



# Planten als indicatoren pH en GVG

Een vergelijking van ITERATIO- en Wamelink-indicatorsystemen voor pH en GVG

S.M. Hennekens, J. Holtland, N.M. van Rooijen,  
G.W.W. Wamelink, W.A. Ozinga

| WOt-Rapport 140



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH



## **Planten als indicatoren voor pH en GVG**

---

Dit Rapport is gemaakt conform het Kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research.

De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te ondersteunen. We zorgen voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werken mee aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving zoals de Balans van de Leefomgeving.

## **Disclaimer WOt-publicaties**

De reeks 'WOt-rapporten' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Het PBL is een inhoudelijk onafhankelijk onderzoeksinstituut op het gebied van milieu, natuur en ruimte, zoals gewaarborgd in de Aanwijzingen voor de Planbureaus, Staatscourant 3200, 21 februari 2012.

Dit onderzoeksrapport draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals Natuurverkenning, Balans van de Leefomgeving en andere thematische verkenningen.

Het onderzoek is gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

# Planten als indicatoren voor pH en GVG

Een vergelijking van het ITERATIO- en Wamelink-indicatorsysteem voor pH en GVG

Stephan Hennekens<sup>1</sup>, Jan Holtland<sup>2</sup>, Nils van Rooijen<sup>1</sup>, Wieger Wamelink<sup>1</sup> & Wim Ozinga<sup>1</sup>

1 Wageningen Environmental Research

2 Holtland Eco Advies

BAPS-projectnummer WOT-04-010-034.72

**Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu**

Wageningen, maart 2022

---

**Wot-rapport 140**

ISSN 1871-028

DOI [10.18174/564312](https://doi.org/10.18174/564312)

---

## Referaat

Hennekens, S.M., J. Holtland, N.M. van Rooijen, G.W.W. Wamelink & W.A. Ozinga (2022). *Planten als indicatoren voor pH en GVG; Een vergelijking van het ITERATIO- en Wamelink-indicatorsysteem voor pH en GVG*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 140. 73 blz.; 15 fig.; 10 tab.; 54 ref; 3 Bijlagen.

Er wordt door PBL, WOT/WENR, CBS en provincies gebruikgemaakt van indicatoren om veranderingen in milieuocondities te signaleren. Het gaat om de toestand en trend van milieuocondities, zoals voedselbeschikbaarheid voor plantensoorten, pH en gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG).

In 2020 is door WENR, in samenwerking met Jan Holtland (Holtland Advies), een vergelijkende studie van indicatorsystemen uitgevoerd waarbij de aandacht naar voedselbeschikbaarheid van planten is gegaan.

In deze studie is naast ITERATIO en WW ook het Ellenbergindicatiesysteem voor Centraal-Europa meegenomen die gebruikt is als referentiekader om ITERATIO en WW met elkaar te kunnen vergelijken; alle overige uitgevoerde analyses gaan over de directe verschillen tussen ITERATIO en WW. De achtergrond van alle drie de indicatiesystemen wordt ook in dit rapport beschreven.

De onderzoeksvraag in deze studie is: Waardoor zijn de verschillen in geïndiceerde milieuocondities te verklaren die optreden bij berekeningen uitgevoerd met ITERATIO en WW en wat zegt dit over de gebruikswaarde voor het in beeld brengen van landelijke ontwikkelingen in pH en GVG?

*Trefwoorden:* pH, zuurgraad, GVG, Ecologische indicatie systemen, Wamelink-indicaties, ITERATIO, Ellenberg, LMF

## Abstract

Hennekens, S.M., J. Holtland, N.M. van Rooijen, G.W.W. Wamelink & W.A. Ozinga (2022). *Planten als indicatoren voor pH en GVG; Een vergelijking van het ITERATIO- en Wamelink-indicatorsysteem voor pH en GVG*. Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), WOt-rapport 140. 73 p.; 15 Figs; 10 Tabs; 54 Refs; 3 Annexes.

The Netherlands Environmental Assessment Agency, WOT/WENR, Statistics Netherlands and the provincial authorities use indicators to identify and measure the status and trends in environmental parameters, such as plant nutrient availability, soil pH and the average groundwater levels in spring. In 2020 WENR and Jan Holtland (Holtland Advies) carried out a comparative study of indicator systems focusing on plant nutrient availability. In the present study, in addition to the ITERATIO and WW systems, use is made of the Ellenberg indicator system for Central Europe as a reference against which to compare ITERATIO and WW values; all other analyses that have been carried out are direct comparisons of the differences between ITERATIO and WW. This report also contains a concise background description of the three systems. The research question for the study is: How can the differences between the values for the environmental parameters calculated in the ITERATIO and WW systems be explained, and what are the consequences for the application of these systems for identifying national trends in soil pH and average groundwater levels in spring.

*Keywords:* pH, acidity, groundwater level in spring, ecological indicator systems, Wamelink indicators, ITERATIO, Ellenberg, LMF

*Foto omslag:* Wieger Wamelink

© 2022 **Wageningen Environmental Research**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 58 87; e-mail: [stephan.hennekens@wur.nl](mailto:stephan.hennekens@wur.nl)

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (unit binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 54 71, [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl), [www.wur.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wur.nl/wotnatuurenmilieu).

WOT Natuur & Milieu is onderdeel van Wageningen University & Research.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/564312> of op [www.wur.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wur.nl/wotnatuurenmilieu). De WOT Natuur & Milieu verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

- 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.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

---

# Woord vooraf

Voor het Compendium van de Leefomgeving en de Digitale Balans wordt voor het bepalen van de kwaliteit en trends in ecosystemen gebruikgemaakt van indicatiewaarden van planten. Verkennende analyses met gebruikmaking van de Wamelink-indicatiewaarden en de indicatiewaarden berekend met ITERATIO laten min of meer systematische verschillen zien tussen beide systemen, in het bijzonder pH-H<sub>2</sub>O en de Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand. Beide systemen zijn de enige indicatorsystemen in Nederland waarbij gebruik wordt gemaakt van gemeten waarden. In deze studie worden de twee systemen op verschillende manieren met elkaar vergeleken om na te gaan waar deze verschillen op zijn gebaseerd. Ook levert deze studie informatie die kan helpen bij het beantwoorden van de vraag welke van de twee indicatiesystemen de voorkeur verdient om de abiotische condities van vegetatieopnamen te duiden, in het bijzonder de opnamen gemaakt in het kader van het Landelijk Meetnet Flora.

Deze studie is een vervolg op een eerder uitgevoerde studie naar het gebruik van ecologische indicatoren voor het indiceren van de voedselrijkdom van de bodem (Hennekens et al., 2020, WOt technical report 191).

Op deze plaats willen de auteurs iedereen danken die een bijdrage heeft geleverd aan de levendige discussies met betrekking tot een toch wel lastig onderwerp: Marlies Sanders (WENR), Arco van Strien (CBS), Peter van der Molen (BIJ12) en van het PBL Dirk-Jan van der Hoek, Hendrien Bredenoord en Arjen van Hinsberg. Arjen en Marlies hebben bovendien in hun rol als extern, respectievelijk intern contactpersoon een belangrijke bijdrage geleverd aan het Plan van Aanpak.

De auteurs





---

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>Summary</b>	<b>11</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>13</b>
<b>2 Achtergrond indicatiesystemen</b>	<b>17</b>
2.1 ITERATIO pH-H <sub>2</sub> O en GVG	17
2.1.1 Inleiding	17
2.1.2 pH-H <sub>2</sub> O	18
2.1.3 GVG	19
2.1.4 Iteratieve berekening van de indicatiewaarde van opnamen	19
2.1.5 Toepassing op regionaal of landelijk niveau	22
2.2 WW pH-H <sub>2</sub> O en GVG	23
2.2.1 Inleiding	23
2.2.2 Opstellen indicatiewaarden	23
2.2.3 Weegwaarden	25
2.2.4 Discussie	26
2.3 Ellenberg vocht en pH	27
2.3.1 Inleiding	27
2.3.2 Hoe zijn de Ellenberg-indicatiewaarden tot stand gekomen?	27
2.3.3 Ellenberg-indicatiewaarden voor pH	28
2.3.4 Ellenberg-indicatiewaarden voor vochtbeschikbaarheid	29
<b>3 Analyses</b>	<b>31</b>
3.1 Data	31
3.1.1 LVD	31
3.1.2 LMF	33
3.2 Berekening WW-indicatiewaarden	33
3.2.1 Vergelijking effect van weegwaarden op WW-indicatiewaarden voor LMF-opnamen	34
3.3 Vergelijking indicatiewaarden soorten	34
3.3.1 Inleiding	34
3.3.2 Analyse	36
3.3.3 Conclusie	40
3.4 Vergelijking indicatiewaarden LMF-opnamen	41
3.4.1 Inleiding	41
3.4.2 Analyse	41
3.4.3 Conclusie	42
3.5 Vergelijking berekende indicatiewaarden pH met gemeten pH-waarden van vegetatieopnamen	43
3.5.1 Inleiding	43
3.5.2 Analyse	44
3.5.3 Conclusie	45
3.6 WW- en ITERATIO-indicaties van soorten versus Ellenberg-indicaties	45
3.6.1 Inleiding	45
3.6.2 Analyse	46
3.6.3 Resultaten en conclusie	46
3.7 Vegetatieopnamen nader geanalyseerd	48
3.7.1 Inleiding	48

---

	3.7.2 Effect van regionalisering	48
	3.7.3 Conclusie	49
<b>4</b>	<b>Discussie, conclusies en aanbevelingen</b>	<b>51</b>
	4.1 Discussie	51
	4.2 Conclusies	52
	4.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	53
	<b>Literatuur</b>	<b>55</b>
	<b>Verantwoording</b>	<b>59</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Vergelijking gemiddelde WW-indicatiewaarden-opnamen met verschillende instelling voor weging van bedekking en gewicht</b>	<b>61</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>GVG-analyse Drentsche Aa</b>	<b>65</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Elektronische bijlagen</b>	<b>71</b>

---

# Samenvatting

Er wordt door PBL, WOT/WENR, CBS en provincies gebruikgemaakt van indicatoren om veranderingen in milieucondities te signaleren. Het gaat om de toestand en trend van milieucondities, zoals voedselbeschikbaarheid voor plantensoorten, pH en de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG).

