	a	TNB	A	178	755	85.6	+26.5	0.000
<i>Lepraria rigidula</i>	Grove poederkorst	z	TNB		12	25	5.8	+5.8	0.001
<i>Lepraria umbricola</i>	Boomvoetpoederkorst	zz	TNB		1	3	0.5	0.0	1.000
<i>Melanelixia glabrata</i>	Glanzend boomschildmos	a	TNB		27	56	13.0	+11.3	0.000
<i>Melanelixia subaurifera</i>	Verstop-schildmos	a	TNB		121	339	58.2	-15.7	0.001
<i>Melanohalea elegantula</i>	Sierlijk schildmos	a	TNB		14	29	6.7	+4.7	0.017
<i>Melanohalea exasperatula</i>	Lepelschildmos	a	TNB		44	126	21.2	+6.6	0.043
<i>Melanohalea laciniatula</i>	Lobjesschildmos	z	TNB		10	24	4.8	-0.8	0.668
<i>Micarea denigrata</i>	Vulkaanoogje	a	TNB		1	2	0.5	-0.6	0.517
<i>Micarea micrococca</i>	Bosoogje	z	TNB		4	12	1.9	0.0	1.000
<i>Micarea nitschkeana</i>	Takkenoogje	zzz	KW		1	1	0.5	-21.9	0.000
<i>Normandina pulchella</i>	Hamsteroortje	a	TNB		2	4	1.0	+1.0	0.174
<i>Ochrolechia androgyna</i>	Gewone tandpastakorst	z	KW		7	21	3.4	-3.8	0.041
<i>Ochrolechia microstictoides</i>	Bostandpastakorst	zzz	BE	A	0	0	0.0	-0.5	0.299
<i>Ochrolechia turneri</i>	Valse kringkorst	zz	BE		5	7	2.4	+2.4	0.031
<i>Opegrapha niveoatra</i>	Klein schriftmos	a	TNB		40	120	19.2	+19.2	0.000
<i>Opegrapha vermicellifera</i>	Gestippeld schriftmos	z	TNB		6	14	2.9	+2.9	0.018
<i>Opegrapha vulgata</i>	Wit schriftmos	z	TNB		1	3	0.5	+0.5	0.337
<i>Pachnolepia pruinata</i>	Aspirinekorst	zz	TNB		1	6	0.5	0.0	1.000
<i>Parmelia saxatilis</i>	Blauwgrijs steenschildmos	a	TNB	A	6	14	2.9	+0.4	0.780
<i>Parmelia sulcata</i>	Gewoon schildmos	a	TNB		159	590	76.4	-13.9	0.000
<i>Parmelina tiliacea</i>	Lindeschildmos	z	TNB		0	0	0.0	0.0	1.000
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Avocadomos	zz	TNB	A	1	1	0.5	-0.6	0.517
<i>Parmotrema perlatum</i>	Groot schildmos	a	TNB		37	70	17.8	+17.3	0.000
<i>Pertusaria albescens</i>	Witte kringkorst	z	TNB		14	33	6.7	-2.2	0.055
<i>Pertusaria amara</i>	Ananaskorst	z	KW		7	15	3.4	-0.2	0.898
<i>Pertusaria coccodes</i>	Bleek speldenkussentje	z	TNB		14	39	6.7	-0.8	0.641
<i>Pertusaria leioplaca</i>	Glad speldenkussentje	zz	TNB		1	1	0.5	+0.5	0.337
<i>Pertusaria pertusa</i>	Gewoon speldenkussentje	z	TNB		8	24	3.8	0.0	0.962
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	Klein schaduwmos	a	TNB	N	7	11	3.4	+3.0	0.018
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Rond schaduwmos	a	TNB	N	75	182	36.1	+20.8	0.000
<i>Phlyctis argena</i>	Lichtvlekje	a	TNB		39	115	18.8	+4.5	0.021

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	IW	Meetronde '22			Trendberekening 1996-2022	
					n22	k22	%22	verandering (%)	P
<i>Physcia adscendens</i>	Kapjesvingermos	a	TNB	N	126	421	60.6	+5.0	0.286
<i>Physcia caesia</i>	Stoeprandvingermos	a	TNB	N	66	191	31.7	-6.3	0.107
<i>Physcia clementei</i>	Isidius vingermos	z	TNB		2	3	1.0	+1.0	0.174
<i>Physcia dubia</i>	Bleek vingermos	a	TNB	N	17	31	8.2	-3.0	0.235
<i>Physcia tenella</i>	Heksenvingermos	a	TNB	N	165	643	79.3	-16.4	0.000
<i>Physcia tribacioides</i>	Witkopvingermos	zz	TNB		1	1	0.5	+0.5	0.337
<i>Physconia enteroxantha</i>	Donker rijpmos	z	TNB		0	0	0.0	-1.6	0.071
<i>Physconia grisea</i>	Grauw rijpmos	a	TNB		93	271	44.7	+40.6	0.000
<i>Physconia perisidiosa</i>	Duinrijpmos	zzz	TNB		1	1	0.5	+0.5	0.337
<i>Placynthiella icmalea</i>	Bruine veenkorst	a	TNB	A	2	2	1.0	-7.9	0.000
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	Olijf-schildmos	a	TNB		28	74	13.5	-6.3	0.006
<i>Polycauliona candelaria</i>	Kroezig dooiermos	a	TNB	N	54	133	26.0	-31.8	0.000
<i>Polycauliona phlogina</i>	Boomcitroenkorst	z	TNB	N	2	6	1.0	+0.4	0.611
<i>Polycauliona polycarpa</i>	Klein dooiermos	a	TNB	N	131	323	63.0	-34.8	0.000
<i>Porina aenea</i>	Schors-olievlekje	a	TNB		1	3	0.5	+0.5	0.337
<i>Protoparmelia hypotremella</i>	Grijze spijkerdrager	zz	KW		5	11	2.4	-1.2	0.359
<i>Protoparmelia oleagina</i>	Bruine spijkerdrager	zz	BE	A	8	23	3.8	-3.8	0.006
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Purper geweimos	z	KW	A	3	6	1.4	-15.2	0.000
<i>Pseudoschismatomma rufescens</i>	Verzonken schriftmos	a	TNB		201	1012	96.6	+96.1	0.000
<i>Psilolechia lucida</i>	UV-mos	a	TNB		1	3	0.5	-1.6	0.071
<i>Punctelia borrieri</i>	Witstippelschildmos	a	TNB		16	34	7.7	+6.1	0.003
<i>Punctelia jeckeri*</i>	Rijpschildmos	a	TNB		26	67	12.5		
<i>Punctelia subrudecta*</i>	Gestippeld schildmos	a	TNB		117	342	56.3		
<i>Punctelia subrudecta / jeckeri</i>	Rijp / Gestippeld schildmos				119	348	57.2	+13.1	0.004
<i>Pyrrhospora querneae</i>	Grove mosterdkorst	a	TNB		60	163	28.8	+11.8	0.000
<i>Ramalina canariensis</i>	Breed takmos	zz	TNB		0	0	0.0	-0.5	0.299
<i>Ramalina farinacea</i>	Melig takmos	a	TNB		109	333	52.4	-11.7	0.009
<i>Ramalina fastigiata</i>	Trompettakmos	a	TNB		32	83	15.4	-12.9	0.000
<i>Ramalina fraxinea</i>	Groot takmos	zz	BE		1	1	0.5	0.0	0.955
<i>Reichlingia leopoldii</i>	Roetkorst	zzz	GE		1	2	0.5	0.0	1.000
<i>Rinodina oleae</i>	Donkerbruine schotelkorst	a	TNB	N	4	9	1.9	+1.4	0.208
<i>Rinodina pityrea</i>	Blauwe mosterdkorst	z	TNB		1	3	0.5	+0.5	0.337
<i>Scoliciosporum gallurae</i>	Groene spiraalkorst	zzz	GE		1	1	0.5	0.0	1.000
<i>Sphinctrina anglica</i>	Dikke knotsspijker	zzz	TNB		1	3	0.5	0.0	1.000
<i>Strangospora pinicola</i>	Gewoon muggenstrontjesmos	zz	TNB		19	39	9.1	-2.5	0.364
<i>Trapeliopsis granulosa</i>	Lichte veenkorst	a	TNB	A	2	3	1.0	-13.6	0.000
<i>Tuckermanopsis chlorophylla</i>	Bruin boerenkoolmos	zzz	EB	A	0	0	0.0	-2.1	0.037
<i>Usnea spec.</i>	Baardmos onbekend	z	TNB	A	0	0	0.0	-4.2	0.003
<i>Usnea subfloridana</i>	Gewoon baardmos	zz	BE	A	0	0	0.0	-1.6	0.071
<i>Violella fucata</i>	Trilzwamkorst	zz	BE		0	0	0.0	-0.5	0.299
<i>Xanthoria calcicola</i>	Oranje dooiermos	a	TNB	N	35	81	16.8	+14.9	0.000
<i>Xanthoria parietina</i>	Groot dooiermos	a	TNB	N	206	935	99.0	+15.2	0.000

Bijlage C. Overzicht waargenomen mossen en trends

Overzicht van mossen die in het meetnet zijn waargenomen en trendberekeningen. Zie Bijlage B voor de uitleg van de betekenis van de verschillende kolommen.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Z	RL	Meetronde 2022			Trendberekening 1996-2022	
				n22	k22	%22	verandering (%)	P
<i>Atrichum undulatum</i>	Groot rimpelmos	a	TNB	2	2	1.0	+0.4	0.611
<i>Aulacomnium androgynum</i>	Gewoon knopjesmos	a	TNB	0	0	0.0	-0.5	0.299
<i>Brachythecium rutabulum</i>	Gewoon dikkopmos	a	TNB	46	98	22.1	+13.0	0.000
<i>Bryum argenteum</i>	Zilvermos	a	TNB	1	2	0.5	+0.5	0.337
<i>Bryum capillare</i>	Gedraaid knikmos	a	TNB	2	3	1.0	-0.1	0.936
<i>Bryum spec.</i>	Knikmos onbekend	a		14	34	6.7	+6.7	0.000
<i>Campylopus introflexus</i>	Grijs kronkelsteeltje	a	E	2	3	1.0	-0.6	0.590
<i>Ceratodon purpureus</i>	Gewoon purpersteeltje	a	TNB	16	31	7.7	-4.3	0.134
<i>Cololejeunea minutissima</i>	Dwergwratjesmos	a	TNB	1	1	0.5	0.0	1.000
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	Gewoon sikkelsterretje	a	TNB	78	200	37.5	-1.6	0.704
<i>Dicranum scoparium</i>	Gewoon gaffeltandmos	a	TNB	1	2	0.5	0.0	1.000
<i>Frullania dilatata</i>	Helmroestmos	a	TNB	17	35	8.2	+5.9	0.005
<i>Grimmia pulvinata</i>	Gewoon muisjesmos	a	TNB	33	67	15.9	+14.3	0.000
<i>Homalothecium sericeum</i>	Gewoon zijdemos	a	TNB	1	1	0.5	+0.5	0.337
<i>Hypnum cupressiforme</i>	Gesnaveld klauwtjesmos	a	TNB	185	752	88.9	+46.2	0.000
<i>Isoetecium myosuroides</i>	Knikkend palmpjesmos	a	TNB	1	4	0.5	0.0	1.000
<i>Kindbergia praelonga</i>	Fijn laddermos	a	TNB	18	42	8.7	-5.3	0.054
<i>Lophocolea heterophylla</i>	Gedrongen kantmos	a	TNB	0	0	0.0	-2.6	0.019
<i>Metzgeria furcata</i>	Bleek boomvorkje	a	TNB	2	5	1.0	+1.0	0.174
<i>Mnium hornum</i>	Gewoon sterrenmos	a	TNB	3	13	1.4	-0.2	0.766
<i>Orthotrichum affine</i>	Gewone haarmuts	a	TNB	77	209	37.0	+35.5	0.000
<i>Orthotrichum diaphanum</i>	Grijze haarmuts	a	TNB	16	26	7.7	+6.1	0.004
<i>Orthotrichum lyellii</i>	Broedhaarmuts	a	TNB	8	13	3.8	+3.9	0.006
<i>Orthotrichum spec.</i>	Haarmuts onbekend	a		1	1	0.5	0.0	1.000
<i>Orthotrichum striatum</i>	Gladde haarmuts	a	TNB	1	1	0.5	0.0	1.000
<i>Plagiothecium laetum</i>	Krom platmos	a	TNB	1	2	0.5	0.0	1.000
<i>Polytrichum formosum</i>	Fraai haarmos	a	TNB	3	3	1.4	+0.9	0.356
<i>Pseudoscleropodium purum</i>	Groot laddermos	a	TNB	4	7	1.9	+0.9	0.470
<i>Rhynchostegium confertum</i>	Boomsnavelmos	a	TNB	0	0	0.0	-0.5	0.299
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	Gewoon haakmos	a	TNB	0	0	0.0	-0.5	0.299
<i>Syntrichia papillosa</i>	Knikkersterretje	a	TNB	22	43	10.6	+10.6	0.000
<i>Syntrichia ruralis</i>	Duinsterretje	a	TNB	1	1	0.5	+0.5	0.337
<i>Ulota phyllantha</i>	Broedkroesmos	a	TNB	1	3	0.5	+0.5	0.337
<i>Ulota spec.</i>	Kroesmos onbekend	a		5	7	2.4	2.4	0.031
<i>Zygodon conoideus</i>	Staafjesiepenmos	a	TNB	1	3	0.5	0.0	1.000

Bijlage D. Soortkaarten korstmossen

Soortkaarten worden alleen gegeven voor de complete meetrondes 1996 en 2022 en alleen voor soorten die in deze meetrondes samen minimaal 10 keer zijn waargenomen.

De kwantiteit is tussen meetpunten geïnterpoleerd op dezelfde manier als gedaan is voor graadmeters (zie 2.5.2).

In de grafiek rechts is per meetronde de gemiddelde kwantiteit weergegeven, waarbij alle meetpunten meetellen, zowel meetpunten waarin een soort wel is aangetroffen (kwantiteit 1-6) als niet is aangetroffen (kwantiteit 0). De kwantiteiten van alle individuele meetpunten zijn in de grafiek weergegeven als lichtgrijze kleine punten. Bovenaan in de grafiek is aangegeven of de kwantiteit veranderd is tussen meetrondes:

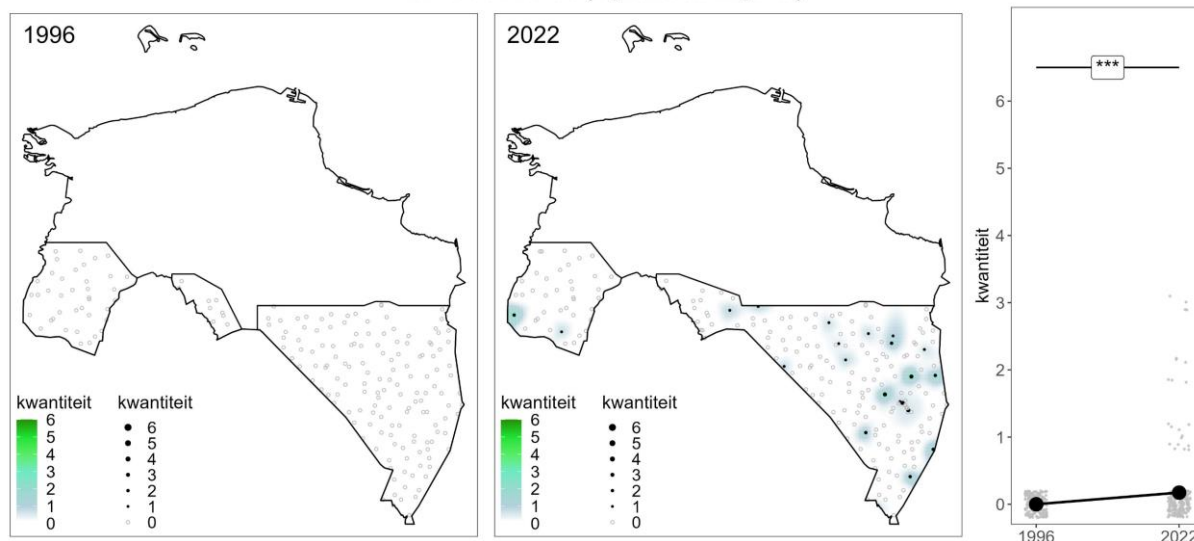
ns: niet significante verandering ($P > 0.05$)

*: significante verandering ($0.05 > P > 0.01$)

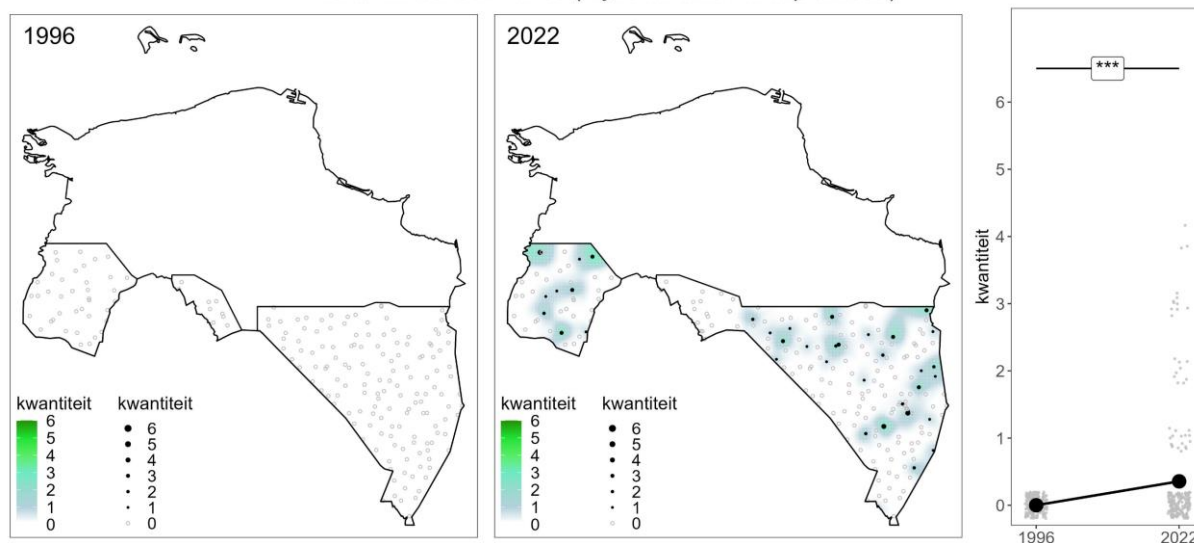
**: significante verandering ($0.01 > P > 0.001$)

***: significante verandering ($0.001 > P$)

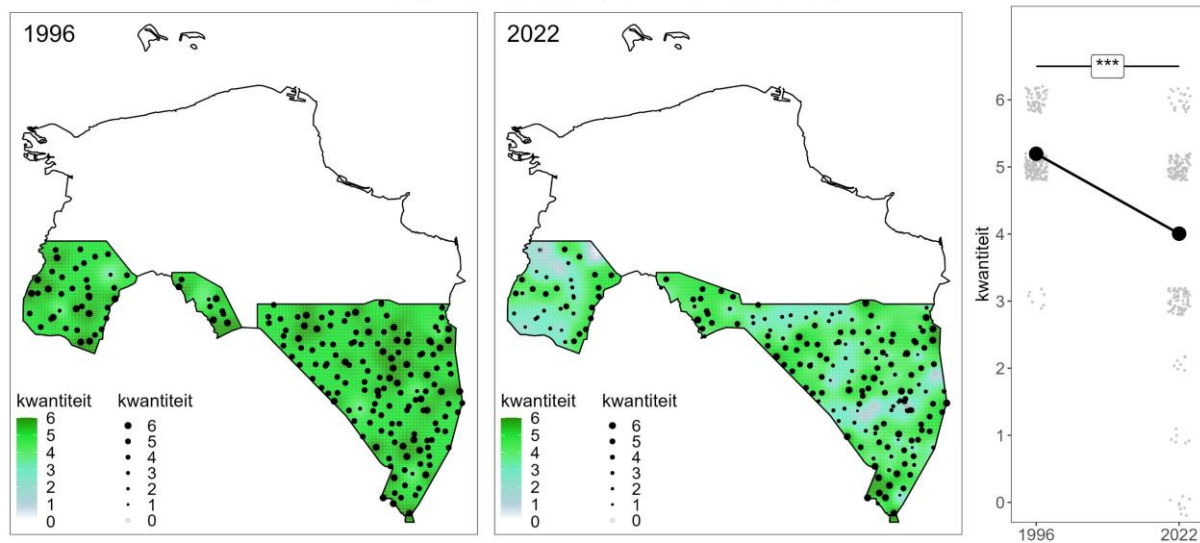
Rivierschriftmos (*Alyxoria culmigena*)



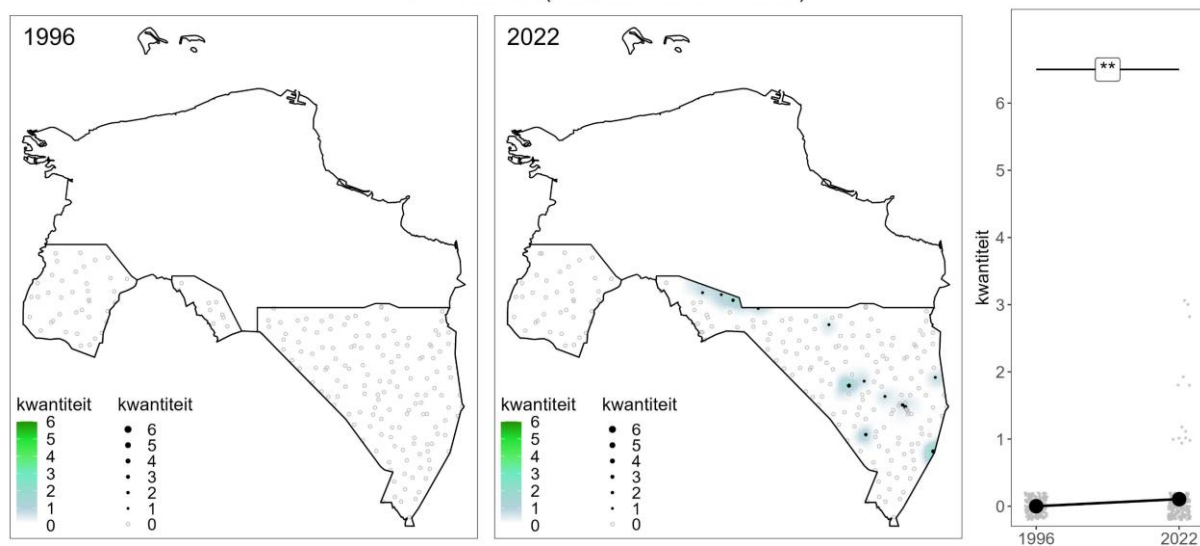
Kort / Limoenschriftmos (*Alyxoria varia* / *viridipruinosa*)



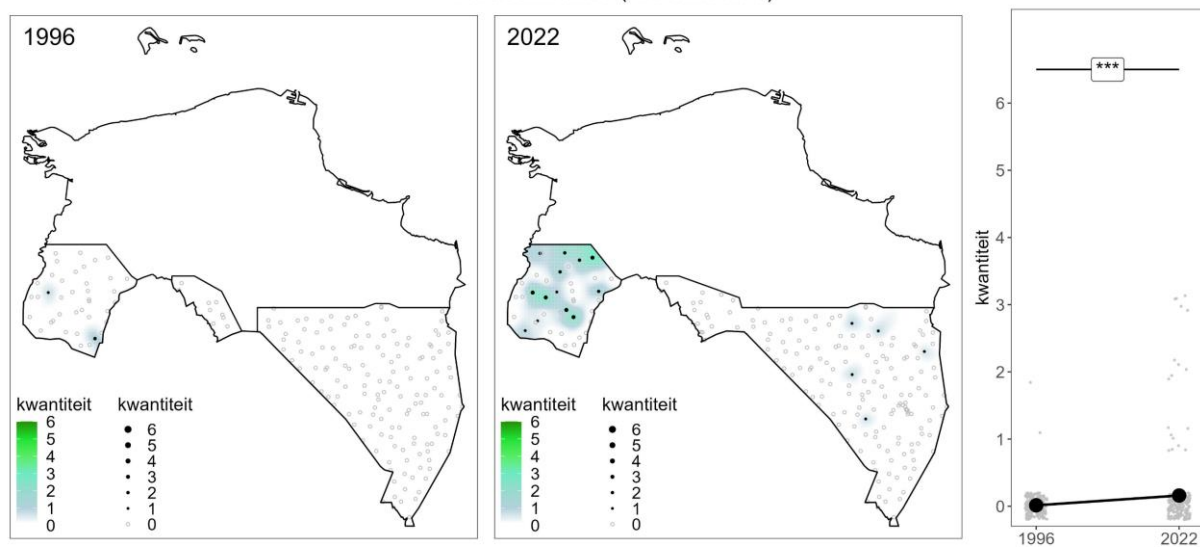
Vliegenstrontjesmos (*Amandinea punctata*)



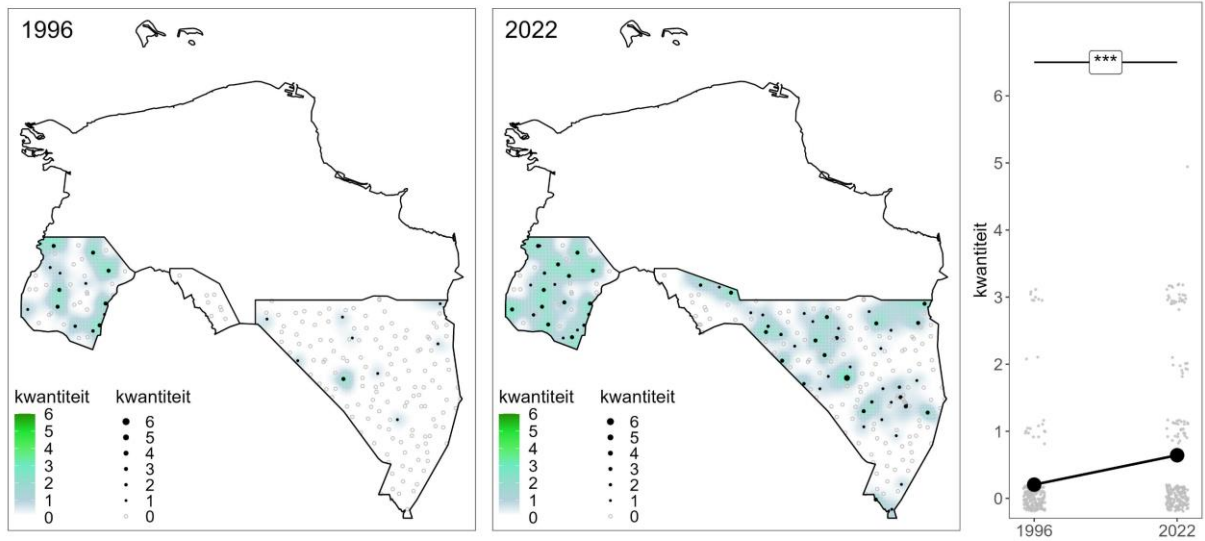
Stinzenkorst (*Anisomeridium bifforme*)



