



Potentiële effecten van stikstofdepositie op terrestrische natuurgebieden in Flevoland

G.W.W. Wamelink., M.J. Josemans, P.W. Goedhart & H.D. Roelofsen



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Potentiële effecten van stikstofdepositie op terrestrische natuurgebieden in Flevoland

G.W.W. Wamelink., M.J. Josemans, P.W. Goedhart & H.D. Roelofsen

Wageningen Environmental Research
Wageningen, april 2023

Gereviewd door:
Friso van der Zee, senior onderzoeker team B&

Akkoord voor publicatie:
Joke de Jong, teamleider van B&B

Rapport 3249
ISSN 1566-7197

G.W.W. Wamelink., M.J. Josemans, P.W. Goedhart & H.D. Roelofsen, 2023. *Potentiële effecten van stikstofdepositie op terrestrische natuurgebieden in Flevoland*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3249. 114 blz.; 5 fig.; 1 tab.; 24 ref.

De provincie Flevoland heeft verschillende natuurgebieden, maar aan geen van de gebieden is een habitattypen gekoppeld dat op een gevoeligheid voor stikstofdepositie duidt. De vraag is of dit terecht is. Een eerste inventarisatie laat zien dat er in Flevoland wel degelijk bodemtypen en vegetatietypen voorkomen in natuurgebieden die gevoelig zijn voor stikstofdepositie. Processen die duiden op effecten van stikstofdepositie zijn o.a. verbraming, toename van brandnetels en een indicatie van een verlaging van de bodem-pH en het calciumgehalte in de bodem. Een eerste inventarisatie laat ook zien dat voor een groot deel van het oppervlak van de natuur de stikstofdepositie hoger is dan goed is voor een goede ontwikkeling van de natuur.

The province of Flevoland in the Netherlands has several 'natural' areas, but none of them have a habitat type that is sensitive for nitrogen deposition connected. The question is if this correct, are there no nitrogen deposition sensitive vegetation types in Flevoland? A first inventory shows that the province of Flevoland does have soil types and vegetation types that are vulnerable for nitrogen deposition. Indicators of an effect of nitrogen deposition are in increase of black Berry and Sting nettle and a decrease of soil pH and calcium content of the soil. A first inventory also shows that for a major part of the surface of natural areas the nitrogen deposition exceeds the threshold value for a good vitality of the vegetation.

Trefwoorden: stikstof depositie; verzuring; vermesting; bramen; brandnetel

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/629687> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2023 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3249 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Wieger Wamelink

Inhoud

Verantwoording	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Visie op de opdracht	9
1.3 Doel	10
2 Geomorfologie en beheertypen	11
3 Overschrijding van de grenswaarden voor stikstofdepositie	14
3.1 Inleiding	14
3.2 Methode	14
3.3 Resultaat	15
3.4 Discussie	15
4 Schatting van responscurven voor de effecten van stikstofdepositie op beheertypen	17
4.1 Inleiding	17
4.2 Methode	17
4.2.1 Samenvattende beschrijving methode	17
4.2.2 Wijzigingen op de methode	18
4.3 Resultaten	19
4.4 Discussie	23
4.4.1 Beheertypen waarvoor een responscurve kon worden geschat	23
4.4.2 Typen zonder of met te weinig kwalificerende plantensoorten	23
5 Vegetatieopnamen en bodemmonsters	25
5.1 Inleiding	25
5.2 Materiaal en methode	25
5.3 Resultaten	25
5.3.1 pH	25
5.3.2 Calciumgehalte	26
5.4 Discussie	26
6 Veldbezoek	27
6.1 Resultaten en Discussie	28
7 Invasieve soorten	30
7.1 Exoten	30
7.2 Invasieve soorten bij hoge stikstofdepositie	31
8 Hogere trofieniveaus	33
8.1 Effect van verschuiving van insecten bevruchtters naar windbevruchtters	33
8.2 Verandering van structuurtype en het effect op vogels	33
8.3 Effect van verzuring en (oppervlakkige) ontkalking	33
9 Samenvattende discussie	35
10 Conclusies	37
11 Aanbevelingen	38

Literatuur	39
Bijlage 1 Responscurven van soorten per beheertype	40
Bijlage 2 Berekende bodem-pH voor vegetatieopnamen per klasse	81
Bijlage 3 Berekende calciumgehalte in de bodem voor vegetatieopnamen per klasse	90
Bijlage 4 Veldbezoeken	99

Verantwoording

Rapport: 3249

Projectnummer: 5200047601

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Senior onderzoeker

naam: Ir. F. van der Zee

datum: 20-12-2022

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Dr. J.C. de Jong

datum: 18-04-2023

Samenvatting

Het stikstofbeleid van de provincie Flevoland is deels gericht op het beschermen van stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden in buurprovincies. Daarnaast verplicht de Kaderrichtlijn Water Flevoland tot het terugdringen van het nitraatgehalte van het Flevolandse grond- en oppervlaktewater. Inzicht in de effecten van stikstofstromen op de Flevolandse natuur is van belang voor het formuleren van effectief natuurbeschermingsbeleid binnen de provincie Flevoland. Het programma Natuur heeft versterking van de natuur binnen Flevoland als doel. Stikstofdepositie speelt daarbij tot dusverre een ondergeschikte rol, omdat aangenomen wordt dat de Flevolandse natuurgebieden minder last zouden hebben van stikstofdepositie. Deze aanname is tot op heden echter niet wetenschappelijk onderbouwd. In dit rapport wordt beschreven hoe op verschillende manieren is onderzocht of en in hoeverre stikstofdepositie potentiële en actuele negatieve effecten laat zien op de Flevolandse terrestrische natuur.

Ten eerste zijn de bodemtypen geïnventariseerd. Flevoland heeft voornamelijk voedselrijke kleigronden, maar ook zand- en veengronden die in principe (op termijn) stikstofgevoelig zijn.

Ten tweede is gebruikgemaakt van de beheertypen en de daarvoor gedefinieerde grenzen voor stikstofdepositie en de actuele depositie in Flevoland. Voor het grootste oppervlak van terrestrisch stikstofgevoelige natuur wordt de maximumwaarde voor een goed ontwikkelde vegetatie voor stikstofdepositie overschreden en komt de vegetatie in de klasse 'matig' en een klein deel in de klasse 'slecht' terecht. Dit betekent dat de depositie te hoog is en (op termijn) tot negatieve effecten kan leiden.

Ten derde zijn er voor de beheertypen zogenaamde responscurven voor stikstofdepositie geschat, analoog aan die eerder geschat zijn voor habitattypen. De responsies laten zien dat de in Flevoland voorkomende beheertypen gevoelig zijn voor stikstofdepositie en dat de kwaliteit (biodiversiteit) achteruitgaat bij toenemende depositie. Dit geldt ook voor typen op rijkere gronden, waarvan tot nu toe werd aangenomen dat er geen effecten zijn.

Ten vierde is op basis van vegetatieopnamen (gemaakt in het verleden) een schatting gemaakt van de bodem-pH en het calciumgehalte. De schattingen komen voor zowel pH als calciumgehalte soms op lage waarden en gehalten uit, ook voor de voormalige zeegronden. Dat is onverwacht, gezien het oorspronkelijk basische karakter. Hoewel geen tijdreeksen konden worden gemaakt, lijkt het erop dat pH en calciumgehalte beide aan het dalen zijn. Dit zou mede kunnen worden veroorzaakt door het verzurende effect van stikstofdepositie. De meeste schattingen liggen wel binnen de ranges die de vegetatieklassen stellen, maar daarbinnen bevinden zich associaties die nu niet meer goed ontwikkeld kunnen voorkomen. Aangeraden wordt om dit verder met monsternamen en laboratoriumanalyses van de bodem te onderbouwen.

Ten vijfde zijn er verschillende natuurgebieden bezocht. Opvallend was de aanwezigheid van veel bramen in een deel van de bossen en de bosranden. Daarnaast valt de terugkeer van brandnetels op, vooral op open plekken in het bos en lichtere bossen. Soms zijn de bramen meer dan vier meter hoog en duwen ze struiken en kleine boompjes om. Van andere ondergroei is dan geen sprake meer. In de open natuurgebieden (heide en graslanden) lijkt het effect nog beperkt, maar zijn Witbol en Duinriet dominant aanwezig. Ook riet kan dominant worden en kan op sommige plekken een bedreiging voor andere plantensoorten zijn.

Ten zesde is er gekeken naar exoten, inclusief invasieve soorten. Van de gebieds- en soms type-eigen soorten vallen wederom de braam en brandnetel op door hun invasieve dominante karakter. Van oudsher is als invasieve exoot de Reuzenberenklauw bekend in Flevoland. Zij is nog steeds aanwezig en kan profiteren van stikstofdepositie, echter de bestrijding lijkt langzaam succesvol, maar dient wel te worden voortgezet door alle partijen. Daarnaast valt de Dijkviltbraam op, inmiddels ingeburgerd, maar ooit afkomstig uit de Kaukasus. Deze soort ruikt op verschillende plaatsen massaal op, vooral in en aan de rand van bossen. Daarnaast lijkt ook de Dauwbraam te profiteren van stikstofdepositie.

Ten zevende is kort aandacht besteed aan hogere trofieniveaus. Hierover is relatief weinig bekend wat betreft de effecten van stikstofdepositie. Bekend van de Veluwe zijn de effecten op het calciumgehalte in de vegetatie en daardoor optredende tekorten in huisjesslakken en vogels. Of dit (op termijn) tot problemen kan leiden in Flevoland zou gemonitord kunnen worden, bijvoorbeeld door huisjesslakken als indicatoren te nemen.

Deze eerste verkenning laat resultaten zien die allemaal in één richting wijzen, namelijk dat er in Flevoland stikstofgevoelige natuur aanwezig is en dat hiervan al effecten zichtbaar zijn in het veld.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het stikstofbeleid van de provincie Flevoland is voornamelijk gericht op het beschermen van stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden in buurprovincies. Ook verplicht de Kaderrichtlijn Water Flevoland tot het terugdringen van het nitraatgehalte van het Flevolandse grond- en oppervlaktewater. Inzicht in de effecten van stikstofstromen op de Flevolandse natuur is van belang voor het formuleren van effectief natuurbeschermingsbeleid binnen de provincie Flevoland. Daarbij biedt deze kennis bouwstenen (meekoppelkansen) voor de Flevolandse Aanpak Stikstof en de Gebiedsgerichte Aanpak Stikstof (GGA).

Het programma Natuur heeft versterking van de natuur binnen Flevoland als doel. Stikstof speelt daarbij tot dusverre een ondergeschikte rol, omdat (aannahme) vanwege haar rijke grond, de Flevolandse natuurgebieden minder last zouden hebben van extra stikstofstromen. Deze aannahme is tot op heden echter niet wetenschappelijk onderbouwd. Het effect van toegevoegde (gebonden) stikstof op de Flevolandse natuurgebieden zelf is in feite nog onbekend.

1.2 Visie op de opdracht

Zoals gesteld in de aanleiding is er weinig of geen aandacht geweest voor de invloed van stikstof input in het natuurlijk ecosysteem van habitattypen, die geacht worden ongevoelig te zijn voor stikstofdepositie. De provincie Flevoland heeft alleen Natura 2000-gebieden met habitattypen die ongevoelig worden geacht voor stikstofdepositie. Daarbuiten is er ook terrestrische natuur (vooral bos) die waarschijnlijk ook niet heel gevoelig is voor depositie. De meeste bostypen hebben of geen grenswaarden voor stikstofdepositie of een hoge grenswaarde. In het verleden is voornamelijk onderzoek gedaan naar de habitattypen die door Van Dobben et al. (2008) als stikstofgevoelig zijn aangemerkt en een Kritische Depositie Waarde (KDW) hebben gekregen. Ook Wamelink et al. (2021) besteden alleen aandacht aan de door Van Dobben behandelde typen en hebben voor die habitattypen responscurven voor stikstofdepositie geschat.

De vraag is of dit terecht is. Uit het veld komen geluiden dat er mogelijk toch ook in typen die nu als niet-gevoelig worden beschouwd effecten worden gevonden, zoals verbraming, ook in de voedselrijke bossen. De vraag is of dat een onderdeel is van natuurlijke successie of dat het om een stikstofdepositie-effect gaat. Er zijn redenen aan te voeren waarom er ook in nutriëntrijke gebieden effecten van stikstofdepositie aanwezig kunnen zijn. De eerste is de onbalans in nutriëntenbeschikbaarheid. Door stikstofdepositie neemt eenzijdig het ammonium-/nitraatgehalte in de bodem toe. Hierdoor veranderen de stikstof/fosfaat-verhouding (N/P) en stikstof/kalium-verhouding (N/K) (en andere nutriënten) in de bodem. Dit kan invloed hebben op het voorkomen en de groei van planten (Koerselman et al., 1995). De tweede is een jarenlange input in het systeem van stikstof. De stikstof accumuleert in het systeem (zowel bodem als vegetatie en dieren). Op een gegeven moment kan dit alsnog invloed hebben op de vegetatie, maar ook op hogere trofieniveaus, dat wil zeggen hoger in de voedselpiramide. Niet alleen de biomassa neemt toe, welke meetbaar is, maar ook het stikstofgehalte van de biomassa. Een hoger stikstofgehalte kan bijvoorbeeld leiden tot een grotere aantasting van de vegetatie van plaaginsecten. Een derde effect kan zijn doorgaande oppervlakkige verzuring. Hierdoor kan er een tekort ontstaan aan basische kationen, wat zich weer doorvertaalt naar dieren (Van de Burg, 2017). Dit aspect speelt zeer waarschijnlijk niet in Flevoland met alle goed gebufferde kleibodems, maar het kan niet op voorhand worden uitgesloten. Daarnaast bevindt een deel van de natuur in Flevoland zich op zandopduikingen, die van nature wel gevoelig zijn voor stikstofdepositie.

1.3 Doel

In het project zijn verschillende deelvragen behandeld:

1. Wat is het effect van gebonden stikstof via lucht (en water) op de kwaliteit van natuurtypen/natuurgebieden/natuurwaarden in Flevoland?
2. Wat is het effect van stikstofdepositie (NO_x , NH_y) op flora en fauna binnen de verschillende biotopen van Flevoland? Het gaat hierbij om zowel habitattypen als andere terrestrische natuurtypen (in het kader van de SNL) binnen de provincie Flevoland.
3. Wat is de rol van stikstofdepositie bij de toename van exoten, zoals berenklauw, in Flevoland?
4. Zijn er Flevolandse natuurtypen/natuurgebieden/natuurwaarden die baat zouden kunnen hebben bij depositiereductie? Zo ja, welke zijn dat en hoeveel emissiereductie is nodig voor het behalen van een positief effect?

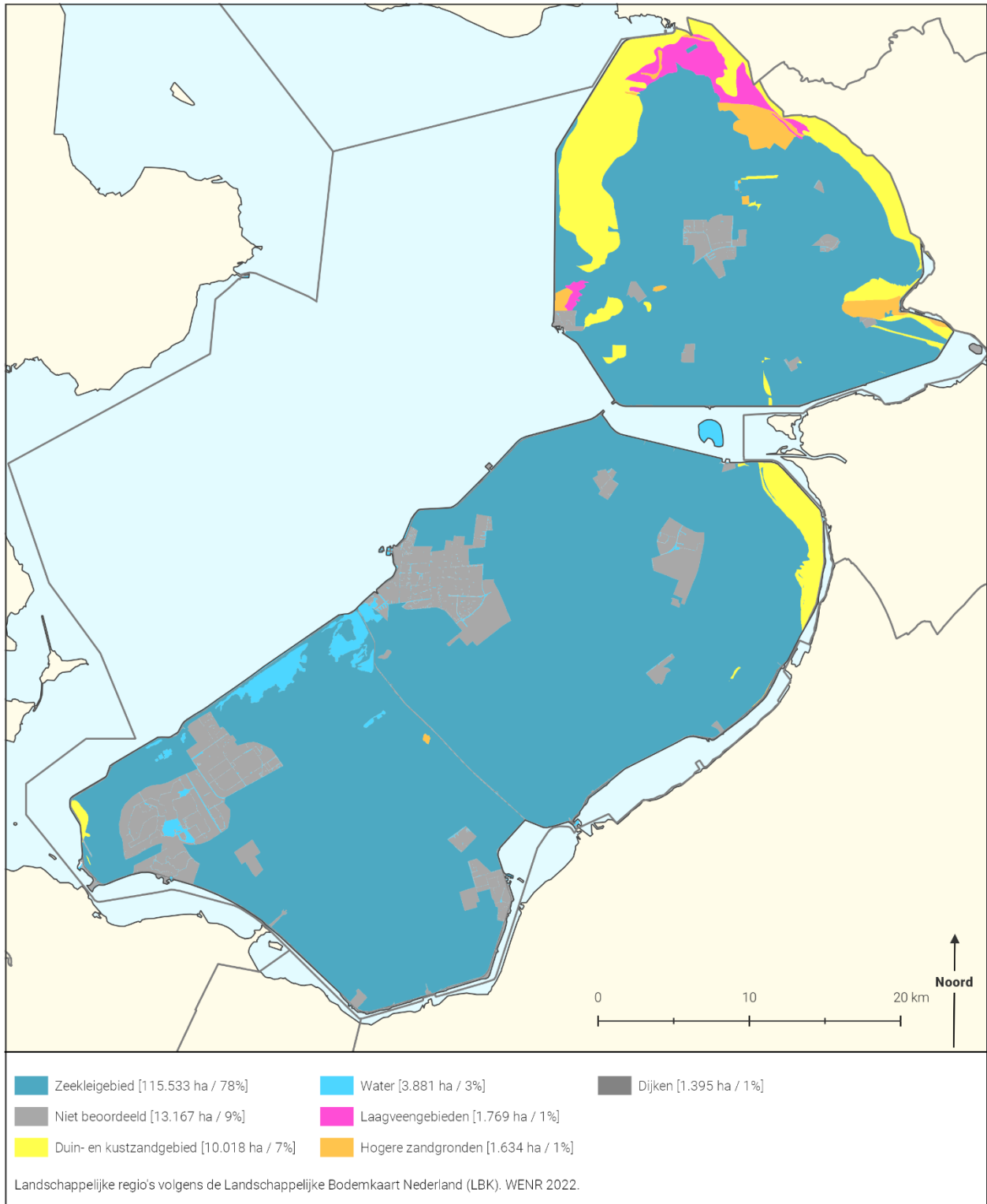
2 Geomorfologie en beheertypen

De provincie Flevoland heeft geen terrestrische Natura 2000-gebieden binnen de provinciegrenzen. Er is wel volop natuur aanwezig en deze valt onder het Subsidiestelsel Natuur & Landschap (SNL). De meeste van de beheertypen horen bij min of meer voedselrijke kleigronden. Er zijn echter ook zandopduikingen binnen Flevoland (Figuur 1) en daarop bevindt zich relatief vaak natuur. Daarnaast zijn er de opgespoten Markerwadden, die ook een zandige bodem hebben. In de regel zijn zandgronden en de natuur die zich erop bevindt, gevoeliger voor stikstofdepositie dan kleigronden. Zandgronden zijn gevoeliger voor het verzurende effect van stikstofdepositie. Dit komt doordat een deel van de zandgronden in Nederland zwak gebufferd is, zoals in Noord-Brabant of op de Veluwe. Omdat de zandgronden in Flevoland relatief jong zijn en lang onder water hebben gelegen, zouden deze relatief goed gebufferd moeten zijn. Recent onderzoek heeft echter laten zien dat een bodem-pH dicht bij 3 al voorkomt op zandgrond binnen Flevoland (mededeling boswachter Natuurmonumenten op basis van nog niet gepubliceerd onderzoek van B-Ware). Voor de oude eilanden in Flevoland (bijvoorbeeld Schokland) geldt dat het oude zandbodems zijn en deze kunnen daarom gevoeliger zijn voor verzuring als gevolg van stikstofdepositie. Het vermestende effect van stikstofdepositie is op zandbodems ook groter dan op kleibodems, omdat zandbodems van nature voedselarmer zijn en de input van extra stikstof daar een sneller en groter effect heeft.

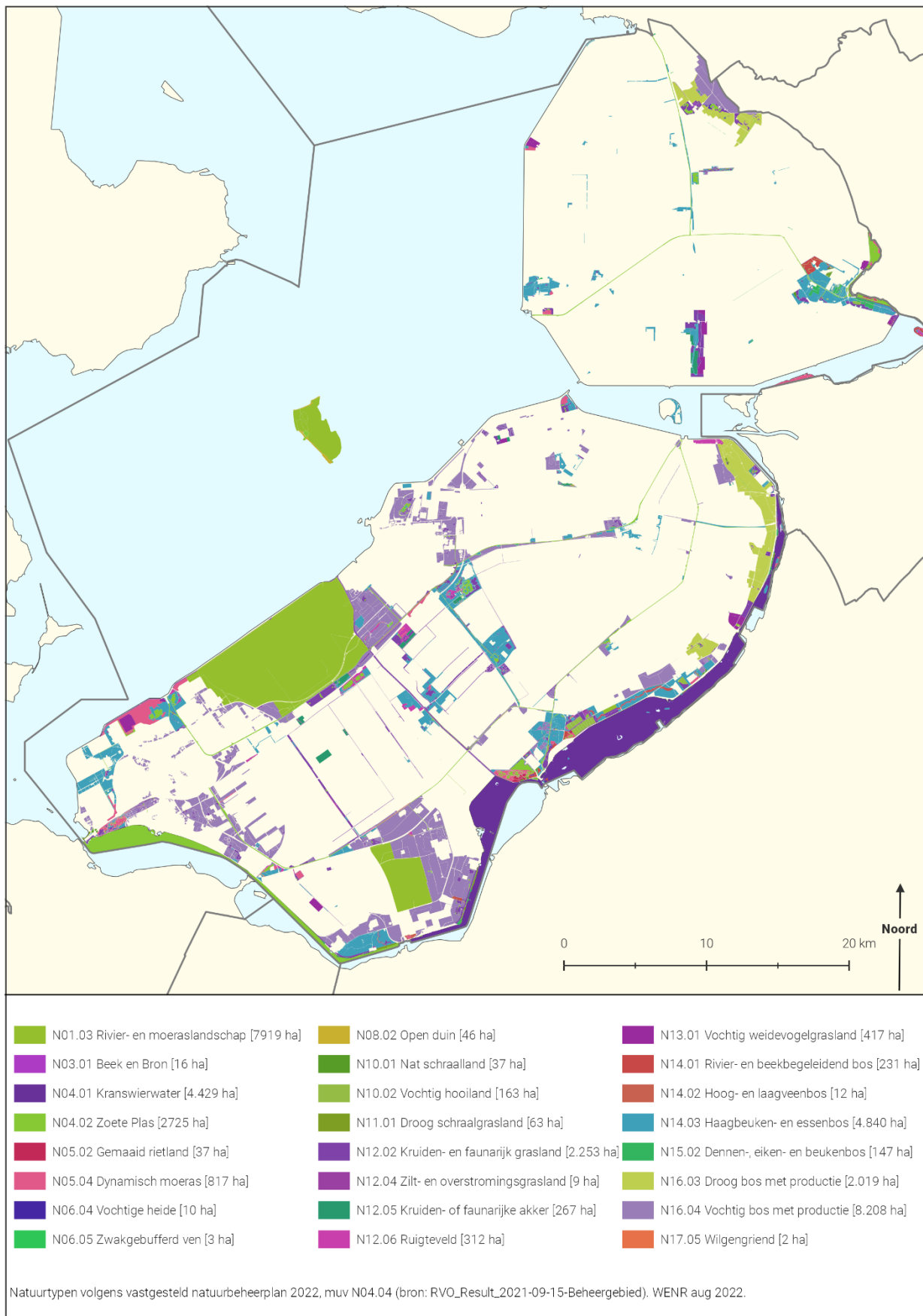
In Flevoland komen zeventien terrestrische beheertypen voor. In het veld is door de onderzoekers droge heide aangetroffen en die is aan de lijst toegevoegd (Tabel 1 en Figuur 2). Er zijn twaalf beheertypen gevoelig voor stikstofdepositie (zie BIJ12, de betreffende beheertypen). Hieruit kan dus geconcludeerd worden dat in principe Flevoland daadwerkelijk stikstofdepositiegevoelige natuur heeft. Voor de beheertypen wordt een lage en een hoge grenswaarde gegeven. Onder de lage grenswaarde wordt aangenomen dat een type 'goed ontwikkeld' kan voorkomen, tussen de twee grenswaarden 'matig ontwikkeld' en boven de hoge grenswaarde komt het type 'slecht ontwikkeld' voor of kan het niet voorkomen. In Flevoland komen ook zeer gevoelige typen voor stikstofdepositie voor, zoals zwak gebufferd ven, open duin, vochtig hooiland, nat schraalland en vochtige heide.

Tabel 1 Terrestrische beheertypen in Flevoland en de grenswaarden voor stikstofdepositie volgens BIJ12. De depositie wordt zowel in mol/ha/j als in kg/ha/j gegeven, waarbij opvalt dat de kg-waarde een soms erg ruwe afronding is. De waterbeheertypen worden hier niet weergegeven, omdat ze niet doorgerekend zijn. De gemiddelde depositie is in Flevoland 1.479 mol/ha/j (20.7 kg/ha/j).

Beheertype met code	lage depositie (kg.ha/j)	hoge depositie (kg.ha/j)	lage depositie (mol.ha/j)	hoge depositie (mol.ha/j)
N05.02 Gemaaid rietland				
N05.04 Dynamisch Moeras (nieuw 1-1-2021)				
N06.04 Vochtige heide	11	18	830	1280
N06.05 Zwak gebufferd ven	5	10	360	710
N07.01 Droge heide	15	30	1070	2130
N08.02 Open duin	10	20	770	1420
N10.01 Nat schraalland	11	15	780	1070
N10.02 Vochtig hooiland	11	23	780	1630
N11.01 Droog schraalgrasland	12	30	850	2130
N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland				
N12.04 Zilt- en overstromingsgrasland				
N12.06 Ruigteveld				
N13.01 Vochtig weidevogelgrasland				
N14.01 Rivier- en beekbegeleidend bos	26	34	1850	2420
N14.03 Haagbeuken- en essenbos	20	28	1420	1990
N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos	15	20	1070	1420
N16.03 Droog bos met productie (nieuw)	20	29	1420	2060
N16.04 Vochtig bos met productie (nieuw)	20	34	1420	2420



Figuur 1 Landschappelijke regio's in de provincie Flevoland. Alleen de hoofdgroepen worden weergegeven. Per type wordt tussen haakjes het oppervlak in Flevoland en het aandeel in procenten gegeven.



Figuur 2 Beheertypen en hun ligging in de provincie Flevoland, inclusief het oppervlak.

3 Overschrijding van de grenswaarden voor stikstofdepositie

3.1 Inleiding

De provincie Flevoland heeft geen stikstofgevoelige habitattypen binnen Natura 2000-gebieden. Wel zijn er natuurgebieden die onder de SNL vallen, waarvan er een aantal per definitie gevoelig is voor stikstofdepositie (zie hoofdstuk 2). Dat betekent dus dat er in Flevoland wél natuurgebieden zijn die gevoelig zijn voor stikstofdepositie. In dit hoofdstuk worden de resultaten gegeven voor de mate van overschrijding van de grenswaarden voor stikstofdepositie voor de als stikstof-gevoelig gedefinieerde terrestrische beheertypen in de provincie Flevoland.

3.2 Methode

Om de eventuele overschrijding van de stikstofdepositielgrenzen voor Flevoland te bepalen, zijn er drie belangrijke sets van gegevens nodig:

1. Grenzen voor stikstofdepositie voor beheertypen. Deze zijn opgesteld voor stikstofgevoelige beheertypen door BIJ12. De grenzen voor de voor Flevoland relevante typen worden gegeven in Tabel 1. Anders dan bij habitattypen waar een grenswaarde voor stikstofdepositie is gedefinieerd, de KDW, zijn er voor beheertypen twee grenswaarden gedefinieerd: een lage en een hoge grenswaarde. Is de depositie lager dan de lage grenswaarde, dan is de situatie goed en zullen er waarschijnlijk geen effecten zijn van de depositie op de vegetatie. Ligt de depositie tussen de lage en de hoge grenswaarde, dan is de situatie matig. Het type bevindt zich dan in de gevarenzone en er kunnen negatieve gevolgen optreden voor de vegetatie. Ingrijpen is dan nodig. Is de depositie boven de hoge grenswaarde, dan kan het type niet meer goed ontwikkeld voorkomen.
2. Een beheertypenkaart. Deze kaart is beschikbaar en de versie van 2022 is gebruikt in dit onderzoek (zie Figuur 1).
3. De depositiekaart voor Flevoland. Aangezien het om beheertypen gaat, is er geen AERIUS-berekening beschikbaar. In plaats daarvan is de GDN-kaart (Grootschalige Depositie in Nederland) op basis van OPS-berekeningen (Operationele Prioritaire Stoffen model) gebruikt (RIVM, 2020). Voor dit onderzoek is de totale depositie gebruikt ($\text{NO}_x + \text{NH}_y$).

Per beheertype-gebied is op basis van de GDN-kaart de gemiddelde depositie berekend. Deze is vervolgens vergeleken met de grenswaarden, waarna elk gebied is gecategoriseerd in goed (groen), matig (licht oranje) en slecht (rood). Een deel van de typen heeft geen grenswaarden voor stikstofdepositie, omdat ze ongevoelig worden geacht. Deze kunnen daarom niet worden gecategoriseerd en worden in grijs weergegeven.

In dit onderzoek is gekozen om de gemiddelde stikstofdepositie per beheertype-gebied te berekenen. De GDN geeft de depositie per $1 * 1$ km grid (kilometerhok). Elk grid op de beheertypenkaart is onderverdeeld in $2,5 * 2,5$ m grids (met gekoppeld een beheertype). Aan elk van de $2,5 * 2,5$ m grids met een beheertype is de depositiewaarde van het $1 * 1$ km grid toegekend. Vervolgens is per beheertype-gebied de gemiddelde depositie berekend als een oppervlakte gewogen gemiddelde op basis van de $2,5 * 2,5$ m aaneengesloten grids met hetzelfde beheertype. Dit geeft de depositie per beheertype-gebied-combinatie. Vervolgens is berekend of de depositie per beheertype-gebied de kritische depositie voor dat beheertype overschrijdt.

Het is echter ook mogelijk om per 2,5 * 2,5 m grid de eventuele overschrijding van de grenswaarde van het aanwezige beheertype te berekenen. Dit geeft een genuanceerder beeld dan hier onderzocht. Er is echter voor gekozen om dat niet te doen om twee redenen:

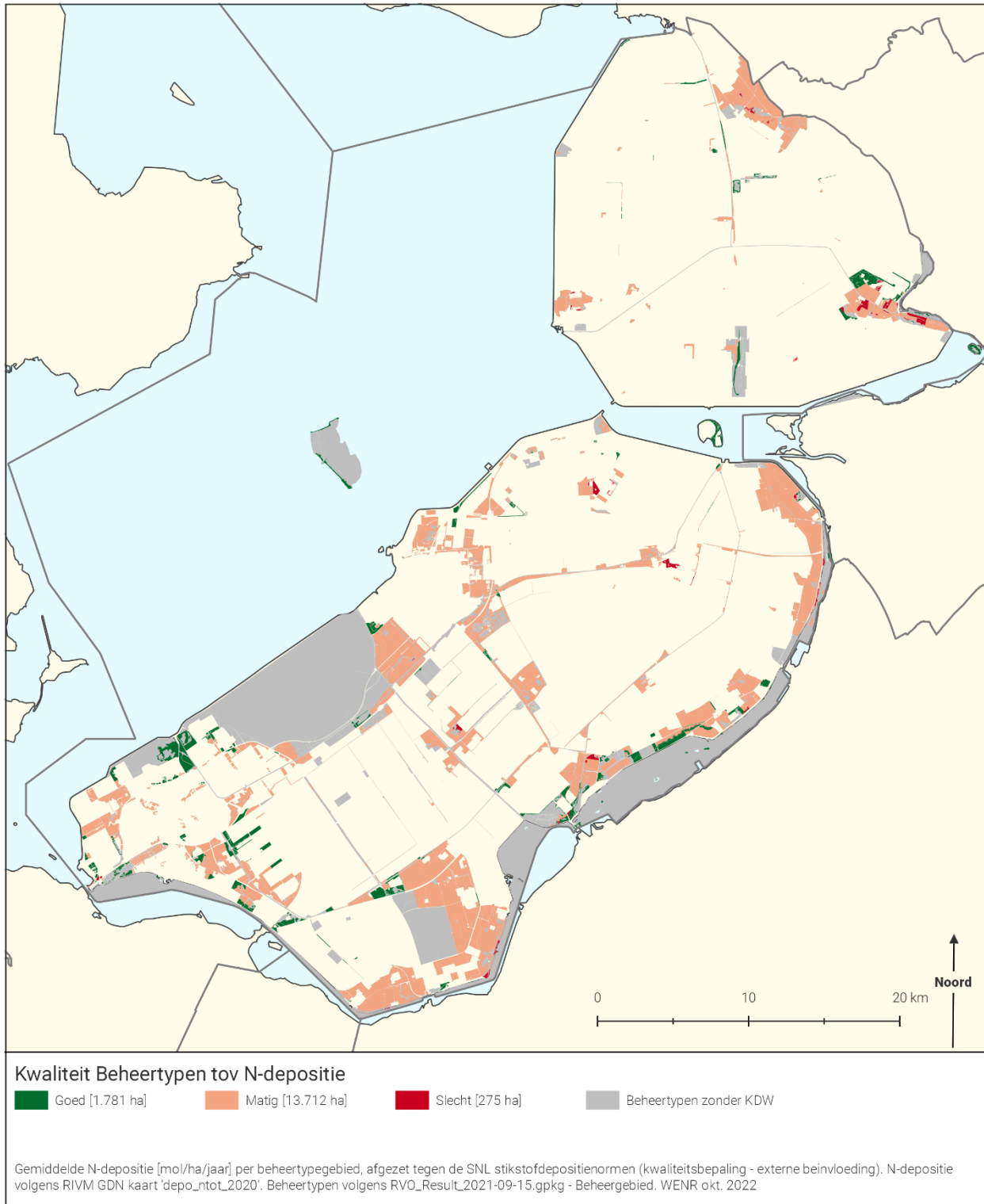
1. Dit is een eerste inventarisatie of er overschrijdingen zijn in Flevoland; een gedetailleerder beeld kan indien gewenst uit nader onderzoek komen.
2. De onzekerheid in de depositiekaart is zeer groot en kan op gridcel-niveau 50% zijn van de depositiewaarde. Door de gemiddelde depositie voor een gebied te nemen, wordt een deel van die onzekerheid weggenomen. Het gepresenteerde beeld is hierdoor ruimtelijk wat grover, maar de onzekerheid (zeker bij de grotere gebieden) is hierdoor kleiner.

3.3 Resultaat

De resultaten worden gegeven in Figuur 3. Voor het grootste deel van de beheertype-gebieden, waarvoor een grens voor stikstofdepositie is vastgesteld, is er een overschrijding van de laagste grens (de oranje gebieden). Voor deze gebieden wordt (op termijn) een matig negatief effect op de vegetatie verwacht bij de depositie, zoals die was in 2020. Voor een deel van de gebieden wordt tevens het minst strenge criterium overschreden en hier worden sterk negatieve effecten van stikstofdepositie verwacht. De aanwezige beheertypen kunnen daar niet goed ontwikkeld voorkomen en kunnen op termijn ook in kwaliteit achteruitgaan. In totaal heeft 1781 ha van het oppervlak geen overschrijding van de stikstofdepositiesgrenzen voor de beheertypen. Voor 13.712 ha wordt de lage grenswaarde overschreden en voor 275 ha wordt de hoge grenswaarde overschreden.

3.4 Discussie

Een aanzienlijk deel van de stikstofgevoelige natuurgebieden in Flevoland laat een overschrijding zien van de grenswaarden voor stikstofdepositie, zoals opgesteld voor de SNL. De overschrijdingen zitten voornamelijk in de categorie 'matig', dat wil zeggen dat veranderingen in de vegetatie plaats kunnen vinden en dat maatregelen op termijn nodig zullen zijn. Dit resultaat is niet geheel onverwacht: voor heel Nederland worden vergelijkbare cijfers gegeven (CLO, z.d.). Sanders et al. (2016) berekenden voor Flevoland op vrijwel dezelfde manier de overschrijding van de stikstofdepositiesgrenzen voor beheertypen en kwamen tot eenzelfde resultaat voor het jaar 2015 (zie Figuur 5.7).



Figuur 3 Overschrijding van de grenswaarden voor stikstofdepositie voor beheertypen in de provincie Flevoland voor terrestrische natuur. Tussen haakjes wordt het oppervlak per categorie gegeven in ha.

4 Schatting van responscurven voor de effecten van stikstofdepositie op beheertypen

4.1 Inleiding

Door Wamelink et al. (2021) zijn voor Nederland responscurven voor stikstofdepositie voor habitattypen afgeleid. Zij geven een beeld van het effect van stikstofdepositie op habitattypen van lage tot (zeer) hoge stikstofdepositie. De curven maken inzichtelijk wat er met het voorkomen van plantensoorten gebeurt bij een toenemende stikstofdepositie en geeft daardoor veel meer informatie dan alleen de Kritische Depositie Waarde. Vooral de vraag wat er met een habitatype gebeurt voorbij de KDW stond voorop. Neemt het aantal te verwachten soorten en daarmee de biodiversiteit heel snel af of gaat dat geleidelijk; wordt er een minimum bereikt of blijft er een daling bij toenemende depositie? Vragen in het genoemde onderzoek zijn beantwoord voor habitattypen waarvan bekend was dat ze te lijden hebben onder stikstofdepositie. Omdat de provincie Flevoland geen terrestrische habitattypen bevat (wel vogelrichtlijngebieden), zijn er op papier geen terrestrische habitattypen die gevoelig zouden zijn voor stikstofdepositie. Zoals al bleek in hoofdstuk 2, zijn er echter zowel bodems (zand) als beheertypen die gevoelig zijn voor stikstofdepositie volgens de SNL-systematiek. Om meer inzicht te krijgen in de reactie van de beheertypen op stikstofdepositie en ook om als niet stikstofdepositie gevoelig aangemerkte typen te evalueren, is voor alle terrestrische beheertypen een responscurve geschat.

4.2 Methode

De methode volgt Wamelink et al. (2021), op een paar wijzigingen na. De methode wordt eerst kort samengevat en vervolgens worden de wijzigingen uitgebreid beschreven.

4.2.1 Samenvattende beschrijving methode

De hieronder gegeven samenvatting van de methode is grotendeels overgenomen uit Wamelink et al. (2021).

Om een relatie te leggen tussen de kwaliteit van habitattypen en stikstofdepositie, zijn soorten geselecteerd die:

1. Diagnostisch en kenmerkend zijn voor de plantengemeenschappen met een goede kwaliteit van een bepaald habitat(sub)type, en
2. Het verschil aangeven met plantengemeenschappen die niet behoren tot de goede kwaliteit van het habitat(sub)type.

Onderdeel van deze 'kwalificerende soorten' zijn ook de typische soorten (Natura 2000, 2014) die reeds formeel voor de habitattypen zijn geselecteerd. De responscurven per kwalificerende soort, te weten de kans op voorkomen van een soort in relatie tot de stikstofdepositie, zijn geschat op basis van het wel of niet voorkomen van soorten in vegetatieopnamen uit de 'European Vegetation Archive' database (EVA, z.d.). Daarbij zijn alleen opnamen gebruikt uit de Atlantische zone en omliggende gebieden. Deze inperking voorkomt dat opnamen met totaal andere klimatologische of abiotische omstandigheden de respons meebepalen. Tevens zijn alleen opnamen beneden de 500 m hoogte gebruikt om zo veel mogelijk aan te sluiten op de Nederlandse situatie. Aan elke opname zijn de gemiddelde temperatuur, regenval én een geaggregeerd bodemtype (World Reference Base for Soil Resources, Jones et al. 2005; Esdac, z.d.) toegekend. De stikstofdepositie ($\text{NO}_x + \text{NH}_y$) van een opname is gebaseerd op een nieuw ontwikkelde rekenmethode, waarbij gebruik is gemaakt van resultaten van het EMEP-model (European Monitoring and Evaluation Programme, Simpson et al., 2012). Op basis van deze gegevens is voor elke soort in een

habitattype een responscurve voor stikstofdepositie geschat, waarbij gecorrigeerd wordt voor de covariabelen temperatuur, neerslag en bodemtype. Daarbij zijn alleen opnamen gebruikt in het geschatte verspreidingsgebied van de soort, dat bestaat uit de samengevoegde cirkels met een straal van 25 km rond opnamen waar de soort voorkomt. Deze set van opnamen is verder ingeperkt door alleen opnamen te kiezen die behoren tot het structuurtype dat toegekend is aan het habitattype. Hiermee wordt er bijvoorbeeld voor gezorgd dat opnamen in bossen worden meegenomen voor het berekenen van de kans op het voorkomen van een graslandsoort. Responscurven per soort zijn alleen geschat als er minimaal 100 waarnemingen aanwezig waren in de database. De grens van 100 is ook aangehouden in dit onderzoek.

De responscurve voor een habitattype in Nederland is berekend als het gemiddelde van genormaliseerde responscurven. Dit is gebaseerd op de bij het habitattype behorende kwalificerende soorten. Hiervoor is als basis een gelijk oppervlak onder de responscurve van elke soort genomen. De normalisatie geeft de soorten een gelijk gewicht en voorkomt dat het gemiddelde gedomineerd wordt door de meer algemene soorten met een grotere kans op voorkomen.

De grootste wijzigingen ten opzichte van de hierboven beschreven methode zijn het gebruik van beheertypen in plaats van habitattypen en de kwalificerende soorten voor het beheertype.

4.2.2 Wijzigingen op de methode

4.2.2.1 Beheertypen

In plaats van habitattypen zijn er beheertypen gebruikt, omdat er geen habitattypen voor de provincie Flevoland zijn gedefinieerd. De lijst met beheertypen wordt weergegeven in Tabel 1 en de ligging in Figuur 2. Aan de lijst is droge heide (N07.01) toegevoegd, omdat deze in het veld werd aangetroffen (maar nog niet op de kaart stond en als schraalgrasland stond ingetekend). De beheertypen zijn over het algemeen breder gedefinieerd; dat wil zeggen dat het meer vegetatietypen (associaties) omvat dan de habitattypen, wat invloed heeft op de uitkomsten en ook invloed heeft op de gevoeligheid voor stikstofdepositie. Een breder scala aan vegetatietypen leidt vaak ook tot bredere randvoorwaarden, waaronder die voor stikstofdepositie.

4.2.2.2 Soortensamenstelling beheertypen

Elk beheertype heeft een eigen set van plantensoorten die samen met (de hier niet gebruikte) diersoorten en structuren het beheertype definiëren. Deze lijst van soorten is volledig overgenomen van BIJ12, zoals gedefinieerd voor de beheertypen in april 2022 (Bij12 z.d.). Voor de typen Ruigteveld (N12.06), Vochtig weidevogelgrasland (N13.01), Droog bos met productie (nieuw, N16.03) en Vochtig bos met productie (nieuw, N16.04) zijn geen kwalificerende plantensoorten gedefinieerd, dus daar kunnen geen responscurven voor worden geschat. Een responscurve per habitattype is alleen geschat als er voor minimaal tien soorten responscurven beschikbaar waren (met uitzondering van Zwak gebufferd ven (N06.05), waar slechts voor negen soorten een curve beschikbaar was).

4.2.2.3 Andere wijzigingen

Voor de beheertypen zijn geen KDW's en empirische KDW's beschikbaar; deze kunnen dus niet in de figuren worden gezet zoals in Wamelink et al. (2021). In plaats daarvan zijn wel de hoge en lage grenswaarde voor stikstofdepositie weergegeven. Deze zijn als een lichtgroen vlak in de figuren geplaatst ter vergelijking.

Daarnaast is de gemiddelde depositie voor Flevoland als een donkergroene lijn in de figuur gezet, wat een eerste indicatie geeft of er problemen te verwachten zijn binnen de provincie Flevoland. De gemiddelde depositie voor de provincie is berekend op basis van de totale N-depositie in Flevoland (gebaseerd op de kaart depo_ntot_2020 van het RIVM GCN/GDN). Hierbij zijn het Markermeer, IJsselmeer, Randmeren, Ketelmeer en het Zwarte Meer buiten beschouwing gelaten. De Markerwadden en het IJsselmeer zijn wel meegerekend. Dit geeft een gemiddelde depositie van 1.479 mol/ha/j (20,7 kg/ha/j) met een minimumwaarde van 651 mol/ha/j (9,1 kg/ha/j) en een maximumwaarde van 2.482 mol/ha/j (34,7 kg/ha/j).

4.3 Resultaten

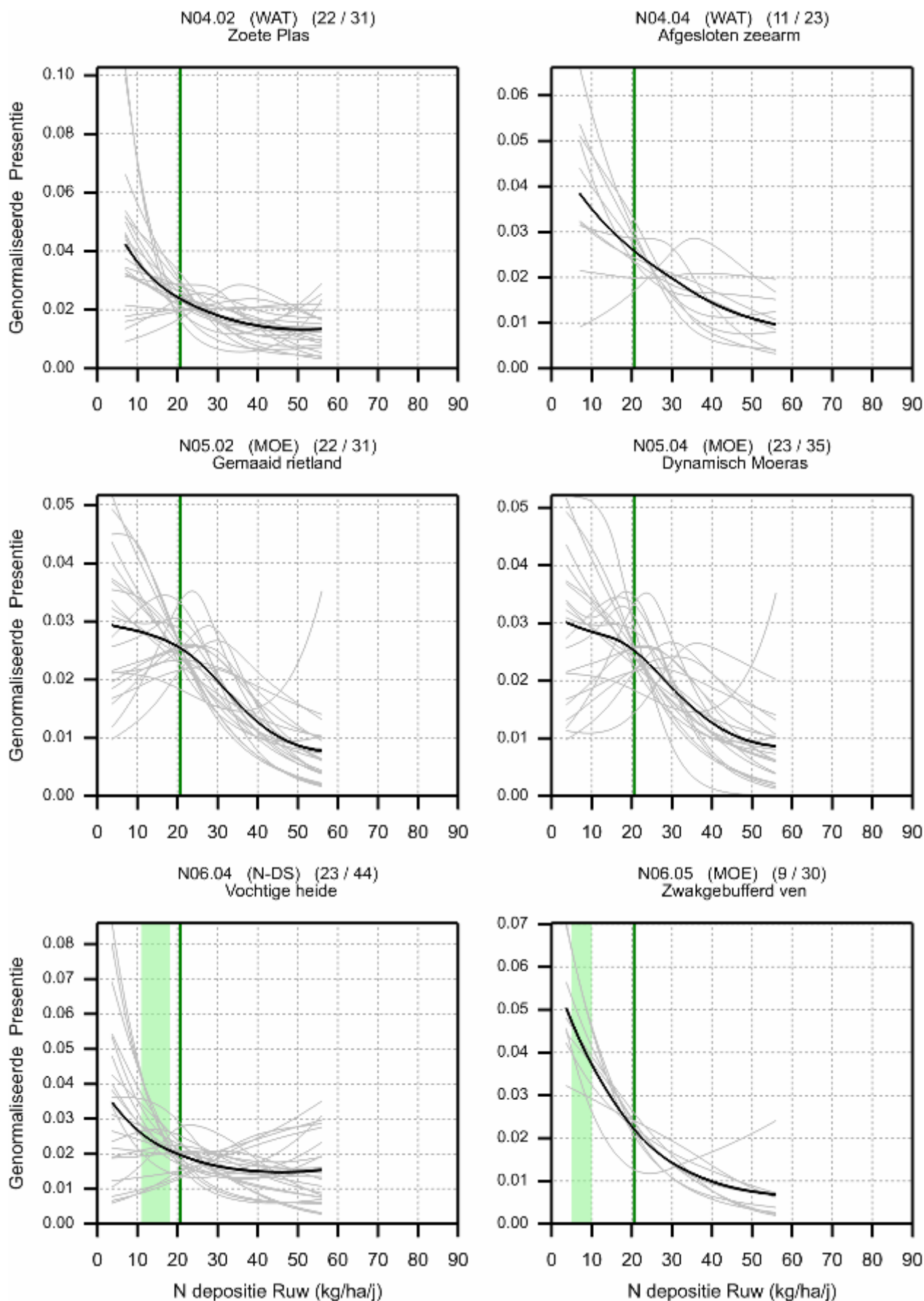
De responscurven voor beheertypen met de onderliggende responsies van de soorten wordt gegeven in Figuur 4. De achterliggende soortresponsies per beheertype zijn te vinden in Bijlage 1. De typen Zoete plas en Afgesloten zeearm zijn toegevoegd omdat er genoeg data voorhanden waren, maar zijn niet direct van belang voor dit onderzoek (aangezien het alleen gaat om de terrestrische natuur).

Alle beheertypen laten een dalende curve zien, al verschillen de vorm en de steilheid van de curve per type. Dat wil zeggen dat hoe hoger de stikstofdepositie, hoe minder goed ontwikkelt het beheertype voorkomt. De daling zet vaak al in vanaf de laagste depositiewaarde waarvoor data beschikbaar zijn. De daling vindt voor veel van de typen ook plaats tot de laagste depositie, al is er een aantal typen waarvoor het minimum al eerder wordt bereikt (Vochtige heide N06.04, Vochtig Hooiland N10.02, Kruiden en faunarijke akker N12.05, Hoog- en laagveenbos N14.02, Haagbeuken- en essenbos N14.03, Dennen- eiken- en beukenbos N15.02 en Wilgengriemd N17.05). Dit komt overeen met wat eerder voor de habitattypen werd gevonden (Wamelink et al., 2021).

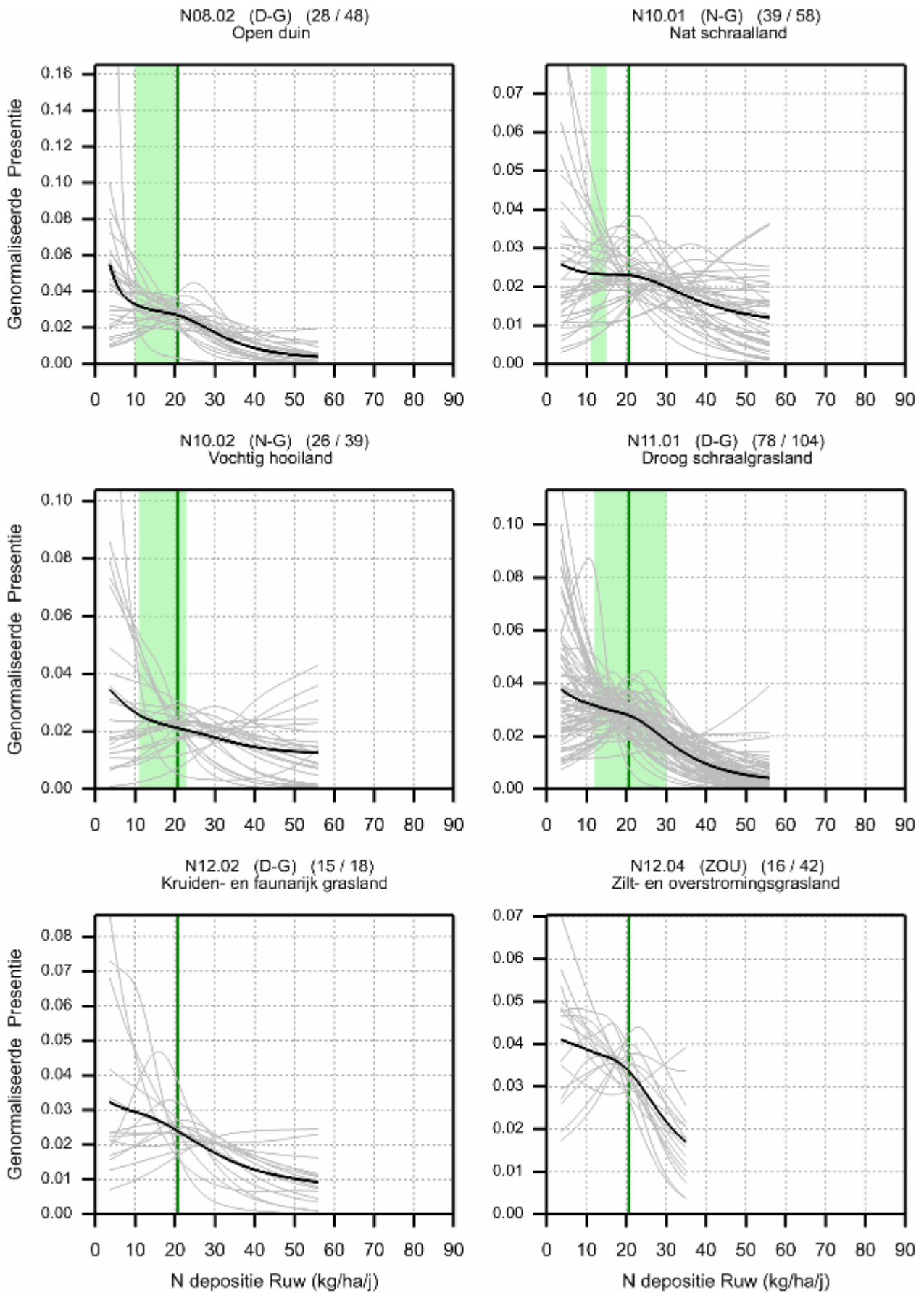
De huidige gemiddelde stikstofdepositie ligt in bijna alle gevallen hoger dan de grenswaarden voor stikstofdepositie voor de beheertypen: boven de waarde waarvoor het type nog als goed wordt beoordeeld volgens de SNL-systematiek. De stikstofdepositie is dus te hoog voor de typen om goed ontwikkeld voor te kunnen komen. Uitzonderingen zijn N14.01 Rivier- en beekbegeleidend bos, waar de depositie lager ligt en dus geen stikstofprobleem is volgens de SNL-systematiek. Het andere type is N14.03 Haagbeuken- en essenbos, waar de depositie precies op de grens ligt tussen goed en matig. Maar voor de beide typen waar er volgens de SNL-systematiek geen probleem is, laten de curven al wel een daling zien van de kwaliteit. Dit geeft aan dat er waarschijnlijk al wel iets gebeurt met de vegetatie, waaronder een mogelijke achteruitgang in soortensamenstelling.

