ALTERRA
WAGENINGEN UR

Test voor het berekenen van de milieutekorten voor habitattypen in de provincie Gelderland

G.W.W. Wamelink
M.H.C. van Adrichem
H.F. van Dobben



Alterra-rapport 1836, ISSN 1566-7197

provincie Gelderland

ALTERRA
WAGENINGEN UR

Test voor het berekenen van de milieutekorten voor habitattypen in de provincie Gelderland

G.W.W. Wamelink
M.H.C. van Adrichem
H.F. van Dobben



Alterra-rapport 1836, ISSN 1566-7197

provincie Gelderland

Test voor het berekenen van de milieutekorten voor habitattypen in de provincie Gelderland

In opdracht van de provincie Gelderland

Test voor het berekenen van de milieutekorten voor habitattypen in de provincie Gelderland

G.W.W. Wamelink
M.H.C. van Adrichem
H.F. van Dobben

Alterra-rapport 1836

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

Wamelink, G.W.W., M.H.C. van Adrichem & H.F. van Dobben, 2009. *Test voor het berekenen van de milieutekorten voor habitattypen in de provincie Gelderland*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1836. 80 blz.; 39 fig.; 2 tab.; 12 ref.

Voor het berekenen van de milieutekorten is voor de provincie Gelderland een systeem ontwikkeld door Alterra. Voor een set van abiotische randvoorwaarden kan op basis van metingen of vegetatieopnamen het 'tekort' aan milieukwaliteit berekend worden voor habitatgebieden in de provincie Gelderland. De berekeningsmethode was echter nog niet getest. In dit rapport wordt beschreven hoe het systeem op basis van abiotische randvoorwaarden is getest voor een selectie van habitatgebieden op de Veluwe. De berekeningsmethode is verfijnd en de eerste uitkomsten zijn getoetst aan expertkennis. Milieutekorten werden voor alle geteste gebieden berekend, vooral voor het totale stikstof- en fosfaatgehalte en het calciumgehalte van de bodem. Opvallend was het geringe aantal gebieden dat een tekort liet zien voor bodem pH. Op basis van de uitkomsten is een berekeningsmethode opgesteld waarbij de randvoorwaarden in groepen worden ingedeeld (pH, grondwater, totaalgehalten en overige nutriënten. De C/N verhouding werd geschrapt uit de lijst vanwege een niet onderscheidend vermogen en de betrouwbaarheid. Het chloridegehalte werd ook geschrapt omdat dit voor de habitatgebieden in Gelderland niet relevant is. Het tekort wordt uitgedrukt in een percentage, waarna voor een totaal overzicht een gewogen gemiddelde op basis van de groepsgemiddelden kan worden berekend. Er is een Fortran programma ontwikkeld dat de berekeningen van de milieutekorten automatisch uitvoert in combinatie met het programma Turboveg waarmee de abiotiek per vegetatieopname wordt berekend.

Trefwoorden: Habitattypen, abiotiek, milieutekort, stikstof, grondwaterstand, fosfaat, response curven, abiotische ranges

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2009 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

[Alterra-rapport 1836/februari/2009]

Inhoud

Samenvatting 7

1 Inleiding 9

2 Materiaal en Methode 11
2.1 Testgebied 11
2.2 Testberekening habitattekorten 14
2.3 Overall bepaling tekort 14
2.4 Habitattypen versus associaties 14
2.5 Vergelijking met meetwaarden 15

3 Resultaten 17
3.1 Test milieutekorten voor de Veluwe per abiotische randvoorwaarde 17
3.1.1 pH 19
3.1.2 Vocht 21
3.1.3 C/N 23
3.1.4 Ca 25
3.1.5 Cl 27
3.1.6 ghg, gvg en glg 29
3.1.7 K 33
3.1.8 Mg 35
3.1.9 NH_4 37
3.1.10 NO_3 39
3.1.11 Ntot 41
3.1.12 PO_4 43
3.1.13 Ptot 45
3.1.14 NO_3 en NH4 (lineair) 48
3.2 Habitattypen versus associaties 49
3.2.1 Stuifzandheiden met struikheide (H2310) 49
3.2.2 Stroomdalgrasland (H6120) 53
3.2.3 Oude eikenbossen (H9190) 56

4 Validatie 59

5 Berekende waarden op basis van de afzonderlijke tekorten 61

6 Discussie 69

Literatuur 73

Bijlage 1 Fortran programma voor de berekening van de milieutekorten 75

Samenvatting

De Nederlandse en Gelderse natuur staat nog steeds onder druk. Onder andere de milieukwaliteit van de bodem is nog niet op orde.
De provincie Gelderland wil graag de huidige stand van zaken van de milieukwaliteit weten van de in de provincie aanwezige habitatgebieden. Knelpunten dienen in beeld te worden gebracht onder andere met betrekking tot de abiotiek. Hiertoe heeft Alterra een systeem ontwikkeld. Op basis van vegetatieopnamen kan de abiotiek ter plekke worden geschat door gebruik te maken van de aanwezig plantensoorten en hun indicerende eigenschappen. Daarnaast zijn de abiotische randvoorwaarden voor habitattypen vastgesteld. Door beide met elkaar te confronteren kan voor een set van abiotische randvoorwaarden, zoals bodem pH, grondwaterstand of stikstofgehalte van de bodem, berekend worden of de omstandigheden gunstig zijn of dat voor (een aantal) abiotische randvoorwaarden de bodem niet voldoet. Als het laatste het geval is kan het tekort (milieutekort) worden berekend en omgerekend worden naar een percentage. Door het omrekenen naar een percentage kunnen tekorten met elkaar worden vergeleken en naar een totaal tekort voor een habitattype worden omgerekend.
Het bovenstaande systeem was nog niet getest en het was onbekend hoe de tekorten zouden zijn voor de Gelderse habitatgebieden.
Het doel van dit onderzoek was om voor een deel van de Gelderse habitatgebieden te onderzoeken hoe de tekorten zouden uitvallen, of deze plausibel zijn en wat de invloed van verschillende berekeningsmethoden zou zijn op het eindresultaat. Uiteindelijk diende er een beste berekeningswijze te worden geselecteerd.
De test is uitgevoerd voor een deel van de habitattypen verspreid over de Veluwe. De verschillende berekeningsmethoden leidden niet tot grote verschillen, met uitzondering van één variant. In de hier voorgestelde methode wordt uitgegaan van gewogen gemiddelden. De abiotische randvoorwaarden worden ingedeeld in groepen die een verschillende weegwaarde meekrijgen om tot een totaal milieutekort voor de abiotiek te komen. De gedefinieerde groepen zijn zuurgraad (pH), grondwaterstand (gvg, ghg, glg en vochtgehalte), totaal gehalten (voor fosfor en stikstof), macronutriënten (ammonium, nitraat, kalium en fosfaat) en overige nutriënten (magnesium en calcium). De C/N verhouding is afgevallen vanwege het geringe onderscheid en de betrouwbaarheid, het zoutgehalte is afgevallen omdat het voor de Gelderse habitatgebieden niet relevant is. Het totaal milieutekort voor abiotiek per habitatgebied kan worden gebruikt voor vergelijking met andere factoren (depositie of recreatiedruk) of om een totaal overzicht voor de provincie te genereren.
De berekende milieutekorten zijn getoetst aan expertkennis. Milieutekorten werden voor alle geteste gebieden berekend, vooral voor het totale stikstof- en fosforgehalte en het calciumgehalte van de bodem. Opvallend was het geringe aantal gebieden dat een tekort liet zien voor bodem pH. Ook voor de andere randvoorwaarden werd voor sommige gebieden een of meerdere tekorten berekend. Voor elk gebied geldt dat er minstens een abiotische randvoorwaarde een tekort laat zien, dat omgerekend 100% is. Als de berekeningsvariant zou worden aangehouden zonder middeling van de tekorten dan zou voor ieder gebied een 100% tekort worden gegeven. Wij zijn van

oordeel dat een dergelijke berekeningswijze de situatie te negatief weergeeft en hebben daarom niet voor deze variant gekozen.
Om de berekeningen te testen heeft een kruisvalidatie plaats gevonden voor een deel van de berekeningswijze. Deze laat zien dat voor pH de berekeningen betrouwbaar zijn, maar dat de betrouwbaarheid afneemt naarmate er minder basisgegevens beschikbaar zijn om de randvoorwaarden op te baseren. Meer metingen, vooral voor micro- en macronutriënten blijft noodzakelijk. Ook adviseren wij om in de habitatgebieden zoveel mogelijk bodemmonsters te nemen om de actuele situatie te bepalen. Deze kunnen dan tevens worden gebruikt om het systeem verder te valideren en te verbeteren.
Er is een Fortran programma ontwikkeld dat de berekeningen van de milieutekorten automatisch uitvoert in combinatie met het programma Turboveg waarmee de abiotiek per vegetatieopname wordt berekend.

1 Inleiding

De bodemkwaliteit van natuurgebieden (Natura 2000 gebieden en EHS) voldoet op veel plaatsen niet aan de eisen die de natuur stelt. Voor droge gebieden (bos en heide) geldt dat ongeveer 90% is verzuurd, 75% van de nieuwe natuurgebieden is verzadigd met fosfaat. 90% van de verdroogde natuur heeft een slechte bodemkwaliteit (schattingen uit het 'Uitvoeringsprogramma Integraal', zie ook Wamelink et al. 2003, Wamelink et al. 2005, Kemmers et al. 2007, Paulissen et al. 2007, van Dobben et al. 2008). Verbetering van lucht, water en bodem voor het realiseren van de natuurdoelen is van groot belang.

De maatregelen om de stikstofdepositie te verminderen beginnen vruchten af te werpen. Echter op veel plaatsen is de depositie nog steeds boven de critical load (van Dobben et al. 2004, Gies et al. 2007, van Dobben in press). De verzuring en vermesting van de bodem gaat dus nog steeds door, zij het in een trager tempo dan in de periode 1960-1990. Steeds meer natuurterreinen worden 'behandeld' om de opgebouwde nutriëntenvoorraden te verwijderen en daar waar mogelijk de pH te herstellen. Dit beheer is noodzakelijk omdat zelfs in het gunstigste geval het natuurlijk herstel waarschijnlijk decennia lang zou duren, maar waarschijnlijk eeuwen als de situatie al op natuurlijke wijze herstellen zal (Wamelink 2007). Het voorkomen van rode lijst soorten en doelsoorten hangt in hoge mate af van het feit of herstelmaatregelen worden uitgevoerd. In nieuwe natuur moeten inrichtingsmaatregelen worden genomen en ook daar moeten nutriëntenvoorraden worden afgevoerd. Dat gebeurt via een aantal specifieke herstelmaatregelen. Zonder herstelmaatregelen is het realiseren van een "goede staat van instandhouding" in de Natura 2000 gebieden voor 2015 niet mogelijk.

Een vergelijking tussen de kwaliteit die nodig is om de natuurdoelen uit het provinciaal gebiedsplan natuur- en landschap te realiseren en de huidige kwaliteit levert een actueel beeld op van de maatregelen die de komende jaren genomen moeten worden. Om die vergelijking te kunnen maken is in eerder onderzoek een systeem opgesteld om de abiotische randvoorwaarden van habitattypen te kunnen berekenen op basis van of bodemmonsters of vegetatieopnamen (Wamelink et al. 2008). Voor habitattypen zijn de abiotische randvoorwaarden voor een groot aantal belangrijke bodemkenmerken vastgesteld. Daarnaast kunnen op basis van vegetatieopnamen de abiotische bodemomstandigheden worden geschat als er geen bodemmetingen voor handen zijn. Op basis daarvan kan het 'milieutekort' worden berekend. De term milieutekort wordt hier gedefinieerd als het verschil tussen de gewenste milieukwaliteit en de gevonden milieukwaliteit. Dit kan dus ook een teveel van bijvoorbeeld stikstof in de bodem zijn. Het systeem is in principe toepasbaar, het is echter nog niet getest en gevalideerd. Belangrijk voor de uitkomst van een inventarisatie van de milieutekorten is hoe de abiotische randvoorwaarden ranges van de habitattypen precies worden gedefinieerd (welke percentielen worden gebruikt) en wanneer wordt een 'milieutekort' geconstateerd. De effecten van de keuzes zijn in dit project getest. Daarnaast zijn de berekende tekorten vergeleken met gemeten

tekorten, mede op basis van het bodemmeetnet van de provincie Gelderland en andere meetnetten. Op basis van de tests is besloten hoe de grenzen voor de abiotische randvoorwaarden worden gekozen en hoe de uiteindelijke berekening zal plaatsvinden.

Het doel van dit project was om de door Alterra ontwikkelde meetlat voor het bepalen van de milieutekorten voor de bodemkwaliteit van Natura 2000 gebieden (o.a. op de Veluwe) in de provincie Gelderland te testen en te valideren. Op basis van de resultaten is vervolgens besloten hoe de grenzen van de abiotische randvoorwaarden moeten liggen, en hoe de uiteindelijke berekening van het milieutekort zal worden uitgevoerd.

2 Materiaal en Methode

2.1 Testgebied

De test is uitgevoerd voor de habitattypen op de Veluwe, verreweg het belangrijkste en grootste habitatgebied in Gelderland (fig. 1). Binnen dit gebied komen veel natuurgebieden voor waar geen of nog geen habitattype aan toegekend is. Deze zijn niet meegenomen in de test. Sommige habitatgebieden bevatten meer dan één habitattype. Voor de test zijn deze gebieden ook niet meegenomen. Zij zullen wel worden meegenomen bij de uiteindelijke bepaling van de milieutekorten. De geteste habitattypen staan vermeld in Tabel 1.

Tabel 1. Habitattypen. De typen die gebruikt zijn voor het testen van de nulmeting voor milieutekorten voor habitattypen zijn met groen gearceerd.

code	nr	naam
H1110_A	11101	Permanent overstroomde zandbanken (getijdengebied)
H1130	1130	Estuaria
H1140_A	11401	Slik- en zandplaten (getijdengebied)
H1160	1160	Grote baaien
H1310_A	13101	Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)
H1310_B	13102	Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)
H1320	1320	Slijkgrasvelden
H1330_A	13301	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)
H1330_B	13302	Schorren en zilte graslanden (binnendijks)
H2120	2120	Witte duinen
H2130_A	21301	Grijze duinen (kalkrijk)
H2130_B	21302	Grijze duinen (kalkarm)
H2130_C	21303	Grijze duinen (heischraal)
H2140_A	21401	Duinheiden met kraaihei (vochtig)
H2140_B	21402	Duinheiden met kraaihei (droog)
H2150	2150	Duinheiden met struikhei
H2160	2160	Duindoornstruwelen
H2170	2170	Kruipwilgstruwelen
H2180_A	21801	Duinbossen (droog)
H2180_B	21802	Duinbossen (vochtig)
H2180_C	21803	Duinbossen (binnenduinrand)
H2190_A	21901	Vochtige duinvalleien (open water)
H2190_B	21902	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)
H2190_C	21903	Vochtige duinvalleien (ontkalkt)
H2190_D	21904	Vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten)
H2310	2310	Stuifzandheiden met struikhei
H2320	2320	Binnenlandse kraaiheibegroeiingen
H2330	2330	Zandverstuivingen
H3110	3110	Zeer zwakgebufferde vennen
H3130	3130	Zwakgebufferde vennen
H3140	3140	Kranswierwateren
H3150	3150	Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden
H3160	3160	Zure vennen

code	nr	naam
H3260_A	32601	Beken en rivieren met waterplanten (waterranonkels)
H3260_B	32602	Beken en rivieren met waterplanten (grote fonteinkruiden)
H3270	3270	Slikkige rivieroevers
H4010_A	40101	Vochtige heiden (hogere zandgronden)
H4010_B	40102	Vochtige heiden (laagveengebied)
H4030	4030	Droge heiden
H5130	5130	Jeneverbesstruwelen
H6110	6110	Pionierbegroeiingen op rotsbodem
H6120	6120	Stroomdalgraslanden
H6130	6130	Zinkweiden
H6210	6210	Kalkgraslanden
H6230	6230	Heischrale graslanden
H6410	6410	Blauwgraslanden
H6430_A	64301	Ruigten en zomen (moerasspirea)
H6430_B	64302	Ruigten en zomen (harig wilgenroosje)
H6430_C	64303	Ruigten en zomen (droge bosranden)
H6510_A	65101	Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)
H6510_B	65102	Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (grote vossenstaart)
H7110_A	71101	Actieve hoogvenen (hoogveenlandschap)
H7110_B	71102	Actieve hoogvenen (heideveentjes)
H7120	7120	Herstellende hoogvenen
H7140_A	71401	Overgangs- en trilvenen (trilvenen)
H7140_B	71402	Overgangs- en trilvenen (veenmosrietlanden)
H7150	7150	Pioniervegetaties met snavelbiezen
H7210	7210	Galigaanmoerassen
H7220	7220	Kalktufbronnen
H7230	7230	Kalkmoerassen
H9110	9110	Veldbies-beukenbossen
H9120	9120	Beuken-eikenbossen met hulst
H9160	9160	Eiken-haagbeukenbossen (hogere zandgronden) 2
H9160_A	91601	Eiken-haagbeukenbossen (hogere zandgronden)
H9160_B	91602	Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)
H9190	9190	Oude eikenbossen
H91D0	9140	Hoogveenbossen
H91E0_A	910	Vochtige alluviale bossen (zachthoutooibossen)
H91E0_B	91501	Vochtige alluviale bossen (essen-iepenbossen)
H91E0_C	91502	Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)
H91F0	91503	Droge hardhoutooibossen

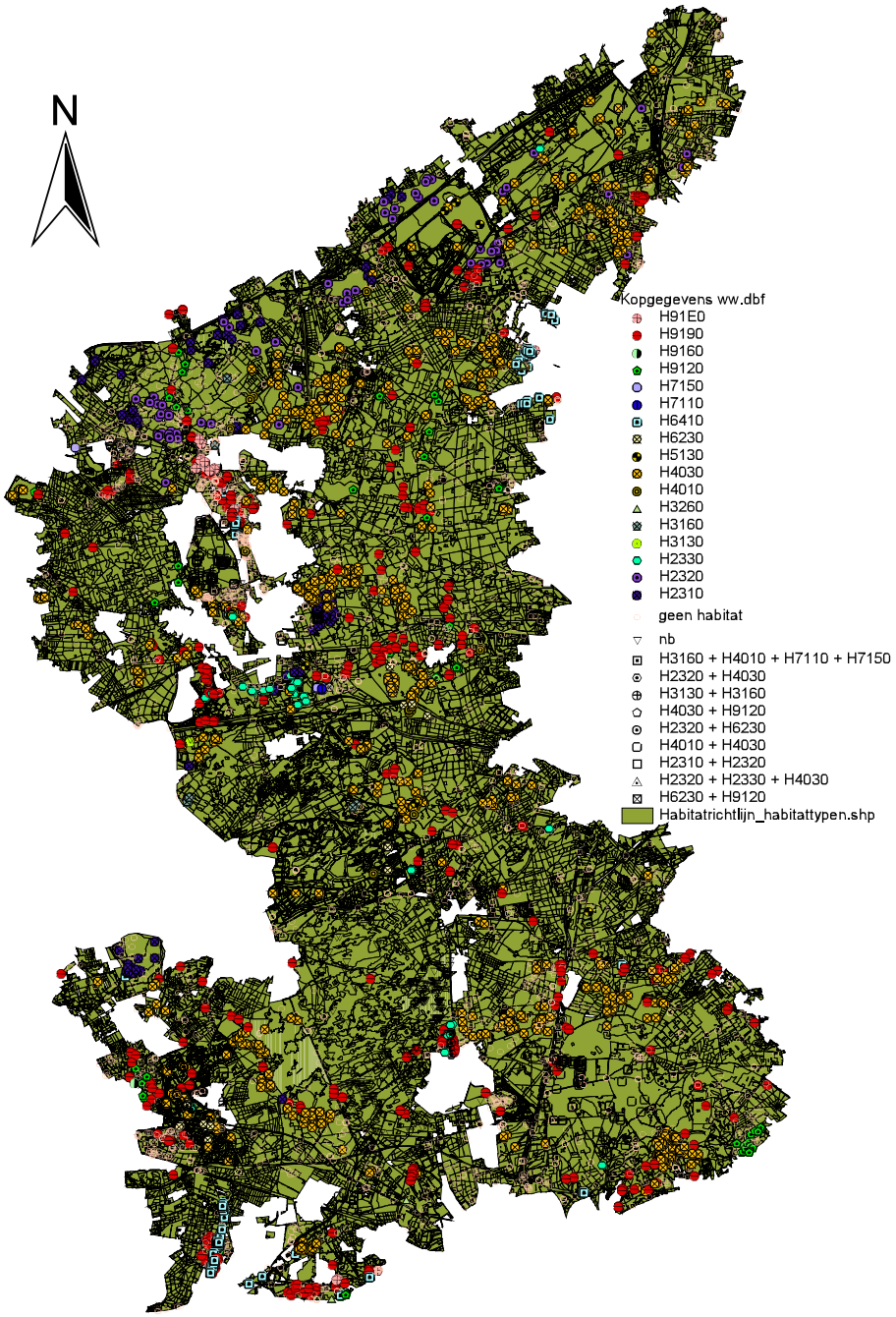


Fig. 1. Testgebied voor het bepalen van de milieutekorten, de habitatgebieden op de Veluwe, met daarin aangegeven de ligging van de gebruikte vegetatieopnamen met habitattype uit het PQ netwerk van de provincie Gelderland. De vegetatieopnamen met twee of meer habitattypen zijn voor de testfase niet gebruikt.

2.2 Testberekening habitattekorten

Voor de geselecteerde vegetatieopnamen (en habitattypen) zijn de bodemomstandigheden uitgerekend met behulp van Turboveg (Hennekens & Schaminee 2001). Vervolgens zijn de tekorten automatisch uitgerekend met behulp van een Fortran programma (zie Bijlage 1). De tekorten zijn uitgerekend voor de randvoorwaarden zoals gegeven door Wamelink et al. (2008) volgens de methode zoals gegeven in dat rapport. De geteste randvoorwaarden zijn pH, gvg, ghg, glg, vochtgehalte, Ntot, Ptot, K, C/N, NH4, NO3, PO4, Ca, Mg en Cl. De verschillen zijn berekend op basis van de percentielen per abiotische randvoorwaarde. De absolute tekorten zijn berekend door het verschil tussen het 25 of 75 percentiel en de geschatte waarde te bereken, als de geschatte waarde niet boven het 25 percentiel of beneden het 75 percentiel ligt. Voor pH, C/N, Ca en Mg wordt er een tekort berekend als de geschatte waarde beneden het 25 percentiel ligt, voor de overigen als de geschatte waarde boven het 75 percentiel ligt. De tekorten zijn vervolgens ook omgerekend naar percentages. Hierbij is aangenomen dat een geschatte waarde die beneden het 5 percentiel of boven het 95 percentiel ligt, zo groot is dat het een 100% milieutekort oplevert. Als de geschatte waarde tussen het 5 en 25 percentiel of tussen het 75 en 95 percentiel ligt dan is er een percentage uitgerekend. Hierbij is het verschil tussen het 25 of 75 percentiel en de geschatte waarde berekend en is deze gedeeld door het verschil tussen het 5 en 25 percentiel of het 75 en 95 percentiel en vermenigvuldigd met 100%. Als de geschatte waarde tussen het 25 en 75 percentiel ligt dan is er geen milieutekort en is het percentage 0%. Per abiotische randvoorwaarde is een kaart gemaakt voor het testgebied. Daarnaast is gekeken naar welke randvoorwaarde het grootste tekort geeft en hoeveel randvoorwaarden een tekort gegeven.