In 2020 is door WENR, in samenwerking met Jan Holtland (Holtland Advies), een vergelijkende studie van indicatorsystemen uitgevoerd waarbij de aandacht naar voedselbeschikbaarheid van planten is gegaan.

In de huidige studie hebben we ons gericht op twee andere voor planten belangrijke milieufactoren, namelijk pH en GVG (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand). Aanleiding was de bevinding van Arco van Strien van het CBS die bij de analyse van de data van het Landelijke Meetnet Flora (LMF) verschillen constateerde tussen pH-indicatiewaarden uitgerekend met ITERATIO en door WENR-onderzoeker Wieger Wamelink opgestelde indicaties, de zogenaamde WW-indicaties.

In de onderhavige studie is naast ITERATIO en WW ook het Ellenbergindicatiesysteem, het langst beschikbare indicatiesysteem voor Centraal-Europa, meegenomen. De Ellenberg-indicaties zijn gebruikt als referentiekader om ITERATIO en WW met elkaar te kunnen vergelijken; alle overige uitgevoerde analyses gaan over de directe verschillen tussen ITERATIO en WW. De achtergrond van alle drie de indicatiesystemen wordt ook in dit rapport beschreven.

De onderzoeksvraag in deze studie is: Waardoor zijn de verschillen in geïndiceerde milieucondities te verklaren die optreden bij berekeningen uitgevoerd met ITERATIO en WW en wat zegt dit over de gebruikswaarde voor het in beeld brengen van landelijke ontwikkelingen in pH en GVG? Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is een aantal analyses uitgevoerd.

Om de berekening van de gemiddelde WW-indicatiewaarden van de vegetatieopnamen zo veel mogelijk in lijn te houden met de manier waarop dat in ITERATIO wordt uitgevoerd, zijn de relatieve bedekking én de weegwaarden (zeggingskracht van een soort) van de plantensoorten meegenomen.

Een eerste vergelijking tussen beide systemen is gedaan op basis van de indicatiewaarden op soortniveau. De overige analyses zijn uitgevoerd op opnameniveau op basis van de met beide systemen berekende indicatiewaarden; hierbij is ook gekeken naar verschillen per begroeiingstype.

Voorts zijn berekende WW- en ITERATIO-indicatiegetallen van LMF-opnamen tegen elkaar afgezet, waarbij ook gekeken is naar verschillen per begroeiingstype.

Op basis van een dataset van 1069 vegetatieopnamen uit het LMF-meetnet met gemeten pH-waarden zijn ITERATIO en WW vergeleken met de gemeten waarden. Voor de GVG bestaat helaas geen onafhankelijke validatieset.

Ook zijn de indicatiewaarden van de soorten uit ITERATIO en WW afgezet tegen de Ellenberg-indicatiewaarden; dit is zowel voor de pH als de GVG gedaan.

Om meer inzicht te krijgen in hoe een analyse met gemeten GVG kan plaatsvinden en de problemen die zich daarbij voordoen, zijn de peilbuisgegevens vergeleken met de uitkomsten van een ITERATIO-analyse van twee opeenvolgende vegetatiekarteringen van het natuurgebied de Drentsche Aa.

Ten slotte is, om verder inzicht te krijgen in hoe verschillen in indicatiewaarden van soorten doorwerken in de berekening van een opnamegemiddelde, een beperkte set van LMF-opnamen nader geanalyseerd die qua locatie valt binnen de regio Kalkrijke zeelei.

---

Beide indicatiesystemen (ITERATIO en WW) verschillen in meerdere aspecten, niet alleen wat betreft de indicatiegetallen voor individuele soorten en de methodische totstandkoming van deze getallen, maar vooral ook in de manier waarop ermee gerekend wordt voor het indiceren van milieucondities. Bij ITERATIO hebben alleen sommige soorten een hoge ecologische zeggingskracht en een vaste indicatorwaarde; dit betreft zo'n 15% van de soorten. Bij WW hebben alle soorten een vaste indicatorwaarde.

Bovendien is ITERATIO een geregionaliseerd systeem, althans wat betreft pH, waarbij soorten voor zeven landschapstypen andere indicatiewaarden kunnen hebben. Zo zijn er verschillende soorten die zowel op zure als op basische bodems goed gedijen en daarmee een verschillende pH indiceren, afhankelijk van de plek waar ze voorkomen.

Verder is de laagste pH-waarde voor een soort bij ITERATIO 3.8, terwijl dat bij WW 3.0 is. Dit verschil in laagste pH-indicatie zal een van de verklaringen zijn voor de systematisch lager ingeschatte bodem-pH bij het werken met WW-getallen.

Daarnaast zijn voor individuele soorten de indicatiewaarden bij de twee methoden soms verschillend. Deze verschillen treden met name op aan de extremen van de milieugradiënten. Ook zijn de verschillen tussen indicatiewaarden niet gelijk bij elk type levensvorm. Bomen en struiken lijken daarin het meest af te wijken tussen de twee systemen: hierbij indiceren bomen en struiken binnen WW een aanmerkelijk lagere pH en een hogere GVG (droger) dan ITERATIO. Het wel of niet meenemen van bomen en struiken binnen het WW-systeem kan een relatief groot effect hebben op de indicatie; met andere woorden, een PQ met bomen en struiken indiceert volgens de WW-systematiek een andere milieuconditie dan eenzelfde PQ zonder bomen en struiken. Bij ITERATIO levert een toename van bomen en struiken per definitie geen verandering, omdat ze een lage weegwaarde hebben en qua indicatorwaarde dezelfde waarde krijgen als de soorten waarmee ze voorkomen.

Concluderend kan worden gesteld dat wat betreft pH vooralsnog geen van de twee systemen kan worden aangewezen als meest bruikbare. De bruikbaarheid lijkt af te hangen van het pH-traject waarin het systeem wordt gebruikt. Verder onderzoek is echter nodig, waarbij vooral op opnameniveau gekeken moet worden hoe plausibel veranderingen in de indicatiewaarde zijn en welke soorten bepalend zijn voor de uitkomsten. Het ligt voor de hand om hiertoe nadere analyses te doen op het niveau van tijdsreeksen op individuele locaties/LMF-PQ's.

Voor GVG is feitelijk alleen de vergelijking met Ellenberg-bodemvocht als validatie gebruikt en hieruit is naar voren gekomen dat ITERATIO wel een duidelijk verband laat zien met Ellenberg-indicaties en WW niet. Dit geldt vooral aan de uiteinden van de gradiënt.

Verder onderzoek is nodig om te komen tot bruikbare methoden om landelijke trends in milieu-indicatorwaarden te gaan bepalen. Hiervoor worden in dit rapport een aantal aanbevelingen gedaan.

---

# Summary

The Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), Wageningen Environmental Research (WOT/WENR), Statistics Netherlands (CBS) and the provincial authorities use indicators to assess the status and trends in environmental parameters such as plant nutrient availability, soil pH and the average groundwater level in spring (GVG). In 2020 WENR, in collaboration with Jan Holtland (Holtland Advies) conducted a comparative study of different indicator systems focusing on plant nutrient availability.

In the present study we focused on two other important environmental parameters for plants: soil pH and GVG. The study was prompted by systematic differences between the pH indicator values calculated with ITERATIO systems and the indicator values prepared by WENR researcher Wieger Wamelink (WW indicators). This discrepancy was observed by Arco van Strien (Statistics Netherlands) when analysing data from the National Flora Monitoring Network (LMF).

Besides the ITERATIO and WW systems, the study also used results from the Ellenberg indicator system, the oldest available indicator system for Central Europe, as a reference against which to compare ITERATIO and WW. All other analyses carried out in the past have been direct comparisons of the differences between the outcomes of ITERATIO and WW. The report also contains a concise background description of the three systems.

The research question for the study is: How can the differences between the values for the environmental parameters calculated in the ITERATIO and WW systems be explained, and what are the consequences for the application of these systems for identifying national trends in soil pH and GVG? To answer this question we carried out a number of analyses.

To bring the calculation of the average WW indicator values for vegetation as far as possible into line with how this is done in the ITERATIO system, the relative coverage of the species and their weights (the relative explanatory power of a species) were included in all calculations. An initial comparison was made between the indicator values of the two systems at species level. The other analyses were performed on the indicator values of the systems at plot observation level, including the differences per vegetation type. Then the calculated WW and ITERATIO indicator values of LMF vegetation records were compared against each other, also including differences per vegetation type. The ITERATIO and WW pH indicator values for 1,069 vegetation plot observations from the LMF were then compared with an associated dataset of actual measured soil pH values for the same plot observations. Unfortunately, no such datasets are available for GVG. In addition, the ITERATIO and WW species indicator values were compared with the Ellenberg values for both pH and GVG. To gain a better understanding of how a GVG analysis can be done and of the problems that can arise, data from groundwater observation wells in the Drentsche Aa area were compared with the results of ITERATIO analyses based on two consecutive vegetation maps of the same area. Lastly, in order to assess how differences in indicator values for individual species affect the average value at plot observation level, a subset of LMF data from the calcareous sea clay areas was analysed.