Alle terrestrische (en twee water) typen laten enigermate een negatief effect zien op stikstofdepositie. De mate waarin verschilt per type, wat af te lezen is aan de steilte van de daling (voor onderlinge vergelijking, let op: de assen tussen de typen zijn niet altijd hetzelfde). Voor typen als Zwak gebufferd ven (N06.05) of Hoog en laagveenbos (N14.02) is de daling groot, terwijl voor Vochtig hooiland (N10.02) en Dennen-, eiken- en beukenbos (N15.02) geringer is. De mate van aantasting varieert per type. Ook de snelheid van daling varieert per type, met een snelle achteruitgang bij al lage deposities voor bijvoorbeeld Zwakgebufferd ven, tot de meer gelijkelijke daling van Dennen-, eiken- en beukenbos. Bijna alle typen laten een geleidelijke daling zien die lang doorzet. Ook bij een al vrij hoge depositie neemt de kwaliteit nog steeds af.

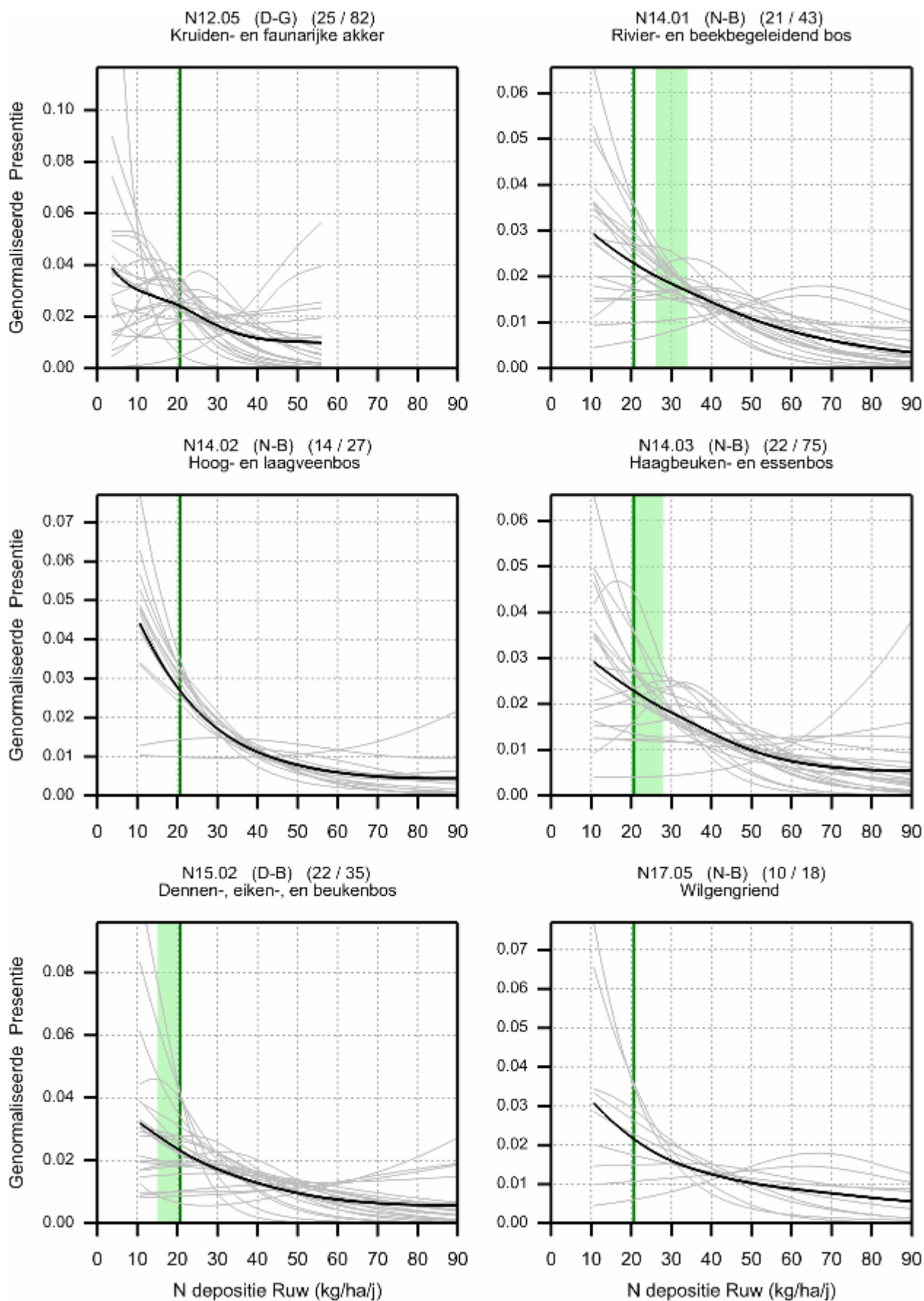
In Figuur 4 worden de responscurven voor beheertypen voor stikstofdepositie gegeven. Per beheertype worden de code, het structuurtype, het aantal kwalificerende soorten met een responscurve en het totaal aantal kwalificerende soorten gegeven. Op de tweede regel staat de naam van het type. De zwarte lijn geeft de respons van het habitatype op basis van de responsies van de kwalificerende soorten, die worden gegeven als grijze lijnen. De donkergroene verticale lijn geeft de gemiddelde stikstofdepositie voor de provincie Flevoland. Indien gedefinieerd, worden de grenzen voor stikstofdepositie voor het type als een groen vlak gegeven, met de grens tussen goed en matig als linker grens van het groene vlak en de grens tussen matig en slecht als rechter grens van het groene vlak. Het groene vlak geeft dus de stikstofdepositie range waar de kwaliteit als matig wordt omschreven. Dit betekent dat het type nog wel kan voorkomen, maar dat er al wel achteruitgang van de kwaliteit plaatsvindt. Niet alle responscurven lopen door tot het maximum van de x-as, 90 kg/ha/j. Deze waarde is het maximum in de database waarop de curven gebaseerd zijn. Er is echter per type gekeken wat de maximumwaarden in depositie in database is, om te voorkomen dat er geëxtrapoleerd zou worden.



Figuur 4 Responscurven voor beheertypen voor stikstofdepositie. Zwarte lijn: respons van het habitattypen, grijze lijnen: kwalificerende soorten, donkergroene lijn: de gemiddelde stikstofdepositie voor Flevoland, groene vlak: grenzen voor stikstofdepositie grens tussen 'goed' en 'matig' als linker grens en de grens tussen 'matig' en 'slecht' als rechter grens. Het groene vlak geeft dus het gebied aan waar de kwaliteit 'matig' is.



Vervolg Figuur 4.



Vervolg Figuur 4.

4.4 Discussie

4.4.1 Beheertypen waarvoor een responscurve kon worden geschat

Op basis van de responscurven per habitattypen kan geconcludeerd worden dat alle geteste beheertypen voorkomend in de provincie Flevoland een gevoeligheid vertonen voor het effect van stikstofdepositie.

4.4.2 Typen zonder of met te weinig kwalificerende plantensoorten

Voor vier typen die in de provincie Flevoland voorkomen, zijn geen plantensoorten gedefinieerd als doelsoorten (of kwalificerende soorten). Het zou wel kunnen dat stikstofdepositie invloed heeft op het voorkomen van de soorten in het beheertype. De vier typen worden hieronder kort besproken.

Ruigteveld (N12.06)

Kan een ruigteveld verruigen onder invloed van stikstofdepositie? Onder verruiging wordt dan verstaan dat één of enkele soorten dominant worden en andere ruigtesoorten verdringen, ook al kunnen die op zich redelijk tot goed tegen nutriëntenrijke omstandigheden. Daarbij zij opgemerkt dat 'nutriëntenrijke omstandigheden' iets anders is dan 'stikstofrijke omstandigheden'. Een ruigteveld wordt gekenmerkt door hoog opgroeiende soorten, die onder relatief voedselrijke omstandigheden goed gedijen (volgen de SNL). Voor het ruigteveld wordt Riet als soort genoemd die dominant kan worden en ook de aanwezigheid van Vlier en Wilg en soms kunnen er veel kruiden voorkomen (zonder dat deze worden gespecificeerd). Stikstofdepositie kan de dominantie van Riet vergroten, doordat deze soort daar goed mee om kan gaan. Dit zou ten koste kunnen gaan van de wat kruidenrijkere ruigtevelden. Daarmee zouden de waardplanten van een aantal vlinders ook onder druk kunnen komen te staan. Ook is bekend dat successie versneld kan worden door stikstofdepositie; hierdoor zou de ruigte sneller over kunnen gaan in een nat bostype. Het is echter de vraag of dit (in dit geval) vaak zal gebeuren, aangezien ruigtevelden heel lang min of meer stabiel kunnen voorkomen zonder dat er bos ontstaat. Soorten die veelvuldig kunnen voorkomen, zijn Harig wilgenroosje, Moerasspirea, Kattenstaart etc. Dit zijn veel algemeen voorkomende soorten die minder gevoelig zijn voor voedselrijkdom, veel biomassa vormen en hoog opgroeien. Het effect van stikstofdepositie zal naar verwachting niet heel groot zijn, maar er is op dit moment in dit kader niet verder mee te rekenen. Nader onderzoek is wel mogelijk en wellicht ook geboden. Ruigtevelden worden binnen de SNL voornamelijk beheerd vanwege de insecten en vogels. Als er effecten van stikstofdepositie zouden kunnen zijn, zou dit door kunnen werken naar deze soorten. Zie daarvoor hoofdstuk 8.

Vochtig weidevogelgrasland (N13.01)

Vochtige weidevogelgraslanden zijn er binnen de SNL voor de weidevogels en de eisen zijn daarop aangepast. Het type mag bemest worden en omvat zowel Engels raaigras-weilanden tot meer kruidenrijke graslanden. Omdat de weilanden bemest worden, mag verwacht worden dat ze minder gevoelig zijn voor stikstofdepositie. Voor de kruidenrijke graslanden zou deels wat anders kunnen gelden, maar dan vallen ze onder kruidenrijk grasland. Goed weidevogelgrasland is echter rijk aan kruiden. Jonge vogels hebben insecten nodig om van te leven en te groeien. Daarom mag weidevogelgrasland niet oneindig bemest worden. Een beperkte hoeveelheid ruige stalmest vergroot het organischestofgehalte in de bodem en daarmee het aantal regenwormen. Maar 100% Engels raaigras-weiden zijn geen goed weidevogelgrasland.

Droog bos met productie (16.03)

Volgens de SNL gaat het hier om "bosopstanden van den, (winter)eik, beuk, Douglas, lariks of fijnspar. De voedselarmere delen worden grotendeels gedomineerd door den, eik en beuk, op de wat rijkere bodems is er een hogere groei van beuk, Douglas, lariks en spar, met betere mengingsmogelijkheden". Het is de productievariant van het beheertype Dennen-, eiken- en beukenbos (N15.02). Voor dit type worden geen plantensoorten genoemd. Echter het enige verschil met N15.02 is dat er geoogst wordt in deze bossen; verder is het vergelijkbaar met N15.02 en zou dus ook de soortenlijst vergelijkbaar moeten zijn. Voor N15.02 worden wel eisen gesteld aan de stikstofdepositie (met grenzen van 1070 en 1420 mol/ha/j). Het lijkt aannemelijk dat deze grenzen ook voor Droog bos met productie zouden kunnen gelden wat betreft het voorkomen van soorten. Dat betekent dat ook de voor N15.02 geschatte responscurve van toepassing zou zijn en dit type dus wel wat betreft plantensoorten gevoelig is voor stikstofdepositie. Boomsoorten zelf verdwijnen waarschijnlijk veel minder snel door een direct effect van stikstofdepositie; zij worden niet snel

overgroeid zoals bij kruiden wel het geval is. Waar bomen zoals eiken wel last van kunnen krijgen en zelfs van doodgaan, is verzuring als gevolg van stikstofdepositie. Dit kan door (een combinatie van) het vrijkomen van aluminium (toxisch) en een tekort aan basische kationen (calcium, magnesium en kalium).

Vochtig bos met productie (N16.04)

Vochtig bos met productie is het productiebosstype van delen van Haagbeuken- en essenbos (N14.03, eisen depositie 1420 en 1990 mol/ha/j) en Beek- en Rivierbegeleidend bos (N14.01 eisen depositie 1850 en 2420 mol/ha/j). Het is daarom niet direct te vergelijken met beide beheertypen en dus kunnen ook niet de soortensamenstellingen van die typen worden gebruikt. Ook het populierenbos valt onder dit type, waar vooral ruderaal en ruigtesoorten voorkomen en vaak gaat het dan ook om nutriëntenrijke standplaatsen. Het type stelt zelf ook eisen aan de stikstofdepositie (1420 en 2420 mol/ha/j), wat in lijn is met de andere twee typen. Er worden echter geen kwalificerende plantensoorten gegeven voor dit type, dus kan er geen responscurve worden berekend.

5 Vegetatieopnamen en bodemmonsters

5.1 Inleiding

In de natuurgebieden in Flevoland zijn in het verleden veel vegetatieopnamen gemaakt (plots). Daar zijn echter bijna nooit bodemanalyses uitgevoerd. Daarnaast zijn er, uitgezonderd de LMF-gegevens (Landelijk Meetnet Flora; LMF, z.d.), geen herhalingen uitgevoerd. Toch kunnen deze vegetatieopnamen worden gebruikt om enig inzicht te geven in de mogelijke effecten van stikstofdepositie. Op basis van een indicator-systeem (WW-indicatorwaarden; Wamelink et al., 2011) is het mogelijk om de bodemomstandigheden te schatten, in dit geval de bodem-pH en het calciumgehalte in de bodem. Beide zijn belangrijke indicatoren die kunnen duiden op een verzuring van de bodem als gevolg van stikstofdepositie, dat naast een vermestend effect ook een verzurend effect heeft. De berekende pH en het calciumgehalte kunnen dan een indicatie vormen of op een bepaald moment in de tijd een opname een te lage pH heeft of een te laag calciumgehalte in de bodem. Omdat het alleen om losse opnamen gaat die in de tijd op verschillende plekken zijn gemaakt, valt er geen trend te berekenen.

5.2 Materiaal en methode

Uit de database voor de opslag van vegetatieopnamen TurboVeg (onderdeel van SynBioSys, Hennekens et al., 2001) zijn alle vegetatieopnamen uit Flevoland gebruikt. Daarvoor is gebruikgemaakt van de shapefile van Figuur 2. Per opname zijn op basis van de WW-indicatorwaarden (Wamelink et al., 2011) de abiotische bodemomstandigheden geschat. Dit is uitgevoerd op basis van presentie/absentie, zonder rekening te houden met de bedekking. Per opname is het gemiddelde berekend op basis van de indicatiewaarden van de soorten in de opnamen, inclusief de standaarddeviatie. Alleen voor opnamen met meer dan vijf indicerende plantensoorten is de abiotiek geschat. De database is gecontroleerd met behulp van het commentaarveld in de database. Als daar plaatsaanduidingen buiten Flevoland stonden, zijn deze verwijderd, ook als de coördinaten aangaven dat de opname wel binnen Flevoland zou liggen. Mismatches kunnen onder andere ontstaan doordat alleen de coördinaten van een km-hok of uurhok zijn genoteerd, wat vaak de linkerbenedenhoek is. Hierdoor kunnen opnamen in Gelderland en Overijssel in Flevoland worden gesitueerd. Uiteindelijk beleef een set van 3869 opnamen over voor pH en 3867 opnamen voor calciumgehalte; beide over een periode van 1940 tot en met 2019. In een vervolgonderzoek zou er nog onderscheid tussen opnamen op zandgrond en kleigrond kunnen worden gemaakt.

De vegetatieopnamen zijn alle geclassificeerd met behulp van Associa (Van Tongeren et al., 2008). Het toegekende vegetatietype is gebruikt om de opnamen te groeperen. Per klasse is een figuur gemaakt, mits er voldoende opnamen beschikbaar waren, om inzicht te krijgen hoe de pH en het calciumgehalten variëren in de tijd.

5.3 Resultaten

5.3.1 pH

De pH-waarden, geschat op basis van soorten in een vegetatieopnamen, voldoen vrijwel overal aan de vereisten voor de vegetatieklasse waarbinnen de opname valt. In een deel van de opnamen wordt echter niet voldaan aan de wat strengere eisen voor de klasse (het 25^e percentiel, zie Bijlage 2). Echter wanneer naar de vereisten voor de vegetatieassociaties wordt gekeken, geldt voor veel opnamen dat de pH-waarden niet voldoen aan de 'strengste' pH-waarde, maar ook niet aan de gemiddelde waarde van alle samenstellende associaties van de klasse. Voor de klassen zijn vereisten voor pH geschat (Wamelink et al., 2011). Deze kunnen worden vergeleken met de geschatte pH-waarden van de opnamen. Een vegetatieklasse

bestaat uit verschillende associaties waarvoor ook randvoorwaarden zijn geschat, deze beslaan bijna altijd slechts een deel van de range voor de klasse waartoe ze behoren. Er zijn associaties die aan de bovenkant van de pH-range zitten en associaties aan de onderkant. In dit onderzoek wordt voor de klassen die een wat hogere pH vereisen (zwak zuur tot neutraal) voor een deel van de opnamen een pH geschat die te laag is voor een goede ontwikkeling als het gaat om de associaties met voorkeur voor een hogere pH. Klassen met meer neutrale tot zwak zure vereisten laten zien dat associaties met de strengste eisen een te lage pH hebben in het veld.

5.3.2 Calciumgehalte

De calciumgehalten in de bodem, geschat op basis van de aanwezige plantensoorten, zijn vrijwel nergens zo laag dat het tot problemen zou kunnen leiden voor de randvoorwaarden die de klasse stelt (op basis van de randvoorwaarden zoals opgesteld volgens Wamelink et al., 2011; zie Bijlage 3). Echter niet alle associaties die tot een klasse behoren, zouden voor kunnen komen voor een deel van de opnamen. Kortom, voor een deel van de associaties is het calciumgehalte (al) te laag. Dat is opvallend, omdat het buiten de voormalige eilanden om jonge, drooggevallen bodems gaan, die van nature kalkrijk zijn geweest. De resultaten, hoewel er geen trend kan worden berekend, duiden er wel op dat het gehalte lager is geworden.

5.4 Discussie

De berekende pH en het calciumgehalte van de bodem op basis van vegetatieopnamen kan een goede indicatie geven van de situatie op het moment dat de opname is gemaakt. Doordat de gebruikte opnamen in de tijd echter op heel verschillende plekken zijn genomen, kan er geen informatie worden verkregen over het verloop in de tijd van de pH en het calciumgehalte. De geschatte waarden geven daarentegen weer dat de pH en ook het calciumgehalte in veel gevallen redelijk laag zijn en waarschijnlijk ook omlaag zijn gegaan sinds het droogvallen van de polders. Het calciumgehalte is op het ogenblik bijna nergens nog zo laag dat het tot problemen voor de daar aanwezige vegetatie leidt, maar dat zou op termijn wel kunnen gebeuren, gezien de soms al vrij lage gehalten. Hetzelfde geldt voor de pH: deze leidt nergens nog tot problemen, maar sommige pH-waarden zijn al aan de lage kant. Wanneer nader wordt gekeken naar de eisen van de associaties, die vaak strenger zijn dan de eisen voor de klassen, dan zijn er voor alle onderzochte klassen bodemomstandigheden gevonden die voor een deel van de associaties niet geschikt zijn omdat het calciumgehalte te laag is of omdat de pH te laag is (of een combinatie van beide).

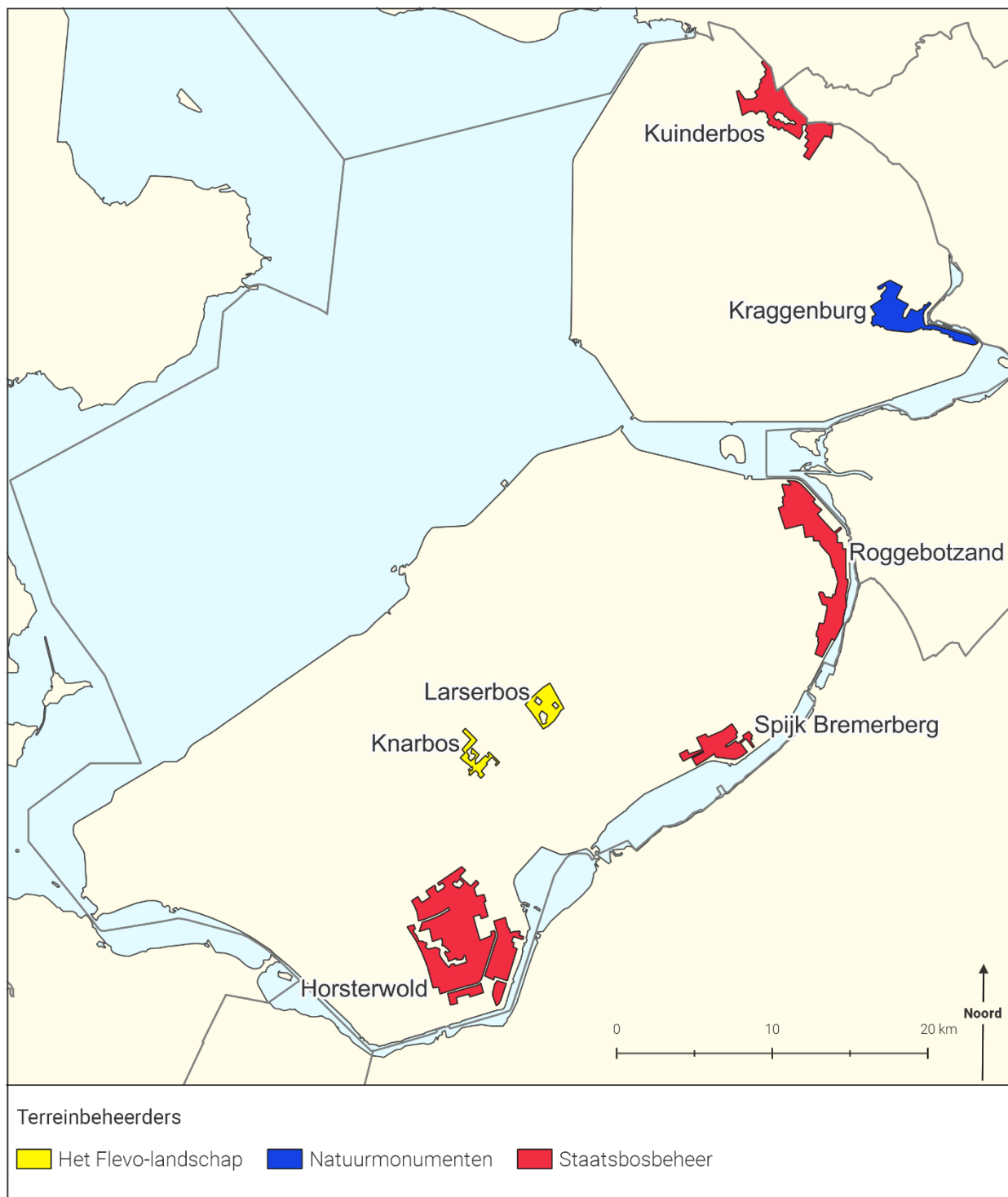
6 Veldbezoek

Op drie dagen in augustus 2022 zijn door de eerste en tweede auteur terreinen bezocht van Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten en Het Flevo-landschap (Figuur 5), een groot deel daarvan samen met een van de boswachters. De boswachters zijn bevraagd over zichtbare effecten van stikstofdepositie op de natuur in Flevoland. Eerst door hen zelf te laten vertellen en daarna is nog onderstaande lijst met vragen langsgelopen.

Vragen:

1. Hebben jullie stikstofgevoelige gebieden binnen Flevoland? Officieel is dat het niet geval, maar daar zijn twijfels over.
2. Zien jullie in het veld negatieve effecten van stikstofdepositie?
3. Zijn er specifieke soorten waar jullie in het veld negatieve effecten zien?
4. Hebben jullie problemen met invasieve exoten in jullie terreinen?
5. Zo ja, welke?
6. Kan het zijn dat stikstofdepositie daarin een rol speelt?
7. Specifiek voor Flevoland: hoe verhoudt zich de relatie tussen het ouder worden van de vegetatie (bos) en de vegetatieontwikkeling tot de invloed van stikstofdepositie? Vroeger waren er manshoge brandnetel en distel vegetaties in bossen, dat is nu veranderd. Dat zou juist op een nutriëntenarmere situatie kunnen duiden, hoe is hier de interactie met stikstof (als die er al is)?
8. Zien jullie effecten op hogere trofieniveaus dan plantensoorten van stikstofdepositie?
9. Hebben jullie nog andere vragen/opmerkingen over de effecten van stikstofdepositie?

Na het vraaggesprek, dat een uur in beslag nam, is met de boswachters het veld bezocht en is gekeken naar specifieke effecten met betrekking tot stikstofdepositie en het effect op de plantensoorten (en ook hogere trofieniveaus), waaronder invasieve exoten. De opmerkingen zijn hieronder vastgelegd en ter plekke zijn foto's genomen van kenmerkende situaties (zie Bijlage 4).



Figuur 5 Bezochte gebieden in de provincie Flevoland.

6.1 Resultaten en Discussie

Foto's van het veldbezoek worden gegeven in Bijlage 4. Hier worden alleen de resultaten samengevat, overkoepelend over de gebieden heen.

1. Bosranden

Veel bosranden zijn verruigd met dominantie van brandnetel, braam en ook vaak Reuzenberenklauw. Brandnetel en braam komen van nature voor in de voedselrijkere vegetaties, maar zij nemen nu de overhand en worden tevens zeer hoog: de brandnetel tot boven de 2 meter en braam tot boven de vier meter. De braam klimt daarbij in struiken en kan die door het gewicht zelfs omduwen. Beide soorten

overgroeien andere soorten, die op veel plekken volledig afwezig zijn. Vooral de brandnetel stond ook vroeger al veel in en aan de rand van de bossen, veroorzaakt door de relatief voedselrijke kleigronden en het pioniersstadium van de bossen. Er stonden toen echter ook nog veel andere soorten tussen. Dat is nu niet meer het geval. Het is moeilijk onderscheid te maken tussen het natuurlijk voorkomen van de brandnetel en de huidige situatie. Daarentegen lijkt stikstofdepositie op zijn minst een rol te spelen. Voor de braam is dit veel duidelijker: deze rukt op in de bosranden. Beide komen overeen met het landelijke beeld, waar beide soorten ook oprukken. Er is weinig verschil te zien tussen de kleibodems en de zandopduikingen in de polders.

2. **Bossen**

De bossen geven een gevarieerd beeld, mede afhankelijk van het bodemtype en de boomsoort. Er zijn bossen waar een min of meer verwachte vegetatie voorkomt in de ondergroei. Zo werden er locaties met grotere delen vol Heksenkruid aangetroffen. Ook in de donkere bossen (met weinig licht dat de bodem bereikt) zijn geen effecten van stikstofdepositie te vinden: er is daar zoals verwacht spaarzame ondergroei en geen dominantie van enige soort op zowel klei als zand. Dit is anders in lichtere bossen (met of een wat weider plantverband of soorten als Larix of Berk) en daar waar gaten in de boomlaag zitten door dode bomen. Bijna overal is daar een dominantie te vinden van braam en op andere plekken van brandnetel. Er zijn echter ook plekken in lichtere bossen waar nog een goed ontwikkelde struiklaag voorkomt. Ook opvallend is dat bramen vanaf de randen het bos in lopen met hun uitlopers en zo (delen van) het bos koloniseren.

3. **Schraalgraslanden**

De schraalgraslanden op de zandgrond zijn beperkt bezocht. Een van de gebieden stond als schraalgrasland aangegeven op de beheertypenkaart (Larserbos), maar dat bleek ter plekke een heide, deze wordt hieronder besproken. Een aantal plekken bleek bedreigd te worden door Duinriet en er waren plekken op de drogere delen met een dominantie van Witbol. Beide grassen profiteren van stikstofdepositie (Wamelink et al., 2021). Het schraalgrasland op een zandopduiking was deels afgeplagd en ziet er zeer fraai uit. Aan de randen domineerden daarentegen Witbol en Duinriet.

4. **Bloemrijke graslanden**

In de rijkere kleidelen met uiterwaarden-achtige vegetatie was hier en daar wat verruiging te vinden door onder andere brandnetels, maar dit waren geen verontrustende aantallen. In het Knarbos werden op de open grazige plekken zeer dichte hoeveelheden van Grote kaardenbol aangetroffen. Deze was 'verdringend' aanwezig met op sommige plekken een zo dichte begroeiing dat er niet veel andere plantensoorten meer tussen stonden.

5. **Heide**

Er is een heidevegetatie bezocht in het Larserbos, gelegen op een zandopduiking. Deze heide stond er zeer fraai bij en ligt aan een poel, die vroeger als zwemwater werd gebruikt. Het bevat een hoogtegradiënt met ook vochtigere delen. Er werd onder andere Wolfspoot en verschillende soorten Korstmossen aangetroffen. Er werden geen directe bedreigende soorten aangetroffen. Wel bevat de poel een zoom van Riet: deze zou verder het land op kunnen kruipen en de heidevegetatie binnendringen. Van Riet wordt aangenomen dat deze profiteert van stikstofdepositie, tenzij het gaat om zeer hoge deposities (boven 40 kg/ha/j; Wamelink et al., 2021). Ook al werden er nu geen problemen gevonden op de heide, het blijft een gevoelig type voor stikstofdepositie. Daarom zou het periodiek moeten worden geïnventariseerd, hetgeen onder de SNL ook gebeurt. Ook het nemen van bodemonsters zou kunnen aangeven of er toch onder invloed van depositie veranderingen optreden in de bodem, zoals het dalen van de pH en het calciumgehalte of het toenemen van beschikbaar nitraat of ammonium in de bodem. Omdat het nu een goed ontwikkelde heide is, zou het ook kunnen dienen als vergelijking met andere heiden in wetenschappelijk onderzoek.

7 Invasieve soorten

In de terrestrische natuur in Flevoland (en daarbuiten) komt een aantal bekende invasieve soorten voor. Hieronder wordt eerst kort beschreven wat het effect van stikstofdepositie kan zijn op het succes van invasieve soorten, voor zover bekend. In hoofdstuk 6 is het veldbezoek beschreven, waarbij al wordt ingegaan op in het veld gevonden invasieve soorten. In hoofdstuk 7 worden deze invasieve soorten expliciet besproken. Een deel van de gegevens is ontleend aan de NDFF via de verspreidingsatlas (FLORON, z.d.) en Waaneming.nl.

7.1 Exoten

Hieronder wordt een aantal bekende invasieve soorten kort besproken. Hierbij is het veldonderzoek gecombineerd met kennis uit de literatuur en wordt (de verwachting van) het effect van stikstofdepositie aangegeven.

Reuzenberenklauw

De Reuzenberenklauw kwam en komt nog steeds volop voor in de provincie Flevoland (FLORON, Reuzenberenklauw, z.d.), vooral in open grazige gebieden die niet regelmatig worden gemaaid of intensief begraaasd. Zij is ook veelvuldig te vinden aan bosranden en vormt daar vaak een complex met brandnetel. Als de bramen de overhand hebben, is de Reuzenberenklauw meestal afwezig. Ook in gemaaide wegbermen komt zij volop voor, zolang het maaibeheer niet te intensief is. De Reuzenberenklauw is een invasieve exoot en valt onder de EU-verordening voor invasieve exoten ([EU-verordening 1143/2014](#)). Ze moet verplicht bestreden worden en beheerders dienen daarvoor een plan te hebben. Bestrijding is mogelijk door maaien en/of begrazen (Onkruidvergaatniet, z.d.). Op de plekken die door ons zijn bezocht, gebeurt de bestrijding volop door te maaien. Van belang is om dit lang vol te houden vanwege de zaadbank en alle beheerders worden geacht dit te doen (inclusief Rijkswaterstaat). Op de gemaaide plekken was noodbloei zichtbaar. Ook deze bloemschermen dienen nogmaals te worden gemaaid. De Reuzenberenklauw preferereert voedselrijke en ruderalesituaties. De verwachting is dat de soort zal profiteren van stikstofdepositie.

Reuzenbalsemien

De Reuzenbalsemien is een invasieve exoot uit de Himalaya en dient te worden bestreden. De soort komt voor op natte, (min of meer) beschaduwde plaatsen langs bossen, in lichte bossen en ruderalesplekken. Als eenjarige soort is zij in staat om andere soorten te verdringen en zeer dominant te worden, waardoor andere soorten geen kans meer krijgen. Zoals meer invasieve soorten gedijt Reuzenbalsemien goed onder stikstof en nutriëntenrijke omstandigheden; zij kan dus profiteren van stikstofdepositie. In de Flevopolders is de soort echter zover bekend nergens problematisch aanwezig. De soort is tijdens het veldbezoek maar op één plek aangetroffen met een beperkt aantal exemplaren. Potentieel zijn de omstandigheden in de polders geschikt en het is van belang om de soort goed in de gaten te houden; ze komt wel voor in de polders (zij het beperkt) volgens de NDFF/FLORON (FLORON Reuzenbalsemien, z.d.).

Grote en Slipbladkaardenbol

De soort is in zeer grote hoeveelheden en soms zeer dicht begroeiing aangetroffen in de open grazige delen van het Knarbos. De Grote kaardenbol is in de middeleeuwen in Nederland ingevoerd uit Zuid-Europa en nu wijdverbreid in Nederland (FLORON Grote kaardenbol, z.d.). Dit betekent dat het een archeofiet (een ingeburgerde soort) is en dus geen (invasieve) exoot. Hij houdt van voedselrijke omstandigheden en vertoont daarmee wel een van de eigenschappen die vaak, maar niet altijd, aan invasieve exoten gekoppeld wordt. De soort zal profiteren van voedselrijkere omstandigheden en zal daarom profiteren van stikstofdepositie. In het Knarbos is de soort problematisch veel aanwezig en kan daar worden bestempeld als invasief. Inmiddels is geconstateerd dat er een verschuiving plaatsvindt in het Knarbos van Grote kaardenbol naar Slipbladkaardenbol (pers. med. Het Flevo-landschap, 2023). Hierin kan naast stikstofdepositie ook klimaatverandering een rol spelen. Als mediterrane soort zal de kaardenbol zich beter in Nederland thuis

voelen. Terugdringen is mogelijk door te maaien: deze tweejarige plant zou dan weer vrij snel op zijn retour kunnen zijn. Het is raadzaam om hem wel te bestrijden en om in ieder geval ervoor te zorgen dat hij zich niet verplaatst naar andere gebieden.

Tamme kastanje

In de bossen is op sommige plekken een andere archeofiet massaal gevonden: de Tamme kastanje. De boomsoort is mogelijk mee aangeplant, maar verjongt zich nu massaal. Ook in bossen op de zandgronden in de rest van Nederland lijkt de soort bezig aan een opmars. Dit is zeer waarschijnlijk te wijten aan de klimaatverandering en niet aan stikstofdepositie.

7.2 Invasieve soorten bij hoge stikstofdepositie

In deze paragraaf wordt een aantal soorten behandeld die niet tot de exoten behoren, maar wel op kunnen treden als invasieve soorten als gevolg van stikstofdepositie. De volgende soorten zijn daadwerkelijk in de gebieden gezien tijdens het veldbezoek.

Riet

Riet is een kosmopoliet en komt van nature voor in Nederland. Het houdt van natte omstandigheden en kiemt op droogvallende delen. Het kan lange uitlopers vormen en zo hele gebieden snel koloniseren. Riet is al vanaf het begin van de inpoldering aanwezig (geplant) in Flevoland. Onder verhoogde stikstofdepositie kan de soort profiteren en het kan dan ook vegetaties totaal gaan domineren. Dit zou kunnen gebeuren bij het nattere deel van de heide in het Larserbos. Door het Riet vroeg (in de zomer) te maaien, kan het vrij gemakkelijk bestreden worden.

Witbol

Gestreepte witbol is een grassoort die in een wat latere ontwikkelingsfase in droge tot matig natte graslanden, vooral op zand tot dominantie kan komen. In natuurontwikkeling van graslanden wil Gestreepte witbol nog wel eens dominant worden en het kan lastig zijn om 'door' deze fase heen te komen. Gestreepte witbol komt beperkt voor in Flevoland. Hij stond echter aan de randen van het schraalgrasland (Bijlage 4, Figuur 11). Witbol kan zoals meer grassen profiteren van stikstofdepositie, zij het niet zo uitgesproken en dan de kruiden in het schraalgrasland verdringen. Regelmatig maaien en afvoeren van biomassa, dus nutriënten waaronder stikstof uit het systeem, kan dominantie tot op zekere hoogte voorkomen.

Duinriet

Duinriet, een groot gras dat profiteert van stikstofdepositie, is naast Gestreepte witbol ook aanwezig in het schraalgrasland (Bijlage 4, Figuur 11). Net als de witbol kan deze soort vanaf de randen, waar het nu vooral stond, het gebied in lopen en daar de kruiden verdringen. Ook hier helpt regelmatig maaien. Duinriet is ook op een aantal andere plekken gezien in de Flevopolders (zoals het Geologisch Reservaat; P. van der Lijn).

Brandnetel

De Grote brandnetel komt vanaf vrijwel het begin veelvuldig voor in de polders (eigen waarnemingen rond 1985) in zowel open gebieden als in de bossen. Met het ouder worden van de bossen is de brandnetel deels geheel verdwenen. In de wat lichtere bossen is zij nog steeds volop aanwezig. De soort is ook opvallend aanwezig in de bosranden, samen met bramen. Het is bekend dat brandnetel profiteert van stikstofdepositie, maar het ook goed doet op de rijke gronden van de polders. Het is daarom moeilijk om het effect van stikstofdepositie hieruit te filteren. Wat echter opvalt, is dat op open plekken in het bos zij vaak weer massaal terugkomt en dan net als in de bosranden heel dominant kan worden. Er zijn dan behalve braam vaak nauwelijks nog andere soorten te vinden. De brandnetels kunnen hoger worden dan twee meter en dan andere soorten overgroeien en verdringen. Doordat de brandnetel ook in het verleden massaal en onder natuurlijke omstandigheden aanwezig was, zit er ook nog veel zaad in de zaadbank en kan deze dus ook makkelijk op plaatsen terugkomen zodra de gelegenheid gunstig is.

Braam

Er komen veel verschillende soorten bramen, ondersoorten en groepen voor in Flevoland. Drie daarvan treden (mogelijk) problematisch op: de Zwarte braam, de Dijkviltbraam en de Dauwbraam. De Zwarte

braam komt op alle bodemtypen voor in de polders en kan zeer hoog worden, tot boven de vier meter. Hij kan massaal aanwezig zijn aan bosranden en open plekken in het bos. Vanuit de bosranden kan hij ook het bos binnen lopen met lange uitlopers. De Zwarte braam kan in bomen en struiken klimmen en daarmee struiken en jonge bomen omduwen en afbreken door zijn gewicht. Daar waar hij massaal optreedt, is eigenlijk geen andere soort meer te vinden; soms kunnen brandnetel en Reuzenberenklauw zich nog handhaven. Alleen in de donkere bossen krijgt de Zwarte braam geen kans.

De Dijkviltbraam komt oorspronkelijk uit de Kaukasus en is inmiddels ingeburgerd in Nederland. Hij wordt ook als een invasieve exoot beschouwd. De Dijkviltbraam komt beperkt voor in de provincie Flevoland (zoals bij Laakse Slenk/Hulkesteinse bos, waar het de ontwikkeling belemmert), maar neemt daar wel toe en verdringt net als de Zwarte braam via uitlopers andere soorten en kan zeer dominant aanwezig zijn. De soort kan slecht tegen donkere omstandigheden.

De Dauwbraam komt ook veelvuldig voor in sommige bossen. Ook deze soort vormt veel uitlopers maar, anders dan de andere beide bramensoorten, wordt de bodem (nu) niet volledig bedekt. Er is ruimte voor andere soorten. Anders dan in de NDFP wordt aangegeven, is de soort nadrukkelijk aanwezig in wat lichtere bossen, ook buiten de echt open plekken. In het rabattenbos van (Bijlage 4, Figuur 13 en 14) kwam Dauwbraam alleen voor op de wat lichtere open plekken. Voorlopig lijkt de Dauwbraam wat minder agressief en dominant aanwezig.

Net als voor de brandnetel geldt dat het lastig is om het natuurlijke voorkomen op de rijke gronden van Flevoland te scheiden van de toename als gevolg van stikstofdepositie. Zwarte braam en Dijkviltbraam zijn echter steeds meer aanwezig als monocultuur. De Dauwbraam lijkt voorlopig een minder groot probleem te vormen, maar de veranderingen zouden in de gaten moeten worden gehouden.

8 Hogere trofieniveaus

Effecten van stikstofdepositie op dieren uit het veld in Flevoland zijn spaarzaam en vooral anekdotisch. Een van de boswachters gaf aan dat het aantal vlinders op een vaste vlinderroute leek af te nemen. Harde data ontbreken echter nog. Effecten op andere dier(soorten) zijn niet bekend. Hier ligt zeker een waarnemings- en ook onderzoeks-lacune. Theoretisch zouden er zeker effecten moeten zijn. Er wordt hieronder een aantal voorbeelden gegeven.

8.1 Effect van verschuiving van insecten bevruchters naar windbevruchters

Een van de algemene effecten van stikstofdepositie is dat snelgroeiende grassoorten het overnemen van langzamer groeiende en kleiner blijvende kruiden. Dit betekent dat er een verschuiving is/komt van door insecten bevruchte soorten naar door de wind bevruchte soorten. Dit heeft gevolgen voor de insectenpopulatie. Insecten die afhankelijk zijn van stuifmeel en/of nectar, in welk ontwikkelingsstadium dan ook, zullen het moeilijker krijgen en kunnen verdwijnen. Andere soorten zullen profiteren, maar de diversiteit in de insectenpopulatie zal hierdoor minder worden. Heel specifieke insect-plantrelaties kunnen verstoord raken en ook deze insecten kunnen verdwijnen door het verdwijnen van de soorten waar ze specifiek van afhankelijk zijn. Dit soort effecten is vooral te verwachten in kruidenrijke graslanden en heiden, maar kan ook in bossen optreden. In de bossen in Flevoland spelen echter bramen een belangrijke overwoekerende rol. Die worden ook bestoven door insecten, zodat het effect hier minder kan zijn. Bramen bloeien echter laat in het seizoen, waardoor er een probleem kan ontstaan vroeg in het seizoen voor bestuivende insecten.

8.2 Verandering van structuurtype en het effect op vogels

Een van de effecten van stikstofdepositie is dat door verandering van soortensamenstelling en versnelde successie, de structuur van de vegetatie kan veranderen. Dit kan invloed hebben op soorten die een specifieke structuur nodig hebben om te kunnen leven, zoals de Nachtzwaluw. Voor de provincie Noord-Brabant is dit soort effecten op vogels in beeld gebracht door Broekmeyer et al. (2012). Zij onderzochten de effecten van stikstofdepositie op 21 vogelsoorten in Vogelrichtlijngebieden. Hun conclusie was dat voor acht vogelsoorten effecten van stikstofdepositie niet uit te sluiten waren, waarvan er vier soorten in Noord-Brabant waarschijnlijk ook daadwerkelijk negatieve effecten ondervonden in hun leefgebied. Bijna altijd speelde daar verandering van leefomgeving door successie een rol, zoals het dichtgroeien van poelen en vennen, wat nadelig is voor de Dodaars of een effect had op de Zwarte specht via het voedselaanbod. Hoewel in dit rapport zeer specifiek naar Noord-Brabant is gekeken, zullen de algemene ecologische principes ook opgaan voor andere provincies in Nederland, inclusief Flevoland. Dit soort effecten is ook in Flevoland bekend van het Vogelrichtlijngebied de Oostvaardersplassen, waar verandering in structuur (in dit geval begrazing van Riet) tot een achteruitgang van de vogelstand heeft geleid.

8.3 Effect van verzuring en (oppervlakkige) ontkalking

Hoewel de pH en het calciumgehalte in de bodem in Flevoland (uitgezonderd de voormalige eilanden) hoog zouden moeten zijn, lijkt er soms sprake van behoorlijke lage waarden voor beide bodemparameters. Onderzoek op de Veluwe (Van den Burg, 2017; 2021) heeft aangetoond dat dit tot problemen kan leiden bij zowel planten als dieren. Lage pH-waarden kunnen leiden tot aluminiumtoxiciteit. Daarnaast kan er een tekort aan calcium ontstaan, doordat het calcium losraakt van het bodemcomplex en uitspoelt naar diepere grondlagen. Daar is het onbereikbaar voor planten. Dit leidt tot een tekort aan calcium in de planten

(bijvoorbeeld eiken). Dit vertaalt zich door naar de dieren die de planten eten, zoals huisjesslakken en rupsen. Het aantal dieren van deze soorten gaat hierdoor achteruit: op het ogenblik zijn er gebieden op de Veluwe waar geen huisjesslakken meer voorkomen. Dit geeft een direct effect op de vogelstand: minder voedselaanbod betekent minder vogels die ervan leven. Het heeft ook een indirect effect. Het is bekend dat koolmezen door het kalktekort te weinig kalk binnen krijgen en eieren leggen (net als andere vogels) met een te dunne schaal, waardoor ze gemakkelijker breken. Daarnaast heeft dit tot gevolg dat de jonge vogels te broze botten hebben, waardoor ze door hun poten zakken of bij pogingen om te gaan vliegen hun vleugels breken. Dit heeft lagere aantallen planten en dieren tot gevolg en uiteindelijk leidt het tot een lagere diversiteit; dit is een zichzelf versterkend proces dat tot een neerwaartse spiraal kan leiden. De pH en het calciumgehalte in de bodem in Flevoland zijn volgens de (in dit rapport) gemaakte schattingen nog niet zo laag dat dit soort effecten verwacht kan worden, maar er is mogelijk wel een daling van beide gaande. Het is raadzaam om dit verder te onderzoeken. Een goede indicator is hiervoor de aanwezigheid en het aantal huisjesslakken.

9 Samenvattende discussie

In dit rapport is op verschillende manieren beschreven hoe onderzocht is of de provincie Flevoland stikstofdepositie gevoelige terrestrische natuur heeft en of er op het ogenblik al problemen zijn als gevolg van stikstofdepositie. Alle gedane onderzoeken wijzen samen in één richting, namelijk dat de provincie Flevoland natuur en bodems heeft die in principe gevoelig zijn voor stikstofdepositie. Dit blijkt zowel uit de beheertypen (bijvoorbeeld Vochtige en Droge heide, Nat schraalland en Vochtig hooiland), de beheertypenkaart als de bodemtypen (zand). Voor een deel van de beheertypen dat in Flevoland voorkomt, zijn randvoorwaarden voor stikstofdepositie vastgesteld door BIJ12 en die wordt op bijna alle plekken overschreden. Dit geeft aan dat er niet alleen stikstofdepositie gevoelige natuur is in Flevoland, maar ook dat er op dit moment al problemen door stikstofdepositie worden veroorzaakt. Dit wordt ondersteund door de schatting van de zuurgraad (pH) en het calciumgehalte van de bodem op basis van vegetatieopnamen. Meestal laten die geen problemen zien, maar op een redelijk aantal plekken is de pH aan de lage kant en is ook het calciumgehalte in de bovenste bodemlaag aan de lage kant. Problemen zoals op de Veluwe met pH en calciumgehalte in de bodem en daarmee voor planten en dieren zijn nu nog niet te verwachten in Flevoland. Het is echter wel aan te raden om dit door metingen in de gaten te houden. Ook het veldbezoek wijst in de richting van invloed van stikstofdepositie op de vegetatie. Vooral de dominantie van bramen in verschillende bossen en veel bosranden is opvallend. In sommige bossen dreigen andere plantensoorten, zelfs algemene soorten als Stekelvaren en ook kleine struiken en bomen, overgroeid te raken door bramen. Dit is vergelijkbaar met wat in andere bossen buiten Flevoland te zien is. Zeer zorgelijk is dat dit ook zichtbaar is op kleigronden en bossen waarvan gedacht wordt dat ze niet of weinig gevoelig zijn voor stikstofdepositie. Daarnaast lijken ook brandnetels (weer) dominant te worden, wellicht mede door de grote hoeveelheid zaad die nog uit het verleden in de bodem zit. Er zijn daarentegen nog steeds ontwikkelende bossen die er onaangetast uitzien en bijvoorbeeld veel Heksenkruid of Breedbladige wespenorchis als ondergroei hebben.

In navolging van Wamelink et al. (2021) zijn voor de beheertypen die voorkomen in Flevoland ook responscurven voor stikstofdepositie geschat (voor alle terrestrische typen); ook typen waarvoor BIJ12 geen grenzen voor stikstofdepositie geeft. Ook de responscurven bevestigen het hierboven geschetste beeld dat er in Flevoland stikstofdepositie gevoelige beheertypen voorkomen. Dat geldt voor alle beheertypen: geen van de beheertypen is ongevoelig voor stikstofdepositie, dus ook typen die door BIJ12 als niet gevoelig zijn gekenmerkt. Dat alle typen gevoelig lijken, komt echter wel overeen met het beeld dat is ontstaan na het veldbezoek, waar op veel plekken in en langs bossen een dominantie van vooral bramen en brandnetels werd geconstateerd. De invloed beperkt zich echter niet tot de bossen alleen. Vooral de bezochte graslanden hadden mooie delen, die met uitgekiend beheer in stand worden gehouden. Er waren ook delen van graslanden en de droge heide, op het zand, waar dominantie van Rietgras aanwezig was. Net als braam en brandnetel profiteert deze soort van extra input van nutriënten, zoals stikstof uit stikstofdepositie, door harder te groeien dan andere soorten en zo deze te verdringen, door onder andere het licht weg te vangen. Iets waar de hoog opgroeiende brandnetels en de nog hoger groeiende bramen ook toe in staat zijn.

De responscurven van habitattypen voor stikstofdepositie riepen hier en daar wat vragen op en niet elke curve bleek na validatie betrouwbaar, als men ervan uitgaat dat de KDW en de empirische KDW correct zijn (zie Wamelink et al., 2022). De methode die hier is gebruikt, is exact hetzelfde, maar dan toegepast voor beheertypen. Een validatie is nu niet uitgevoerd. Dit betekent dat de curven nog met enige terughoudendheid moeten worden betracht. Ze passen wel in het beeld van de andere onderzoeken die gedaan zijn voor de provincie Flevoland.

De bodems in Flevoland zijn veel jonger dan de meeste andere bodems in Nederland. Hierdoor kan het effect van depositie anders uitpakken. Bijvoorbeeld de Veluwe, een veel oudere, zandige bodem die al duizenden jaren van erosie en uitloging heeft meegemaakt, zal een totaal andere basische kationenvoorraad hebben dan de jonge zandgronden in Flevoland. Verzurende effecten zullen daarom op de Veluwe veel eerder een effect laten zien dan in Flevoland. Echter de processen zijn vergelijkbaar: vermisting leidt tot verzuuring en

het verzurende effect van stikstofdepositie leidt tot een verlaging van de buffercapaciteit en bijvoorbeeld het calciumgehalte en daardoor tot een lagere bodem-pH. Vooral het verzurende effect zal waarschijnlijk meer tijd in beslag nemen en dat geeft meer tijd tot herstel en meer tijd voor maatregelen. Wat vermesting betreft, is het verschil in leeftijd waarschijnlijk minder van belang en dat lijkt ook zichtbaar in het veld gegeven de verbraming.

Zeer opvallend in dit onderzoek is dat alle resultaten wijzen in de richting dat eigenlijk alle vegetatietypen gevoelig lijken te zijn voor stikstofdepositie, ook de typen waarvan tot nu toe werd aangenomen dat ze minder of niet gevoelig zijn voor stikstofdepositie. De veldgegevens en waarnemingen buiten Flevoland wijzen echter op effecten in tot nu toe 'niet-stikstofgevoelige' bossen (Bijlsma, 2004; Bobbink et al., 2022). Het effect van stikstofdepositie op bramen kan echter complex zijn en andere factoren kunnen een belangrijke rol spelen, zoals lichtbeschikbaarheid en beheer. Bijlsma stelt dat verzuring en mineralisatie van organisch materiaal en daardoor vrijkomen van meer nutriënten het massaal optreden van bramen stimuleert; dit zijn echter effecten die ook door stikstofdepositie kunnen worden veroorzaakt. Als de stikstofdepositie inderdaad effecten als verbraming stimuleert, dan heeft dit consequenties voor alle natuur in Nederland en zou de conclusie getrokken kunnen worden dat de meeste natuur in Nederland, zeker in bossen, gevoelig is voor stikstofdepositie. Dit zou enorme consequenties hebben voor maatregelen die genomen worden ter bestrijding van de effecten van stikstofdepositie: in de provincie Flevoland, maar ook daarbuiten. Er is echter meer onderzoek nodig om deze conclusie volledig hard te maken en goed te onderbouwen.