2.3 Overall bepaling tekort

2.4 Habitattypen versus associaties

De habitattypen zijn samengesteld op basis van vegetatietypen; de associaties (Schaminee et al. 1995). Omdat de habitattypen op een hoog vegetatieniveau zijn opgesteld en bestaan uit verschillende associaties kan het voorkomen dat de randvoorwaarden die gegeven zijn, niet toerijkend zijn voor alle onderliggende associaties. Om dit effect te onderzoeken zijn de ranges voor een aantal habitattypen en abiotische randvoorwaarden voor habitattypen en associaties met elkaar vergeleken. Dit is gebeurd voor de habitattypen Stuifzand en struikheide, Stroomdalgrasland en oude Eikenbossen voor de randvoorwaarden ghg, pH, Ptot, NO_3 en Ca.

2.5 Vergelijking met meetwaarden

Alle gebruikte abiotische randvoorwaarden zijn getest. De vegetatieopnamen waarop de responsies voor plantensoorten zijn gebaseerd (Wamelink et al. 2005) zijn hiervoor gebruikt. Voor elk van de opnamen uit de database is de abiotiek terug geschat. De geschatte waarden zijn vergeleken met de meetwaarden. Het gaat hierbij dus niet om validatie omdat de data niet onafhankelijk zijn. De waarden zijn vergeleken door middel van lineaire regressie. De regressies bevatten een systematische fout vanwege de 'regression to the mean'. Hierdoor wordt een goede validatie onmogelijk op basis van deze dataset. De regressies zijn dan ook gebruikt om te corrigeren voor regression to the mean. Een echte test kan pas worden uitgevoerd met behulp van een echte onafhankelijke dataset, bijvoorbeeld de metingen die de provincie Gelderland gaat uitvoeren in de habitatgebieden.

3 Resultaten

3.1 Test milieutekorten voor de Veluwe per abiotische randvoorwaarde

De milieutekorten in procenten voor de Veluwe worden weergegeven in fig. 2 t/m 18 voor alle vijftien geselecteerde abiotische randvoorwaarden. Voor een vrij groot aantal randvoorwaarden worden bijna geen tekorten voorspeld (pH, vocht, Cl, ghg, glg, gvg, K, NH4 en NO3), terwijl voor een paar randvoorwaarden bijna overal grote tekorten worden voorspeld (Ca, Ntot en Ptot). In de onderstaande paragrafen worden alle vijftien randvoorwaarden besproken en bediscussieerd. Een bredere discussie wordt gegeven in het hoofdstuk Discussie.

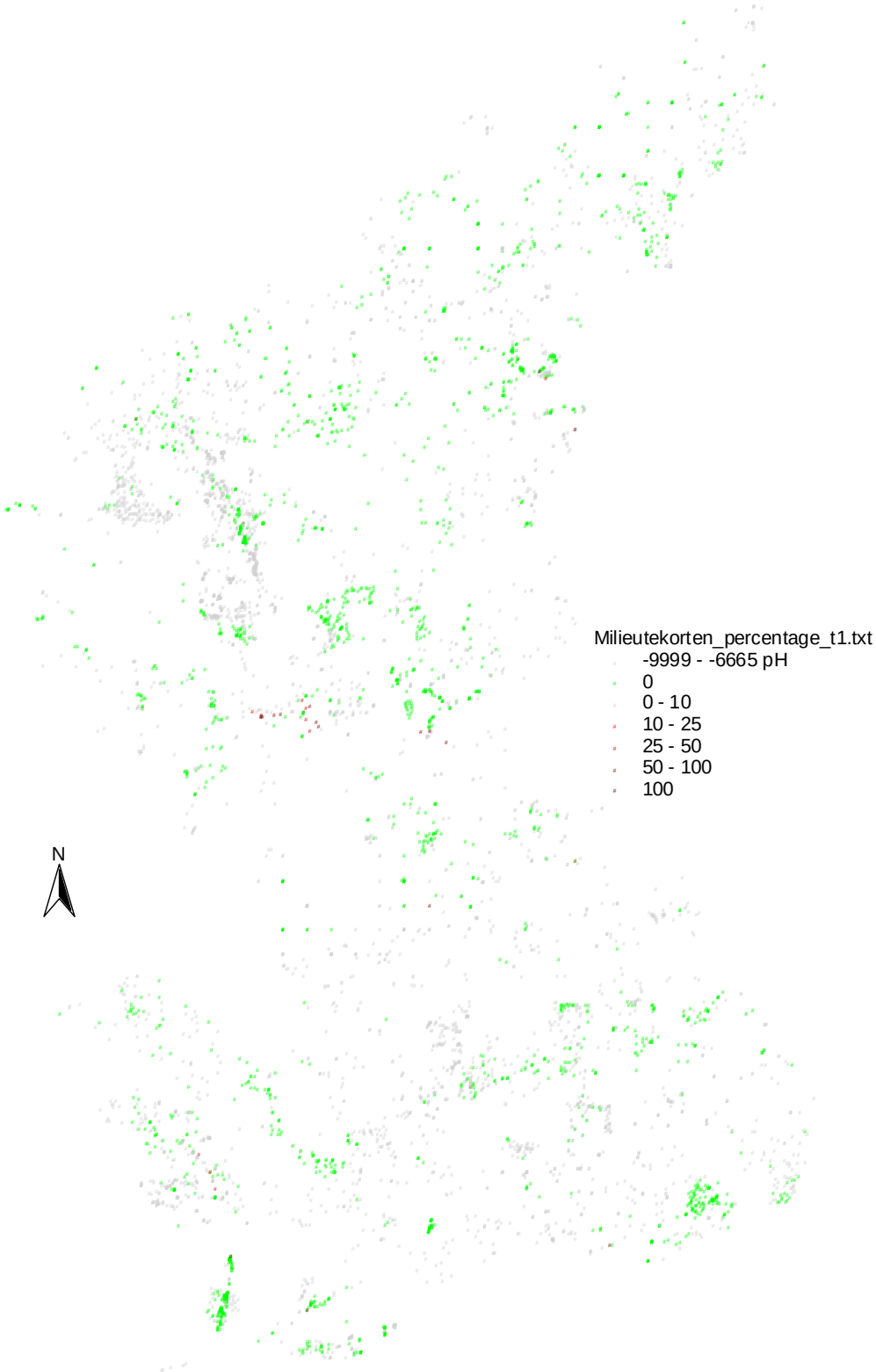


Fig. 2. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor pH in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.1 pH

Voor bijna alle vegetatieopnamen wordt geen milieutekort berekend (fig. 2). De meeste tekorten bevinden zich kort bij elkaar midden op de Veluwe. Gezien de zure depositie uit het verleden door zwaveldioxide en de nog steeds doorgaande verzuring door de depositie van stikstof is dit een opvallend resultaat. Het beeld kan anders worden als meer vegetatieopnamen bij de schattingen van de tekorten worden betrokken, maar de verwachting is dat het beeld niet wezenlijk zal veranderen. Op de Veluwe (zandgrond) zijn vooral habitattypen gepland die relatief goed met zure bodemomstandigheden om kunnen gaan; zij hebben relatief lage grenzen voor pH waarbij de typen nog goed ontwikkeld voor kunnen komen.

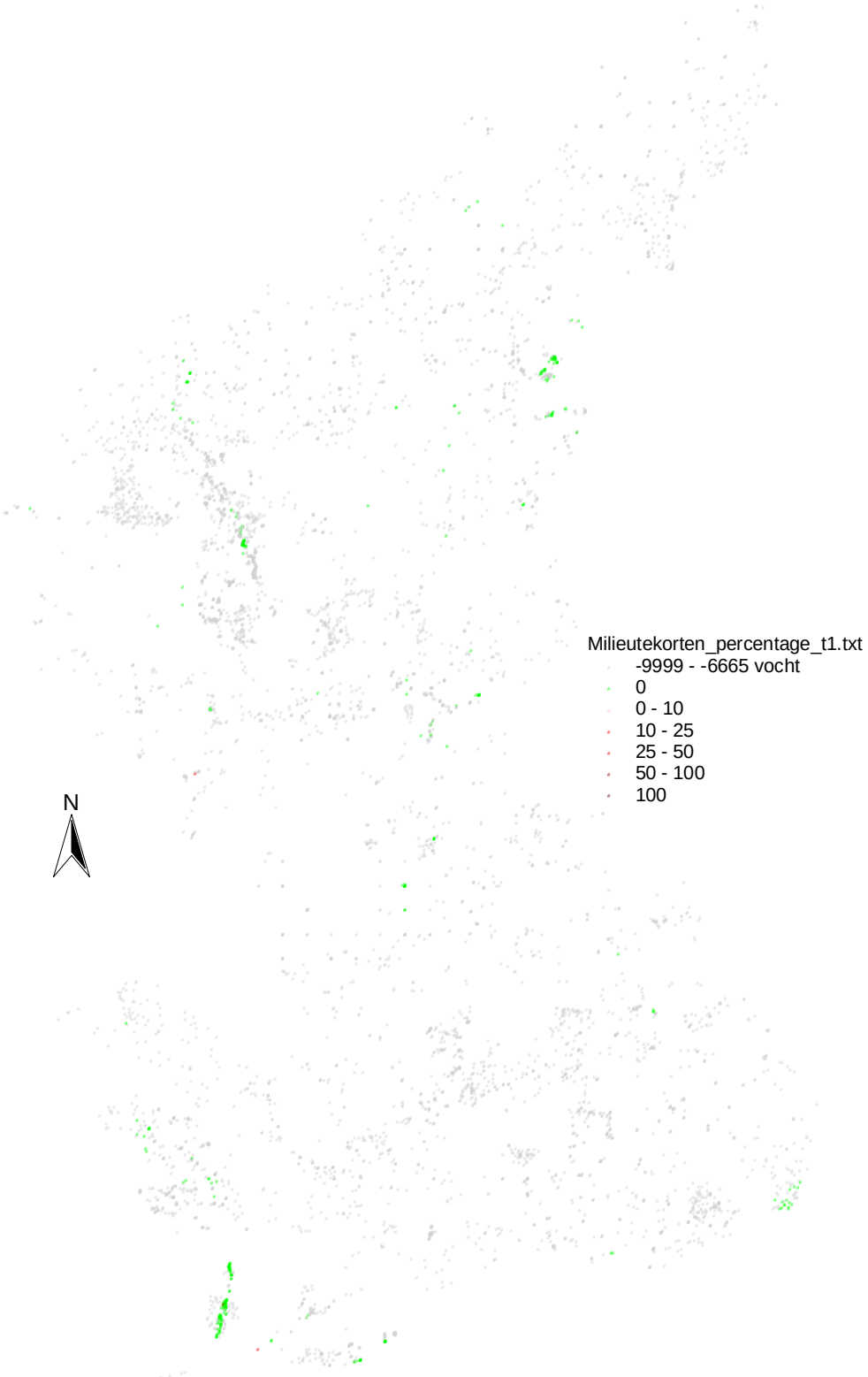


Fig. 3. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor vocht in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.2 Vocht

Het vochttekort wordt gegeven in fig. 3. Voor veel vegetatieopnamen kan geen vochttekort worden berekend. Het aantal indicerende soorten voor vocht is te klein om voor droge gebieden een schatting te maken. De verwachting is dat slechts voor een klein deel van de habitattypen een vochttekort kan worden berekend. Hierdoor zou voor de meeste gebieden een van de factoren niet mee kunnen worden genomen, waardoor een onevenwichtig beeld zou ontstaan. Het gebruik van de grotere database zou dit probleem mogelijk kunnen oplossen. De verwachting is echter dat ook de grote database geen berekeningen voor vocht zal opleveren. Het vochtgehalte in de bodem zou dan niet mee kunnen worden genomen in de uiteindelijke bepaling van de milieutekorten.
Voor bijna alle plekken waar wel een berekening kon worden uitgevoerd wordt geen vochttekort berekend.

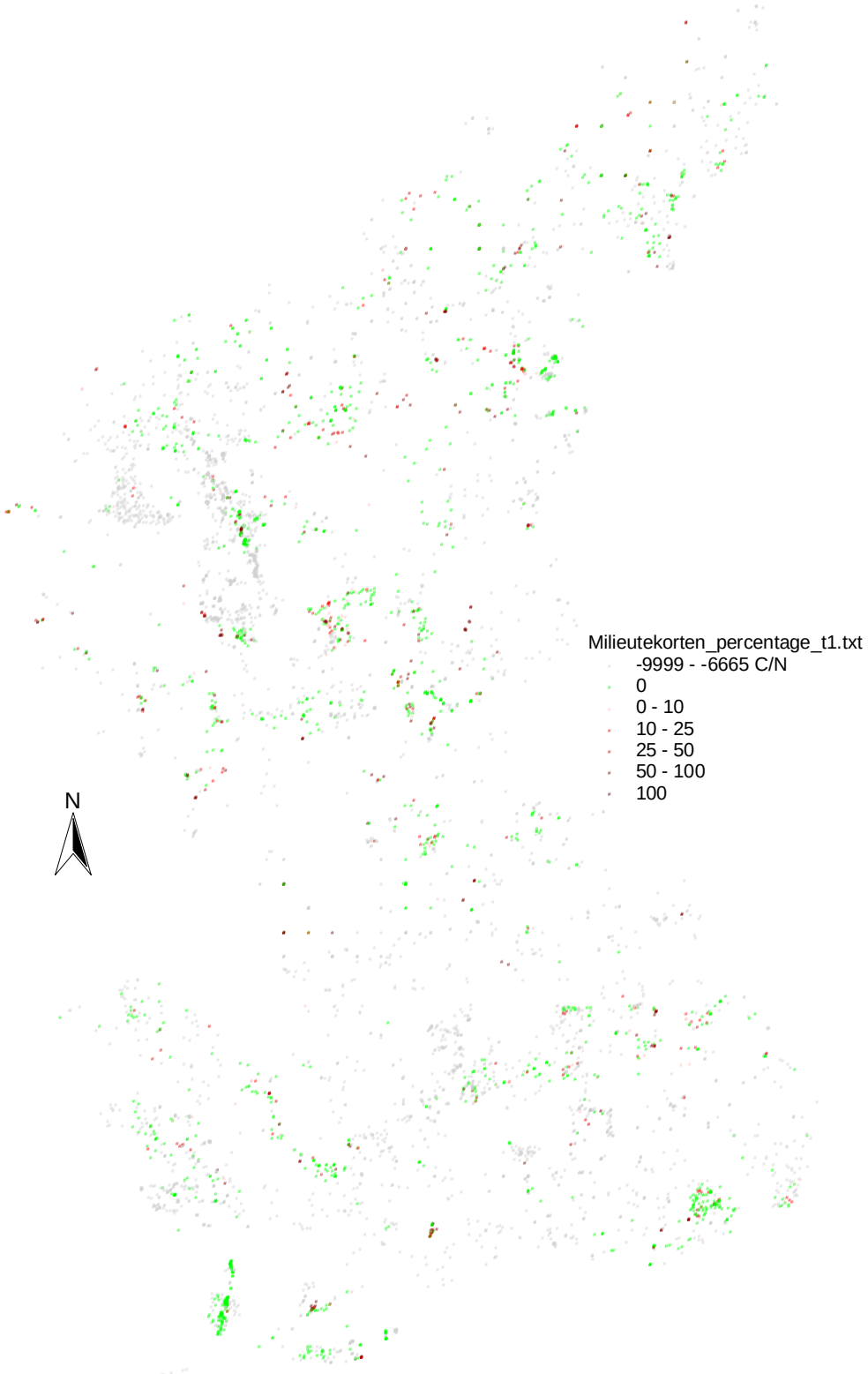


Fig. 4. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor C/N in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.3 C/N

Voor de C/N verhouding wordt voor een redelijk groot aantal punten een milieutekort berekend (Fig. 4). De tekorten liggen over de gehele Veluwe verspreid. De tekorten kunnen oplopen tot 100%. Een tekort geeft aan dat er relatief veel stikstof aanwezig is wat kan duiden op het ophopen van stikstof in het organisch materiaal. De variatie in de ranges tussen de habitattypen is echter klein en de afwijkingen zijn ook erg klein, zeker in vergelijking met de andere abiotische randvoorwaarden. Ook deze randvoorwaarde zal daarom waarschijnlijk afvallen bij het bepalen van de milieutekorten.



Fig. 5. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor Ca in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.4 Ca

Voor het Ca gehalte in de bodem laat de Veluwe grote tekorten zien voor bijna alle doorgerekende gebieden (Fig. 5). Voor zeer veel gebieden wordt het maximale tekort berekend, slechts weinig gebieden geven geen tekort te zien. Het resultaat is enigszins verassend om twee redenen, ten eerste vanwege de grote tekorten en ten tweede vanwege de schijnbare inconsistentie met de milieutekorten voor bodem pH. Het Ca gehalte in de bodem is gecorreleerd met de pH; hoge gehalten komen vaak overeen met een hoge pH. Waarschijnlijk is door de verzuring uit het verleden de calciumvoorraad uit de bodem verdwenen. Deze kan door natuurlijke processen slechts zeer langzaam (> 100 jaren) weer worden aangevuld door verwering. De daling van de pH is waarschijnlijk nu grotendeels gestopt door de sterk verminderde zwaveldepositie, zodat de pH niet verder daalt. Daarbij heeft de Veluwe al veel vegetatietypen die bestand zijn tegen lagere pH waarden. Hierdoor kan het zijn dat de pH (nog) geen al te groot knelpunt vormt, maar het Ca gehalte wel. Ca blijkt dus een belangrijke bodemparameter te zijn voor het bepalen van de milieutekorten. Navraag bij de Universiteit van Nijmegen leerde dat ook op OBN-sites problemen met de Ca voorraad belangrijk zijn (persoonlijke mededeling M. de Graaf).

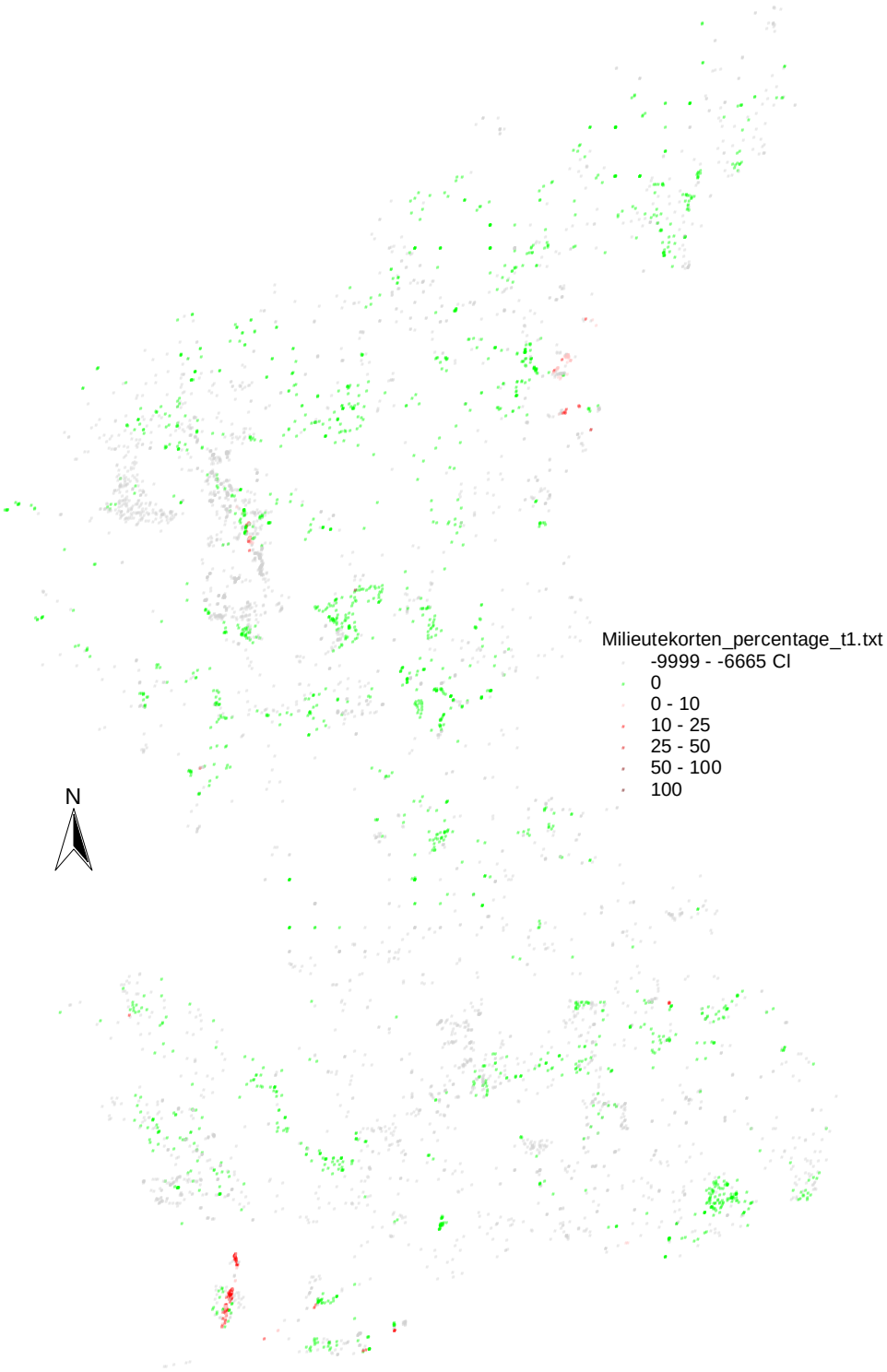


Fig. 6. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor Cl in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.5 Cl

De verwachting was dat het Chloride gehalte in de bodem geen belangrijke factor zou zijn voor het bepalen van het milieutekort op de Veluwe of voor de habitatgebieden in de hele provincie Gelderland. Voor sommige specifieke gebieden worden toch tekorten berekend (Fig. 6). Een van de opvallendste gebieden ligt in het dal van de Renkumse beek (links beneden op de kaart). Het kan zijn dat het probleem daar daadwerkelijk chloride betreft. Het kan echter ook door de soorten die daar aanwezig zijn komen. Als die soorten ook onder zoute omstandigheden voor kunnen komen zullen ze een relatief hoge zoutindicatiewaarde hebben en daardoor voor de opnamen een relatief hoog chloride gehalte voor de bodem geven. Dit kan dan buiten de range vallen van het habitattype en dus een tekort opleveren, wat echter een schijntekort is. Een andere opvallende plek ligt bij Vaassen (bovenin rechts op de kaart), ook hier gaat het om een beekdal. Het lijkt er dus op dat tekorten vooral in natte system worden geconstateerd voor chloride. Dit komt overeen met de tekorten die voor vocht en grondwaterstand worden geconstateerd.

Voor het overgrote deel van de Veluwe wordt echter zoals verwacht geen milieutekort geconstateerd voor het chloride gehalte. Op zich lijkt het systeem dus voor de zoete gebieden goed te werken en is het bruikbaar. De vraag blijft echter of het constateren van geen milieutekort voor chloride voor habitattypen in Gelderland zinvolle informatie is (zolang er geen voormalig door de zee overstroomde gebieden worden toegevoegd). Het chloride gehalte zou daarom weg kunnen worden gelaten voor het bepalen van het (overall) milieutekort.