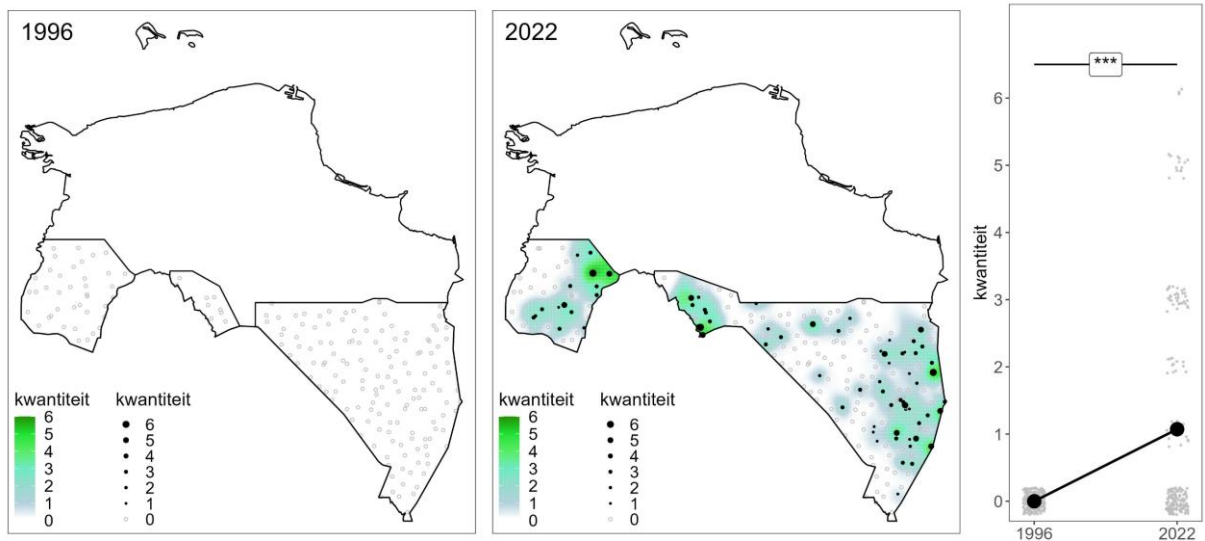
Zwart schriftmos (*Arthonia atra*)



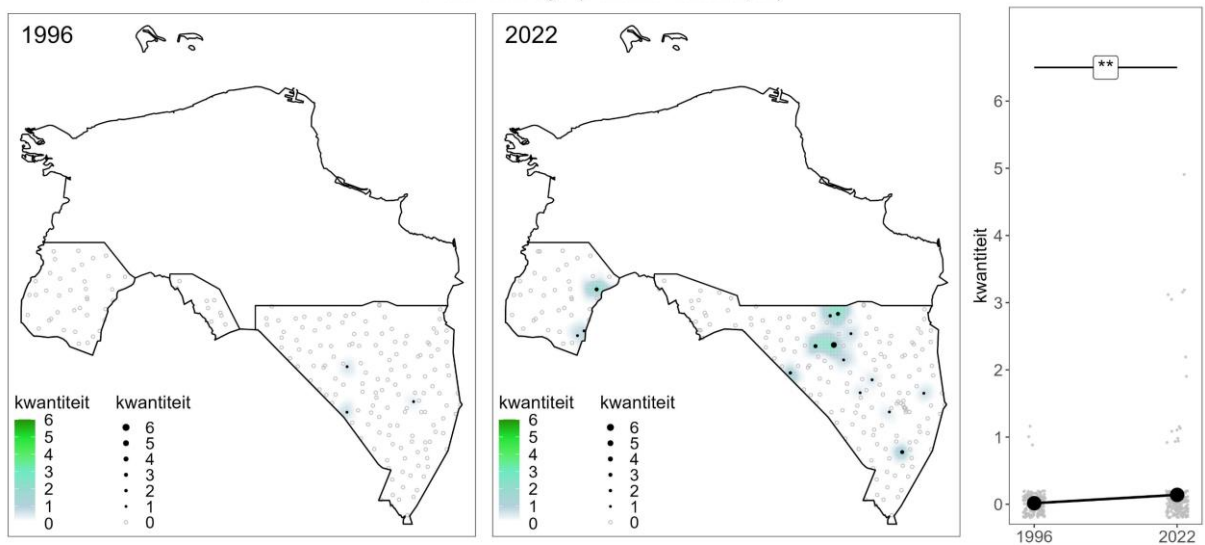
Amoebekorst (*Arthonia radiata*)



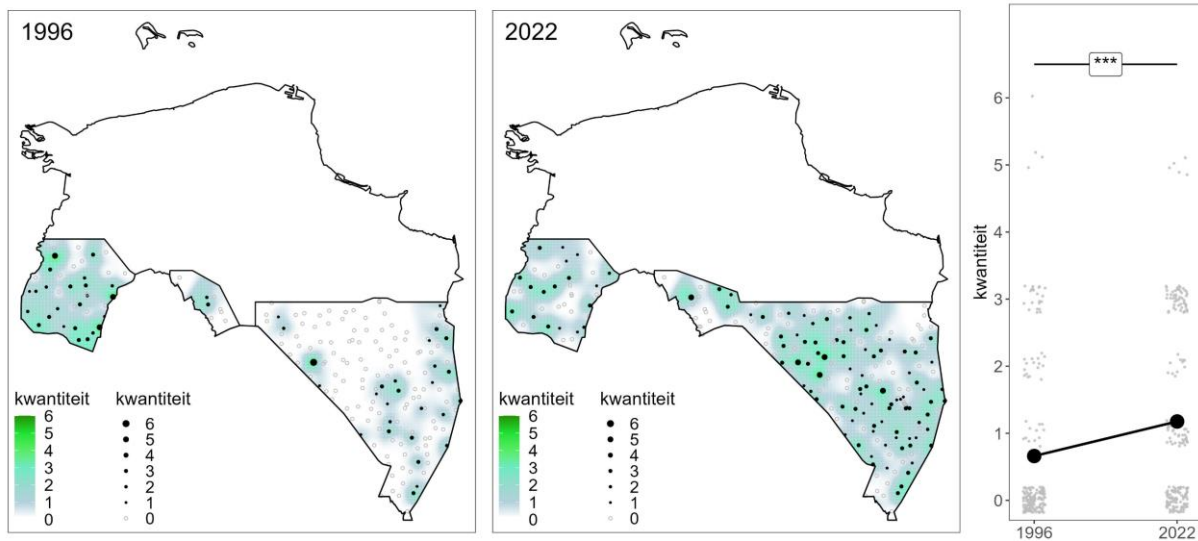
Inktspatkorst (*Arthonia spadicea*)



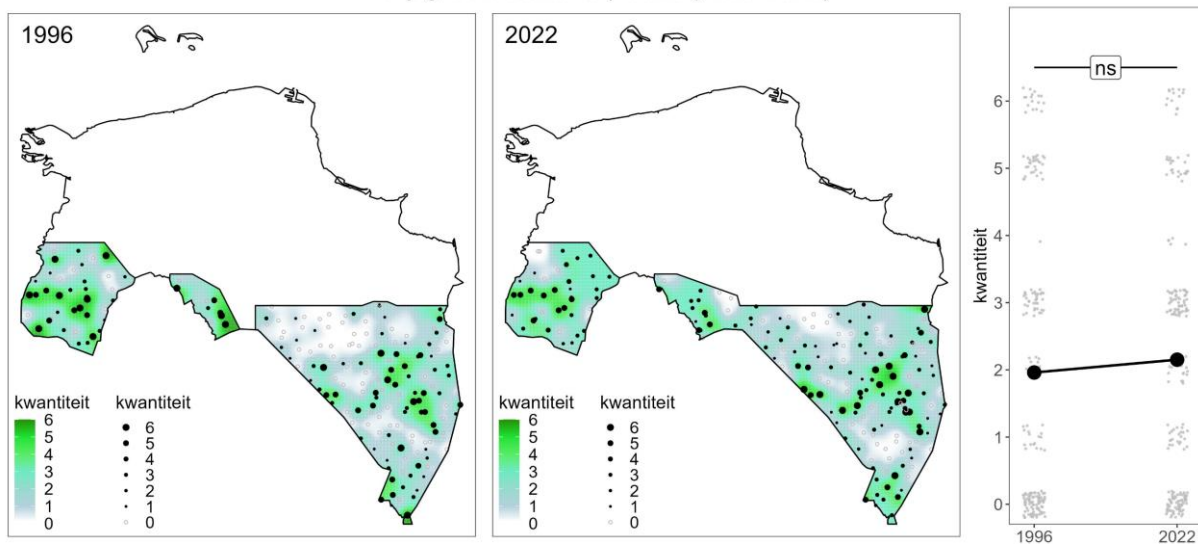
Muurzonnetje (*Athallia holocarpa*)



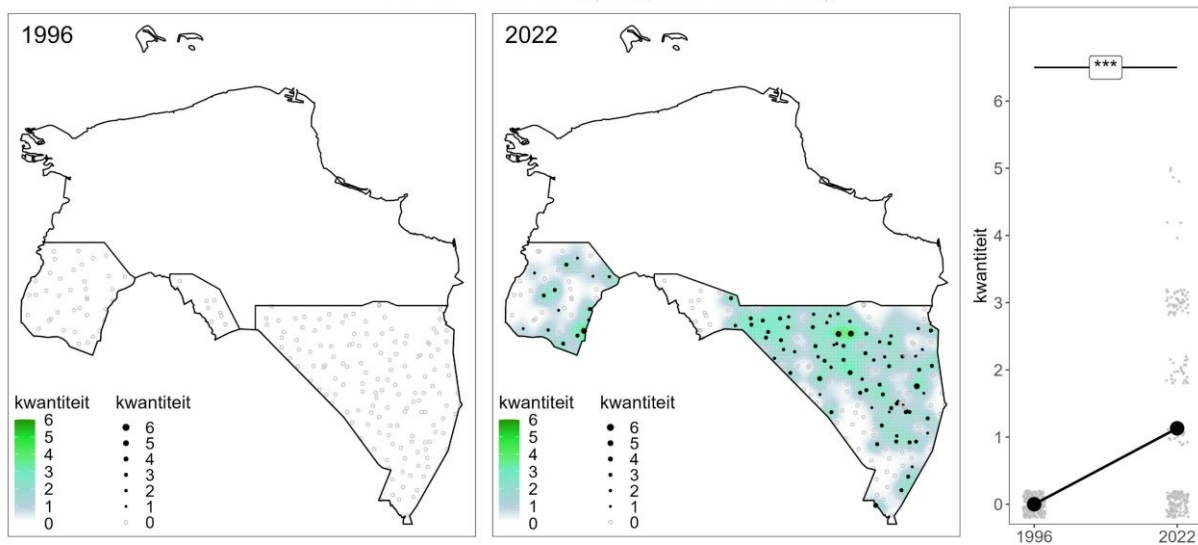
Fijne knoopjeskorst (*Bacidina adastr*)



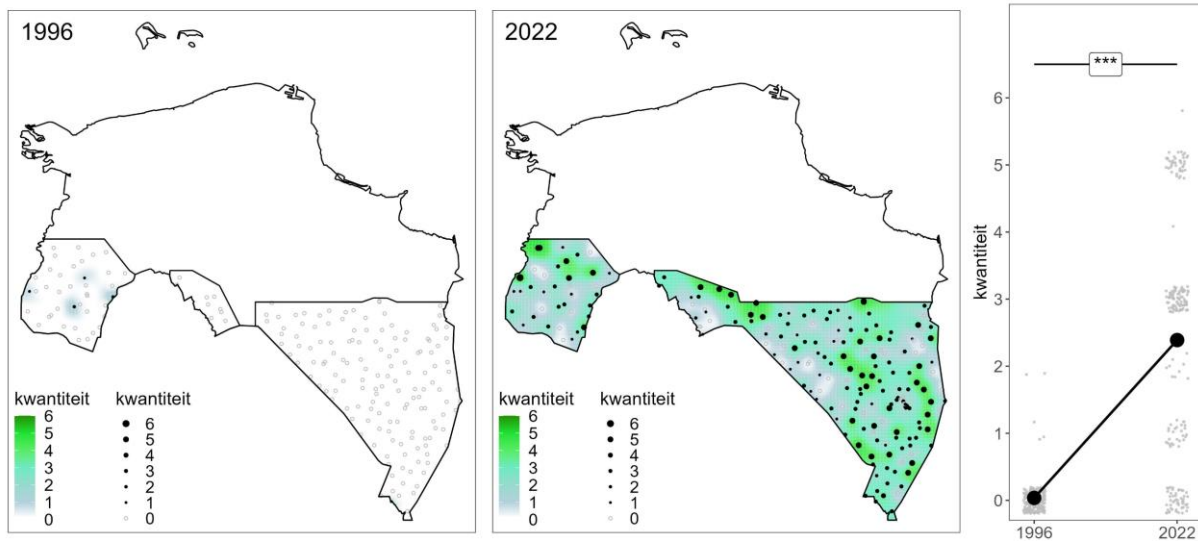
Grijsgroene stofkorst (*Buellia griseovirens*)



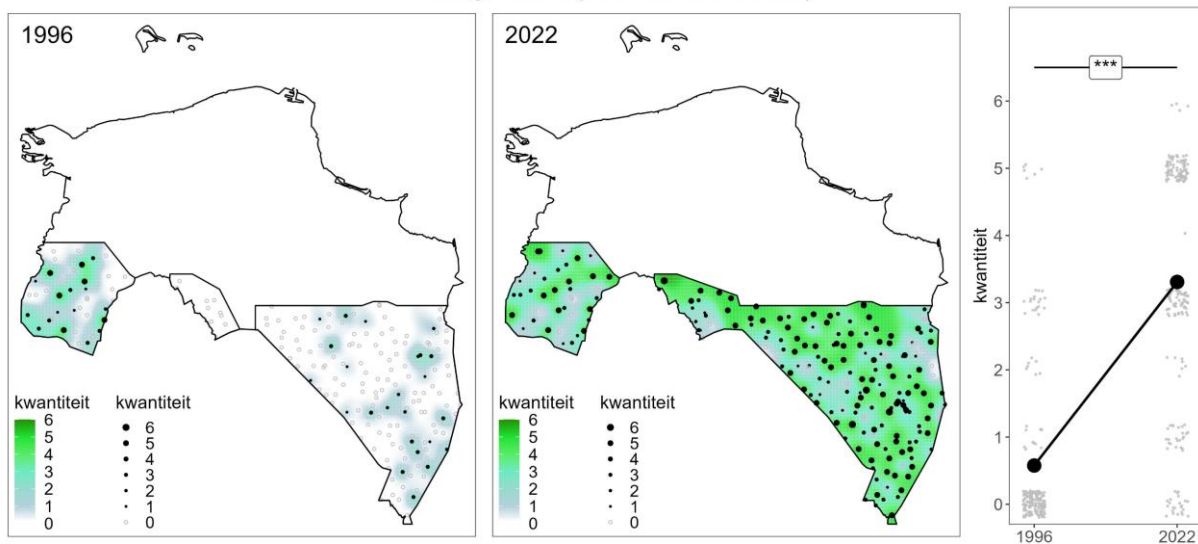
Gewone kraterkorst (*Caloplaca obscurella*)



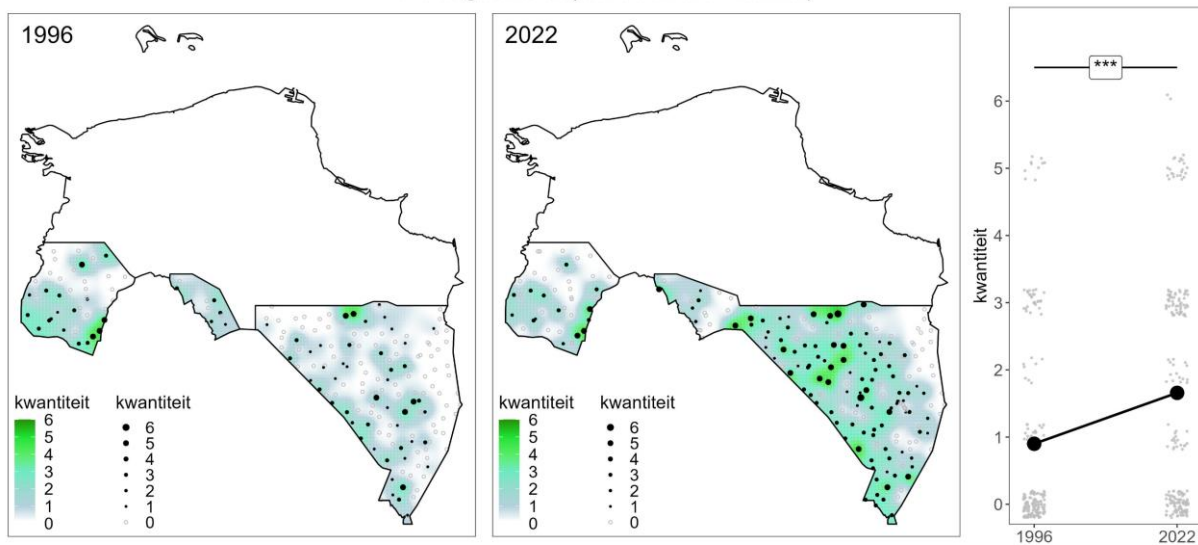
Vals dooiermos (*Candelaria concolor* s.l.)



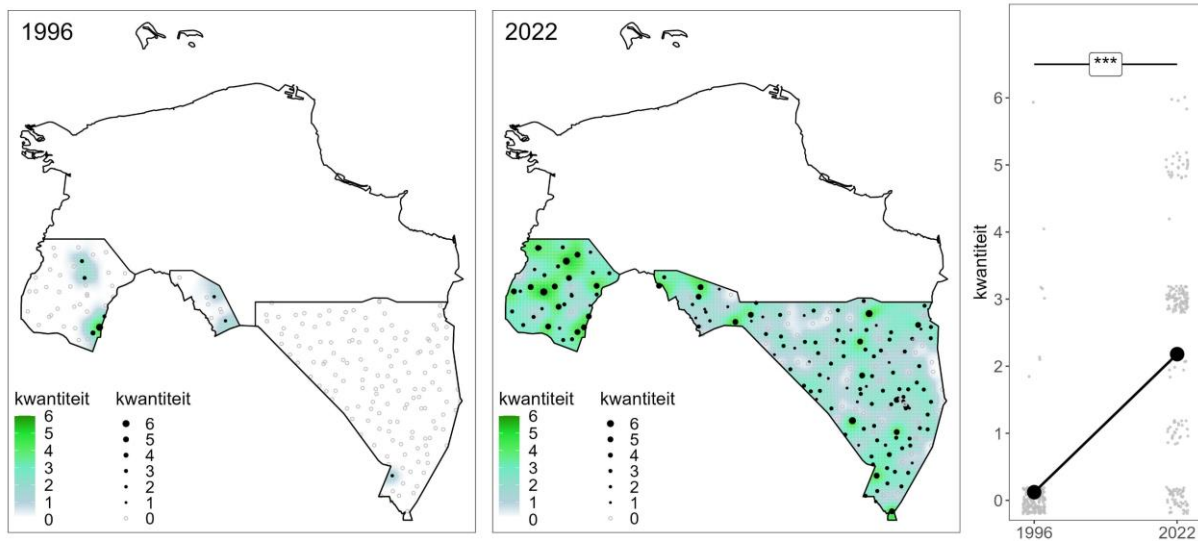
Poedergeelkorst (*Candelariella reflexa*)



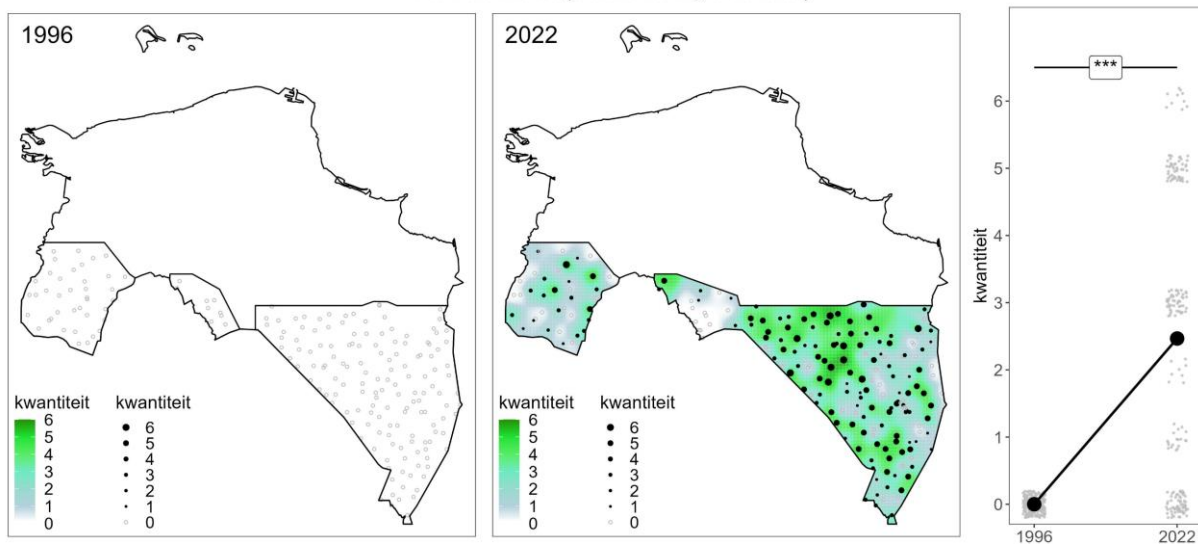
Grove geelkorst (*Candelariella vitellina*)



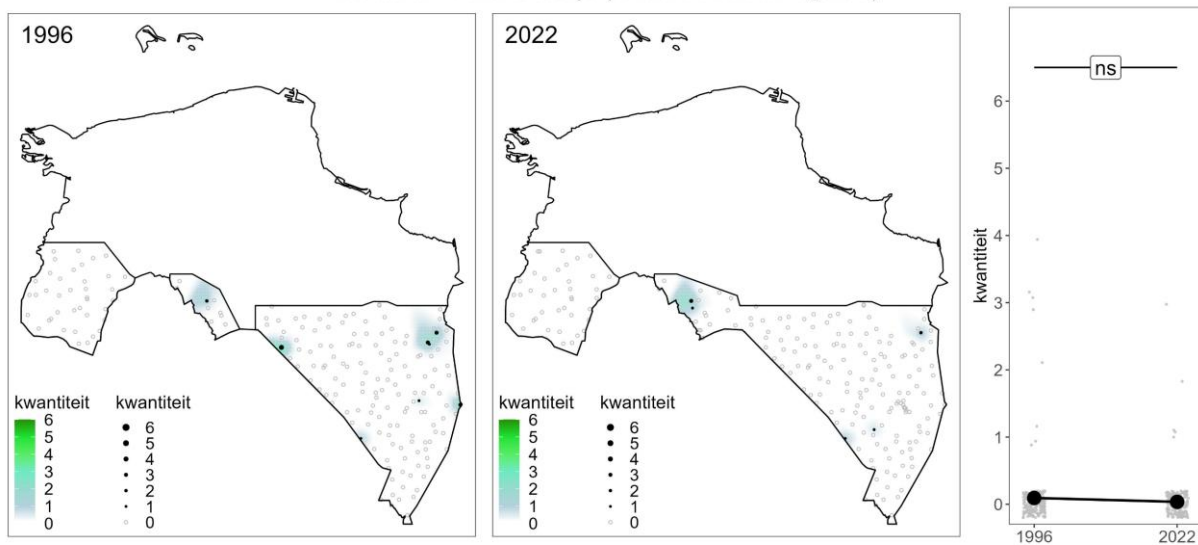
Fijne geelkorst (*Candelariella xanthostigma*)



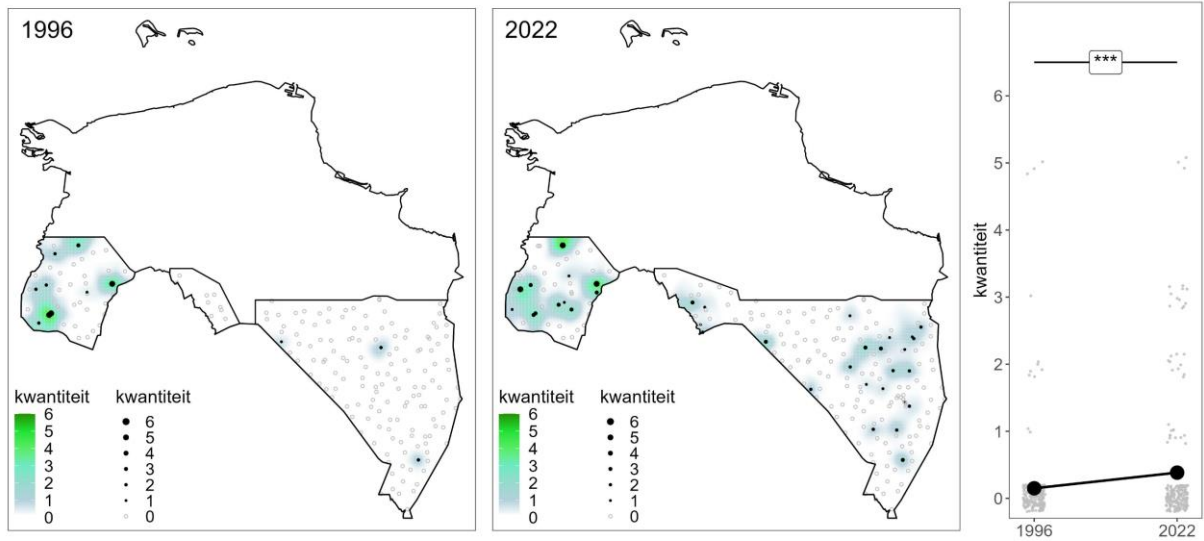
Boomrookkorst (*Catillaria nigroclavata*)



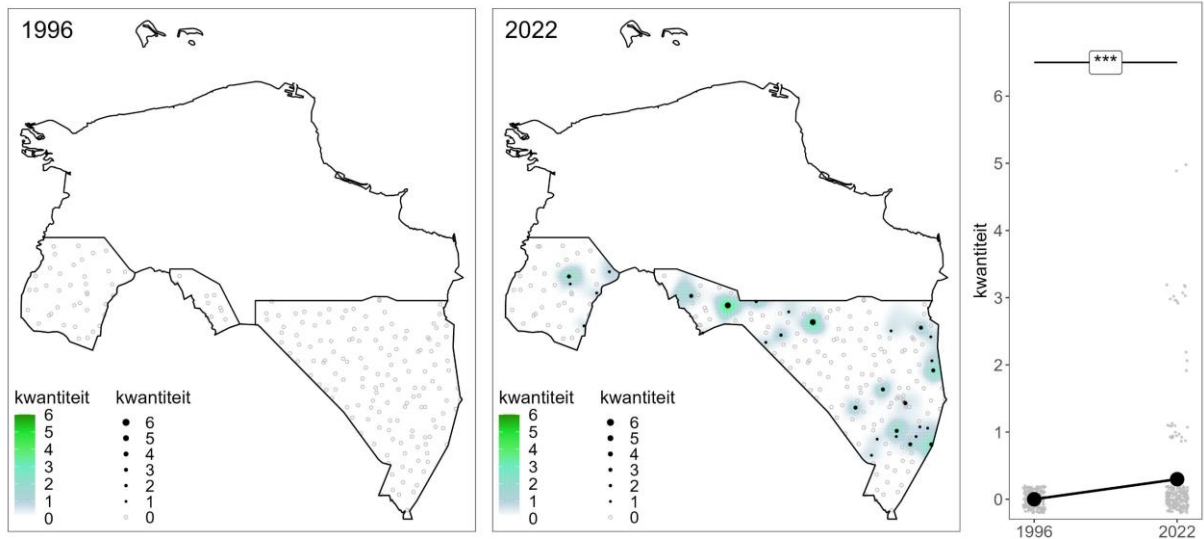
Roestbruin schorssteeltje (*Chaenotheca ferruginea*)