10 Conclusies

Stikstof

1. De vraag of de provincie Flevoland stikstofdepositiegevoelige natuur bezit, kan met ja worden beantwoord. De provincie bezit natuur op verzuringsgevoelige grond (zand), heeft natuur (beheertypen) die volgens BIJ12 stikstofdepositie gevoelig zijn en in dit rapport laten geschatte responscurven voor stikstofdepositie voor beheertypen zien dat ze gevoelig zijn voor stikstofdepositie.
2. Op basis van de randvoorwaarden voor beheertypen voor stikstofdepositie, zoals gegeven door BIJ12, kan worden geconcludeerd dat er in het grootste deel van de als stikstofgevoelig aangemerkte beheertypen een overschrijding van de grenswaarden voor stikstofdepositie aanwezig is.
3. Veldbezoek liet effecten van stikstofdepositie zien op de soortensamenstelling. Vooral brandnetel en bramen lijken op te rukken en vooral de bramen (Zoete braam, Dauwbraam en Dijkviltbraam) bedekken hele gebieden, waardoor andere soorten geen kans meer krijgen en verdwijnen.
4. Hoewel nu niet goed aan te tonen, lijken verzuring en ontkalking van de bodem op te treden, gezien de schatting van de soms erg lage pH-waarden en kalkgehalten. Doorvertaling naar dieren kan plaatsvinden (bij verdere ontkalking in de toekomst), maar is nu waarschijnlijk nog geen probleem.
5. Verder onderzoek wordt aanbevolen, zowel in het veld als naar de responscurven van de beheertypen. Dit rapport is slechts een eerste verkenning.

Exoten

1. Invasieve exoten spelen nog steeds een rol in Flevoland en de bestrijding dient door alle partijen te worden voortgezet; stikstofdepositie kan namelijk een rol spelen in het succes van invasieve exoten.

11 Aanbevelingen

Stikstof

- Alle sub-onderzoeken beschreven in dit rapport wijzen in één richting: Flevoland bezit ook stikstofgevoelige natuur. Het is daarom raadzaam om de ontwikkeling van de depositie goed te volgen, te inventariseren en daar waar nodig maatregelen te nemen om de kwaliteit van de natuur te waarborgen. Dit kan door brongerichte maatregelen te nemen en door maatregelen in het veld.
- Voor de provincie Flevoland is voor een beperkt aantal beheertypen een responscurve voor stikstofdepositie afgeleid. Dit zou voor alle typen moeten worden uitgevoerd, ook voor de typen die nu niet als stikstofgevoelig te boek staan en waar geen eisen aan de depositie worden gesteld. Al is het maar ter controle.
- Meten is weten, daarom de aanbeveling om stelselmatig metingen op geselecteerde plekken te doen in de bodem (zuurgraad, stikstofgehalte, calciumgehalte etc.) en depositiemetingen. Dit zou elke vijf jaar kunnen worden gedaan op (een deel van de) LMF-plots, maar ook nieuwe punten daarbuiten, zoals de kwetsbare Droge heide en Schraalgraslanden waar nu geen plots liggen. Door herhaald te meten, kan er inzicht worden verkregen in de ontwikkelingen in de bodem (direct) of via de vegetatie.
- Het onderzoek naar de effecten op hogere trofieniveaus (insecten en vogels) is in zijn algemeenheid nog zeer beperkt en de kennis is fragmentarisch. Er is hier meer onderzoek voor nodig, ook specifiek voor de provincie Flevoland. Een goede indicator voor veldonderzoek kan de dichtheid van huisjesslakken zijn.

Exoten

- De bestrijding van de invasieve exoot Reuzenberenklauw dient te worden voortgezet, in samenwerking met alle TBO's, inclusief Rijkswaterstaat en particulieren. De resultaten van het maaibeheer lijken positief, maar de soort komt nog steeds op heel veel plekken voor, zij het minder dominant dan in het verleden.

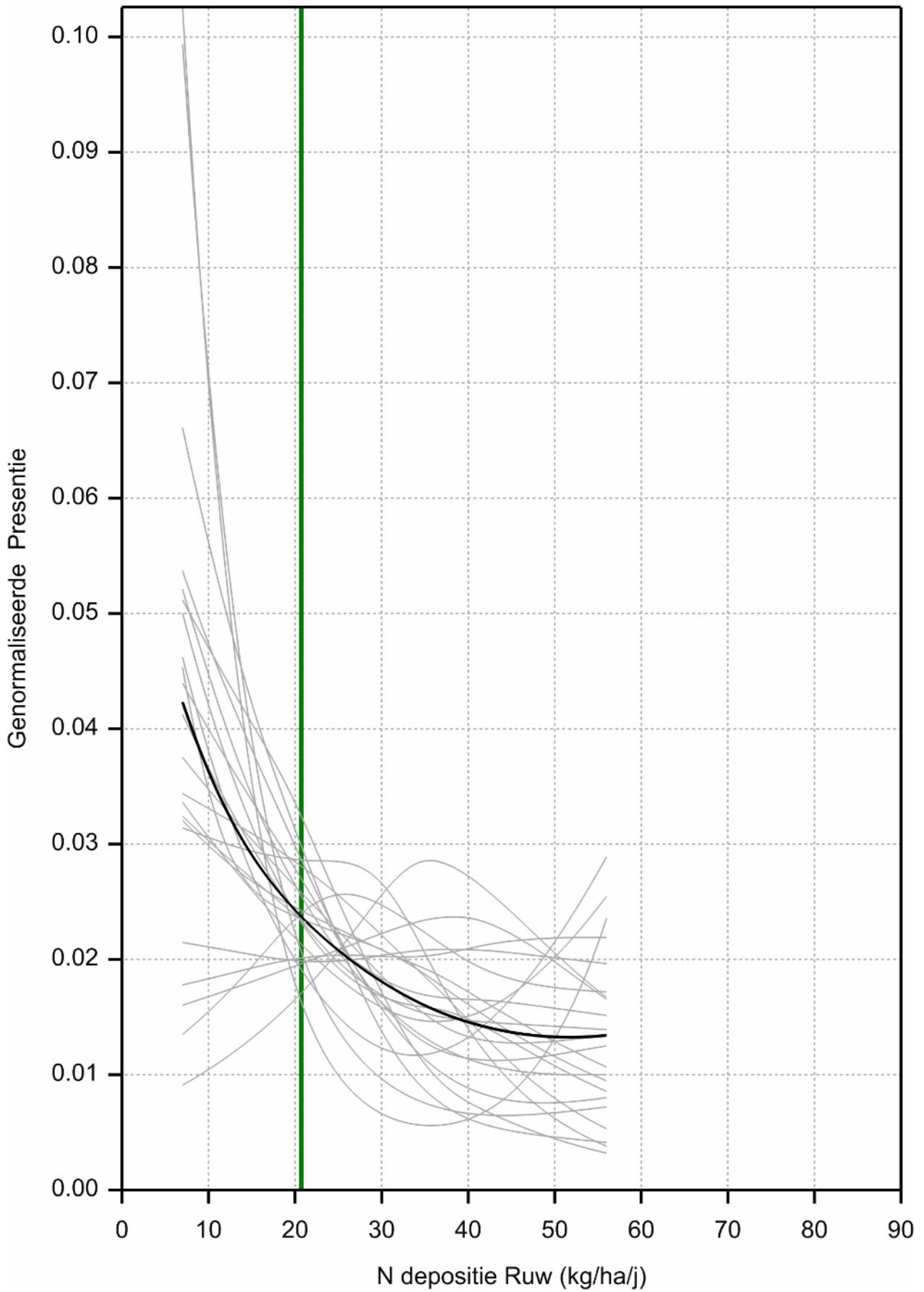
Literatuur

- Bij12 z.d. www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/natuurtypen/
Broekmeyer, M.E.A.; Kros, J.; Schotman, A.G.M.; Kleunen, A. van; Wamelink, G.W.W. 2012. Effecten van stikstof op vogelsoorten in vogelrichtlijngebieden in Noord-Brabant. Alterra-rapport 2359. Alterra, Wageningen.
- CLO, z.d. www.clo.nl/indicatoren/nl1592-kwaliteit-stikstofgevoelige-ecosystemen
EMEP. z.d.
- Esdac, z.d. esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/esb_rr/n09_EUR20559.pdf
- EVA, z.d. euroveg.org/eva-database
- FLORON. www.verspreidingsatlas.nl/planten
- FLORON, Grote kaardebol. z.d. <https://www.verspreidingsatlas.nl/0412#>
- FLORON, Reuzeberenklauw. z.d. www.verspreidingsatlas.nl/0606#
- FLORON, Reuzebalsemien. z.d. www.verspreidingsatlas.nl/1862
- Hennekens, S.M. & J.H.J. Schaminée. 2001. Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data *Journal of Vegetation Science* 12: 589-591.
- Jones, R.J.A., B. Houšková, P. Bullock, L. Montanarella (eds.). 2005. Soil Resources of Europe. second edition. European Soil Bureau Research Report No.9, EUR 20559 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 420pp.
- LMF, z.d. www.netwerkecologischemonitoring.nl/meetnetten/landelijk-meetnet-flora
- Natura 2000. 2014. Leeswijzer Natura 2000 profielen. Geheel herziene versie september 2014. Ten behoeve van de profielen behorende bij de aanwijzing van de Natura 2000-gebieden in de EEZ. Programmadirectie Natura 2000, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Onkruidvergaatniet, z.d. www.onkruidvergaat.nl/wp-content/uploads/Leidraad-beheer-Reuzenberenklauw.pdf
- RIVM, 2020. <https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/depositiekaarten/cijfers-achter-depositiekaarten/gdn-depositiebestanden-achterliggende-jaren>. Laatst bezocht op 7-2-2023.
- Sanders, M.E., Wamelink, G.W.W., Wegman, R.M.A., Clement, J. 2016. Voortgang realisatie nationaal natuurbeleid; Technische achtergronden van een aantal indicatoren uit de digitale Balans van de Leefomgeving 2016. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 79. 74 pp.
- Schaminée, J.H.J.; Stortelder, A.H.F.; Westhoff, V. De Vegetatie van Nederland; deel 1: Inleiding tot de plantensociologie - grondslagen, methoden en toepassingen. Uppsala, Opulus Press.
- Simpson, D., Benedictow, A., Berge, H., Bergström, R., Emberson, L.D., Fagerli, H., Flechard, C.R., Hayman, G.D., Gauss, M., Jonson, J.E., Jenkin, M.E., Nyiri, A., Richter, C., Semeena, V.S., Tsyro, S., Tuovinen, J.-P., Valdebenito, A., Wind, P., 2012. The EMEP MSC-W chemical transport model - technical description. *Atmospheric Chemistry and Physics* 12, 7825-7865. DOI: 10.5194/acp-12-7825-2012.
- Van den Burg. 2017. Rammelende eieren en brekebenen bij de koolmees: verzuring terug bij af? *Vakblad voor Bos en Natuurbeheer* 14: 3-7.
- Van den Burg, A.B., Berendse, F., Dobben, H.F., Kros, J.H., Bobbink, R., Roelofs, J., Ode, B., van Swaay, C.A.M., Sierdsema, H., Siebel H.N., de Vries, W. 2021. Stikstof en natuurherstel. Onderzoek naar een ecologische noodzakelijke reductiedoelstelling van stikstof. Wereld Natuur Fonds.
- Van Tongeren, O., Gremmen, N, Hennekens, S. 2008. Assignment of relevés to pre-defined classes by supervised clustering of plant communities using a new composite index. *Journal of Vegetation Science* 19:525-536.
- Wamelink, G.W.W., Adrichem, M.H.C. van, Frissel, J.Y., Wegman, R.M.A. 2011. Een nieuwe, eenvoudige manier om de bodemkwaliteit van natuurgebieden te bepalen. Alterra rapport 2214. Alterra, Wageningen.
- Wamelink, G.W.W., Goedhart, P.W., Roelofsen, H.D., Bobbink, R., van Dobben, H.F., Data providers, 2021. Relaties tussen de hoeveelheid stikstofdepositie en de kwaliteit van habitattypen. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3089.

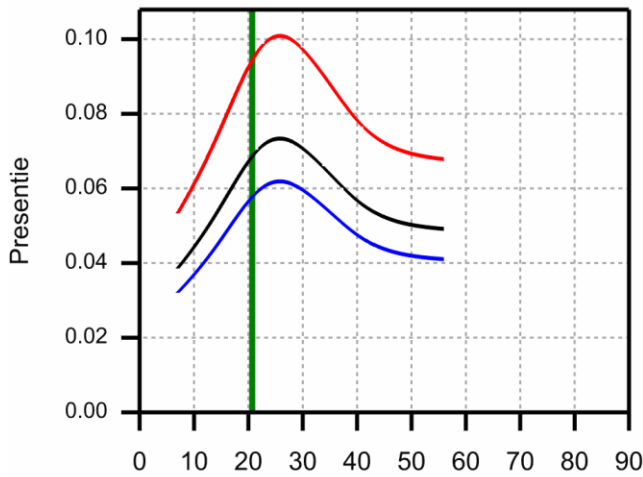
Bijlage 1 Responscurven van soorten per beheertype

Per habitatype worden de responsies van de kwalificerende soorten gegeven, met eerst het beheertype en dan de soorten. In de figuren wordt steeds de grenswaarden voor de depositie van de beheertypen (indien beschikbaar) gegeven als een lichtgroen vlak. De linker grens van het vlak geeft de grenswaarde voor goed en matig, de rechter grens de grenswaarde voor matig en slecht. Ook wordt de huidige gemiddelde depositie gegeven voor Flevoland als een donkergroene, verticale lijn. Boven de beheertypecurve staat de beheertypecode, het 'bodem' type en tot slot het aantal kwalificerende soorten met een curve ten opzichte van het totaal aantal kwalificerende plantensoorten. Op de tweede regel staat de naam van het beheertype.

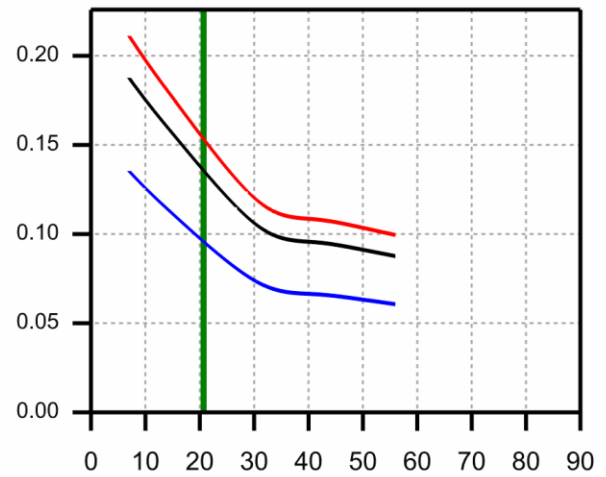
Per soort wordt een curve gegeven voor klei (rood) en zandbodem (blauw), naast de gemiddelde respons voor Nederland (zwart). Boven elke soortfiguur staan de Nederlandse en wetenschappelijke naam.



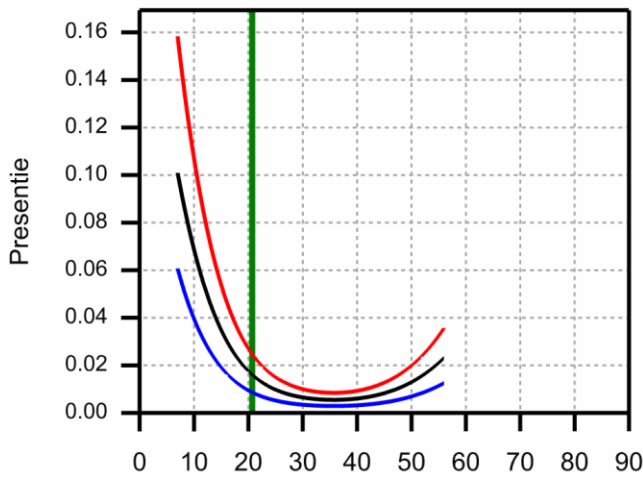
Stomphoekig Sterrenkroos
Callitriche obtusangula



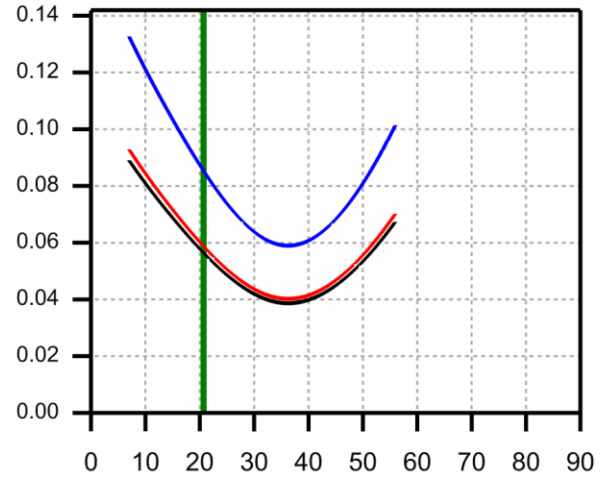
Brede Waterpest
Elodea canadensis



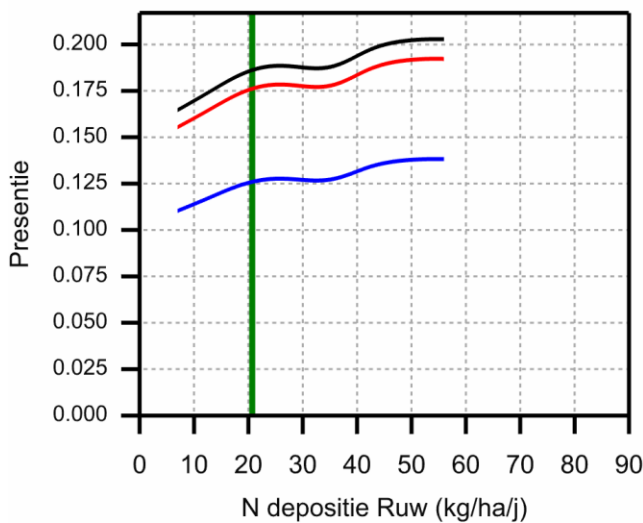
Paarbladig Fonteinkruid
Groenlandia densa



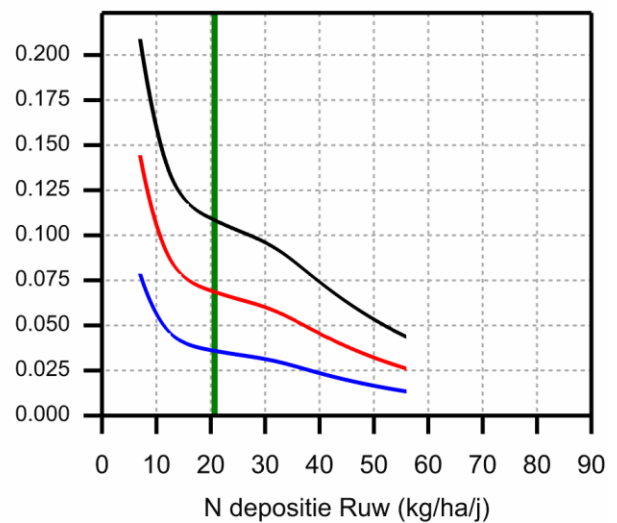
Waterviolier
Hottonia palustris



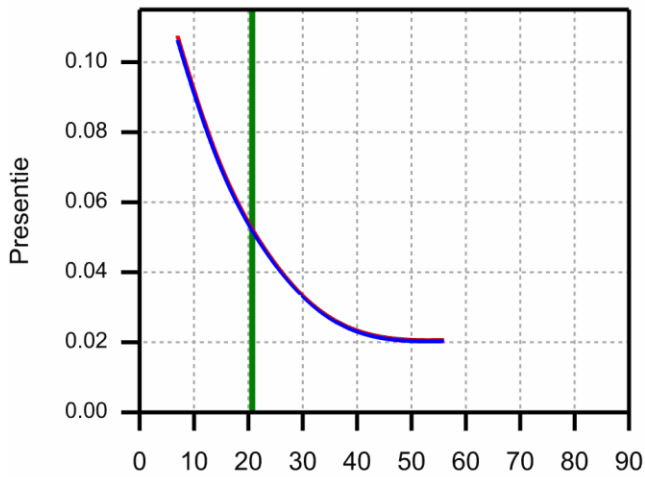
Kikkerbeet
Hydrocharis morsus-ranae



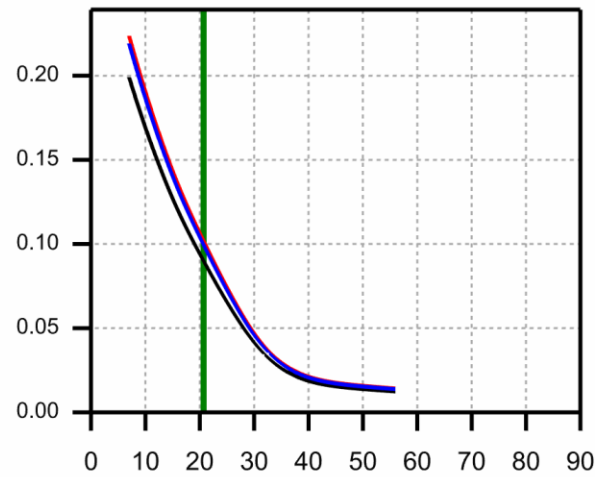
Oeverkruid
Littorella uniflora



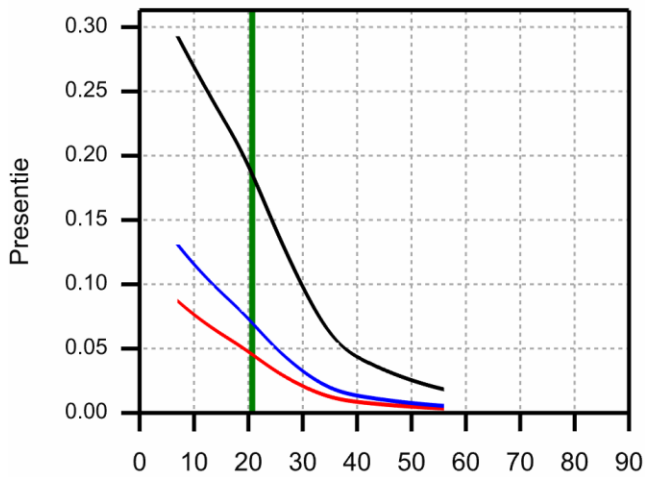
Teer Vederkruid
Myriophyllum alterniflorum



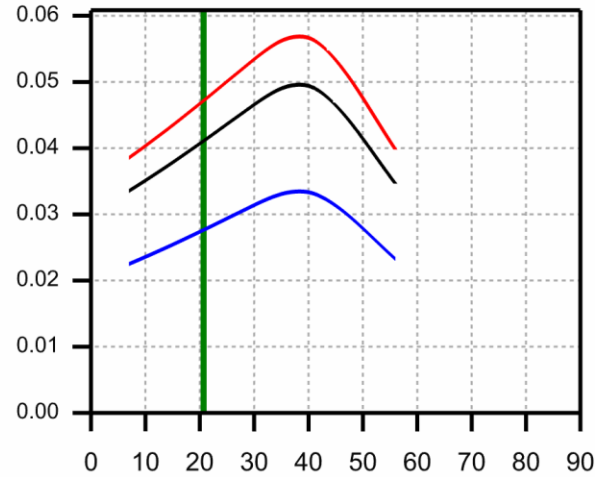
Kransvederkruid
Myriophyllum verticillatum



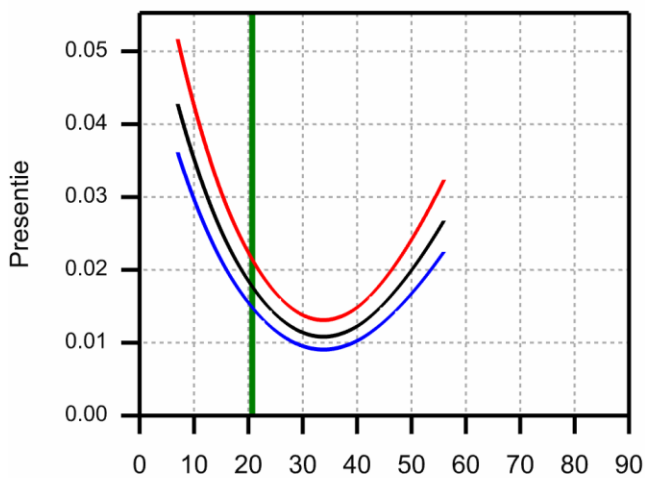
Groot Nimfkruid
Najas marina



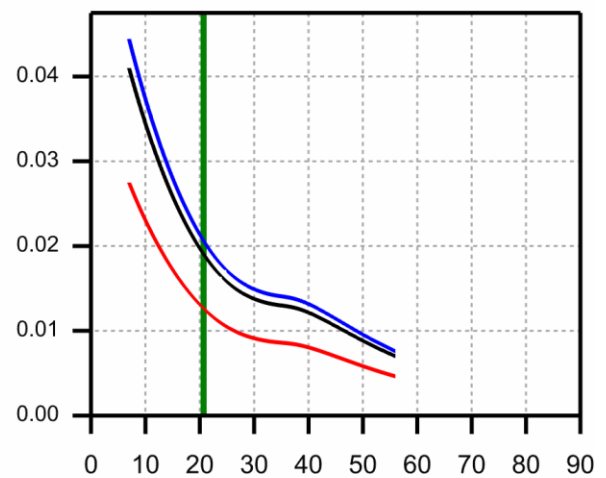
Watergentiaan
Nymphoides peltata



Spits Fonteinkruid
Potamogeton acutifolius



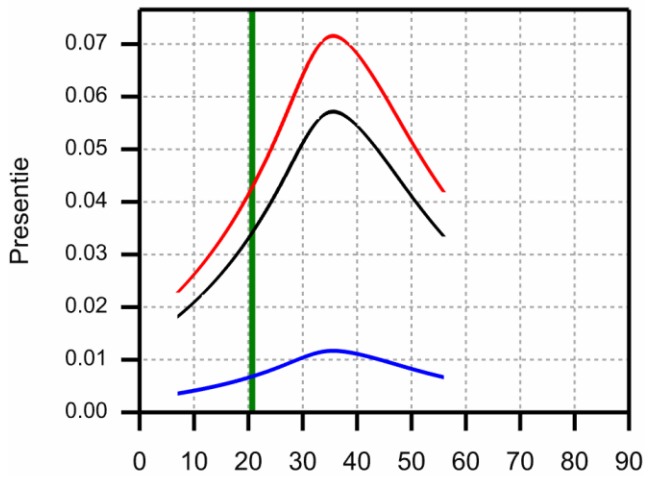
Plat Fonteinkruid
Potamogeton compressus



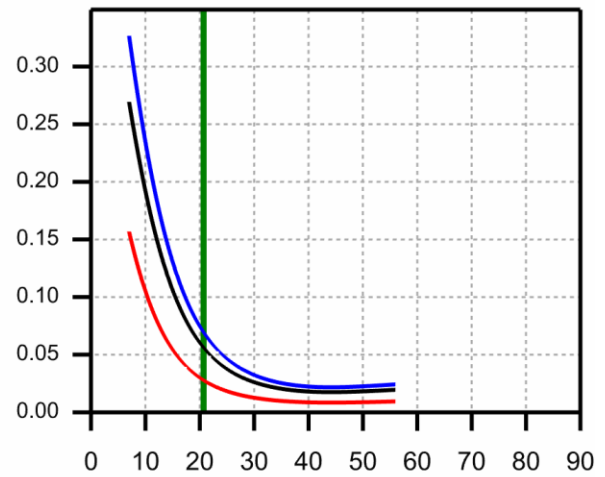
N depositie Ruw (kg/ha/j)

N depositie Ruw (kg/ha/j)

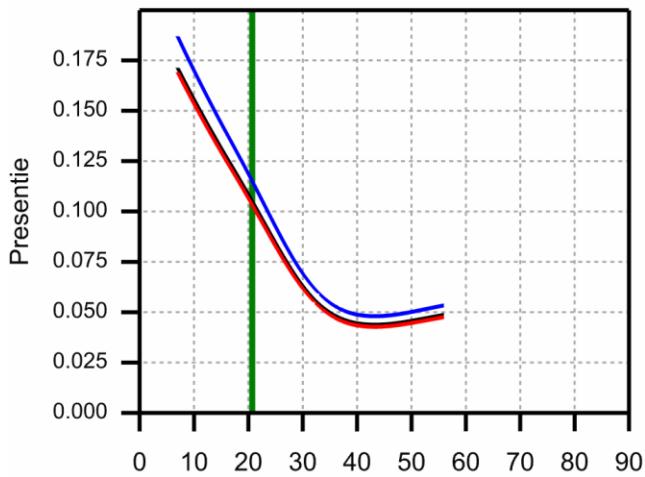
Puntig Fonteinkruid
Potamogeton friesii



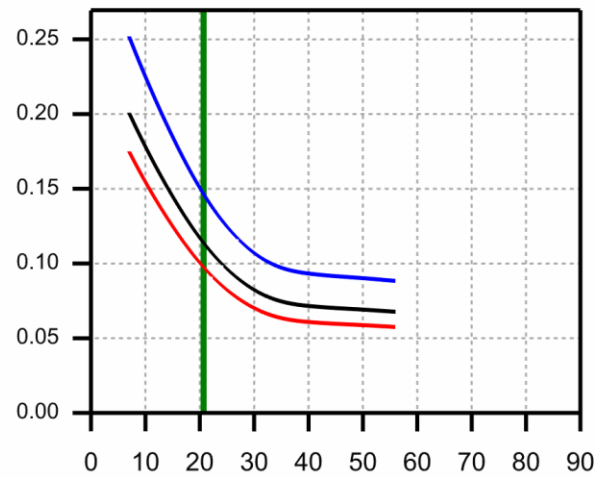
Ongelijkbladig Fonteinkruid
Potamogeton gramineus



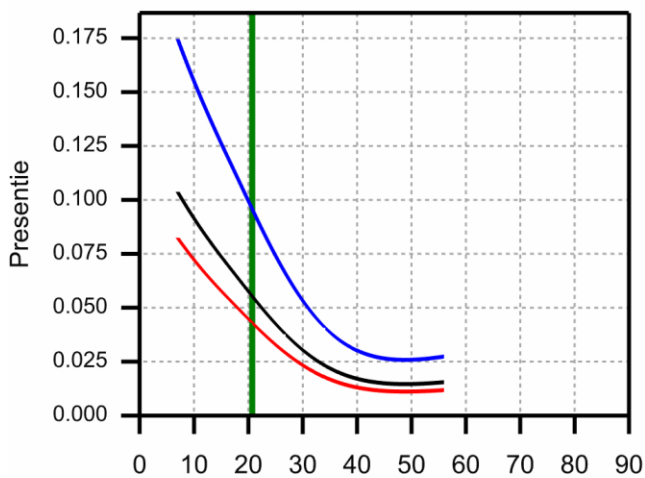
Glanzig Fonteinkruid
Potamogeton lucens



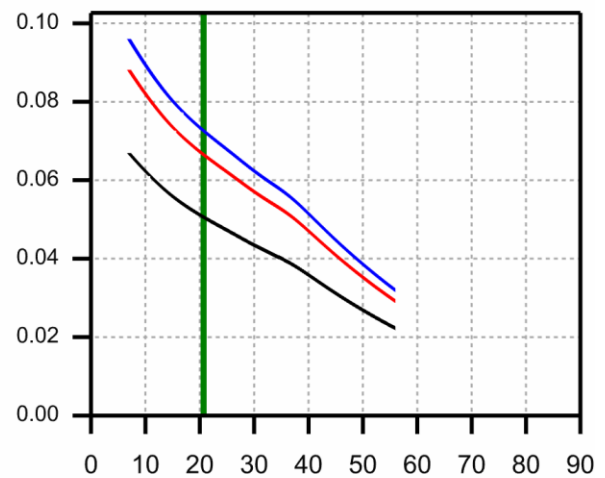
Drijvend Fonteinkruid
Potamogeton natans



Stomp Fonteinkruid
Potamogeton obtusifolius



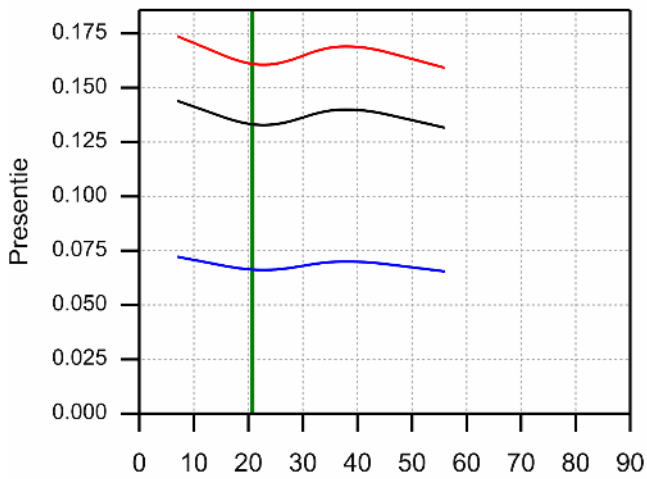
Doorgroeid Fonteinkruid
Potamogeton perfoliatus



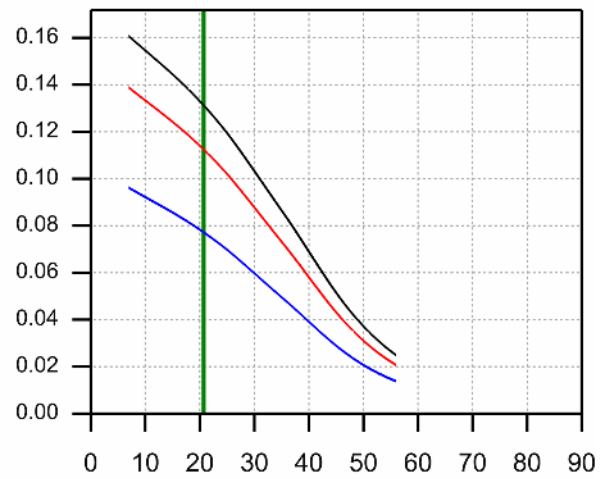
N depositie Ruw (kg/ha/j)

N depositie Ruw (kg/ha/j)

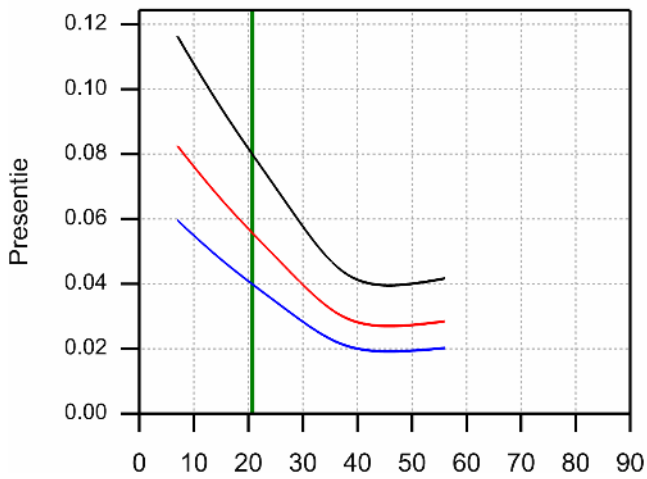
Stijve Waterranonkel
Ranunculus circinatus



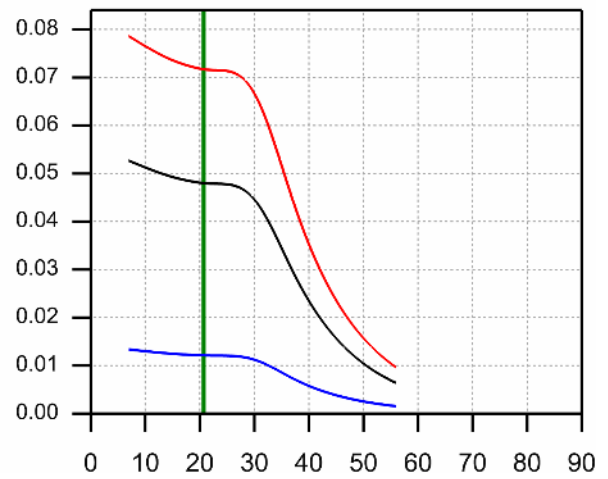
Krabbenscheer
Stratiotes aloides



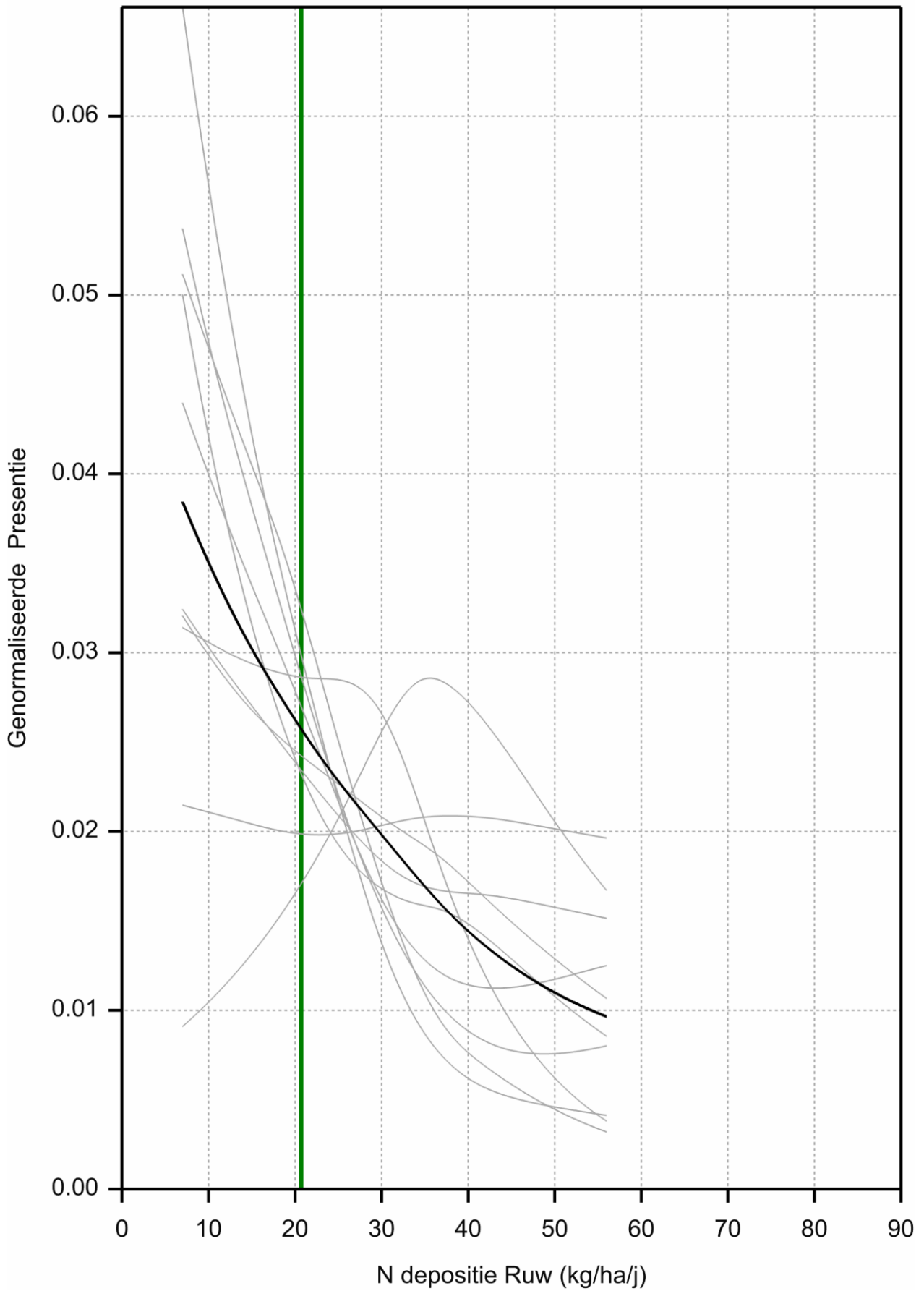
Groot Blaasjeskruid
Utricularia vulgaris



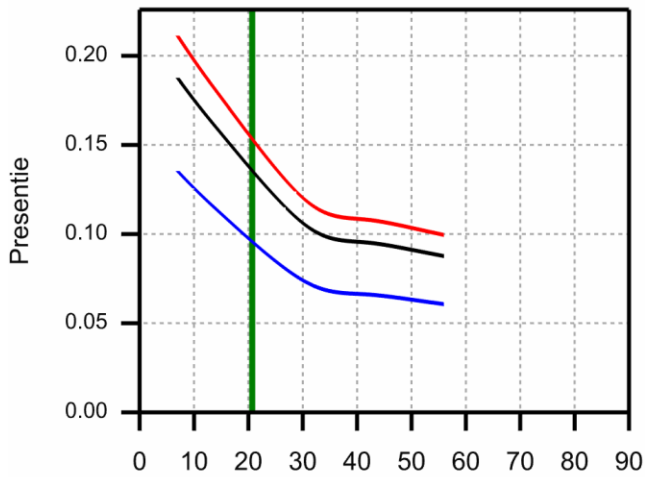
Zittende Zannichellia
Zannichellia palustris



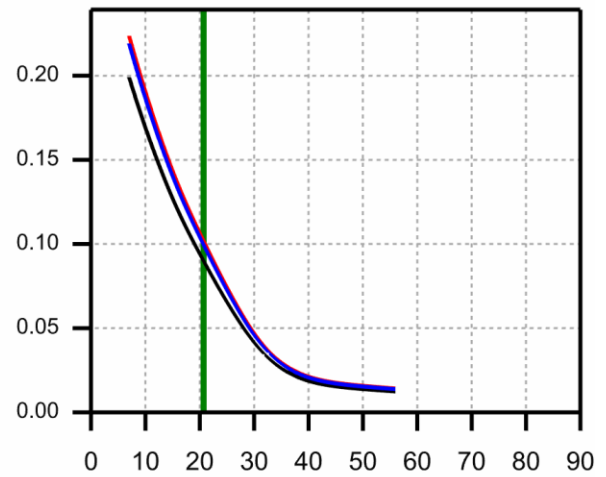
N04.04 (WAT) (11 / 23)
Afgesloten zeearm



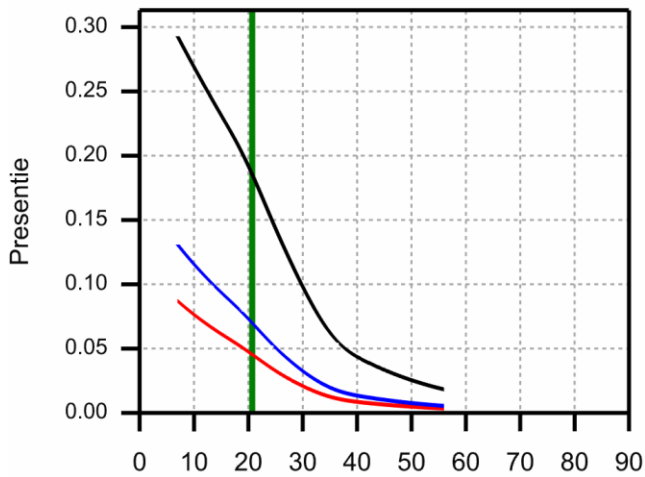
Brede Waterpest
Elodea canadensis



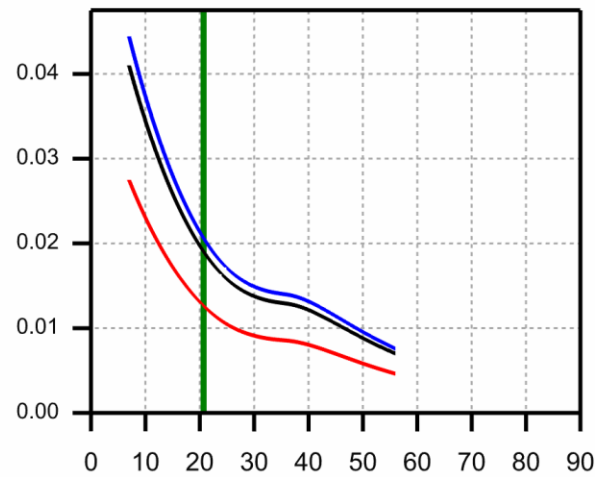
Kransvederkruid
Myriophyllum verticillatum



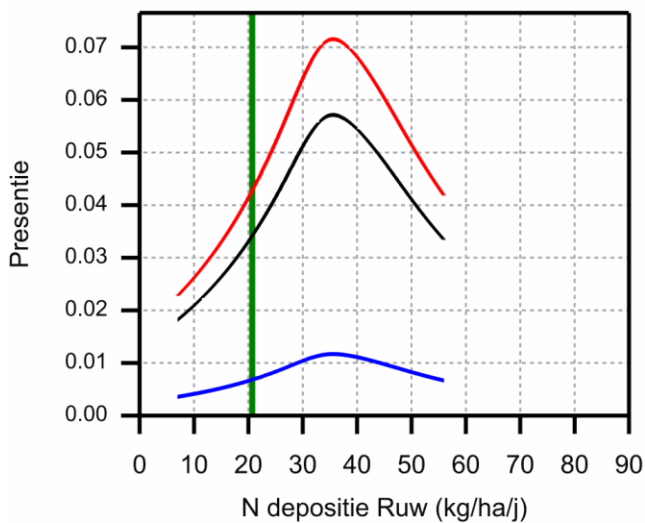
Groot Nimfkruid
Najas marina



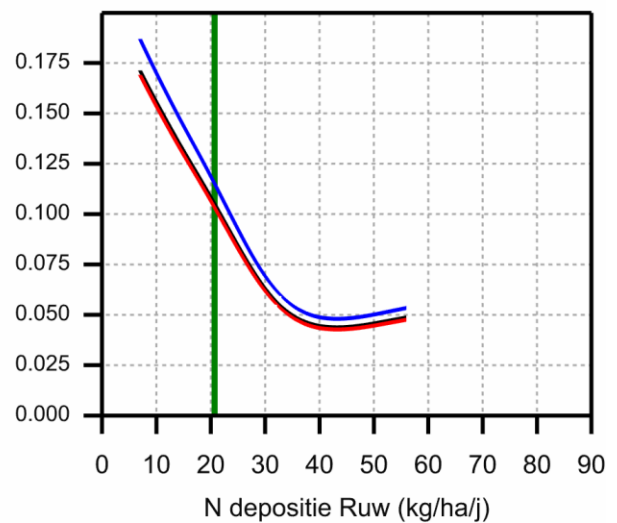
Plat Fonteinkruid
Potamogeton compressus



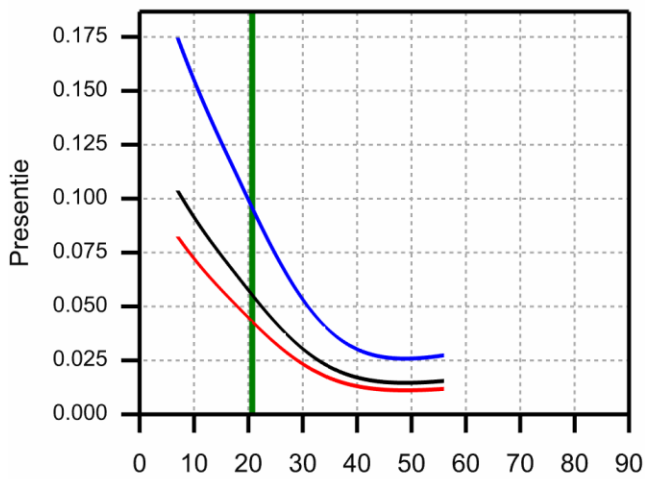
Puntig Fonteinkruid
Potamogeton friesii



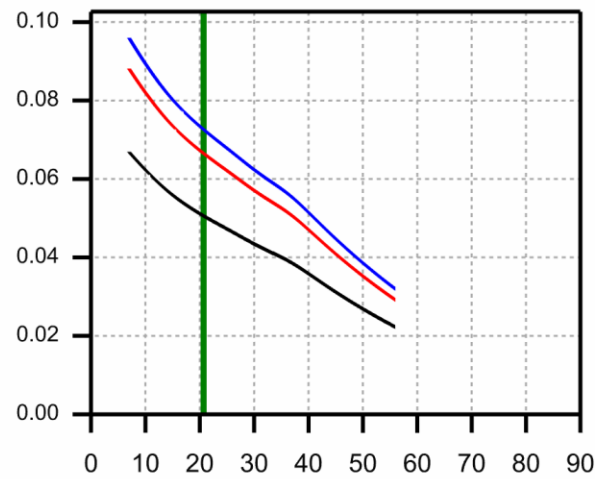
Glanzig Fonteinkruid
Potamogeton lucens



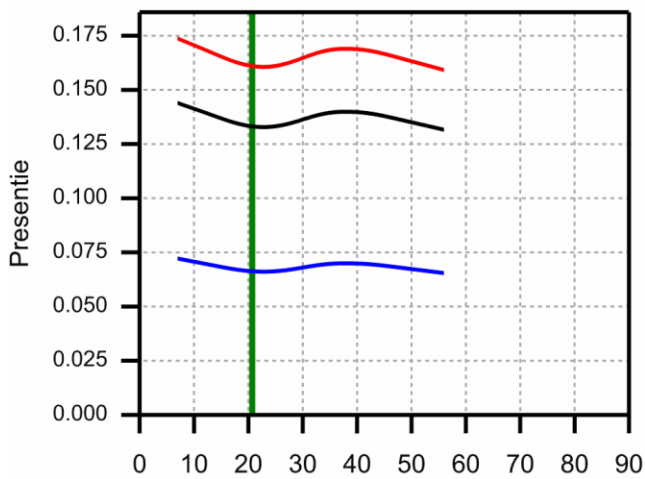
Stomp Fonteinkruid
Potamogeton obtusifolius



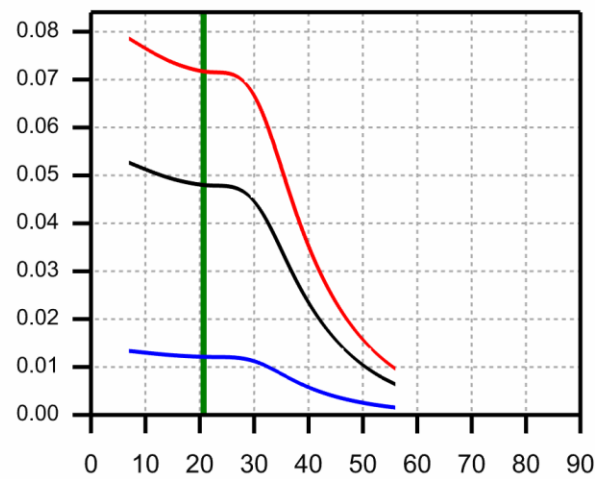
Doorgroeid Fonteinkruid
Potamogeton perfoliatus



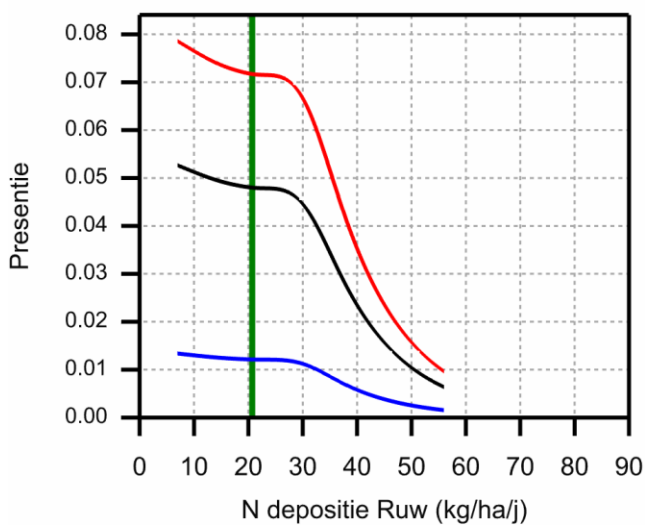
Stijve Waterranonkel
Ranunculus circinatus