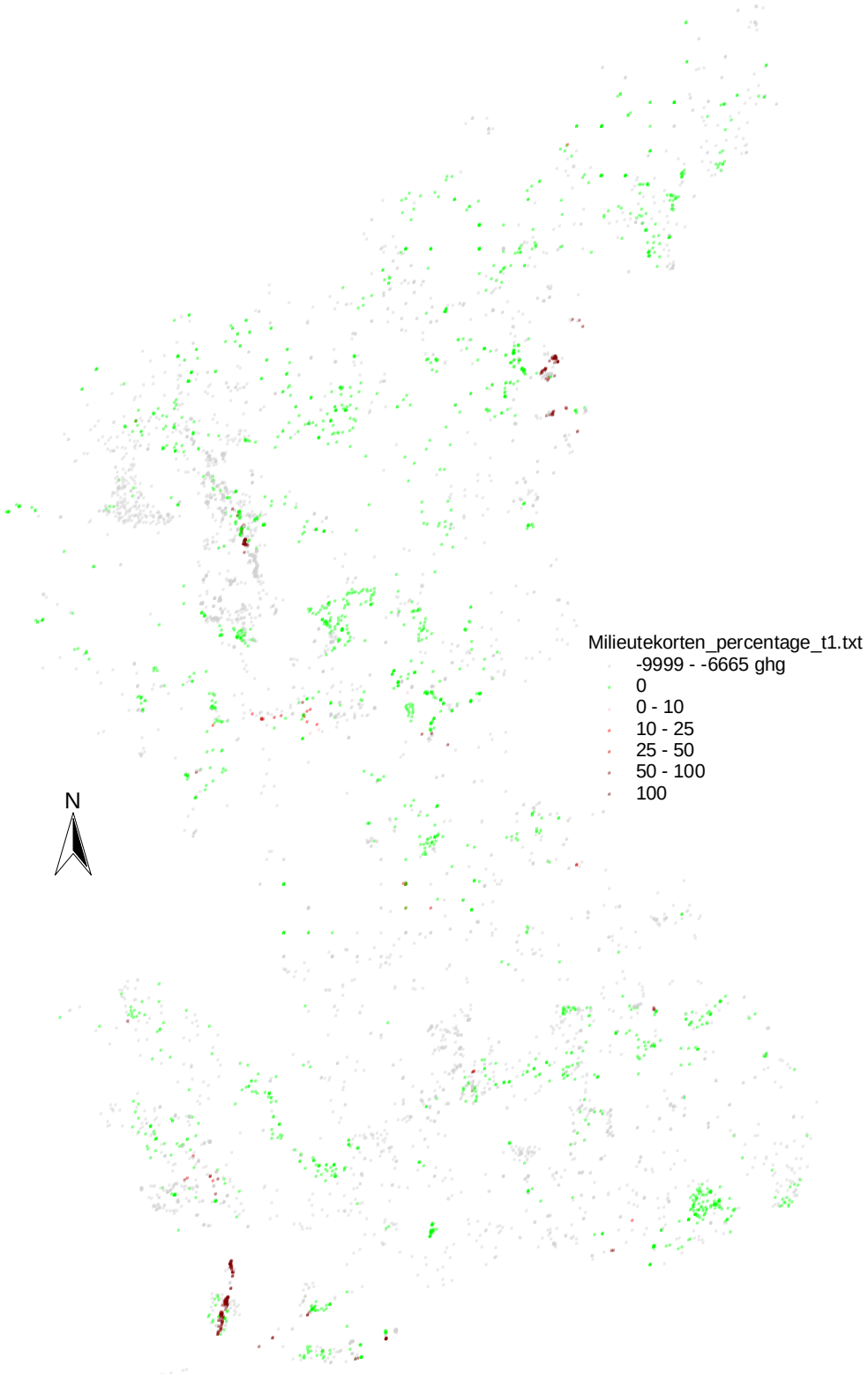


Fig. 7. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor ghg in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.6 ghg, gvg en glg

Voor de gemiddeld hoogste grondwaterstand (ghg) wordt voor een beperkt aantal gebieden een milieutekort berekend (Fig. 7). Voor een deel komen deze gebieden overeen met de tekorten voor chloride en voor een groot deel met de tekorten voor gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (gvg) en gemiddelde laagste grondwaterstand (glg). Ook hier lijken de tekorten zich toe te spitsen op de nattere gebieden op de Veluwe. Voor een groot deel van de Veluwe wordt geen tekort berekend voor alle drie de grondwaterstand randvoorwaarden. Op het eerste gezicht kan dit vreemd lijken, immers de grondwaterstanden op de Veluwe zijn laag en veel gebieden zijn waarschijnlijk ook wel verdroogd. Echter of de grondwaterstand nu 2 of 3 of 10 meter beneden maaiveld is maakt voor de meeste plantensoorten niet meer uit. Ze zijn dan afhankelijk van de neerslag die valt gedurende het zomerseizoen (de zogenaamde hangwaterprofielen). De randvoorwaarden voor de habitattypen reflecteren ook het eigenlijk onafhankelijk zijn van de grondwaterstand, waardoor er, terecht, geen tekorten worden berekend. Feitelijk geven de grondwaterstanden dus weinig tot geen informatie voor deze droge gebieden. De grondwaterstanden zijn uiteraard wel van belang voor de nattere gebieden en de habitatgebieden buiten de Veluwe. Daarom kan het effect van grondwaterstand niet worden weggelaten.

Voor de Veluwe is er grote overeenkomst tussen de drie randvoorwaarden voor grondwaterstand. Voor ghg en gvg geldt dat dit in zijn algemeenheid ook vaak het geval is. Er zou dus voor gekozen kunnen worden om slechts een van beide op te nemen in de uiteindelijke lijst van randvoorwaarden. De voorkeur gaat dan uit naar de gvg, omdat deze informatie geeft over de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen. De ghg wordt meestal gemeten in de winter en is daarom voor een deel van de soorten minder relevant. Uit eerdere tests bleek ook dat de gvg en ghg met zeer grote betrouwbaarheid in elkaar kunnen worden omgerekend. De situatie voor de glg is wel anders dan voor beide andere randvoorwaarden. In sommige gebieden zal die erg laag kunnen worden, maar in andere niet. Hierop zullen planten reageren en de verschillende habitattypen stellen verschillende eisen. De glg moet dus wel worden gehandhaafd als randvoorwaarde voor het berekenen van het tekort.

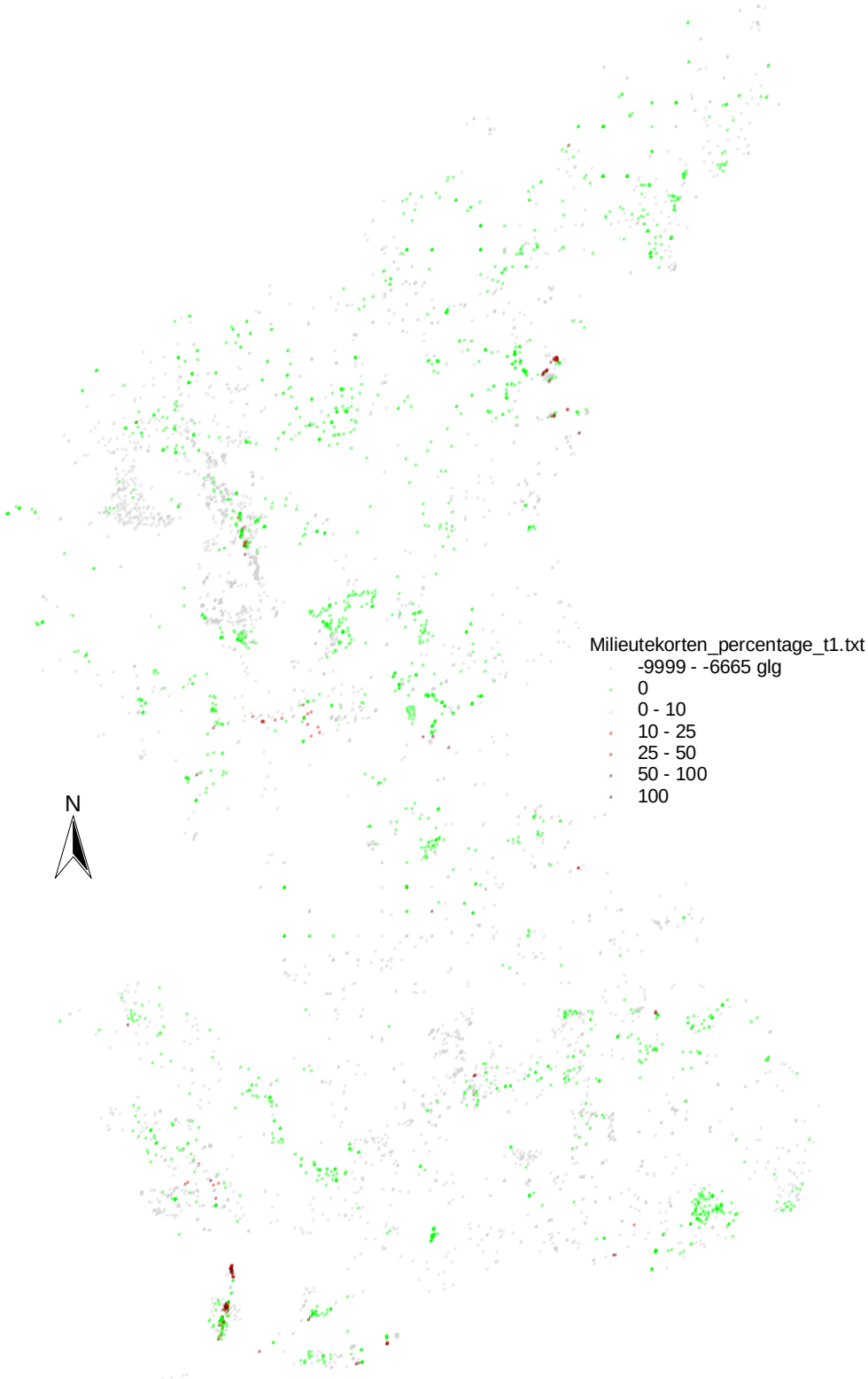


Fig. 8. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor glg in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

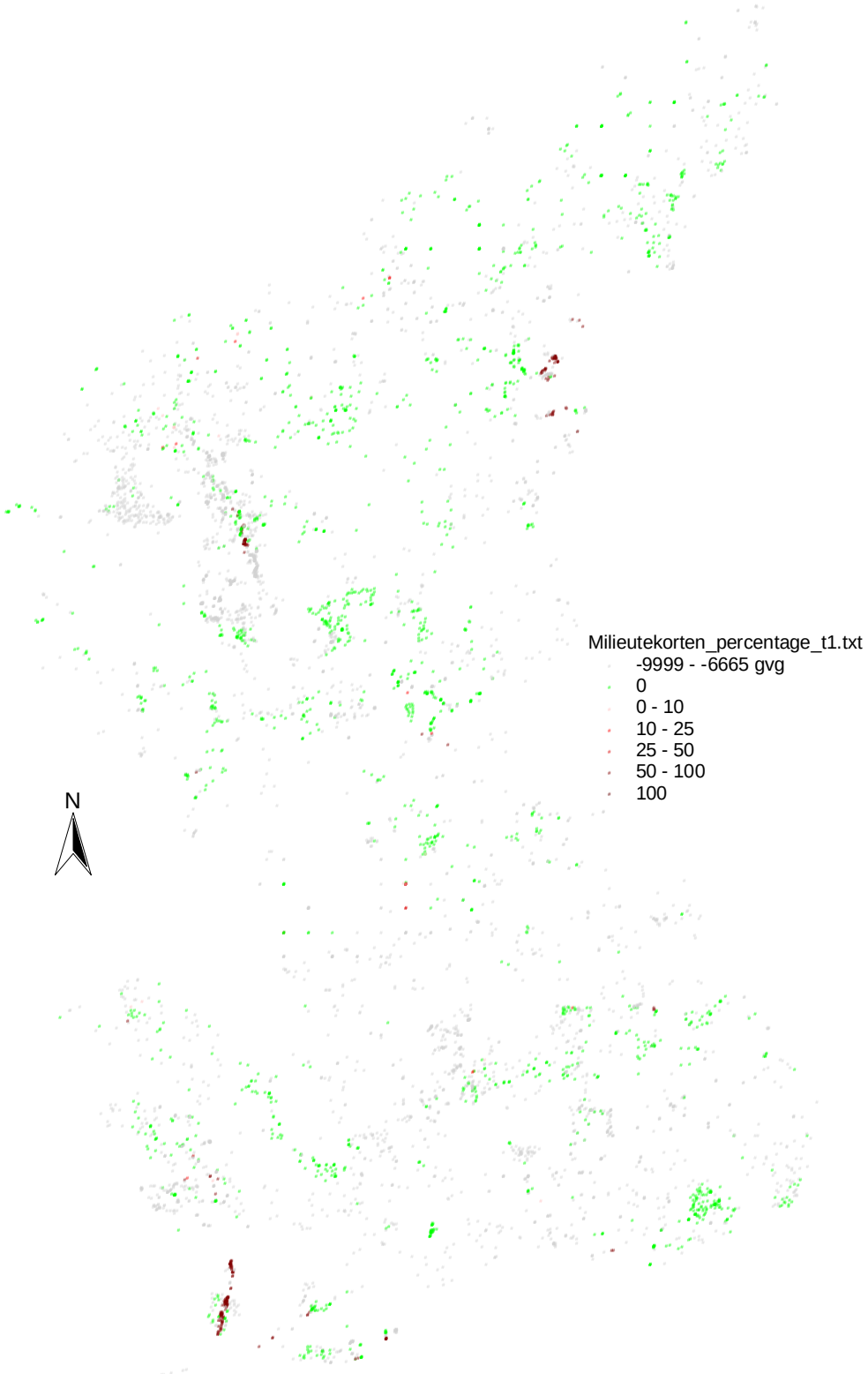


Fig. 9. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor gvg in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

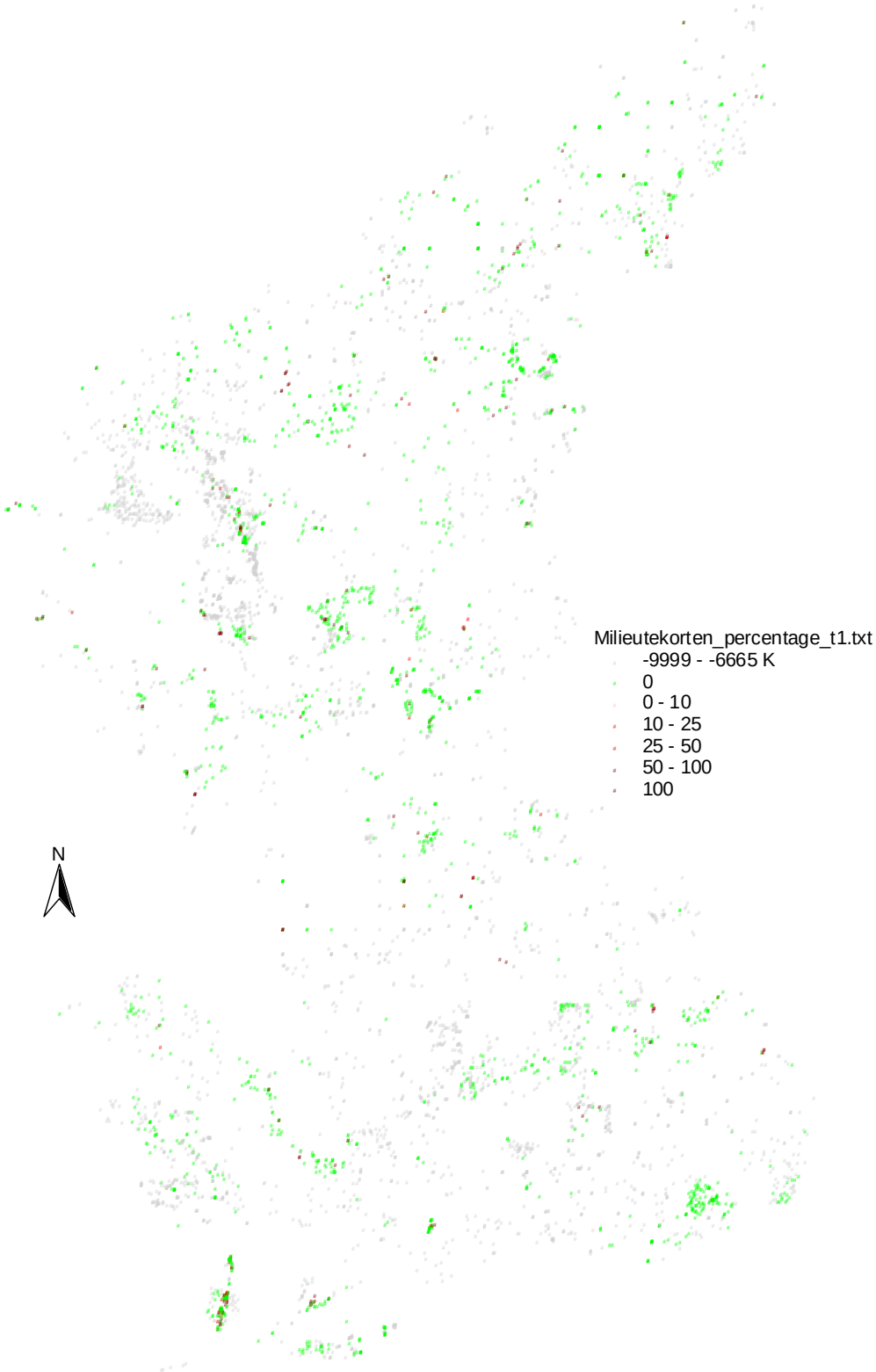


Fig. 10. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor K in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.7 K

Kalium geeft voor een aantal gebieden verspreid over de hele Veluwe milieutekorten te zien (Fig. 10). Een deel van die punten hangt weer samen met de natte gebieden. Ook de hierna volgende kaart voor magnesium (Fig. 11). Dit geldt ook voor de fosfaatkaart (Fig. 15). Het lijkt erop dat de beken op de Veluwe deels vrij mineraalrijk zijn en een fosfaatprobleem hebben.

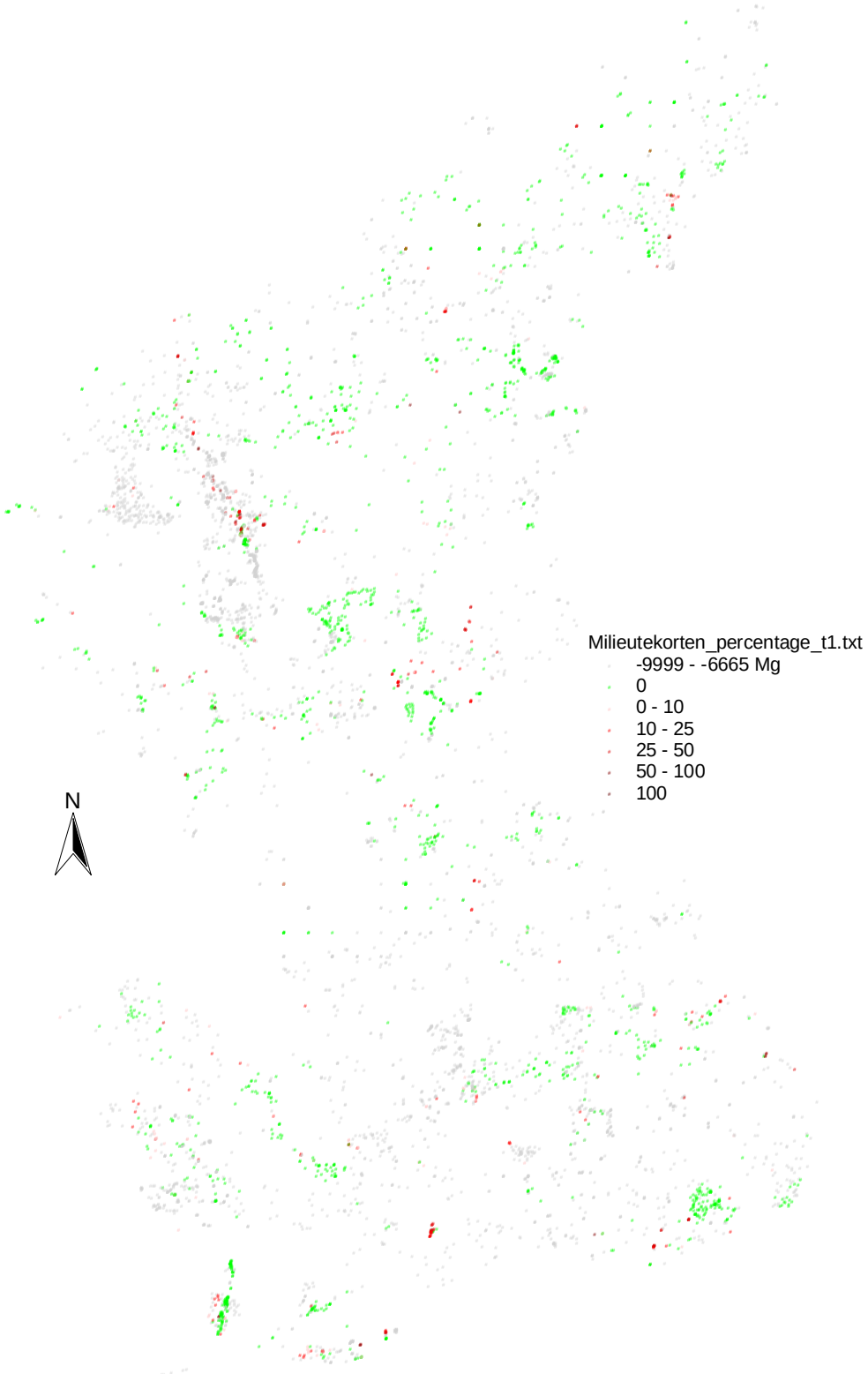


Fig. 11. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor Mg in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.8 Mg

Net als voor kalium geeft magnesium verspreid over de Veluwe tekorten te zien (Fig. 11). Het tekort is echter wel groter dan voor kalium; meer plekken vertonen een tekort. De tekorten zijn echter weer niet zo groot als voor calcium. Naast calcium vormt ook Mg een buffer in de bodem en voorkomt het lage pH waarden; het is een van de basische kationen. Net als voor calcium geldt dat de magnesiumvoorraad moeilijk op natuurlijke wijze weer kan worden aangevuld. Daarmee is het dus ook een belangrijke indicator voor de milieutekorten.