The ITERATIO and WW systems differ in various ways, not only in terms of the indicator values for individual species and the methods for obtaining these values, but particularly in the way these values are used to indicate environmental conditions. In ITERATIO only about 15% of species have a high ecological explanatory power and fixed indicator value. In WW all the species have a fixed indicator value. Moreover, ITERATIO is a regional system for soil pH that takes account of the fact that some species grow well on both acid and alkaline soils and are therefore indicative of different pH values depending on where they are found. These species have different values for seven landscape types. Furthermore, ITERATIO has a lower pH limit of 3.8, while WW uses a lower limit of 3.0. This may have played a role in the systematically lower soil pH values when working with WW.

---

The indicator values for individual species can also differ between the two systems, particularly at the extremes of environmental gradients. The differences between indicator values are also not consistent for each type of life form. In this respect, trees and shrubs seem to differ most between the two systems. Trees and shrubs indicate a significantly lower pH and dryer conditions in the WW system than in the ITERATIO system. In the WW system, therefore, a permanent quadrat containing tree and shrub species may indicate different environmental conditions than a similar quadrat with no trees or shrubs. In ITERATIO an increase in trees and shrubs cannot lead to a change in values as they have a lower weight and have the same indicator value as co-occurring species.

We conclude that for pH neither ITERATIO nor WW can be considered a more reliable indicator system than the other. Their applicability is dependent on the pH spectrum within which they are used. Additional research is necessary to assess the plausibility of changes in indicator values and which species affect the results at plot observation level, preferably using LMF time series for individual sites.

For the groundwater level during spring only Ellenberg values could be used as a reference. ITERATIO showed a clear correlation with the Ellenberg values and WW did not, particularly at both environmental extremes.

Further research is needed to develop reliable methods for determining national trend in indicator values. This report contains a number of recommendations on how this could be done.

---

# 1 Inleiding

Er wordt door PBL, WOT/WENR, CBS en provincies gebruikgemaakt van indicatoren om veranderingen in milieucondities te signaleren. Het gaat daarbij om trendindicatoren voor bodem-pH, grondwaterstand en stikstofbeschikbaarheid, zoals gepubliceerd in het Compendium voor de Leefomgeving en de Digitale Balans van de Leefomgeving.<sup>1</sup>

Deze indicatoren zijn ontwikkeld omdat voldoende directe abiotische metingen maar zeer beperkt beschikbaar zijn. De indicatoren worden gebruikt om te duiden hoe de dominante drukfactoren op natuur zich ontwikkelen (trends). Dezelfde informatie wordt ook ruimtelijk vertaald naar kaarten van drukfactoren in natuurgebieden om inzicht te geven in de omvang van knelpunten in verzuring, vermessing en verdroging (areaal).

Er zijn de afgelopen jaren verschillende indicatiesystemen ontwikkeld met indicatiewaarden van plantensoorten voor verschillende milieucondities (Lock et al., 2015). Hiermee kunnen vanuit vegetatieopnamen indicatiewaarden van lokale milieucondities berekend worden. Uit deze vergelijkende studie van Lock et al. (2015) kwam het beeld naar voren dat resultaten van de verschillende indicatiesystemen onderling sterk correleerden en niet veel verschilden. PBL heeft destijds gekozen voor de WW-getallen, omdat deze gebaseerd zijn op veldmetingen van de abiotische condities en ITERATIO, ontwikkeld door Staatsbosbeheer, tot 2018 niet vrij beschikbaar was. Door het PBL is in 2019 een quickscan uitgevoerd waarbij verschillende indicatiesystemen, namelijk de WW-getallen en de ITERATIO- en Ellenberg-indicatiewaarden, opnieuw met elkaar zijn vergeleken. Aanleiding was het niet-verwachte resultaat bij het gebruik van het WW-N-totaal als maat voor stikstofbeschikbaarheid voor plantensoorten bij veldexperimenten (hoge waarden voor N-totaal bij extensieve systemen, zoals blauwgraslanden). In vervolganalyses, uitgevoerd door WOT/WUR (Hennekens et al., 2020), werd geprobeerd antwoord te geven op de vraag wat een goed indicatiesysteem is voor de nutriëntenbeschikbaarheid van planten als indicator voor veranderingen in voedselrijkdom (vermessing).

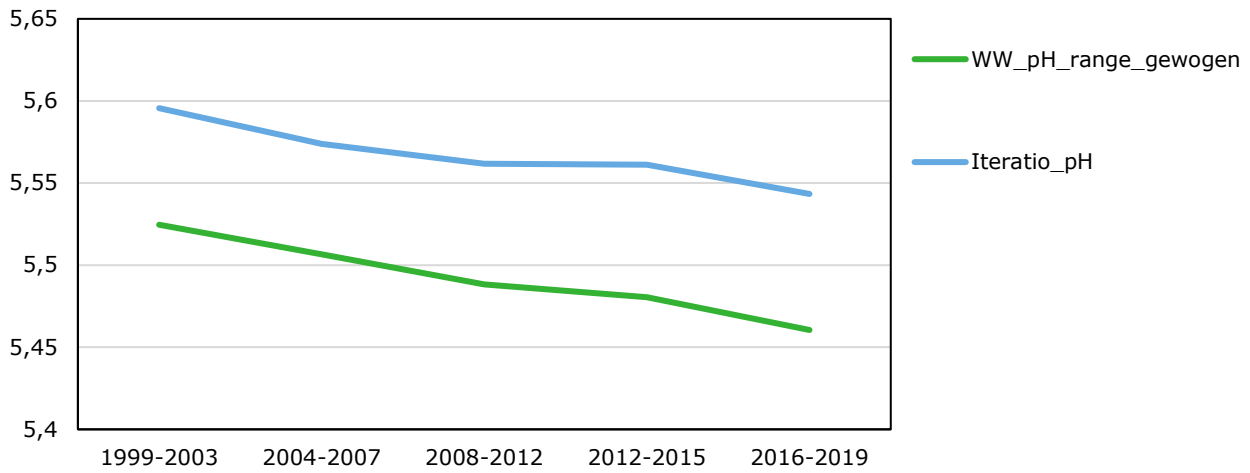
Op basis van diverse analyses werd geconcludeerd dat ITERATIO- en Ellenberg-trofie goede indicatoren voor nutriëntenbeschikbaarheid zijn, zeker ook als het gaat om het detecteren van temporele veranderingen in de vegetatie (trends). De WW-indicatoren (WW-NO3 of ieder andere WW-indicator) bleken niet geschikt als trofie-indicator, vooral omdat slechts één macronutriënt niet voldoende is om de complexiteit van nutriëntenbeschikbaarheid te vatten.

Bij toepassing van de indicatorsystemen op nationale schaal, op basis van de LMF-data voor de berekening van bodem-pH en de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG), zijn echter nieuwe vragen gerezen over de methode van berekening en zijn (systematische) verschillen tussen beide systemen aan het licht gekomen die niet begrepen worden. Figuur 1.1 laat bijvoorbeeld zien dat er een systematisch verschil tussen de geïndiceerde pH wordt berekend uitgaande van de ITERATIO- en WW-methode, maar eenzelfde trend wordt gevonden op basis de volledige LMF-dataset. Figuur 1.2 (GVG) laat ook verschil zien tussen beide indicatiesystemen, maar in dit geval zijn ook de trends verschillend.

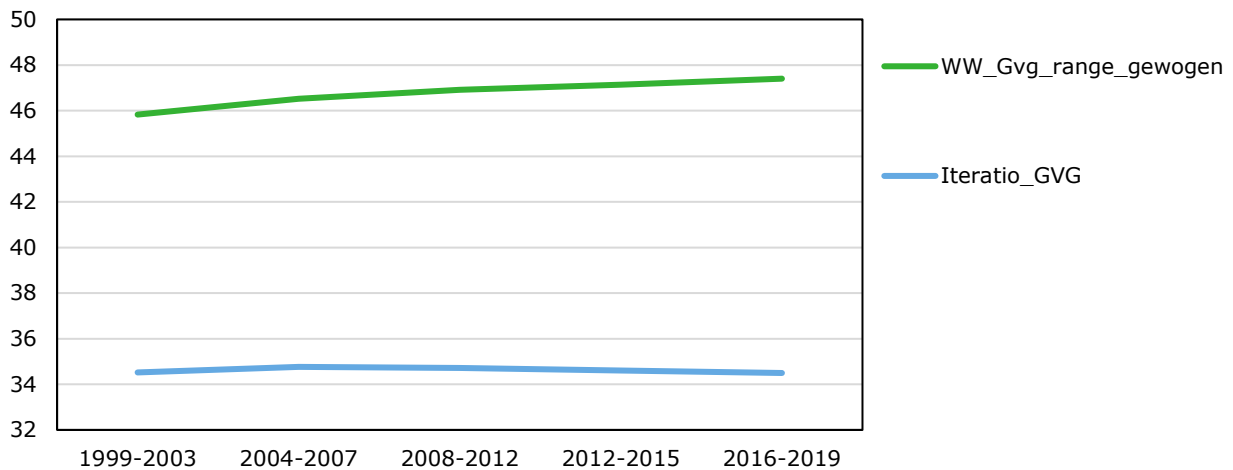
Een en ander vraagt daarom om aanvullend onderzoek naar een verklaring en naar optimalisering van de huidige berekeningswijzen. Dit begint met onderzoek dat gericht is op het begrijpen van de oorzaken van de huidige verschillen tussen beide indicatiesystemen. De focus zal daarbij liggen op bodem-pH en de GVG.