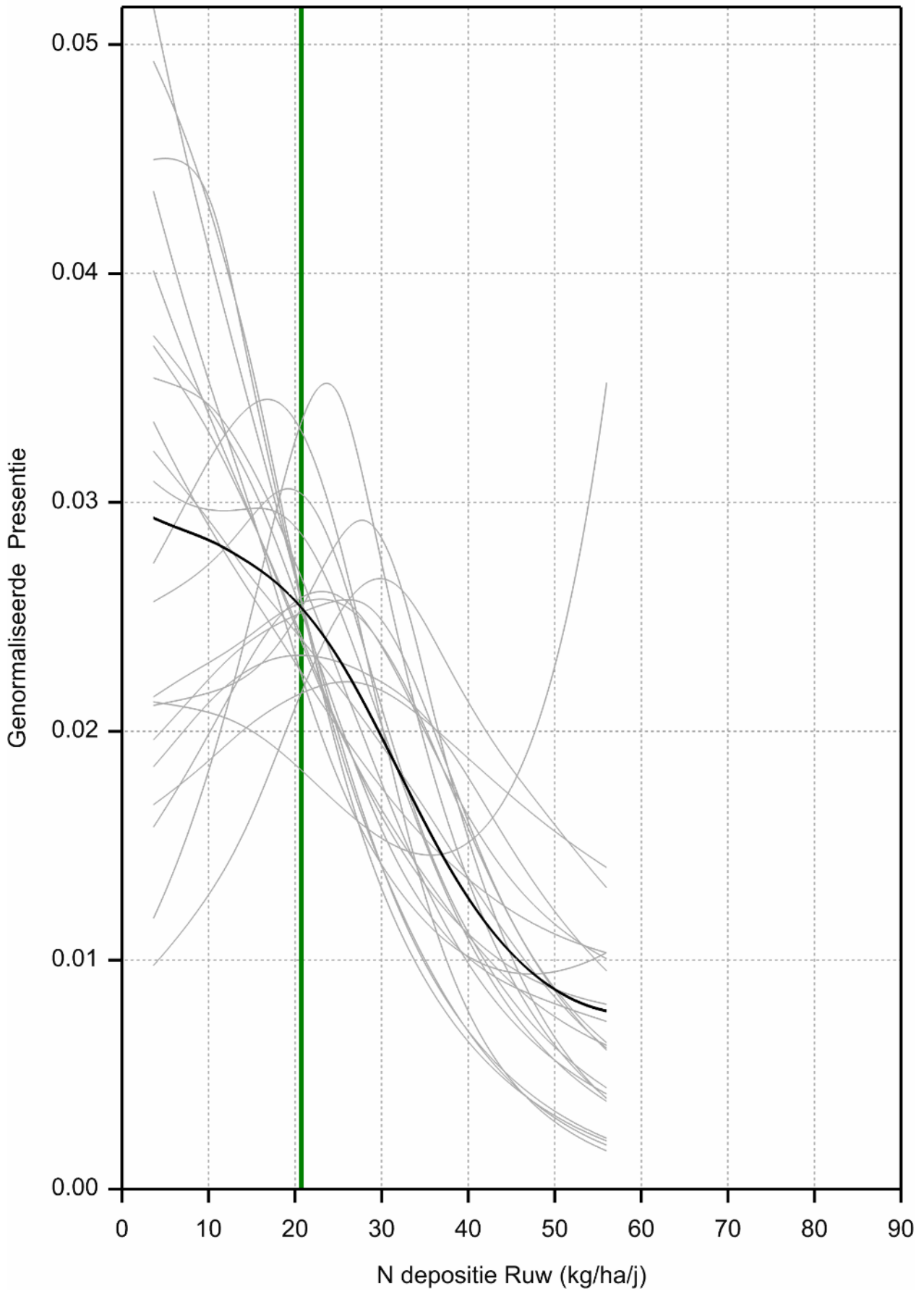
Gesteelde Zannichellia
Zannichellia palustris



Zittende Zannichellia
Zannichellia palustris



N05.02 (MOE) (22 / 31)
Gemaaid rietland



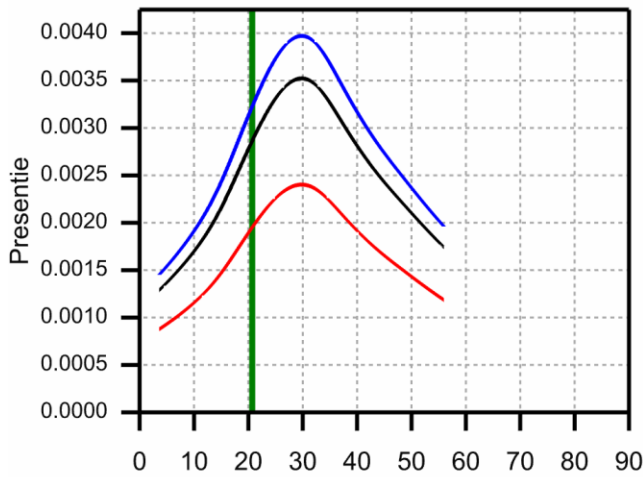
N05.02 (MOE)

— NL

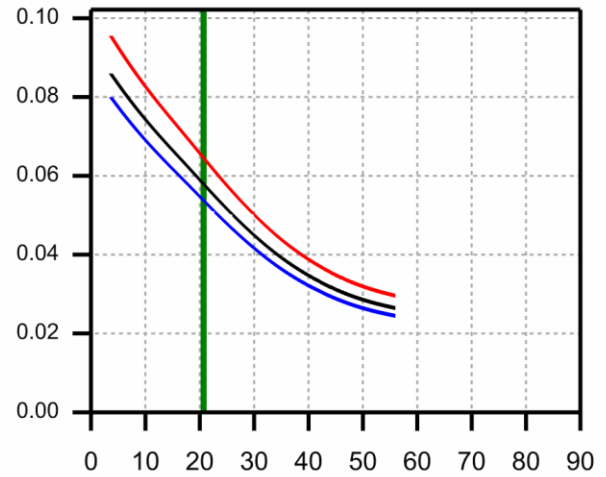
— Klei

— Zand

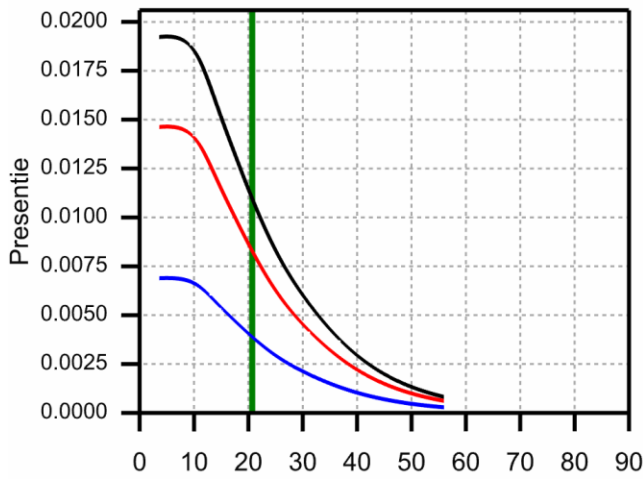
Slangenwortel
Calla palustris



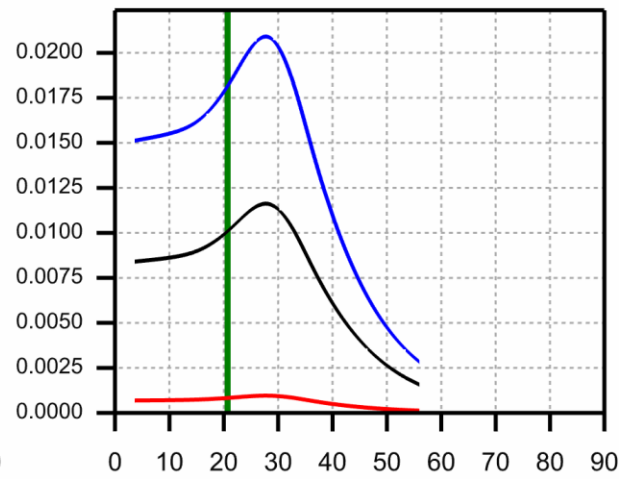
Gewone Dotterbloem
Caltha palustris



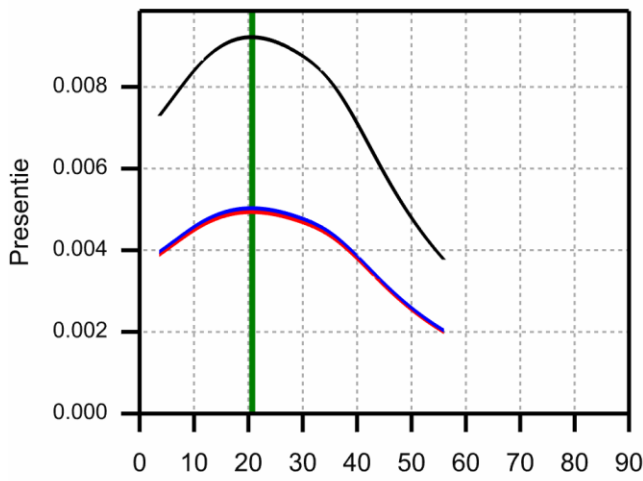
Paardenhaarzegge
Carex appropinquata



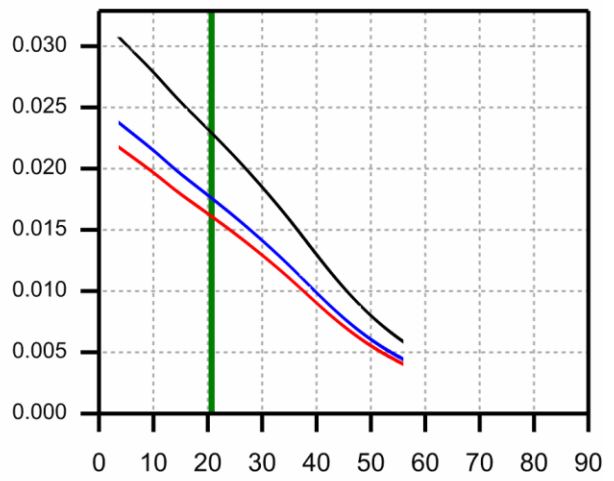
Noordse Zegge
Carex aquatilis



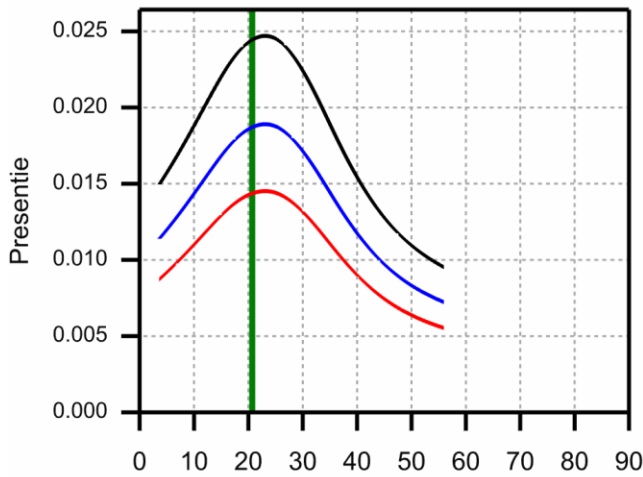
Ronde Zegge
Carex diandra



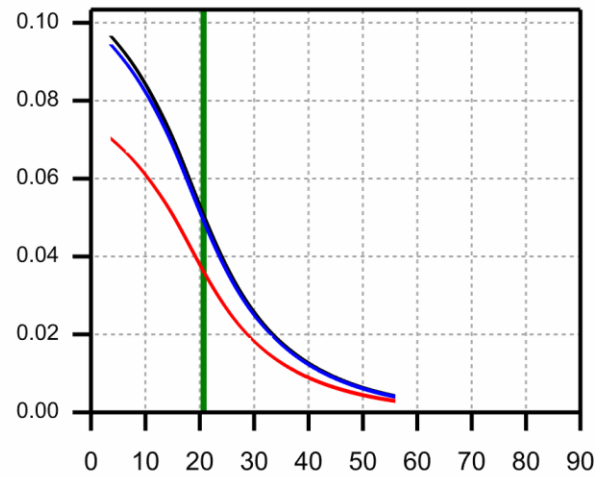
Draadzegge
Carex lasiocarpa



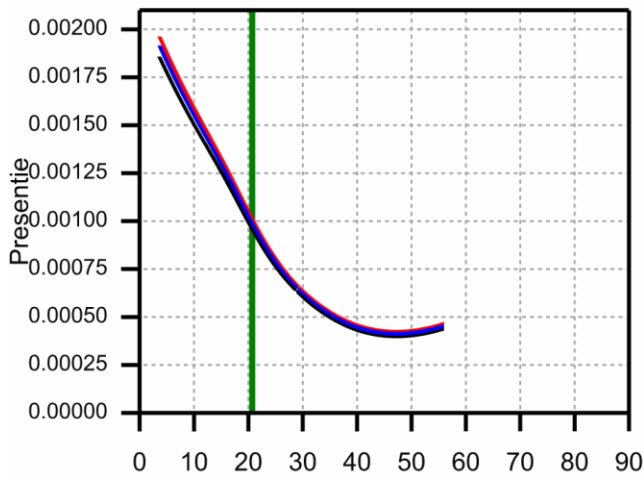
Waterscheerling
Cicuta virosa



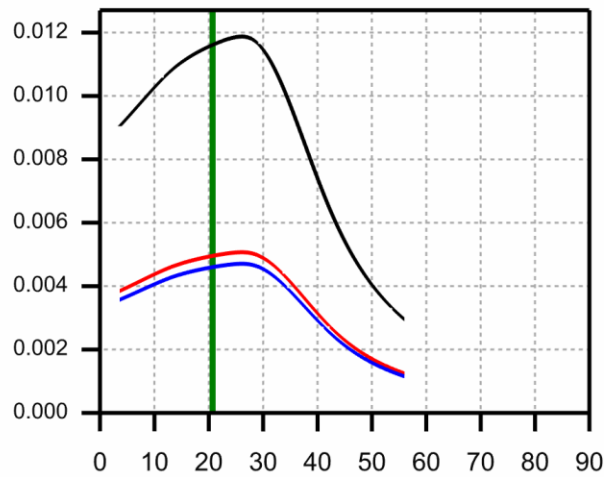
Galigaan
Cladium mariscus



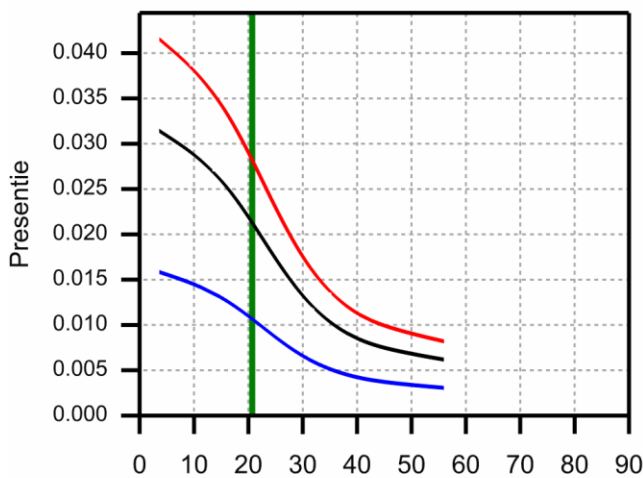
Rietorchis
Dactylorhiza majalis



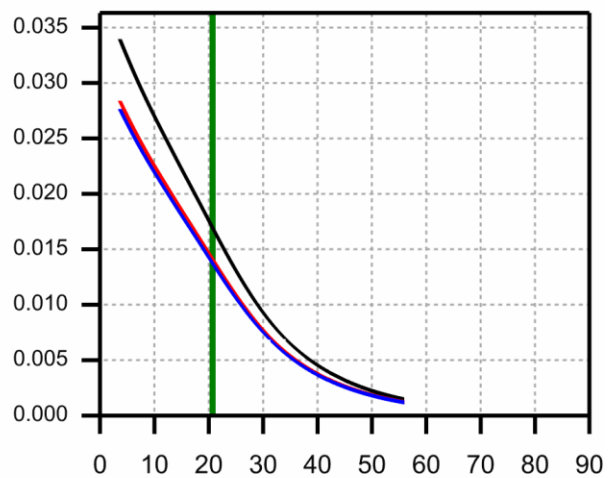
Kamvaren
Dryopteris cristata



Lidsteng
Hippuris vulgaris



Gevleugeld Hertshooi
Hypericum tetrapterum



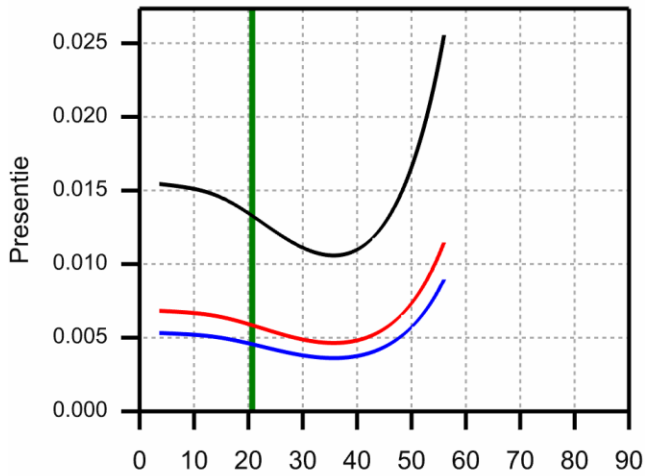
N05.02 (MOE)

— NL

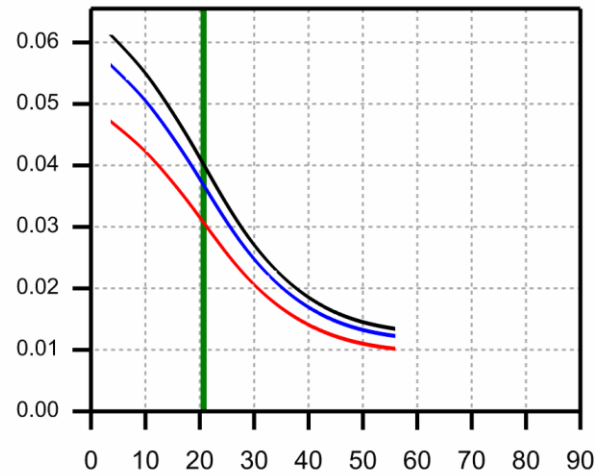
— Klei

— Zand

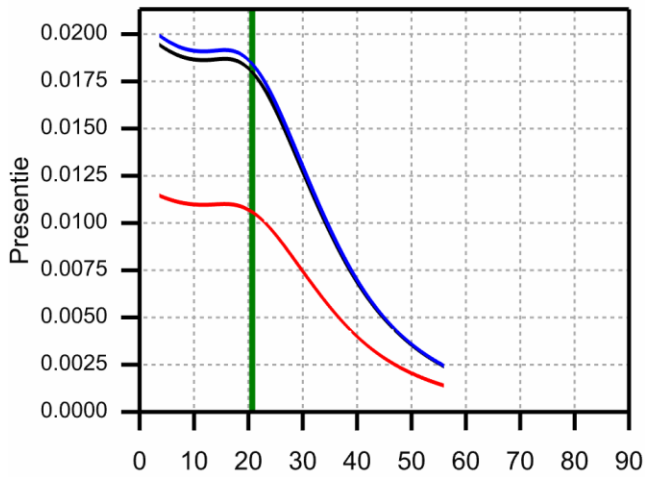
Moeraslathyrus
Lathyrus palustris



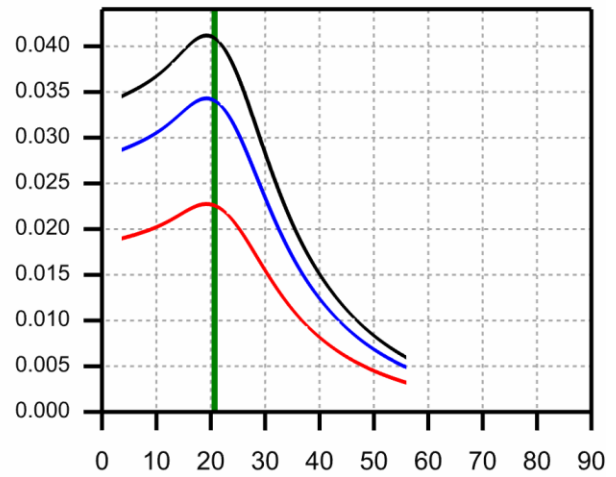
Waterdrieblad
Menyanthes trifoliata



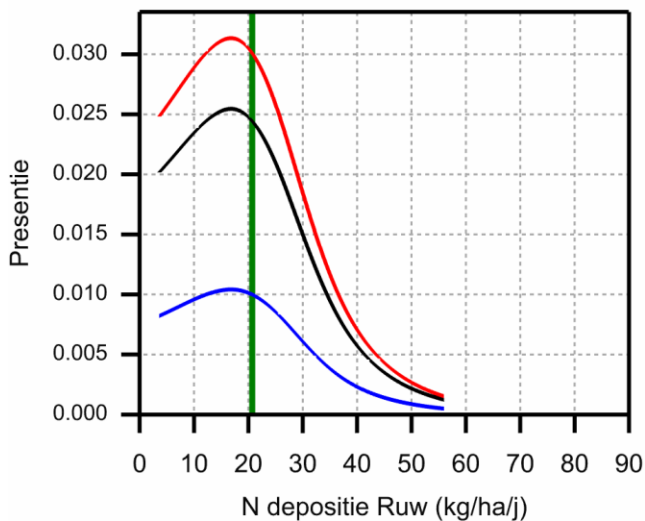
Moeraskartelblad
Pedicularis palustris



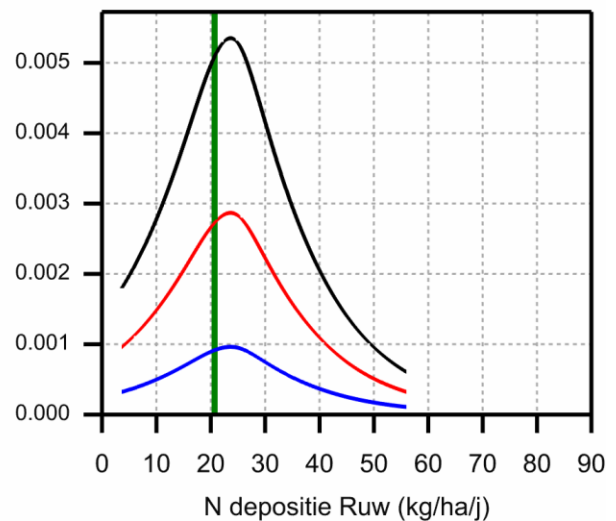
Grote Boterbloem
Ranunculus lingua



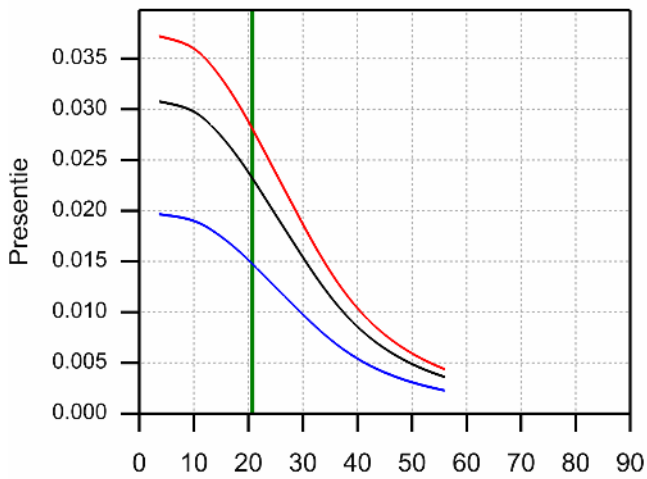
Moerasmelkdistel
Sonchus palustris



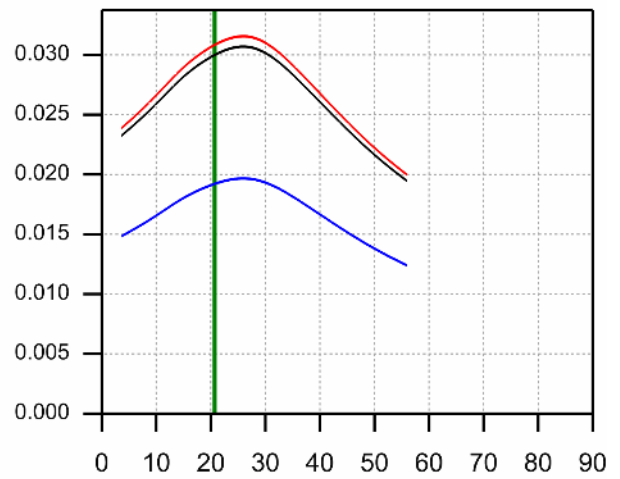
Krabbenscheer
Stratiotes aloides



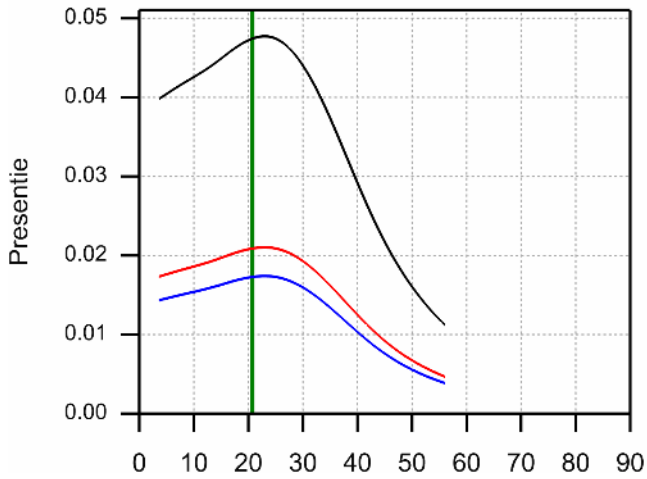
Blauwe Knoop
Succisa pratensis



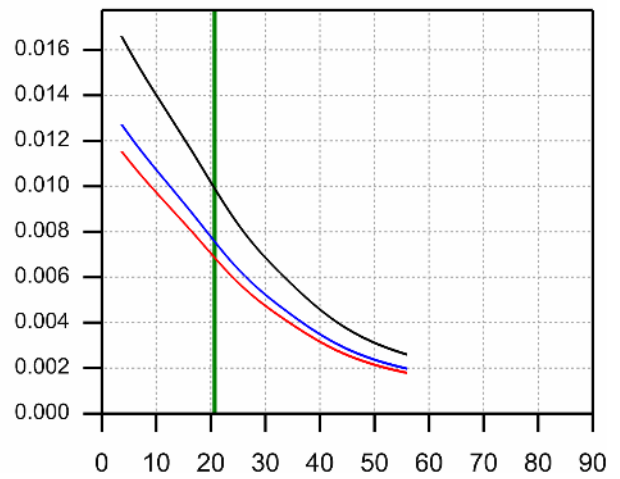
Poelruit
Thalictrum flavum



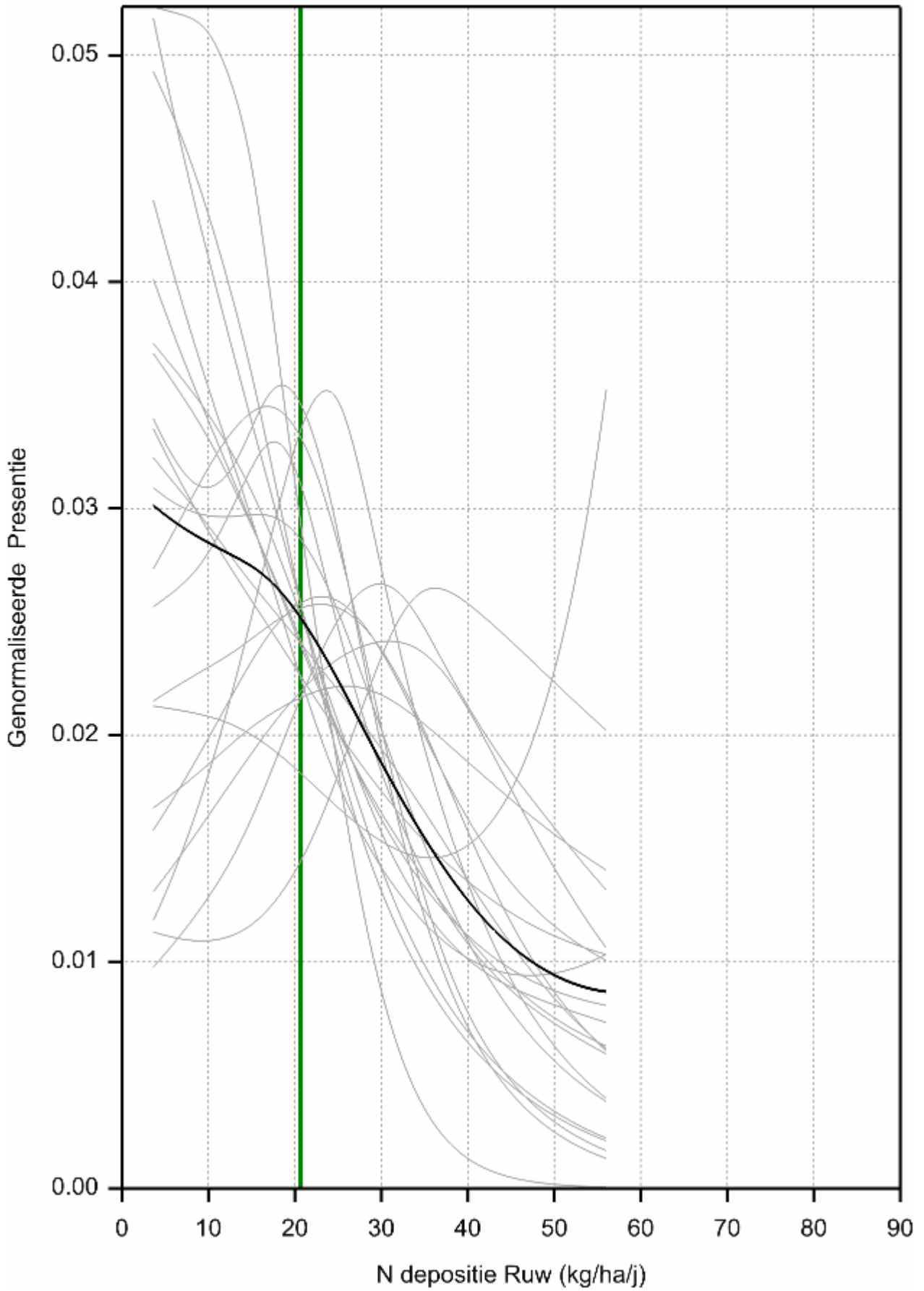
Moerasvaren
Thelypteris palustris

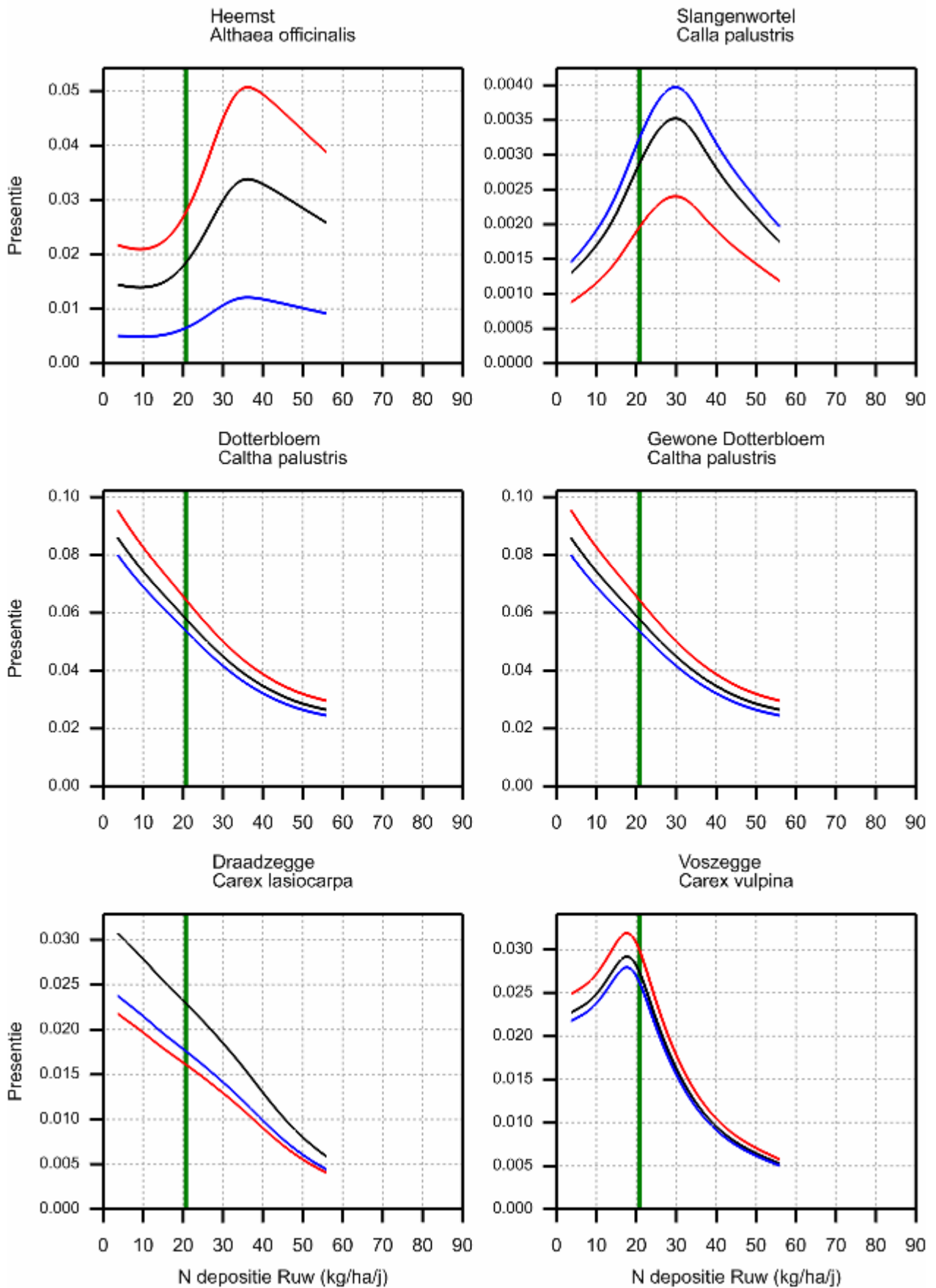


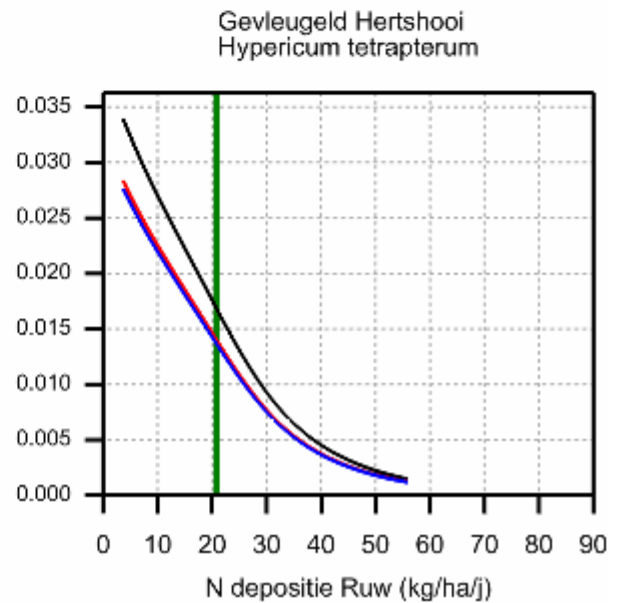
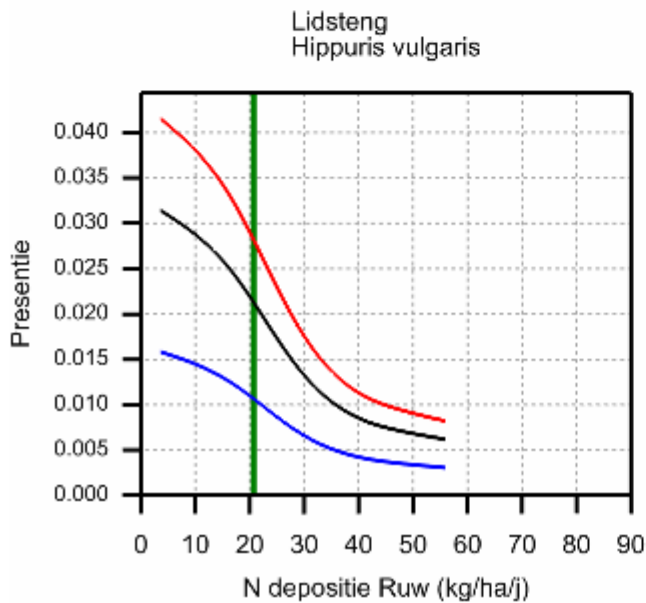
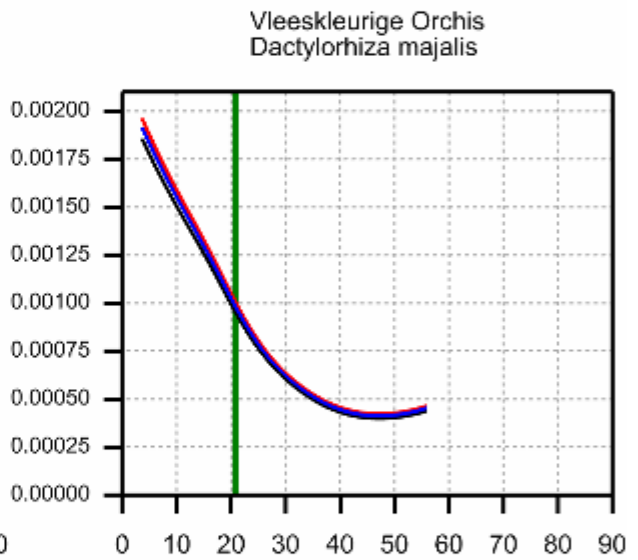
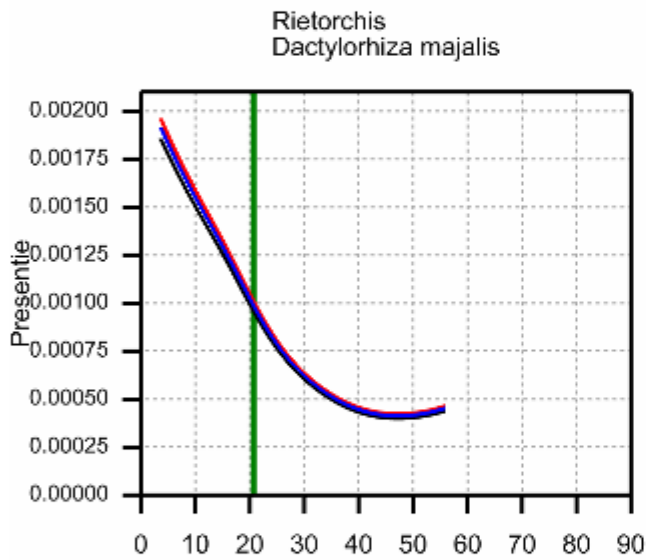
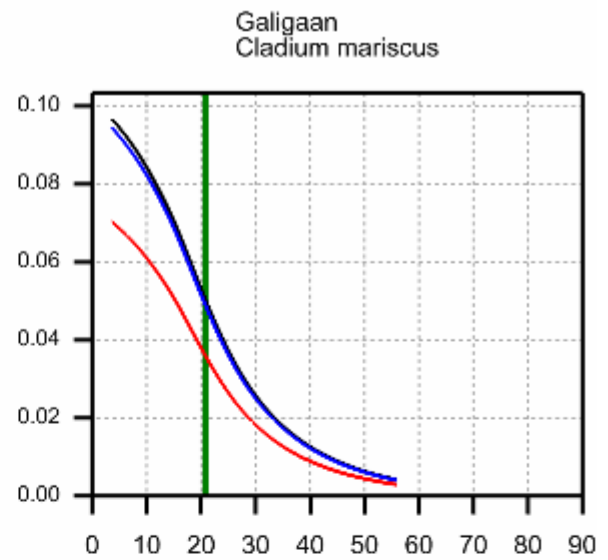
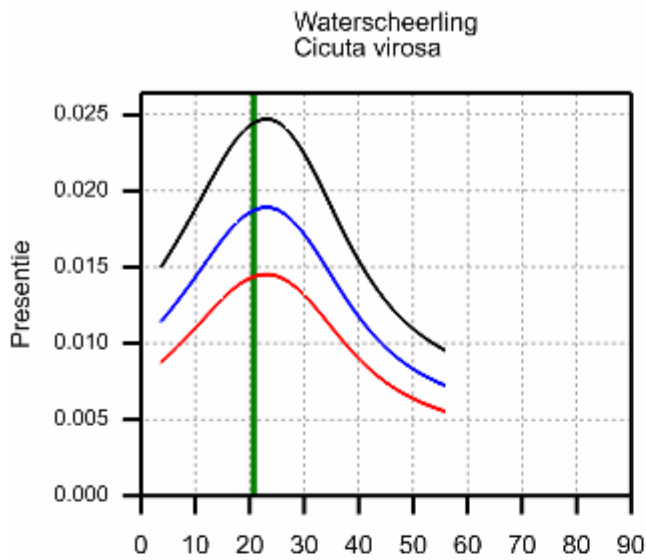
Kleine Valeriaan
Valeriana dioica



N05.04 (MOE) (23 / 35)
Dynamisch Moeras







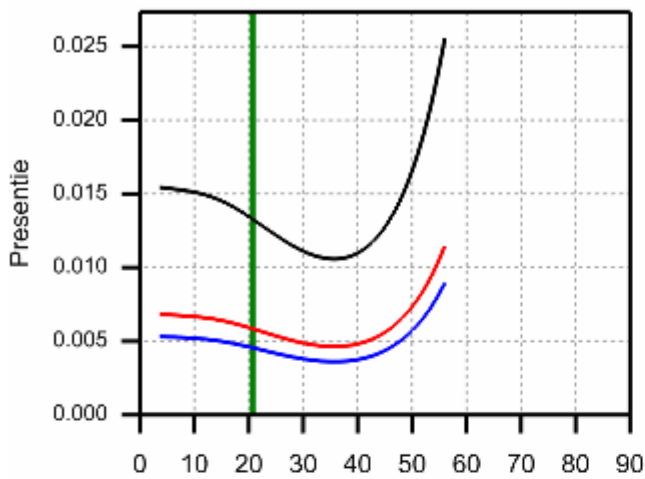
N05.04 (MOE)