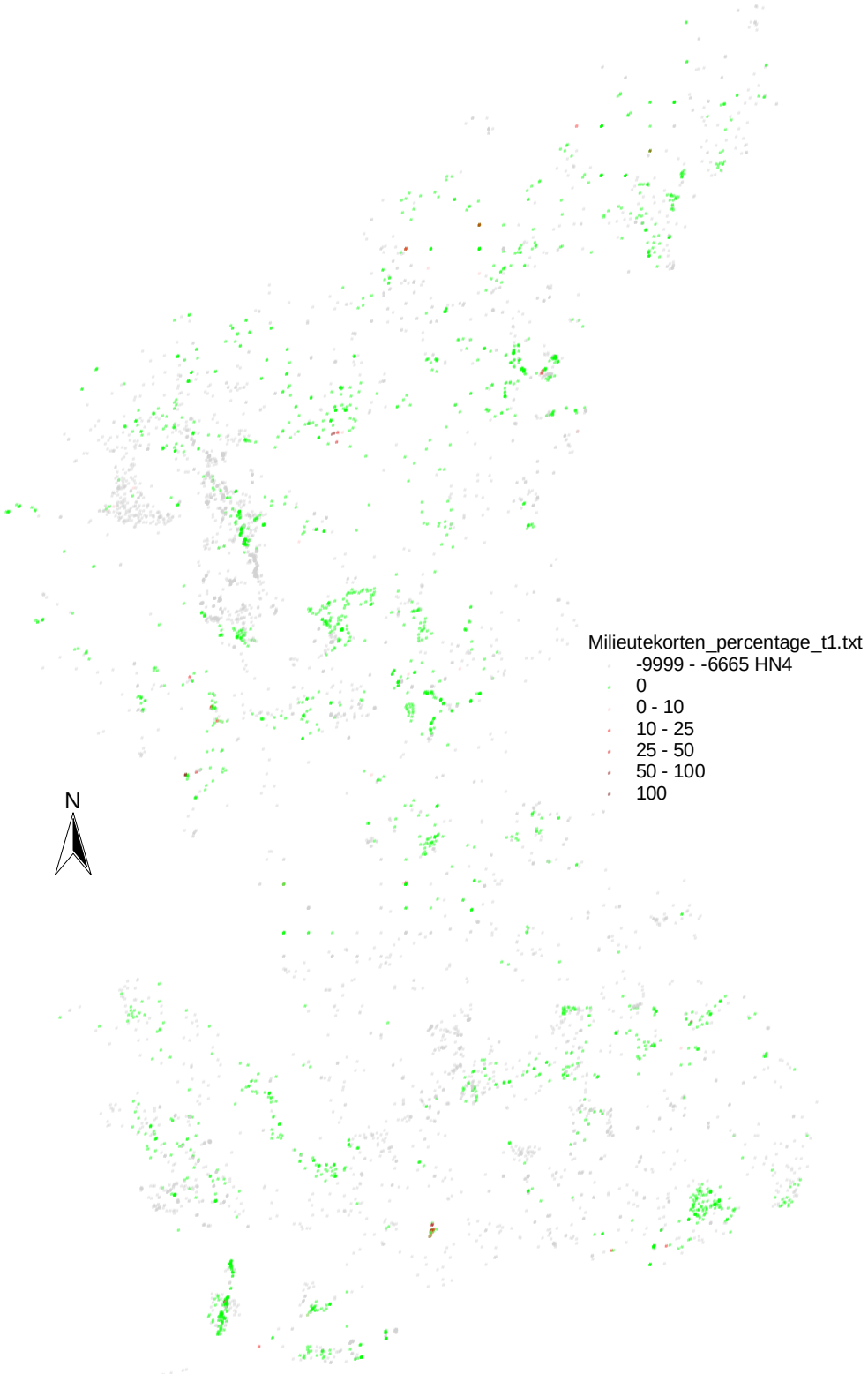


Fig. 12. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor NH_4 in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.9 NH_4

Er zijn opvallend weinig tekorten voor de Veluwe voor de ammoniumconcentratie in de bodem (Fig. 12). De ammoniumconcentratie is een toestandsvariabele (net als nitraat en fosfaat in de bodem). De gemeten concentratie wordt bepaald door de snelheid van decompositie, depositie hoeveelheid en de opname door de planten en de nitrificatie door bacteriën. Blijkbaar geldt voor de Veluwe dat ondanks de depositie de concentraties in de bodem nog niet heel hoog zijn en veel van het ammonium nog steeds wordt opgenomen door bacteriën en door planten. De resultaten roepen wel de vraag op of de ammoniumconcentratie wel een goede maat is om de milieutekorten op te baseren. Zeker bij een verkorte lijst voor het berekenen van de randvoorwaarden zou overwogen kunnen worden om ammonium niet mee te nemen.

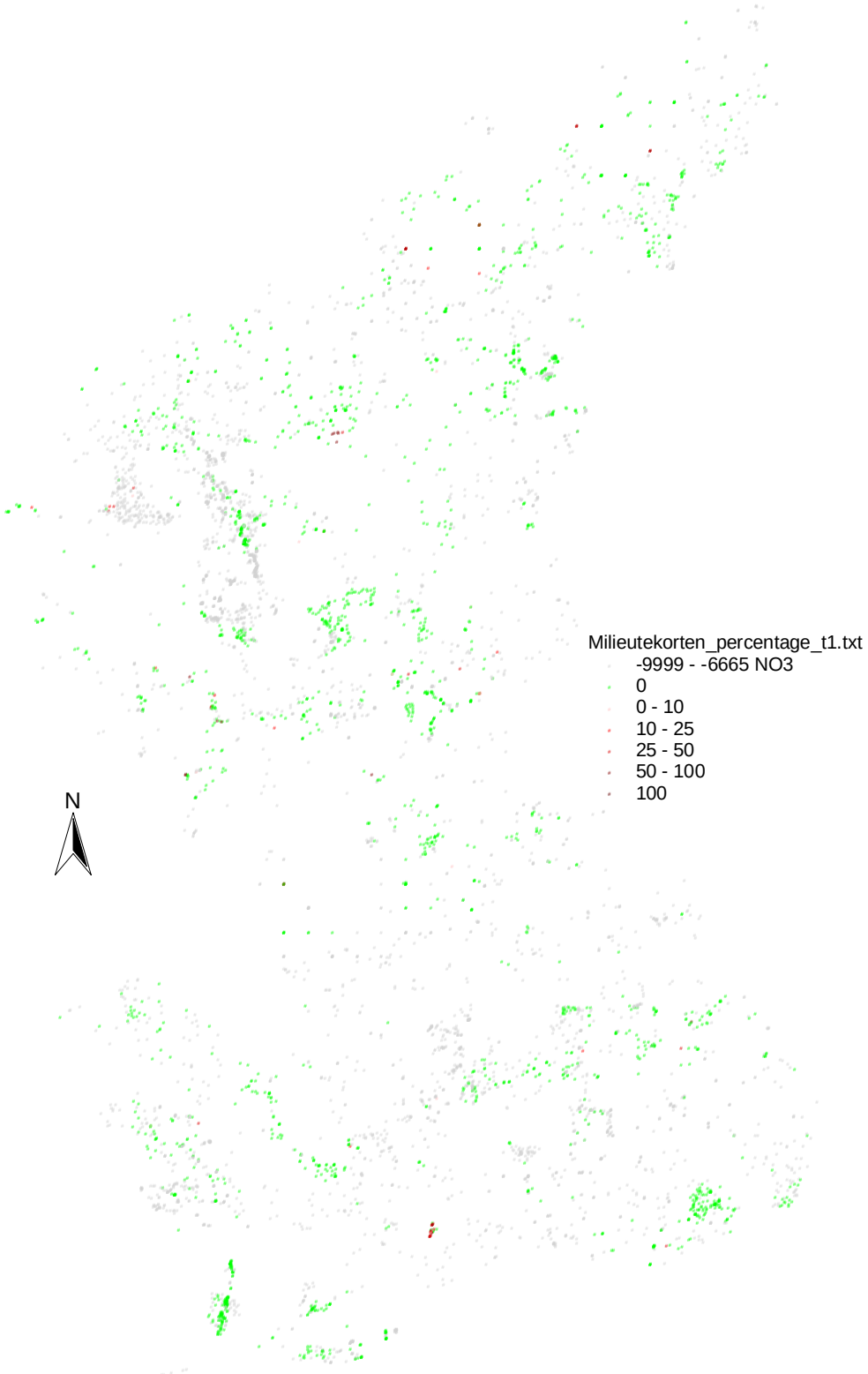


Fig. 13. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor NO_3 in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.10 NO_3

De milieutekorten voor nitraatconcentratie in de bodem geven vergelijkbare resultaten als voor de ammoniumconcentratie (Fig. 13). Voor de gebieden waar de ammoniumconcentratie een tekort geeft wordt ook een tekort voor nitraat gevonden. Daarnaast zijn er tekorten voor een paar andere gebieden. Voor nitraat geldt ook dezelfde redenering als voor ammonium. Ook hier is dus de vraag of nitraat mee moet worden genomen in de uiteindelijke berekening. Voordeel van nitraat boven ammonium is wel dat het makkelijker te meten en stabieler is, waardoor de betrouwbaarheid groter is. Het zal van de uiteindelijke bepaling van de milieutekorten voor heel Gelderland afhangen of het zinvol is om nitraat op te nemen in de definitieve lijst van abiotische randvoorwaarden voor het bepalen van het milieutekort.



Fig. 14. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor Ntot in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.11 Ntot

Het totale stikstofgehalte in de bodem laat voor de meeste gebieden een tekort zien (Fig. 14). Voor de meeste gebieden geldt dat het tekort niet maximaal is, de meeste gebieden hebben dus een waarde die tussen het 75 en 95 percentiel in ligt. In vergelijking met de toestandvariabelen ammonium en nitraat is het beeld totaal anders. Hoewel het totale stikstofgehalte niet direct iets zegt over de beschikbare hoeveelheid stikstof, lijkt het voorlopig de belangrijkste randvoorwaarde voor het bepalen van het milieutekort voor een stikstofcomponent. Een deel van de aanwezige stikstof is irreversibel gebonden aan het organisch materiaal en zal dus niet (snel) vrijkomen. Het geeft echter ook aan dat er in de loop van de jaren veel stikstof is opgehoopt in de bodem, waarvan een deel wel vrij zou kunnen komen.



Fig. 15. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor PO_4 in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.12 PO_4

De fosfaatconcentratie in de bodem geeft in tegenstelling tot nitraat- en ammoniumconcentraties wel milieutekorten voor een vrij groot aantal gebieden (Fig. 15). Ook de natte gebieden geven duidelijk tekorten te zien. Een groot deel van de tekorten geeft het maximale tekort van 100%, d.w.z. de berekende waarde ligt hoger dan het 95 percentiel van het habitattype.



Fig. 16. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor Ptot in procenten. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.13 Ptot

De milieutekorten voor het totale fosforgehalte zijn groot; vrijwel overal wordt er een tekort gevonden en het tekort is in de meeste gevallen 100% (Fig. 16). Net als voor Ntot geldt hier ook dat niet alle P beschikbaar is, maar een groot deel zou wel vrij kunnen komen. Het geeft in ieder geval aan dat ook fosfor zich opgehoopt heeft. De tekorten zijn relatief ook groter dan voor het fosfaatgehalte in de bodem.

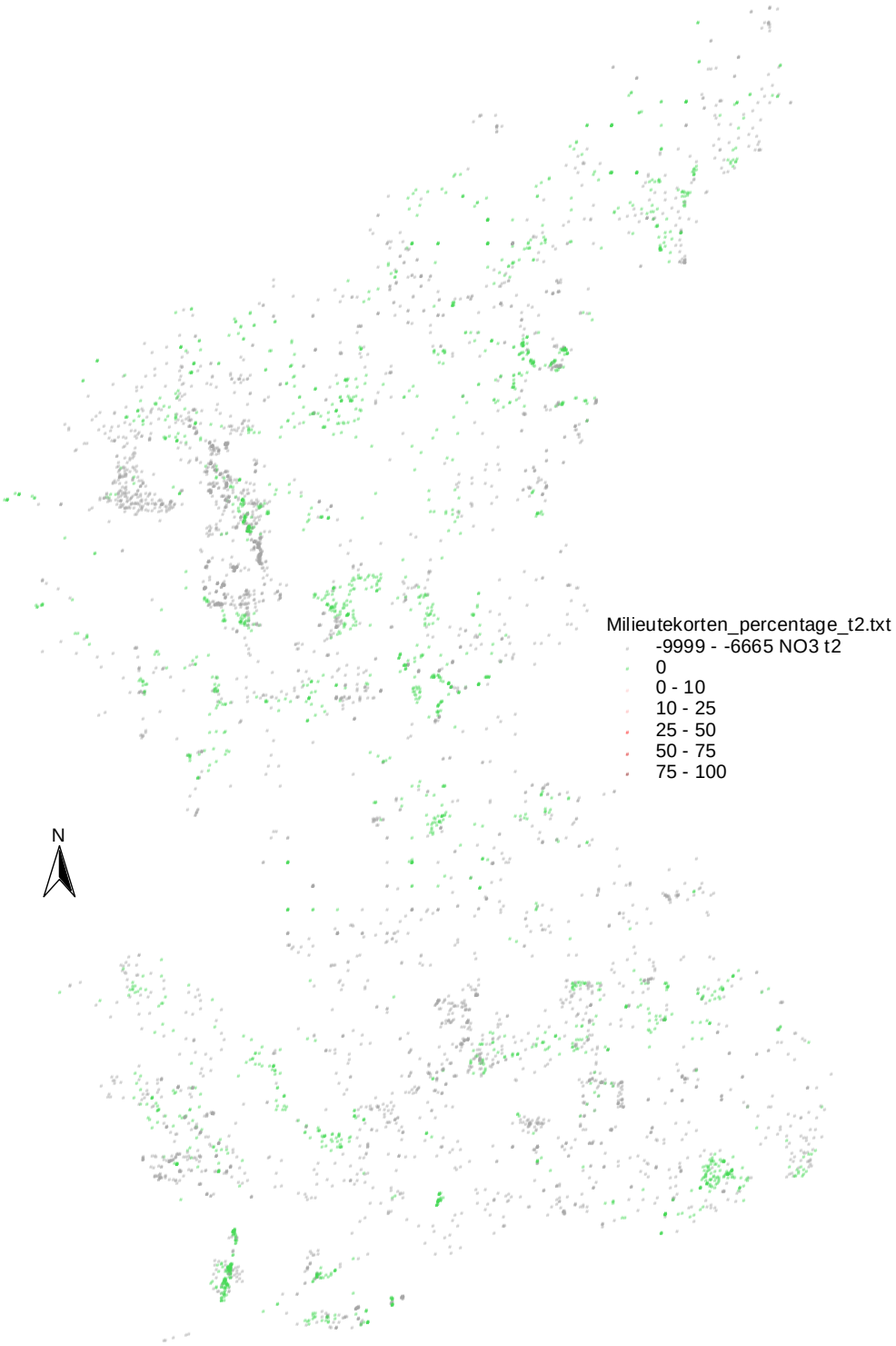


Fig. 17. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor NO_3 in procenten. Voor de correctie van NO_3 is gebruik gemaakt van een lineaire regressie. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

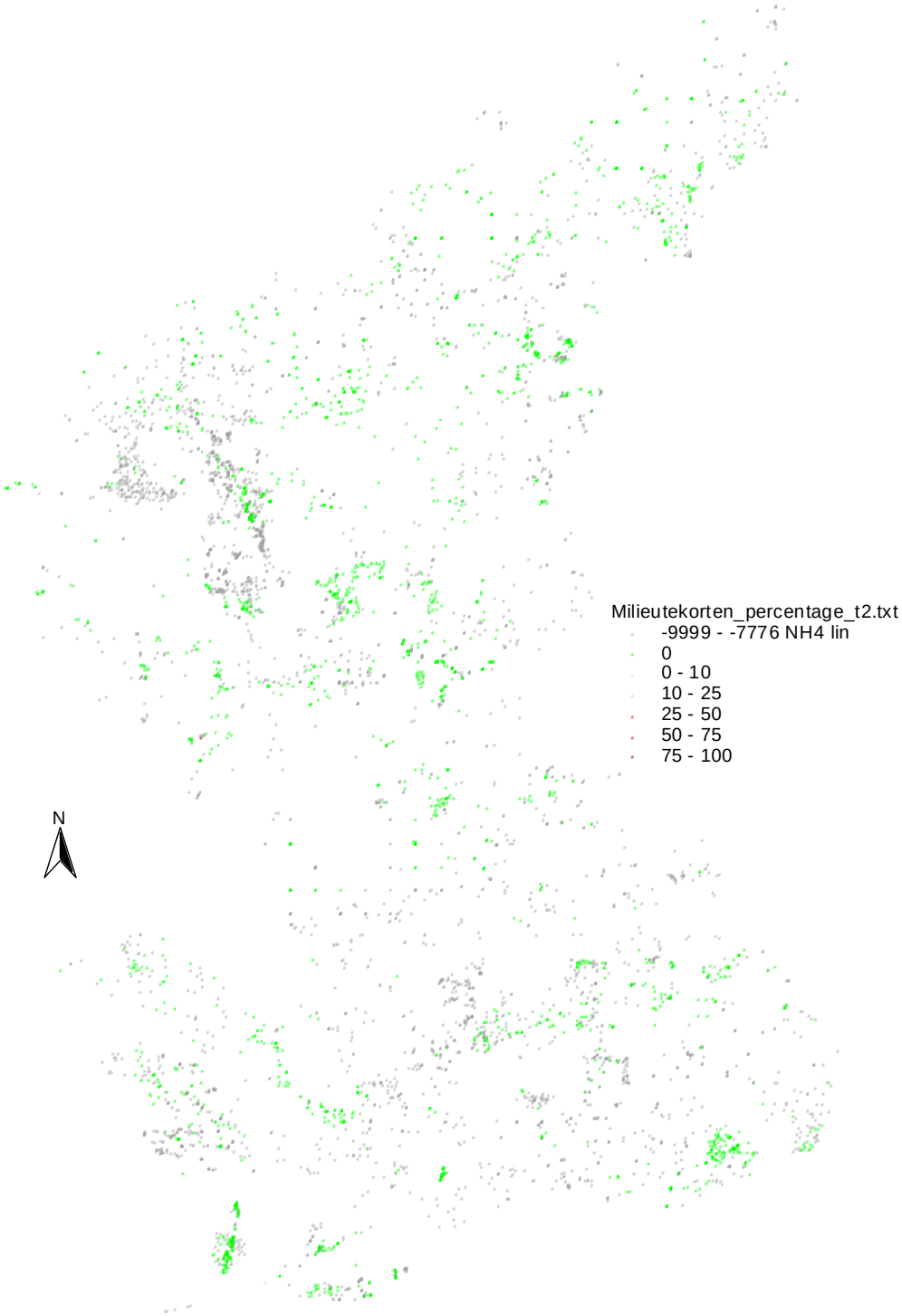


Fig. 18. Milieutekorten voor habitattypen op de Veluwe voor NH_4 in procenten. Voor de correctie van NH_4 is gebruik gemaakt van een lineaire regressie. Grijze punten geven aan dat er geen tekort kon worden berekend.

3.1.14 NO_3 en NH4 (lineair)

Omdat de tekorten voor nitraat- en ammoniumconcentratie in de bodem relatief gering zijn, is onderzocht of dit te maken heeft met de correctie die toegepast is voor regressie naar het gemiddelde. In plaats van een log-verband is hier gebruik gemaakt van een lineaire correctie. De op basis hiervan berekende tekorten staan in Fig. 17 en Fig. 18 voor respectievelijk NO_3 en NH_4. Voor beide geldt dat de kleine tekorten die er zijn bij gebruik van een niet lineaire regressie nu ook zijn verdwenen. Uiteindelijk is het totaalbeeld nauwelijks anders. Omdat de resultaten van de validatie test beter zijn voor niet lineaire regressie is het niet zinvol om toch voor een lineaire regressie te kiezen.

3.2 Habitattypen versus associaties

De habitattypen zijn vrij robuuste vegetatie-eenheden, waardoor ze een relatief brede range van vegetatietypen en dus plantensoorten bevatten. Dit kan invloed hebben op de vastgestelde abiotische randvoorwaarden. Ze zullen relatief 'breed' zijn waardoor de kans relatief groot is dat bepaalde soorten of vegetatietypen niet voor kunnen komen, hoewel de abiotische randvoorwaarden voor het habitattype aangeeft dat de milieukwaliteit voldoende is. Om dit effect te onderzoeken is voor een beperkt aantal habitattypen en abiotische randvoorwaarden onderzocht wat het verschil in randvoorwaarde is tussen het habitattype en de samenstellende associaties (de resultaten zijn weergegeven in Fig. 19 t/m Fig. 33). In elke figuur worden alle berekende percentielen weergegeven, d.w.z. het 0,5, 1,0, 2,5, 5,0, 10, 25, 75, 90, 95, 97,5, 99,0 en 99,5 percentiel. Milieutekorten worden berekend als een veldwaarde beneden het 25 percentiel of boven het 75 percentiel ligt, ranges die tot de nul lopen geven dus niet aan dat er voor dat type geen milieutekort kan optreden!

3.2.1 Stuifzandheiden met struikheide (H2310)

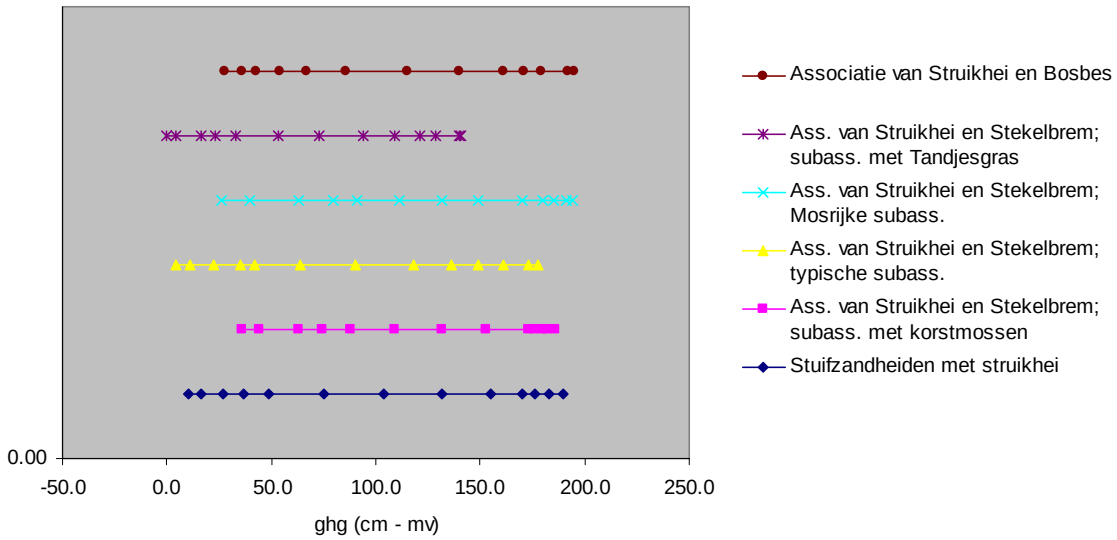


Fig. 19. Ranges voor gemiddelde hoogste grondwaterstand voor het habitattype stuifzanden met struikheide en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

De hoogste grondwaterstand voor de associaties en stuifzandheiden met struikheide varieert niet veel (Fig. 19). De range voor het habitattype beslaat vrij goed de ranges voor de onderliggende associaties. Hetzelfde geldt voor de pH (Fig. 20). Wel lijkt de range voor de associatie van struikhei en bosbes een iets lagere range te hebben. De range voor de associatie van struikhei en stekelbrem subassociatie met korstmossen is vooral lager voor hoge pH. Op basis van het habitattype zou daarom de uitspraak kunnen worden gedaan dat het type voor kan komen bij een hoge pH. Dit geldt echter niet voor de genoemde subassociatie. Voor het bepalen van het milieutekort

wordt alleen naar de lage pH waarden gekeken, dus dit specifieke geval geeft geen problemen. Voor het totale fosforgehalte kunnen echter wel problemen ontstaan (Fig. 21). Voor drie associaties geldt dat de grenswaarde duidelijk bij een lagere fosforwaarde ligt dan voor het habitattype, terwijl voor een subassociatie de maximumwaarde hoger ligt. Voor de eerste associaties zou dus ten onrechte kunnen worden geconcludeerd dat de associatie voor kan komen. In het tweede geval wordt onterecht een tekort berekend omdat de maximumwaarde van het habitattype lager ligt dan die van de associatie. Hetzelfde geldt voor het nitraatgehalte, terwijl voor het calciumgehalte er geen problemen zijn.