---

<sup>1</sup> <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1609-provinciale-trends-milieucondities>.  
<https://themasites.pbl.nl/balansvandeleeuomgeving/jaargang-2018/themas/natuur/toestand-en-trends-milieu-en-ruimtelijke-condities-landnatuur>.



**Figuur 1.1** PH-trend in LMF-data. Het verloop laat een systematisch verschil zien tussen berekeningen uitgevoerd met ITERATIO en WW-indicaties (bron: Arco van Strien, CBS).



**Figuur 1.2** GVG-trend (in cm -mv) in LMF-data. Het verloop laat een duidelijk verschil zien tussen berekeningen uitgevoerd met ITERATIO en WW-indicaties (bron: Arco van Strien, CBS).

### Aanpak

PBL, WOT/WENR, CBS en provincies willen graag weten welk indicatiesysteem ze het best kunnen gebruiken voor het berekenen van de indicatoren over milieudruk en milieuocondities (trend en areaal). In de onderhavige studie is naast ITERATIO en WW ook het Ellenbergindicatiesysteem, het langst beschikbare indicatiesysteem voor Centraal-Europa, meegenomen. De Ellenberg-indicaties zijn alleen gebruikt als referentiekader om ITERATIO en WW met elkaar te kunnen vergelijken (zie § 3.6); alle overige analyses gaan over de directe verschillen tussen ITERATIO en WW.

De achtergrond van alle drie de indicatiesystemen wordt beschreven in hoofdstuk 2.

De onderzoeksvraag in deze studie is: Waardoor zijn de verschillen in geïndiceerde milieuocondities te verklaren die optreden bij berekeningen uitgevoerd met ITERATIO en WW en wat zegt dit over de gebruikswaarde van de indicatorsystemen voor landelijke evaluaties van pH en GVG?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is een aantal analyses uitgevoerd met verschillende datasets. De gebruikte datasets worden beschreven in § 3.1.



---

Hieronder een puntsgewijs beknopt overzicht van de analyses:

- Om de berekening van de gemiddelde WW-indicaties van de vegetatieopnamen zo veel mogelijk in lijn te houden met de manier waarop dat in ITERATIO wordt uitgevoerd, zijn de relatieve bedekking van de soort in een opname én de weegwaarden (zeggingskracht van een soort uitgedrukt in de breedte van de milieurange: hoe smaller de milieurange waarin de soort voorkomt, hoe groter de zeggingskracht) van de plantensoorten meegenomen. Daarom wordt in § 3.2.1 ook verkend wat het effect is van verschillende manieren van weging op de WW-indicaties. Bij ITERATIO is deze verkenning niet uitgevoerd, omdat weging en bedekking van soorten onlosmakelijk verbonden zijn met de methode. Bovendien zijn de weegwaarden bij ITERATIO op andere wijze opgesteld.
- Vervolgens wordt een vergelijking gemaakt tussen de indicatiewaarden op soortniveau tussen de indicatiewaarden van beide indicatiesystemen (§ 3.3). De overige analyses zijn uitgevoerd op opnameniveau en met door beide systemen berekende indicatiewaarden.
- In § 3.4 zijn berekende WW- en ITERATIO-indicatiegetallen van LMF-opnamen tegen elkaar afgezet, waarbij ook gekeken is naar verschillen per begroeiingstype.
- Een vergelijking van berekende indicatiewaarden met gemeten waarden in een dataset van 1069 vegetatieopnamen is toegelicht in § 3.5; het betreft hier alleen de pH.
- In § 3.6 zijn de indicatiewaarden van de soorten van ITERATIO en WW afgezet tegen de Ellenberg-indicatiewaarden; dit is zowel voor de pH als de GVG gedaan.
- Om verder inzicht te krijgen in hoe verschillen in indicatiewaarden van soorten doorwerken in de berekening van een opnamegemiddelde, is in § 3.7 een beperkte set van LMF-opnamen geanalyseerd die qua locatie valt binnen de regio Kalkrijke zeeklei.
- In Bijlage 2 worden peilbuisgegevens vergeleken met de uitkomsten van een ITERATIO-analyse van twee opeenvolgende vegetatiekarteringen van het natuurgebied de Drentsche Aa en worden de problemen die met een dergelijke analyse gepaard gaan, toegelicht.

In tegenstelling tot Ellenberg-indicatoren en WW-indicatoren kent ITERATIO alleen regionaal vastgestelde waarden voor pH en landelijk vastgestelde waarden voor GVG voor een beperkt aantal soorten, zo'n 30% van het totaal aantal soorten in een te analyseren dataset. Het betreft over het algemeen soorten met een smalle ecologische bandbreedte. Voor alle andere, niet-vaste soorten wordt door middel van een aantal berekeningen (iteraties) de pH en GVG berekend, waarbij een grote set aan referentieopnamen wordt meegenomen. De berekeningen vinden altijd binnen een bepaalde landschappelijke context plaats (bijv. een Fysisch Geografische Regio). Voor een gedetailleerde uitleg zie § 2.1 en § 3.1.



## 2 Achtergrond indicatiesystemen

ITERATIO en WW zijn twee verschillende systemen waar het gaat om de berekening van de indicatie van vegetatieopnamen. Zo kent ITERATIO, in tegenstelling tot WW-indicatoren (en Ellenberg-indicatoren), alleen regionaal vastgestelde waarden voor pH. Voor GVG gelden wel landelijk vastgestelde waarden voor beide systemen. Een ander opmerkelijk verschil tussen ITERATIO en WW is dat bij ITERATIO zo'n 15% van de soorten een vaste waarde heeft. De indicatiewaarden van de soorten in een opname zonder vaste waarde worden berekend middels een aantal iteratieve stappen, waarbij naast de te analyseren opnamen tevens een grote set van referentieopnamen (bijv. een set van opnamen toegekend aan de regio Hogere zandgronden) wordt meegenomen. In Tabel 2.1 worden de belangrijkste verschillen tussen ITERATIO en WW genoemd.

De Ellenberg-indicaties zijn in deze studie meegenomen in enkele analyses als een onafhankelijk systeem waaraan ITERATIO en WW getoetst kunnen worden. Met name een vergelijking tussen de GVG-indicatie en het vochtgetal van Ellenberg verschaft inzicht dat anders niet verkregen kan worden, omdat vegetatieopnamen, met daaraan gekoppelde metingen van (betrouwbare) grondwaterstanden, uiterst schaars zijn.

In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de totstandkoming van de drie indicatorsystemen.

**Tabel 2.1** Belangrijkste verschillen tussen ITERATIO en WW.

	<b>ITERATIO</b>	<b>WW</b>
pH-indicatoren	Regionale lijsten	Landelijke lijst
GVG-indicatoren	Landelijke lijst	Landelijke lijst
Soorten met een vaste waarde	15%	100%
Weging soorten	0.33 - 3	1 - 9
Berekening indicaties opname	altijd in samenhang met een referentietabel	berekening per opname
Bomen en struiken met een vaste waarde	15%	100%
Variatie pH-waarden	3.8 - 8.5	2.8 - 8.6
Variatie GVG-waarden	-90 - 100 cm onder maaiveld	-42 - 116 cm onder maaiveld

### 2.1 ITERATIO pH-H<sub>2</sub>O en GVG

Het indirect afleiden van milieufactoren zoals pH en GVG, op basis van een vegetatieopname en indicatiewaarden van de samenstellende soorten, is niet nieuw. Verschillende indicatiesystemen werken tot nu toe vaak met het optimum in de responsiecurven van soorten zonder dat er weegwaarden voor de breedte van de range van een soort op een bepaalde milieugradiënt worden meegenomen. Dit werkt in het middengebied van een bepaalde milieu-as (= milieugradiënt) wel goed, maar naar de extremen toe worden de afwijkingen tussen de geïndiceerde waarden van vegetatieopnamen en de gemeten waarden (zeer) groot. De geïndiceerde waarden worden namelijk door middeling naar het midden getrokken; de extremen worden afgevlakt. Het indicatiesysteem ITERATIO heeft daar een oplossing voor gevonden.

#### 2.1.1 Inleiding

ITERATIO is ontwikkeld met de bedoeling de berekende milieufactoren zo direct mogelijk aan te laten sluiten op de ecologische vereisten van zowel de Natura 2000-habitattypen als de SNL-beheertypen. Het instrument ITERATIO is in eerste instantie opgezet om terreinconditiekaarten te maken van gekarteerde natuurterreinen. De vegetatieopnamen die zijn gemaakt om de typologie van de kaart te onderbouwen, worden gebruikt voor het berekenen van een indicatiewaarde van de gekarteerde vegetatietypen op de kaart. Daarbij wordt aangenomen dat de gemaakte vegetatieopnamen voldoende representatief zijn voor alle

---

kaartenheden waar het vegetatietype voorkomt. Vervolgens kunnen, indien van een gebied meerdere karteringen zijn uitgevoerd met bijvoorbeeld tussenliggende periodes van tien jaar, veranderingen van abiotische condities in beeld worden gebracht. Deze veranderingen in abiotische condities kunnen leiden tot gerichte beheersmaatregelen die genomen worden om de condities te verbeteren. In § 2.1.5. wordt uiteengezet wat er voor de toepassing op LMF-data is gewijzigd.