— NL

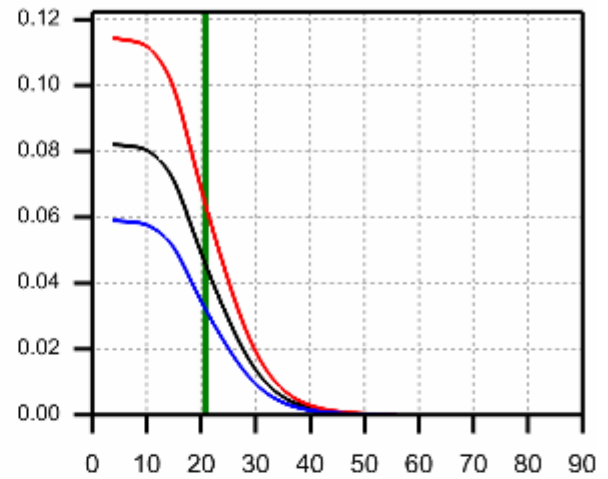
— Klei

— Zand

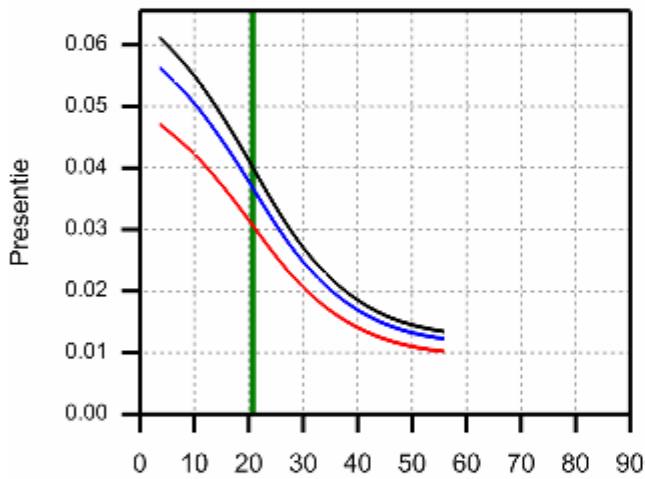
Moeraslathyrus
Lathyrus palustris



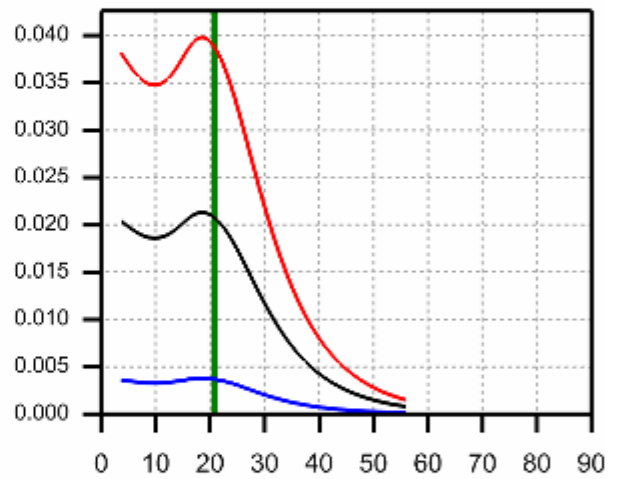
Rijstgras
Leersia oryzoides



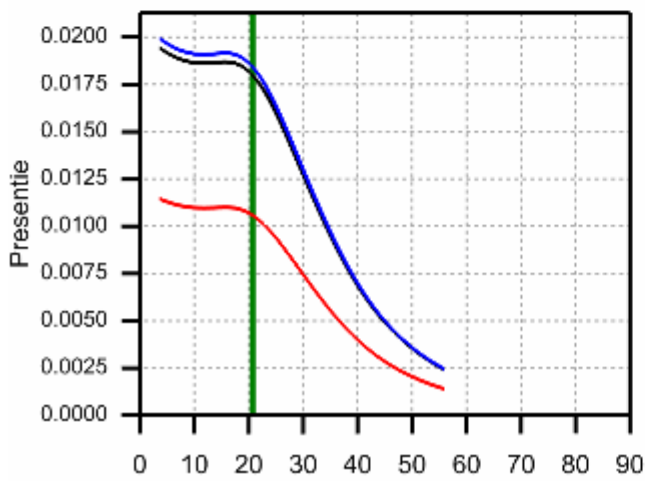
Waterdrieblad
Menyanthes trifoliata



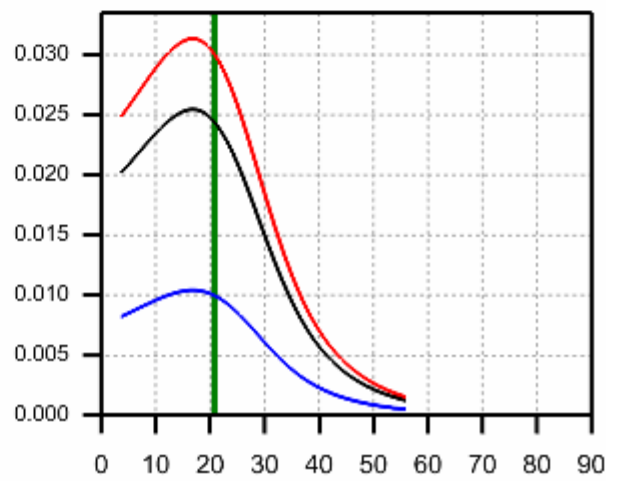
Zilt Torkruid
Oenanthe lachenalii



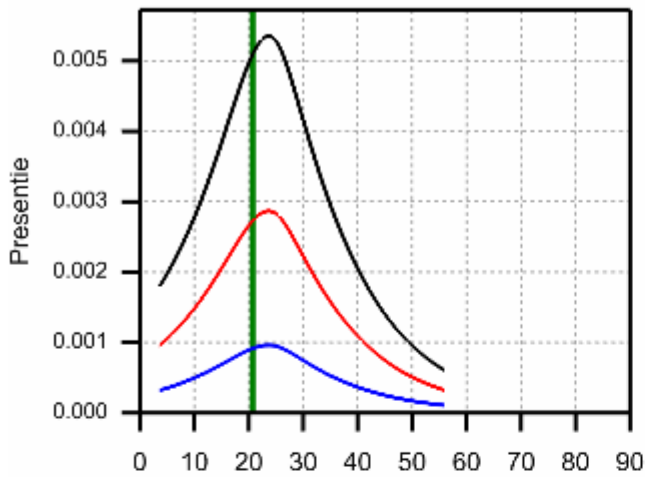
Moeraskartelblad
Pedicularis palustris



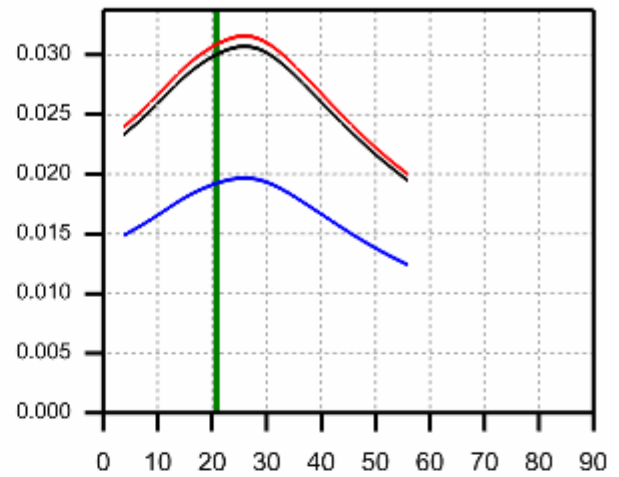
Moerasmelkdistel
Sonchus palustris



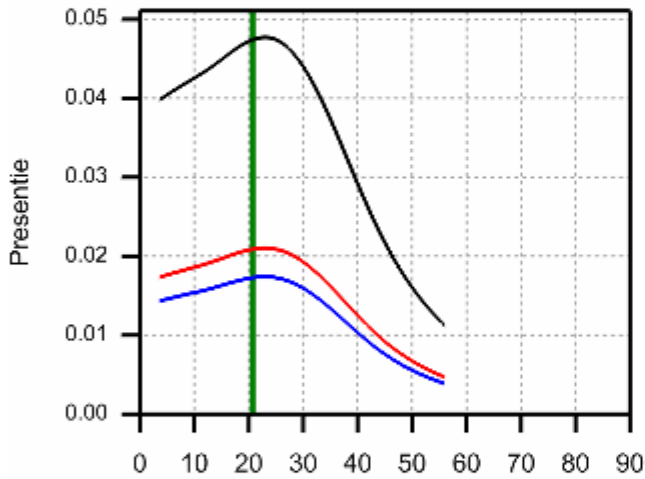
Krabbenscheer
Stratiotes aloides



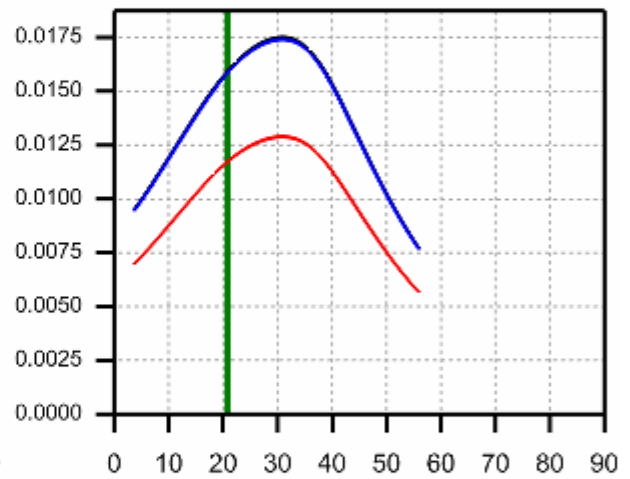
Poelruit
Thalictrum flavum



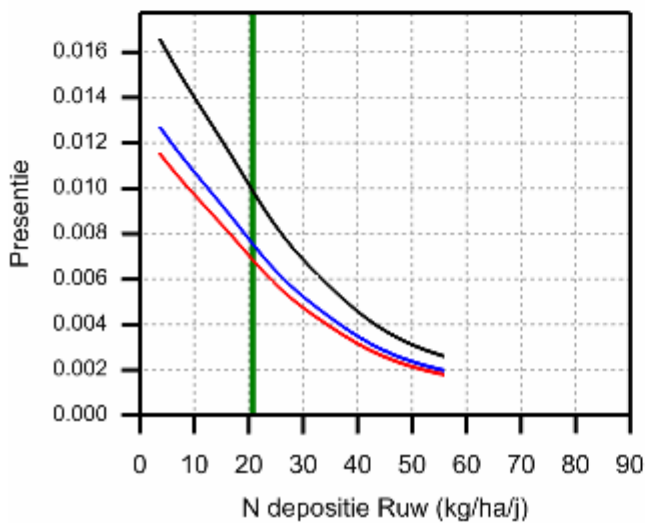
Moerasvaren
Thelypteris palustris



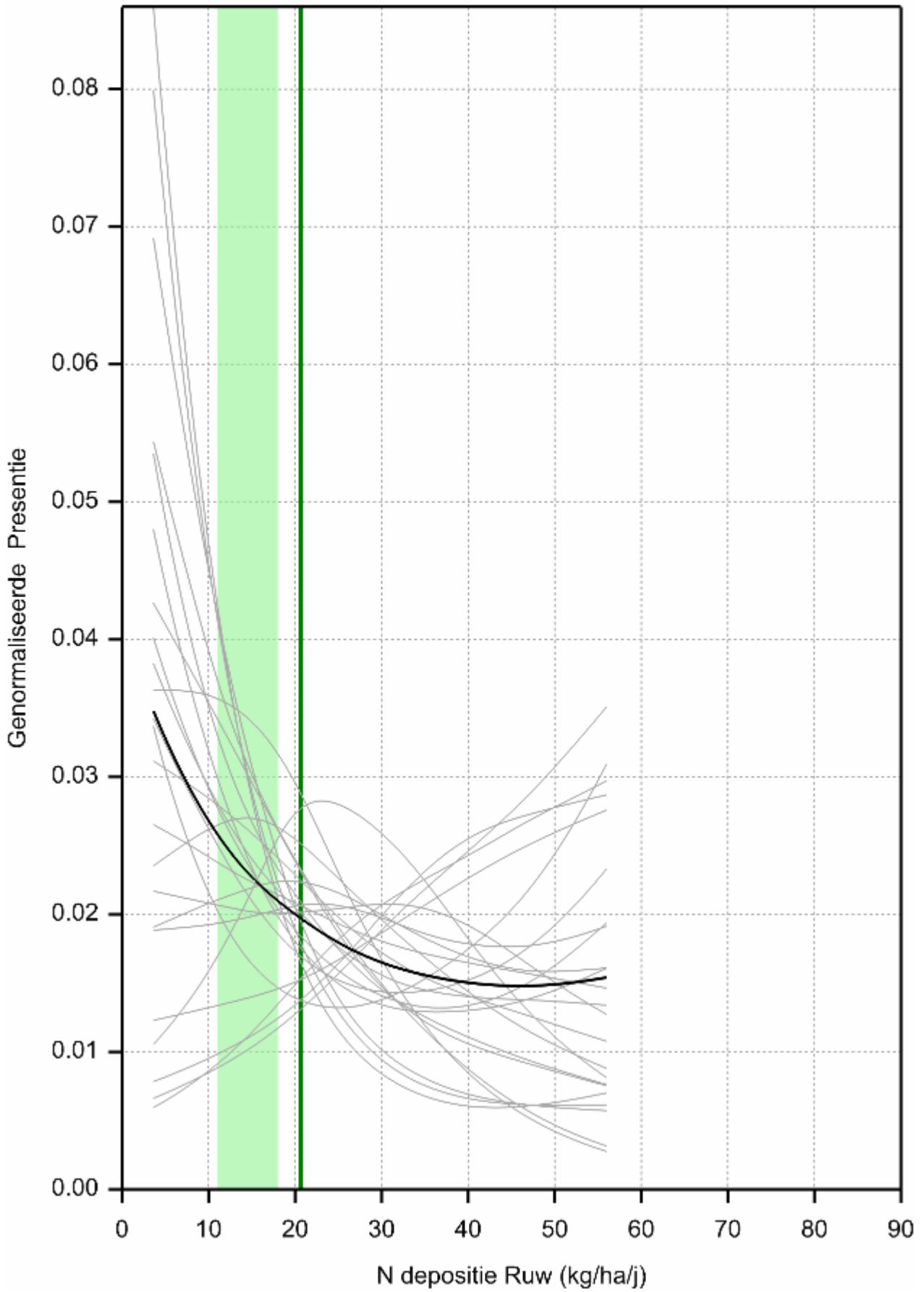
Klein Blaasjeskruid
Utricularia minor



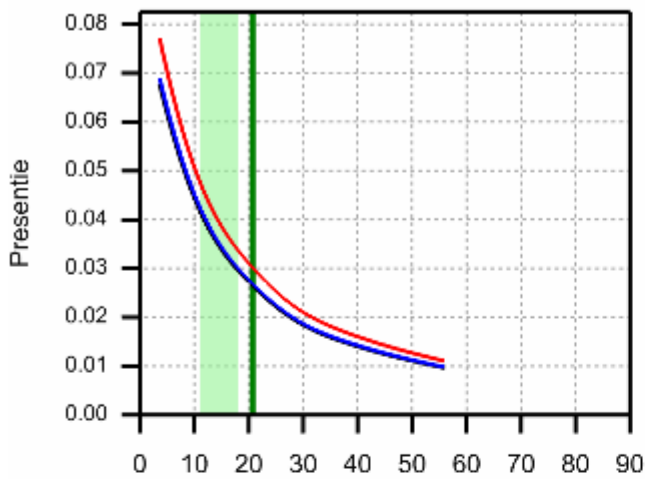
Kleine Valeriaan
Valeriana dioica



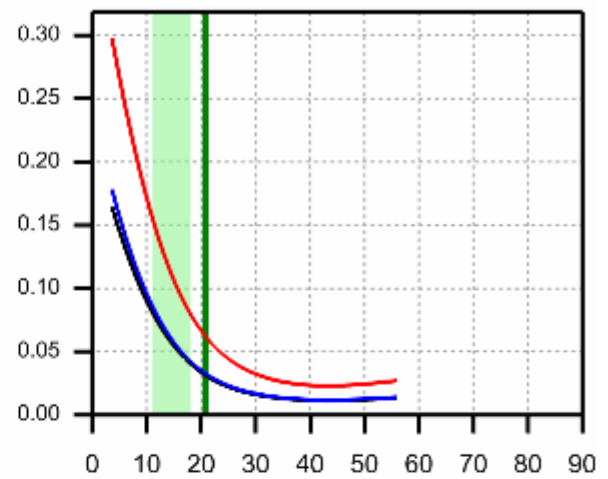
N06.04 (N-DS) (23 / 44)
Vochtige heide



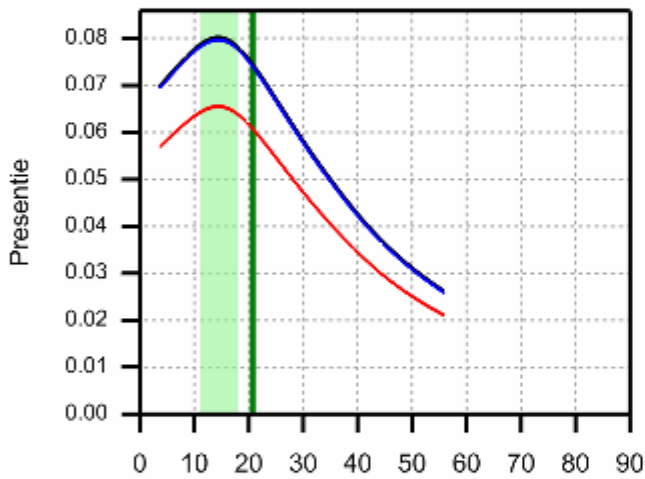
Geelgroene Zegge
Carex viridula



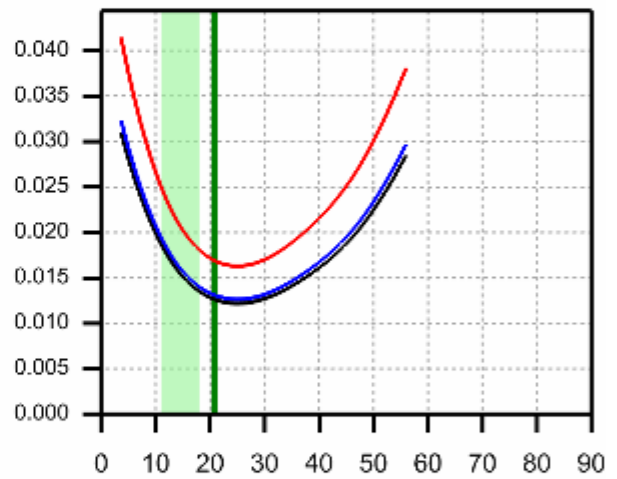
Spaanse Ruiters
Cirsium dissectum



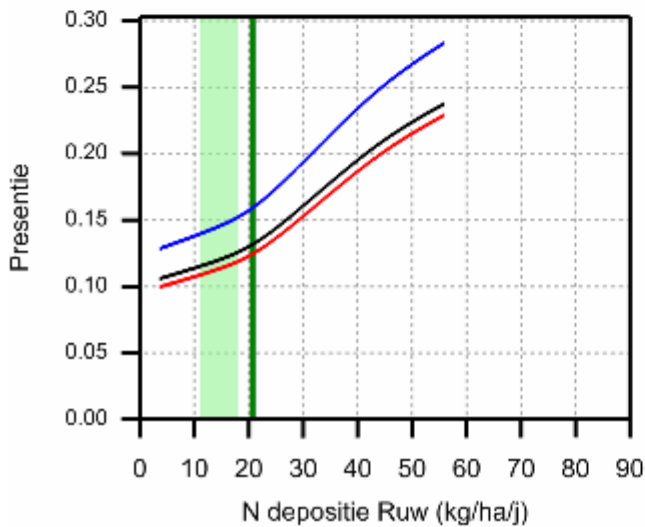
Wateraardbei
Comarum palustre



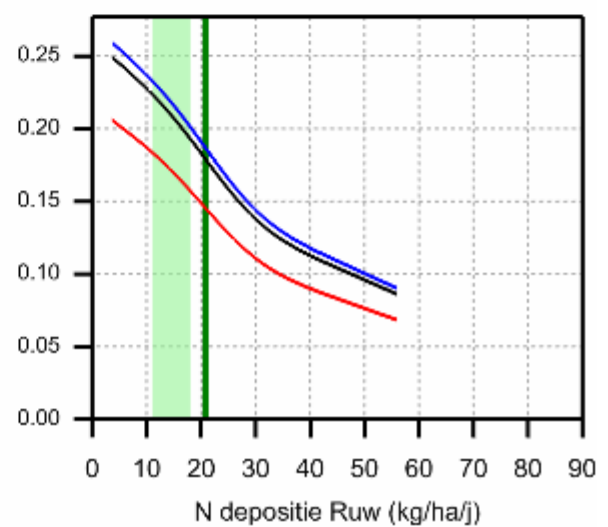
Gevlekte Orchis
Dactylorhiza maculata



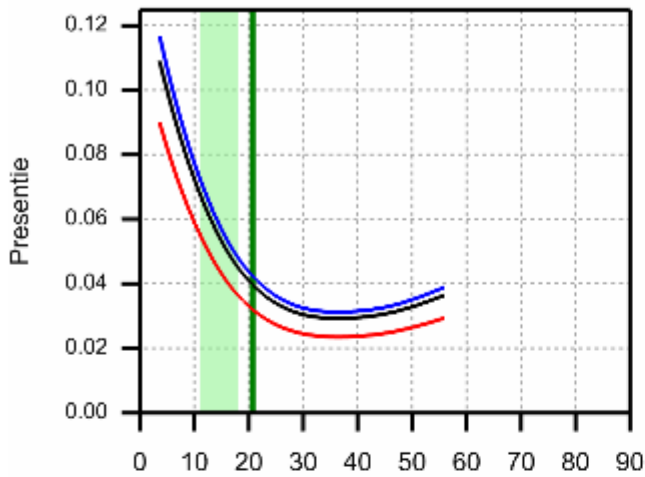
Kleine Zonnedaauw
Drosera intermedia



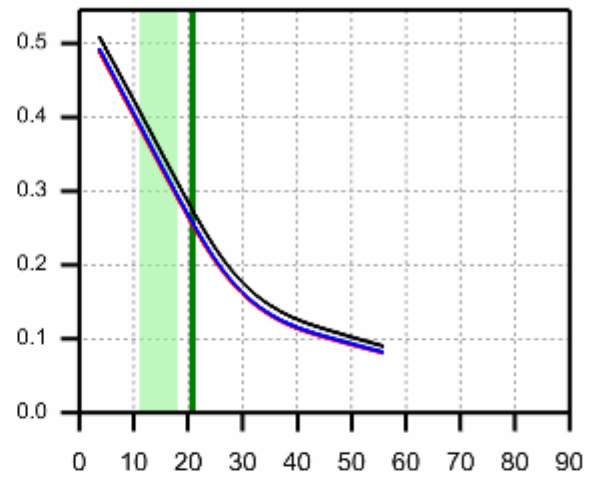
Ronde Zonnedaauw
Drosera rotundifolia



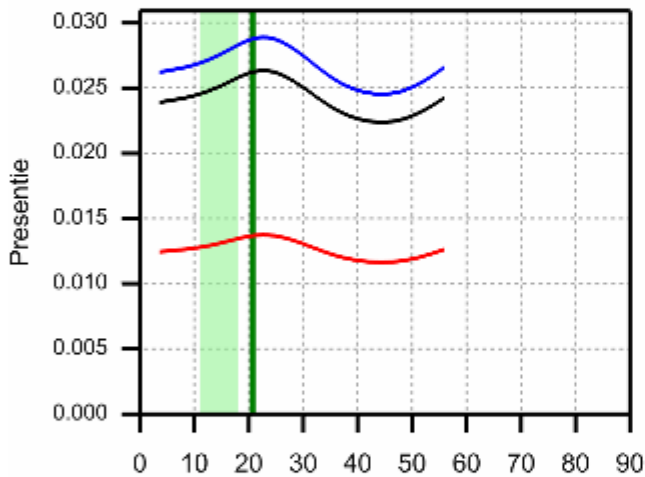
Veelstengelige Waterbies
Eleocharis multicaulis



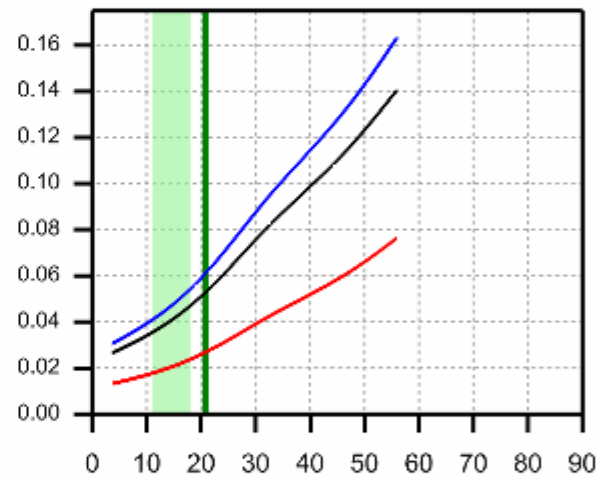
Eenaarig Wollegras
Eriophorum vaginatum



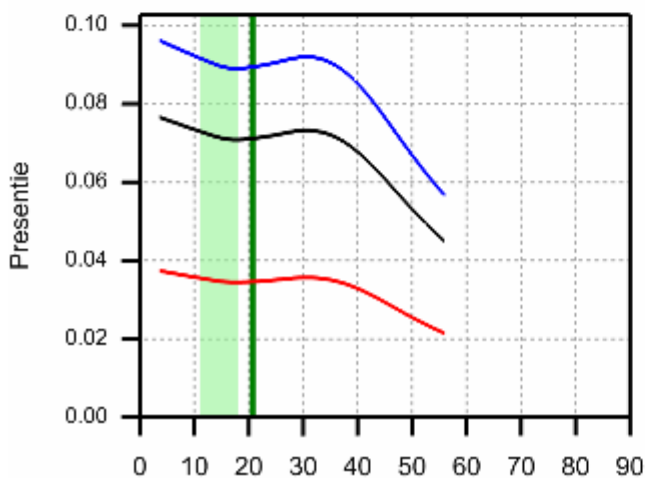
Stekelbrem
Genista anglica



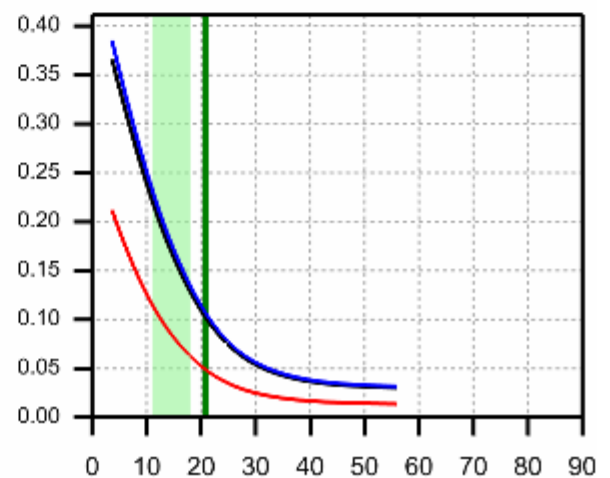
Klokjesgentiaan
Gentiana pneumonanthe



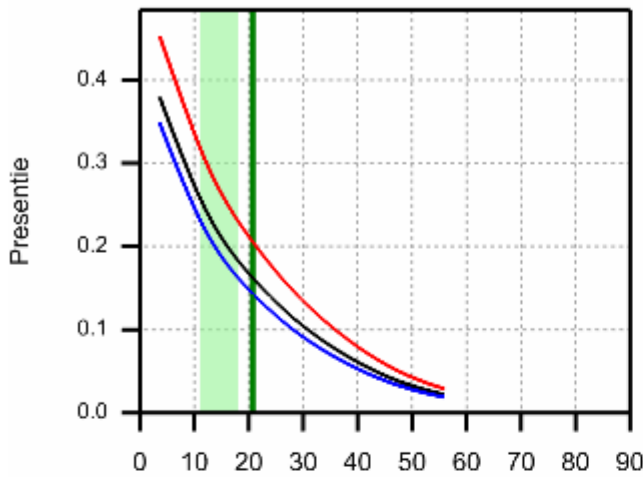
Moeraswolfsklauw
Lycopodiella inundata



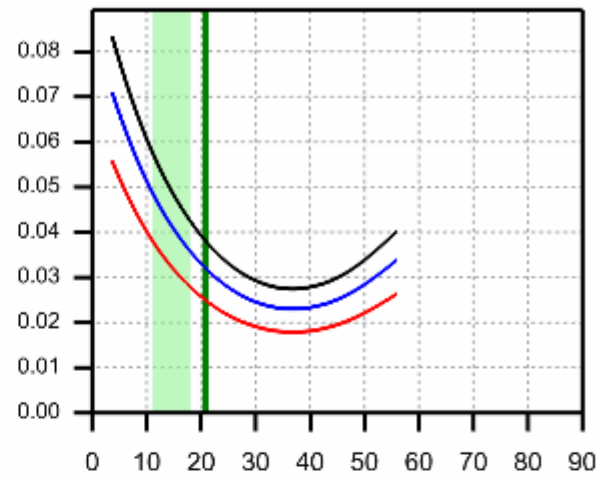
Wilde Gagel
Myrica gale



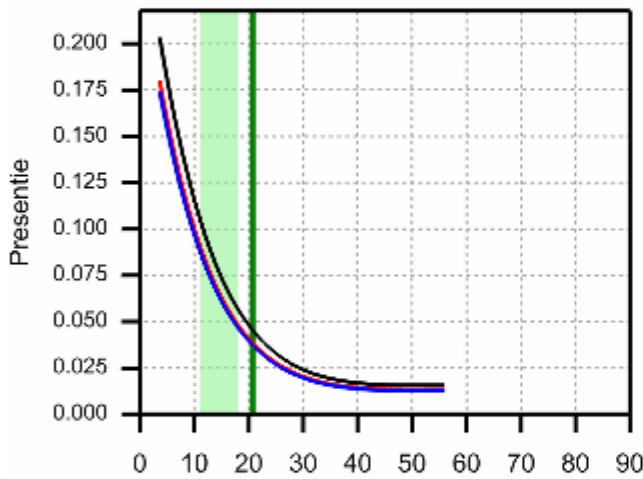
Beenbreek
Narthecium ossifragum



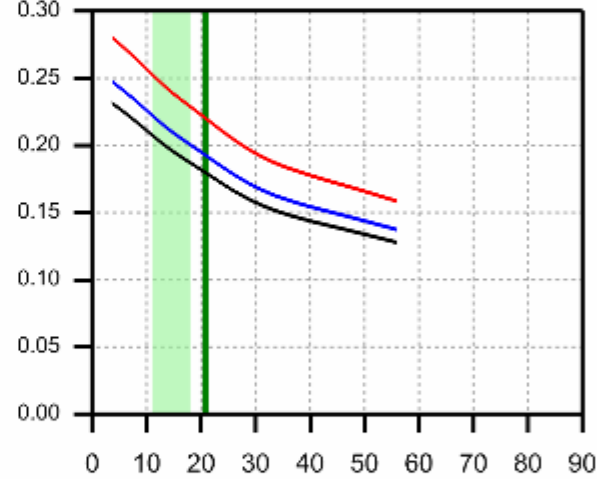
Heidekartelblad
Pedicularis sylvatica



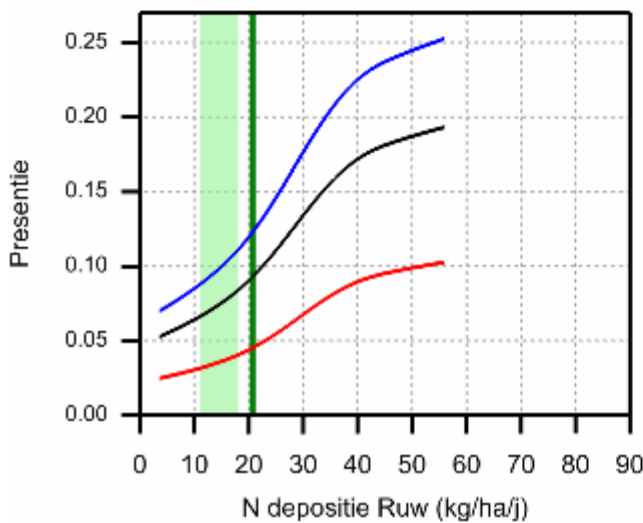
Liggende Vleugeltjesbloem
Polygala serpyllifolia



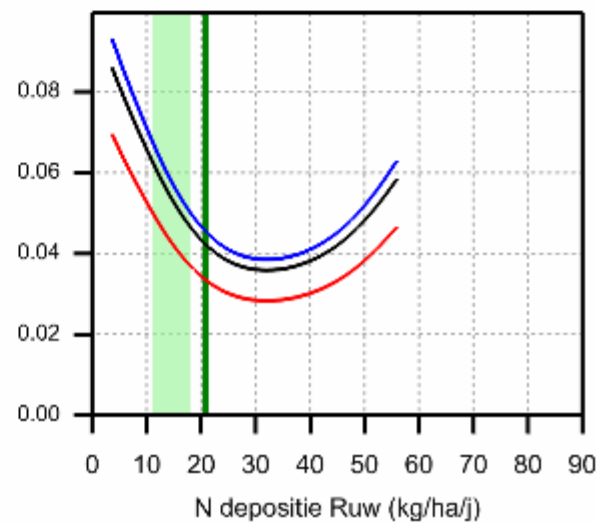
Witte Snavelbies
Rhynchospora alba



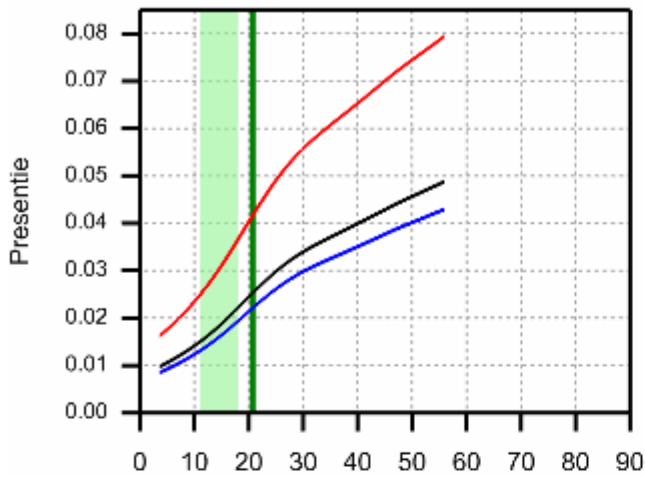
Bruine Snavelbies
Rhynchospora fusca



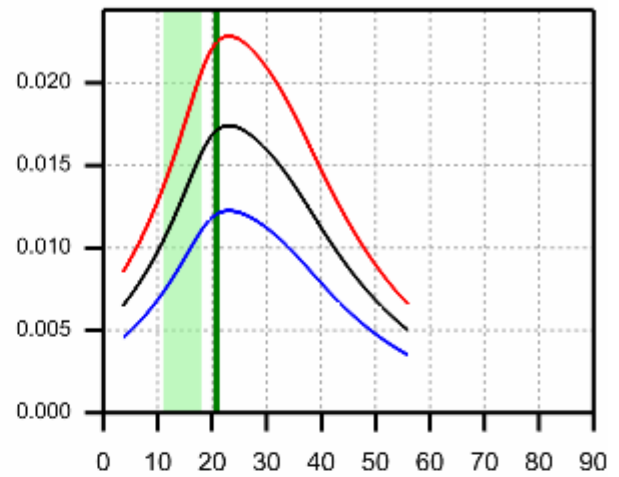
Kruipwilg
Salix repens



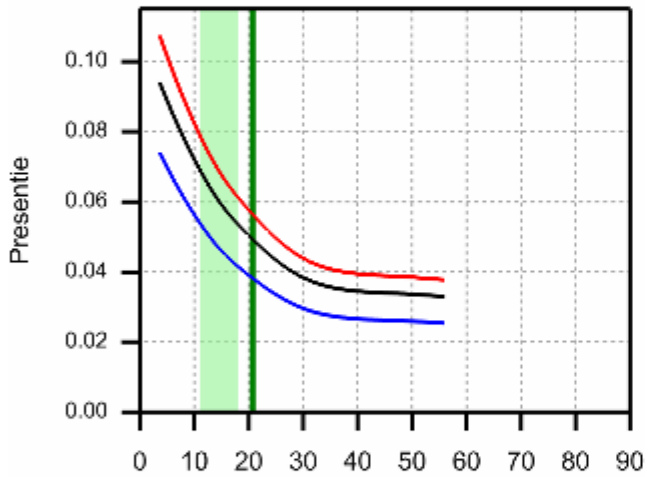
Kussentjesveenmos
Sphagnum compactum



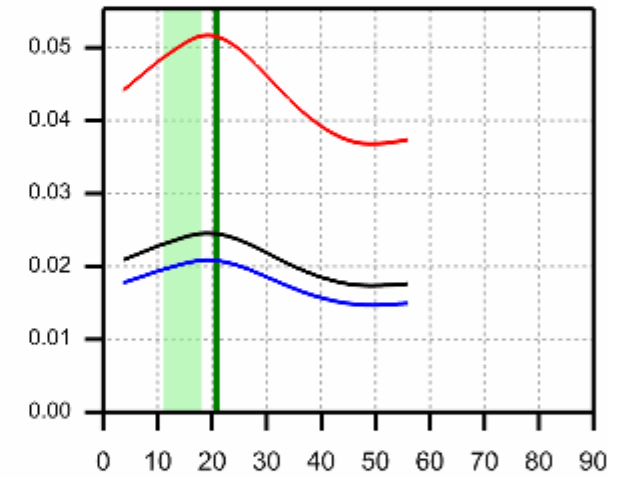
Week Veenmos
Sphagnum molle



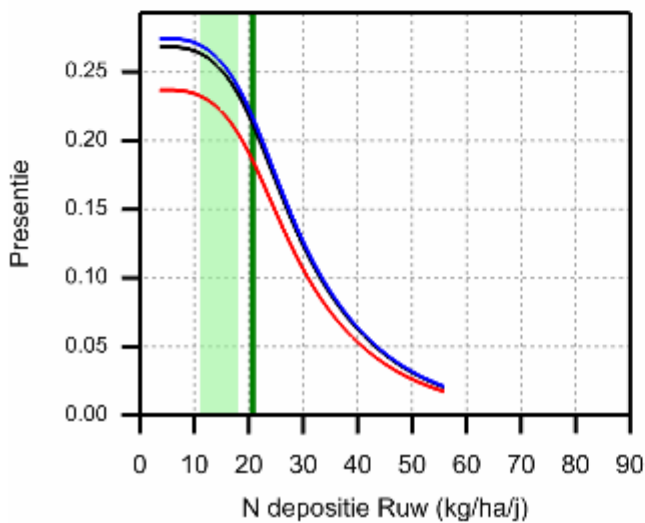
Zacht Veenmos
Sphagnum tenellum



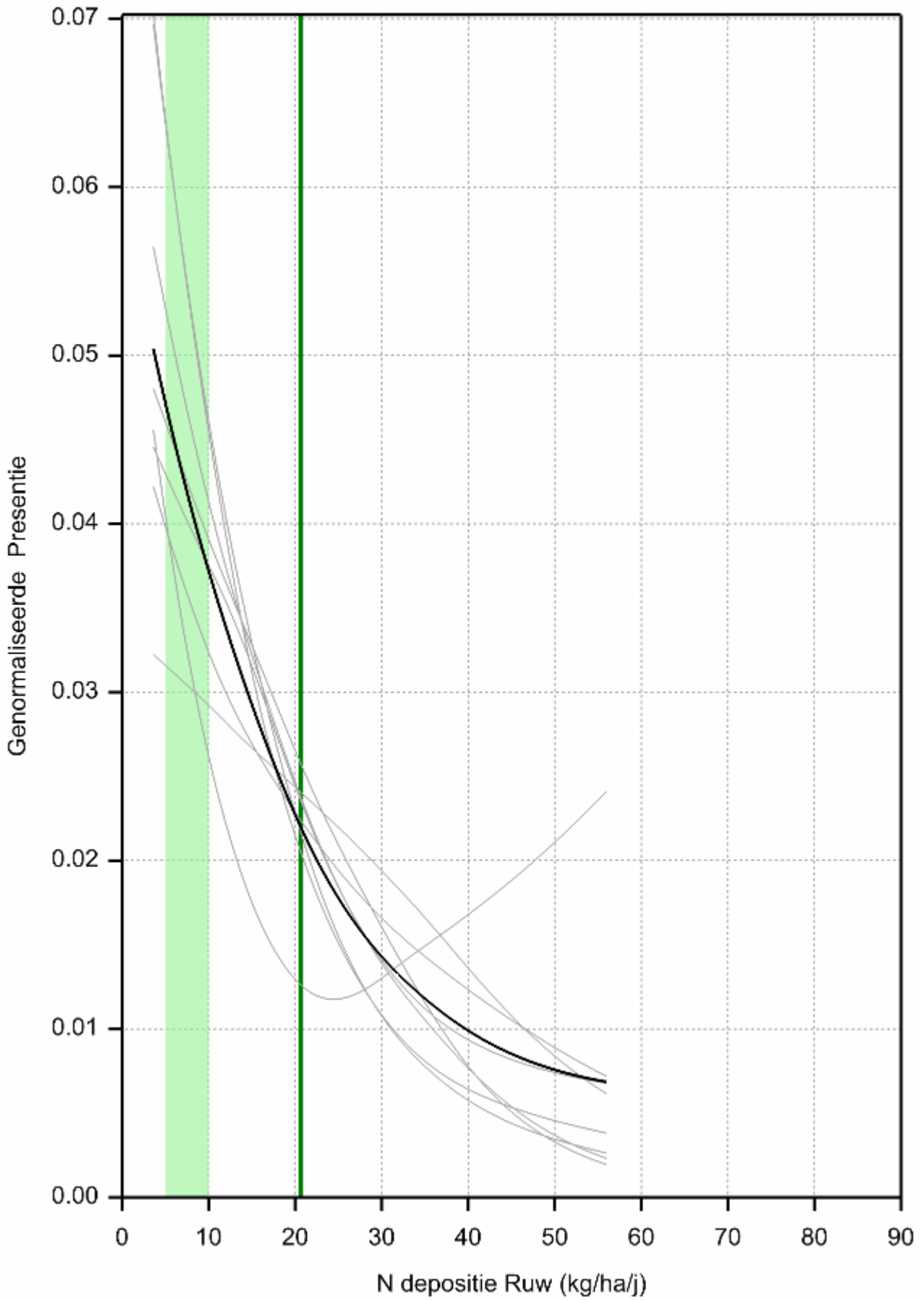
Blauwe Knoop
Succisa pratensis



Kleine Veenbes
Vaccinium oxycoccos



N06.05 (MOE) (9 / 30)
Zwakgebufferd ven



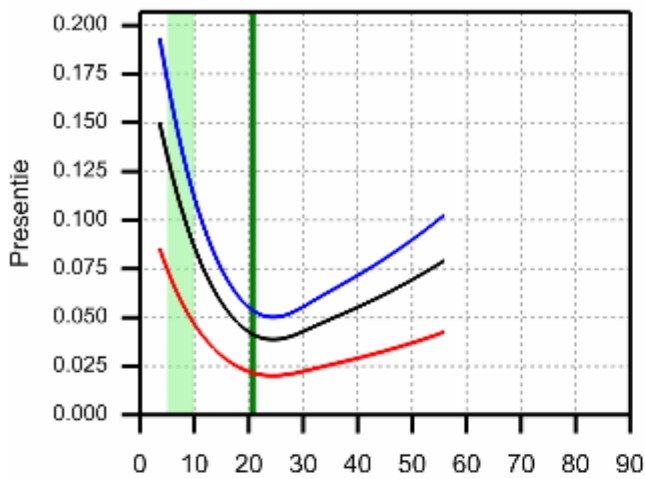
N06.05 (MOE)

— NL

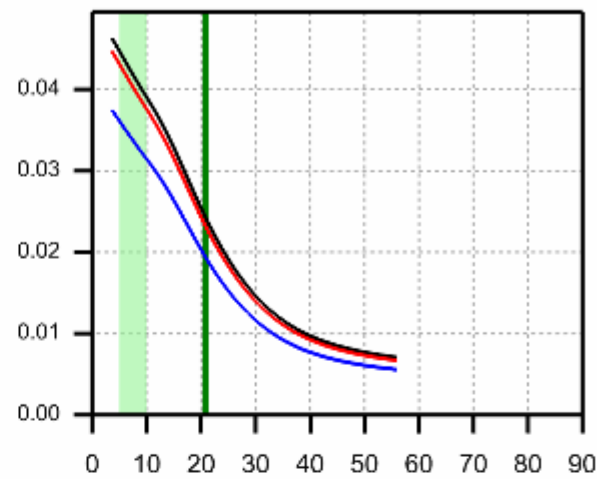
— Klei

— Zand

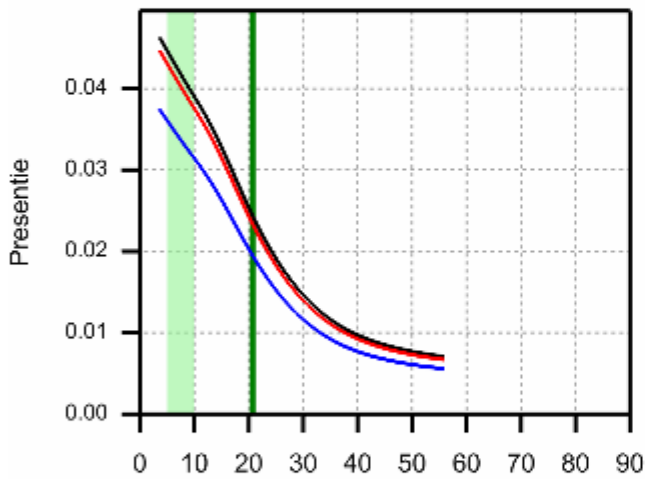
Teer Guichelheil
Anagallis tenella



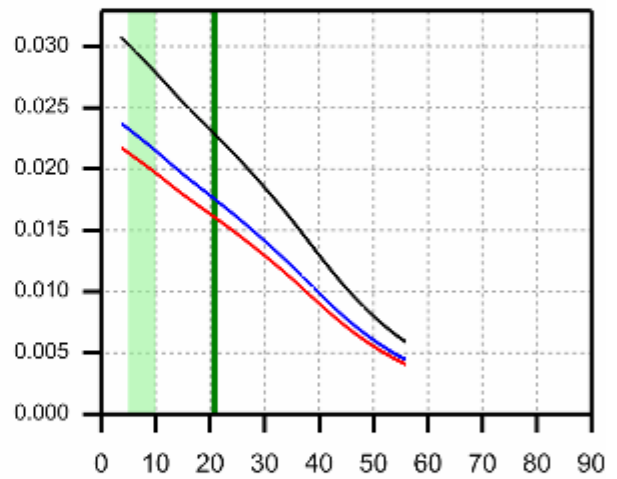
Kruipende Moerasweegbree
Baldellia ranunculoides



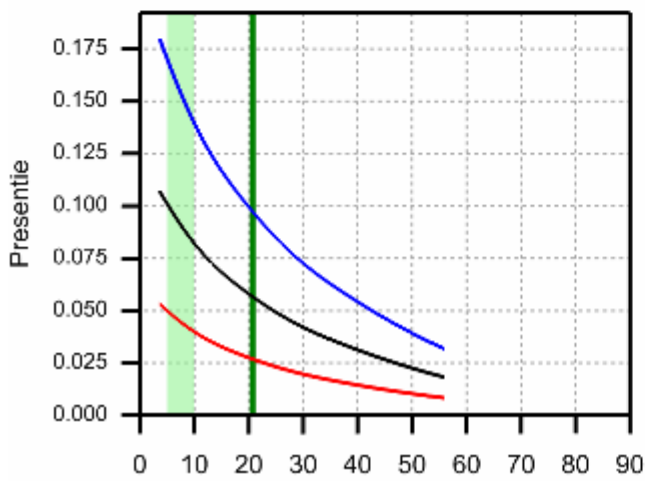
Stijve Moerasweegbree
Baldellia ranunculoides



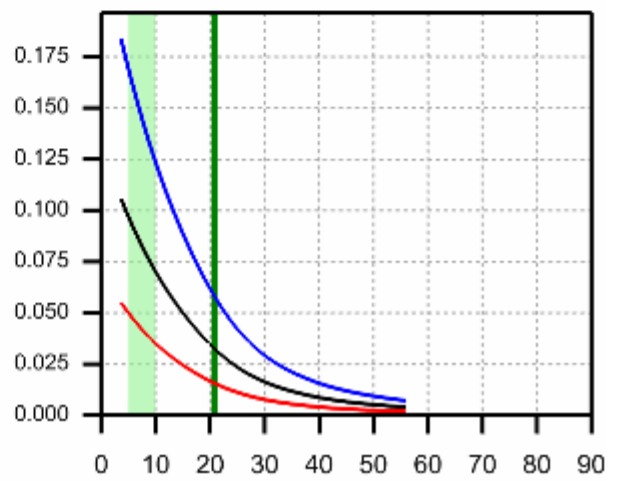
Draadzegge
Carex lasiocarpa



Veelstengelige Waterbies
Eleocharis multicaulis



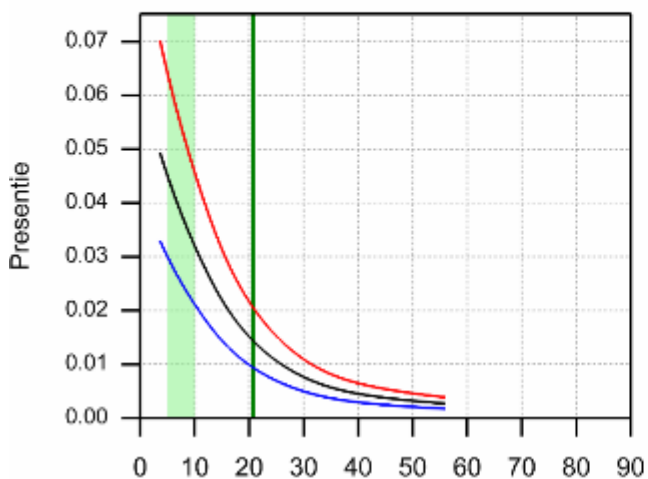
Moerashertshooi
Hypericum elodes



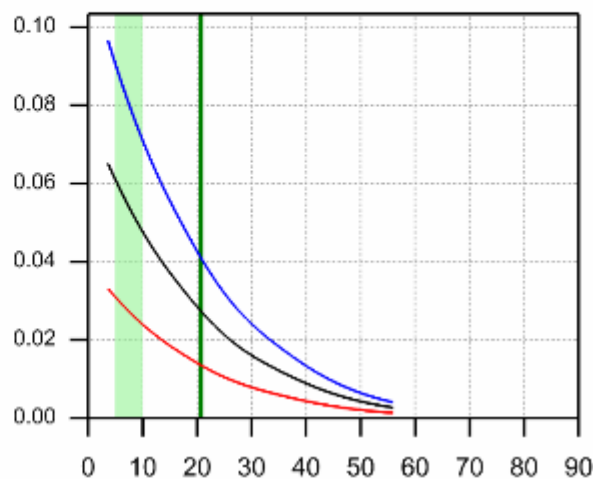
N depositie Ruw (kg/ha/j)

N depositie Ruw (kg/ha/j)

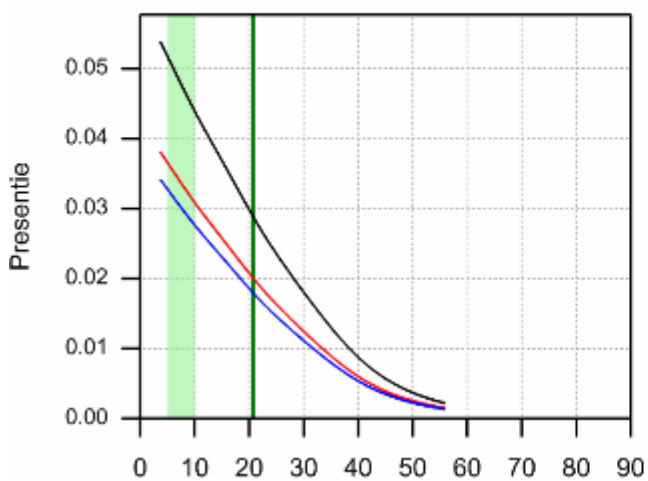
Waterpostelein
Lythrum portula

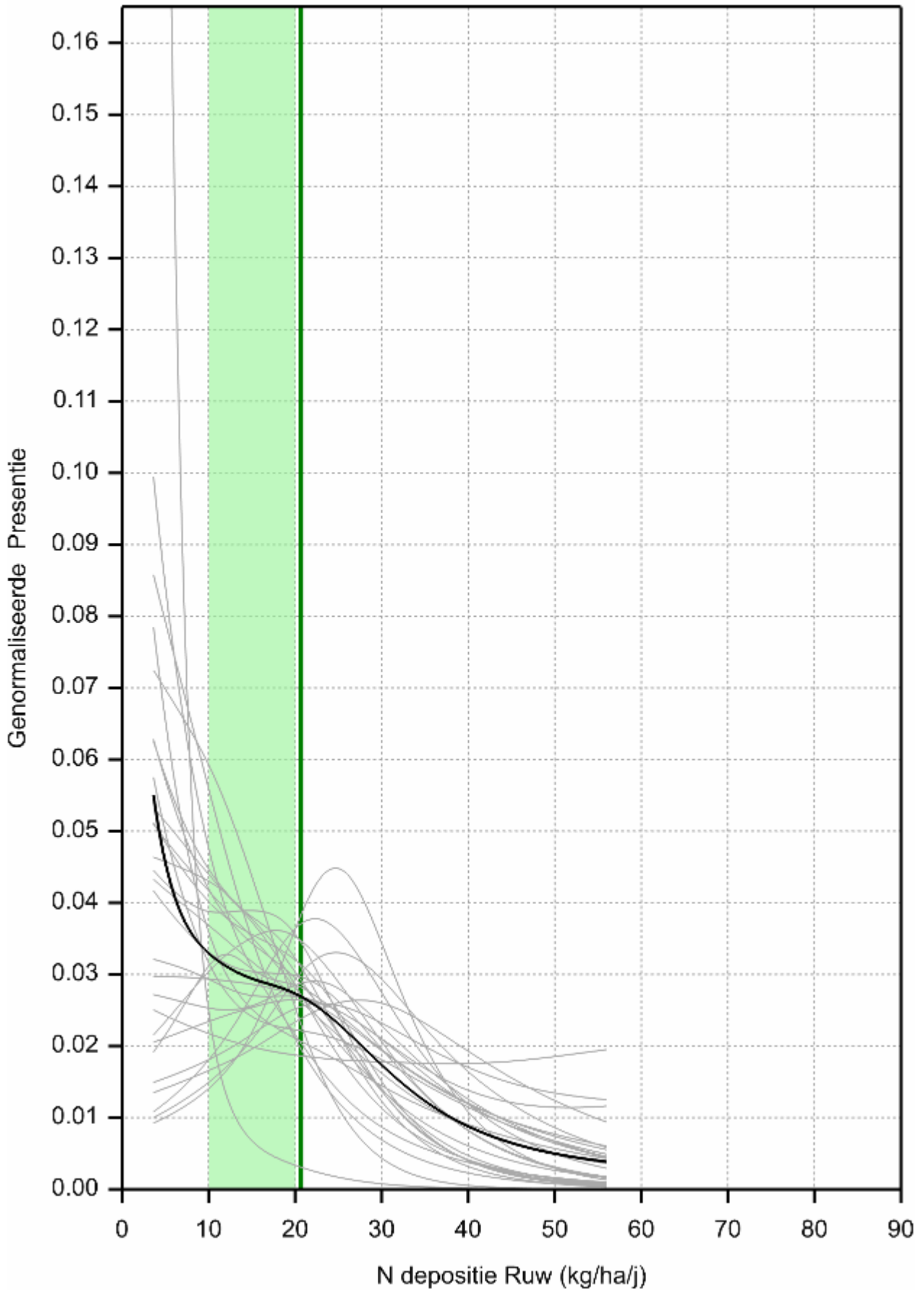


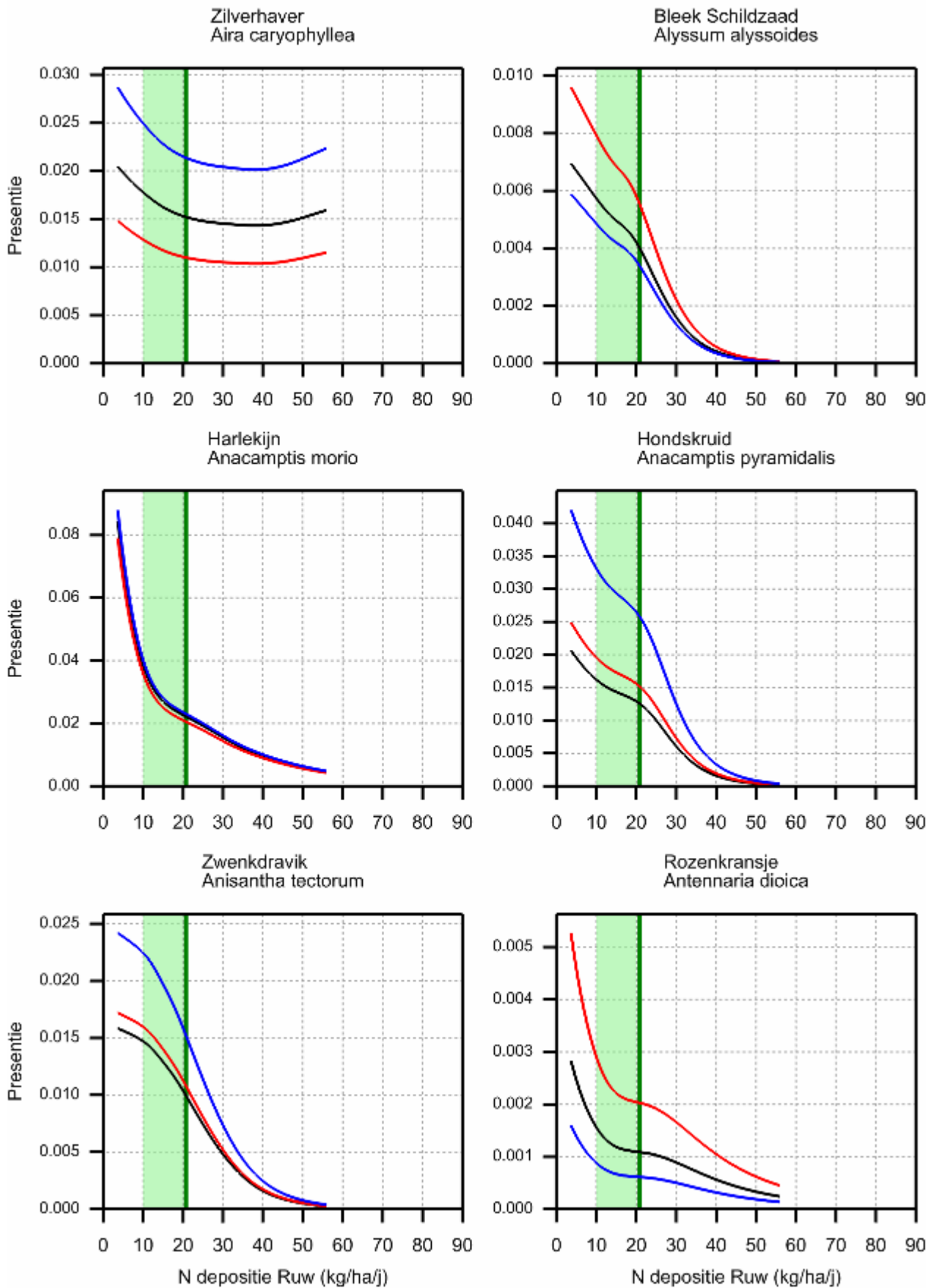
Duizendknoopfonteinkruid
Potamogeton polygonifolius



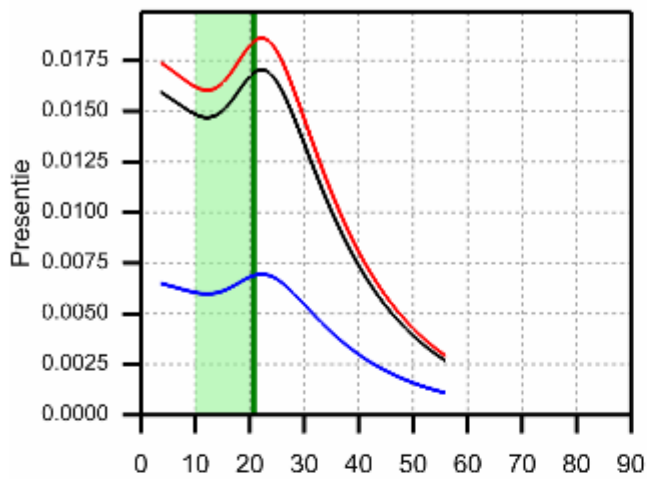
Plat Blaasjeskruid
Utricularia intermedia



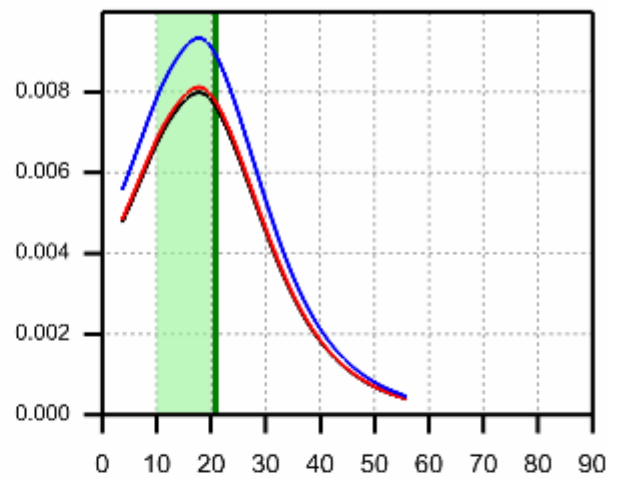




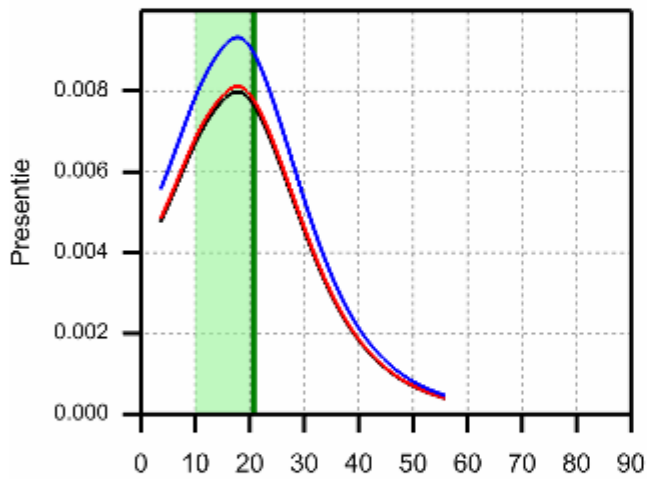
Wondklaver
Anthyllis vulneraria



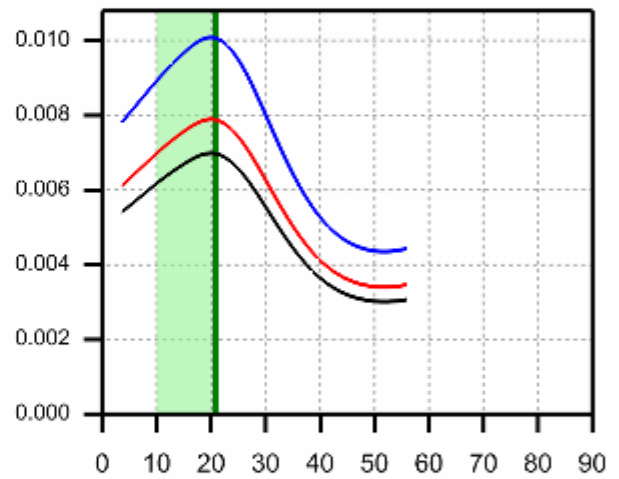
Duinaveruit
Artemisia campestris



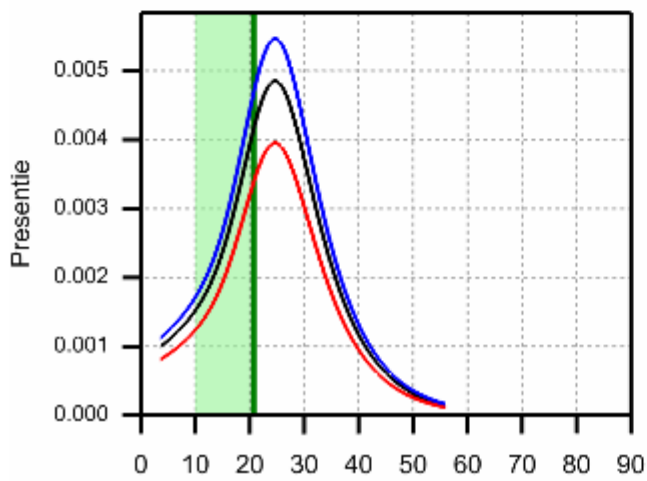
Wilde Averuit
Artemisia campestris



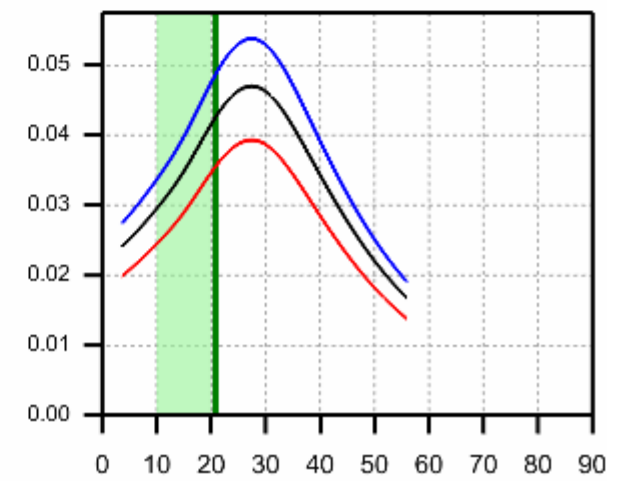
Liggende Asperge
Asparagus officinalis



Gelobde Maanvaren
Botrychium lunaria



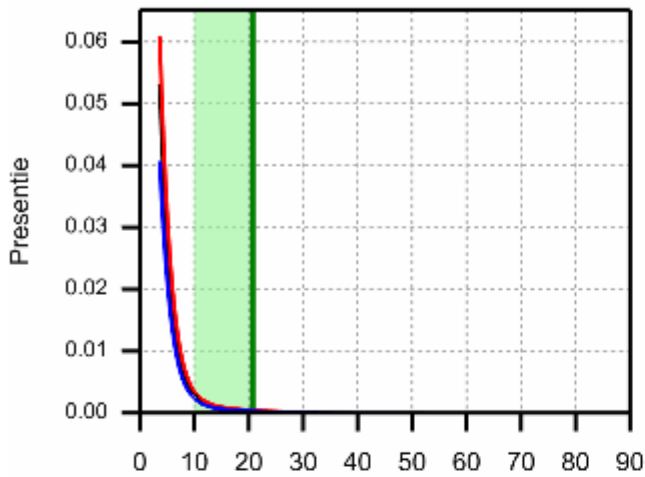
Buntgras
Corynephorus canescens



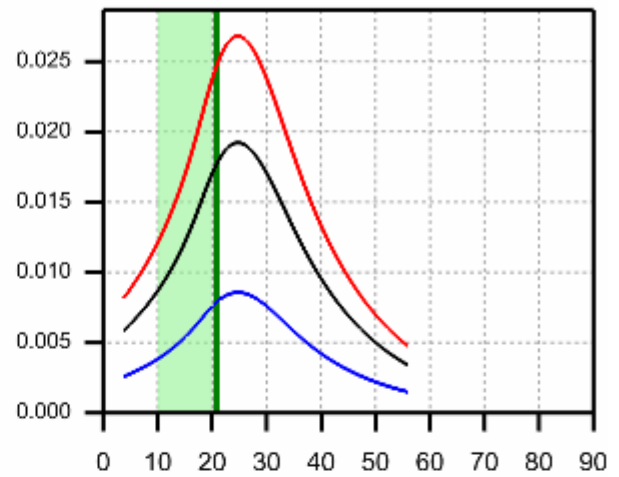
N depositie Ruw (kg/ha/j)