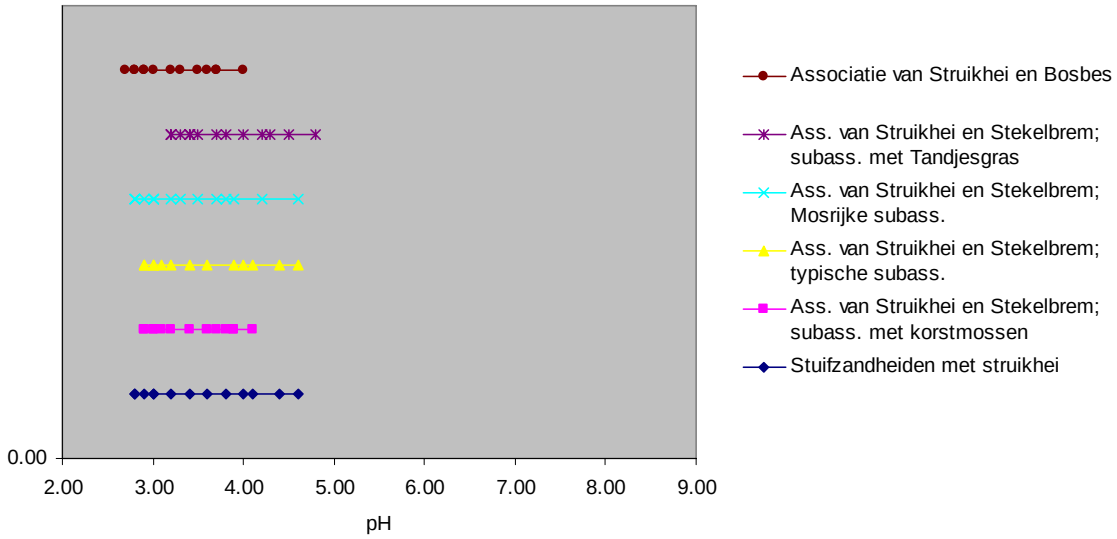


Fig. 20. Ranges voor pH voor het habitattype stuifzanden met struikheide en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

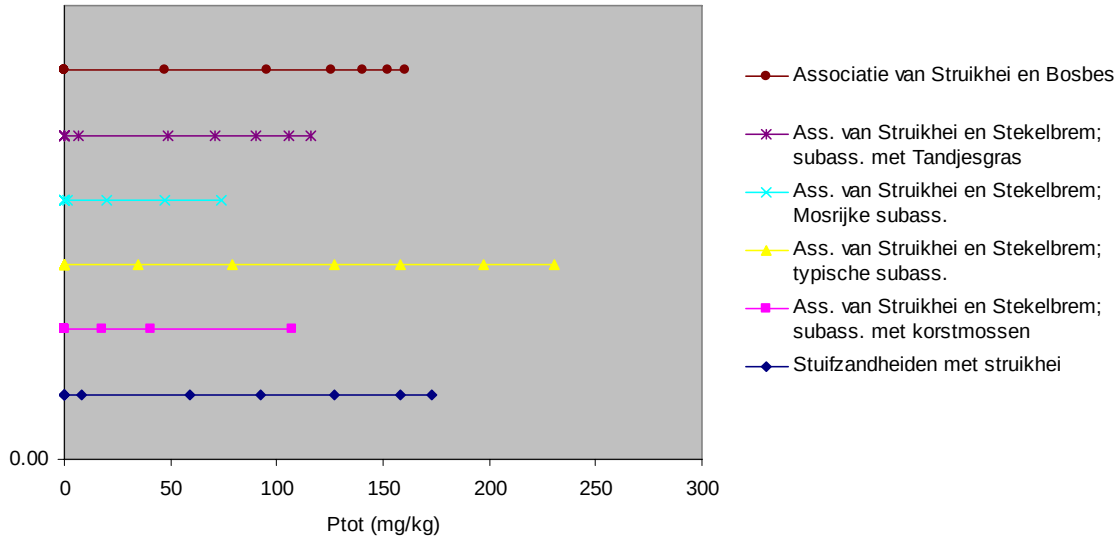


Fig. 21. Ranges voor Ptot voor het habitattype stuifzanden met struikheide en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

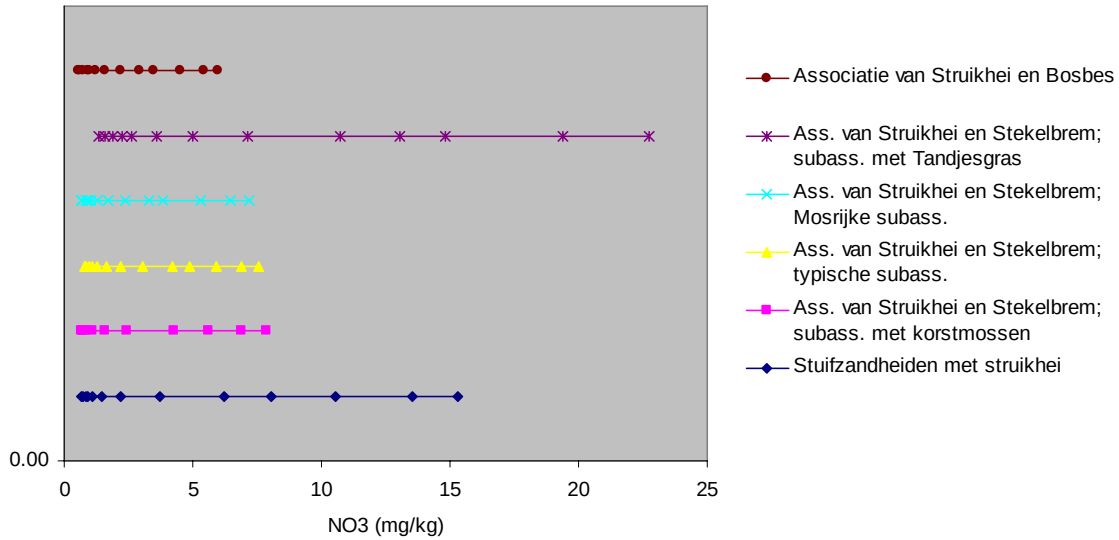


Fig. 22. Ranges voor NO_3 voor het habitattype stuifzanden met struikheide en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

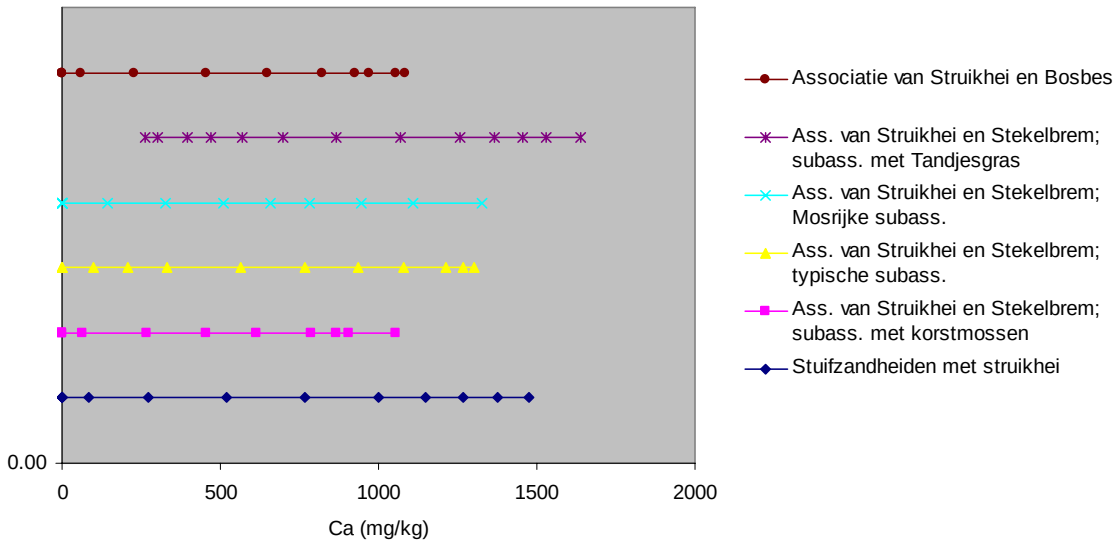


Fig. 23. Ranges voor Ca voor het habitattype stuifzanden met struikheide en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

3.2.2 Stroomdalgrasland (H6120)

Voor het habitattype stroomdalgrasland zijn er voor de ghg geen grote verschillen aanwezig met de onderliggende associaties (Fig. 24). Echter er zijn wel verschillen en voor de nattere typen kan een relatief klein verschil veel uitmaken. Dit wordt ook zichtbaar wanneer naar de lage percentielen (linker deel van de range) wordt gekeken. De percentielen liggen relatief dicht bij elkaar, wat op een scherpe overgang duidt; kleine verschillen kunnen juist hier grote gevolgen hebben op het wel of niet voorkomen. Voor de pH zijn de verschillen groter (Fig. 25). De range voor het habitattype beslaat weliswaar bijna de volledige range van de onderliggende associaties, binnen de associaties is er wel veel variatie. Vier van de associaties komen niet voor beneden pH 6,0, terwijl de range voor het habitattype tot 4,5 loopt. Voor bodems met een pH beneden de 6,0 kan dus slechts een deel van de associaties gerealiseerd worden. Als een van die vier het doel is kan er ook onterecht geen milieutekort worden geconstateerd als het habitattype als uitgangspunt wordt genomen.

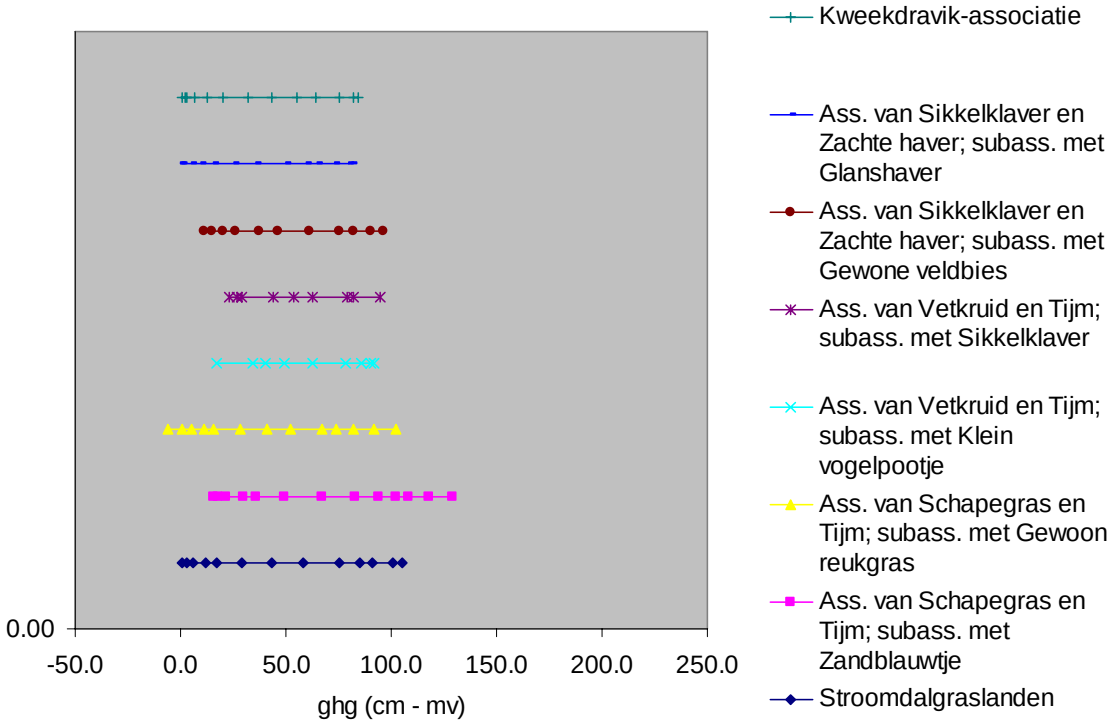


Fig. 24. Ranges voor gemiddelde hoogste grondwaterstand voor het habitattype stroomdalgrasland en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

Voor het totale fosforgehalte zijn de verschillen veel groter (Fig. 26) en vergelijkbaar met die voor Stuifzandheide met struikheide. De range voor het habitattype wordt vooral gedomineerd door de Kweekdravik-associatie. Alle andere associaties hebben hun maximum totale fosforgehalte lager liggen, waarbij de meeste fors lager (tot een factor 4). Het nitraatgehalte laat eenzelfde beeld zien (Fig. 27). Ook hier wordt het habitattype gedomineerd door een associatie, wel zijn de relatieve verschillen met de overige associaties kleiner. Voor het calciumgehalte is het beeld wat evenwichtiger, al zijn er ook hier wel verschillen die tot problemen kunnen leiden bij het berekenen

van de milieutekorten; een aantal associaties kan ook bij lage calciumwaarden voorkomen (Fig. 28).

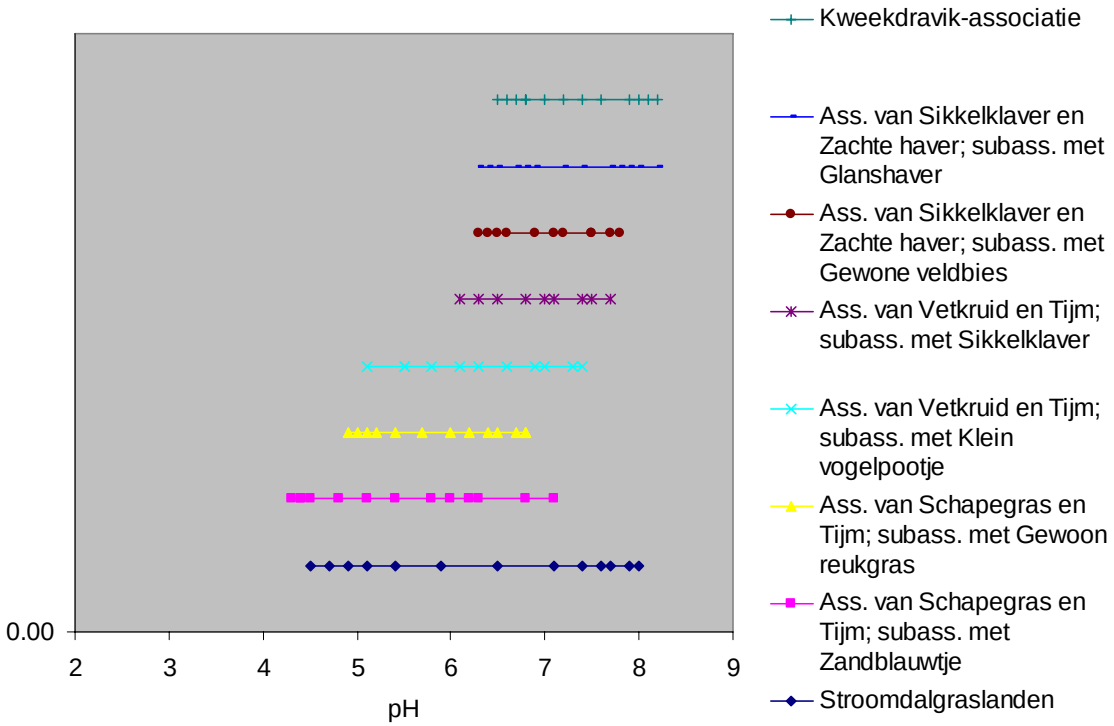


Fig. 25. Ranges voor pH voor het habitattype stroomdalgrasland en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer(van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

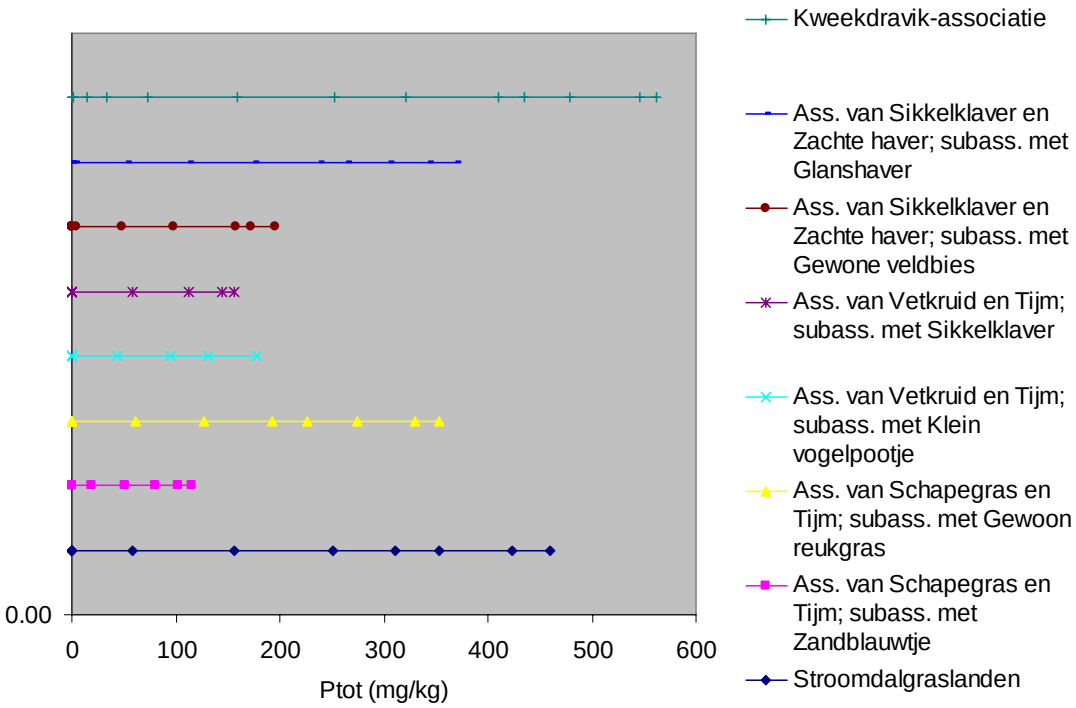


Fig. 26. Ranges voor Ptot voor het habitattype stroomdalgrasland en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

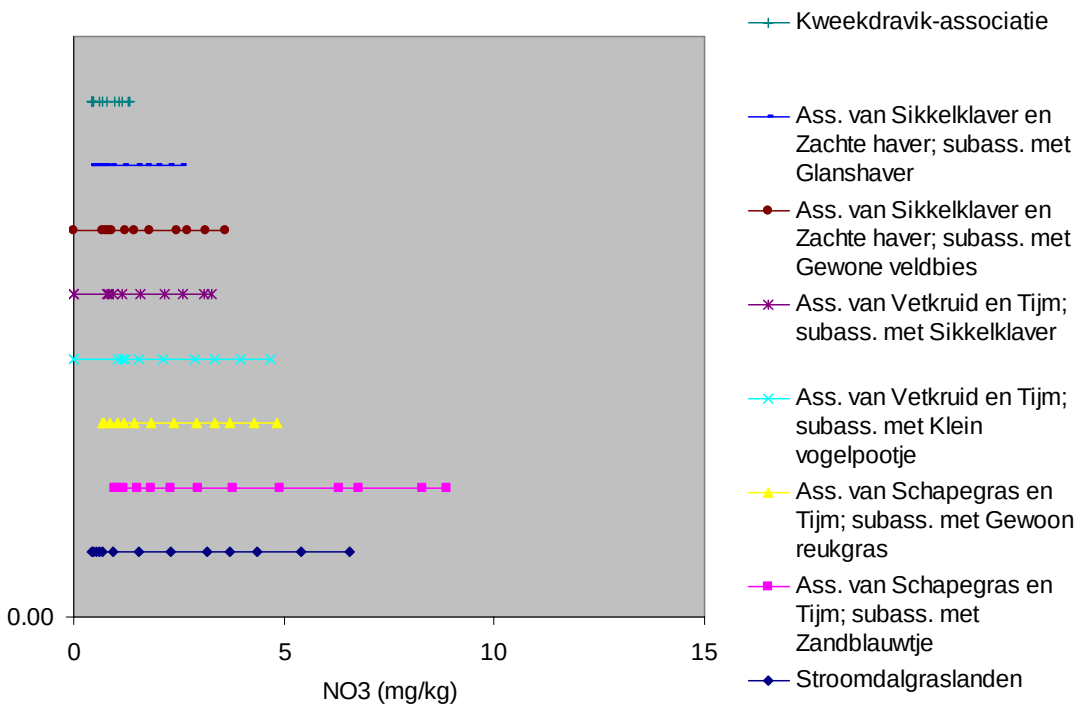


Fig. 27. Ranges voor NO_3 voor het habitattype stroomdalgrasland en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

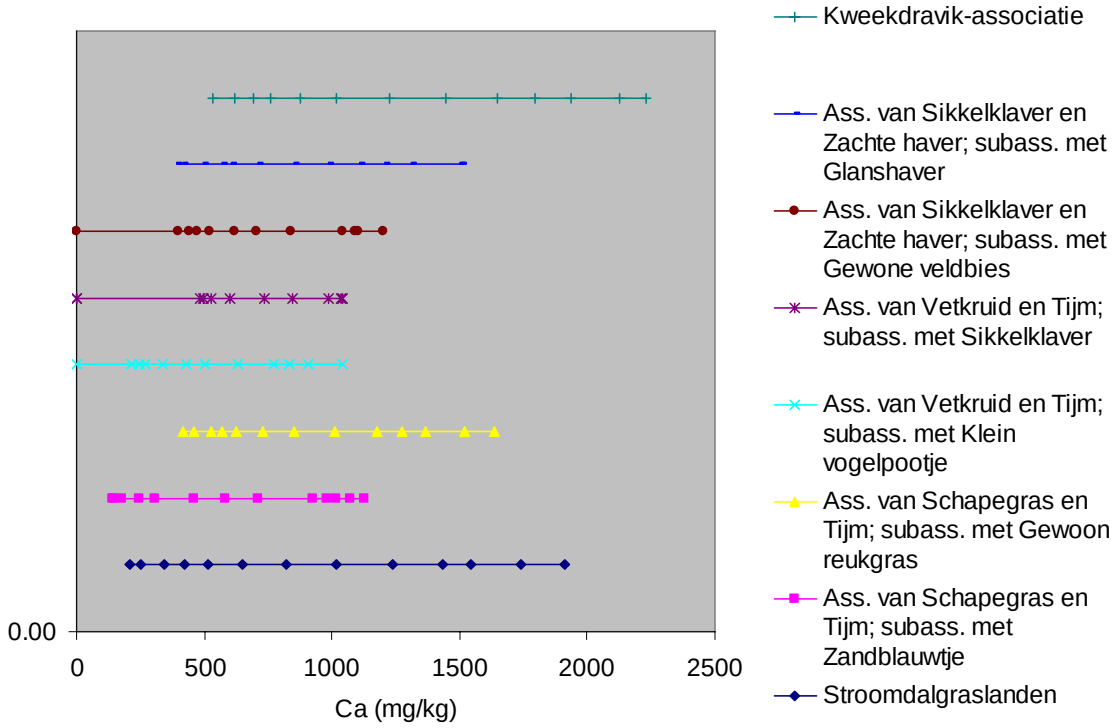


Fig. 28. Ranges voor Ca voor het habitattype stroomdalgrasland en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

3.2.3 Oude eikenbossen (H9190)

De gemiddeld hoogste grondwaterstand geeft voor oude eikenbossen wel wat variatie te zien (Fig. 29). Het gaat echter om relatief lage grondwaterstanden, waarvoor geldt dat ze waarschijnlijk niet doorslaggevend zijn voor het voorkomen van de associaties of het habitattype. Voor de pH zijn er nogal grote verschillen aanwezig (Fig. 30). De associatie van boshavikskruid en gladde witbol heeft een vrij brede range, maar een veel hoger optimum dan het habitattype. De subassociatie met brede stekelvaren van het berken-eikenbos heeft een kleine range met een laag optimum voor pH. Er is geen overlap aanwezig tussen beiden. Voor het berekenen van de milieutekorten lijkt er alleen voor de genoemde associatie een probleem te ontstaan, omdat deze niet kan voorkomen beneden het optimum. Er kan dus ten onrechte geen tekort worden geconstateerd voor deze associatie. Het beeld voor het totale fosforgehalte (Fig. 31) en nitraatgehalte (Fig. 32) is vergelijkbaar met de andere geteste habitattypen; sommige associaties hebben hogere maximum waarden dan het habitattype, waardoor er ten onrechte tekorten worden berekend. Ook voor calcium is er vrij veel variatie aanwezig (Fig. 33). Echter omdat voor het habitattype de laagste waarden bij nul liggen zal er niet snel een tekort worden berekend.