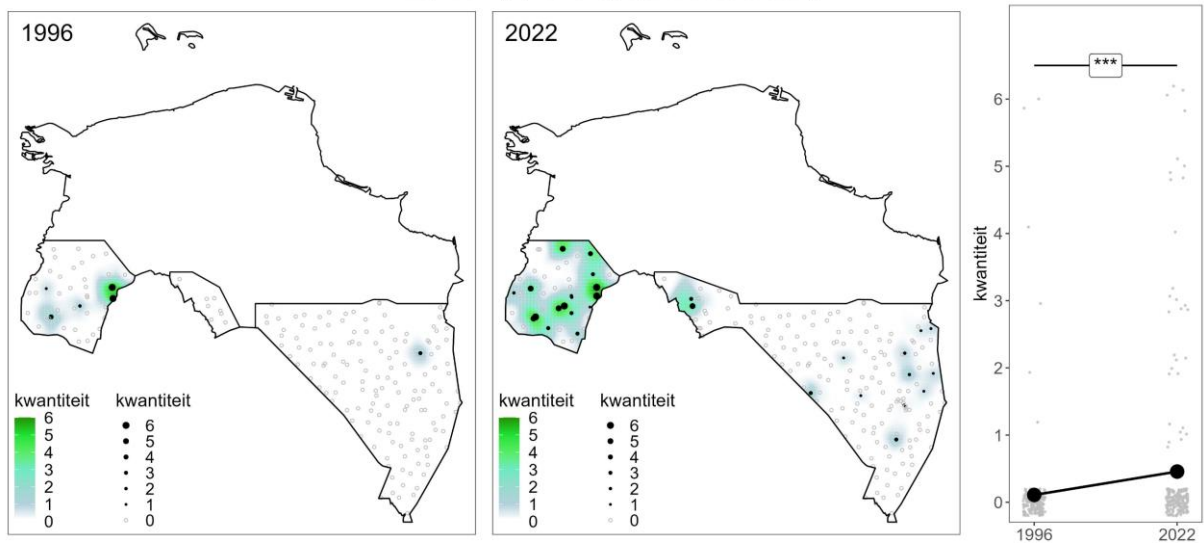
Gespikkelde witkorst (*Cliostomum griffithii*)



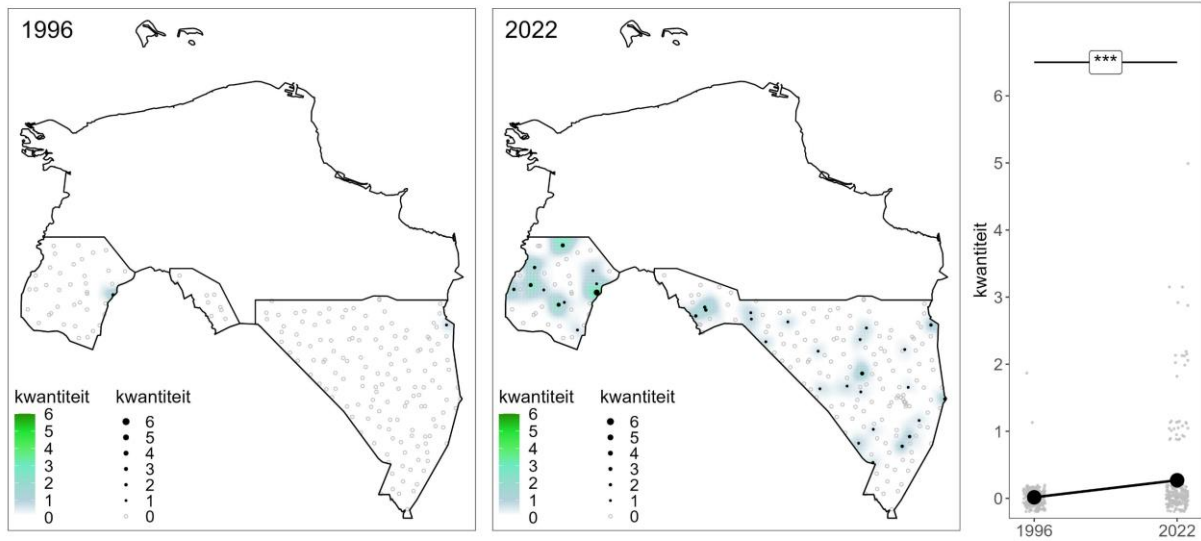
Valse knoopjeskorst (*Coenogonium pineti*)



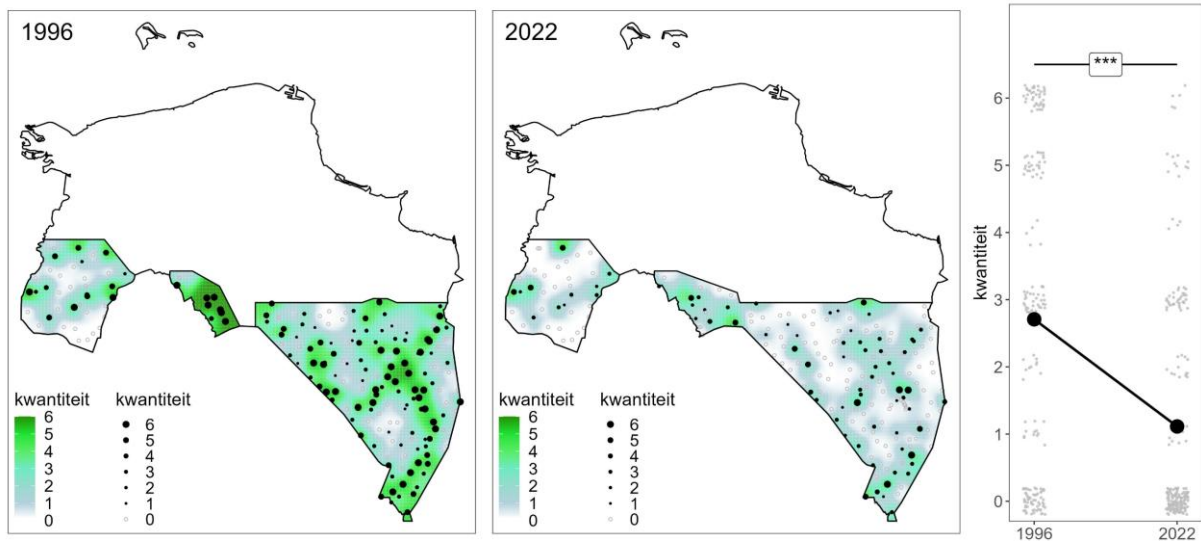
Purperkring (*Dendrographa decolorans*)



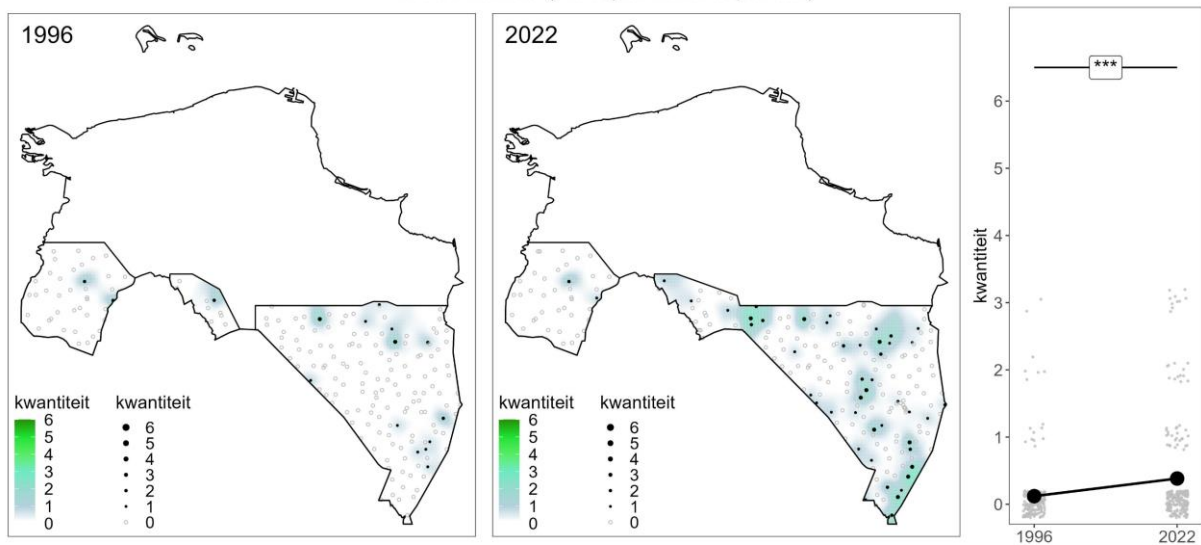
Kauwgommos (*Diploicia canescens*)



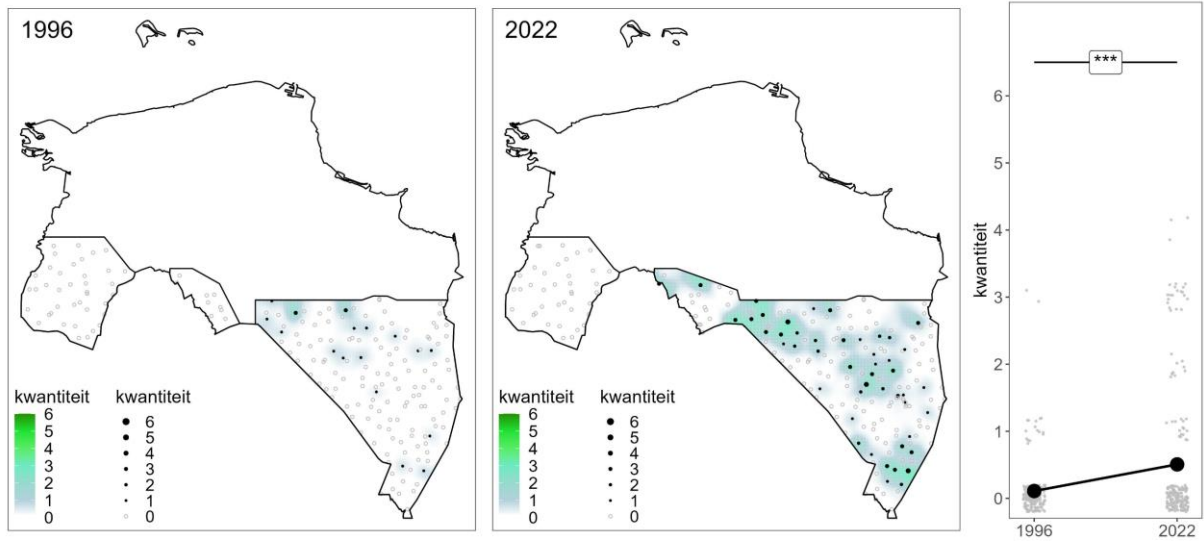
Eikenmos (*Evernia prunastri*)



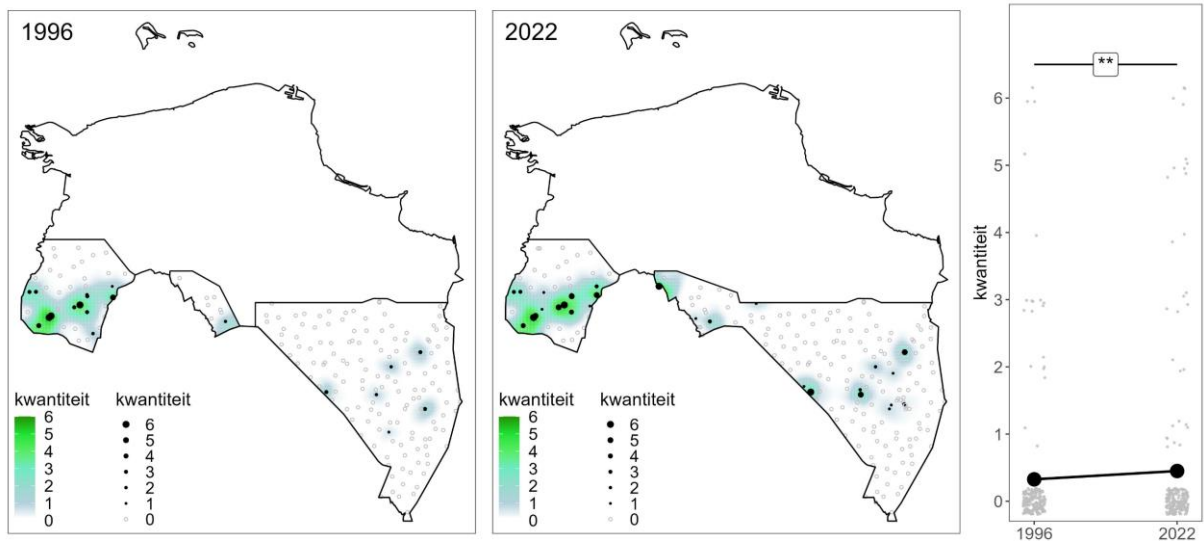
Bosschildmos (*Flavoparmelia caperata*)



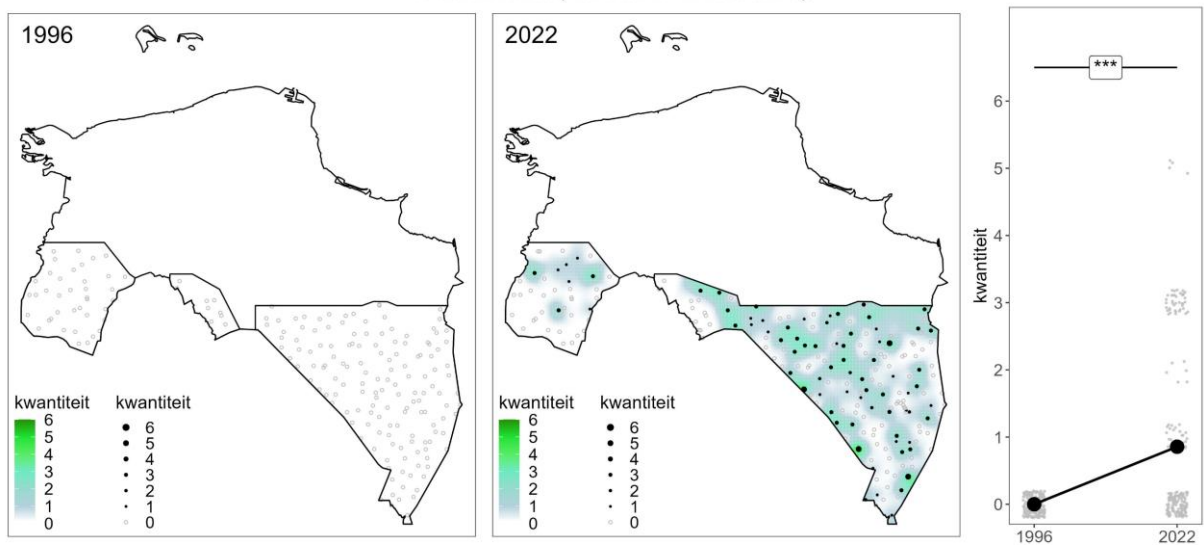
Groen boomschildmos (*Flavoparmelia soredians*)



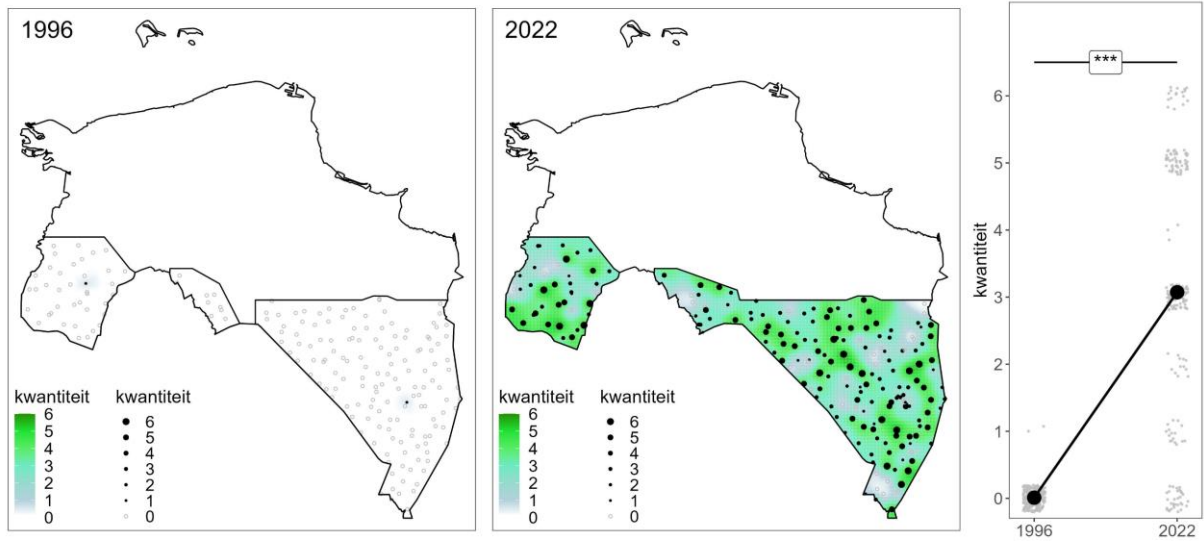
Witgerande stofkorst (*Haematomma ochroleucum*)



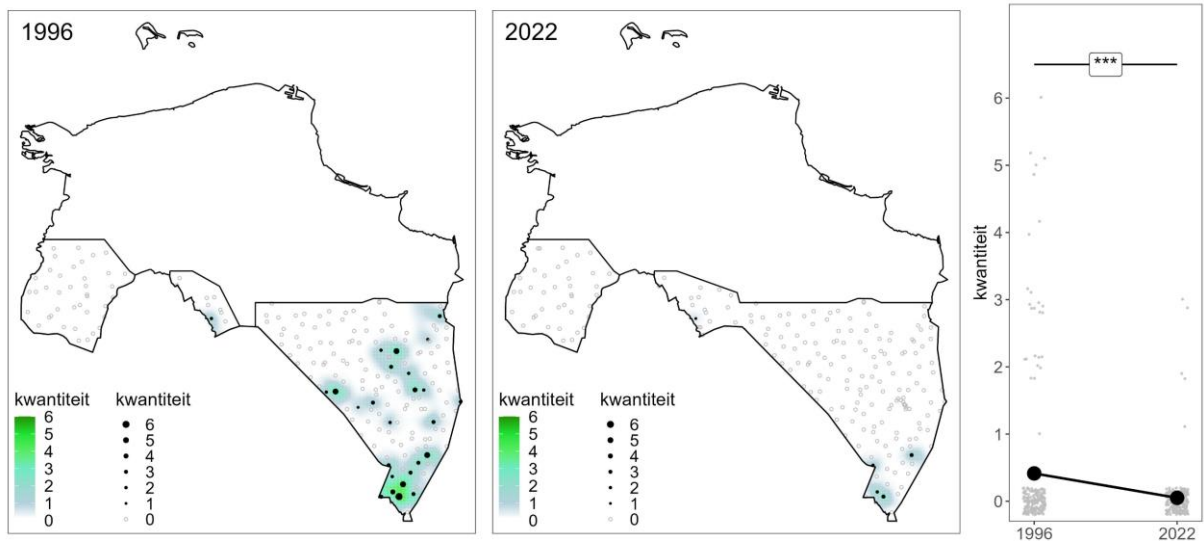
Porseleinkorst (*Halecania viridescens*)



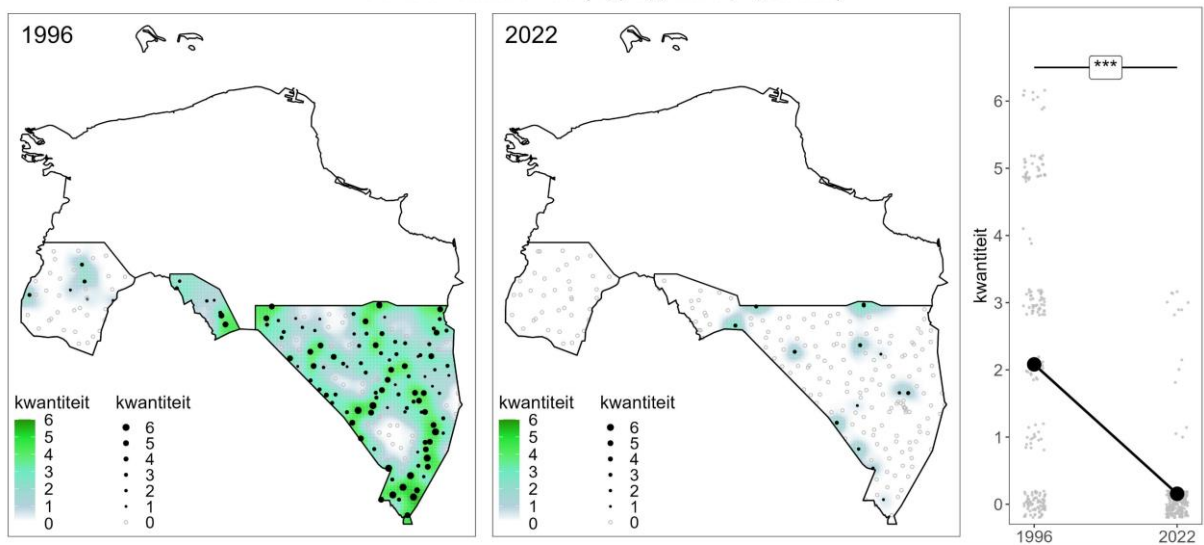
Dun schaduwmos (*Hyperphyscia adglutinata*)



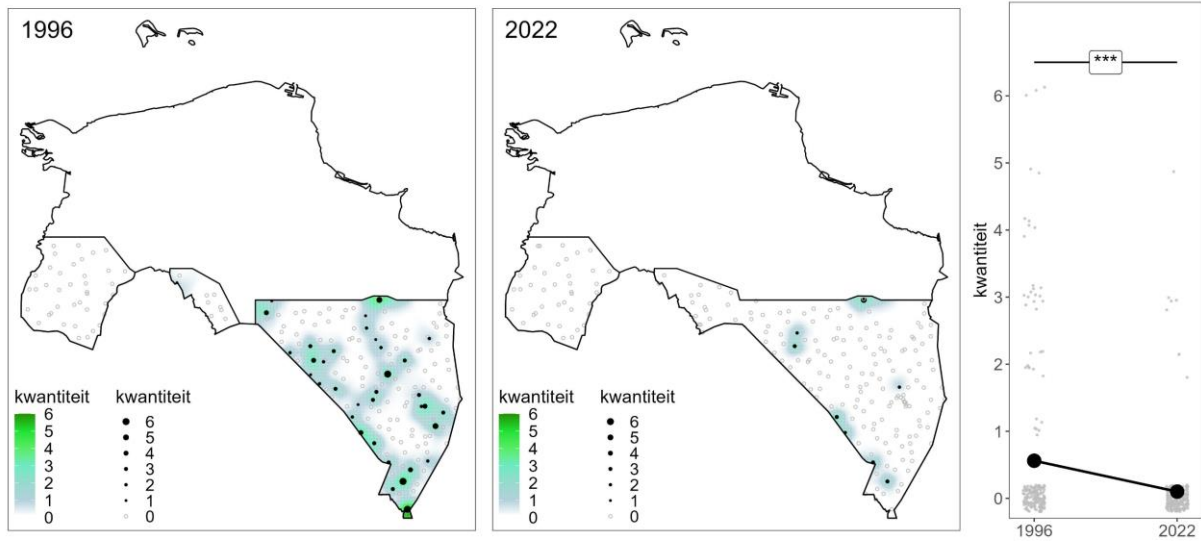
Gewoon schubjesmos (*Hypocenomyce scalaris*)



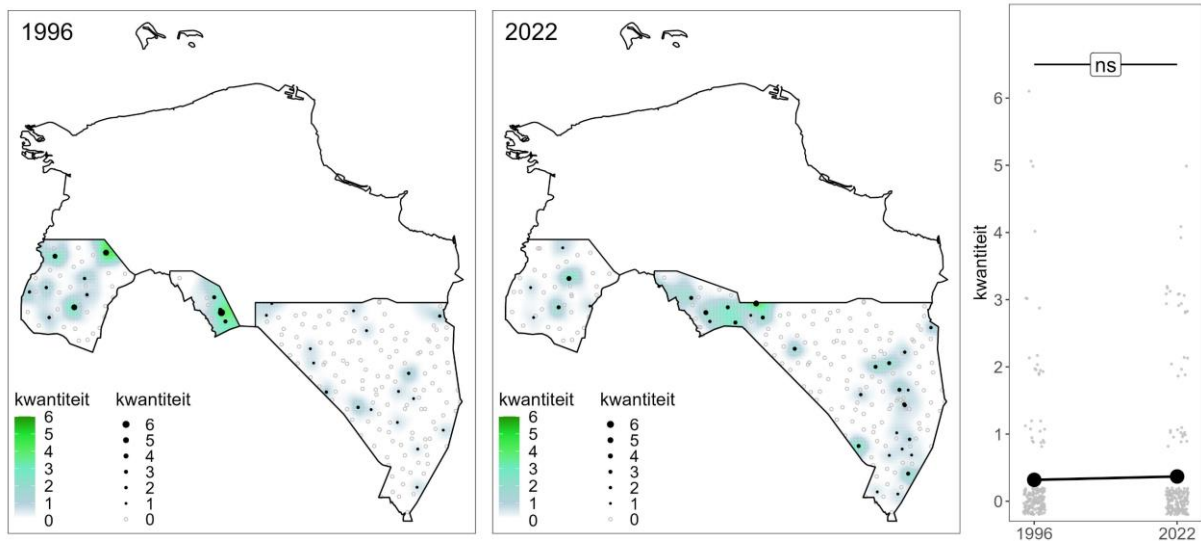
Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*)



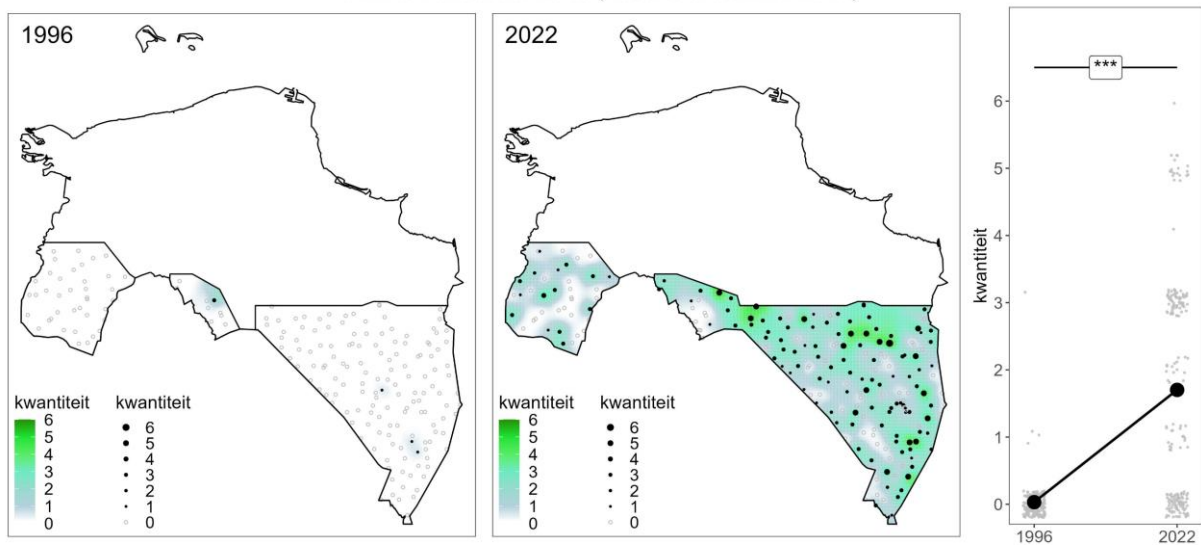
Witkopschorsmos (*Hypogymnia tubulosa*)



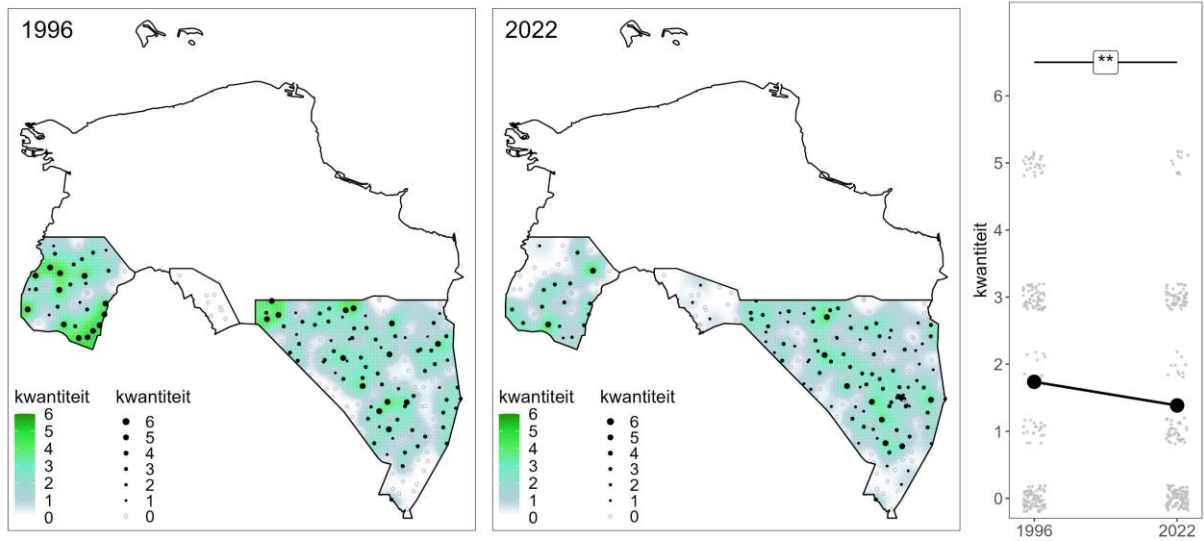
Gebogen schildmos (*Hypotrachyna revoluta* s.l.)