N depositie Ruw (kg/ha/j)

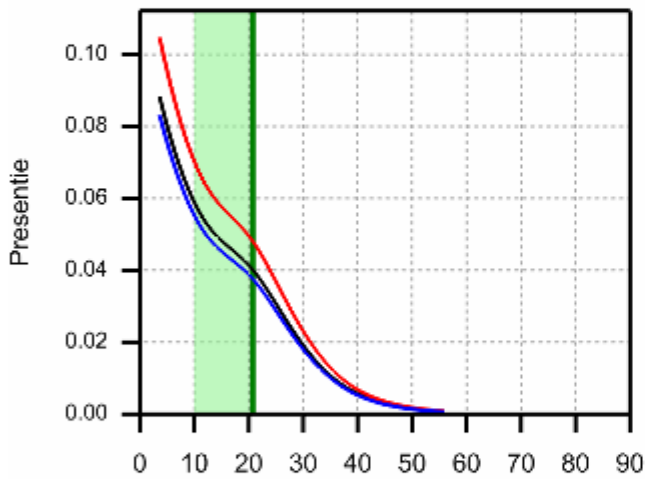
Blauwe Zeedistel
Eryngium maritimum



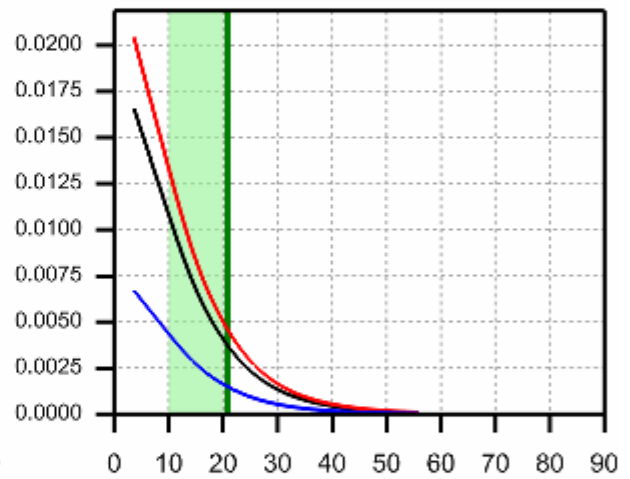
Verfbrem
Genista tinctoria



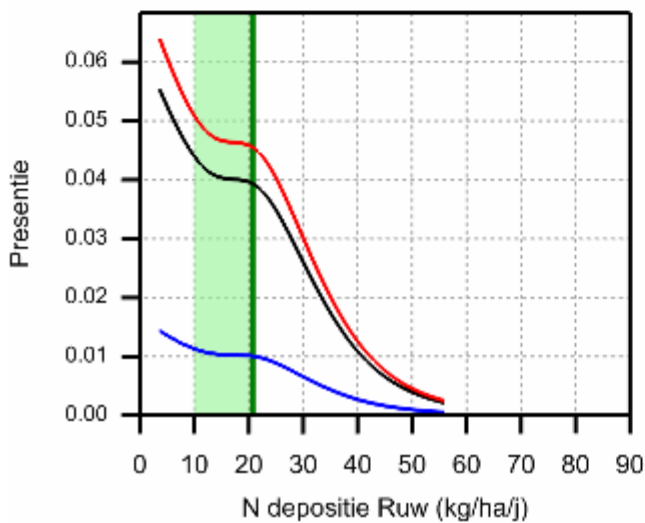
Smal Fakkелgras
Koeleria macrantha



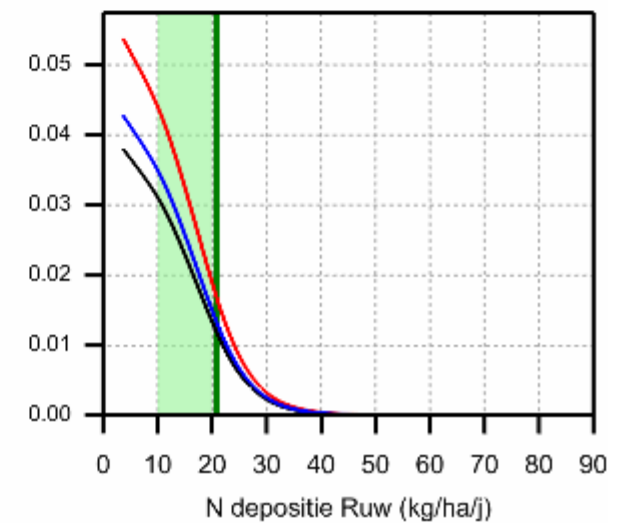
Zandhaver
Leymus arenarius

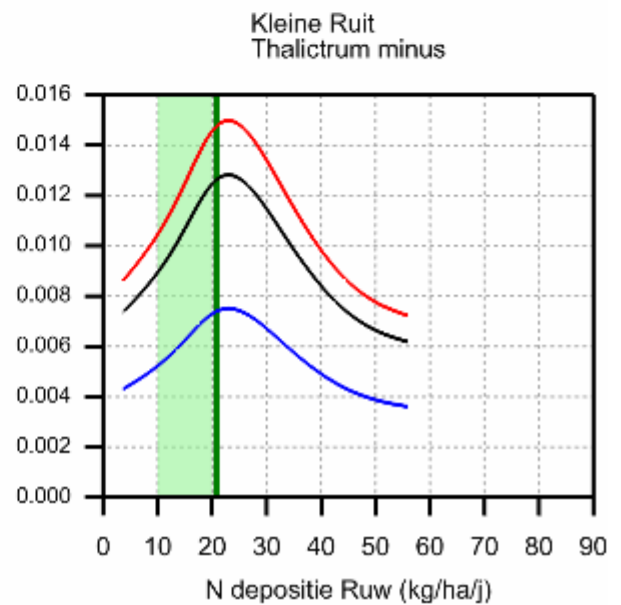
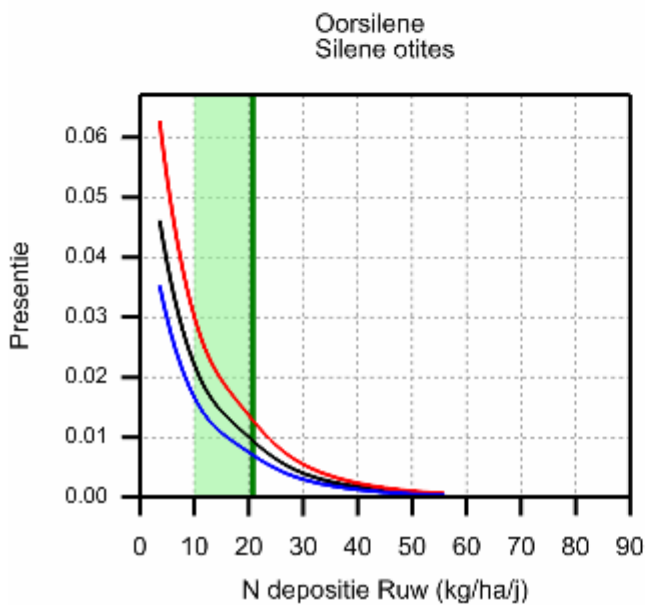
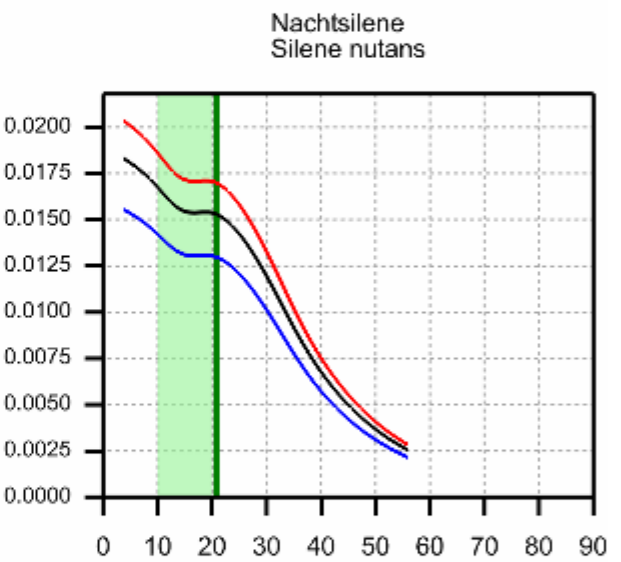
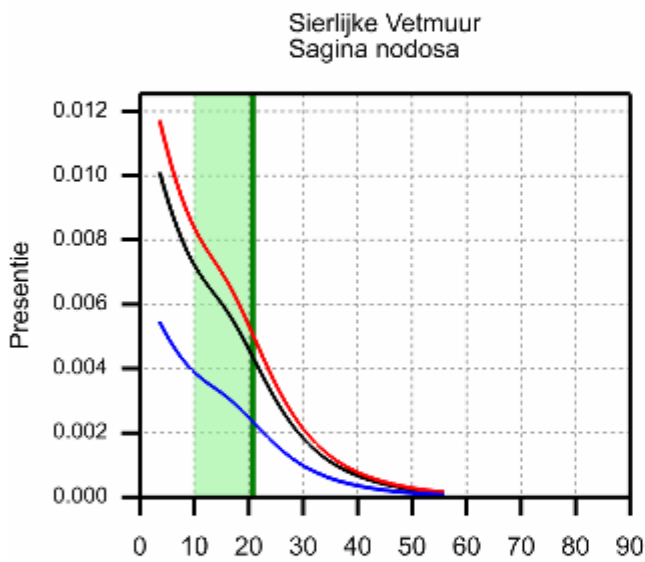
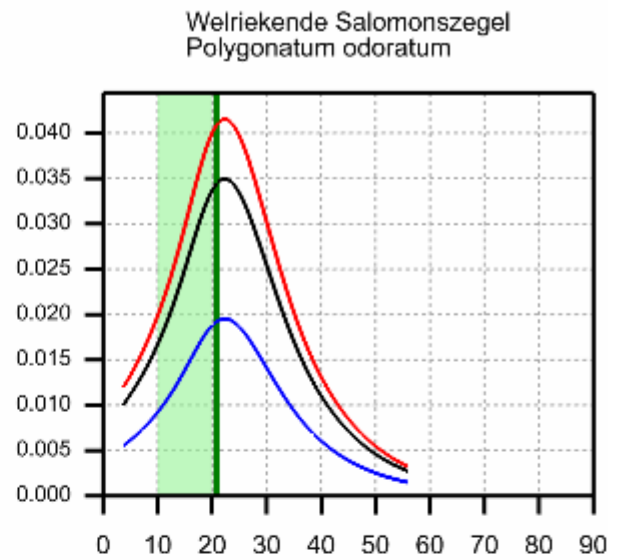
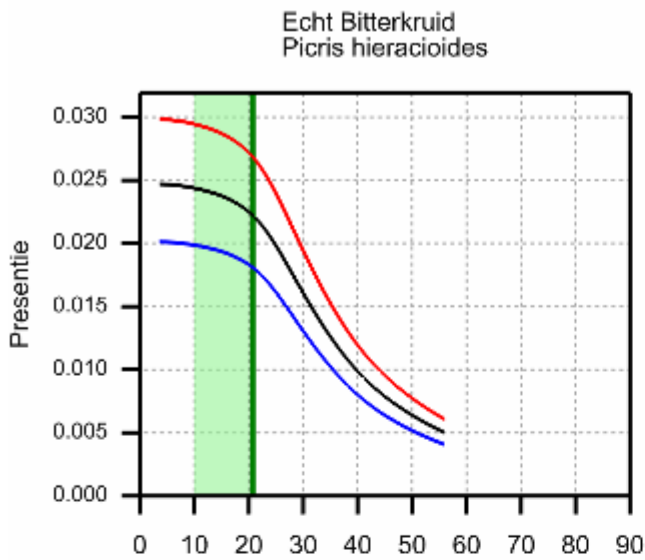


Geelhartje
Linum catharticum

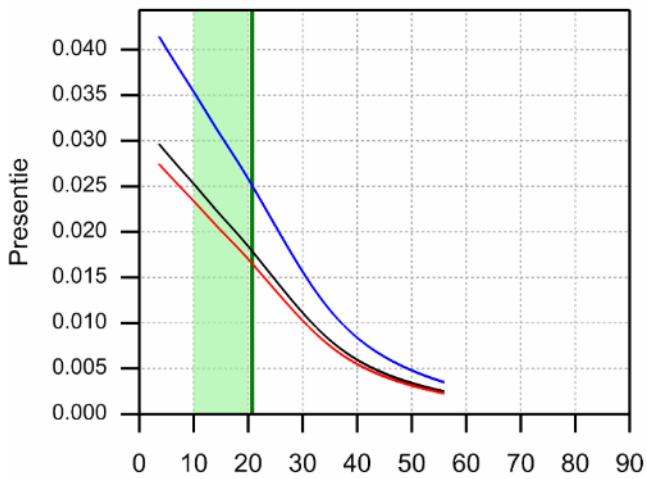


Kleine Rupsklaver
Medicago minima

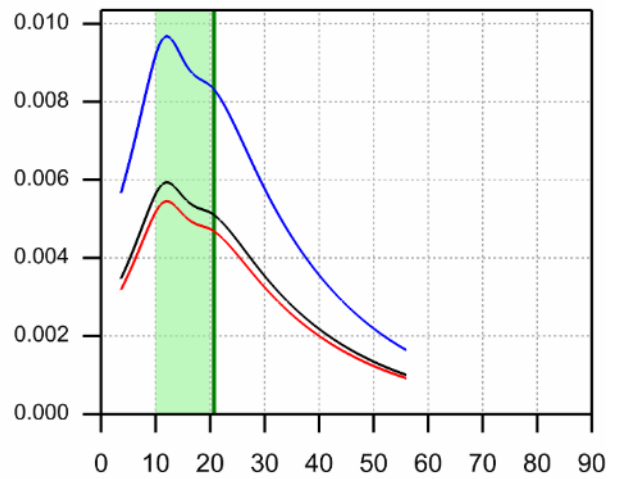




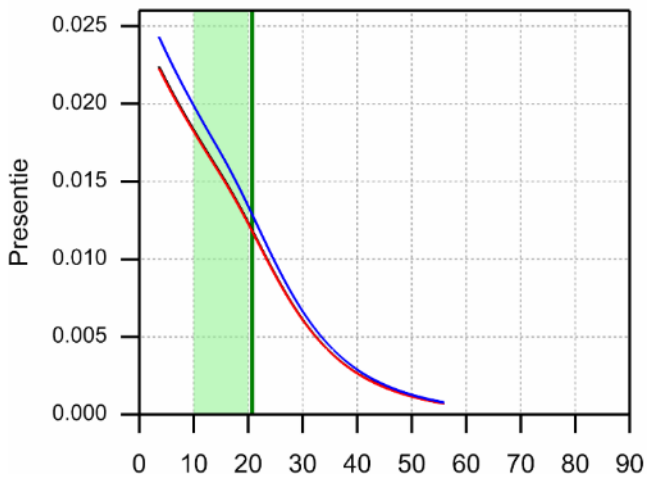
Hazenpootje
Trifolium arvense



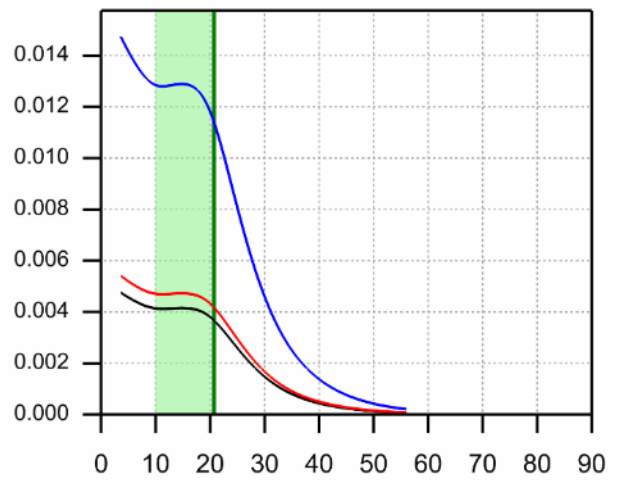
Ruwe Klaver
Trifolium scabrum



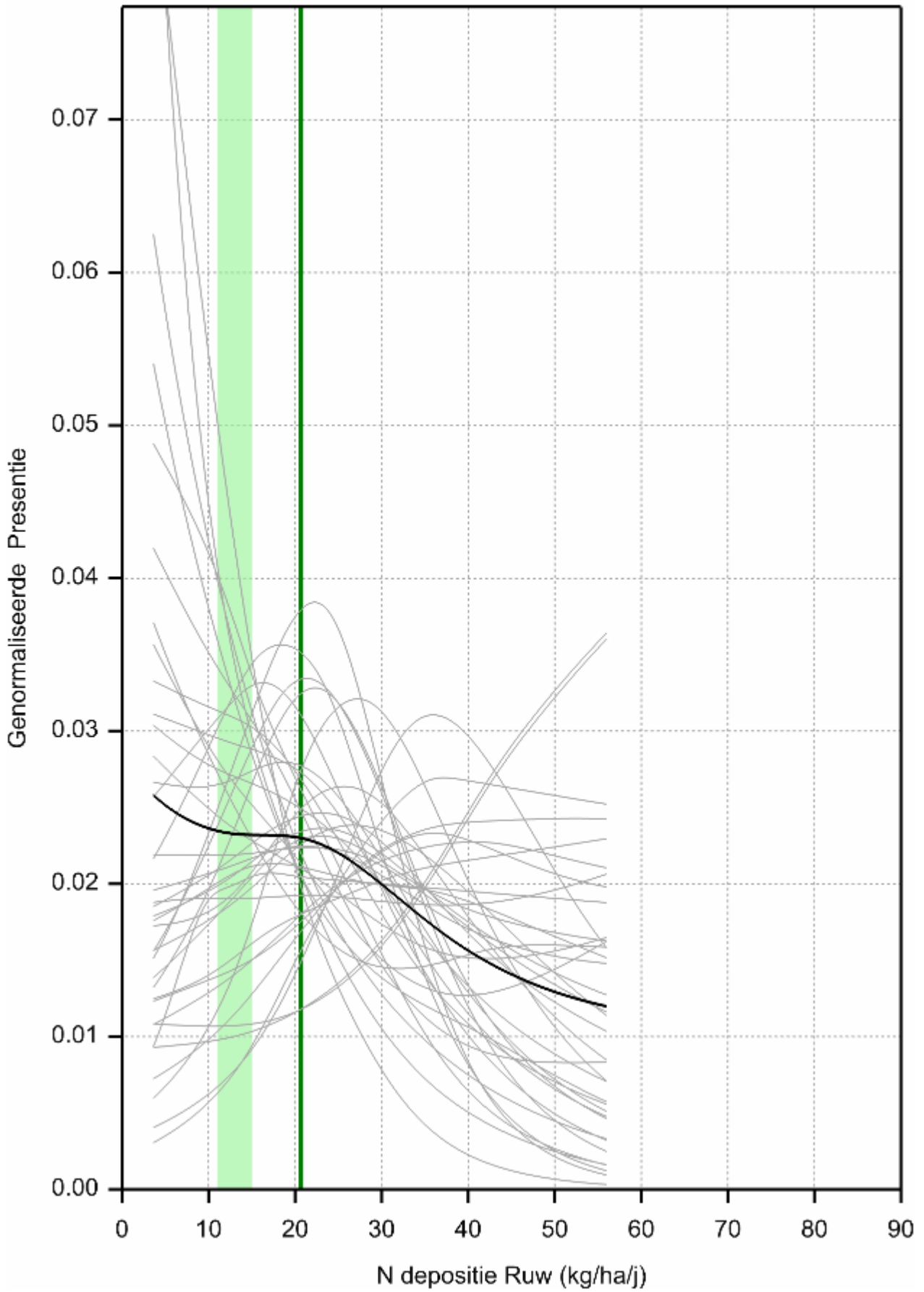
Hondsviooltje
Viola canina



Zandviooltje
Viola rupestris



N10.01 (N-G) (39 / 58)
Nat schraalland



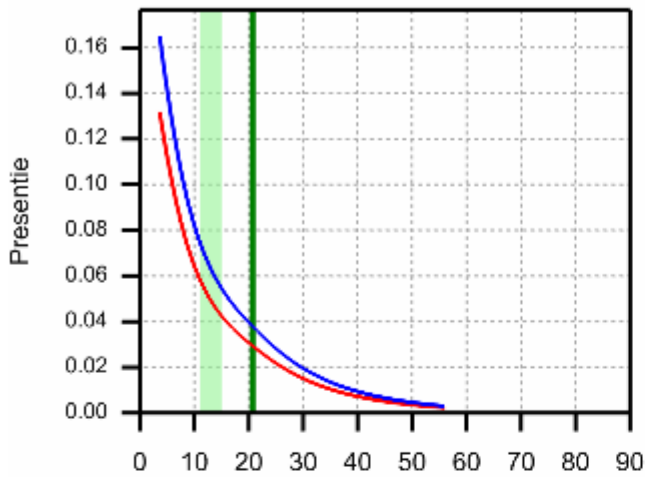
N10.01 (N-G)

— NL

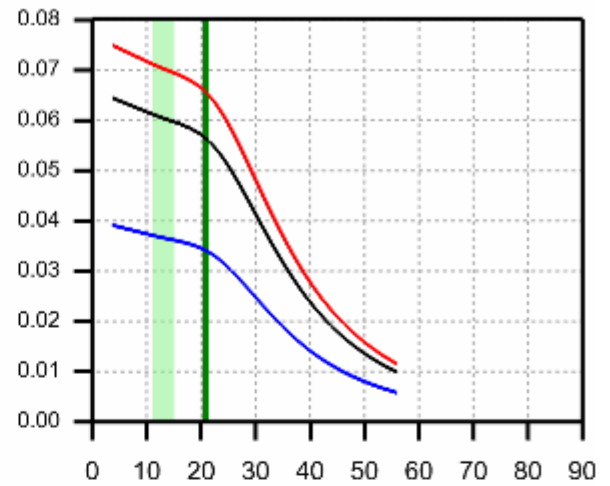
— Klei

— Zand

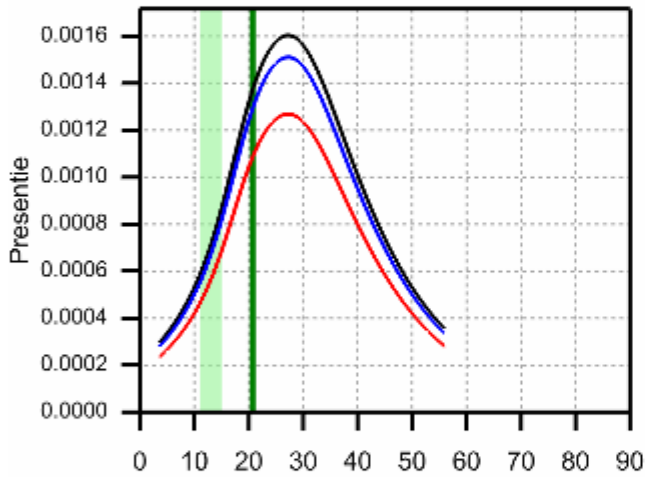
Teer Guichelheil
Anagallis tenella



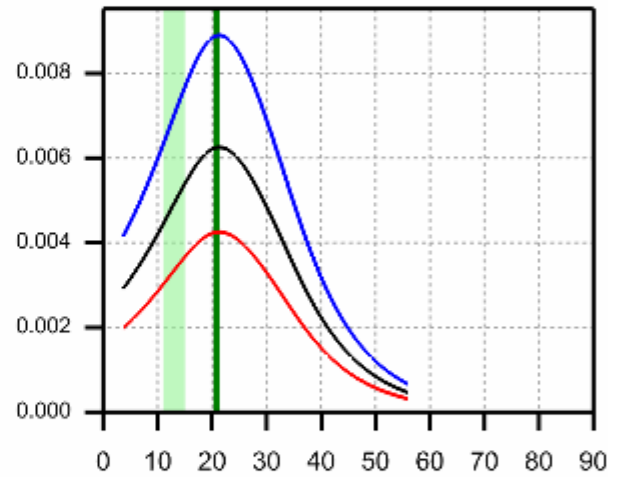
Beventjes
Briza media



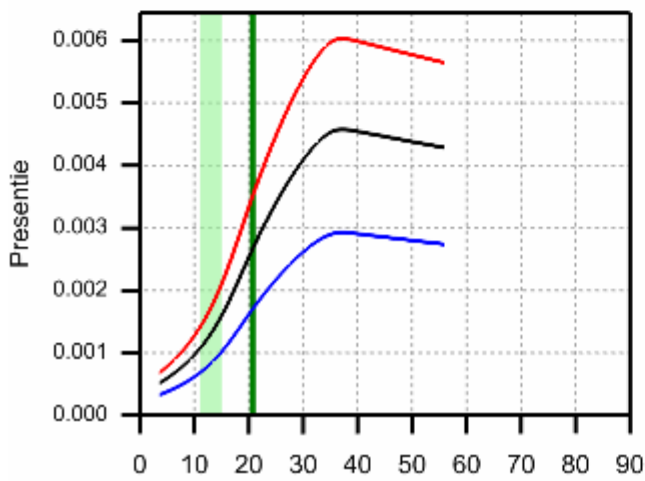
Paardenhaarzegge
Carex appropinquata



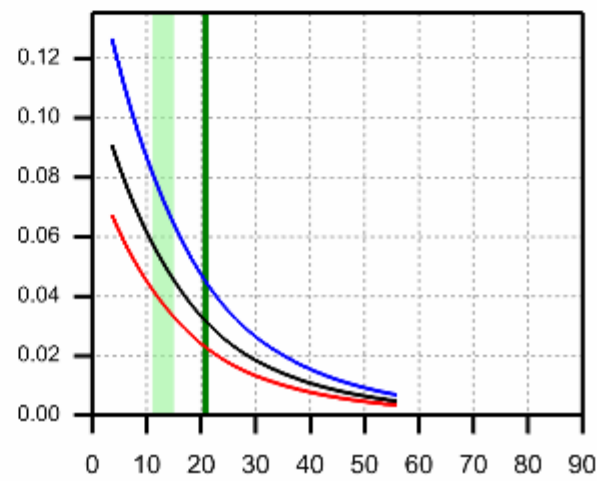
Ronde Zegge
Carex diandra



Tweehuizige Zegge
Carex dioica



Sterzegge
Carex echinata



N depositie Ruw (kg/ha/j)

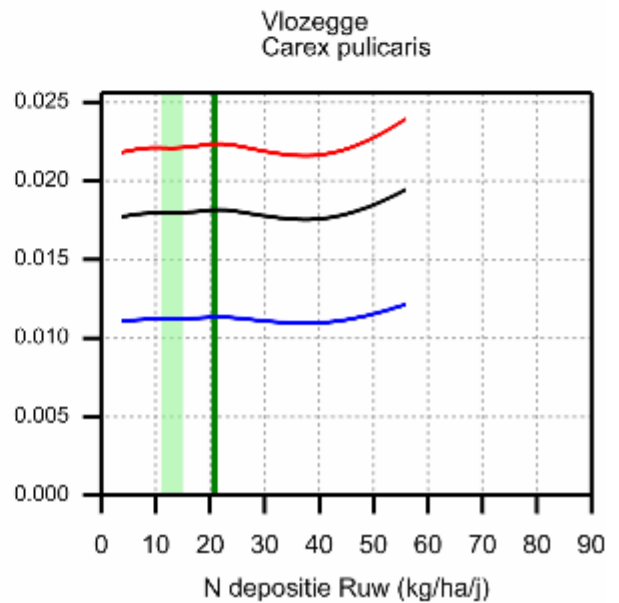
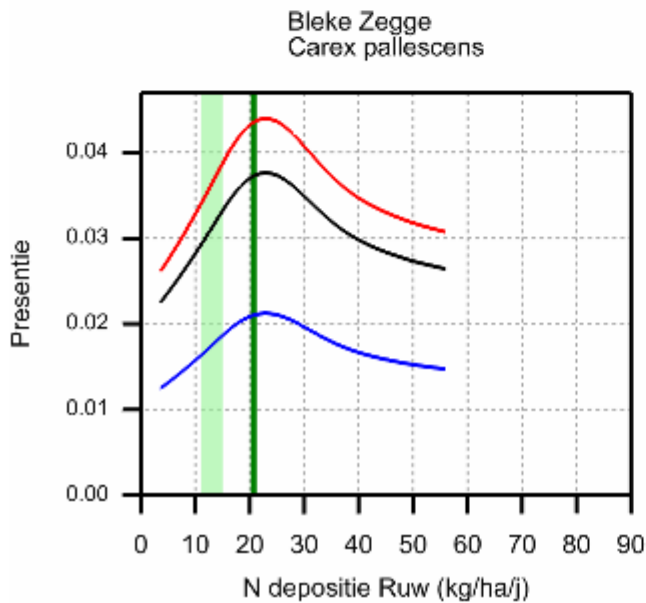
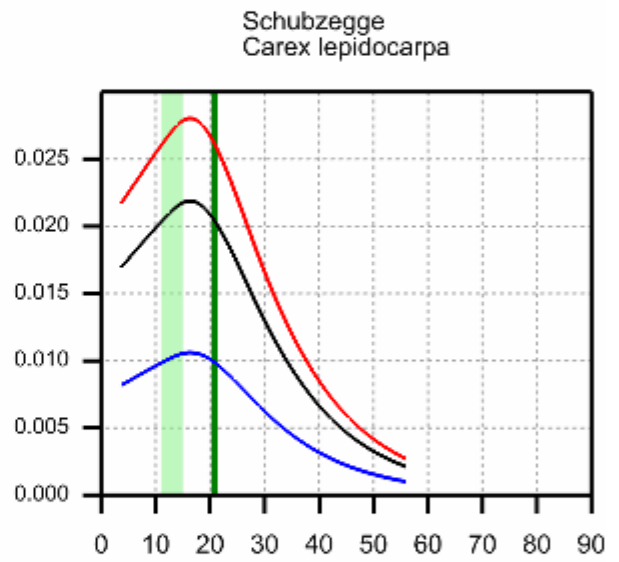
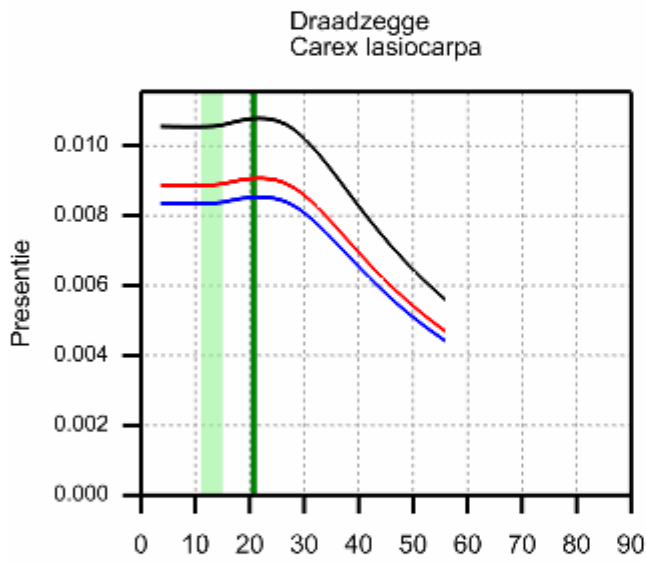
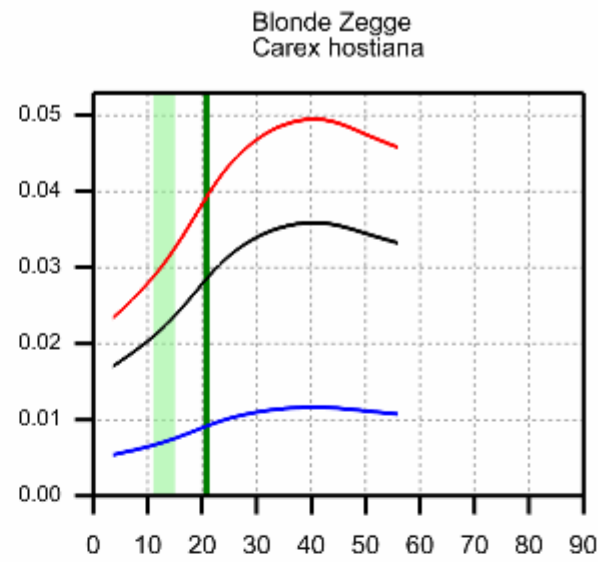
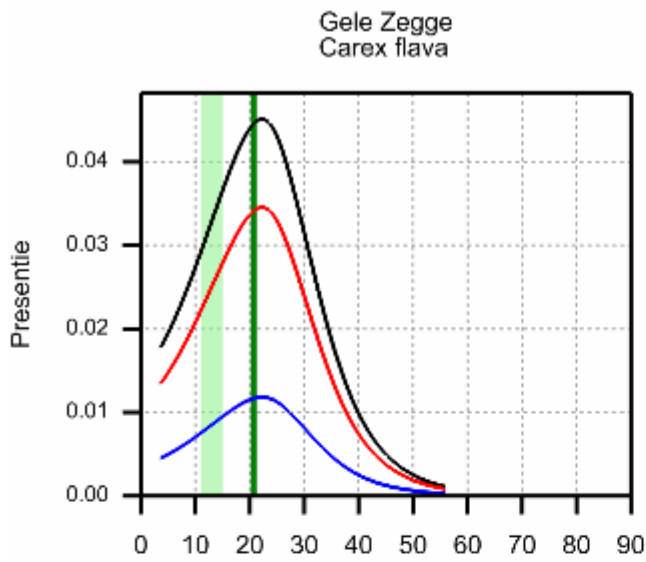
N depositie Ruw (kg/ha/j)

N10.01 (N-G)

— NL

— Klei

— Zand



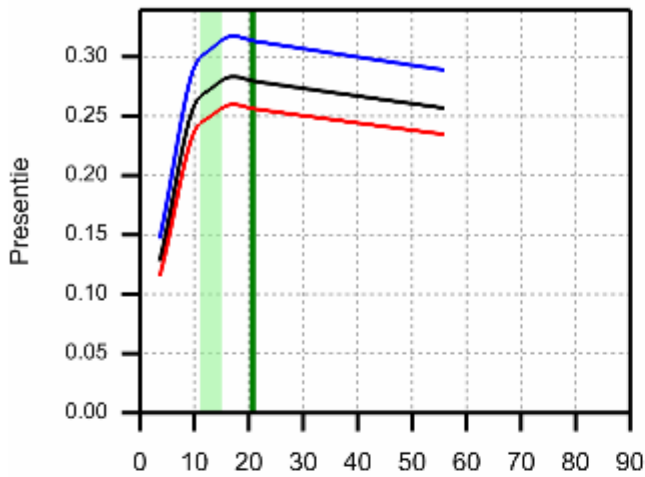
N10.01 (N-G)

— NL

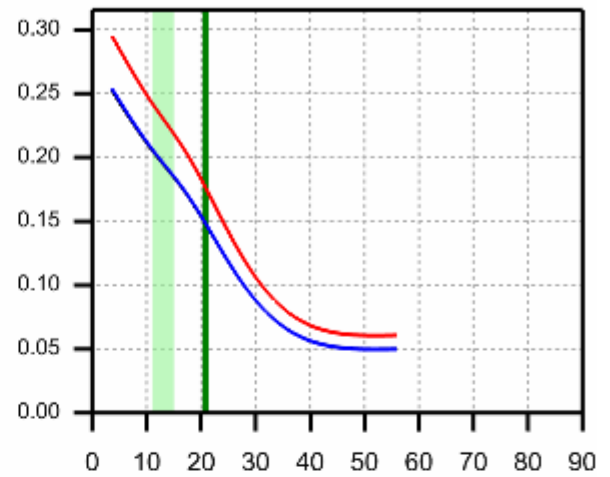
— Klei

— Zand

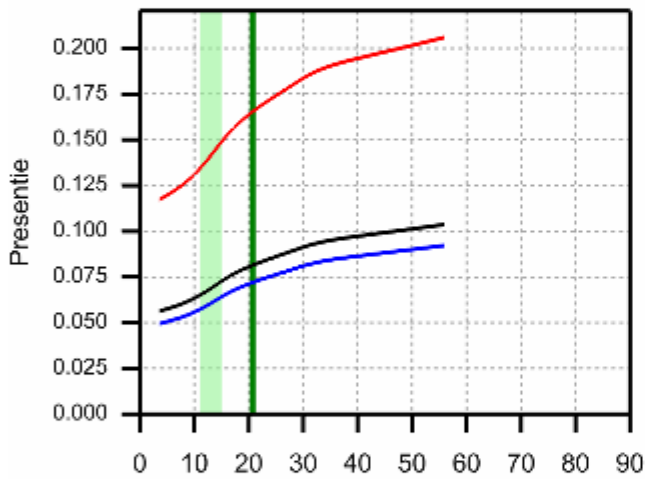
Kranskarwij
Carum verticillatum



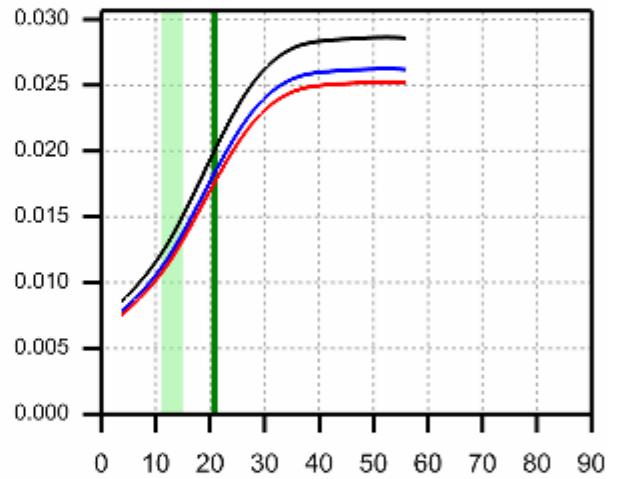
Spaanse Ruiters
Cirsium dissectum



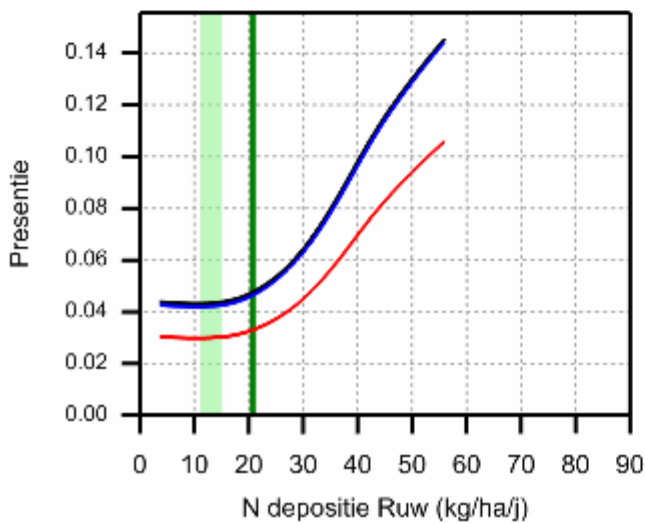
Moesdistel
Cirsium oleraceum



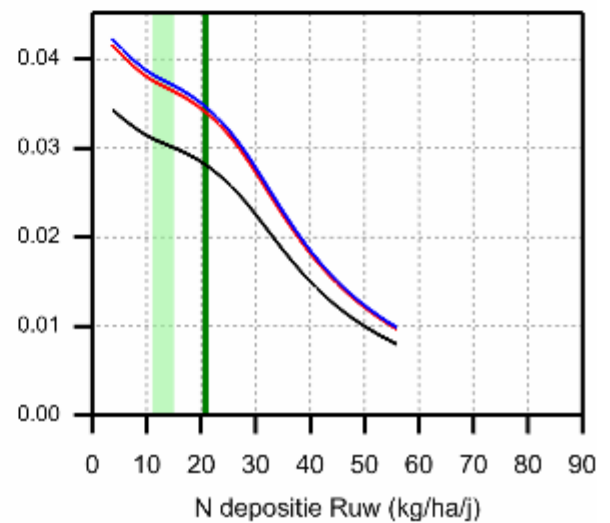
Moerasstreepzaad
Crepis paludosa



Gevlekte Orchis
Dactylorhiza maculata



Brede Orchis
Dactylorhiza majalis



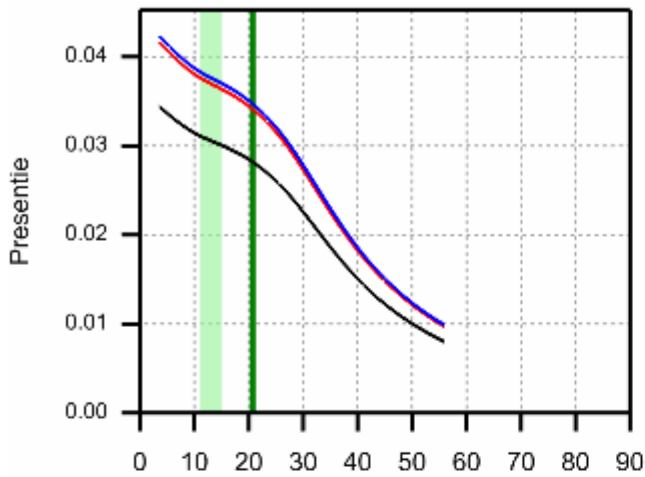
N10.01 (N-G)

— NL

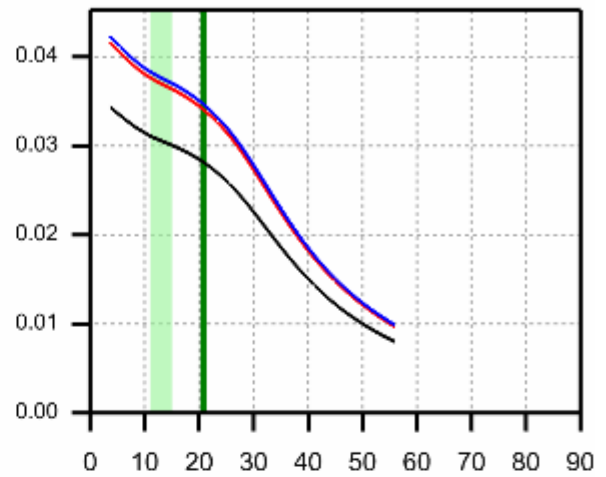
— Klei

— Zand

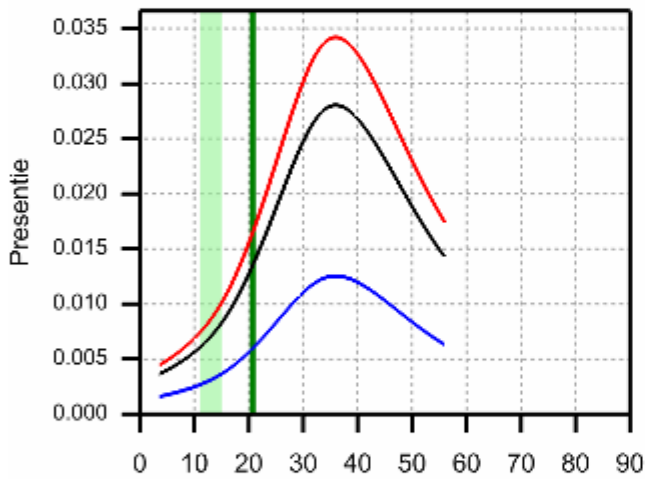
Rietorchis
Dactylorhiza majalis



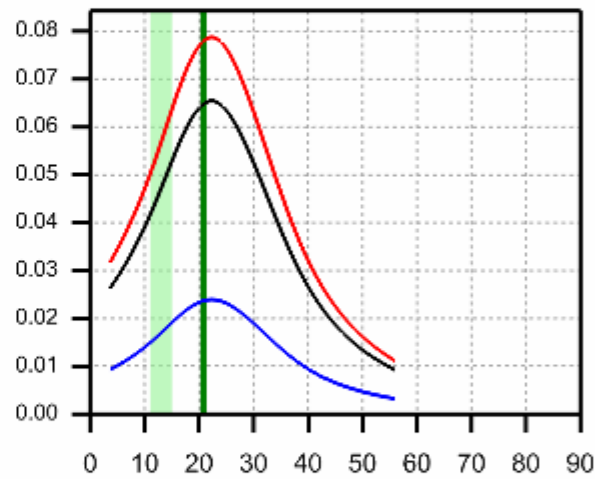
Vleeskleurige Orchis
Dactylorhiza majalis



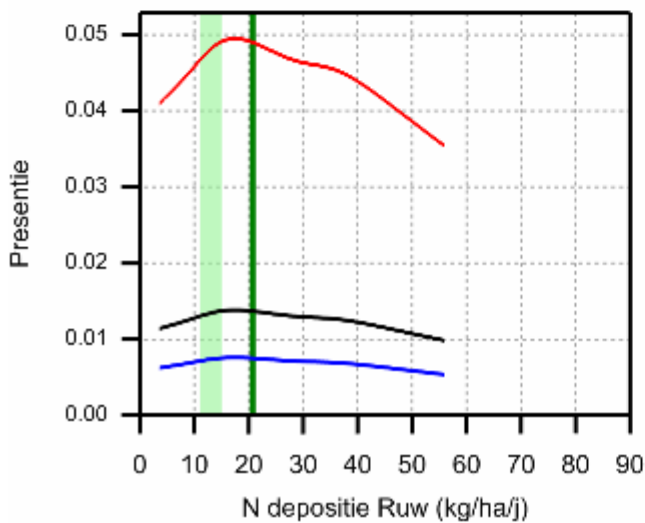
Armbloemige Waterbies
Eleocharis quinqueflora