### 2.1.2 pH-H<sub>2</sub>O

Voor het ontwikkelen van pH-indicatiewaarden in ITERATIO was het mogelijk om indicatiewaarden voor soorten te bepalen op basis van beschikbare metingen gekoppeld aan vegetatieopnamen. Tevens is ook gebruik gemaakt van de Indicatorenreeks KIWA-Staatsbosbeheer (Aggenbach & Jalink, 1995, 1998a, 1998b, 2002, 2005). Als het aantal opnamen met een meting waarin een soort voorkomt te laag was, dan werd de soortindicatie vergeleken met de Indicatorenreeks en vastgesteld indien de overeenkomst sterk was. Op basis van dit geheel kon voor gebruik binnen ITERATIO de grootte van de abiotische range van soorten op de pH-as bepaald worden. Daarmee was het mogelijk om voor een aanzienlijk aantal soorten met een smalle range (= range op de milieu-as smaller dan gemiddeld) op deze milieu-as een indicatiewaarde te bepalen (het optimum van een soort op de milieu-as) en voor alle soorten een gewicht (hoe smaller de range hoe hoger het gewicht, hoe breder hoe lager, zie § 2.1.4).

Vervolgens is ITERATIO uitgevoerd met deze indicatiewaarden op een aantal grote sets vegetatieopnamen, bijvoorbeeld 2000 opnamen per landschapstype. Na het uitvoeren van de ITERATIO-analyse bleek dat de soorten met een smalle range op de pH-as hun smalle range behielden in de grote sets van vegetatieopnamen. Kennelijk waren de indicatiewaarden uit de beschikbare metingen van goede kwaliteit. Als namelijk soorten in de praktijk een bredere abiotische range hebben dan blijkt uit de gebruikte metingen, dan zal in de uitkomsten van ITERATIO blijken dat bijvoorbeeld zuur-indicerende soorten ook voorkomen in opnamen met soorten die duidelijk minder zuur indiceren. Maar dat was dus niet het geval. Duidelijk is dat het bepalen van de abiotische amplitude en de indicatiewaarden alleen mogelijk is op basis van vegetatieopnamen in een zo homogeen mogelijk milieu, dus met zo min mogelijk zuurgraadverschillen in de bodem binnen één opname.

Vervolgens was het mogelijk om het aantal soorten met een indicatiewaarde uit te breiden door het draaien van ITERATIO met grote opnamesets. Uit de resultaten bleek dat er meer soorten waren met een smalle range voor pH dan het aantal gebaseerd op de vegetatieopnamen waarbij de pH was gemeten. Ook dit werd weer getest met andere grote opnamesets, waarbij de smalle ranges intact moesten blijven. Als de smalle range intact bleef, kregen deze soorten een pH-indicatiewaarde op basis van het optimumvoorkomen in de smalle range en een hoog gewicht. Als de smalle range niet intact bleef, kreeg de betreffende soort geen gefixeerde indicatiewaarde en een lager gewicht.

Op deze manier kon voor alle soorten die voldoende in de opnamesets voorkwamen een gewicht bepaald worden op basis van de breedte van de range voor deze milieufactor. De overige soorten – die dus niet voldoende in de sets voorkwamen – kregen een standaard laag gewicht.

#### *Regionalisatie*

Om de nauwkeurigheid van de uitkomsten van ITERATIO te verbeteren, is er in het geval van pH voor gekozen afzonderlijke indicatielijsten te maken voor verschillende delen van Nederland, in dit geval de Fysisch Geografische Regio's. Voor GVG is dat nog niet gedaan, het gebrek aan betrouwbare metingen gekoppeld aan opnamen maakt dat nog niet mogelijk. Onder kalkrijke omstandigheden hebben veel soorten een andere GVG-range dan onder kalkarme omstandigheden; *Parnassia* bijvoorbeeld kan onder kalkrijke omstandigheden veel droger voorkomen dan onder kalkarme omstandigheden, dit speelt bij veel meer soorten.

In zuurdere regio's, bijvoorbeeld de Hogere Zandgronden, zullen soorten (zoals Eenbes) die een wat hogere pH nodig hebben alleen in de kwelzones voor kunnen komen. Kwel gaat altijd gepaard met een hoge GVG. In de kalkrijke regio's, bijvoorbeeld Heuvelland, komen deze soorten ook buiten de kwelzones voor.

Ook zijn er mogelijk verschillen in GVG-range van soorten die worden veroorzaakt door het bodemtype met zand-, veen- dan wel kleibodems. Mogelijk kunnen in de komende jaren hiermee nog verbeteringen doorgevoerd worden aan ITERATIO-GVG.

### 2.1.3 GVG

Voor het ontwikkelen van GVG-indicatiewaarden was het beperkt mogelijk om indicatiewaarden voor soorten te bepalen op basis van beschikbare metingen gekoppeld aan vegetatieopnamen. Eigenlijk voldeden alleen de resultaten van het Referentieproject Alterra-Staatsbosbeheer (Beets, 2000) aan de eisen. Om uit te kunnen gaan van peilbuismetingen moeten deze aan hoge eisen voldoen, zoals voldoende lange reeksen, stabiele vegetaties, boorbeschrijvingen, nauwkeurige inmeting et cetera. Daarnaast zijn diverse andere bronnen gebruikt, zoals overige peilbuisgegevens, de Indicatorenreeks KIWA-Staatsbosbeheer, veldwaarnemingen en syn-ecologische beschrijvingen van vegetatietypen. Hiermee werd met name gecontroleerd of soorten inderdaad een smalle range hebben. In andere gevallen werden indicatiegetallen overgenomen als er duidelijk voor te weinig soorten een indicatiewaarde uit de metingen kon worden afgeleid.

Op basis hiervan kon op dezelfde wijze als gedaan met de pH voor gebruik binnen ITERATIO de breedte van de ranges van soorten op GVG-as bepaald worden. Daarmee was het mogelijk om voor een aanzienlijk aantal soorten met een smalle range op deze milieu-as een indicatiewaarde te bepalen (het optimum van een soort op de milieu-as) en voor alle soorten een gewicht (hoe smaller, hoe hoger het gewicht, hoe breder hoe lager, zie hierna).

#### *Regionalisatie*

Ook al zijn er voor GVG geen verschillende indicatielijsten opgesteld, te zien is in bijlagentabel 'IT\_WW\_EL\_indicaties.xlsx' dat als de analyse per regio plaatsvindt, de niet-gefixeerde soorten toch verschillend uitkomen per regio. Zie als voorbeeld hieronder Gesnaveld boogsterrenmos. Duidelijk is dat de soort in de kalkrijke regio's droger voor kan komen dan in de zuurdere regio's.

*Voorbeeld GVG-indicatiewaarde (uitgedrukt in cm onder maaiveld) van Plagiomnium rostratum (Gesnaveld boogsterrenmos) in verschillende regio's. Van deze soort waren maar weinig metingen in de verschillende regio's en hebben daarom een lage (standaard) weegwaarde toegewezen gekregen.*

Regio	Soortnummer	Soortnaam	GVG	GVG_vast	GVG_weegwaarde
HZ	2878	Plagiomnium rostratum	19	0	33
LV	2878	Plagiomnium rostratum	0	0	33
RI-kalkarm	2878	Plagiomnium rostratum	20	0	33
ZK-kalkarm	2878	Plagiomnium rostratum	9	0	33
AZ	2878	Plagiomnium rostratum	9	0	33
DU-kalkrijk	2878	Plagiomnium rostratum	53	0	33
HL	2878	Plagiomnium rostratum	37	0	33
RI-kalkrijk	2878	Plagiomnium rostratum	46	0	33
ZK-kalkrijk	2878	Plagiomnium rostratum	16	0	33

### 2.1.4 Iteratieve berekening van de indicatiewaarde van opnamen

Algemeen wordt ingezien dat soorten met een smalle range op een bepaalde milieu-as, de scherpste indicatie opleveren. Echter, dergelijke soorten komen in de praktijk in lang niet alle opnamen voor. Voor ITERATIO is daarom een statistiek ontwikkeld waarbij het 'werk' gedaan wordt door de smalle soorten en waarbij de bredere soorten via een iteratief proces gefit worden op de milieugradiënt die in hoge mate door de smalle soorten gedefinieerd wordt. De bredere soorten die geen gefixeerde indicatiewaarde hebben, krijgen zo een waarde die bepaald wordt door de smalle soorten bij wie ze in de opnamen voorkomen. Zo wordt bereikt dat de smalle soorten de milieugradiënt bepalen en waarbij toch ook vegetatieopnamen zonder deze smalle soorten een indicatiewaarde krijgen (Holtland et al., 2010).

---

De iteratieve berekening verloopt als volgt. Nadat de te analyseren opnamen ingelezen zijn en de soorten daarvan verbonden zijn met de indicatiegetallen en/of gewichten, wordt in de eerste stap voor alle opnamen een eerste indicatie berekend op basis van het gewogen gemiddelde van de samenstellende soorten en hun bedekking in de opname. Veel opnamen krijgen nog geen waarde, omdat lang niet alle soorten een gefixeerde indicatiewaarde hebben. Een deel van de opnamen krijgt wel een waarde, omdat er minimaal één soort in voorkomt met een indicatiewaarde.

In een tweede stap wordt er nu voor alle soorten een indicatiewaarde berekend op basis van de in de eerste stap berekende waarden van de opnamen waarin de soort voorkomt, ook nu weer als gewogen gemiddelde over deze waarde, de bedekking van de soort in de opnamen en het toegekende gewicht van de soort. Het aantal soorten met een indicatiewaarde is nu aanzienlijk groter geworden, omdat een aantal daarvan voorkomt in opnamen die soorten met een gefixeerde waarde bevatten. Die soorten zonder gefixeerde waarde krijgen in deze stap dus ook een indicatiewaarde.