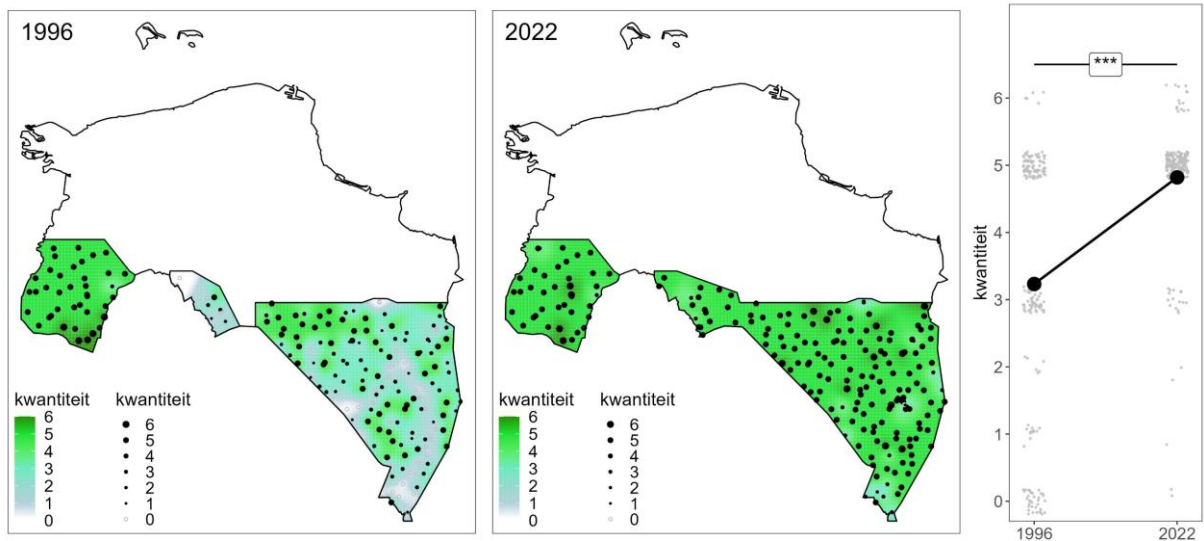
Ammoniakschotelkorst (*Lecanora barkmaniana*)



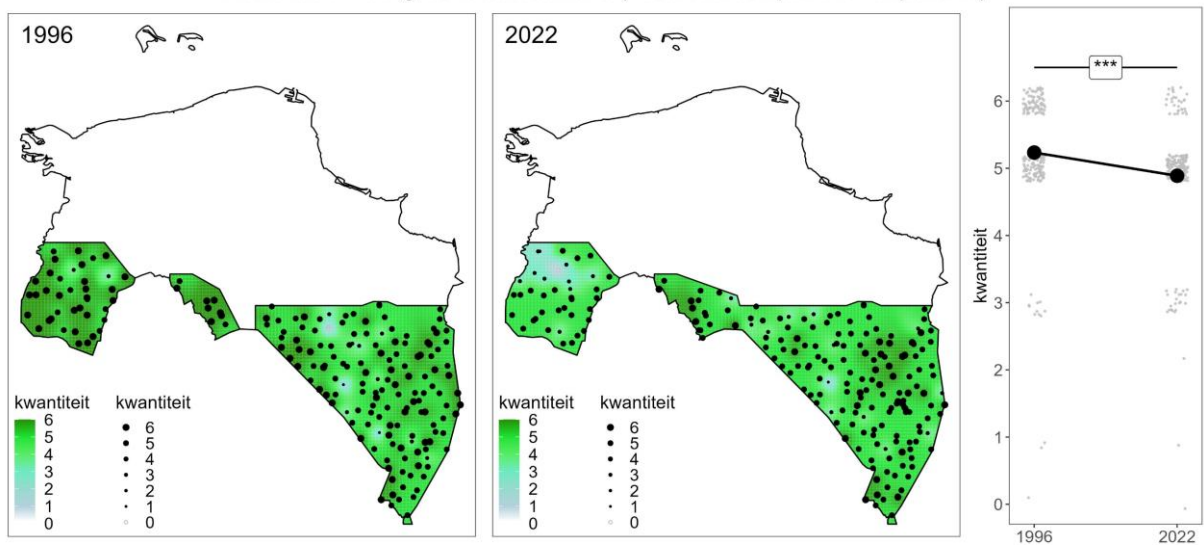
Melige schotelkorst (*Lecanora carpinea*)



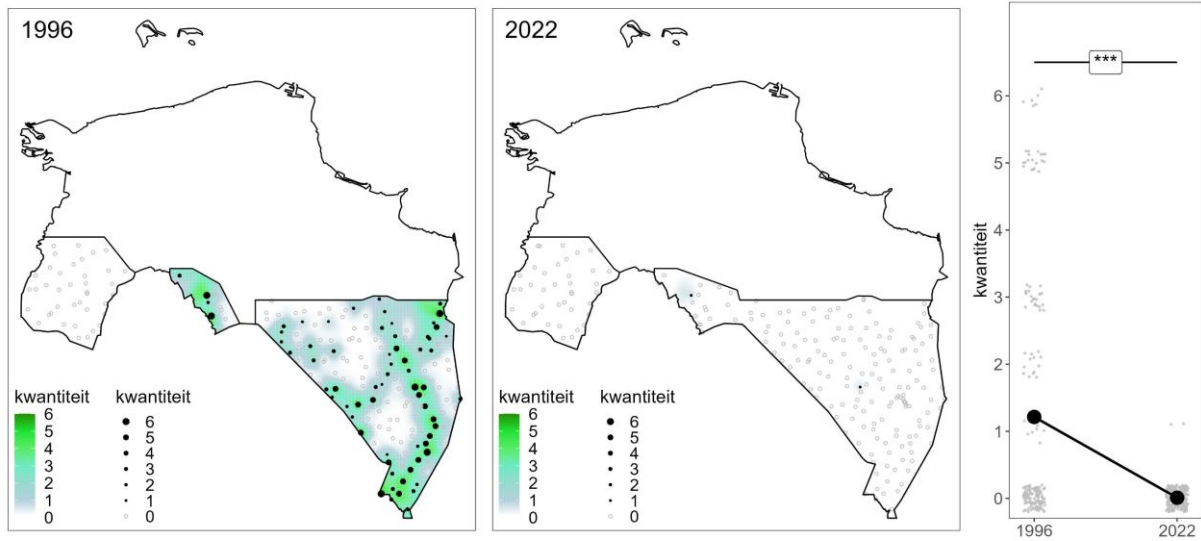
Witte schotelkorst (*Lecanora chlorotera*)



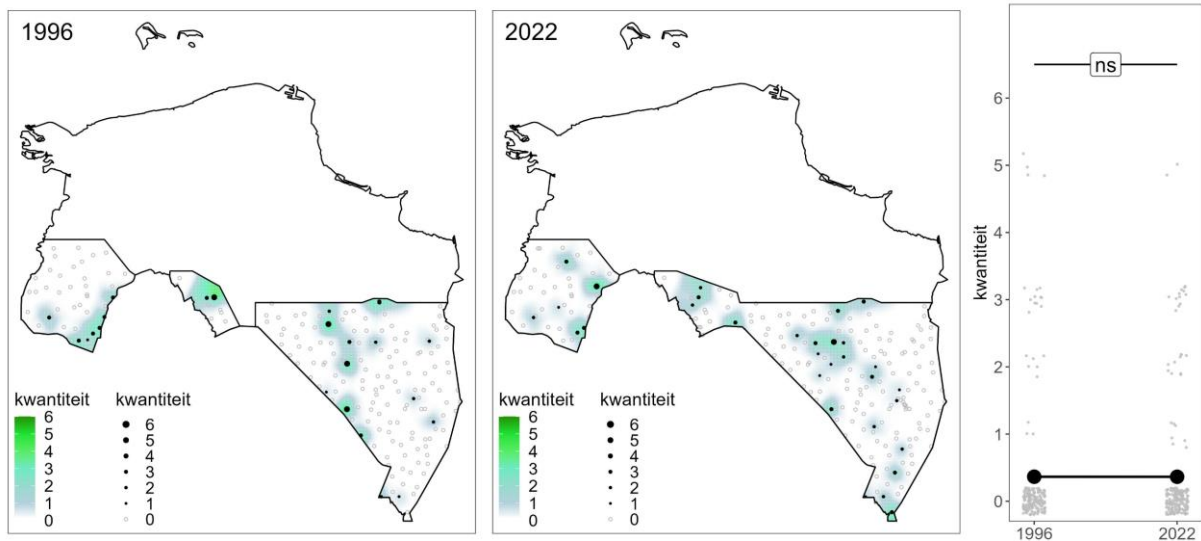
Miskende / Bleekgroene schotelkorst (*Lecanora compallens* / *expallens*)



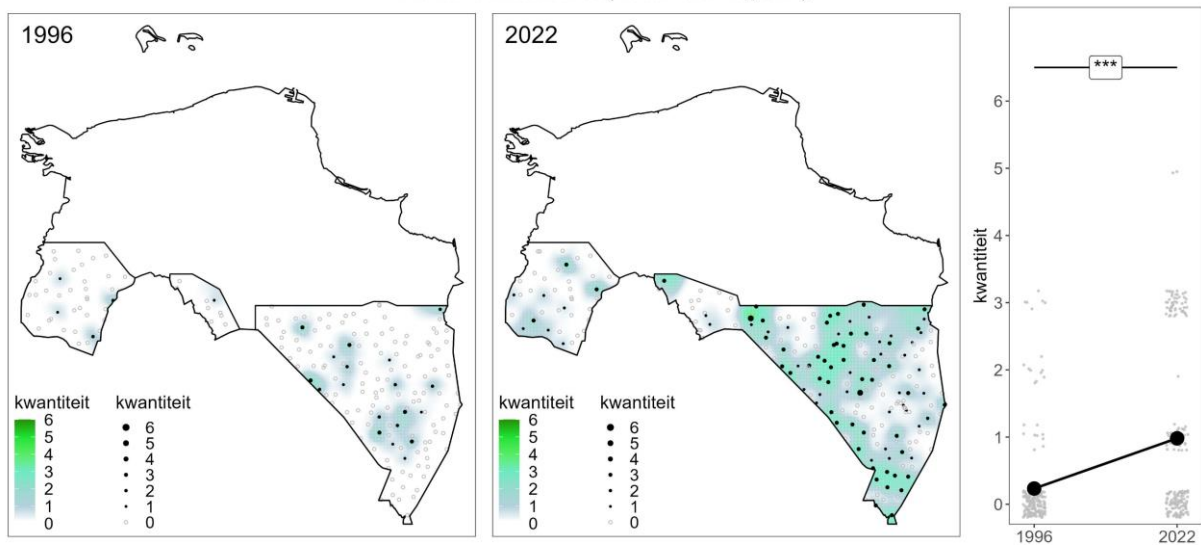
Groene schotelkorst (*Lecanora conizaeoides*)



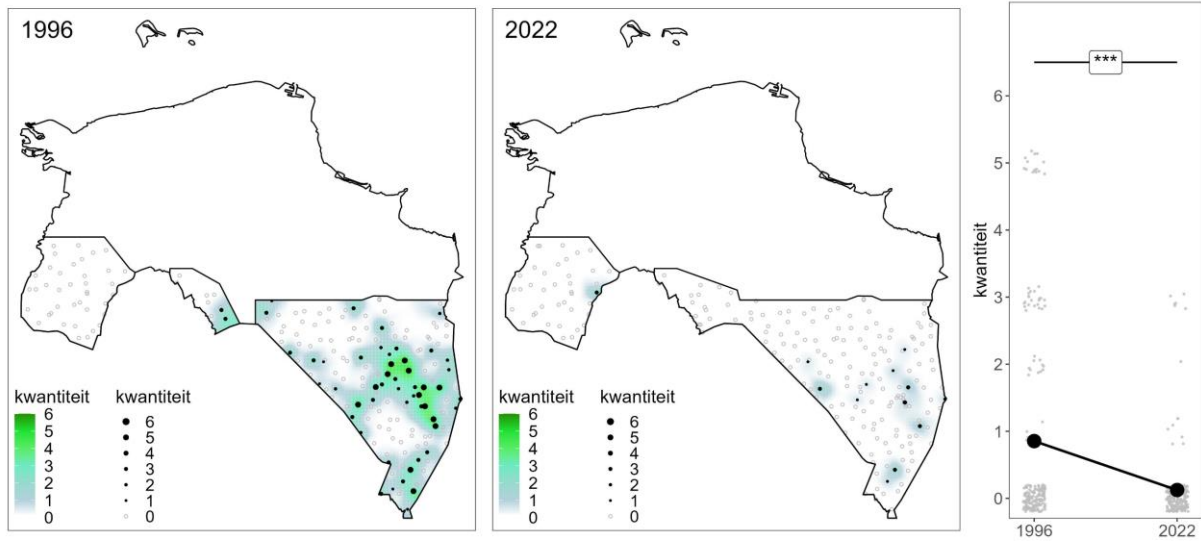
Verborgen schotelkorst (*Lecanora dispersa*)



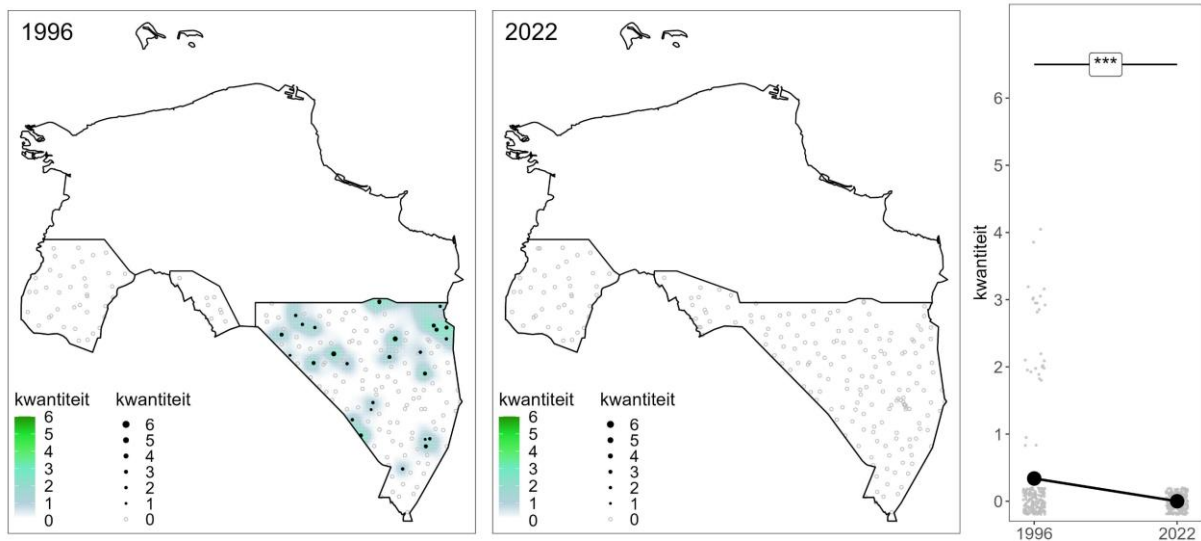
Kleine schotelkorst (*Lecanora hagenii*)



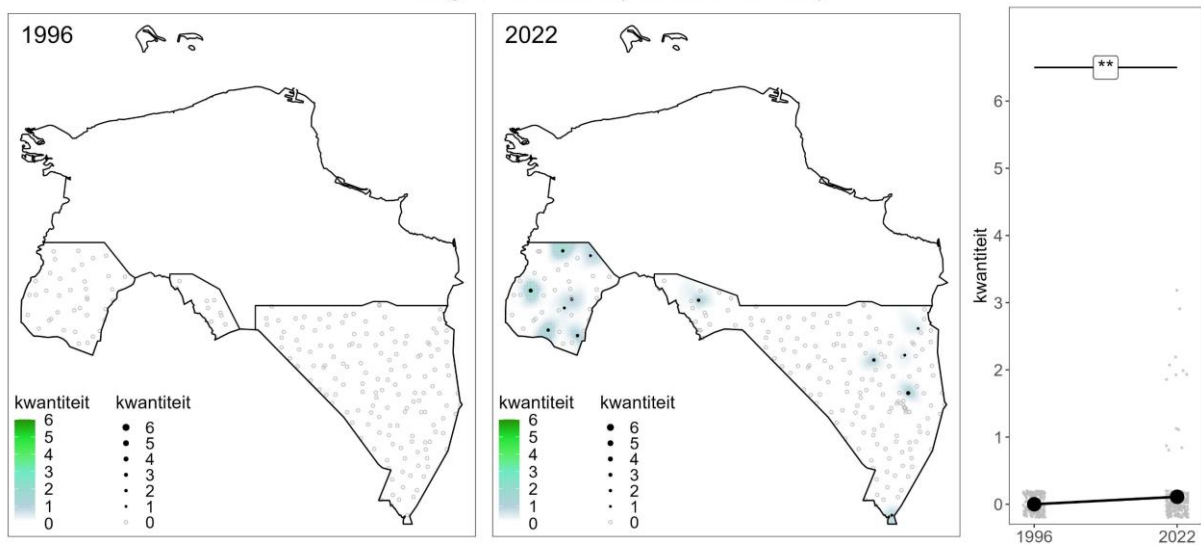
Eikenschotelkorst (*Lecanora pulicaris*)



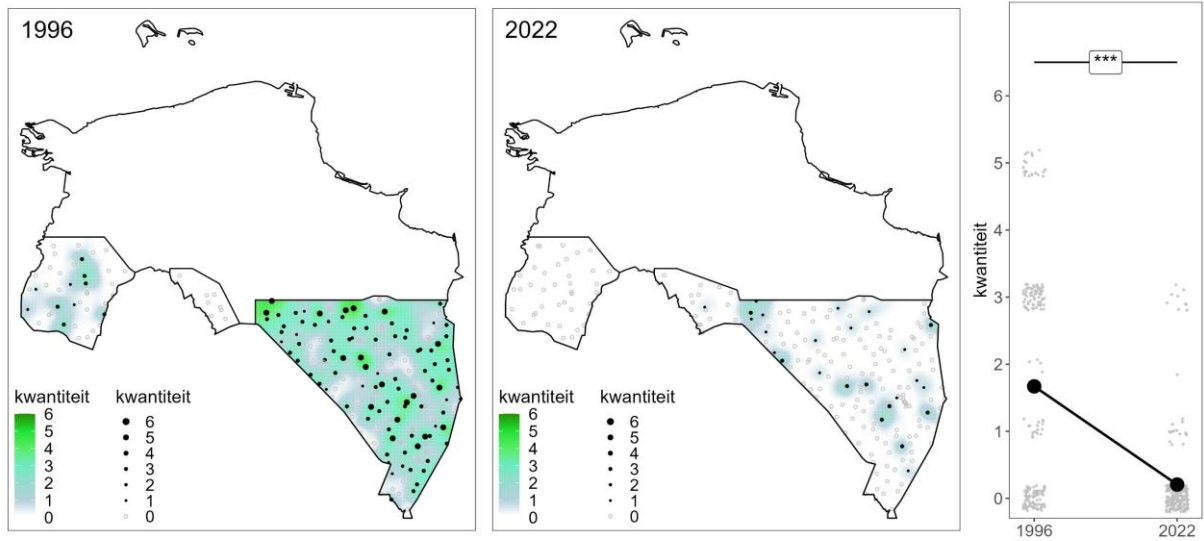
Houtschotelkorst (*Lecanora saligna*)



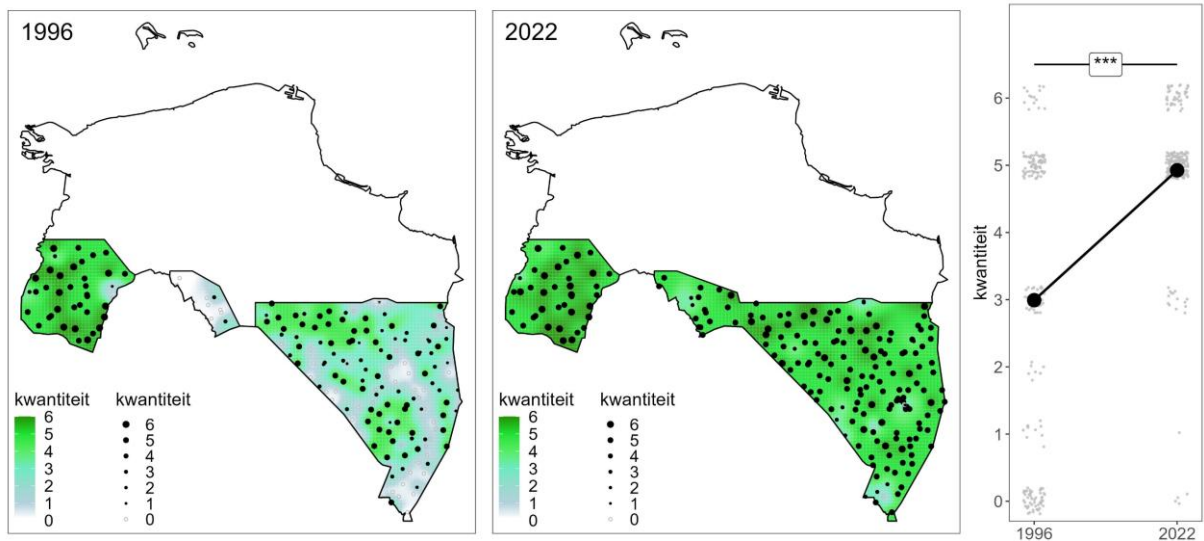
Bochtige schotelkorst (*Lecanora sinuosa*)



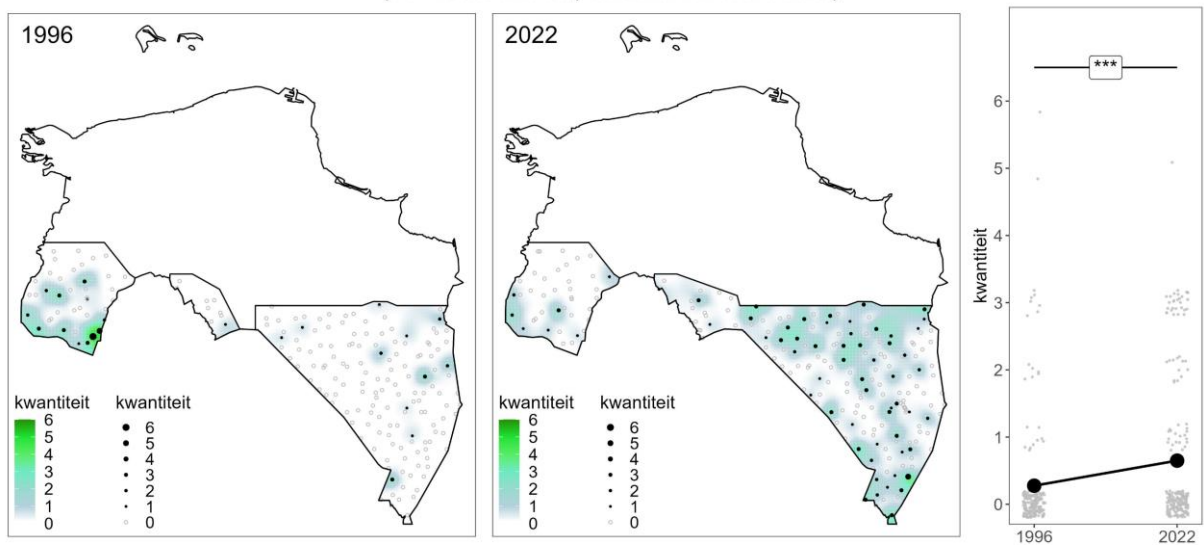
Bolle schotelkorst (*Lecanora symmicta*)