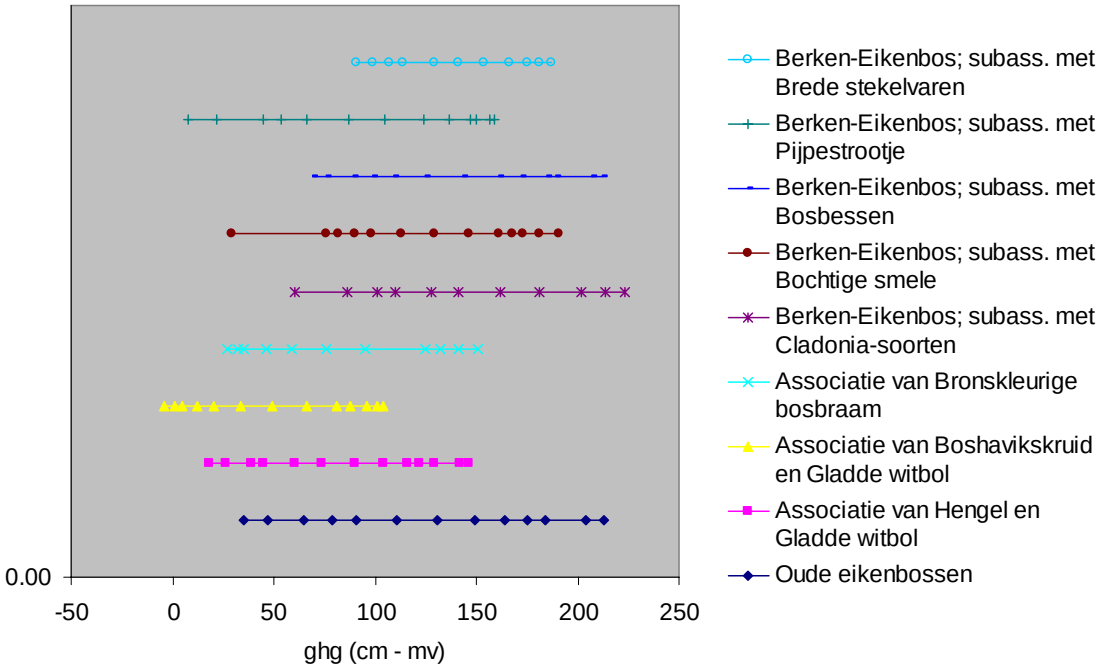


Fig. 29. Ranges voor gemiddelde hoogste grondwaterstand voor het habitattype oude eikenbossen en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

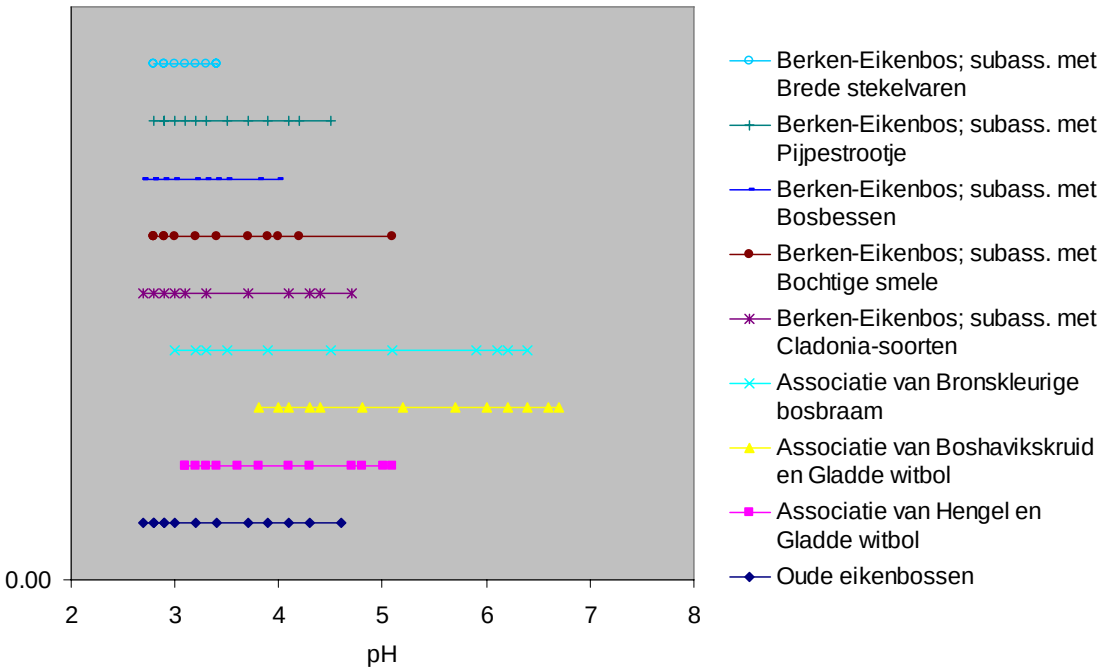


Fig. 30. Ranges voor pH voor het habitattype oude eikenbossen en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

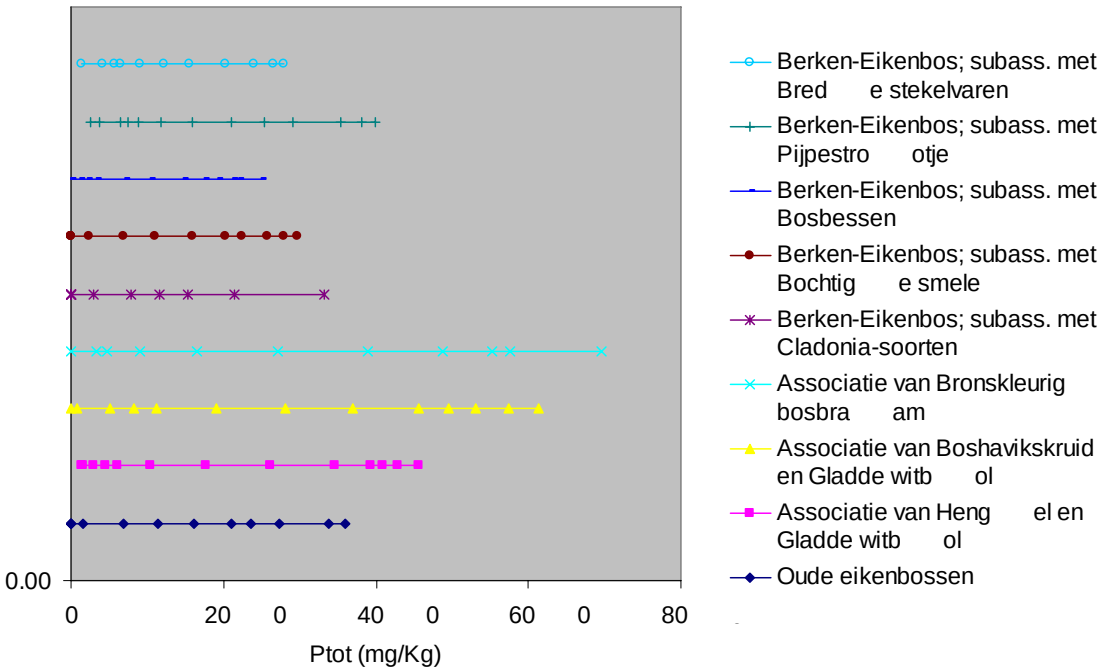


Fig. 31. Ranges voor Ptot voor het habitattype oude eikenbossen en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

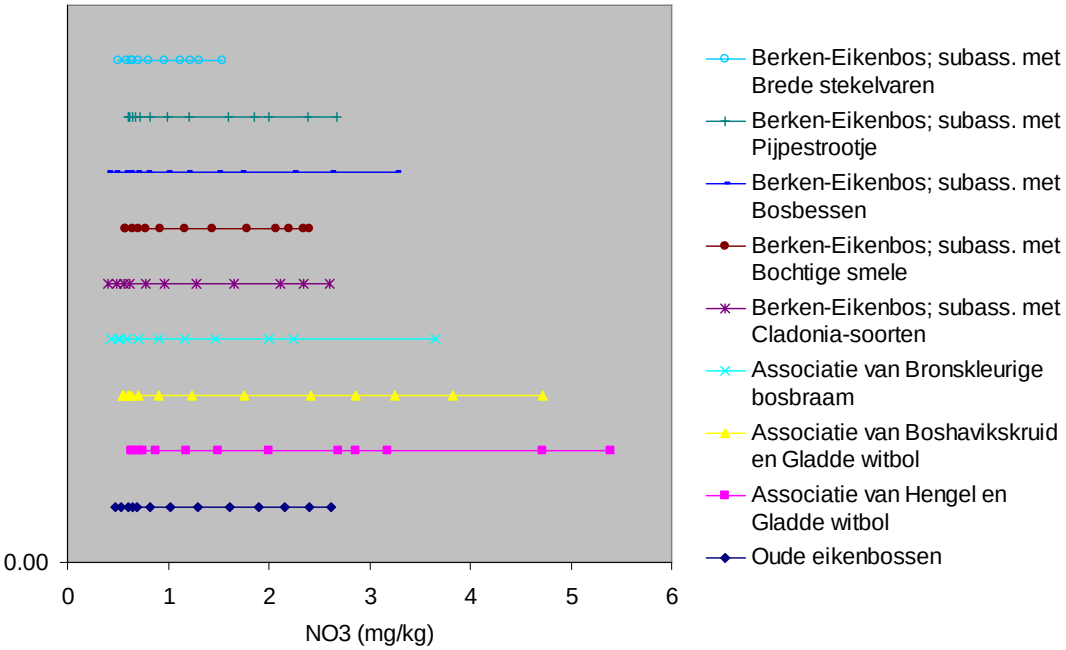


Fig. 32. Ranges voor NO_3 voor het habitattype oude eikenbossen en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

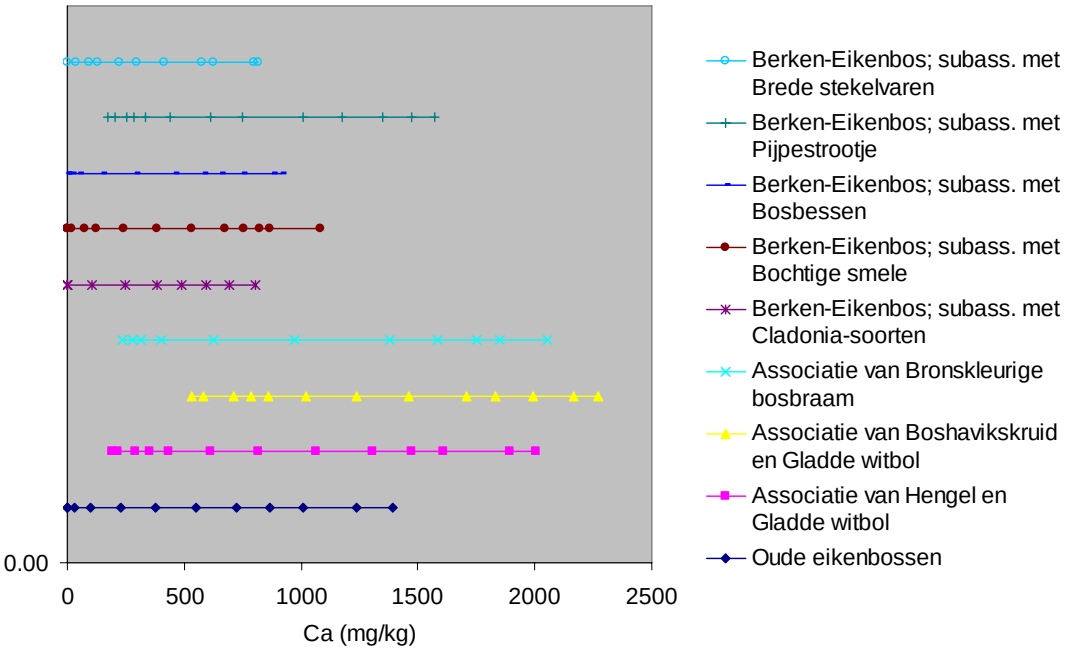


Fig. 33. Ranges voor Ca voor het habitattype oude eikenbossen en de onderliggende associaties en subassociaties. De symbolen geven de percentielen weer (van het 0,5 percentiel tot het 99,5 percentiel).

4 Validatie

Om het ontwikkelde systeem voor het bepalen van de milieutekorten te valideren zijn onafhankelijke metingen nodig. Deze zijn op het ogenblik niet beschikbaar. De metingen die dit jaar worden uitgevoerd in Gelderland zouden kunnen worden gebruikt om het systeem te valideren, maar ook om het daarna te kalibreren, waardoor een systeem ontstaat wat toegespitst is op de situatie in de provincie Gelderland.

Wel is het mogelijk om het systeem te testen. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van het systeem om de abiotiek te berekenen per opname. Dit wordt dan vergeleken met de metingen voor die opname. Probleem hierbij is dat de metingen ook gebruikt zijn om de randvoorwaarden te schatten; de data zijn dus niet onafhankelijk. De procedure die hier is gevolgd staat bekend als kruis-validatie. Met behulp van lineaire regressie wordt gekeken of de berekende waarde overeenkomt met de gemeten waarde in het veld. Een significante relatie geeft aan dat er een verband is tussen de gemeten en berekende waarde (aangegeven door de p waarde, zie Tabel 2). Daarnaast wordt gekeken hoe hoog de verklaarde variantie is. Deze ligt tussen de 0 en 1, waarbij geldt hoe hoger de waarde hoe hoger de overeenkomst is tussen de berekende en gemeten waarde (R^2 in Tabel 2). De verklaarde variantie voor de verschillende randvoorwaarden varieert van 0,05 voor nitraat tot 0,54 voor pH. Voor ecologische gegevens wordt een verklaarde variantie (bij veel data zoals hier) van boven de 0,25 als goed beschouwd. Dit komt ongeveer overeen met een correlatie (R) van 0,5. Voor een groot aantal parameters geldt dat de verklaarde variantie lager is en hier dus zeker verbetering mogelijk is. Dit zal moeten worden bereikt door het doen van meer waarnemingen, speciaal voor de belangrijke parameters nitraat en ammonium. Wel zijn alle relaties zeer significant.

De resultaten voor de test voor de randvoorwaarden staan in Tabel 2. Voor alle randvoorwaarden is een significante relatie aanwezig. Er is dus een relatie tussen de gemeten en berekende waarden, zoals dat verwacht mocht worden. De verklaarde variantie varieert sterk, van 0,07 voor fosfaatconcentratie in de bodem tot 0,54 voor pH. Voor een regressie voor data als hier gebruikt is 0,54 vrij hoog en kan een zeer goede relatie worden genoemd. De verklaarde variantie voor fosfaat is vrij laag en duidt op een relatief zwakke relatie. Voor de belangrijkste randvoorwaarden pH, Ca, gvg, K, Ntot en Ptot, hebben de totaal gehalten de laagste verklaarde variantie. Het is aan te bevelen om in de toekomst meer data te verzemelen voor deze waarden om de berekeningen betrouwbaarder te maken. De relatief grote onzekerheid kan te maken hebben met het verschil tussen vegetatietypen. Van nature bevindt er zich in een bos meer stikstof dan in een grasland. Mogelijk dat de regressie beter wordt als deze per vegetatietype wordt uitgevoerd (zie ook Wamelink et al. 2002).

Een tweede criterium om de regressie te beoordelen is om deze te vergelijken met de ideale regressielijn van y=x, d.w.z. de 1:1 lijn. Als deze lijn wordt benaderd dan betekent dit dat gemiddeld genomen de berekende waarde exact gelijk is aan gemeten

waarde. Voor geen van de regressies is dat het geval. Dit is ook volgens verwachting, want dit wordt veroorzaakt door de regressie naar het gemiddelde; door het verschillende malen middelen van de gemeten waarden om tot de randvoorwaarden te komen wordt de as lengte voor de randvoorwaarde verkort. Dit heeft een overschatting van lage waarden en onderschatting van de hoge waarden tot gevolg, waardoor de regressiecoëfficiënt (a in Tabel 2) lager dan 1 wordt. De oplossing hiervoor is te corrigeren voor deze verkorting van de as door gebruik te maken van de regressie (maar dan omgekeerd). De daarvoor gebruikte regressies staan vermeld in Tabel 2.

Tabel 2. Gebruikte regressievergelijkingen voor correctie van regressie naar het gemiddelde voor het testen van de abiotische randvoorwaarden van habitattypen. Met significantie (p) en verklaarde variantie (R^2). De verklaarde variantie is een maat voor hoe goed de regressie is, en loopt normaal van 0 tot 1, waarbij 1 een perfecte relatie aangeeft.

randvoorwaarde	n	a	p	b	p	R^2
pH	5096	0.5439	<0.0001	2.64	<0.0001	0,54
C/N	936	0.0379	<0.0001	23.76	<0.0001	0,04
Ca	955	0.2055	<0.0001	1027.18	<0.0001	0,20
Cl	1221	0.2777	<0.0001	709.06	<0.0001	0,28
ghg	1617	0.3522	<0.0001	34.24	<0.0001	0,35
glg	1467	0.4409	<0.0001	67.94	<0.0001	0,44
gvg	950	0.4969	<0.0001	22.75	<0.0001	0,50
K[1]	843	0.0396	<0.0001	45.58	<0.0001	0,27
Mg[1]	980	0.0075	<0.0001	36.76	<0.0001	0,08
NH_4[1]	713	0.0070	<0.0001	6.31	<0.0001	0,10
NO_3[1]	519	0.0083	<0.0001	0.97	<0.0001	0,12
Ntot	1675	0.1427	<0.0001	2864.41	<0.0001	0,13
PO_4	934	0.1994	<0.0001	1.69	<0.0001	0,07
Ptot	1366	0.1236	<0.0001	288.05	<0.0001	0,14
vocht	738	0.3640	<0.0001	12.07	<0.0001	0,39

[1]Voor deze randvoorwaarden is een log transformatie van de meetwaarden toegepast voordat de regressie werd bepaald.

5 Berekende waarden op basis van de afzonderlijke tekorten

In dit hoofdstuk zijn de afzonderlijke tekorten samengevoegd tot een geheel. Een aantal verschillende methoden voor het berekenen van het totaaltekort en verschillende manieren om de resultaten weer te geven worden beschreven.

De gewogen gemiddelde tekorten voor de opnamen binnen de habitattypen op de Veluwe (testset) staan weergegeven in Fig. 34. De meeste tekorten vallen in de categorie 0-10%, met ook een behoorlijk aandeel in de categorie 10-25%. De categorieën boven de 50% milieutekort komen nauwelijks voor. Voor elke site kan ook de variatie worden weergegeven tussen de verschillende randvoorwaarden als standaard deviatie (Fig. 35). Voor de meeste sites valt de variatie in de categorie 10-25%, wat aangeeft dat de tekorten tussen de verschillende randvoorwaarden vrij groot zijn; het tekort voor de ene randvoorwaarde kan klein zijn of afwezig, terwijl die voor de andere randvoorwaarde maximaal kan zijn. Maximale tekorten wordt voor alle sites voor minstens een randvoorwaarde altijd berekend (zie ook Fig. 36). Over het algemeen zijn de berekende tekorten hoger als een ongewogen gemiddelde wordt gebruikt voor het berekenen van het milieutekort (Fig. 37). De weging bij het middelen zorgt er voor dat door ons als minder belangrijk aangemerkte randvoorwaarden minder zwaar meetellen. Echter treden juist hier de grootste tekorten op.

Voor alle sites wordt een milieutekort berekend (Fig. 38). Voor het overgrote deel wordt voor 3 tot en met 5 randvoorwaarden een tekort berekend.

De belangrijkste tekorten worden vooral veroorzaakt door Ptot en Ntot (Fig. 39). Voor veel sites zijn zowel het Ntot als Ptot tekort maximaal (in procenten), daarnaast is ook voor veel sites calcium de belangrijkste beperkende factor.

In Fig. 40 wordt het maximale milieutekort gegeven in procenten. Voor bijna elke site geldt dat het tekort in procenten maximaal is (100%). Dit betekent dat voor bijna alle sites de berekende waarde buiten het 5 of 95 percentiel ligt voor minstens een abiotische randvoorwaarde.

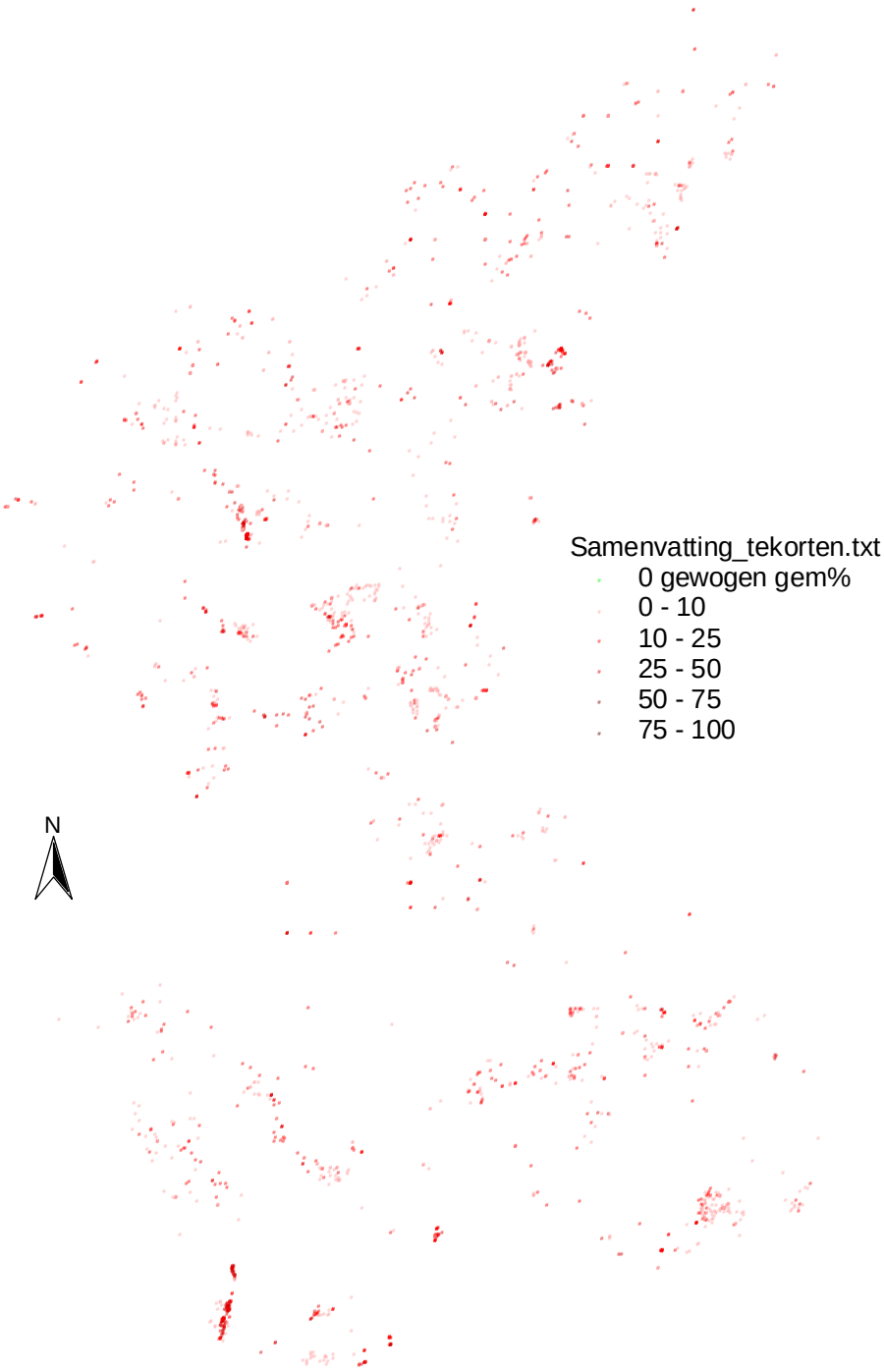


Fig. 34. Gewogen gemiddelde milieutekort in procenten op basis van alle abiotische randvoorwaarden.