In een derde stap wordt stap 1 herhaald: de opnamen krijgen een nieuwe waarde op basis van de samenstellende soorten. Nu krijgen veel meer opnamen een waarde.

In een vierde stap wordt stap 2 herhaald en krijgt weer een groter aantal soorten een waarde, die anders kan zijn dan die na stap 2.

Na enkele tientallen herhalingen van deze stappen hebben alle soorten een indicatiewaarde gekregen, net als alle opnamen. Deze waarden veranderen niet meer door meer iteraties. Normaal is dat het geval na 10 tot hooguit 100 iteraties.

De soorten zonder een gefixeerde waarde krijgen een waarde op basis van de soorten waarmee ze samen voorkomen in de beschikbare opnametabel. Brede soorten zullen voorkomen samen met diverse smalle soorten over een groot deel van de milieugradiënt en zullen een indicatiewaarde krijgen die ergens in het midden zal liggen, tenzij hun bedekking aan een uiteinde van de gradiënt veel groter is dan voor de rest. Betrekkelijk smalle soorten krijgen een waarde die afhangt van de smalle soorten waarmee ze samen voorkomen. Het voordeel van deze berekening is dat de smalle soorten met hun grote gewicht voorkomen dat er een sterke 'middeling naar het midden' plaatsvindt. Soorten met een brede amplitude hebben op basis van uit metingen bekende gedrag een (zeer) laag gewicht gekregen in de standaard indicatielijst. Ook dat maakt dat er minder 'middeling naar het midden' plaatsvindt. Eigenlijk behandelt ITERATIO de opnametabel als een super-vegetatieopname. Het gebiedseigen karakter van het betreffende natuurgebied of geografische regio wordt op deze manier zo goed mogelijk tot expressie gebracht.

#### *Toekennen van indicatiewaarden*

Voor een goede werking van ITERATIO is het voldoende dat ca. 30% van de soorten in een set van opnamen een gefixeerde en van tevoren vastgestelde indicatiewaarde heeft. Dat zijn met name de soorten met een smalle amplitude voor de betreffende milieufactor (pH, GVG, trofie). De indicatiewaarde wordt bepaald door het optimum van de soort, waarbij de mate van voorkomen en de grootste bedekking van de soort in de opnamen een rol spelen, dus de positie op de milieugradiënt waar de soort zijn grootste concurrentiekracht heeft.

Bij het bepalen van de GVG-indicatiewaarden speelt een bijzondere omstandigheid: bij GVG's dieper dan 50 à 70 cm beneden maaiveld gaat er een steeds sterkere interferentie plaatsvinden tussen GVG en vochthoudend vermogen van de bodem. Het maakt voor planten die enigszins vochtige condities in het voorjaar nodig hebben niet uit of het vocht afkomstig is van capillaire werking vanuit het grondwater of van het hangwater in een bijvoorbeeld lemige bodem, waarbij het echte grondwater veel dieper kan zijn. Nog groter wordt de variatie in GVG voor soorten die bij droge omstandigheden hun grootste concurrentiekracht hebben. Het maakt voor die soorten niet uit of de GVG 1 m onder maaiveld ligt of bijvoorbeeld 5 m, in beide gevallen is het even droog in de wortelzone. Eigenlijk kun je in dergelijke gevallen alleen maar stellen dat de GVG dieper ligt dan 50 à 70 cm, maar niet hoeveel dieper. Om die reden zijn de indicatiegetallen voor ITERATIO afgetoet op maximaal 100 cm beneden maaiveld en in de legenda van de kaarten is de droogste klasse dan: dieper dan 50 cm. Ook rekenkundig werkt het niet goed als er soorten een indicatie krijgen bijvoorbeeld 250 cm beneden maaiveld (op basis van hun gemiddelde voorkomen in de peilbuisdata). Vochtige opnamen met een aantal van dergelijke soorten komen dan te droog uit.

---

Voor de pH geldt ook een bijzondere omstandigheid, namelijk situaties waarin de pH lager dan 4,2 is. Plantensoorten met een indicatiewaarde van een pH lager dan 4,2 verdragen over het algemeen ook wel een lagere pH. Bij een pH van 4 zul je daarom regelmatig dezelfde soortensamenstelling aantreffen als bij een pH van bijvoorbeeld 3,2 of nog wel lager. Eigenlijk kun je daarom alleen aangeven dat de pH lager ligt dan 4,2. Hoeveel lager is niet goed af te leiden vanuit de soortensamenstelling. Om hier binnen ITERATIO goed mee om te kunnen gaan, is aan dergelijke soorten een indicatiewaarde toegekend van 3,8. Opnamen die enkel bestaan uit soorten met een indicatiewaarde van 3,8 krijgen dus een waarde van 3,8. In de legenda wordt dan vermeld lager dan 4,2. Ook voor regionale en landelijke toepassing is dit van belang. Verdergaande verzuring onder de 4,2 is niet goed met plantensoorten aan te tonen. Beneden 4,2 gaat het toxische Al in oplossing en wordt dan voor veel soorten een beperkende factor. Omgekeerd zullen door maatregelen gericht op het verhogen van de pH pas effecten geconstateerd worden in ITERATIO als de pH hoger dan 4,2 is.

#### *Toekennen van gewichten*

Alle soorten hebben voor gebruik van ITERATIO een gewicht gekregen. Soorten met een gemiddelde amplitude voor de betreffende milieufactor krijgen een gewicht van 1. Zeer smalle soorten krijgen een gewicht van 3 en de soorten die daartussenin vallen een gewicht van 2. Soorten die voorkomen over (vrijwel) de gehele range van de milieufactor krijgen een gewicht van 0,05 indien ze over die range ook nog hoge bedekkingen in de opnamen kunnen bereiken. Soorten die net zo breed zijn, maar over een deel van hun amplitude een voorkomen met lagere bedekkingen in de opnamen, krijgen een gewicht van 0,1. Soorten die qua breedte tussen zeer breed en gemiddeld scoren, krijgen een gewicht van 0,2 of 0,3, afhankelijk van hun amplitude. Soorten die onvoldoende voorkwamen in de opnamesets hebben voorlopig een gewicht van 0,33 gekregen.

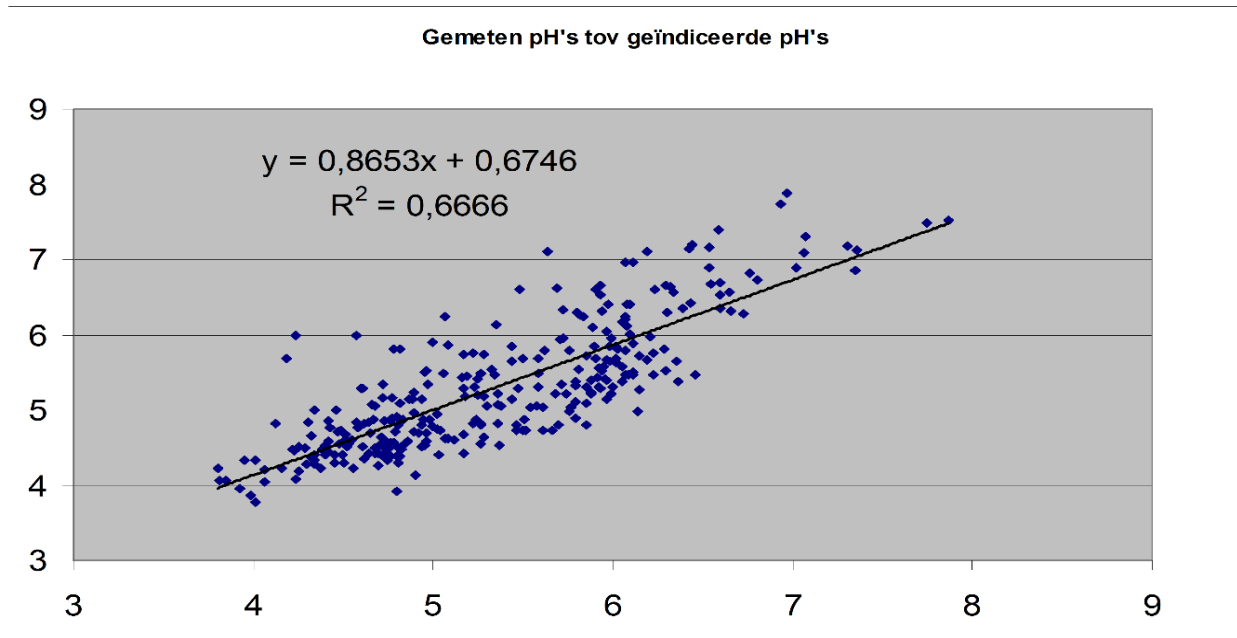
Voor soorten die vaak met zeer hoge bedekkingen voorkomen in de opnamen (dat zijn ook bijna altijd soortenarme opnamen) is het gewicht extra verlaagd, bijvoorbeeld van 0,3 naar 0,2 of van 0,05 naar 0,01. Andersom hebben soorten die vrijwel altijd een zeer lage bedekking hebben een wat hoger gewicht gekregen.

#### *Bedekking als gewicht*

In ITERATIO wordt de bedekking van de soorten meegenomen bij de berekening van de gewogen gemiddelde indicatiewaarde van de opnamen. Daarvoor wordt bij het inlezen van de opnamen de bedekking aangepast aan de hand van een ordinale schaal die loopt van 1 t/m 9 (ook wel aangeduid als de Van der Maarel-schaal), waardoor de invloed in de berekening verlaagd wordt van met name de soorten met hoge bedekkingen.