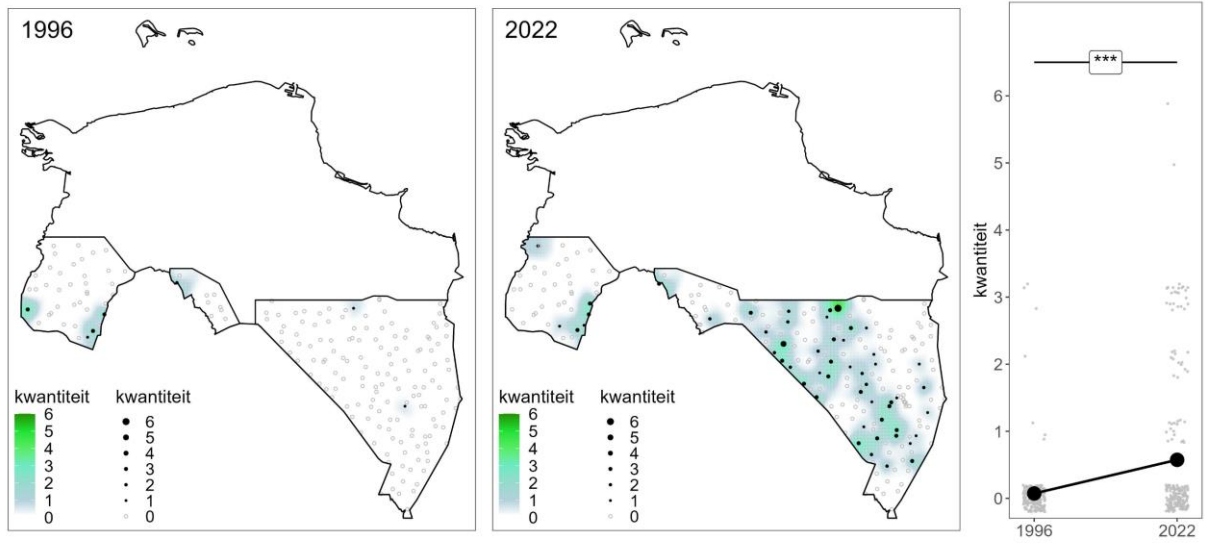
Gewoon purperschaaltje (*Lecidella elaeochroma*)



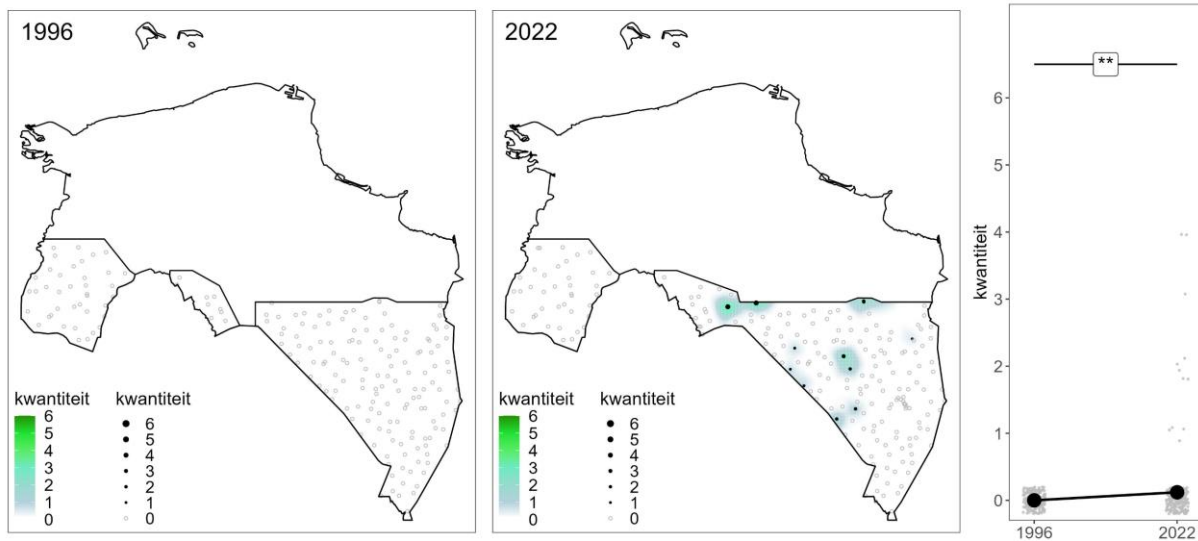
Fijne mosterdkorst (*Lecidella flavosorediata*)



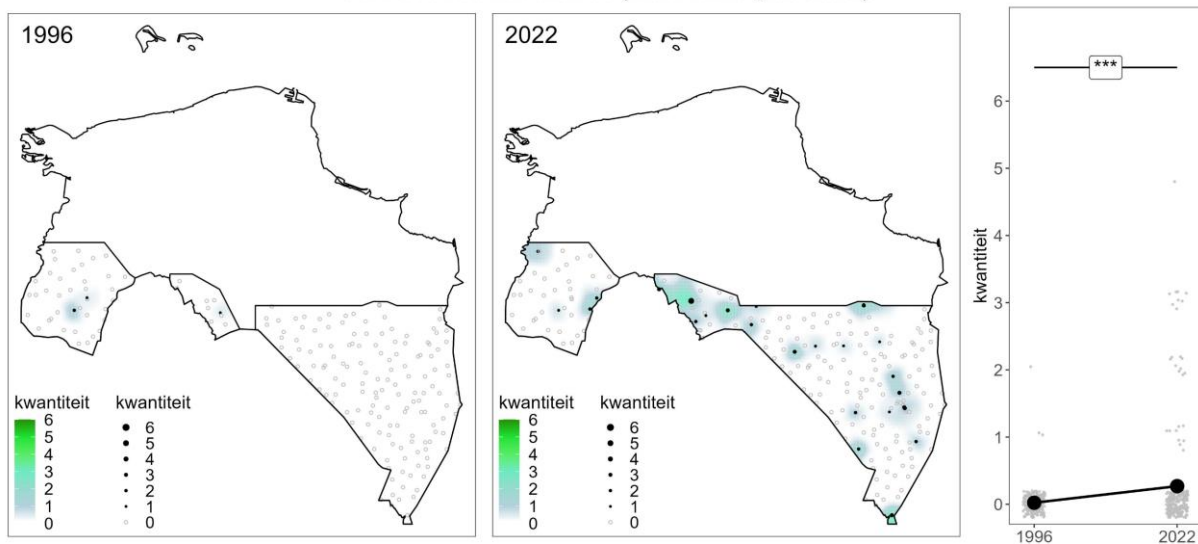
Grijsgroene steenkorst (*Lecidella scabra*)



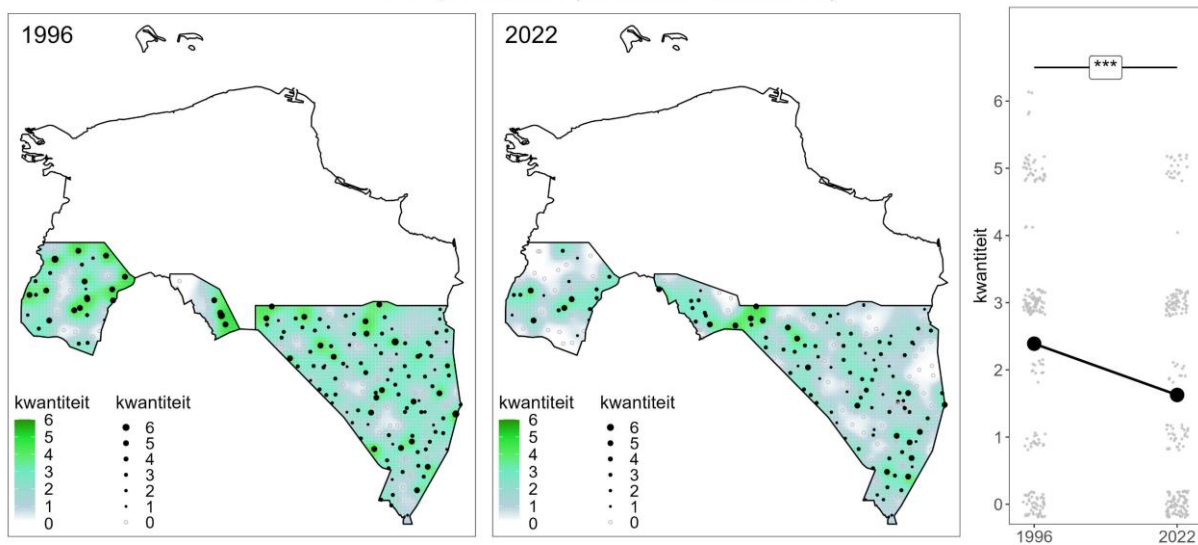
Grove poederkorst (*Lepraria rigidula*)



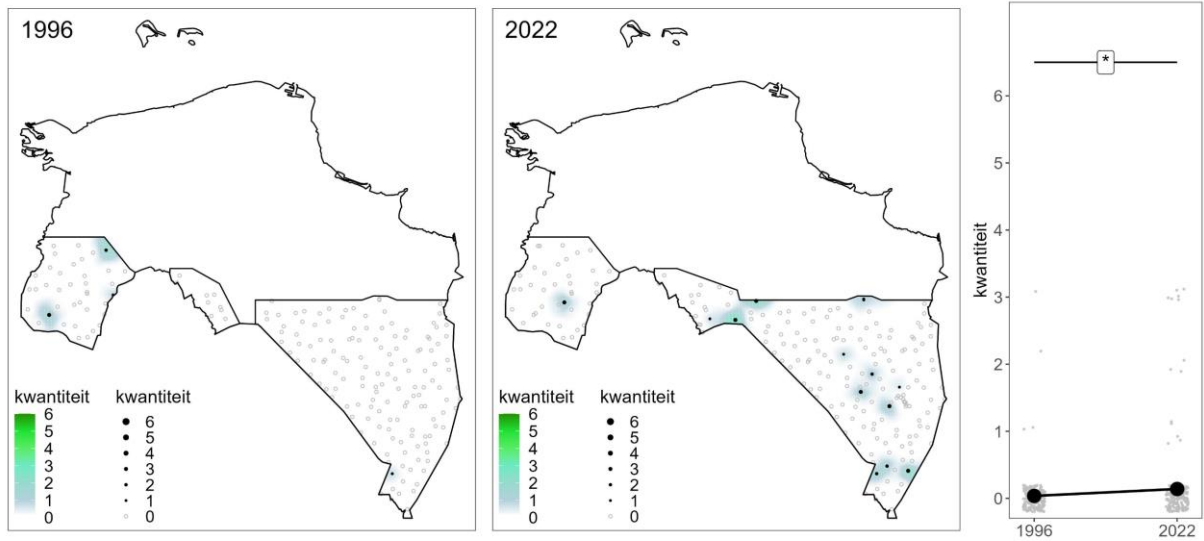
Glanzend boomschildmos (*Melanelixia glabratula*)



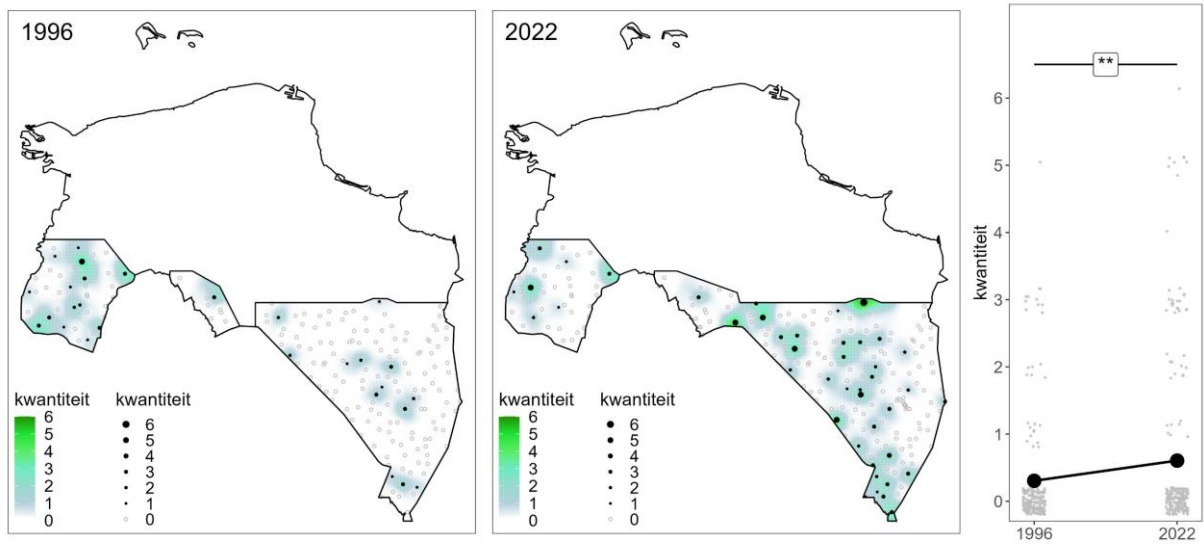
Verstop-schildmos (*Melanelixia subaurifera*)



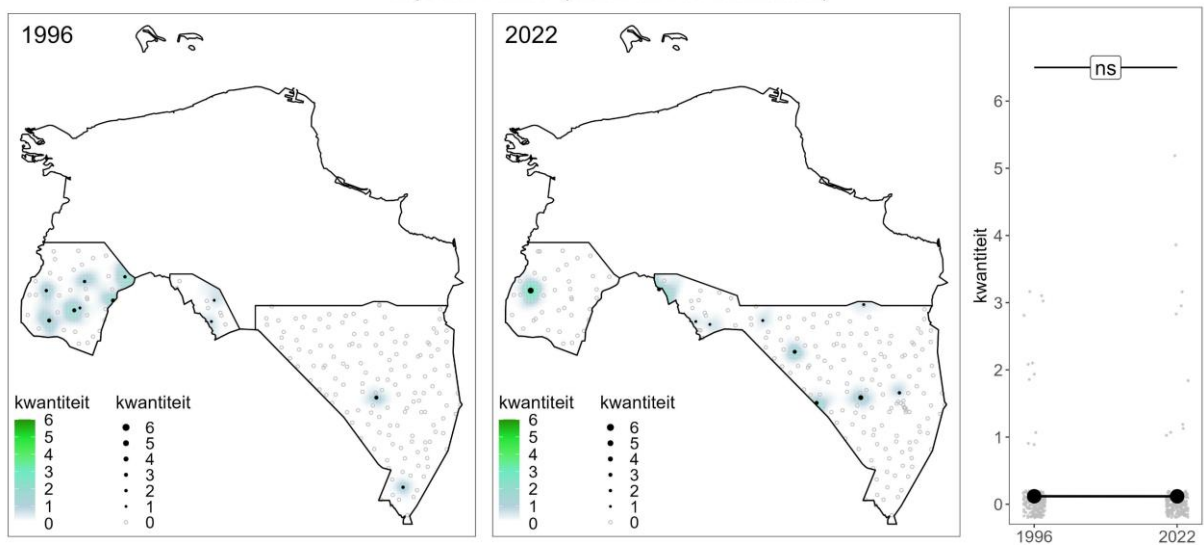
Sierlijk schildmos (*Melanohalea elegantula*)



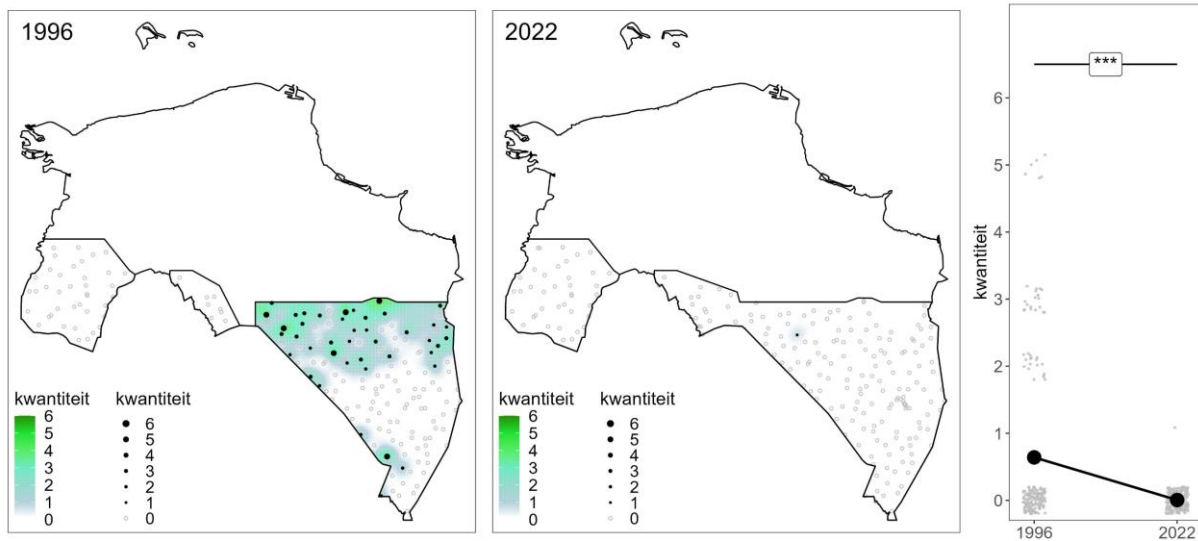
Lepelschildmos (*Melanohalea exasperatula*)



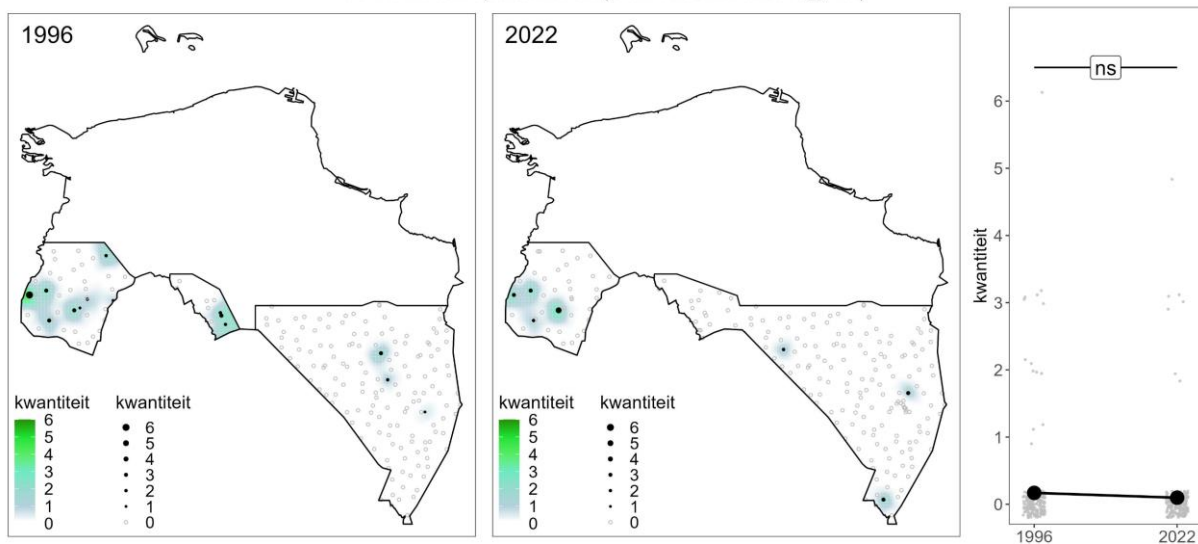
Lobjesschildmos (*Melanohalea laciniatula*)



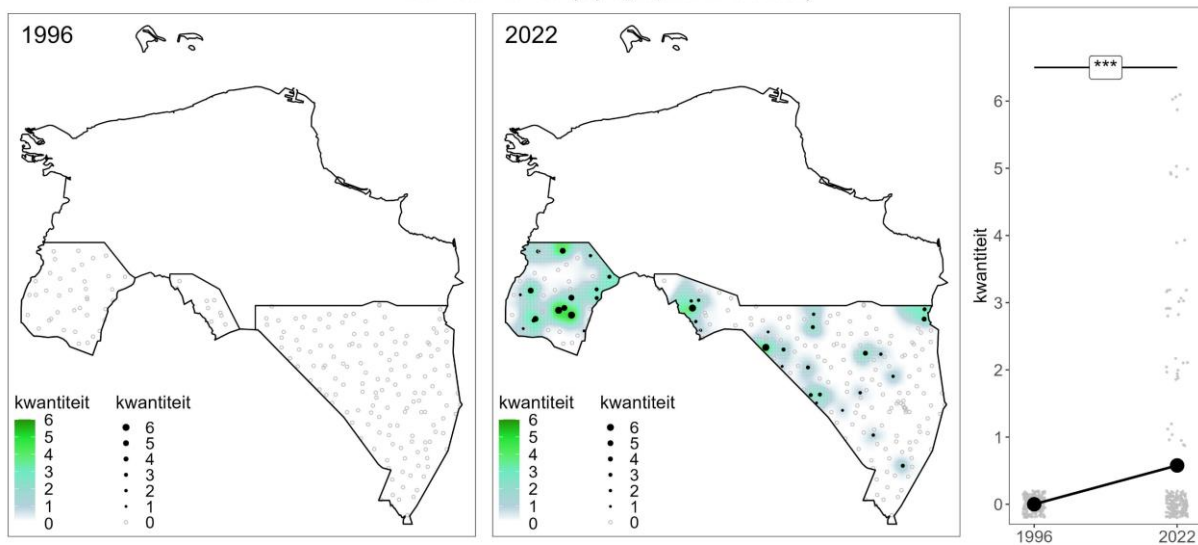
Takkenoogje (*Micarea nitschkeana*)



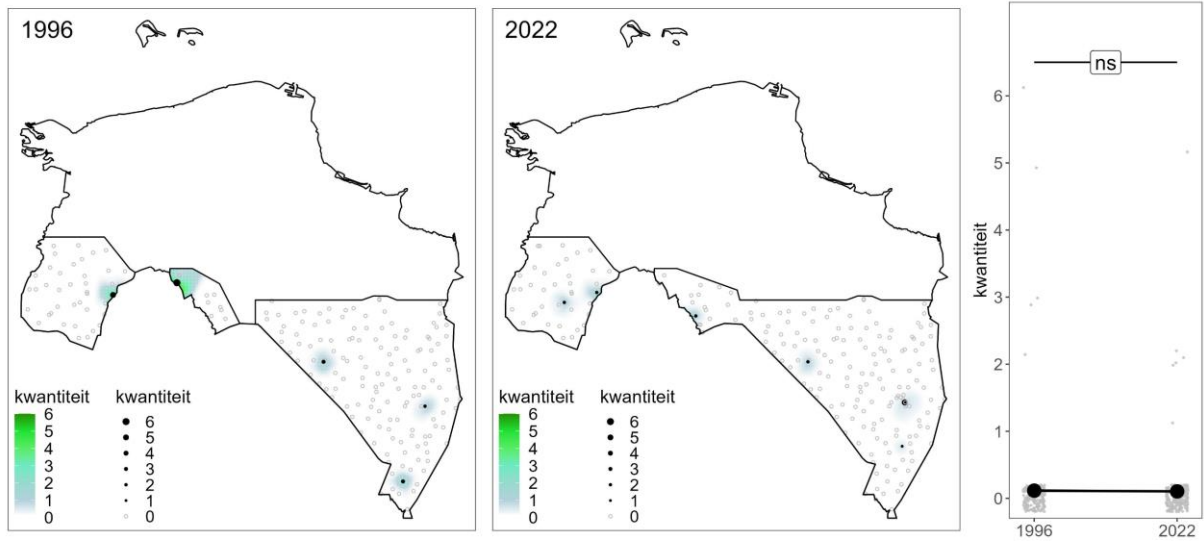
Gewone tandpastakorst (*Ochrolechia androgyna*)



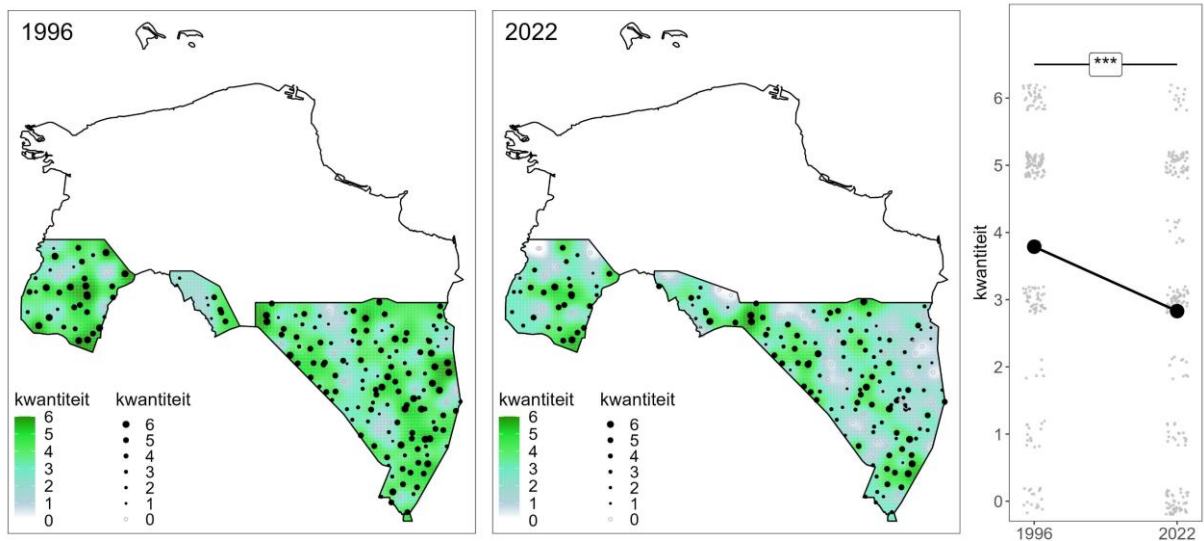
Klein schriftmos (*Opegrapha niveoatra*)



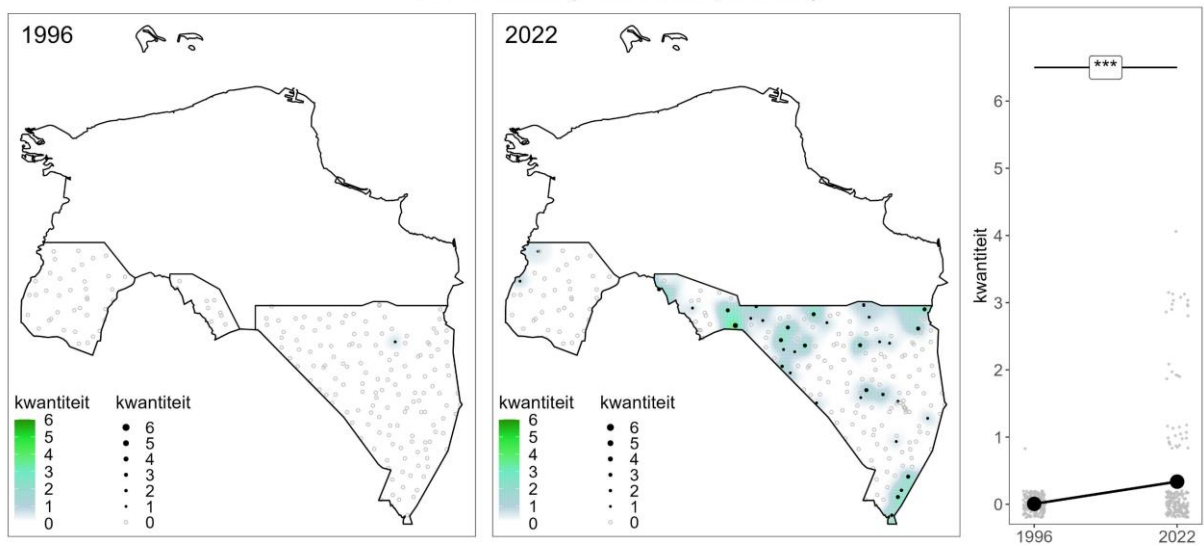
Blauwgrijs steenschildmos (*Parmelia saxatilis*)