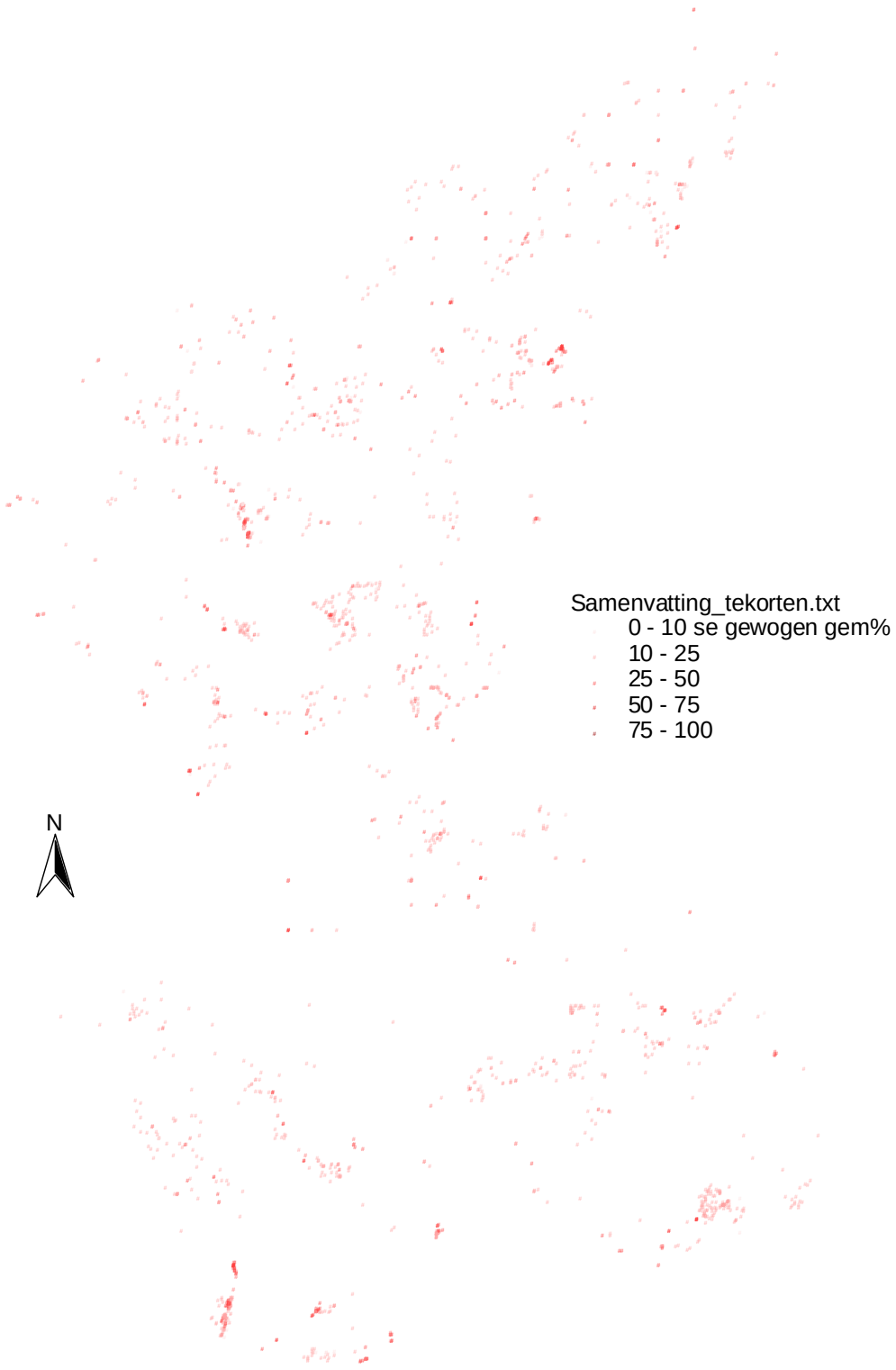


Fig. 35. Standaard deviatie voor het gewogen gemiddelde in procenten.

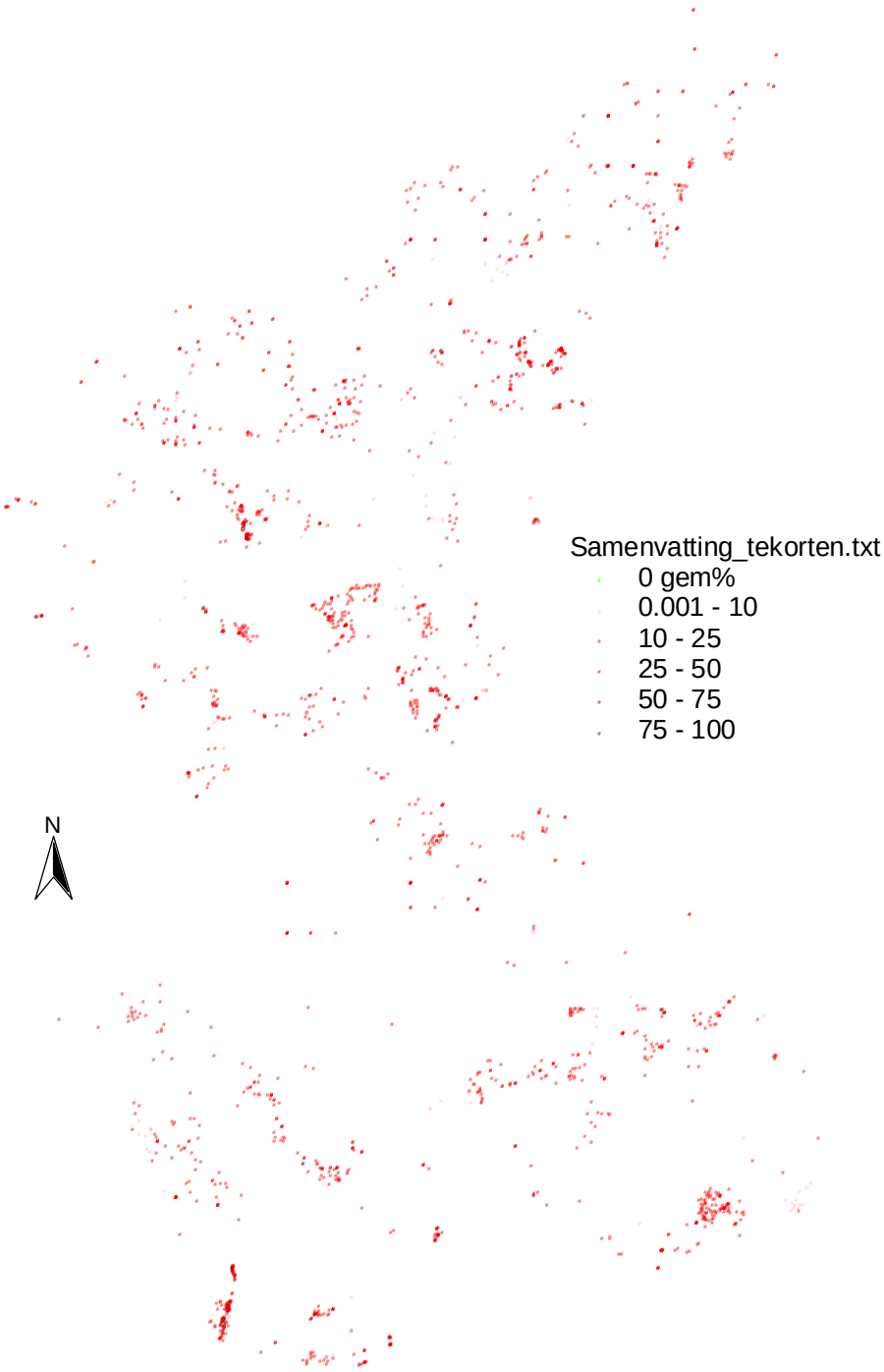


Fig. 36. Het ongewogen gemiddelde milieutekort in procenten voor alle randvoorwaarden.



Fig. 37. Het aantal randvoorwaarden waar een milieutekort voor is berekend.

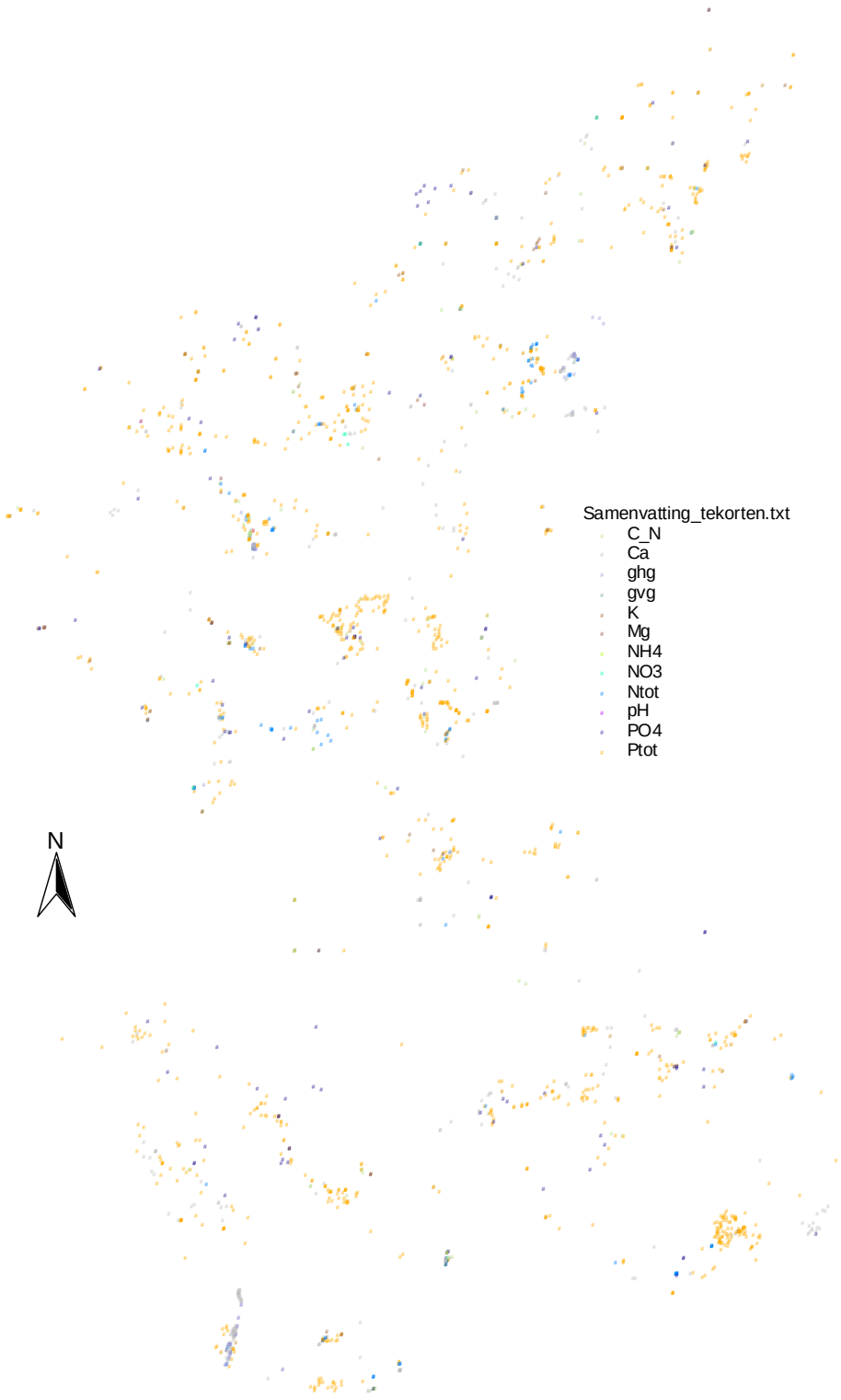


Fig. 38. Het belangrijkste milieutekort voor de testset van de Veluwe.

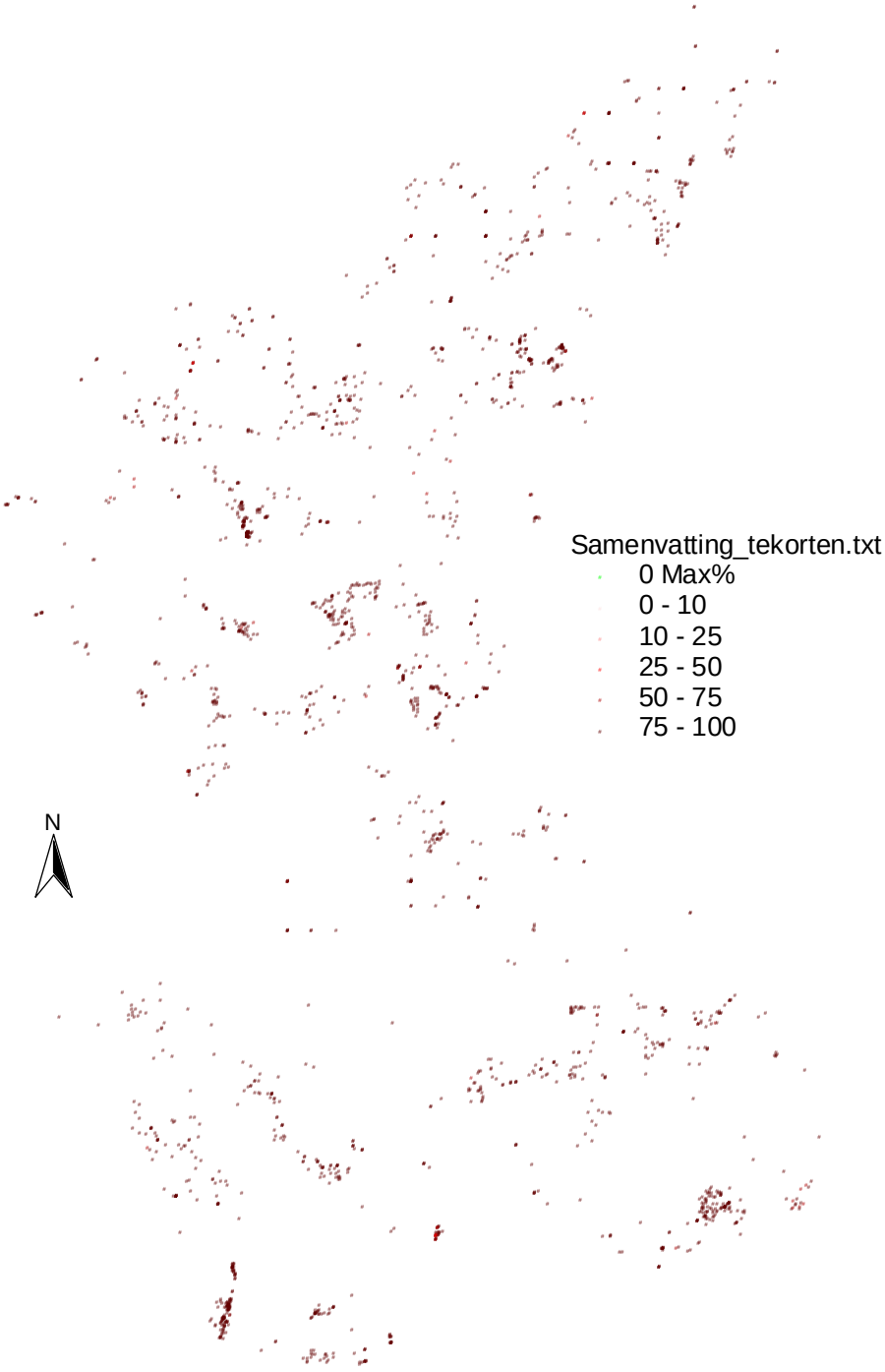


Fig. 39. Het maximale milieutekort in procenten.

6 Discussie

Om een goed overzicht te krijgen van de milieutekorten in de Natura 2000 gebieden in Gelderland is het noodzakelijk om alle opnamen die beschikbaar zijn te gebruiken. Voor veel testgebieden op de Veluwe zijn weinig of soms geen opnamen beschikbaar om de huidige situatie te schatten. Het gericht maken van extra vegetatieopnamen in Natura 2000 gebieden zou de schatting van de huidige toestand beter maken. Beter is het uiteraard om bodemmonsters te nemen en de actuele situatie te meten.

Naast grote milieutekorten voor stikstof worden er ook grote tekorten voor totaal fosfor geconstateerd, ook voor gebieden waar nooit invloed is geweest van landbouw. Daar waar voor stikstof er in Nederland nog altijd externe input via depositie plaatsvindt, is dit voor fosfor niet het geval. Externe input vindt alleen plaats daar waar fosfaatrijk water natuurgebieden binnenkomt. De tekorten kunnen mogelijk op drie manieren worden verklaard. Planten proberen nutriënten in een voor hen zo gunstig mogelijke verhouding op te nemen. Bij een overdaad aan stikstof zal een plant deze opnemen tot een maximum, wat mede tot hogere stikstofconcentraties leidt, maar ook tot hogere groei. Die groei moet ook mogelijk worden gemaakt door andere nutriënten zoals fosfor. Planten zullen zoveel mogelijk andere nutriënten opnemen om de hogere groei mogelijk te maken, waardoor er meer nutriënten in het systeem terecht komen, ook fosfor. De tweede mogelijkheid is dat het systeem zorgt voor milieutekorten. Omdat door de hoge stikstofbeschikbaarheid de soortensamenstelling in het veld is veranderd en aangepast aan de stikstofbeschikbaarheid kan de veldsituatie voor fosfor fout worden geschat, wat leidt tot een te hoge indicatie voor fosfor in het veld. Uiteindelijk wordt er dan een tekort berekend, terwijl er eigenlijk geen tekort aanwezig is voor fosfor (wel voor stikstof). Dit laatste is een extra argument om de (macro) nutriënten als een groep te beschouwen. De verwachting is dat milieutekorten voor fosfor wel aanwezig zullen zijn op voormalige landbouwgronden en gebieden die onder invloed staan van fosfaatrijk water. Deze zijn op de Veluwe, het testgebied, echter slechts zeer beperkt aanwezig en ook binnen de Natura 2000 gebieden in Gelderland komen deze gebieden nauwelijks voor. Ook hier zou het nemen van bodemmonsters een betere schatting van de huidige situatie opleveren. De derde mogelijkheid is de meest waarschijnlijke. In het verleden zijn vrijwel alle bossen op de Veluwe die voor houtproductie zijn gebruikt, bemest met NPK (persoonlijke mededeling Andre Jansen, Unie van Bosgroepen). Hierdoor is er naast N en K dus ook (veel) P in het systeem terecht gekomen. Anders dan K dat vrij makkelijk uit kan spoelen geldt dit niet voor P. De P uit het bosbouwverleden van de Veluwe is zeer waarschijnlijk nog steeds aanwezig in de bodem en vegetatie en wordt voortdurend rondgepompt in het systeem van opname door de vegetatie voor groei, bladval en sterfte, en mineralisatie van het dode materiaal, waardoor de P weer beschikbaar komt voor opname. Dit zou de enigszins onverwachte tekorten voor P-totaal goed kunnen verklaren. De eindconclusie over P-totaal is daarom dat deze bodemparameter toch goed als indicator te gebruiken is.

De actuele tekorten zijn geschat op basis van de vegetatieopnamen gemaakt in de Natura 2000 gebieden. Dit geeft weliswaar een goede indicatie en de resultaten komen overeen met wat experts verwachten, maar het daadwerkelijk meten van de bodemomstandigheden geeft zeer waarschijnlijk een betere indicatie en heeft daarom de voorkeur. Om dit te bereiken zullen nieuwe bodemmonsters genomen moeten worden, want alle nu beschikbare veldgegevens zijn gebruikt om het randvoorwaarden systeem op te zetten en vervolgens provisorisch te valideren en een correctiefactor te berekenen (voor correctie voor regression to the mean). De metingen kunnen dan worden gebruikt om de huidige milieutekorten te berekenen en het systeem verder te valideren en toe te spitsen op de regionale situatie.

Een milieutekort voor een habitattype kan op veel verschillende manieren worden berekend. Er kunnen strenge regels worden gehanteerd, waarbij het grootste tekort voor een opname voor een abiotische randvoorwaarde binnen het habitattype het tekort bepaald. De test laat zien dat dit tot 100% milieutekorten zal leiden voor alle habitattypen (binnen het testgebied). Dit strenge criterium kan tot een onevenwichtig beeld leiden, vooral ook omdat meerdere randvoorwaarden vaak een tekort laten zien. Als een milieutekort zou worden opgelost door maatregelen dan zal dat naar alle waarschijnlijkheid niet tot uitdrukking komen in het overall beeld, omdat er nog meerdere tekorten niet kunnen zijn opgelost. Bijvoorbeeld het milieutekort voor nutriënten wordt opgelost door plaggen, maar de grondwaterstand blijft ongewijzigd terwijl die ook een tekort veroorzaakt. Het kan ook gebeuren dat voor één van de opnamen in het habitat een tekort wordt berekend en voor de andere niet. De opname representeert dan slechts een klein deel van het totale habitat, maar bepaalt dan wel het tekort, waardoor het lijkt of het gehele habitatgebied een tekort heeft. De andere mogelijkheid is om de gegevens te middelen, dit kan eventueel gewogen, zoals hier staat beschreven. Hierdoor wordt een wat evenwichtiger beeld verkregen en komt een maatregel die een deel van de problemen oplost wel tot uitdrukking in de uiteindelijke overall bepaling van het milieutekort. Ook is het gewicht dat een tekort in slechts een deel van het habitattype geeft minder groot. Wij raden daarom aan om de overall tekorten per habitattype of zelfs overall voor het habitattype voor de hele provincie te berekenen door middel van middeling. Of dit gebeurt met of zonder weging lijkt minder belangrijk. Gezien echter de samenhang tussen de grondwaterstanden en ook totaal N en totaal P lijkt het verstandig om met het gewogen gemiddelde te werken.