### Voorbeeld pH

Toepassing van deze wijze van gewichten en indicatiewaarden levert de volgende relatie op tussen gemeten en geïndiceerde pH's van een set van 150 vegetatieopnamen (metingen van B-Ware) waarbij de pH is gemeten. De hoge determinatiecoëfficiënt ( $R^2$ ) is voornamelijk het gevolg van de specifieke aanpak van het toekennen van indicatiewaarden en gewichten, regionalisatie en de specifieke statistiek van ITERATIO. Aan de grafiek is goed te zien dat er heel weinig 'middeling naar het midden' plaatsvindt.



**Figuur 2.1** Gemeten pH's (y-as) t.o.v. de met ITERATIO geïndiceerde pH's (x-as).

In Holtland et al. (2010) is duidelijk gemaakt dat de maximale correlatie wordt bereikt is zo'n 30% van de soorten in een opnameset een gefixeerde indicatiewaarde heeft. Het is voldoende als de relatief smalle indicatoren hun werk kunnen doen, geholpen door de lage gewichten voor de brede soorten (doorgaans zonder gefixeerde indicatiewaarde). Een uitzondering vormen de soorten met een optimum buiten het midden van hun brede range: het fixeren van die soorten in combinatie met een laag gewicht; het aandeel van dergelijke soorten mag wel hoog zijn. Al met al bedraagt het aantal gefixeerde soorten actueel in veel opnamesets ongeveer 30%.

#### 2.1.5 Toepassing op regionaal of landelijk niveau

ITERATIO is in eerste instantie ontwikkeld voor het schaalniveau van een of enkele natuurterreinen, maar het kan ook op hogere schaalniveaus toegepast worden. Het CBS analyseert de LMF-data onder andere met ITERATIO. Het toevoegen van een nieuwe reeks van LMF-data zou – door de iteratieve analyse van de data – kleine veranderingen van eerdere reeksen kunnen opleveren waardoor de indexwaarde van de indicator in het verleden verandert. Dat is uiteraard niet gewenst. Om dit te voorkomen, zijn door Stephan Hennekens zeer grote referentiesets geselecteerd uit de Landelijke Vegetatie Databank, zie § 3.1.1, die toegedeeld zijn aan de fysisch-geografische regio's zoals die voor ITERATIO zijn onderscheiden. De referentiesets draaien mee met een te analyseren set van opnamen, voor de te berekenen milieu-indicatoren veelal de LMF-dataset.

In feite komen hierdoor de niet-gefixeerde soorten, bij toevoegingen aan de opnamesets, steeds weer op dezelfde waarde uit, of anders met verwaarloosbaar kleine afwijkingen voor de indicatie van een vegetatieopname. Eigenlijk worden hierdoor dus alle soorten gefixeerd. Uit dit onderzoek blijkt dat er risico's zijn voor het verkeerd toedelen van opnamen aan een regio, zie bijvoorbeeld § 3.8.2 (groep b).



---

## 2.2 WW pH-H<sub>2</sub>O en GVG

### 2.2.1 Inleiding

Vanaf 1970 is het indicatiesysteem van Ellenberg gebruikt voor analyse van milieuvariatie. Volgens Wamelink et al. (2002) is het nadeel van het Ellenberg-indicatiesysteem echter dat de ordinale indicatiewaarden daarvan (bijv. van 1 = zuur naar 9 = basisch) met verschillende betrouwbaarheid vertaald kunnen worden in waarden die ook in het veld gemeten kunnen worden, bijvoorbeeld Ellenberg F (Vocht) naar grondwaterstand (GVG of GLG) of Ellenberg R (Zuurgraad) naar bodem-pH. Vertaling naar meetbare veldwaarden, bijvoorbeeld GVG, is belangrijk voor de beoordeling welke maatregelen genomen moeten worden om de milieuocondities te verbeteren om de gewenste natuurkwaliteit te bereiken en te behouden.

Om de vertaling van Ellenberg-indicatiewaarden naar veldwaarden overbodig te maken, zijn de zogenaamde WW-indicatiewaarden ontwikkeld. Zij zijn rechtstreeks gebaseerd op metingen in het veld, bijvoorbeeld pH, NO<sub>3</sub> in de bodem, totaal-P in de bodem, GVG of gemiddelde jaartemperatuur (Wamelink et al., 2005; 2012).

### 2.2.2 Opstellen indicatiewaarden

De eerste stap in het berekenen van de WW-indicatiegetallen was het opzetten van een database met veldgegevens (abiotische randvoorwaarden; Wamelink et al., 2012). De database bevat ruim 10.000 vegetatieopnamen met een analyse van de bovenste bodemlaag (meestal de bovenste 10 cm) en/of grondwaterstanden. Het meest gemeten is de pH-H<sub>2</sub>O (bijna 6.000 opnamen), maar ook voor de grondwaterstand zijn ongeveer 1600 veldmetingen gecombineerd met vegetatieopnamen beschikbaar. Deze 10.000 opnamen met metingen liggen verspreid over heel Nederland. De oudste opname is van 1934, maar de meeste opnamen zijn gemaakt na 1980. Niet in elke opname zijn alle milieuocondities gemeten, slechts voor een subset van 1.069 opnamen zijn de belangrijkste nutriënten (zoals P, K, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, N-totaal) en de pH gemeten; voor deze subset zijn echter geen grondwaterstanden gemeten. Een groot deel van de bodemmonsternamen en analyses van die 1.069 opnamen is uitgevoerd door WENR volgens een gestandaardiseerde methode. De door WENR gehanteerde analysemethoden zijn vergelijkbaar met de data die door externe partijen (o.a. [B-Ware](#)) is verzameld en door het WENR-lab op gestandaardiseerde manier geanalyseerd. Een vergelijkbare analysemethode verkleint de onzekerheid binnen de metingen en vooral tussen de metingen. De vegetatieopnamen zijn gemaakt in het kader van het Landelijk Meetnet Flora (LMF). Het doel van de 1.069 bodemanalyses waarbij het grondmonster is genomen op dezelfde plek als de LMF-vegetatieopname is het afleiden van indicatiewaarden voor plantensoorten. Voor de andere ca. 9.000 opnamen geldt dat ze niet in het kader van het afleiden van de responscurven zijn uitgevoerd, maar voor verschillende andere projectdoelen. Dit geeft een variatie in zowel vegetatieopnamen als analyses (die in verschillende laboratoria zijn uitgevoerd).

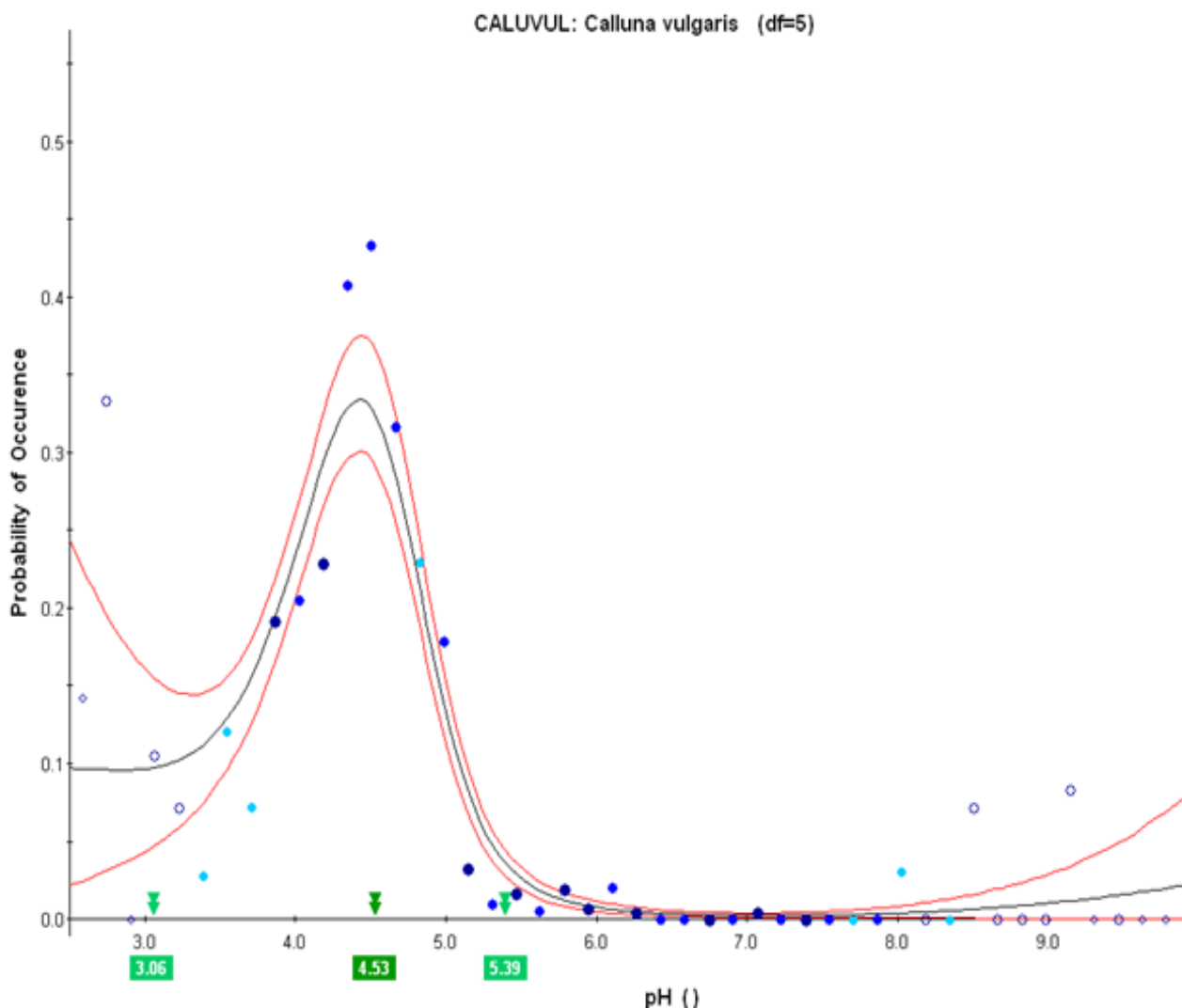
Voor het schatten van een responscurve (Figuur 2.2) voor een soort op een milieugradiënt (zoals bodem pH of GVG) is de meting in de bodem gekoppeld aan elke soort in de bijbehorende vegetatieopname. Vervolgens is per soort, op basis van alle vegetatieopnamen (dus waar ze wel en waar ze niet in voorkomen) en bodemmetingen, een responscurve geschat, waarbij de opnamen waarin de soort niet voorkomt als nul-waarnemingen dienen.