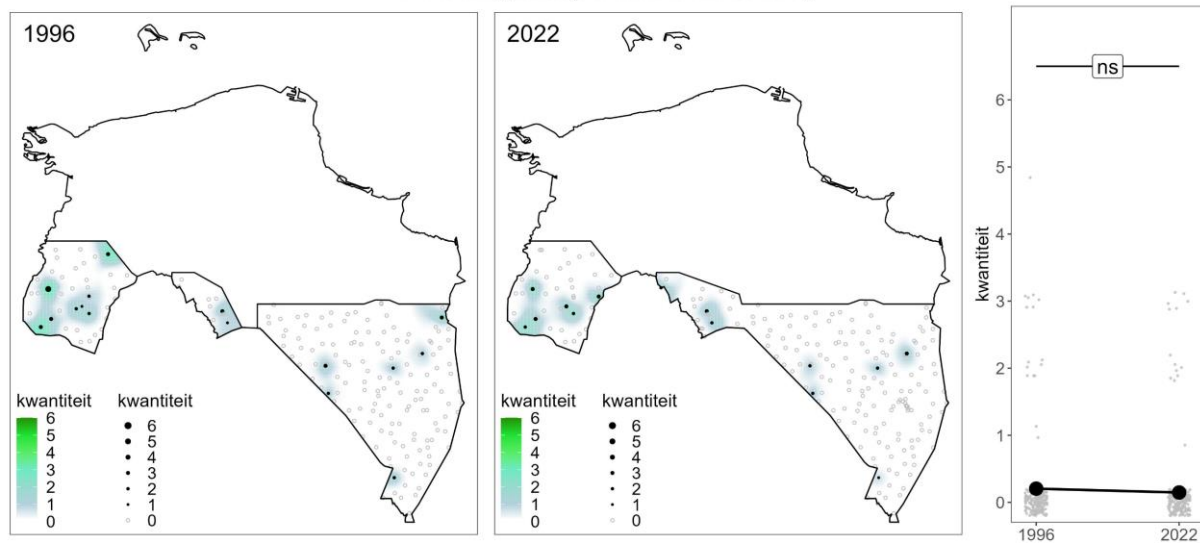
Gewoon schildmos (*Parmelia sulcata*)



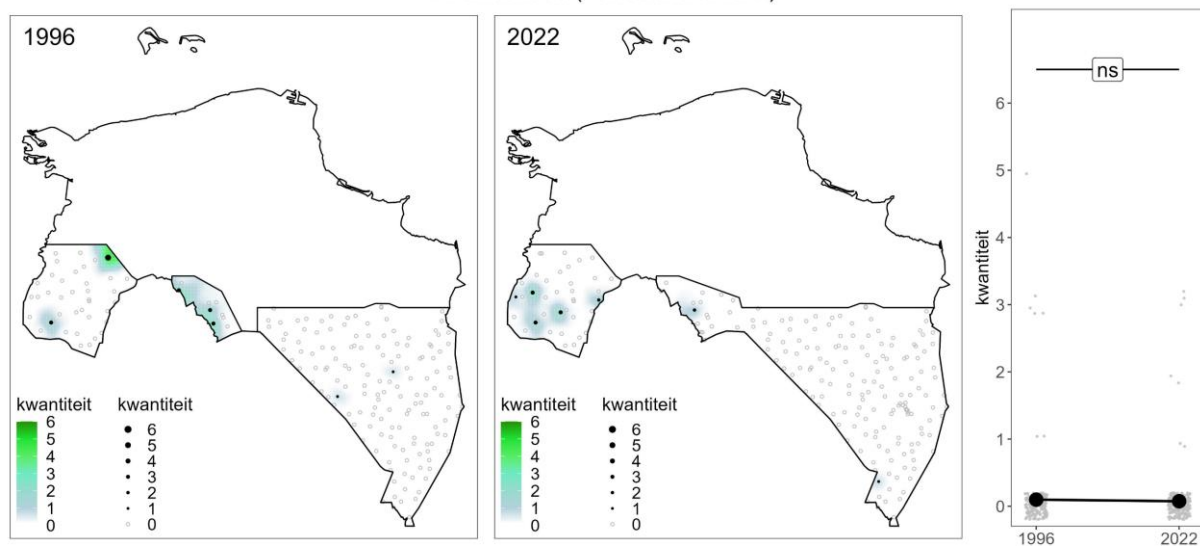
Groot schildmos (*Parmotrema perlatum*)



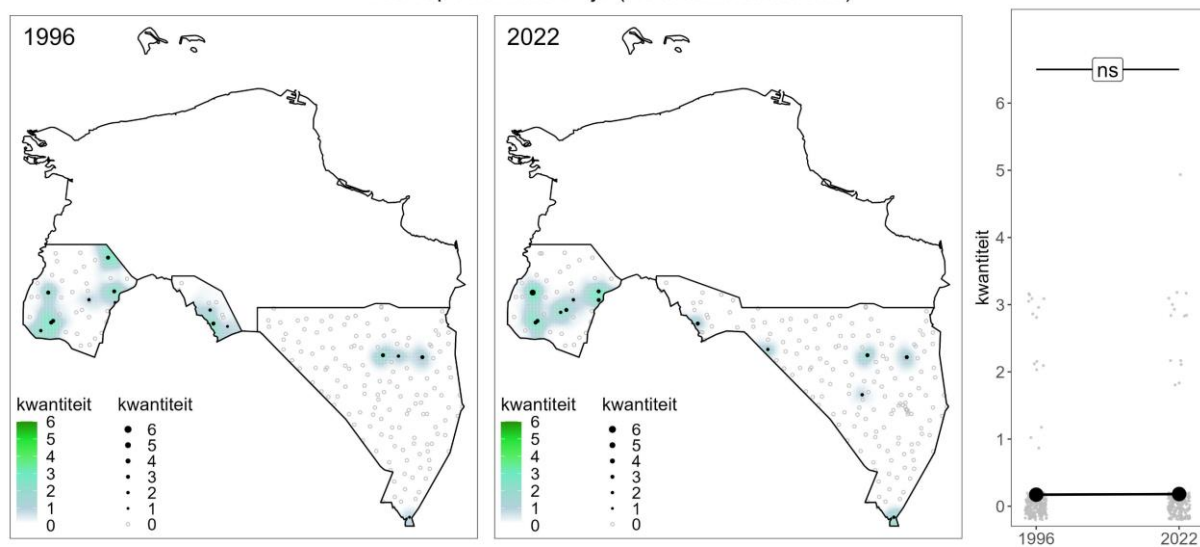
Witte kringkorst (*Pertusaria albescens*)



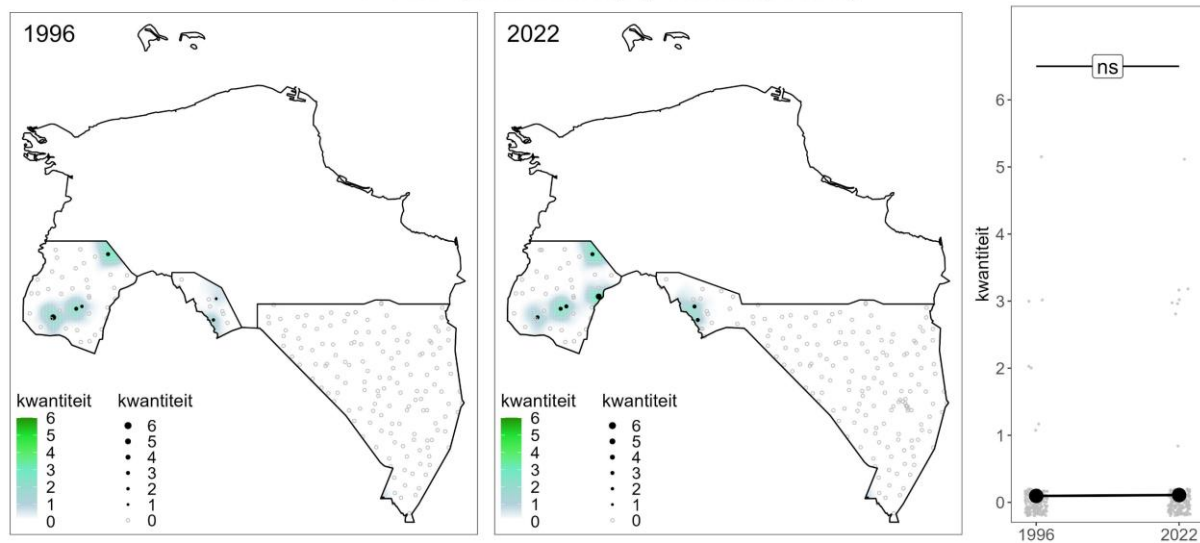
Ananaskorst (*Pertusaria amara*)



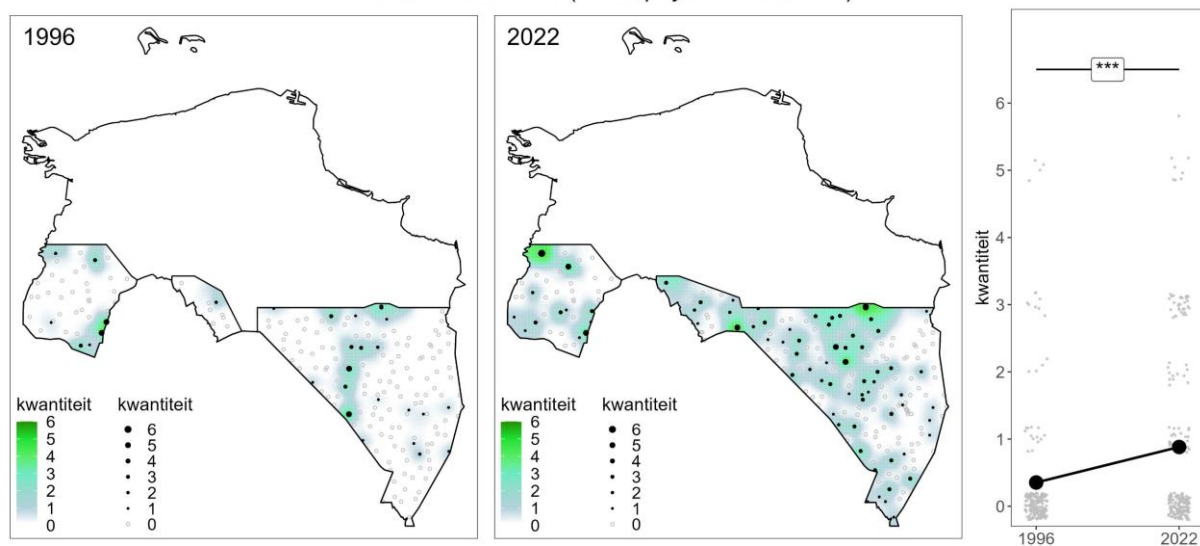
Bleek speldenkussentje (*Pertusaria coccodes*)



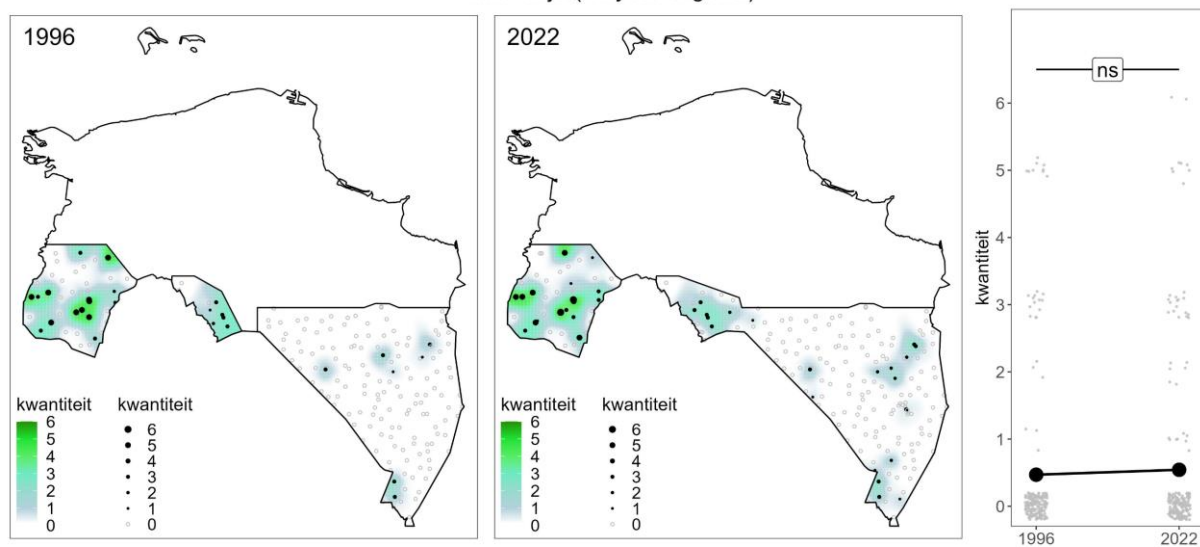
Gewoon speldenkussentje (*Pertusaria pertusa*)



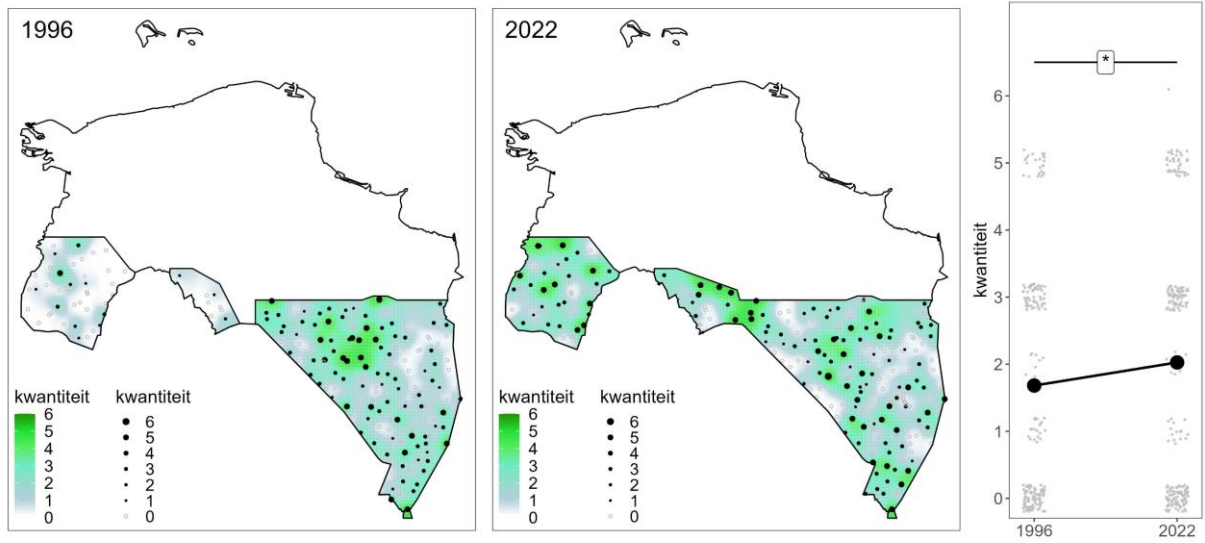
Rond schaduwmos (*Phaeophyscia orbicularis*)



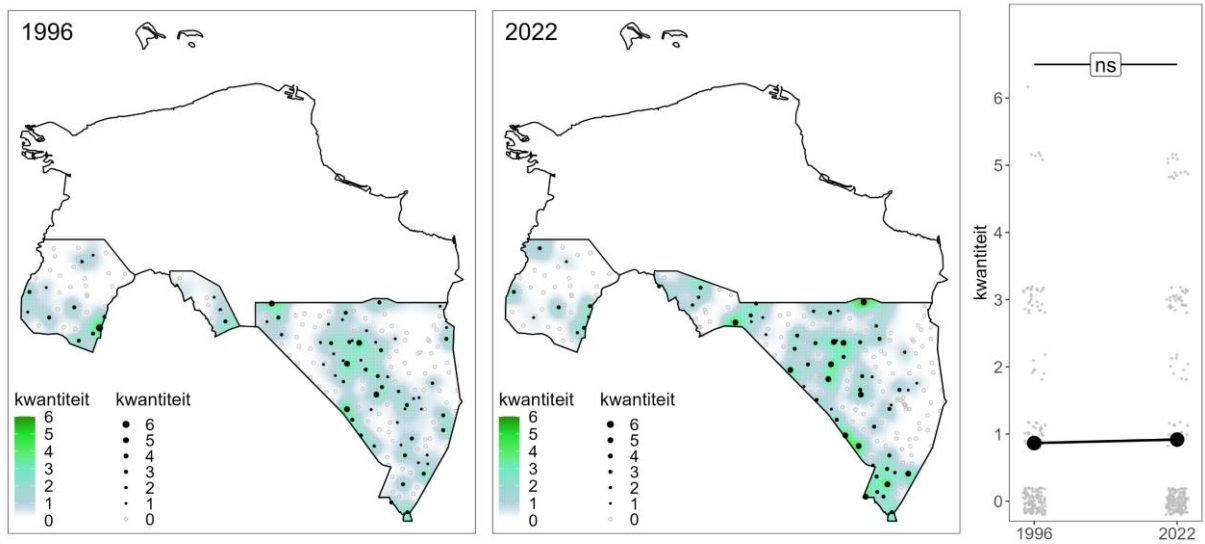
Lichtvlekje (*Phlyctis argena*)



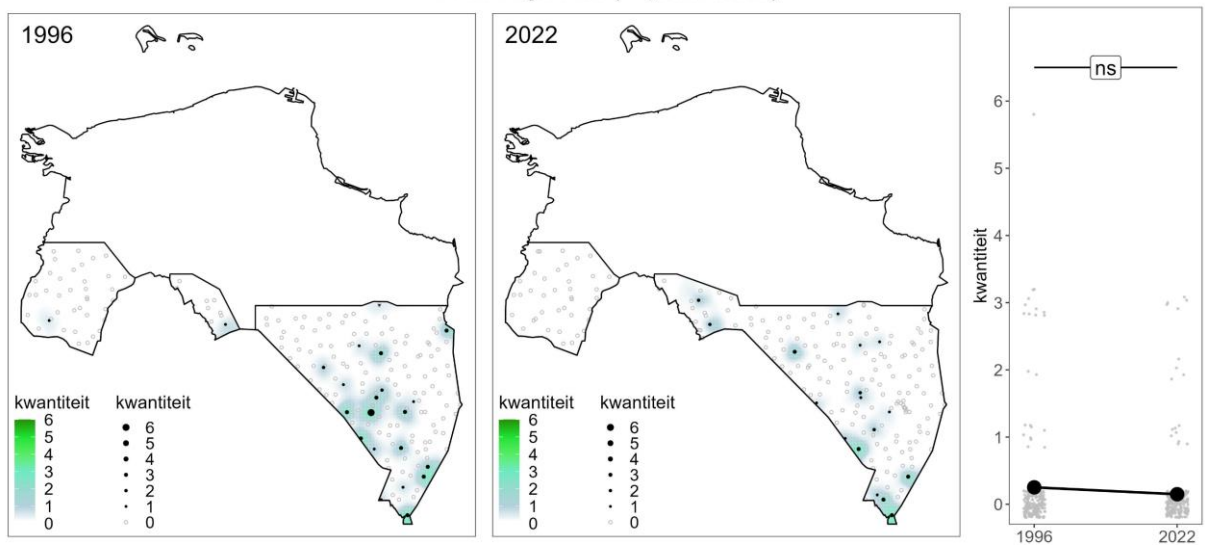
Kapjesvingermos (*Physcia adscendens*)



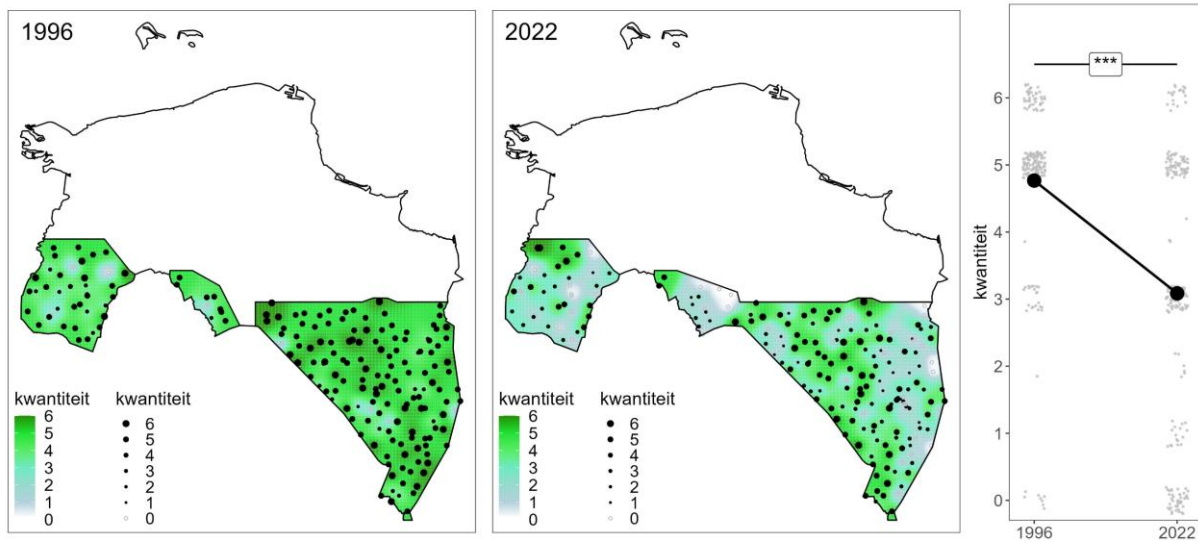
Stoeprandvingermos (*Physcia caesia*)



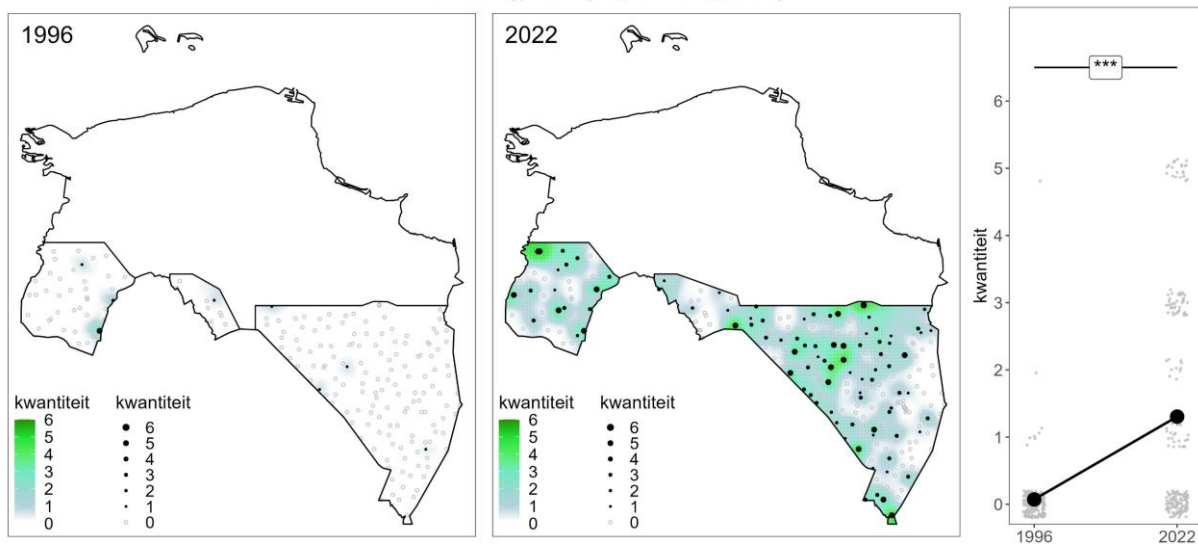
Bleek vingermos (*Physcia dubia*)



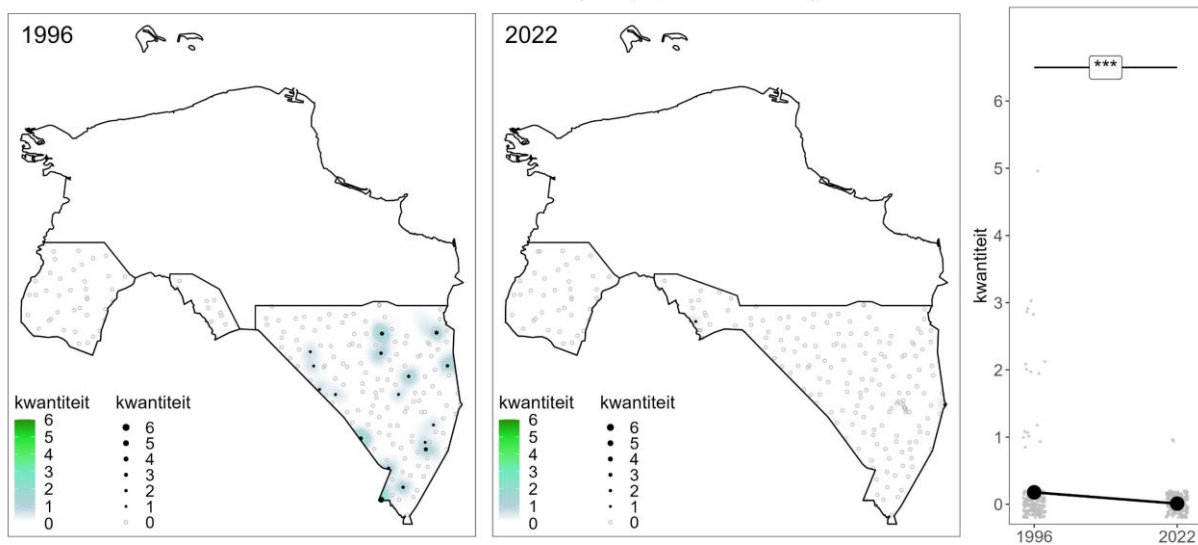
Heksenvingermos (*Physcia tenella*)