Er is in dit onderzoek gekozen om op basis van habitattypen de milieutekorten te berekenen. In het veld wordt veelal met lagere organisatieniveaus van vegetatie gewerkt, bijvoorbeeld associaties. De habitattypen zoals ze hier worden gebruikt zijn ook gebaseerd op gegevens op associatie niveau; een aantal associaties vormt een habitattype. Als aan de abiotische randvoorwaarden wordt voldaan dan betekent dat nog niet dat alle onderliggende associaties voor kunnen komen. Zoals hier blijkt stellen associaties redelijk vaak strengere eisen aan de abiotiek dan het habitat doet. Ook komt het voor dat de eisen voor een associatie minder streng zijn. Als de eis in het veld uiteindelijk is dat niet alleen de randvoorwaarden voor de abiotiek voor het habitattype op orde moeten zijn maar dat ook alle onderliggende associaties in het gebied moeten kunnen voor komen, dan voldoen de randvoorwaarden zoals ze hier

gebruikt zijn niet. Er kan dan terug worden gegrepen naar de randvoorwaarden per associatie die ook beschikbaar zijn (www.abiotic.wur.nl). Voor het bepalen van het milieutekort zou dat overigens betekenen dat de tekorten nog groter worden dan dat ze nu al worden berekend, immers de eisen zullen strenger worden.

De betrouwbaarheid van de milieutekorten is slechts beperkt in beeld gebracht. Er is een kruisvalidatie uitgevoerd (waarna de regressies zijn gebruikt voor correctie) voor alle randvoorwaarden door de berekende abiotiek te vergelijken met de gemeten abiotiek. Verder is de onzekerheid in de gemiddelde response van een soort of vegetatietype bekend, maar niet voor de hier gebruikte percentielen. Naar verwachting zal de onzekerheid in het gemiddelde niet veel afwijken van de percentielen. De onzekerheid in de ligging van de percentielen is waarschijnlijk relatief klein. Een grotere onzekerheid wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de effecten van regressie naar het gemiddelde en de correctie daarvoor. Onafhankelijke validatie moet aangeven hoe groot de onzekerheid daarin is. De kruisvalidatie geeft al wel enig inzicht en in ander onderzoek is de onzekerheid in de pH voor plantensoorten uitgebreid onderzocht (Wamelink et al. 2005). Voor pH is de onzekerheid klein te noemen en na correctie voor regressie naar het gemiddelde zelfs zeer klein (ongeveer 0,3 pH eenheid). Het percentage verklaarde variantie (R^2 in Tabel 2) kan als leidraad dienen om enige indicatie te geven van de onzekerheid voor de overige randvoorwaarden. De betrouwbaarheid voor pH is het grootst en voor C/N verhouding het kleinst. Ook de onzekerheid voor fosfaat en magnesium is relatief groot. Omdat voor C/N ook de ranges klein zijn, wordt deze randvoorwaarde voorlopig geschrapt uit de lijst van randvoorwaarden die gebruikt worden om de milieutekorten te bepalen. Uit onderzoek uit Engeland is bekend dat de C/N ratio wel een grote rol kan spelen (Smart et al. Persoonlijke mededeling). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het verschil in depositie van N, die in grote delen van Engeland lager is dan in Nederland. In Nederland is het strooisel verzadigd met N, waardoor de C/N ratio relatief laag is en ook niet veel meer veranderd. In Engeland is de C/N ratio nog relatief hoog, maar wordt die lager door de N depositie. Omdat het proces van lager worden van de C/N ratio nog aan de gang is, kan ze daarom ook nog als indicator worden gebruikt. Als in Nederland de depositie substantieel omlaag gaat, zou het kunnen dat gecombineerd met OBN-maatregelen, de C/N ratio weer omhoog gaat. Dan zou ze kunnen worden gebruikt om het herstel van de vegetatie te volgen en kan ze weer opgenomen worden in de lijst van indicerende bodemparameters. De betrouwbaarheid van de randvoorwaarde wordt groter naarmate er meer meetgegevens beschikbaar zijn om de randvoorwaarde op te baseren. Voor pH zijn meer dan 5000 metingen met vegetatieopnamen beschikbaar, voor micronutriënten als magnesium, maar ook fosfaat, nitraat en ammoniak minder dan 1000. Meer metingen worden nog steeds gedaan en verzameld, zodat elk jaar wanneer er nieuwe updates uitkomen van de soortresponsies er betrouwbaardere randvoorwaarden kunnen worden geschat. Voor de bovengenoemde elementen is het zeer wenselijk dat er meer data beschikbaar komen om de betrouwbaarheid te vergroten.

Op basis van de resultaten wordt de volgende methode van het berekenen van het milieutekort voorgesteld:

1. Bereken totdat er voldoende meetwaarden beschikbaar zijn, de abiotische omstandigheden op basis van vegetatieopnamen gemaakt binnen habitatgebieden sinds 1995 voor de in Tabel 3 gegeven randvoorwaarden.
2. Bereken het gewogen gemiddelde overall milieutekort per opname.
3. Als er meer dan een opname beschikbaar is per habitatgebied bereken dan het gemiddelde over de aanwezige opnamen. Dit kan zowel per randvoorwaarde als voor het overall tekort.
4. Tot slot kan nog het tekort per habitattype berekend worden voor heel Gelderland door het gemiddelde te berekenen op basis van alle habitatgebieden.
5. Bepaal wat het grootste (of de top drie) tekort is per gebied. Hierbij wordt aangeraden bij gelijke tekorten de volgorde van belangrijkheid aan te houden in Tabel 3.
6. Het aantal randvoorwaarden dat een tekort geeft kan per habitatgebied worden geteld en weergegeven.

Tabel 3. Indeling van de abiotische randvoorwaarden voor het bepalen van milieutekorten voor habitatgebieden voor de provincie Gelderland met weegwaarde en indicatie van belangrijkheid

nr	groepsnaam	weegwaarde	abiotische randvoorwaarde	Belang
1	zuurgraad	1	pH	3
2	grondwaterstand	1	gvg	2
			glg	4
			ghg	13
			Vochtgehalte	11
3	totaal gehalten	1	Stikstof	1
			Fosfor	5
			Kalium	12
4	macronutriënten	1	Nitraat	6
			Ammonium	8
			Fosfaat	9
5	overige nutriënten	1	Magnesium	14
			Calcium	7
6	zout	0	Chloride*	-

* Chloride is voor Gelderland niet van belang en wordt daarom verder niet meegenomen in de berekeningen

Literatuur

Gies, T.J.A., H. van Dobben & A. Bleeker. 2007 Onderbouwing significant effect depositie op natuurgebieden. Een onderzoek naar de wijze waarop in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijn getoetst kan worden of vergunningverlening kan leiden tot significante negatieve effecten op de natuur. Alterra rapport 1490. Alterra, Wageningen.

Hennekens, S.M. & Schaminee, J.H.J. 2001. Turboveg, a comprehensive data base management system for vegetation data. Journal of vegetation science 12: 589-591.

Kemmers, Rolf, Han van Dobben, Wieger Wamelink & André Jansen. 2007. Effecten van het generieke milieubeleid op het terugdringen van de verzuring en op het herstel van natuurwaarden in multifunctionele bossen op arme zandgronden. Alterra rapport 1531. Alterra, Wageningen.

Paulissen, M.P.C.P., Schouwenberg, E.P.A.G. & Wamelink, G.W.W. 2007. Zouttolerantie van zoetwatergevoede natuurdoeltypen; verkenning en kennislacunes. Alterra rapport 1545. Alterra, Wageningen.

Schaminee, J.H.J., Stortelder, A.H.F. & Westhoff, V. 1995. Vegetatie van Nederland. Deel 1. Opulus press, Upsala.

Van Dobben, H.F, E.P.A.G. Schouwenberg, J. P. Mol, H.J.J. Wieggers, M.J.M. Jansen, J. Kros & W. de Vries. 2004. Simulation of critical loads for nitrogen for terrestrial plant communities in The Netherlands. Alterra rapport 953. Alterra, Wageningen.

Van Dobben H. & A. van Hinsberg, in press. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en Natura 2000-gebieden. Alterra-rapport 1654. Alterra, Wageningen.

Van Dobben H. & A. van Hinsberg, in press. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en Natura 2000-gebieden. Alterra-rapport 1654. Alterra, Wageningen.

Wamelink, G.W.W., Dobben, H.F. van, Schouwenberg, E.P.A.G. & Mol-Dijkstra, J.P. 2003a. Haalbaarheid van natuurdoeltypen in arme bossen en droge heide op de hogere zandgronden: een modelstudie. Rapport 562. Alterra, Wageningen.

Wamelink, G.W.W, Goedhart, P.W., Dobben, H.F van & Berendse, F. 2005. Plant species as predictors of soil pH: replacing expert judgement by measurements. Journal of vegetation science 16:461-470.

Wamelink, G.W.W. 2007. Simulation of vegetation dynamics as affected by nitrogen deposition. Wageningen Universiteit, Wageningen. Thesis.

Wamelink, G.W.W., van Adrichem, M.H.C. & Dobben, H.F. van 2008. Plan van aanpak voor het uitvoeren van een nulmeting bodemkwaliteit van het Natura 2000 gebieden in Gelderland. Alterra rapport 1781.

Bijlage 1 Fortran programma voor de berekening van de milieutekorten

```
!-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
------
!    programma milieutekorten.for
!    Het programma berekent de milieutekorten voor vegetatieopnamen op basis van habitattypen
!    Invoer: 'ranges_voor_bepaling_milieutekorten.txt'       abiotische ranges voor habitattypen
!            'opnamen_milieutekort.txt'                      vegetatieopnamen met berekende/gemeten abiotiek
!    Uitvoer: 'milieutekorten.txt'                          milieutekorten absoluut
!             'milieutekorten_percentage.txt'               milieutekorten in procenten
!     Aanroep: 'berekening1'                                 berekening van de tekorten voor tekorten bij lagere
waarden
!              'berekening2'                                 berekening van de tekorten voor tekorten bij hogere
waarden
!    eerste versie 1.0
!    Datum eerste versie 7-5-2008
!    Gemaakt door Wieger Wamelink Alterra (wieger.wamelink@wur.nl)
!-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
---
      program milieutekorten
      implicit none

      Real    pH_D05(48),pH_D25(48),pH_D75(48),pH_D95(48)            !percentielen voor pH
      Real    pH_MEA                                                 !veldgemiddelde
      Real    C_N_D05(48),C_N_D25(48),C_N_D75(48),C_N_D95(48)        !percentielen voor pH
      Real    C_N_MEA                                                !veldgemiddelde
      Real    Ca_D05(48),Ca_D25(48),Ca_D75(48),Ca_D95(48)            !percentielen voor pH
      Real    Ca_MEA                                                 !veldgemiddelde
      Real    Cl_D05(48),Cl_D25(48),Cl_D75(48),Cl_D95(48)            !percentielen voor pH
      Real    Cl_MEA                                                 !veldgemiddelde
      Real    ghg_D05(48),ghg_D25(48),ghg_D75(48),ghg_D95(48)        !percentielen voor pH
      Real    ghg_MEA                                                !veldgemiddelde
      Real    glg_D05(48),glg_D25(48),glg_D75(48),glg_D95(48)        !percentielen voor pH
      Real    glg_MEA                                                !veldgemiddelde
      Real    gvg_D05(48),gvg_D25(48),gvg_D75(48),gvg_D95(48)        !percentielen voor pH
      Real    gvg_MEA                                                !veldgemiddelde
      Real    K_D05(48),K_D25(48),K_D75(48),K_D95(48)                !percentielen voor pH
      Real    K_MEA                                                  !veldgemiddelde
      Real    Mg_D05(48),Mg_D25(48),Mg_D75(48),Mg_D95(48)            !percentielen voor pH
      Real    Mg_MEA                                                 !veldgemiddelde
      Real    NH4_D05(48),NH4_D25(48),NH4_D75(48),NH4_D95(48)        !percentielen voor pH
      Real    NH4_MEA                                                !veldgemiddelde
      Real    NO3_D05(48),NO3_D25(48),NO3_D75(48),NO3_D95(48)        !percentielen voor pH
      Real    NO3_MEA                                                !veldgemiddelde
      Real    Ntot_D05(48),Ntot_D25(48),Ntot_D75(48),Ntot_D95(48)    !percentielen voor pH
      Real    Ntot_MEA                                               !veldgemiddelde
      Real    PO4_D05(48),PO4_D25(48),PO4_D75(48),PO4_D95(48)        !percentielen voor pH
      Real    PO4_MEA                                                !veldgemiddelde
      Real    Ptot_D05(48),Ptot_D25(48),Ptot_D75(48),Ptot_D95(48)    !percentielen voor pH
      Real    Ptot_MEA                                               !veldgemiddelde
      Real    vocht_D05(48),vocht_D25(48),vocht_D75(48),vocht_D95(48)        !percentielen voor
pH
      Real    vocht_MEA                                              !veldgemiddelde
      Real    pH_tekort
      Real    pH_tekort_perc
```

```
      Real    C_N_tekort
      Real    C_N_tekort_perc
      Real    Ca_tekort
      Real    Ca_tekort_perc
      Real    Cl_tekort
      Real    Cl_tekort_perc
      Real    ghg_tekort
      Real    ghg_tekort_perc
      Real    glg_tekort
      Real    glg_tekort_perc
      Real    gvg_tekort
      Real    gvg_tekort_perc
      Real    K_tekort
      Real    K_tekort_perc
      Real    Mg_tekort
      Real    Mg_tekort_perc
      Real    NH4_tekort
      Real    NH4_tekort_perc
      Real    NO3_tekort
      Real    NO3_tekort_perc
      Real    Ntot_tekort
      Real    Ntot_tekort_perc
      Real    PO4_tekort
      Real    PO4_tekort_perc
      Real    Ptot_tekort
      Real    Ptot_tekort_perc
      Real    vocht_tekort
      Real    vocht_tekort_perc
      Integer h_nr(48)                          !habitat nummer ww
      Integer opnamenr
      Integer datum
      Integer xcoord
      Integer ycoord
      Character hab_type*18
      Character h_code*18(48)                   !habitat code

      Integer l,k
      Integer n                                                    !aantal
habitattypen

      n=48

      open (10,file='ranges_voor_bepaling_milieutekorten.txt')
      open (11,file='opnamen_milieutekort.txt')
      open (12,file='milieutekorten.txt')
      open (13,file='milieutekorten_percentage.txt')

      write (12,*) 'opnamenr datum xcoord ycoord habitat pH C/N Ca Cl
     &     ghg glg gvg K Mg NH4 NO3 Ntot PO4 Ptot vocht'
      write (13,*) 'opnamenr datum xcoord ycoord habitat pH C/N Ca Cl
     &     ghg glg gvg K Mg NH4 NO3 Ntot PO4 Ptot vocht'

      Do l=1,1
        Read (10,*)
      End do
      Do l=1,n
        Read(10,*) h_code(l),h_nr(l),pH_D05(l),pH_D25(l),pH_D75(l),
```

```
&  pH_D95(l),
&  C_N_D05(l),C_N_D25(l),C_N_D75(l),C_N_D95(l),
&  Ca_D05(l),Ca_D25(l),Ca_D75(l),Ca_D95(l),
&  Cl_D05(l),Cl_D25(l),Cl_D75(l),Cl_D95(l),
&  ghg_D05(l),ghg_D25(l),ghg_D75(l),ghg_D95(l),
&  glg_D05(l),glg_D25(l),glg_D75(l),glg_D95(l),
&  gvg_D05(l),gvg_D25(l),gvg_D75(l),gvg_D95(l),
&  K_D05(l),K_D25(l),K_D75(l),K_D95(l),
&  Mg_D05(l),Mg_D25(l),Mg_D75(l),Mg_D95(l),
&  NH4_D05(l),NH4_D25(l),NH4_D75(l),NH4_D95(l),
&  NO3_D05(l),NO3_D25(l),NO3_D75(l),NO3_D95(l),
&  Ntot_D05(l),Ntot_D25(l),Ntot_D75(l),Ntot_D95(l),
&  PO4_D05(l),PO4_D25(l),PO4_D75(l),PO4_D95(l),
&  Ptot_D05(l),Ptot_D25(l),Ptot_D75(l),Ptot_D95(l),
&  vocht_D05(l),vocht_D25(l),vocht_D75(l),vocht_D95(l)
 End do

 Do l=1,1
   Read (11,*)
 End do

 Do l=1,6000
   Read (11,*) opnamenr,datum,xcoord,ycoord,hab_type,pH_MEA,
&  C_N_MEA,Ca_MEA,Cl_MEA,ghg_MEA,glg_MEA,gvg_MEA,K_MEA,Mg_MEA,
&  NH4_MEA,NO3_MEA,Ntot_MEA,PO4_MEA,Ptot_MEA,vocht_MEA

 call berekening1(n,pH_D05,pH_D25,pH_D75,pH_D95,pH_MEA,pH_tekort,
&     pH_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening1(n,C_N_D05,C_N_D25,C_N_D75,C_N_D95,C_N_MEA,
&     C_N_tekort,C_N_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening1(n,Ca_D05,Ca_D25,Ca_D75,Ca_D95,Ca_MEA,
&     Ca_tekort,Ca_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,Cl_D05,Cl_D25,Cl_D75,Cl_D95,Cl_MEA,
&     Cl_tekort,Cl_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,ghg_D05,ghg_D25,ghg_D75,ghg_D95,ghg_MEA,
&     ghg_tekort,ghg_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,glg_D05,glg_D25,glg_D75,glg_D95,glg_MEA,
&     glg_tekort,glg_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,gvg_D05,gvg_D25,gvg_D75,gvg_D95,gvg_MEA,
&     gvg_tekort,gvg_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,K_D05,K_D25,K_D75,K_D95,K_MEA,
&     K_tekort,K_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,Mg_D05,Mg_D25,Mg_D75,Mg_D95,Mg_MEA,
&     Mg_tekort,Mg_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,NH4_D05,NH4_D25,NH4_D75,NH4_D95,NH4_MEA,
&     NH4_tekort,NH4_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,NO3_D05,NO3_D25,NO3_D75,NO3_D95,NO3_MEA,
&     NO3_tekort,NO3_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,Ntot_D05,Ntot_D25,Ntot_D75,Ntot_D95,Ntot_MEA,
&     Ntot_tekort,Ntot_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,PO4_D05,PO4_D25,PO4_D75,PO4_D95,PO4_MEA,
&     PO4_tekort,PO4_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening2(n,Ptot_D05,Ptot_D25,Ptot_D75,Ptot_D95,Ptot_MEA,
&     Ptot_tekort,Ptot_tekort_perc,hab_type,h_code)
 call berekening1(n,vocht_D05,vocht_D25,vocht_D75,vocht_D95,
&     vocht_MEA,vocht_tekort,vocht_tekort_perc,hab_type,h_code)
```

```
      write (12,20) opnamenr,datum,xcoord,ycoord,hab_type,
     &  pH_tekort,C_N_tekort,Ca_tekort,Cl_tekort,ghg_tekort,glg_tekort,
     &  gvg_tekort,K_tekort,Mg_tekort,NH4_tekort,NO3_tekort,Ntot_tekort,
     &  PO4_tekort,Ptot_tekort,vocht_tekort
      write (13,21) opnamenr,datum,xcoord,ycoord,hab_type,
     &  pH_tekort_perc,C_N_tekort_perc,Ca_tekort_perc,Cl_tekort_perc,
     &  ghg_tekort_perc,glg_tekort_perc,gvg_tekort_perc,K_tekort_perc,
     &  Mg_tekort_perc,NH4_tekort_perc,NO3_tekort_perc,Ntot_tekort_perc,
     &  PO4_tekort_perc,Ptot_tekort_perc,vocht_tekort_perc
     End do

20   format (2(I10),2(I8),A18,15f10.2)
21   format (2(I10),2(I8),A18,15f10.2)
     End

!-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
---
!    Subroutine berekening1
!       Berekening van het milietekort voor randvoorwaarden die een milieutekort gevan aan de
onderkant van de range
!    Aanroep vanuit milieutekorten.for
!    Eerste versie 7-5-2008
!    auteur Wieger Wamelink; wieger.wamelink@wur.nl
!-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
---
     Subroutine berekening1(n,D05,D25,D75,D95,MEA,tekort,tekort_perc,
     &          hab_type,h_code)
     implicit none

     Real    D05(48),D25(48),D75(48),D95(48)          !percentielen voor pH
     Real    MEA                                      !veldgemiddelde
     Real    tekort
     Real    tekort_perc
     Character hab_type*18
     Character h_code*18(48)                          !habitat code
     Integer l,k
     Integer n                                                          !aantal
habitattypen


     Do k=1,n
      If (hab_type.EQ.h_code(k)) then
       If (D05(k).EQ.-999) D05(k)=999
       If (D25(k).EQ.-999) D25(k)=999
       If (MEA<D25(k)) then
        tekort=D25(k)-MEA
        tekort_perc=(tekort/(D25(k)-D05(k)))*100
        If (D05(k)==999.OR.D25(k)==999) then
         tekort=-6666                                 !abiotische randvoorwaarde onbekend
         tekort_perc=-6666
        End if
        goto 1
       Else
        tekort=0
        tekort_perc=0
        goto 1
       End if
```

```
       Else
         tekort=-8888                                    !habitat code opname niet in lijst abiotische
randvoorwaarden
         tekort_perc=-8888
       End if
     End do
1    If (tekort_perc>100) tekort_perc=100
     If (hab_type.EQ.'gh') then
       tekort=-9999                                      !geen habitattype aangewezen, dus geen tekort
berekenen
       tekort_perc=-9999
     End if
     If (hab_type.EQ.'nb') then
       tekort=-7777                                      !habitattype onbekend
       tekort_perc=-7777
     End if

          End !berekening

!-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
---
!    Subroutine berekening2
!       Berekening van het milietekort voor randvoorwaarden die een milieutekort gevan aan de
bovenkant van de range
!    Aanroep vanuit milieutekorten.for
!    Eerste versie 7-5-2008
!    auteur Wieger Wamelink; wieger.wamelink@wur.nl
!-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
---
     Subroutine berekening2(n,D05,D25,D75,D95,MEA,tekort,tekort_perc,
    &          hab_type,h_code)
     implicit none

     Real    D05(48),D25(48),D75(48),D95(48)          !percentielen voor pH
     Real    MEA                                      !veldgemiddelde
     Real    tekort
     Real    tekort_perc
     Character hab_type*18
     Character h_code*18(48)                          !habitat code
     Integer l,k
     Integer n                                                          !aantal
habitattypen

     Do k=1,n
       If (hab_type.EQ.h_code(k)) then
         If (MEA>D75(k)) then
           tekort=MEA-D75(k)
           tekort_perc=(tekort/(D95(k)-D75(k)))*100
           If (D75(k)==-999.OR.D95(k)==-999) then
             tekort=-6666                                 !abiotische randvoorwaarde onbekend
             tekort_perc=-6666
           End if
           goto 1
         Else
           tekort=0
           tekort_perc=0
           goto 1
```

```
        End if
       Else
        tekort=-8888                                    !habitat code opname niet in lijst abiotische
randvoorwaarden
        tekort_perc=-8888
       End if
     End do
1    If (tekort_perc>100) tekort_perc=100
     If (hab_type.EQ.'gh') then
      tekort=-9999                                      !geen habitattype aangewezen, dus geen tekort
berekenen
      tekort_perc=-9999
     End if
     If (hab_type.EQ.'nb') then
      tekort=-7777                                     !habitattype onbekend
      tekort_perc=-7777
     End if

          End !berekening
```