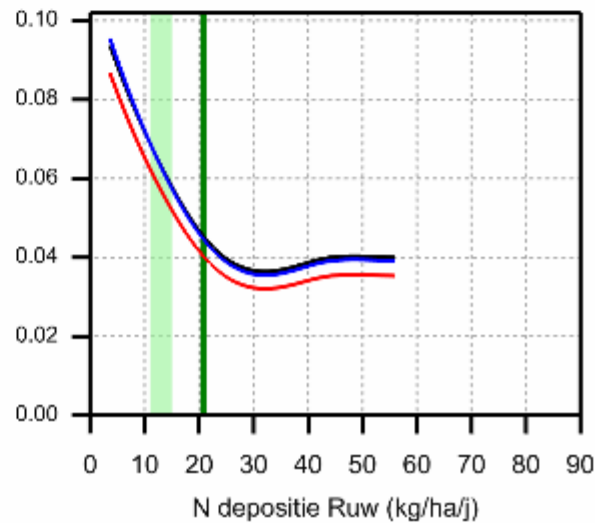
Moeraswespenorchis
Epipactis palustris

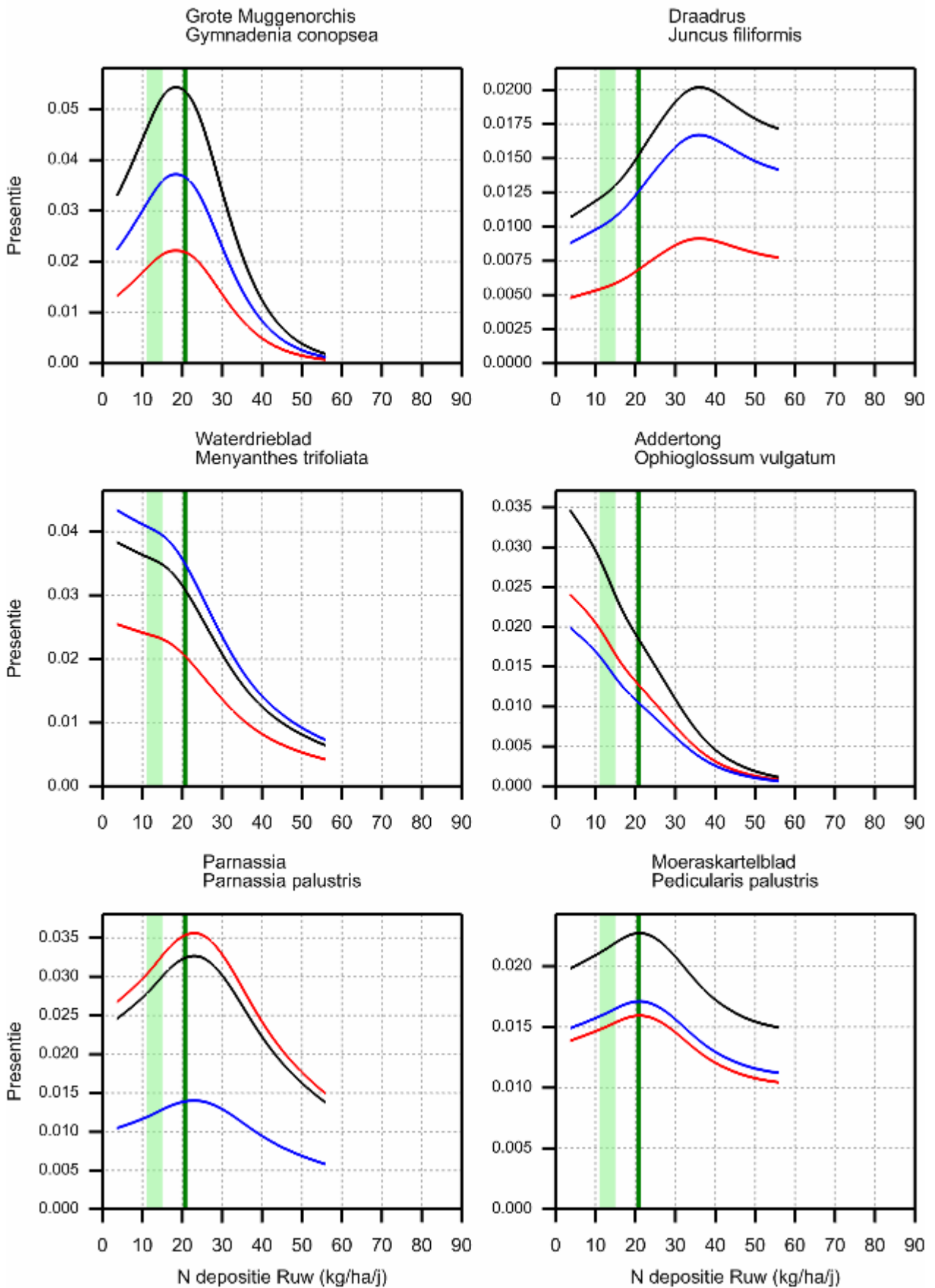


Breed Wollegras
Eriophorum latifolium



Klokjesgentiaan
Gentiana pneumonanthe



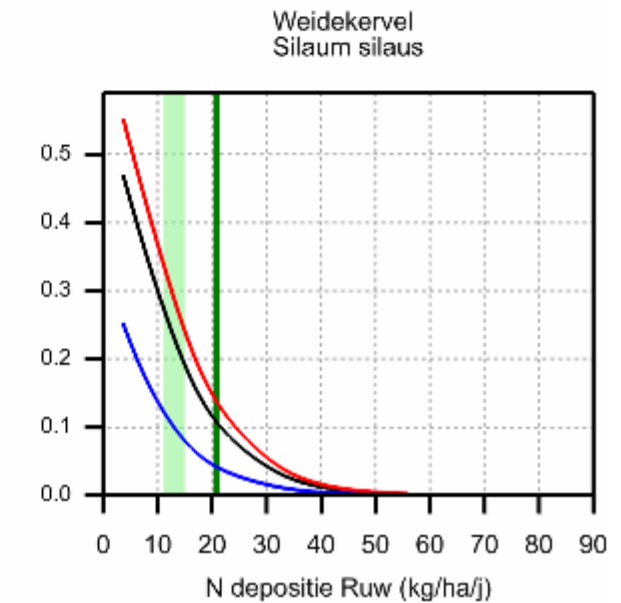
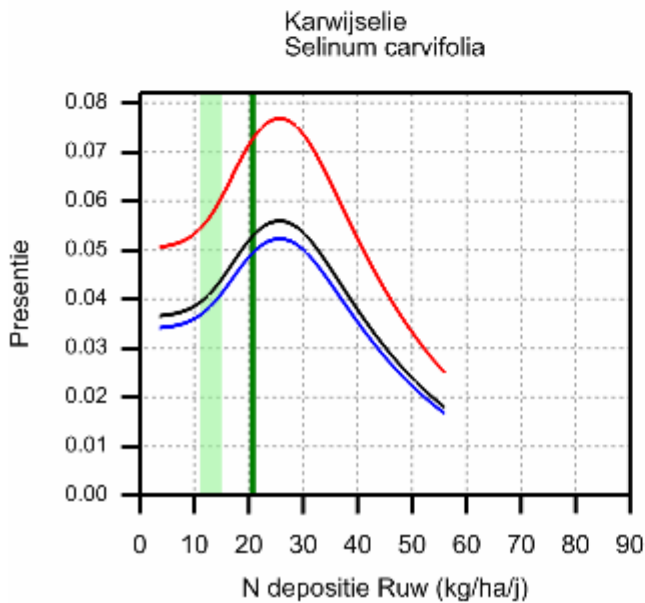
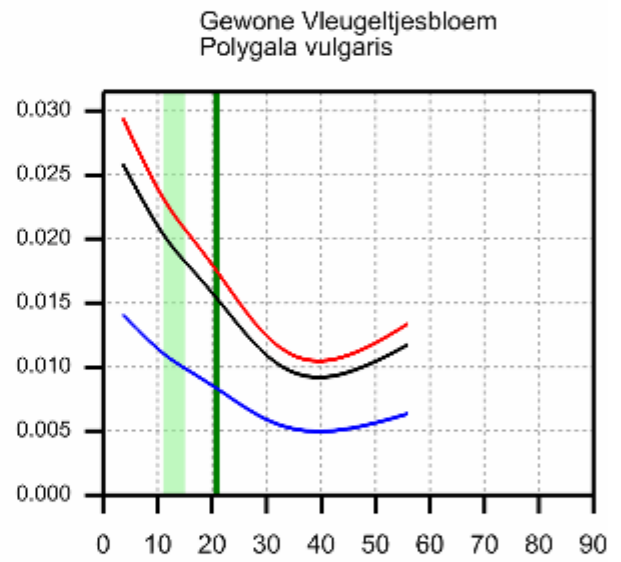
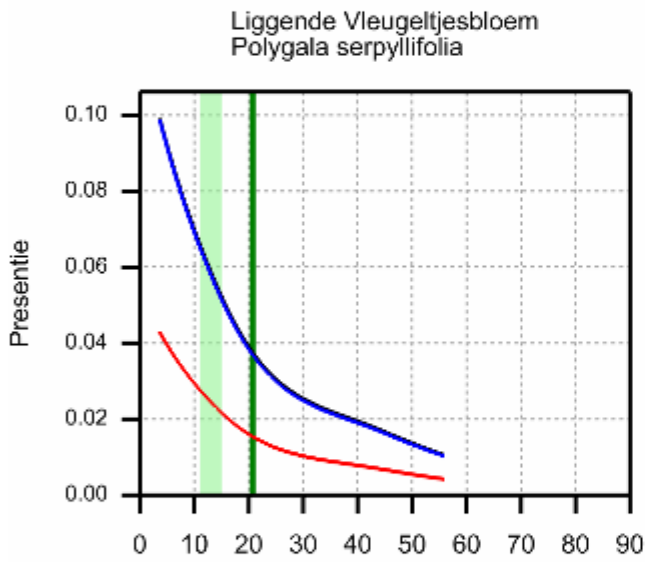
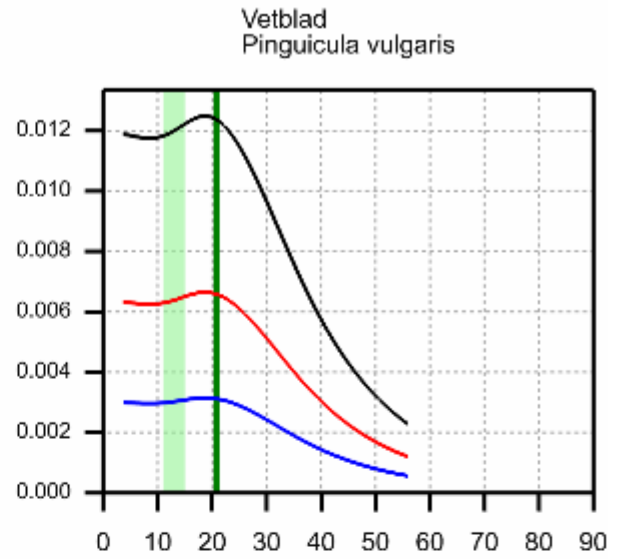
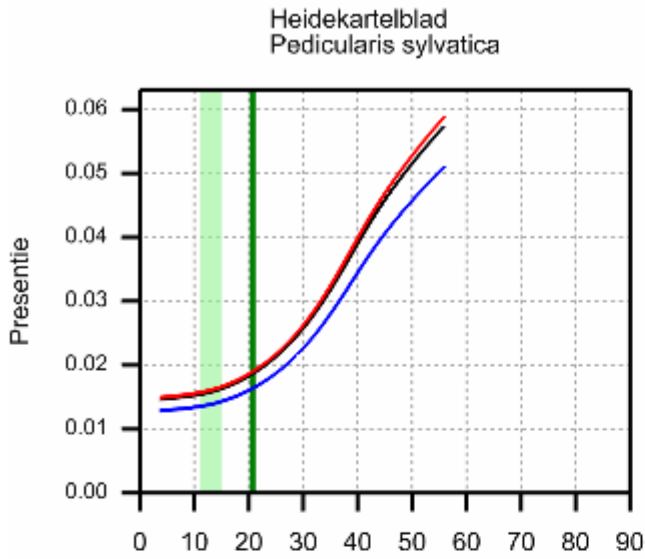


N10.01 (N-G)

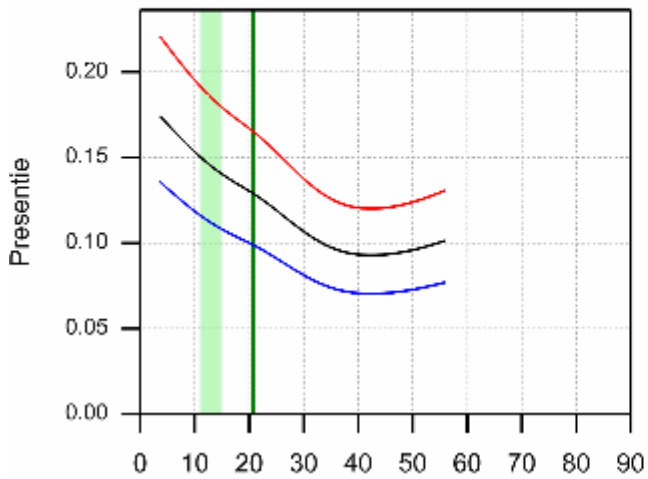
— NL

— Klei

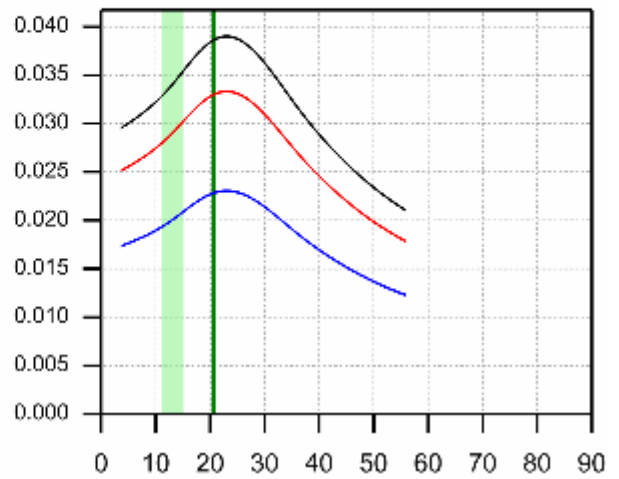
— Zand



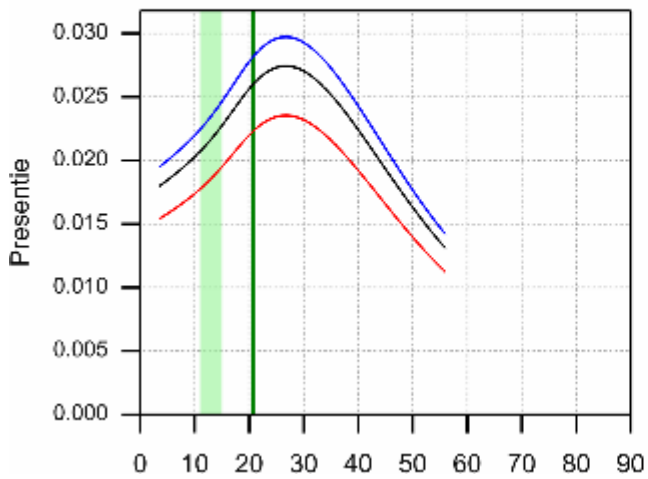
Blauwe Knoop
Succisa pratensis



Kleine Valeriaan
Valeriana dioica

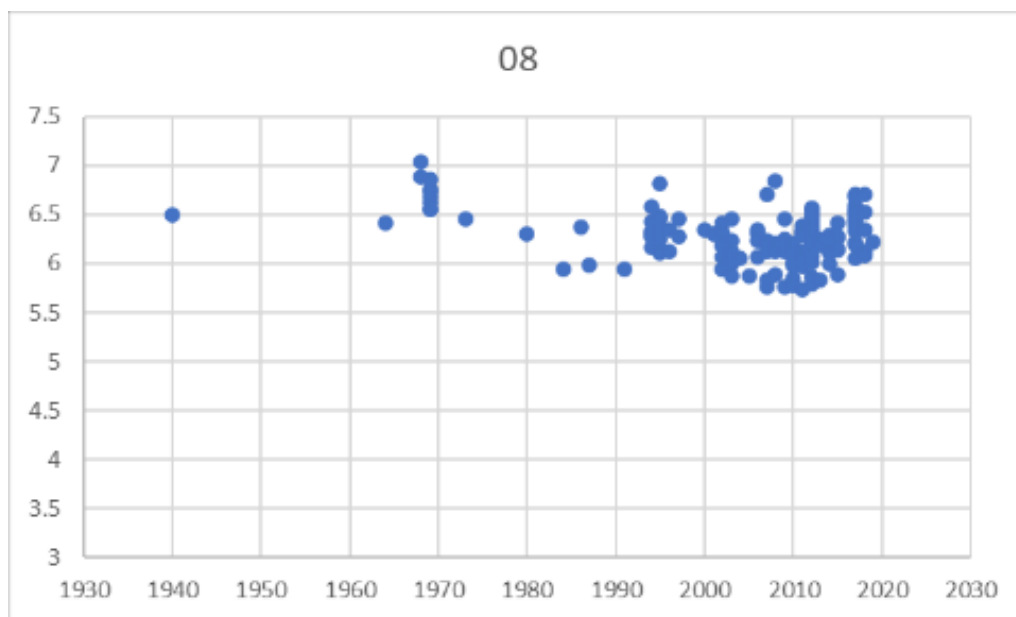


Schildereprijs
Veronica scutellata

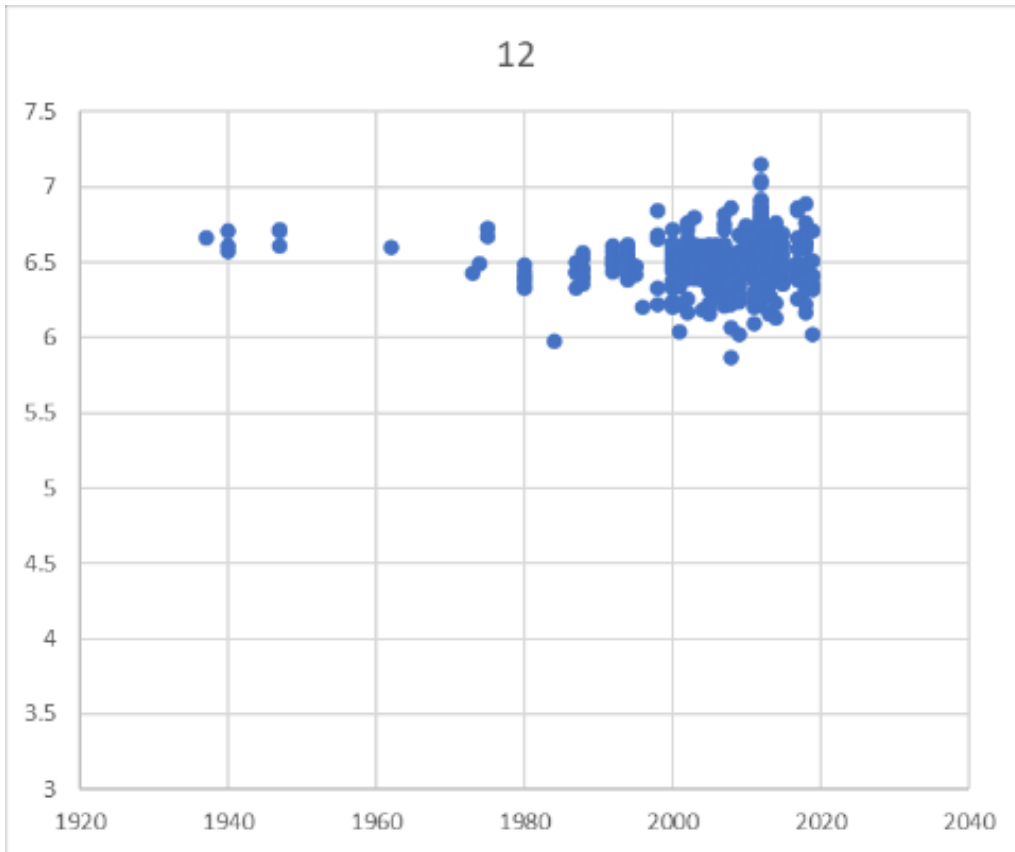


Bijlage 2 Berekende bodem-pH voor vegetatieopnamen per klasse

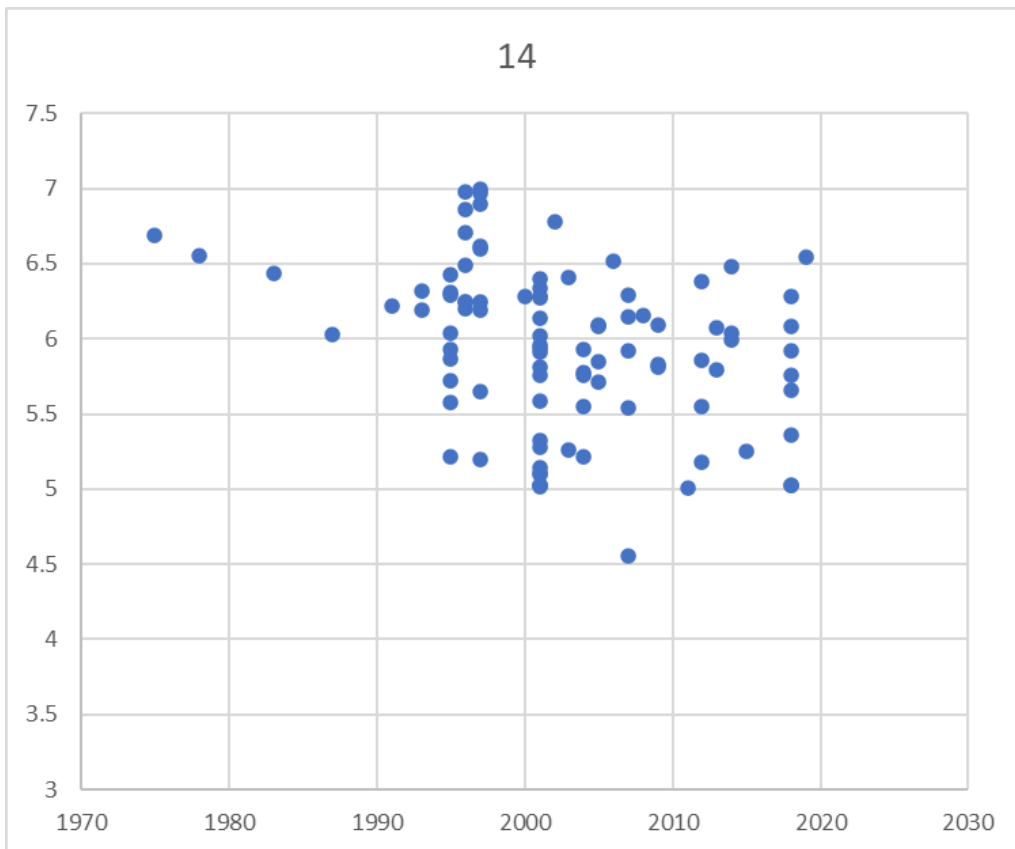
Op basis van de aanwezige soorten in een vegetatieopname wordt de berekende bodem-pH weergegeven per vegetatieklasse, zoals gegeven door Schaminée et al. (1995) in *Vegetatie van Nederland*. Per klasse en per jaar wordt de pH gegeven. De gegevens kunnen alleen worden gebruikt als een momentopname en er kan geen trend worden berekend, aangezien de opnamen op geheel verschillende plekken zijn gemaakt.



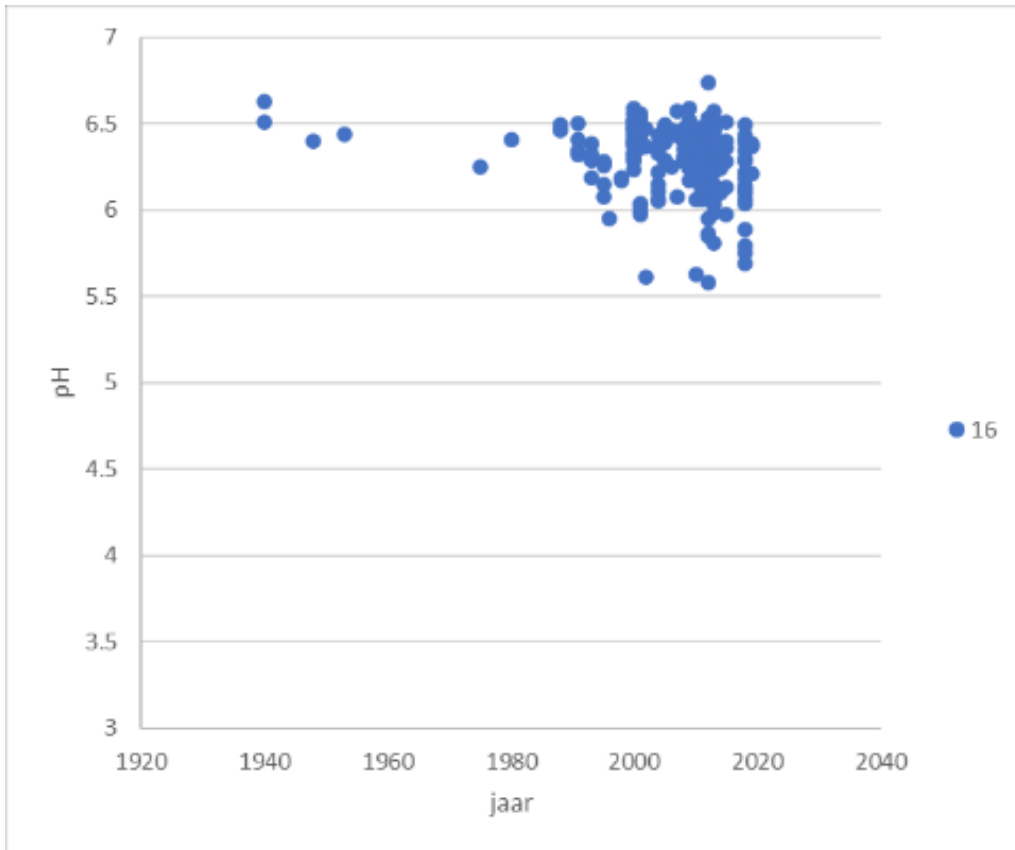
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Rietklasse 08.



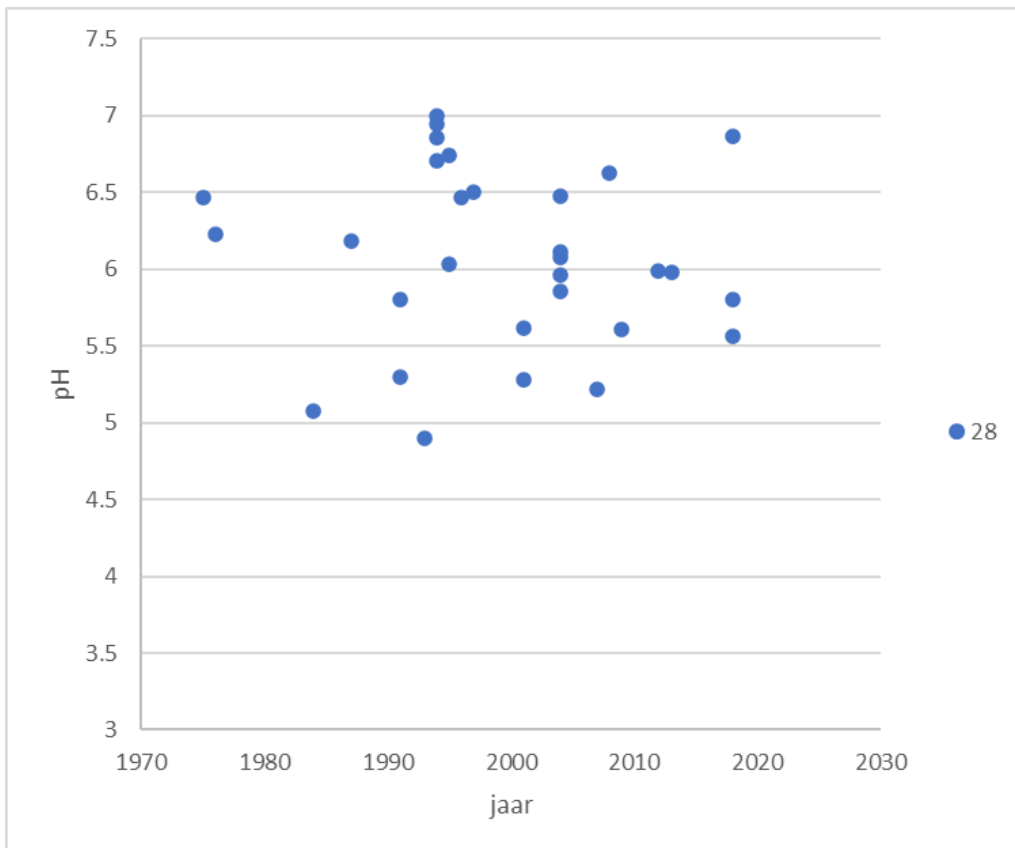
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Weegbree-klasse 12.



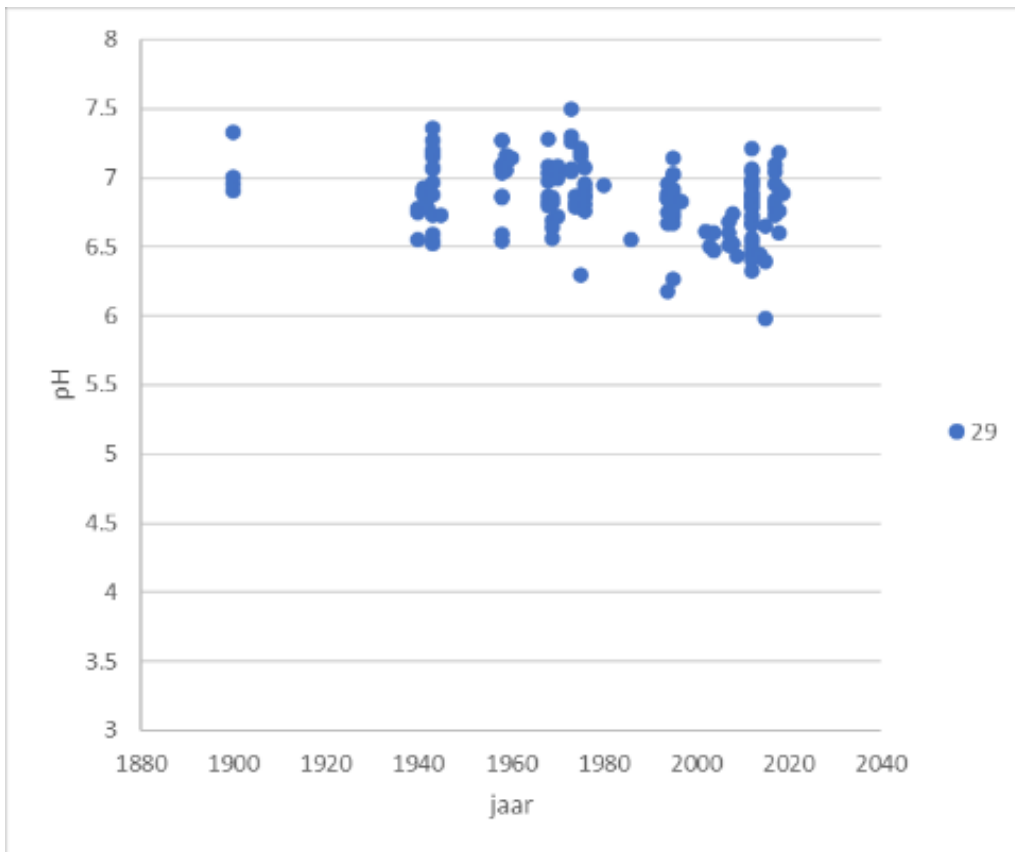
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der droge graslanden op zandgrond 14.



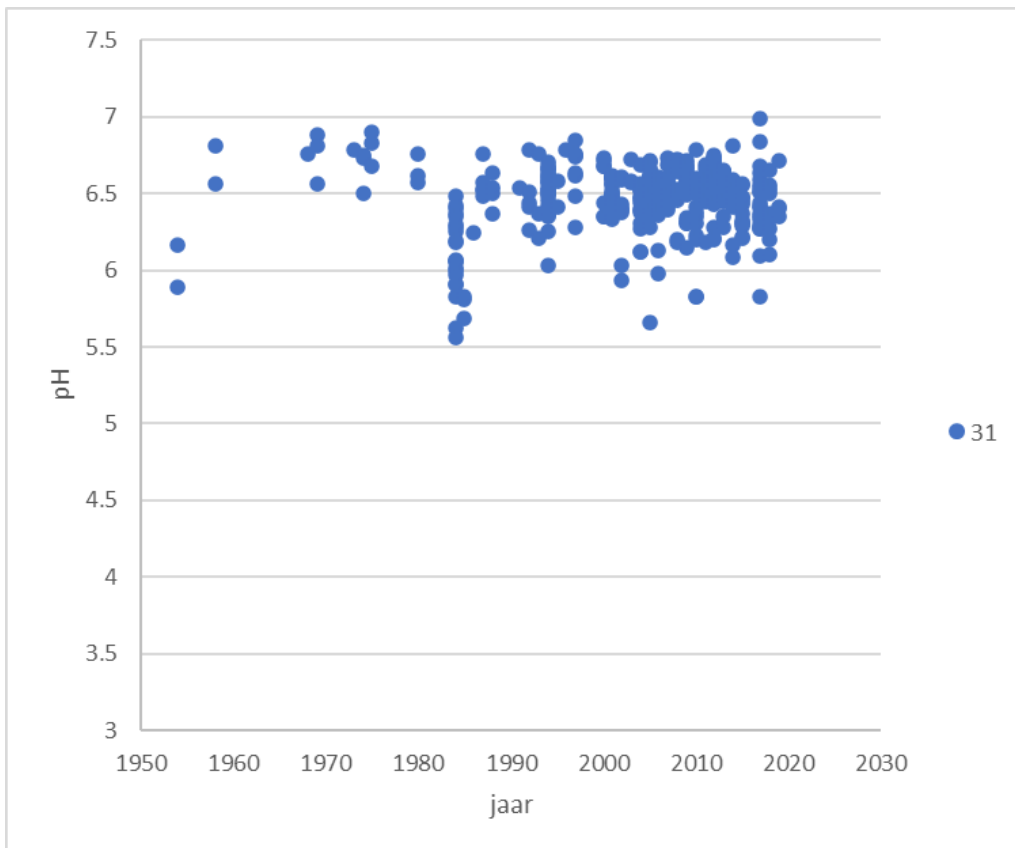
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der vochtige graslanden 16.



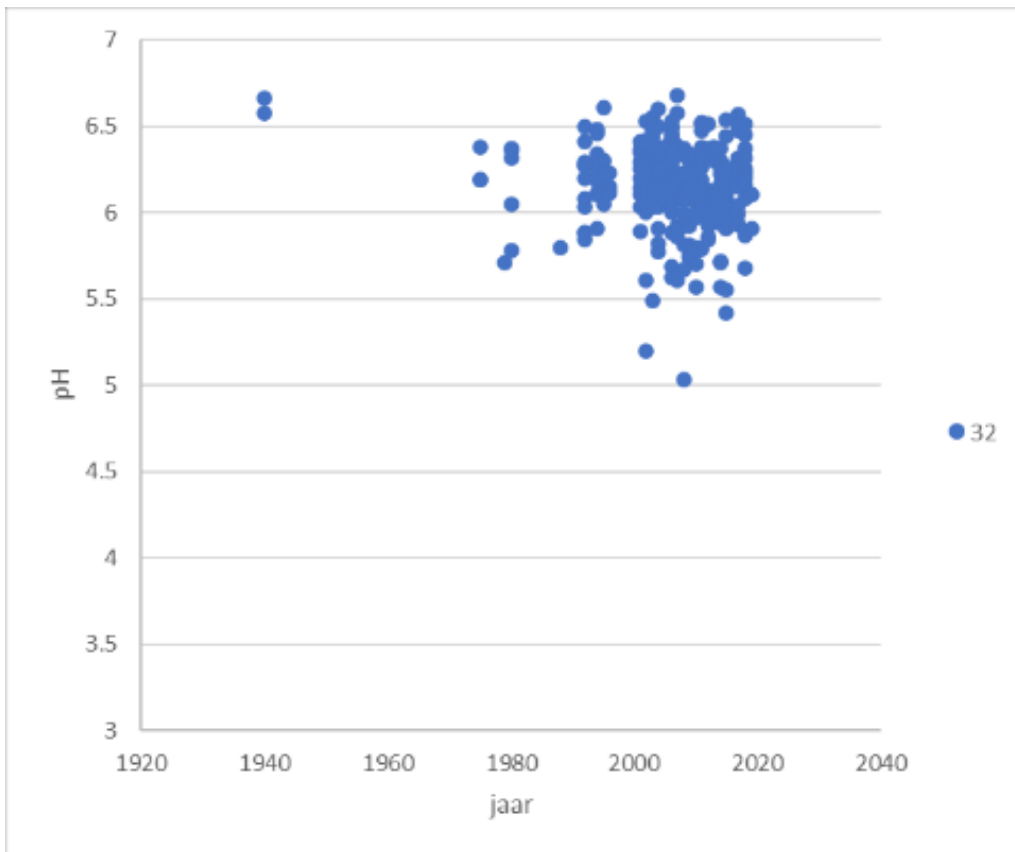
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Dwergbiezen-klasse 28.



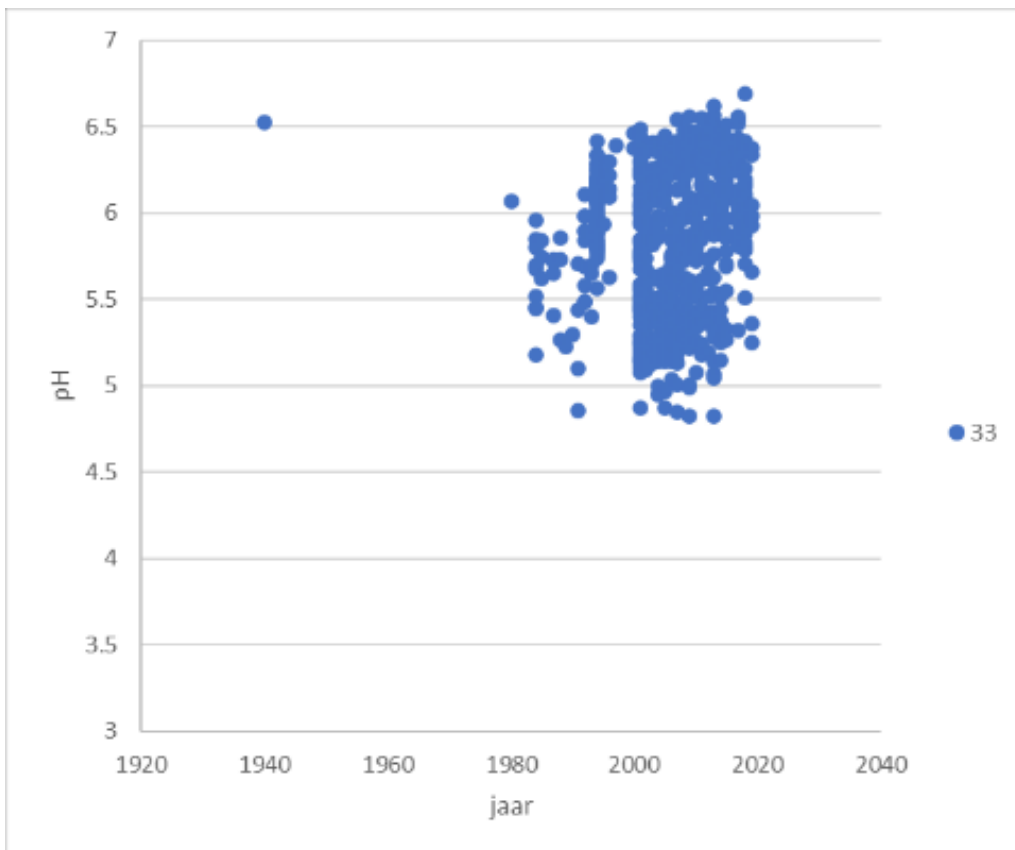
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Tandzaad-klasse 29.



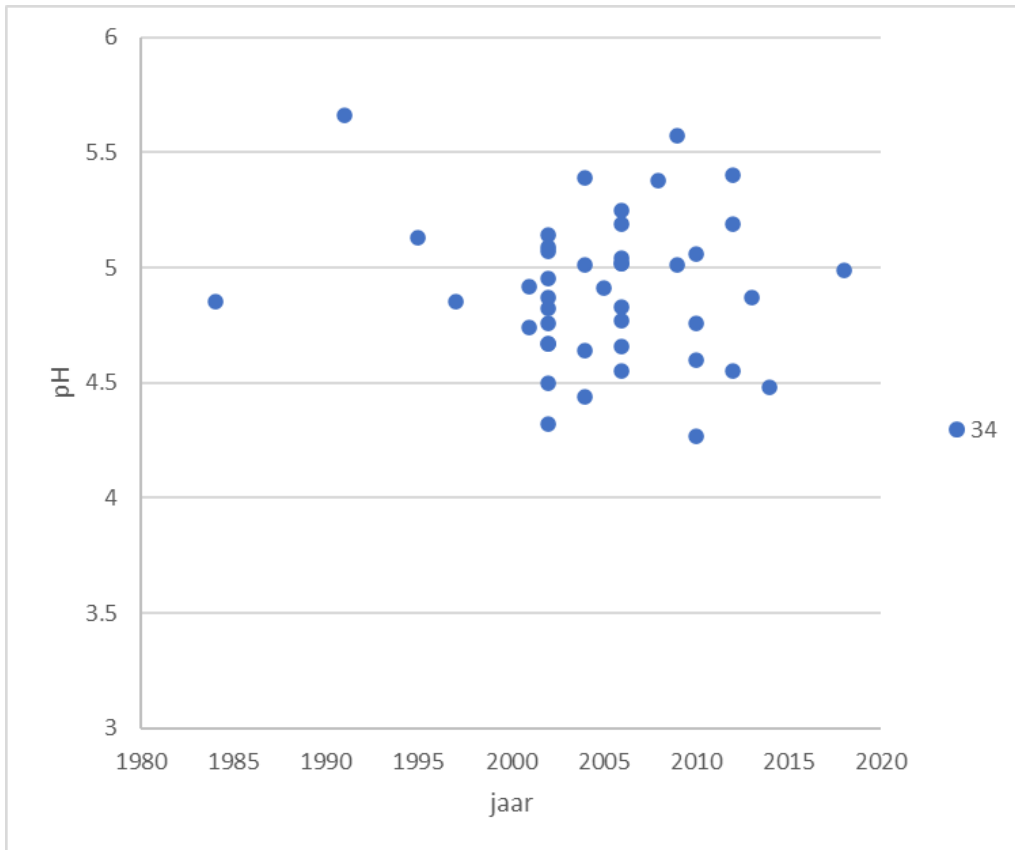
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Bijvoet-klasse 31.



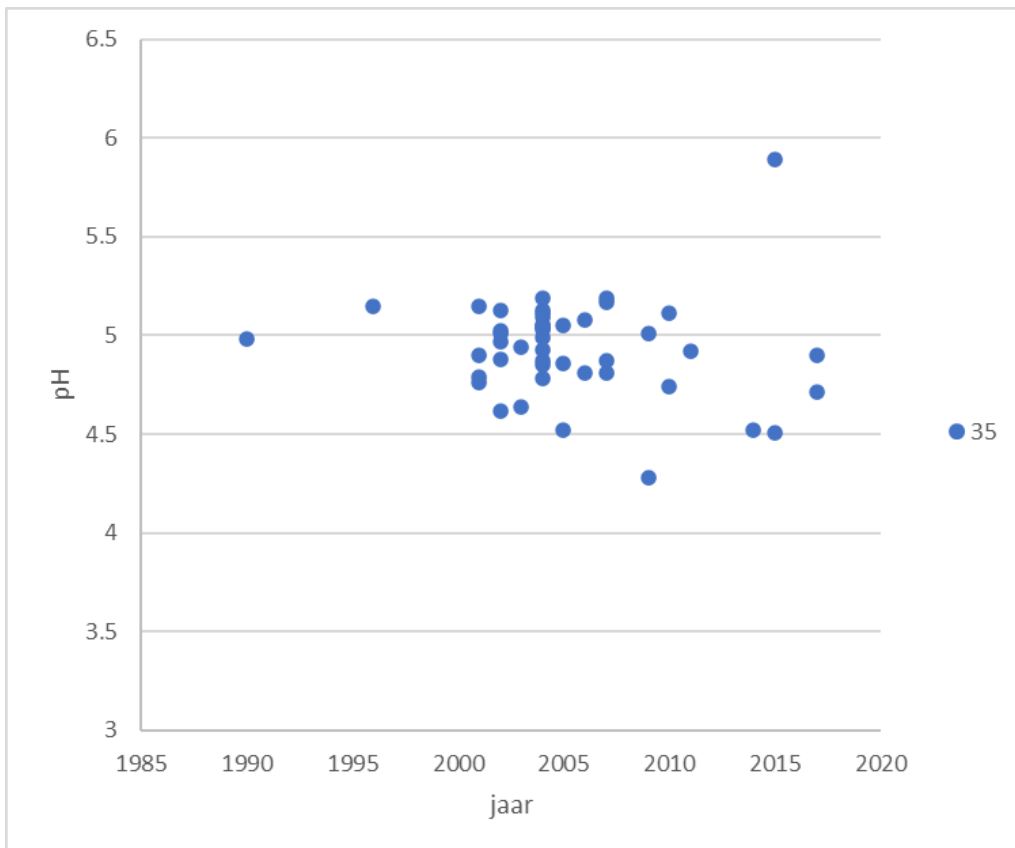
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der natte strooiselruigten 32.



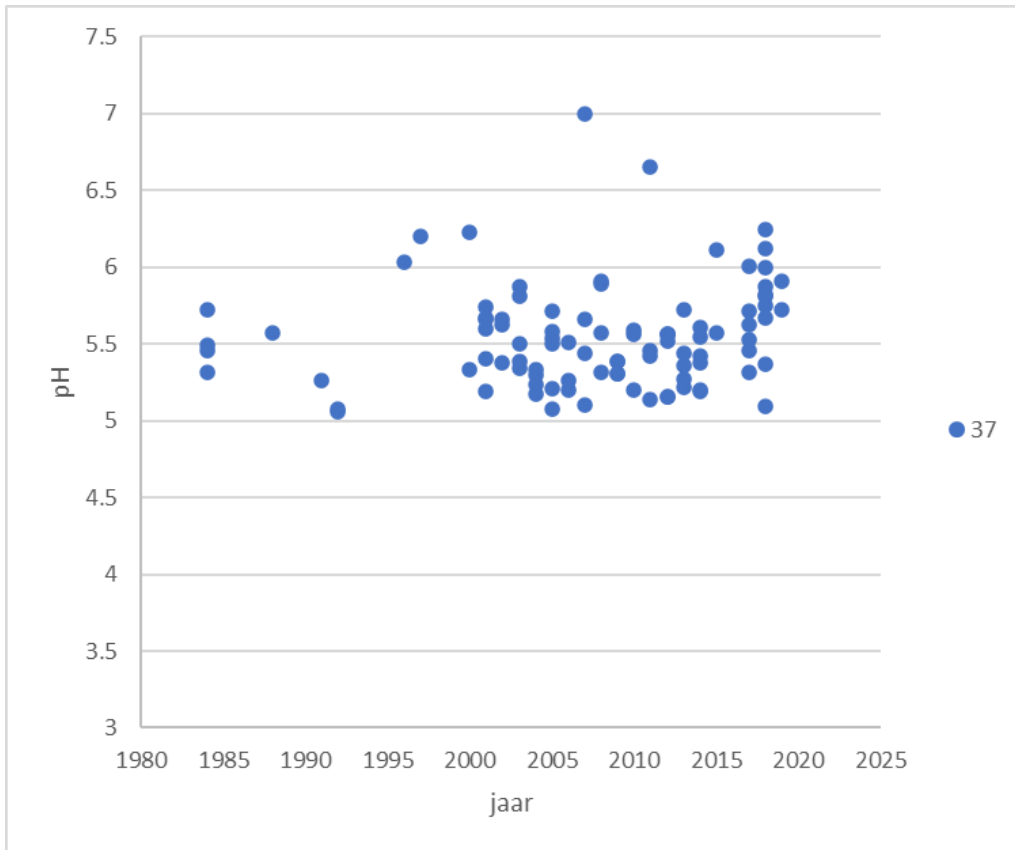
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der nitrofile zomen 33.



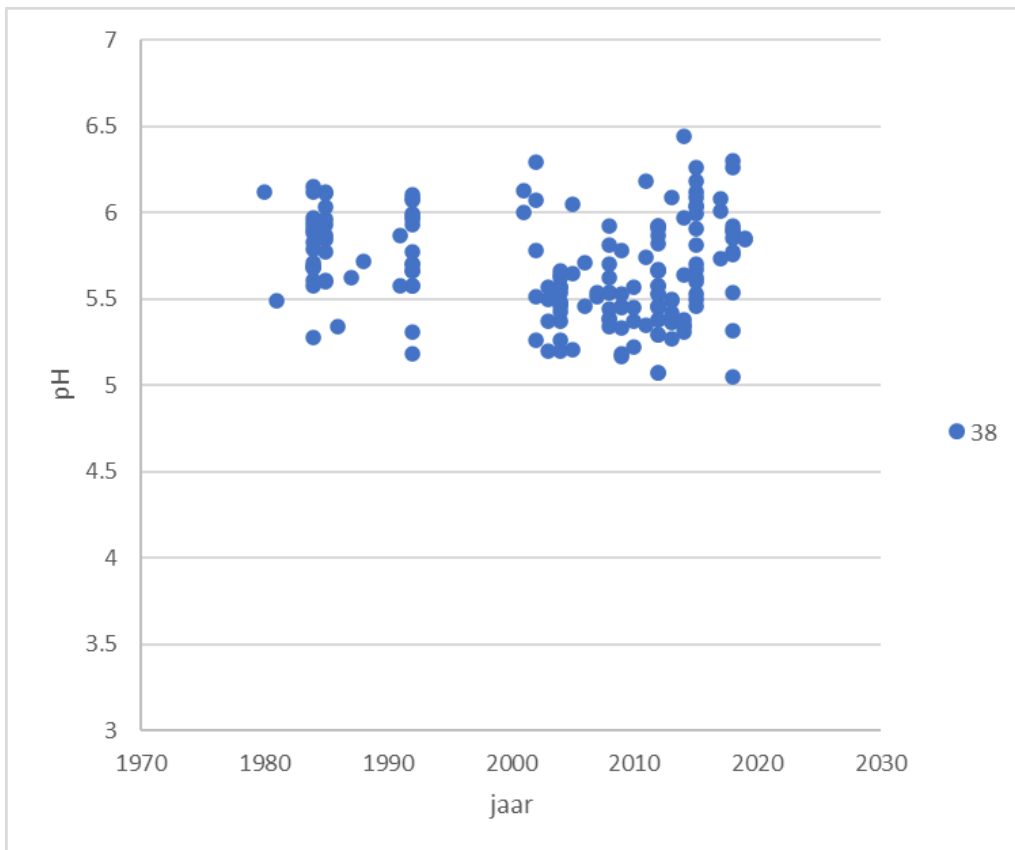
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der kapvlagtegemeenschappen 34.



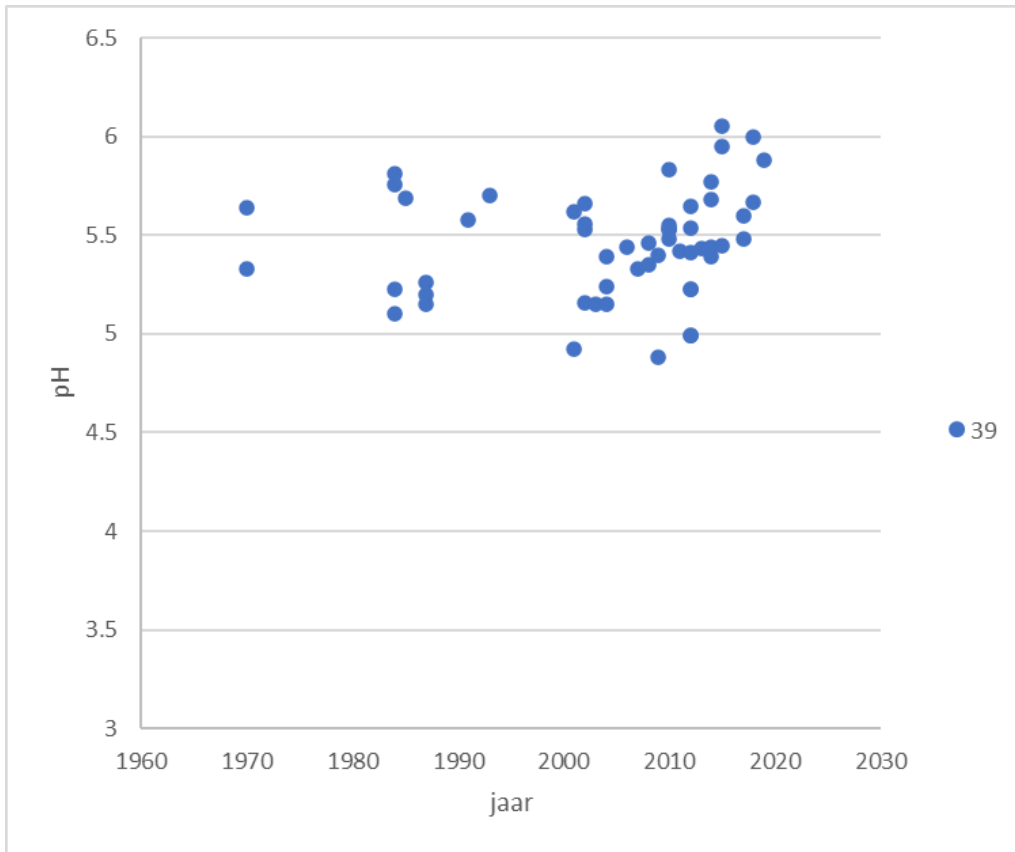
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Brummel-klasse 35.



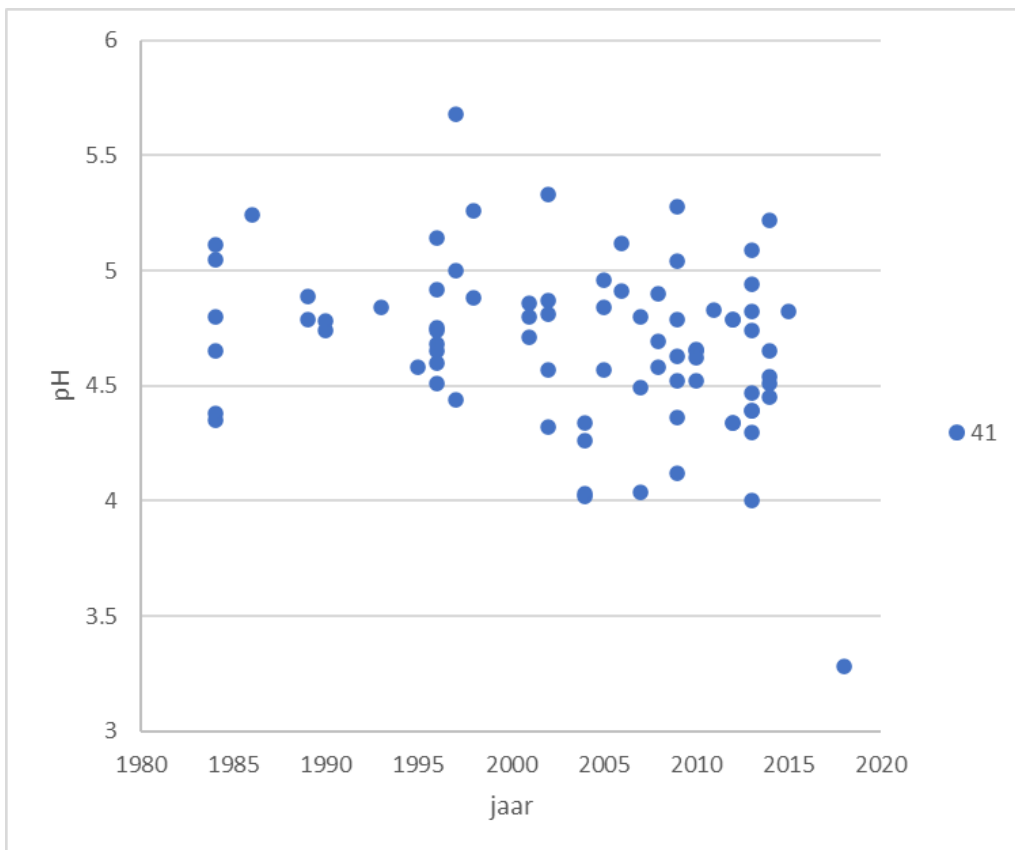
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der doornstruwelen 37.