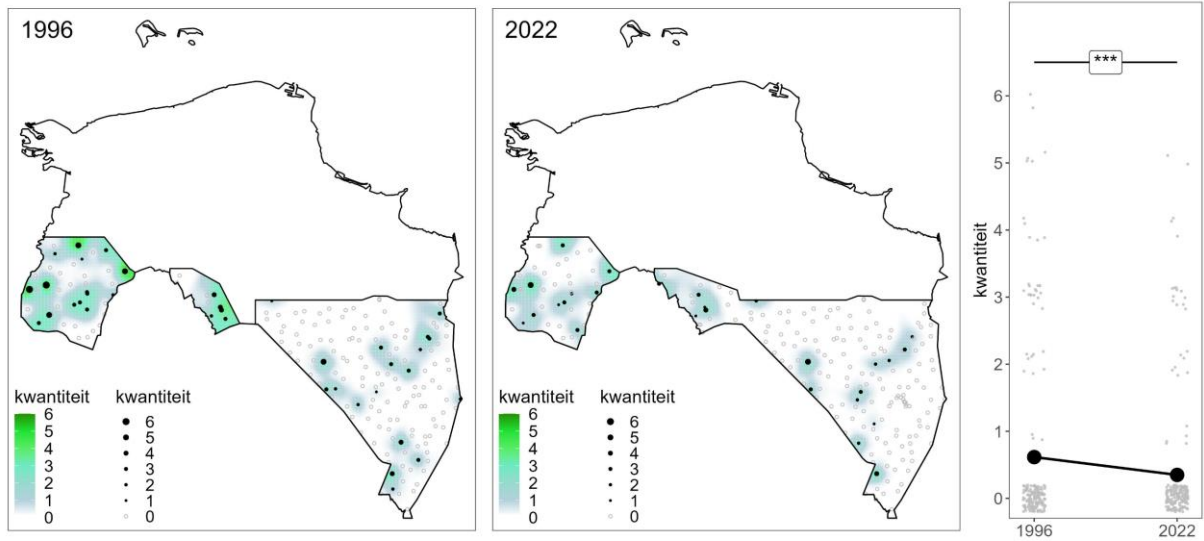
Grauw rijpmos (*Physconia grisea*)



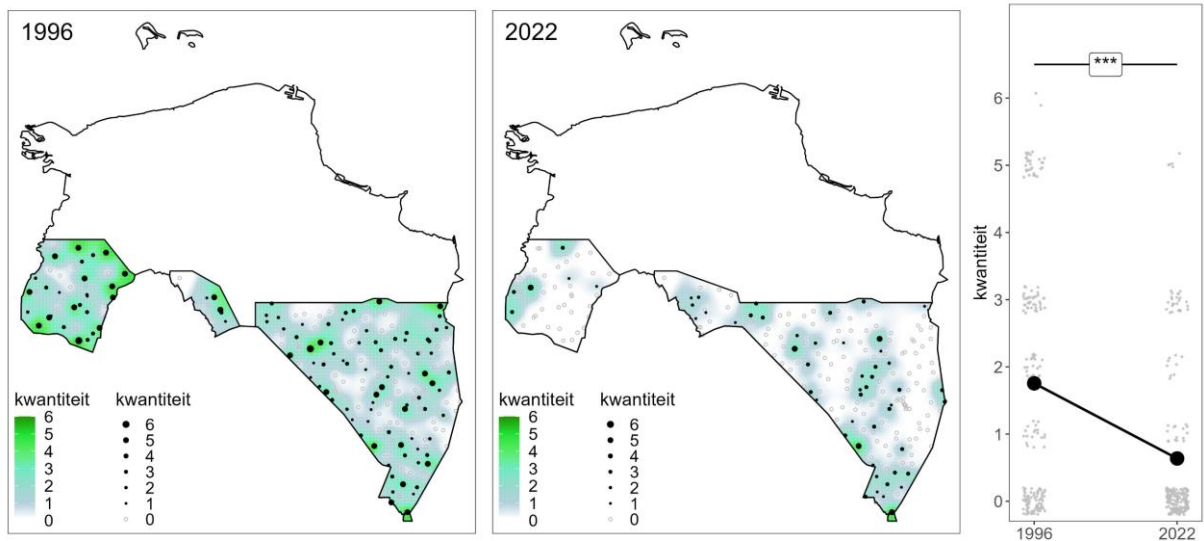
Bruine veenkorst (*Placynthiella icmalea*)



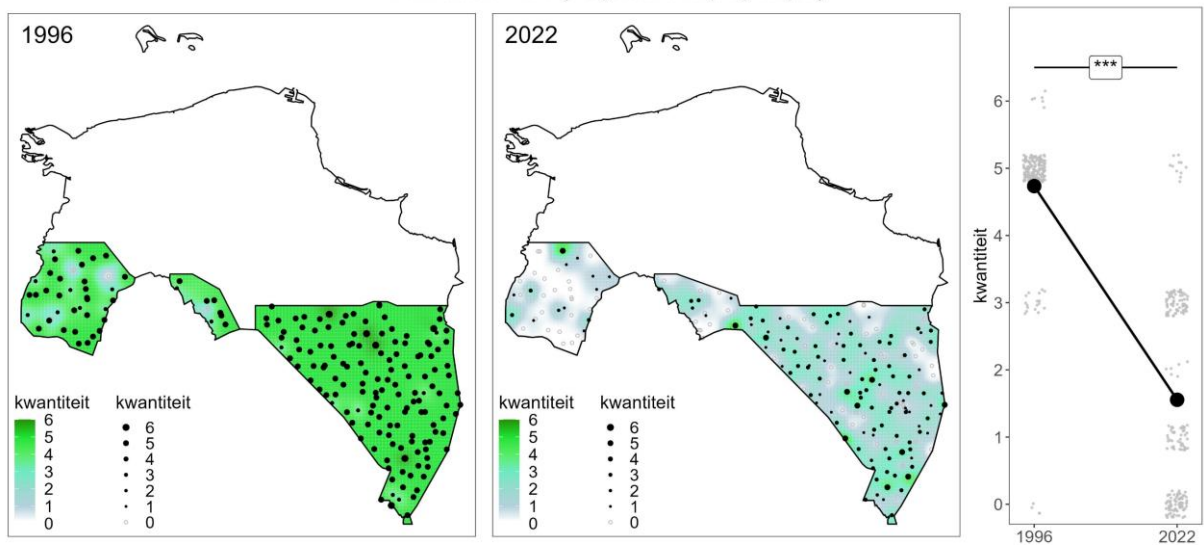
Olijf-schildmos (*Pleurosticta acetabulum*)



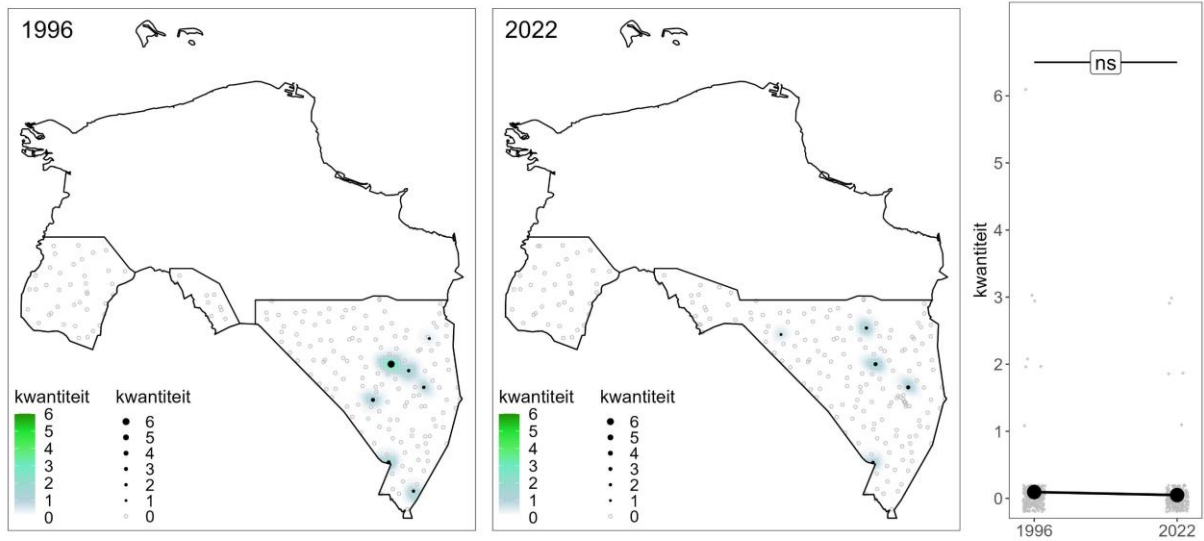
Kroezig dooiermos (*Polycauliona candelaria*)



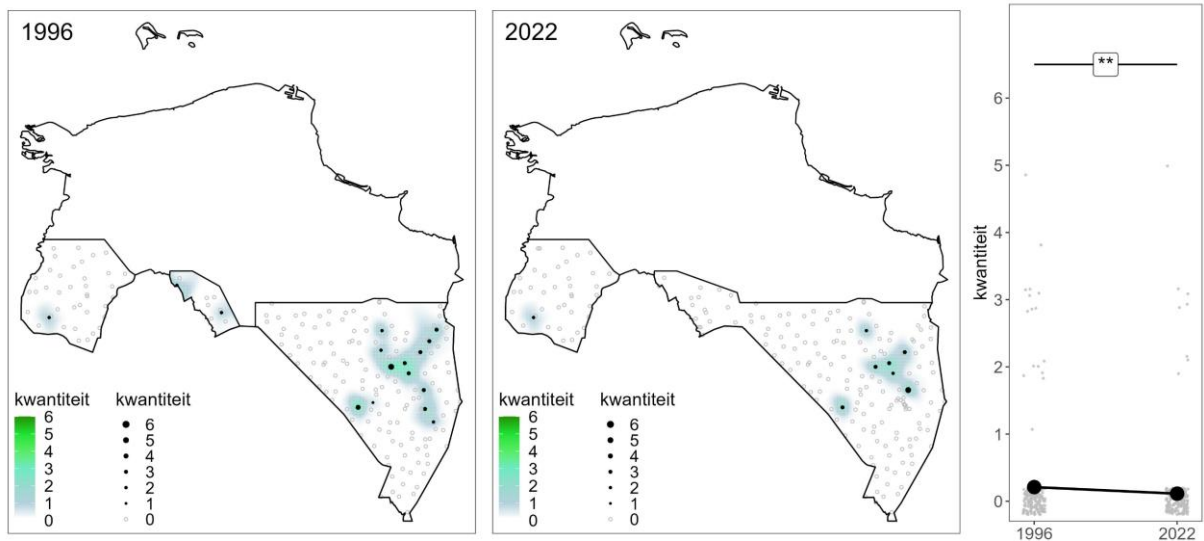
Klein dooiermos (*Polycauliona polycarpa*)



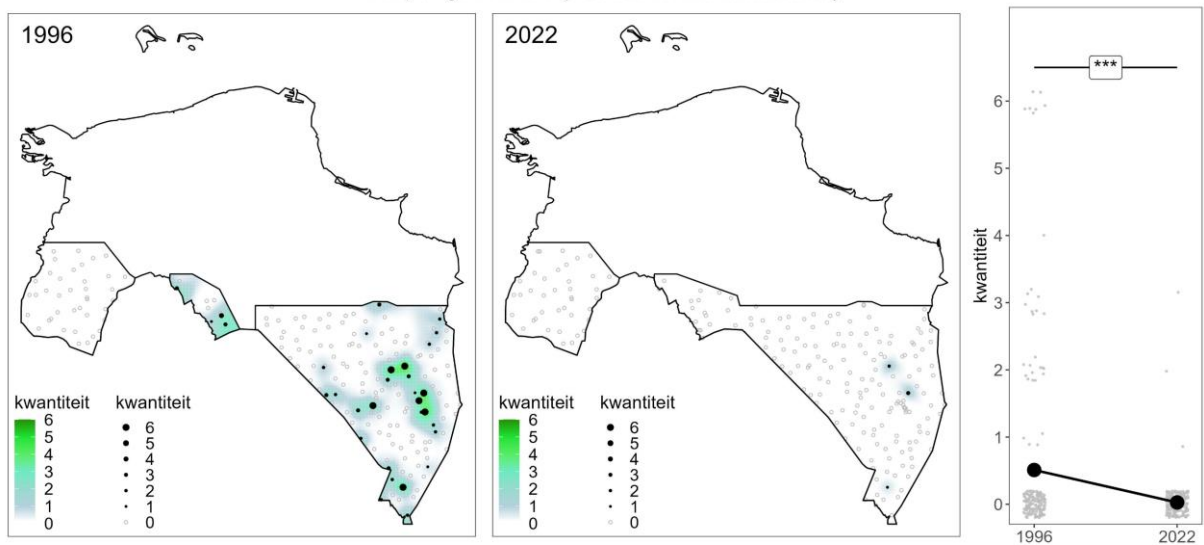
Grijze spijkerdrager (*Protoparmelia hypotremella*)



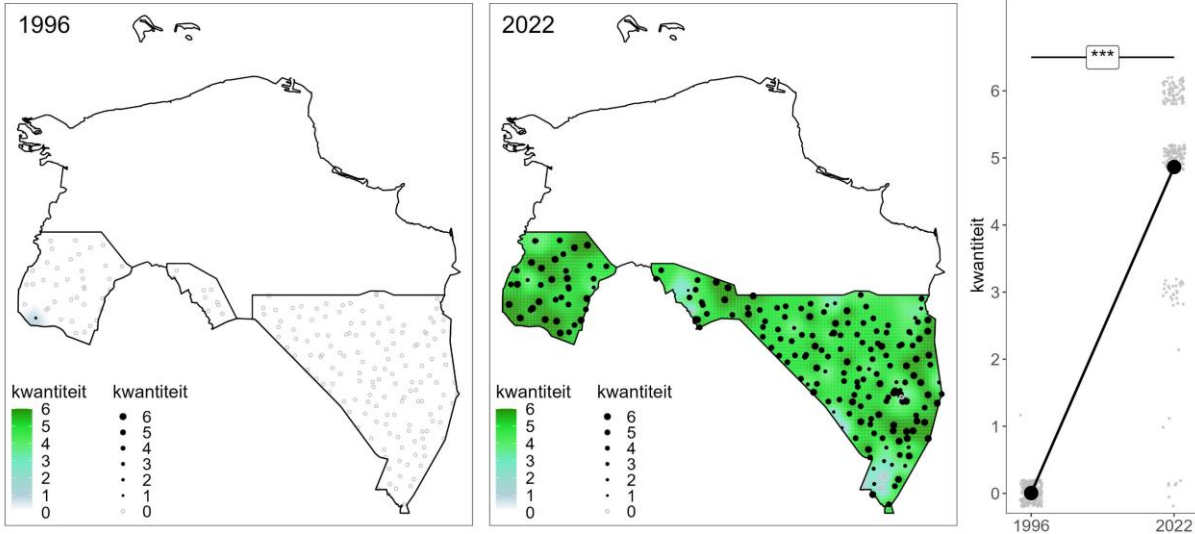
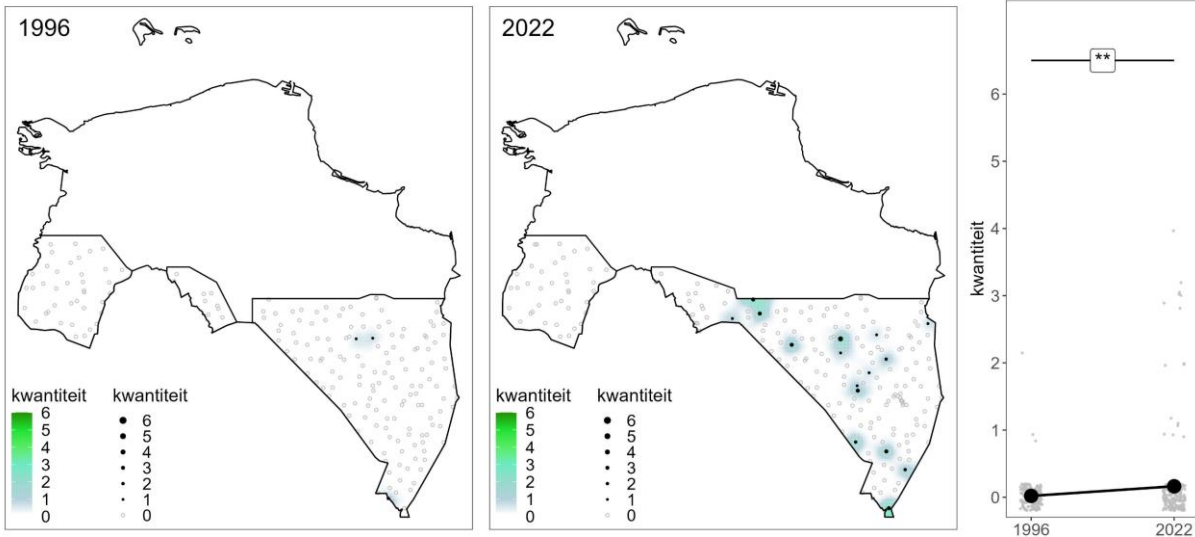
Bruine spijkerdrager (*Protoparmelia oleagina*)



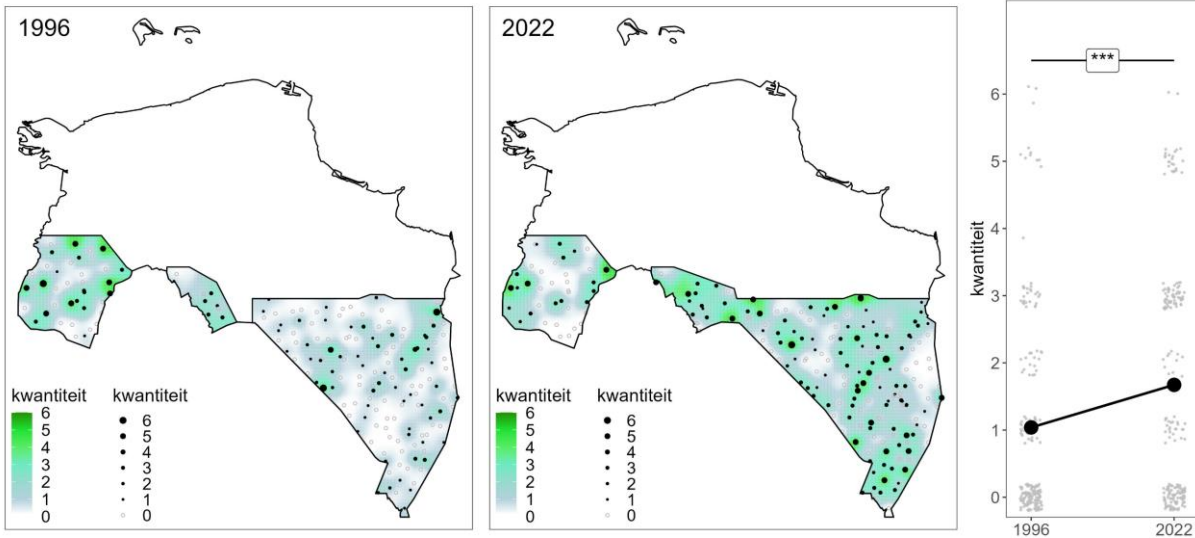
Purper gewei mos (*Pseudevernia furfuracea*)



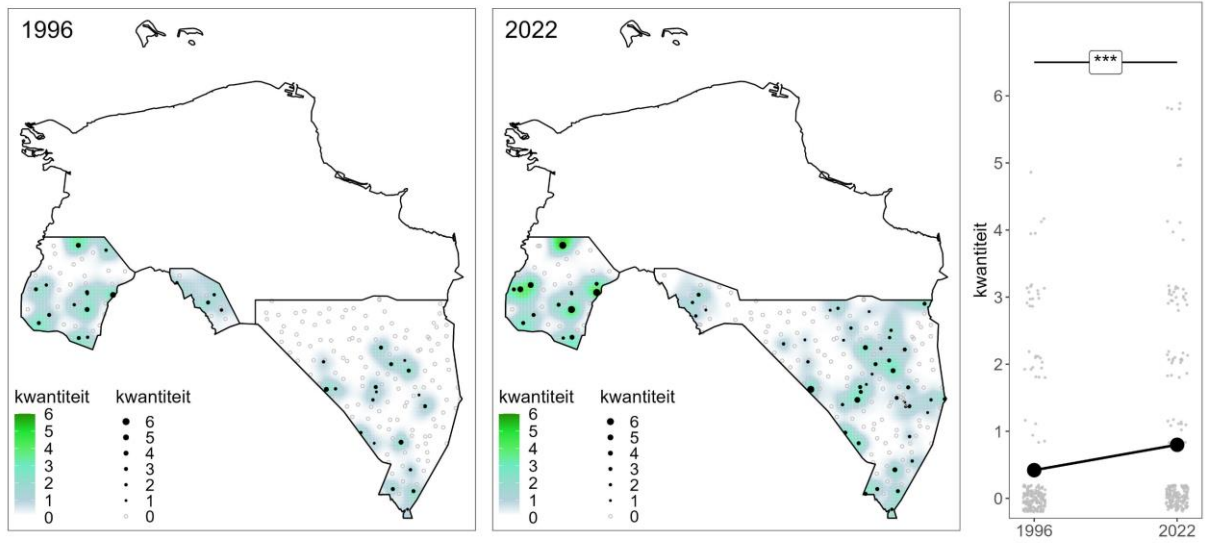
Verzonken schriftmos (*Pseudoschismatomma rufescens*)

Witstippelschildmos (*Punctelia borrieri*)

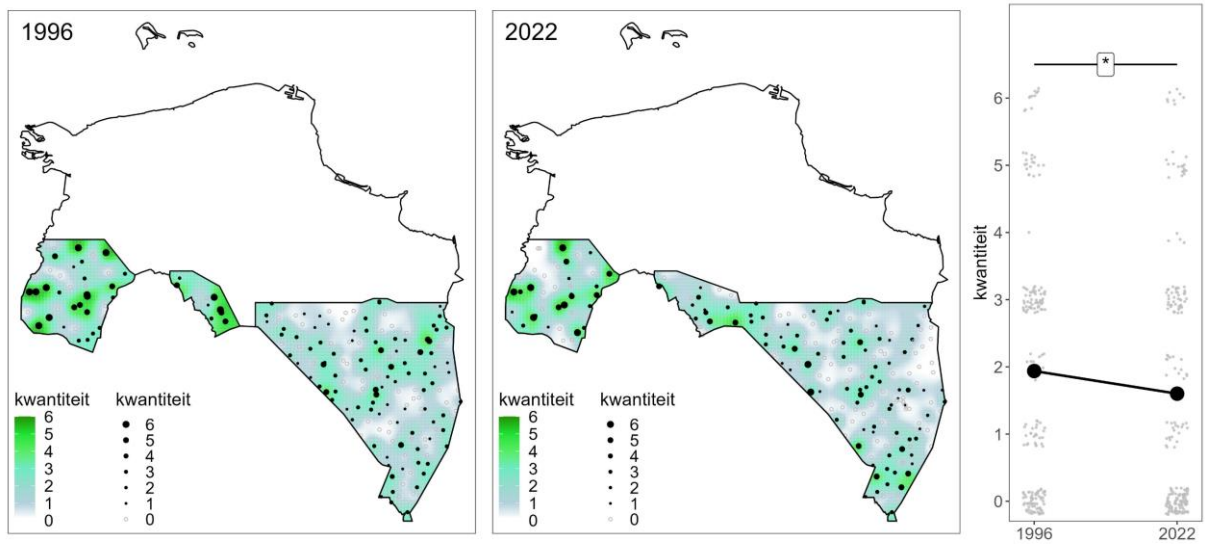
Rijp / Gestippeld schildmos (*Punctelia subrudecta* / *jeckeri*)



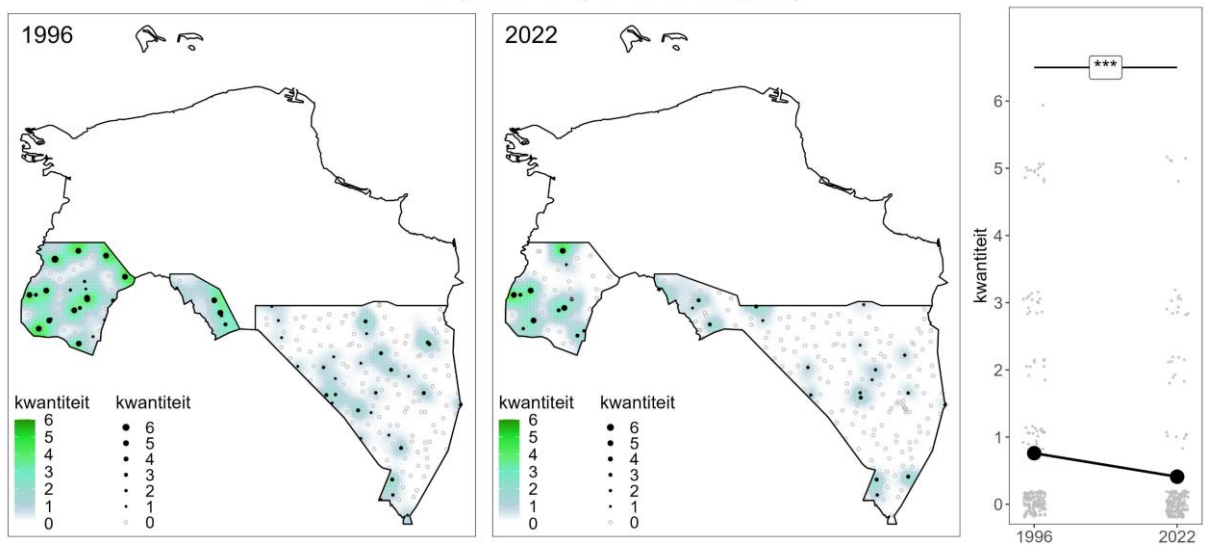
Grove mosterdkorst (*Pyrrhospora quernea*)



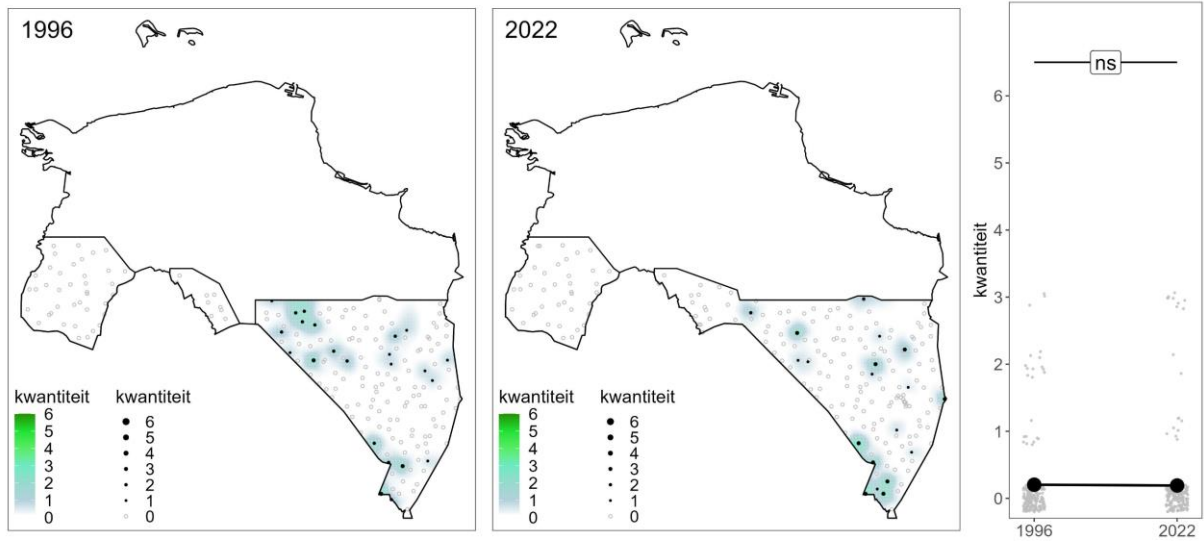
Melig takmos (*Ramalina farinacea*)



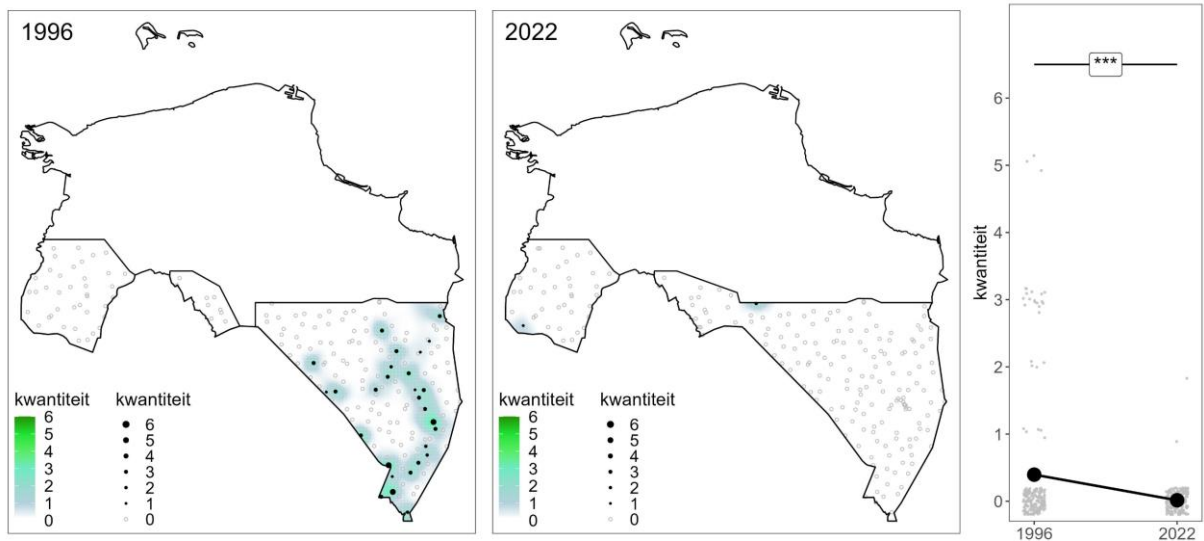
Trompettakmos (*Ramalina fastigiata*)



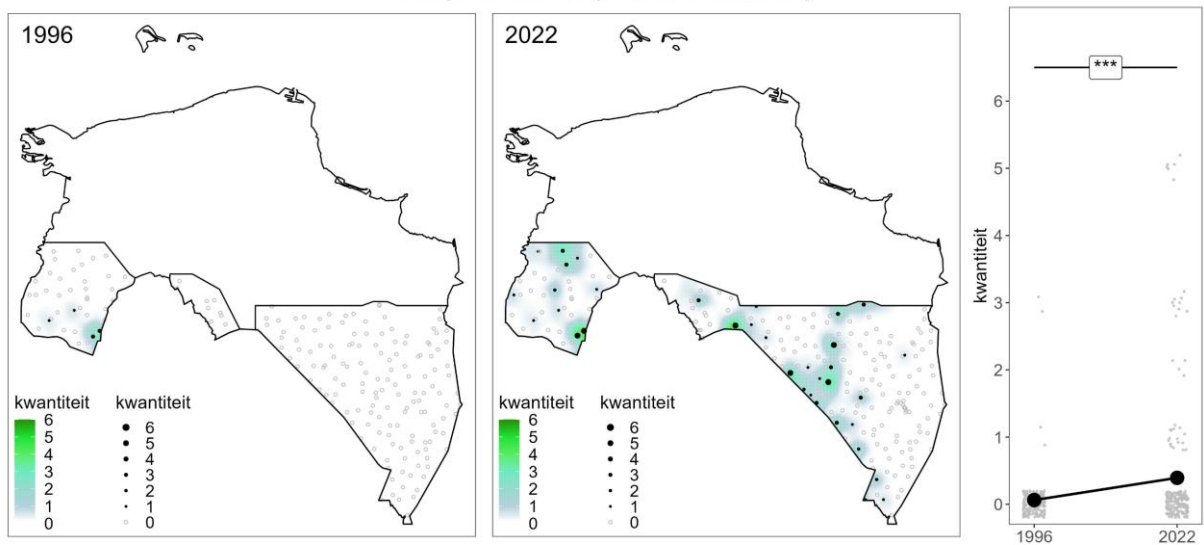
Gewoon muggenstrontjesmos (*Strangospora pinicola*)



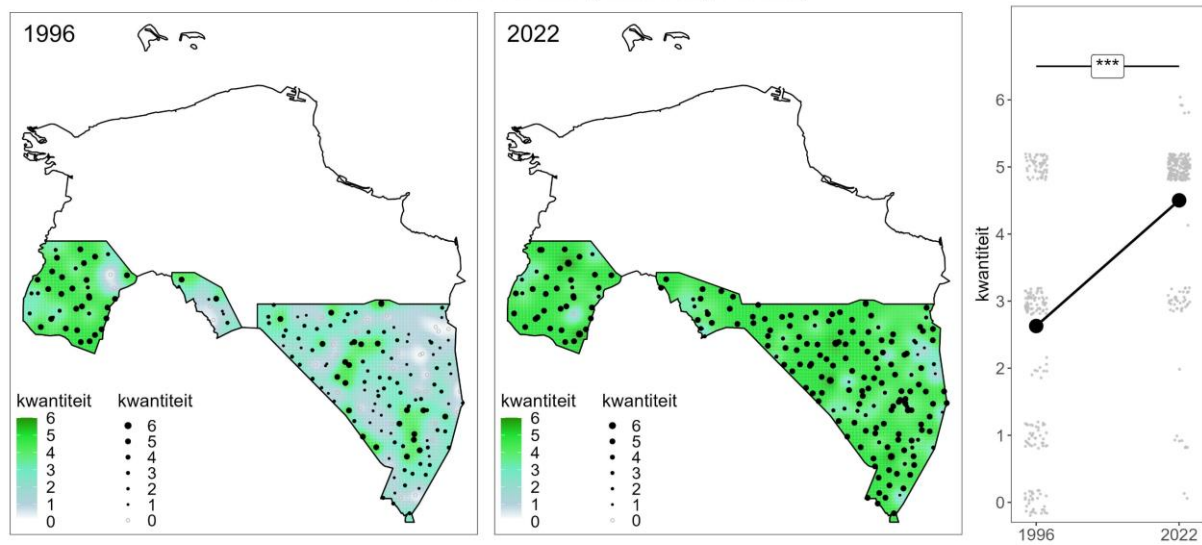
Lichte veenkorst (*Trapeliopsis granulosa*)



Oranje dooiermos (*Xanthoria calcicola*)



Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*)



Bijlage E. Soortkaarten mossen

Soortkaarten worden alleen gegeven voor de complete meetrondes 1996 en 2022 en alleen voor soorten die in deze meetrondes samen minimaal 10 keer zijn waargenomen.

De kwantiteit is tussen meetpunten geïnterpoleerd op dezelfde manier als gedaan is voor graadmeters (zie 2.5.2).

In de grafiek rechts is per meetronde de gemiddelde kwantiteit weergegeven, waarbij alle meetpunten meetellen, zowel meetpunten waarin een soort wel is aangetroffen (kwantiteit 1-6) als niet is aangetroffen (kwantiteit 0). De kwantiteiten van alle individuele meetpunten zijn in de grafiek weergegeven als lichtgrijze kleine punten. Bovenaan in de grafiek is aangegeven of de kwantiteit veranderd is tussen meetrondes:

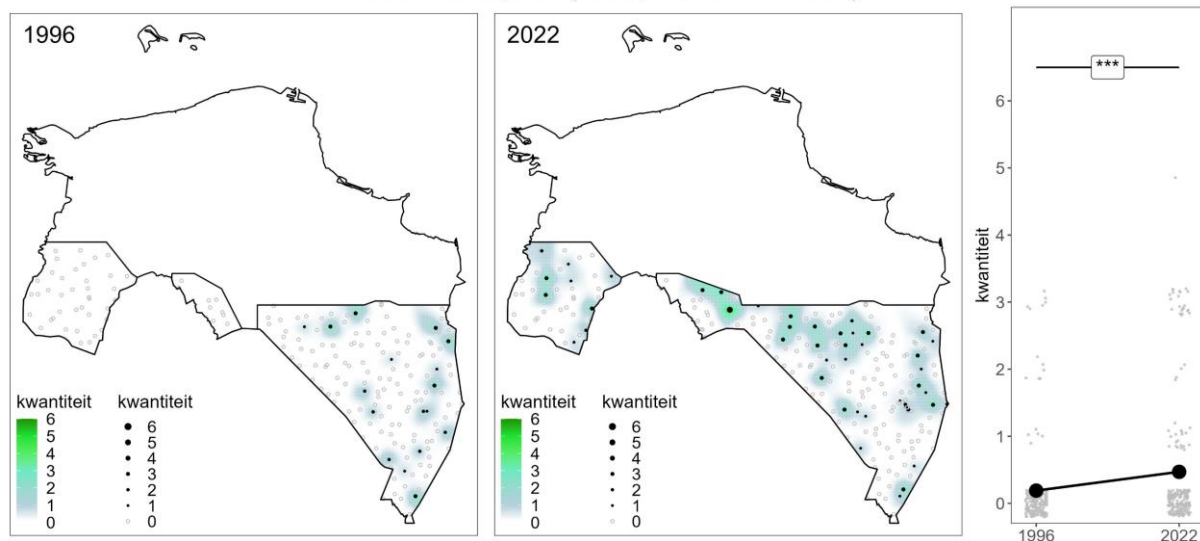
ns: niet significante verandering ($P > 0.05$)

*: significante verandering ($0.05 > P > 0.01$)

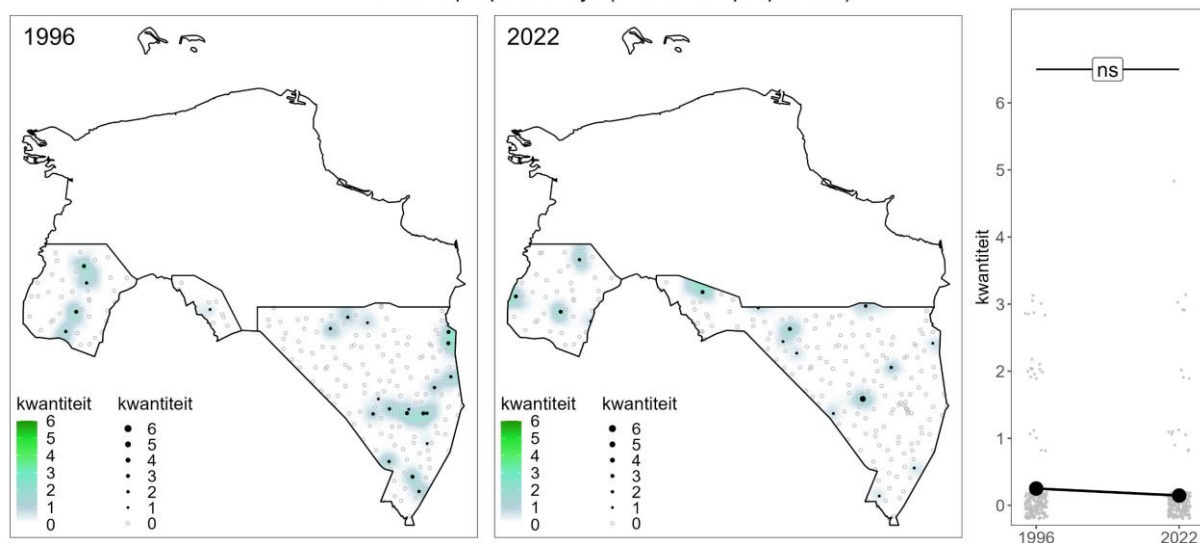
**: significante verandering ($0.01 > P > 0.001$)

***: significante verandering ($0.001 > P$)

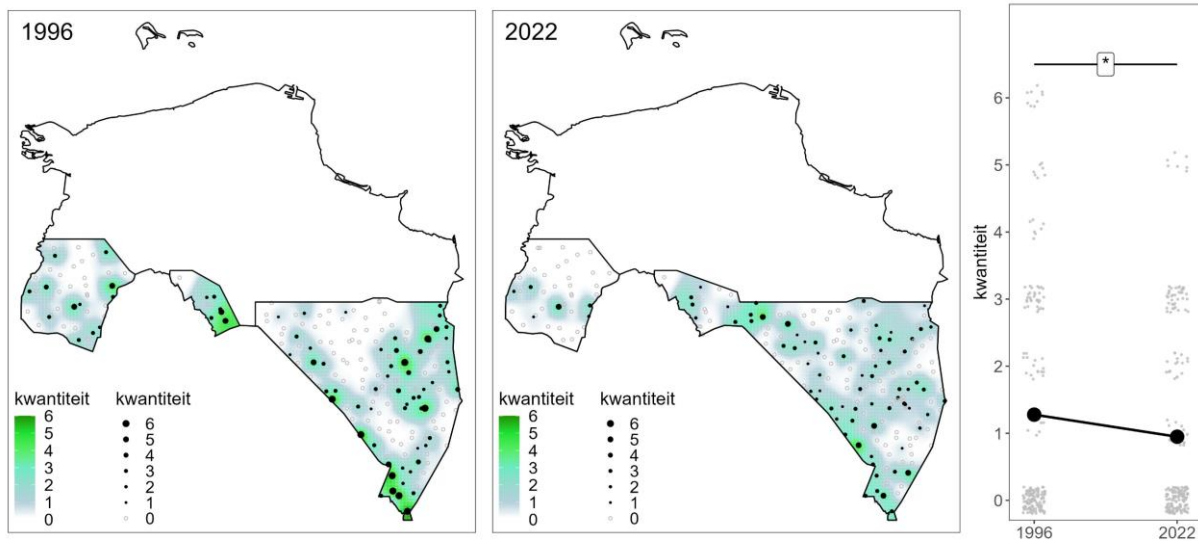
Gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*)



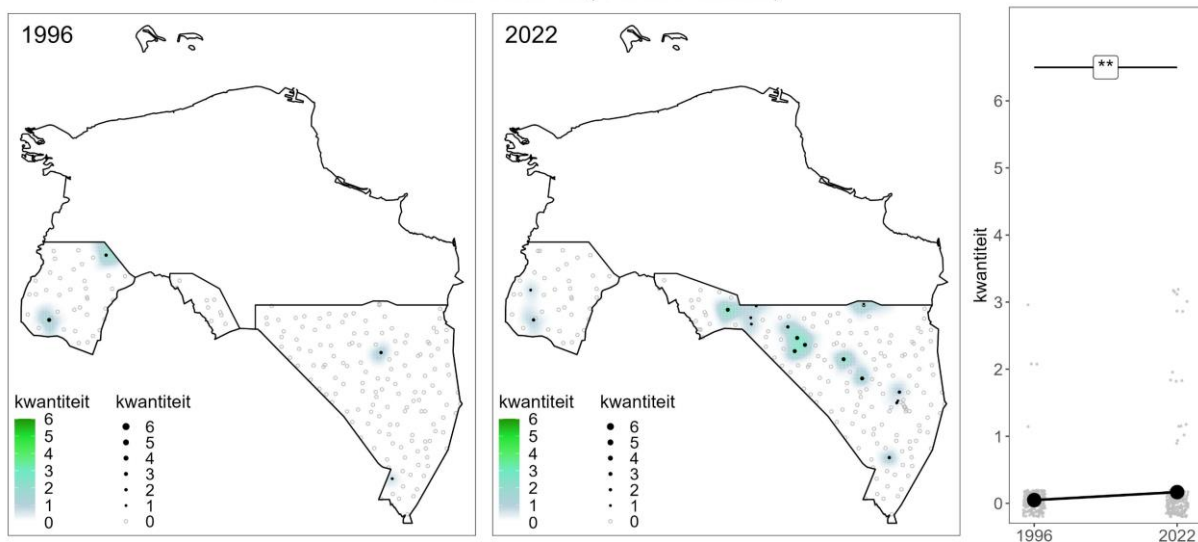
Gewoon purpersteeltje (*Ceratodon purpureus*)



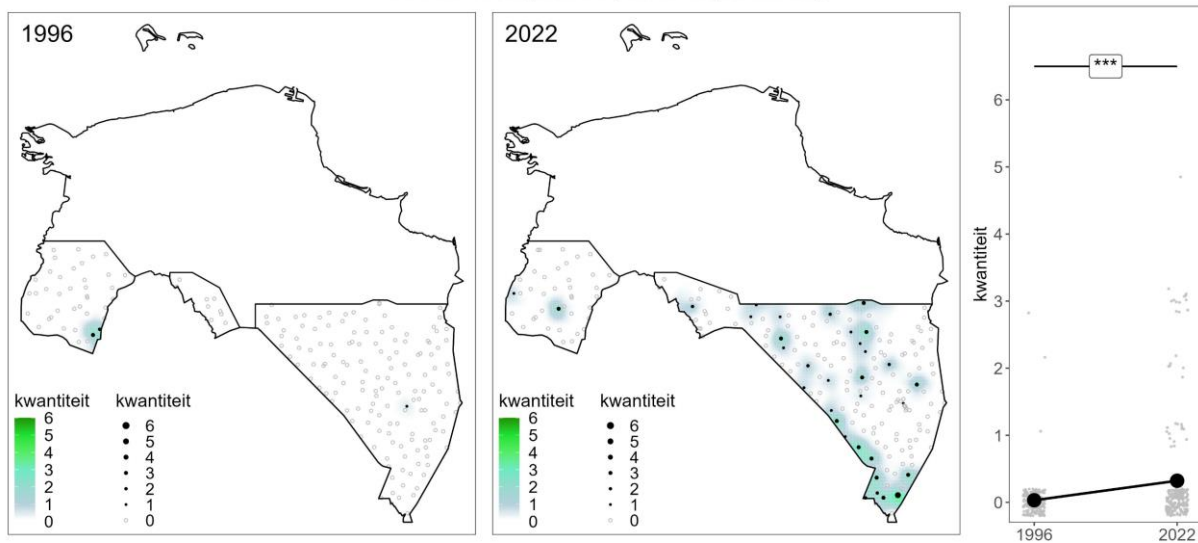
Gewoon sikkelsterretje (*Dicranoweisia cirrata*)



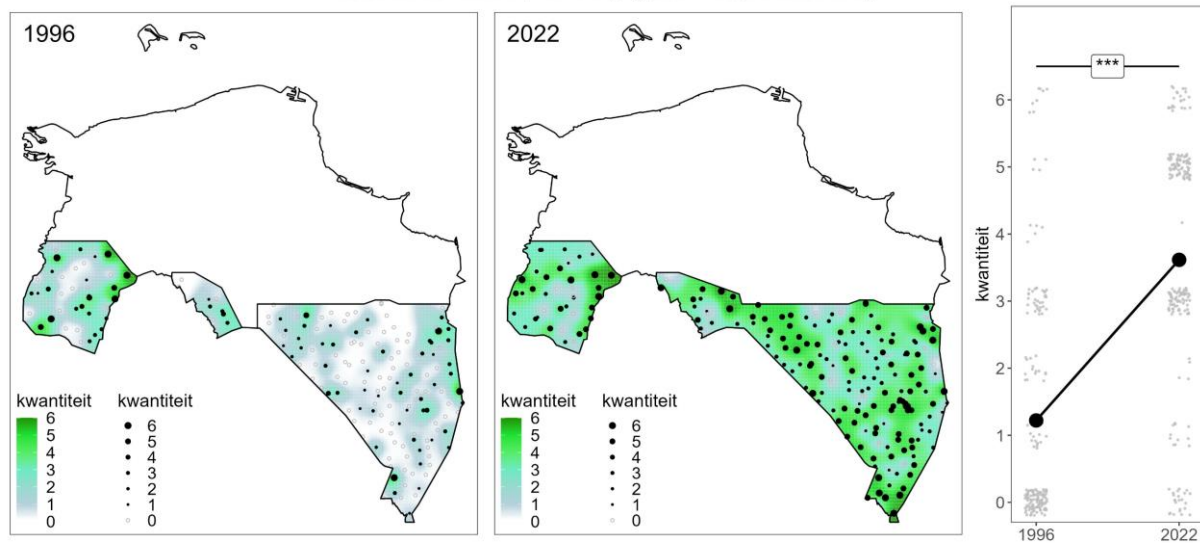
Helmroestmos (*Frullania dilatata*)



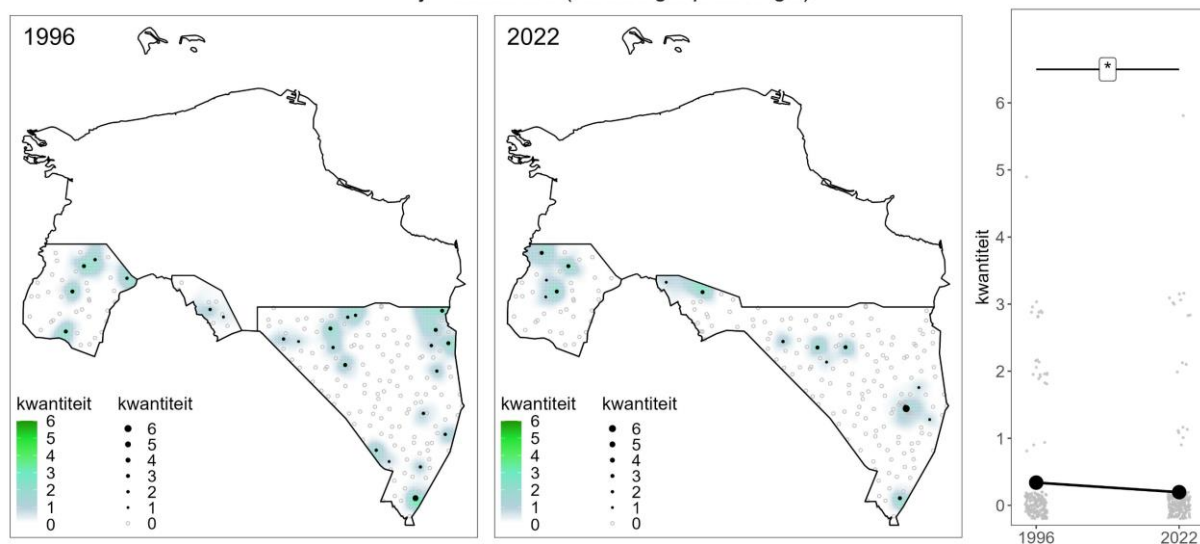
Gewoon muisjesmos (*Grimmia pulvinata*)



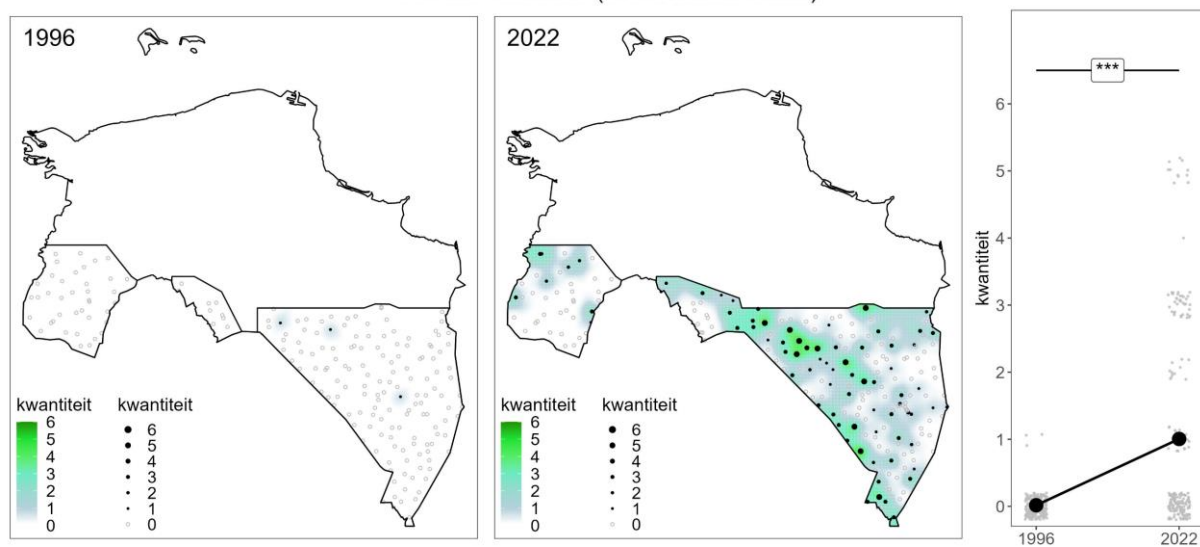
Gesnaveld klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*)



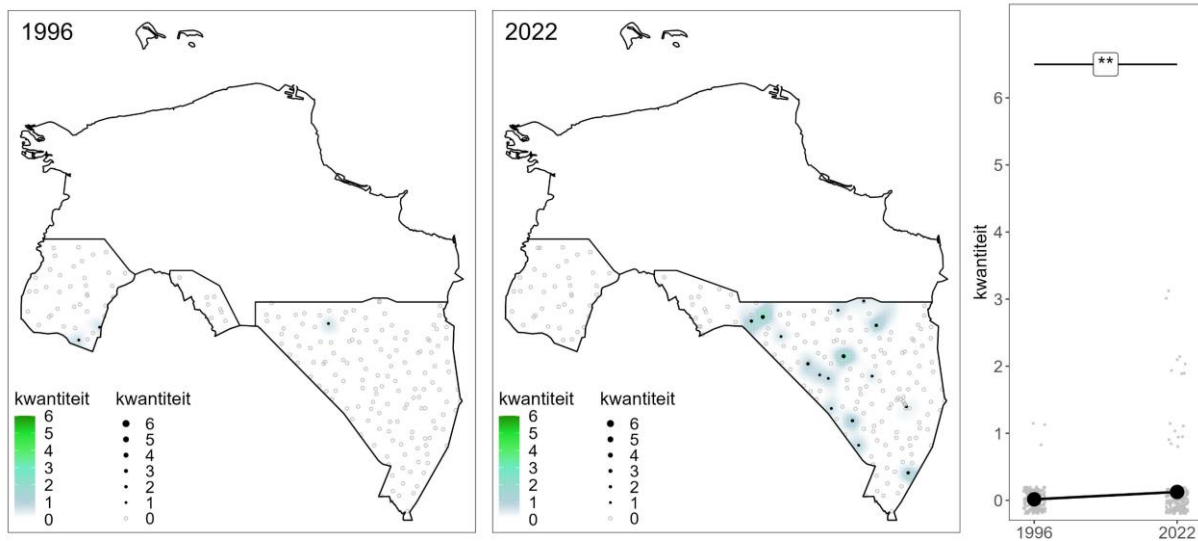
Fijn laddermos (*Kindbergia praelonga*)



Gewone haarmuts (*Orthotrichum affine*)



Grijze haarmuts (*Orthotrichum diaphanum*)



Knikkersterretje (*Syntrichia papillosa*)