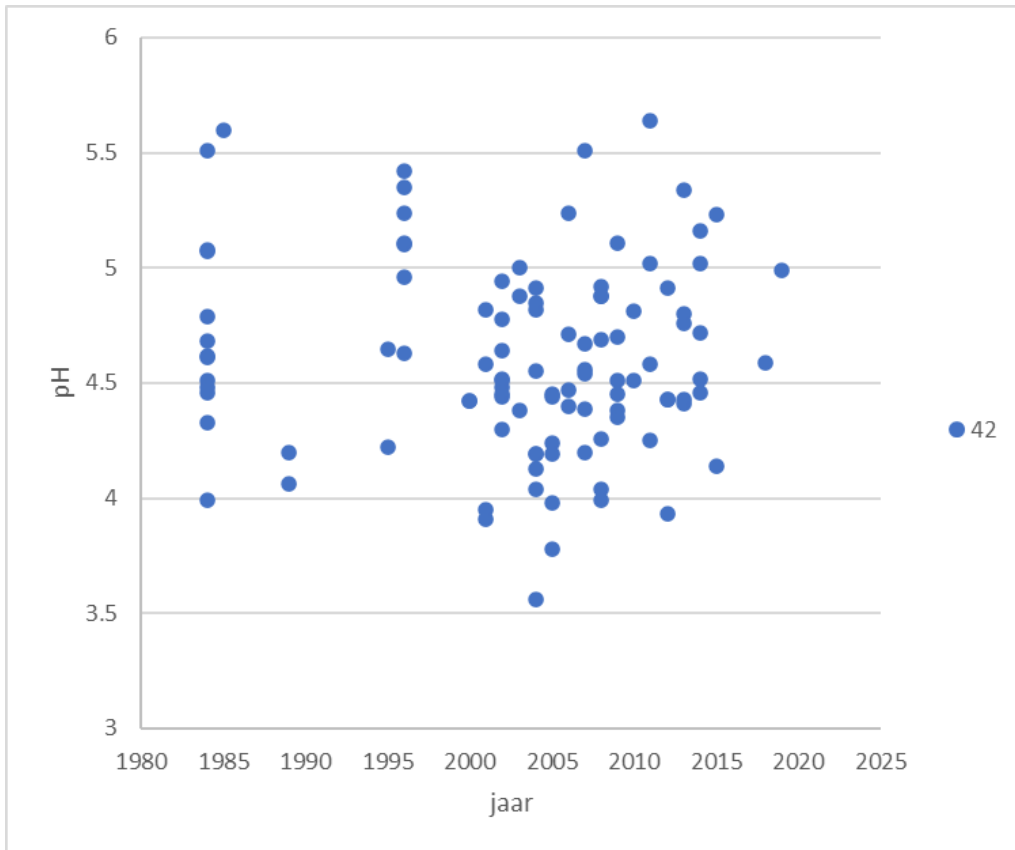
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der wilgenvloedbossen en -struwelen 38.



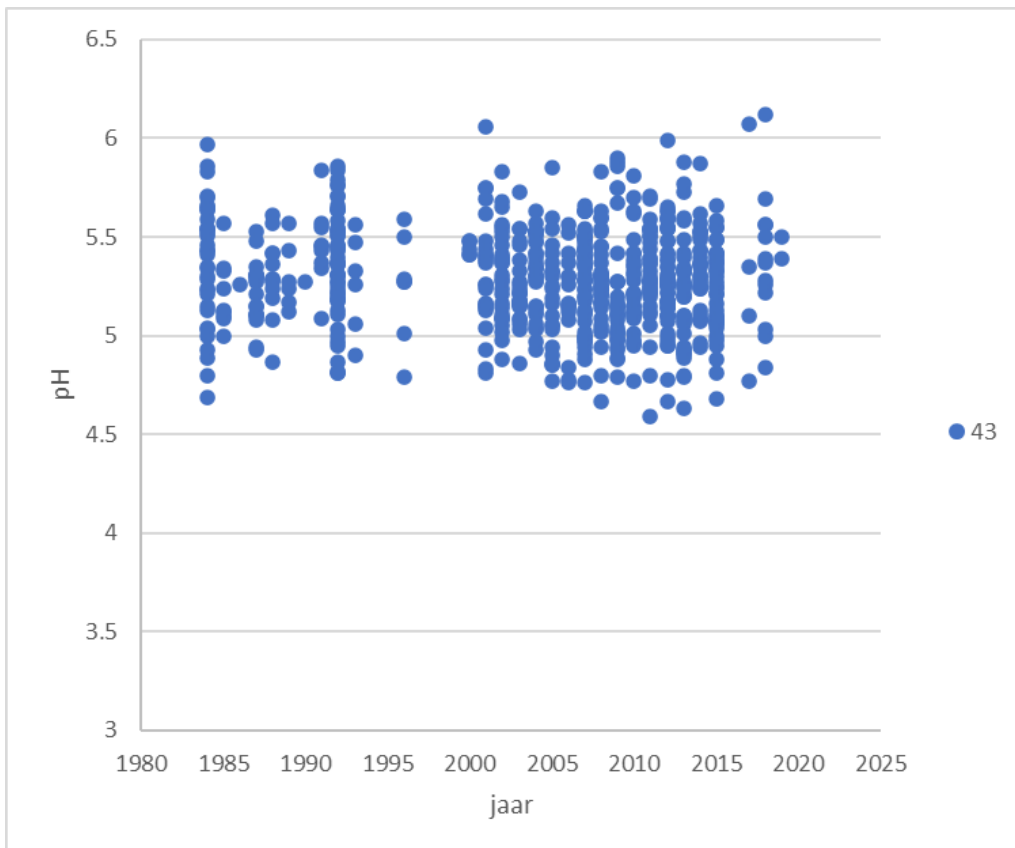
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der elzenbroekbossen 39.



pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der naaldbossen 41.



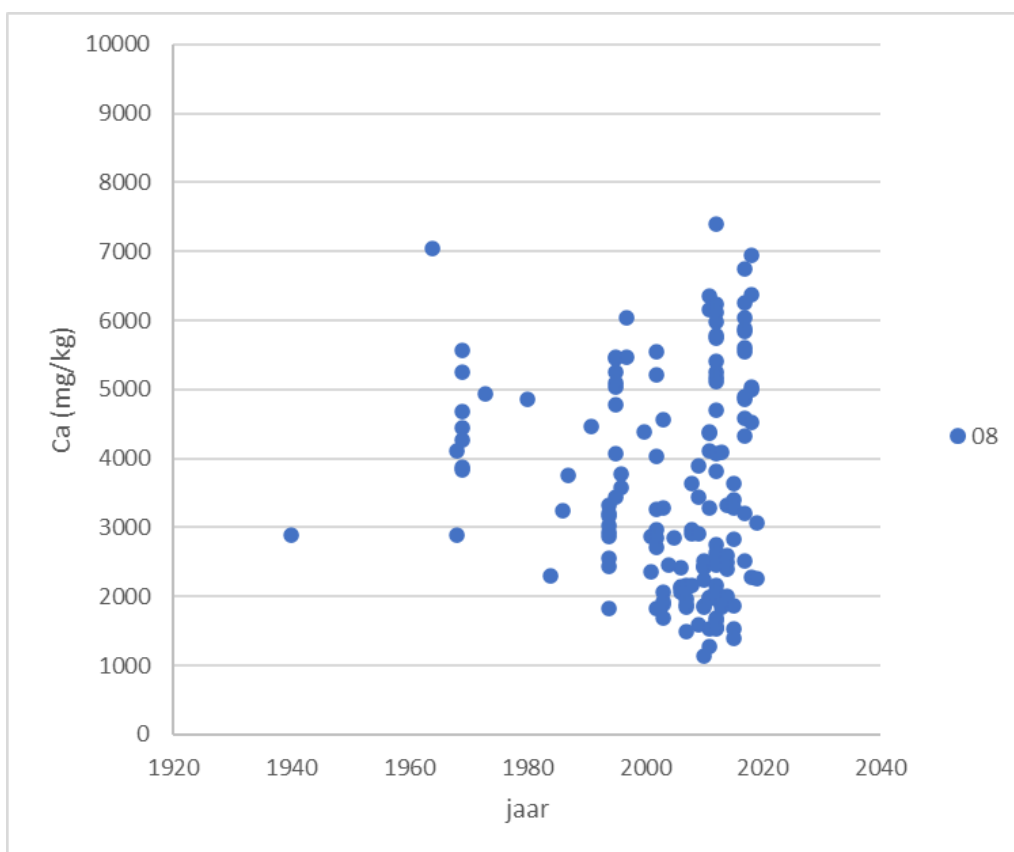
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselarme grond 42.



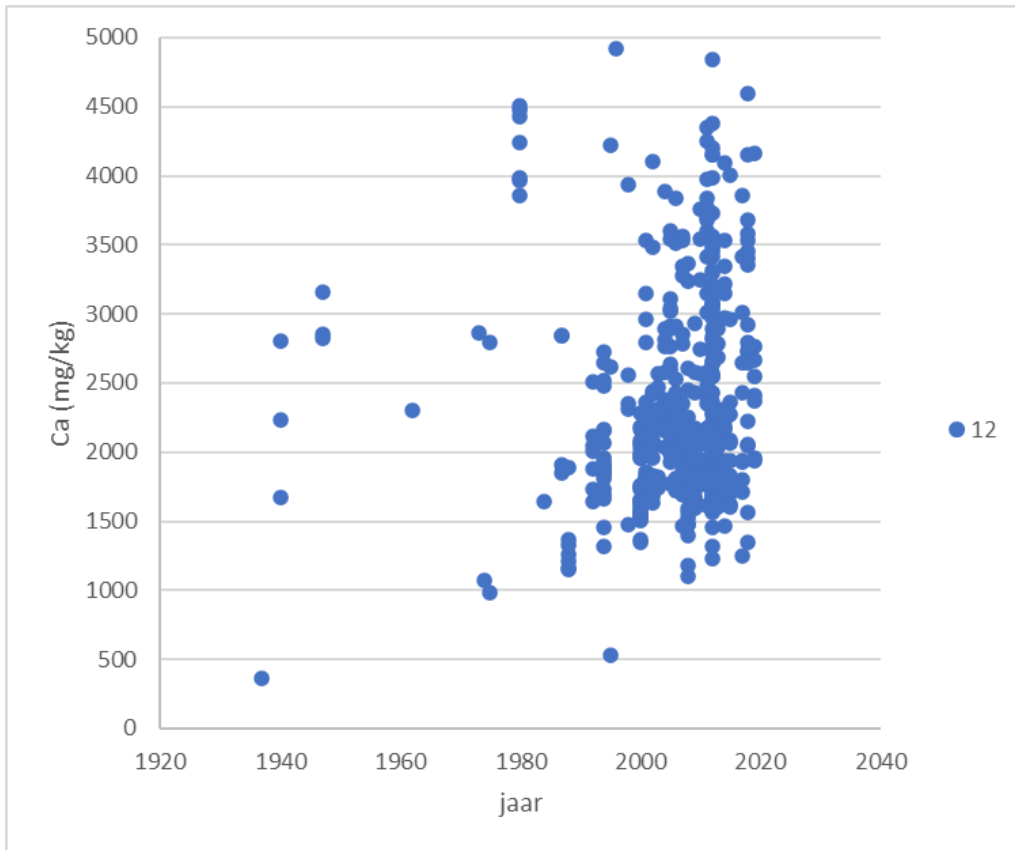
pH voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond 43.

Bijlage 3 Berekende calciumgehalte in de bodem voor vegetatieopnamen per klasse

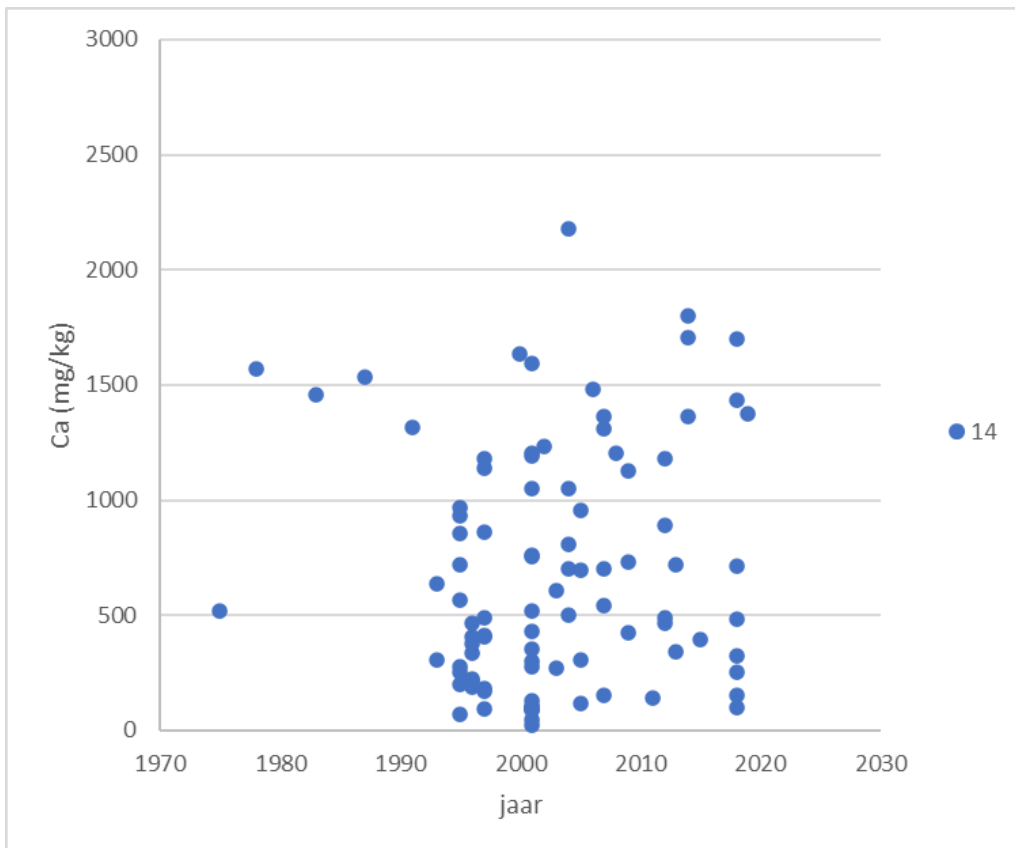
Op basis van de aanwezige soorten in een vegetatieopname is het calciumgehalte berekend in de bodem en is weergegeven per vegetatieklasse, zoals gegeven door Schaminée et al. (1995) in *Vegetatie van Nederland*. Per klasse en per jaar wordt het calciumgehalte weergegeven. De gegevens kunnen alleen worden gebruikt als een momentopname en er kan geen trend worden berekend, aangezien de opnamen op geheel verschillende plekken zijn gemaakt.



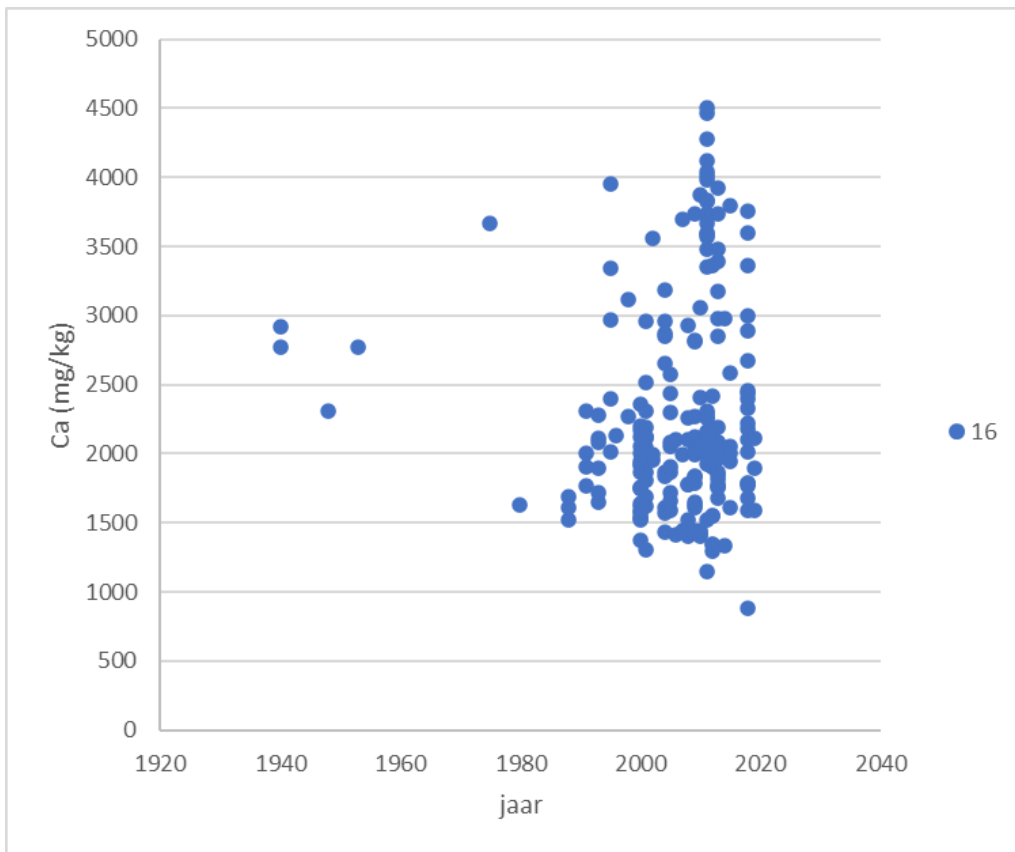
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Rietklasse 08.



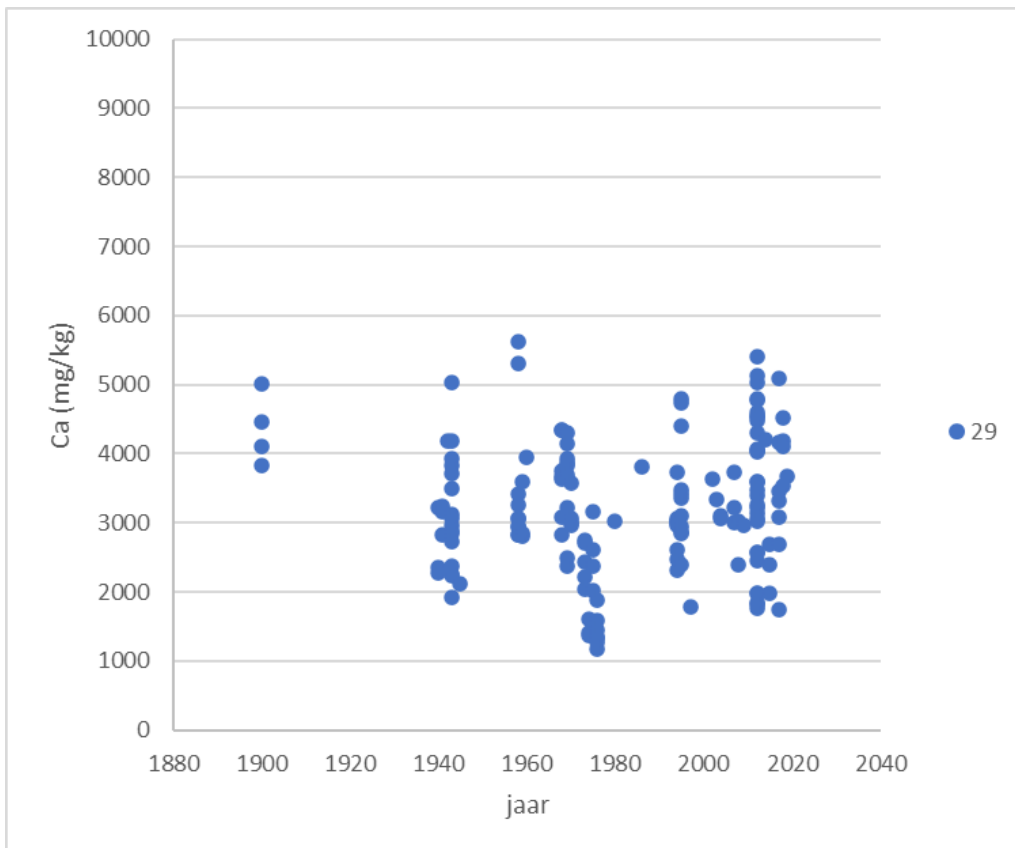
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Weegbree-klasse 12.



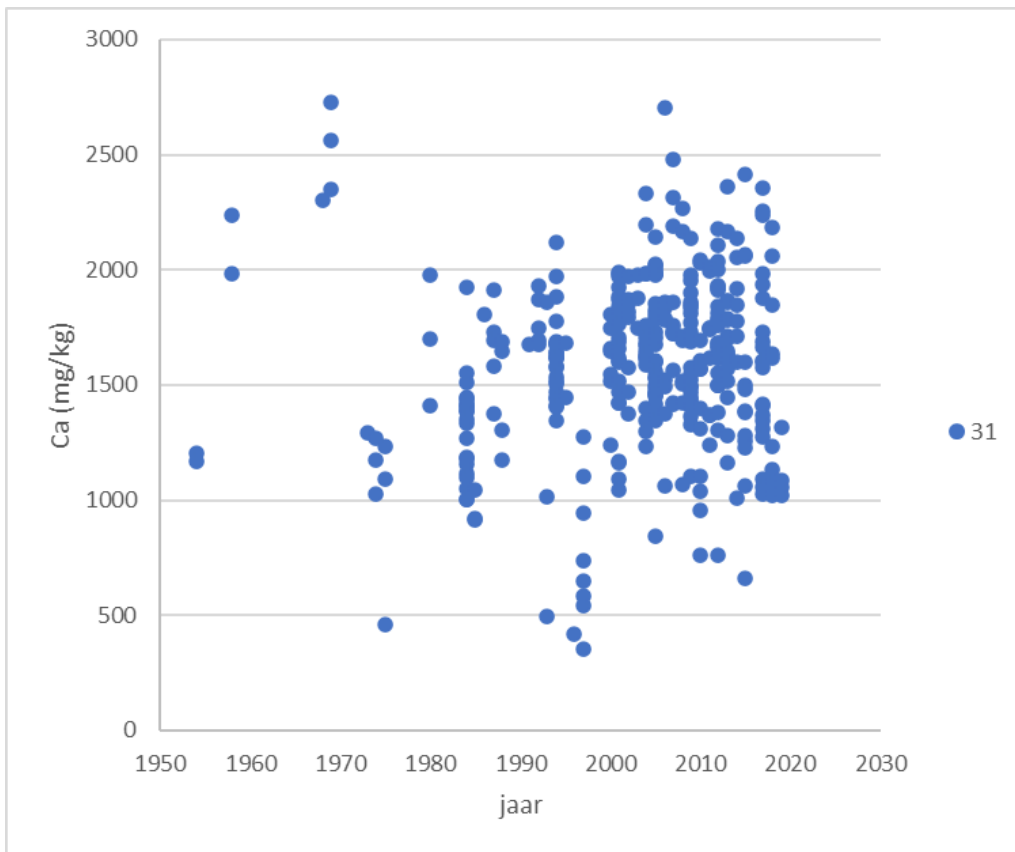
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der droge graslanden op zandgrond 14.



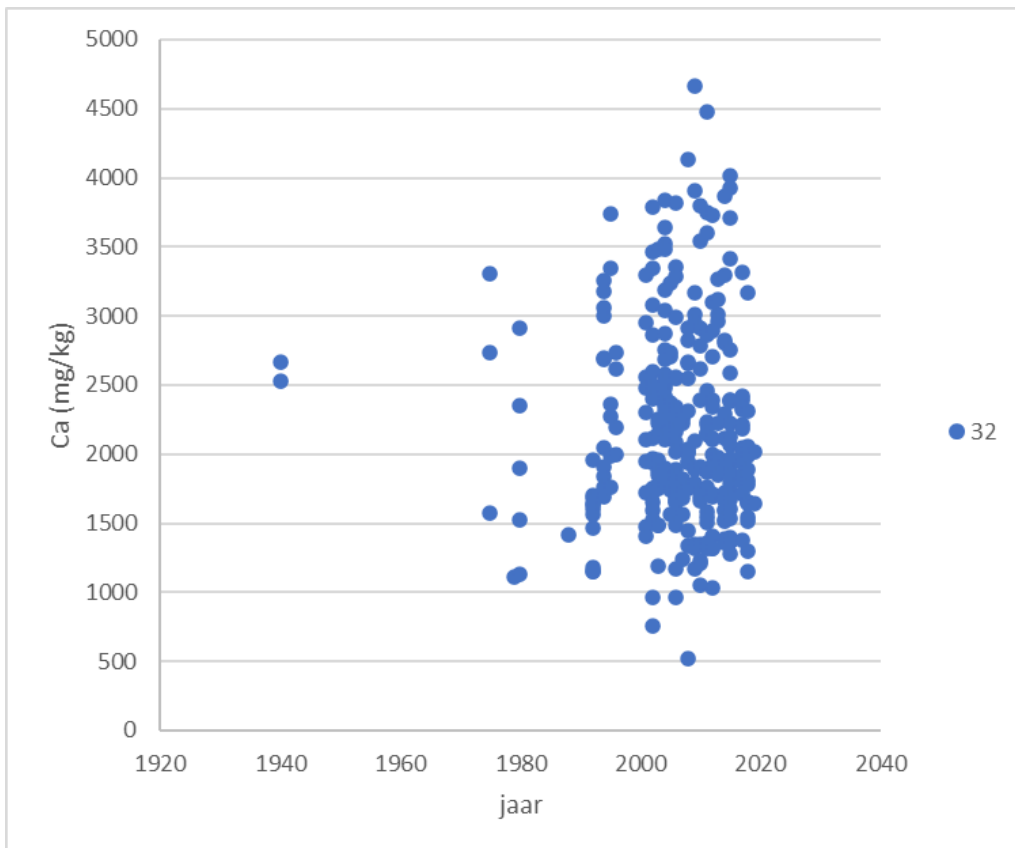
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der vochtige graslanden 16.



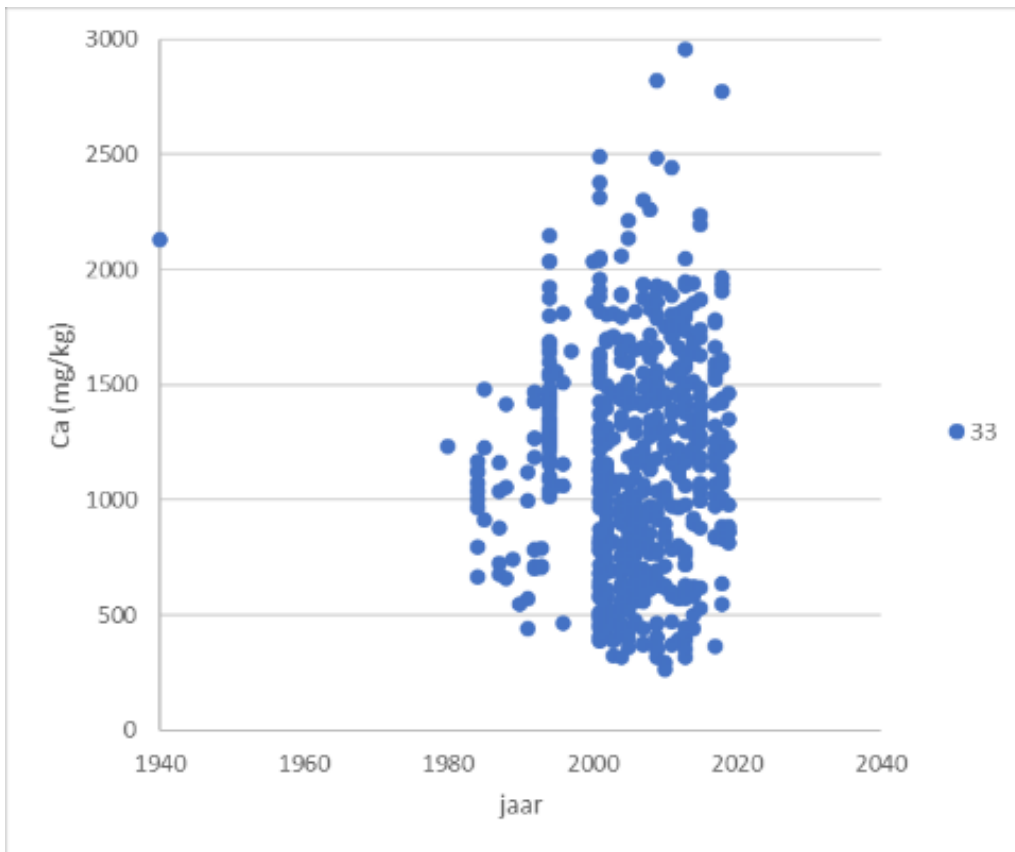
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Tandzaad-klasse 29.



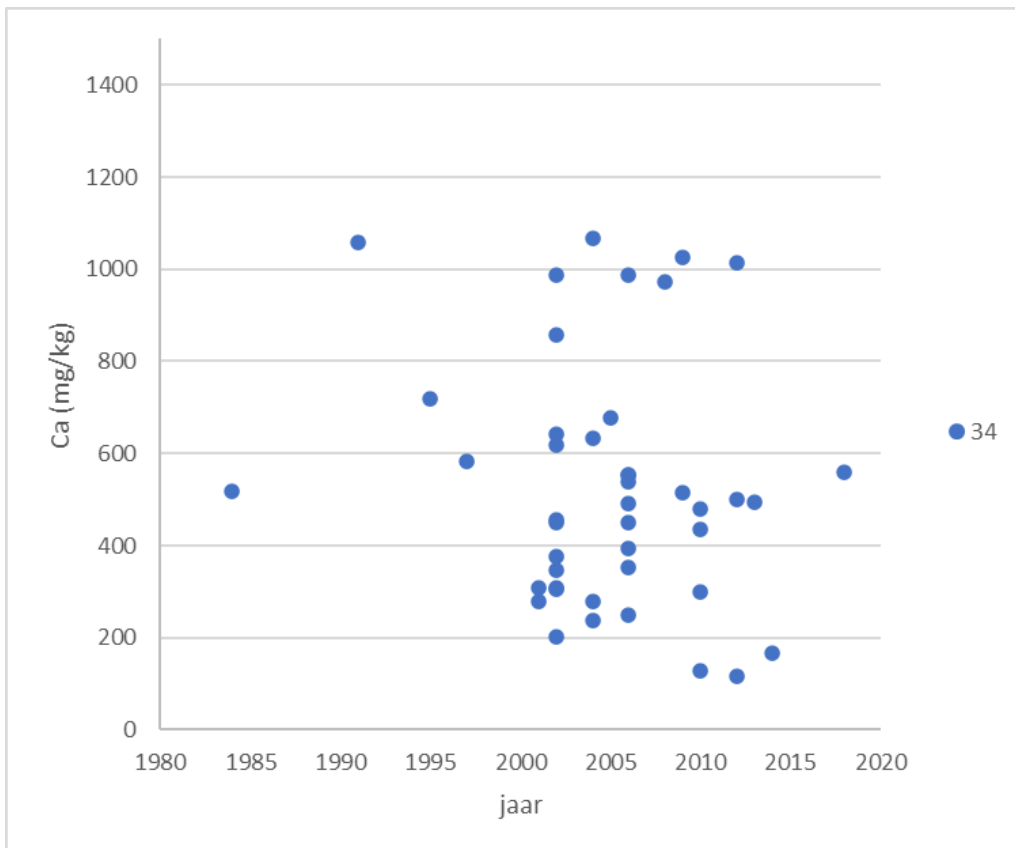
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Bijvoet-klasse 31.



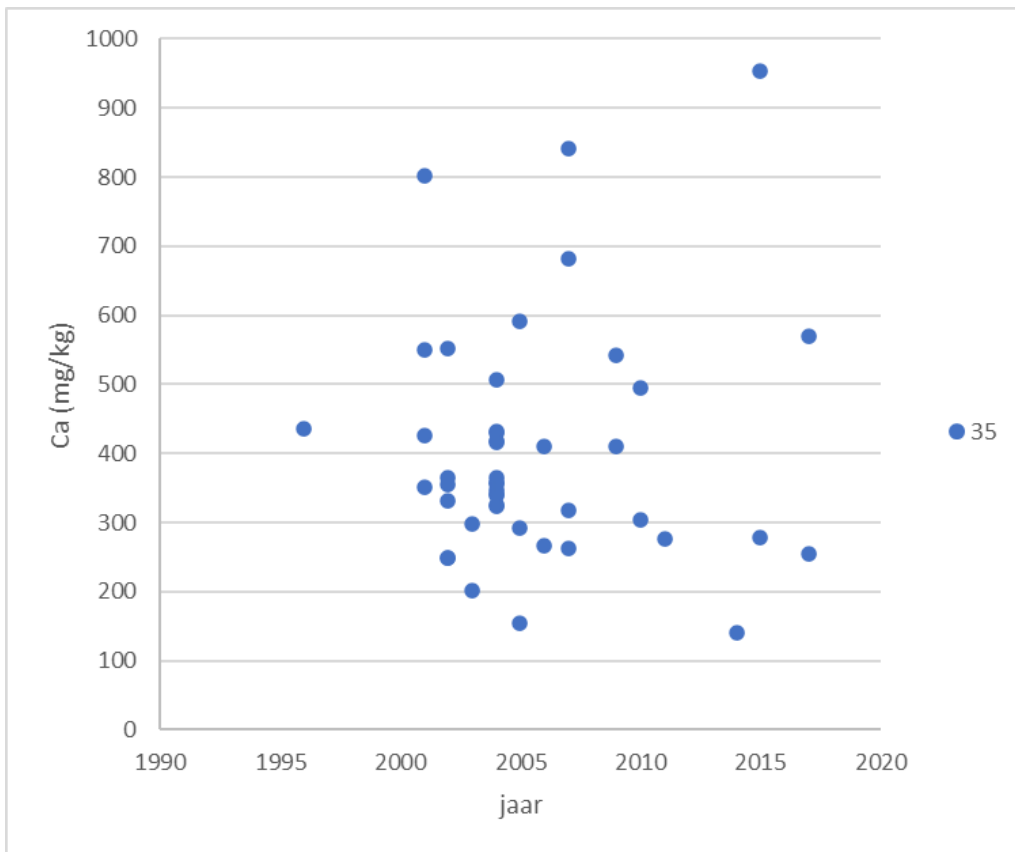
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der natte strooiselruigten 32.



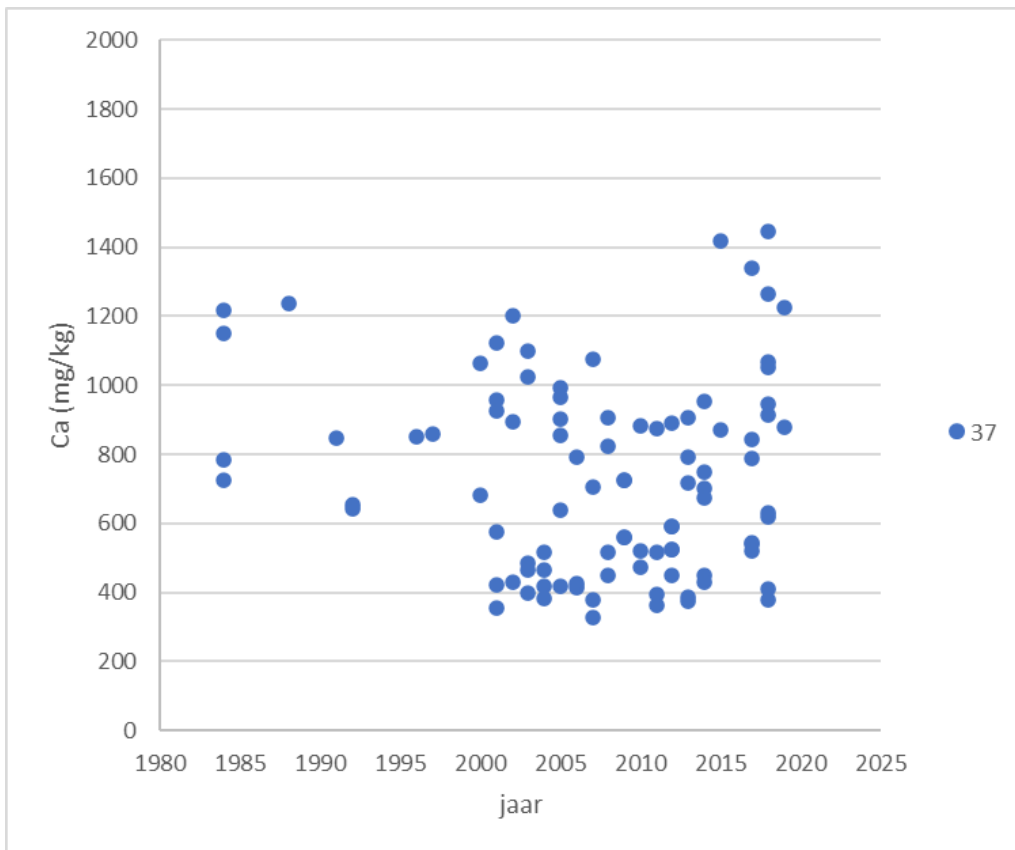
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der nitrofiële zomen 33.



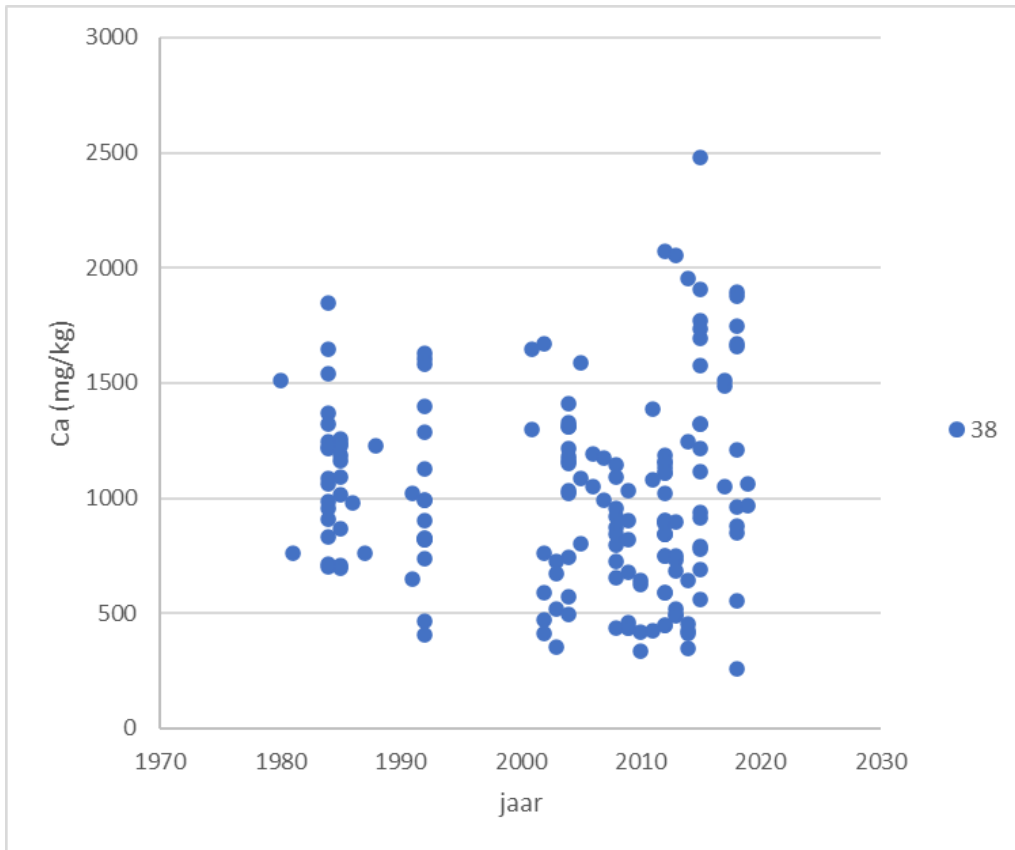
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der kapvlaktegemeenschappen 34.



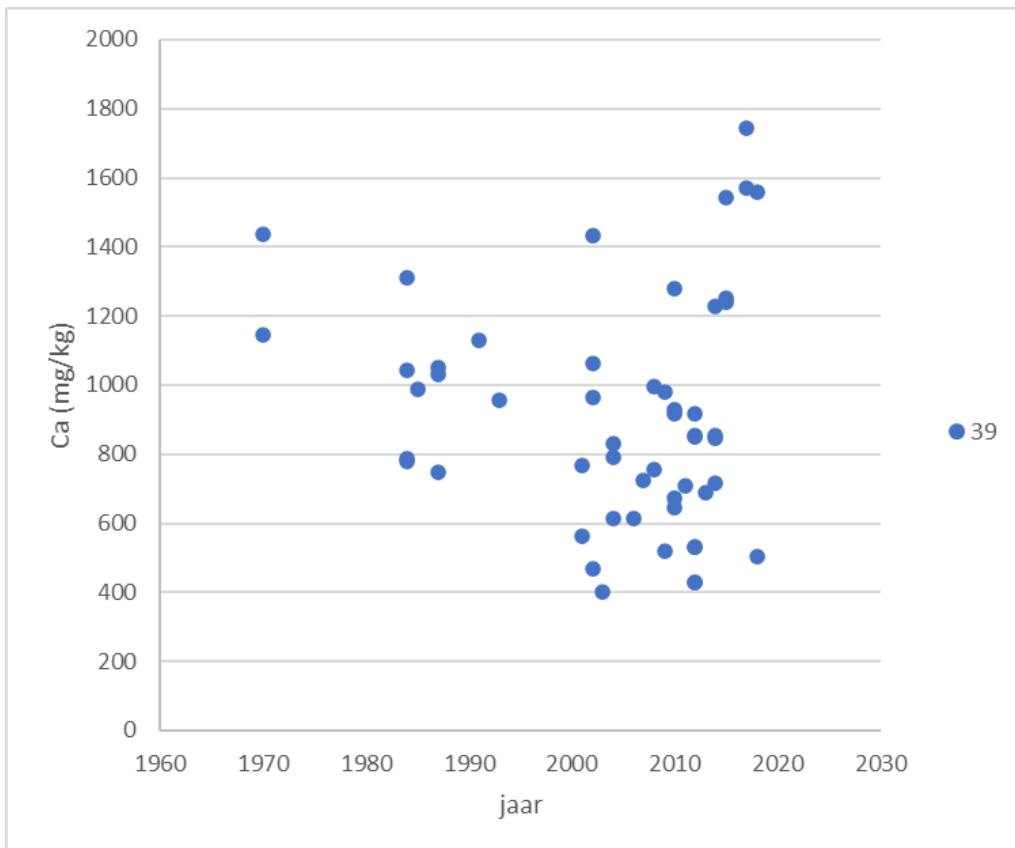
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Brummel-klasse 35.



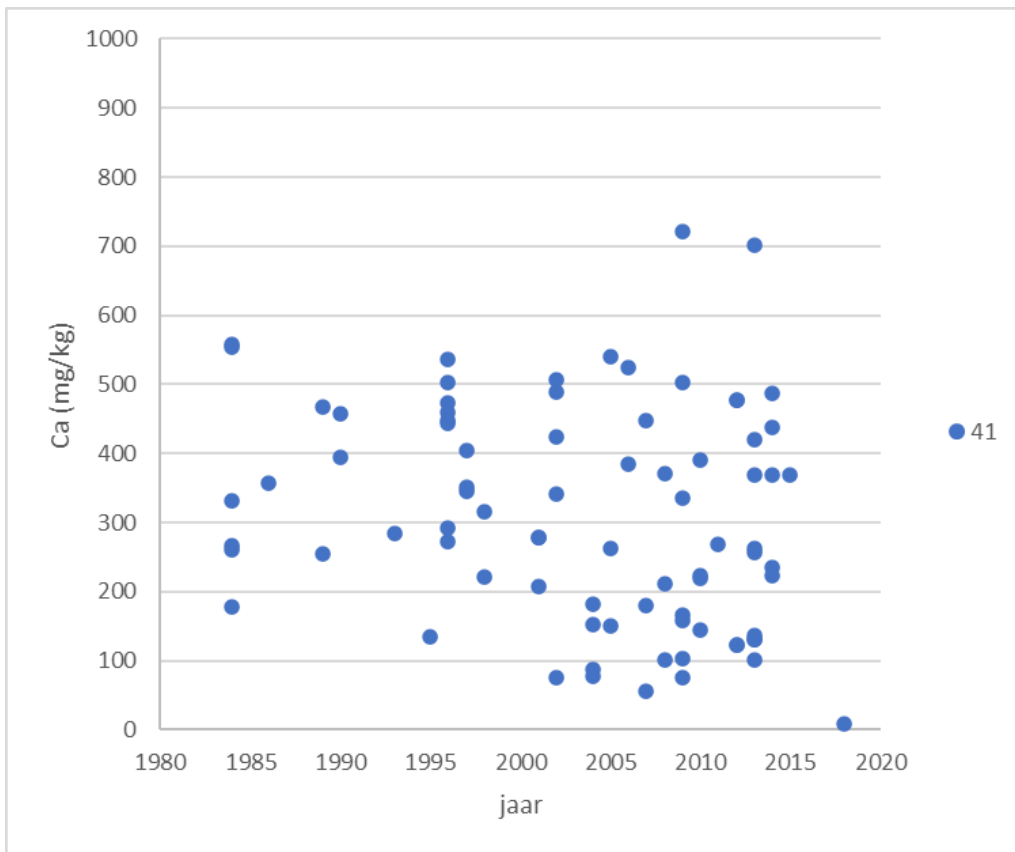
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der doornstruwelen 37.



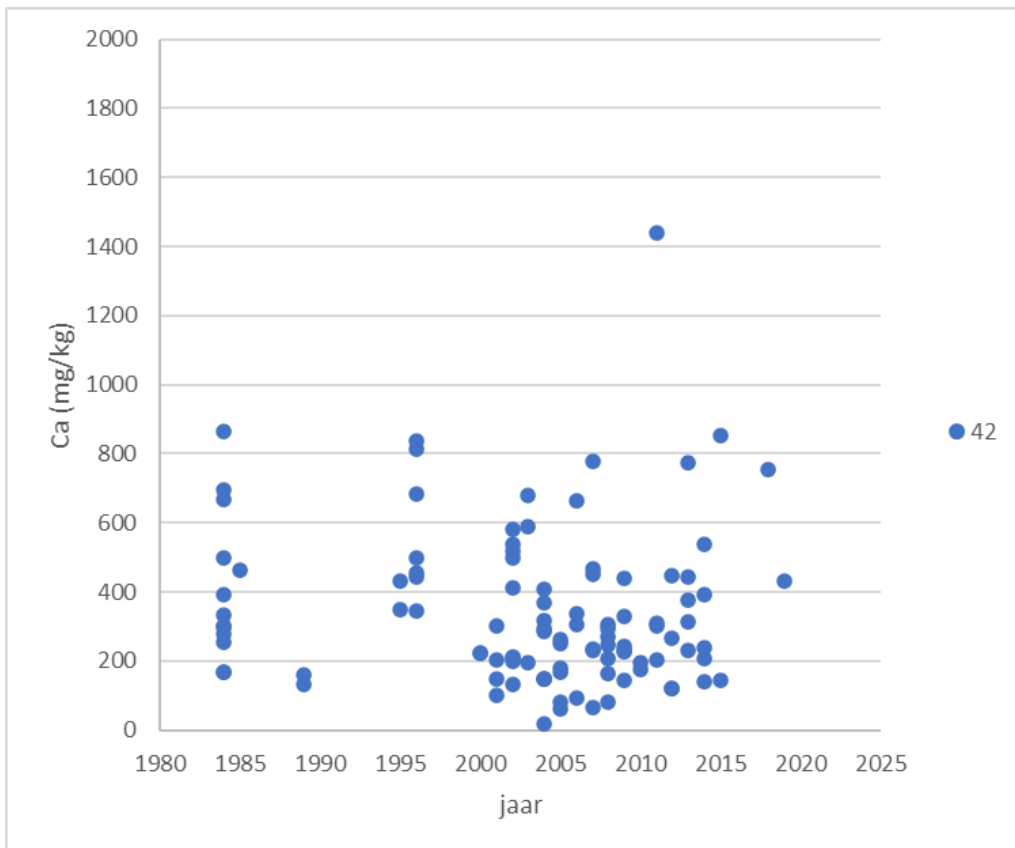
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der wilgenvloedbossen en -struwelen 38.



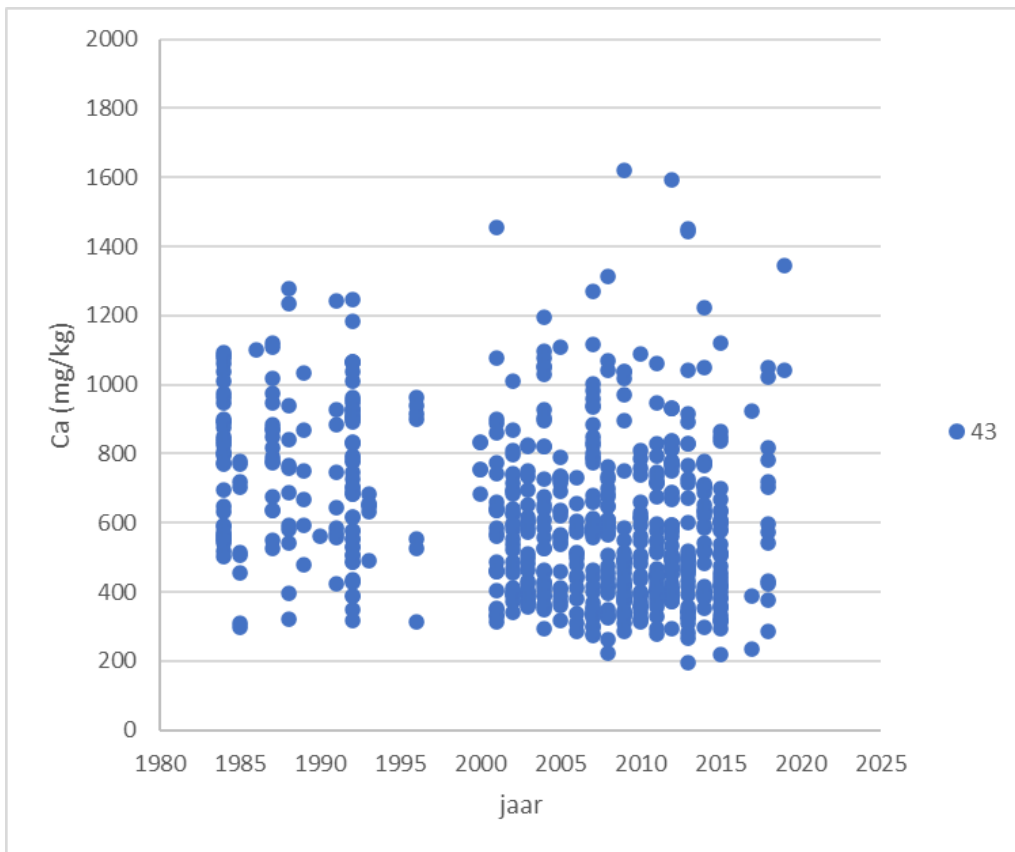
Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der elzenbroekbossen 39.



Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de klasse der naaldbossen 41.



Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselarme grond 42.



Calciumgehalte voor vegetatieopnamen in Flevoland voor de Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond 43.

Bijlage 4 Veldbezoeken

Staatsbosbeheer (zonder boswachter)



Figuur 1 *Kuinderbos, Staatsbosbeheer (21 juli 2022).*



Figuur 2 *Roggebotzand, Staatsbosbeheer (21 juli 2022).*



Figuur 3 Roggebotzand, Staatsbosbeheer (21 juli 2022).



Figuur 4 Roggebotzand, Staatsbosbeheer (21 juli 2022).



Figuur 4 Spijk Bremerberg, Staatsbosbeheer (21 juli 2022).



Figuur 6 Horsterwold, Staatsbosbeheer (21 juli 2022).



Figuur 7 Horsterwold, Staatsbosbeheer (21 juli 2022).



Figuur 8 Rode ogentroost in Horsterwold, Staatsbosbeheer (21 juli 2022).

Natuurmonumenten (met boswachter)



Figuur 9 Voorsterbos, Natuurmonumenten (26 juli 2022).



Figuur 10 Voorsterbos, Natuurmonumenten (26 juli 2022).



Figuur 11 Voorsterbos, Natuurmonumenten (26 juli 2022).



Figuur 12 Voorsterbos, Natuurmonumenten (26 juli 2022).



Figuur 13 Afgeplagd stukje schraalgrasland bij Voorsterbos, Natuurmonumenten (26 juli 2022).



Figuur 14 Schraalgrasland bij Voorsterbos, Natuurmonumenten (26 juli 2022).



Figuur 15 Schraalgrasland bij Voorsterbos, Natuurmonumenten (26 juli 2022).



Figuur 16 Rabattenbos, Natuurmonumenten (26 juli 2022).



Figuur 5 Rabattenbos, Natuurmonumenten (26 juli 2022).



Figuur 18 Voorsterbos nabij kantoor Kraggenburg, Natuurmonumenten (26 juli 2022).



Figuur 19 Voorsterbos nabij kantoor Kraggenburg, Natuurmonumenten (26 juli 2022).

Flevo-landschap (met boswachter)



Figuur 20 Larserbos, Flevo-landschap (28 juli 2022).



Figuur 21 Larserbos, Flevo-landschap (28 juli 2022).



Figuur 22 Larserbos, Flevo-landschap (28 juli 2022).



Figuur 6 Larserbos, Flevo-landschap (28 juli 2022).



Figuur 74 Heide in Larserbos, Flevo-landschap (28 juli 2022).



Figuur 25 Moeraswolfsklauw in heide Larserbos, Flevo-landschap (28 juli 2022).



Figuur 26 Slipbladkaardenbol in Knarbos, Flevo-landschap (28 juli 2022).



Figuur 27 Veld vol Slipbladkaardenbol in Knarbos, Flevo-landschap (28 juli 2022).

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3249
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3249
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