Voor de grondwaterstanden, waaronder GVG, geldt dat er verschillende typen peilbuizen zijn gebruikt en dat wanneer een peilbuis droogstond, de diepte plus 1 cm als grondwaterstand is genomen, wat tot onderschatting van de diepte van de werkelijke grondwaterstand kan leiden. Niet voor alle metingen is te achterhalen of bij de berekening van de GVG de droge buizen zijn meegenomen of niet. Ook het aantal jaren van meten waarop de GVG is gebaseerd, kan variëren: van 5 jaar tot 20 of 30 jaar. Dit vergroot de variatie in de GVG en daardoor de onzekerheid. Daarnaast varieert de frequentie van metingen: de een houdt zich strikt aan 1 april, een ander berekent het over een periode waarbinnen twee of soms meerdere (datalogger)metingen zijn gedaan.

Voor elke soort is per type milieugradiënt een responscurve geschat, voor zover er genoeg waarnemingen beschikbaar waren. Voor elke responscurve is het optimum (de top van de responscurve en de meest voorkomende waarde) bepaald en dat is de voorlopige indicatiewaarde van een soort geworden (Wamelink et al., 2005). De indicatiewaarden zijn vervolgens gekalibreerd op een grote vegetatiedataset, met opnamen, maar zonder abiotische metingen. Voor elke opname in de dataset van de [Landelijke Vegetatie Databank](#) is de abiotiek berekend met behulp van de indicatiewaarden per soort. De berekende abiotiek is vervolgens

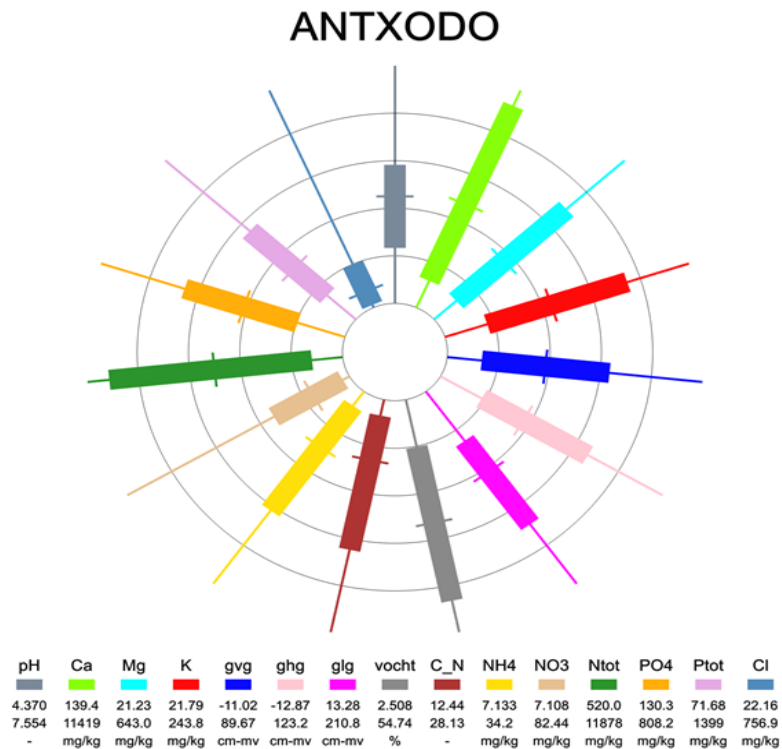
gekoppeld aan de soorten in de opnamen en er is voor elke soort opnieuw een responscurve per type milieugradiënt geschat. Het optimum van de curve is wederom bepaald en de daaruit volgende definitieve indicatiewaarden worden gebruikt als de WW-getallen (zie ook Wamelink et al., 2005). De kalibratie is uitgevoerd om meer informatie te kunnen gebruiken voor het schatten van de indicatiewaarden (uit de grote set opnamen) en om ook voor de soorten die niet in de 1.069 opnamen voorkwamen indicatiewaarden te schatten.

Op basis van de set met meetwaarden kunnen, afhankelijk van de indicatiewaarden, ongeveer van 300-400 soorten responscurves per randvoorwaarde direct berekend worden, voor de andere soorten worden de responscurves dus via een kalibratiestap berekend. Voor pH is het aantal soorten met een responscurve op basis van metingen hoger (556), maar ook hier worden dus de meeste soorten (ongeveer 1000) bij geschat. Door deze kalibratie was het mogelijk om voor het grootste deel van de Nederlandse hogere plantensoorten en een groot deel van de mossen en korstmossen een indicatiewaarde te schatten, in totaal meer dan 1.500 soorten. Er is voor een hele reeks aan milieucondities responscurves geschat waarmee abiotische randvoorwaarden zijn berekend. De belangrijkste milieucondities waarvoor abiotische randvoorwaarden zijn berekend, zijn te zien in Figuur 2.3.



**Figuur 2.2** Responscurve van *Calluna vulgaris* (Struikheide) voor bodem-pH. Voor bijvoorbeeld nitraat- of fosfaatconcentratie in de bodem geldt hetzelfde principe. De zwarte lijn geeft de responscurve, de rode lijnen de onzekerheid in de curve (95%). De cirkels geven de kans op voorkomen van struikheide per pH-segment (open cirkels de minste waarnemingen en donkerblauw de meeste waarnemingen per pH-interval). Gegeven wordt de kans op voorkomen van de soort in de kalibratiestap. De indicatiewaarde wordt in donkergroen gegeven, het 5<sup>e</sup> en 95<sup>e</sup> percentiel in lichtgroen, inclusief de pH-waarden. De range tussen en het 5<sup>e</sup> en 95<sup>e</sup> percentiel kan als de amplitude van de soort worden beschouwd; de range waarbinnen de soort voor kan komen.

De indicatiewaarden kunnen, analoog aan de Ellenberg-indicatiewaarden, worden gebruikt in bijvoorbeeld Turboveg en SynBioSys. Voor een vegetatieopname wordt bijvoorbeeld het gemiddelde berekend van de indicatiewaarden op basis van de samenstellende soorten. Eventueel kan rekening worden gehouden met de bedekking of de breedte van de responscurve van de soorten en zo een gewicht toe te kennen aan de indicatiewaarden per soort. Dit is voor de eerdere LMF-berekeningen ook gebeurd, daarbij wordt de range van de responscurve (gebaseerd op het 5<sup>e</sup> en 95<sup>e</sup> percentiel van de responscurve) als gewicht gebruikt. Soorten met een brede range tellen minder zwaar mee dan soorten met een smalle range (zie volgende paragraaf).



**Figuur 2.3** Randvoorwaarden voor *Anthoxanthum odoratum* (Gewoon reukgras, ANTXODO). Gegeven wordt de indicatiewaarde, dwarsstreepje in de balk en het 5e en 95e percentiel (dikke balk) en de minimum- en maximumwaarde voor de range van waarden per randvoorwaarde (dunne balk). De randvoorwaarden worden proportioneel ten opzichte van elkaar gegeven. Onder de legenda van de randvoorwaarden staan de minimum- en maximumwaarde van de range van de randvoorwaarden gegeven.

### 2.2.3 Weegwaarden

Door het CBS zijn op basis van de 5<sup>e</sup> en 95<sup>e</sup> percentielwaarden van de responsiecurves van soorten klassenwaarden 1 t/m 9 opgesteld. Zoals blijkt uit onderstaande tabellen voor pH en GVG, krijgen soorten met de grootste bandbreedte (brede ecologische range) de kleinste weegwaarde toebedeeld en soorten met een smalste bandbreedte (nauwe ecologische range) de hoogste weegwaarde.

De waarden zijn in deze studie meegenomen bij de berekening van de WW-indicatiewaarden van opnamen (zie § 3.2).

**Tabel 2.2** Minimum en maximum pH-waarden voor bepaling van weegwaarden.

MinVanpH-range5-95	MaxVanpH-range5-95	Weegwaarde pH
5,12704196308895	5,66714201131756	1
4,48886853691042	4,93637802393759	2
3,90975222160478	4,48067497973027	3
3,30563267205473	3,87048121597239	4
2,7161798100001	3,28991008572705	5
2,12645453120939	2,71415831316713	6
1,53763096975008	2,12228020877507	7
0,94978461504396	1,53379057590922	8
0,35900728087665	0,946246924072169	9

**Tabel 2.3** Minimum en maximum GVG-waarden voor bepaling van weegwaarden.

Min GVG-verschil 5-95	Max GVG-verschil 5-95	Weegwaarde GVG
147,250169685181	162,481689946555	1
131,214549897681	146,62804402151	2
115,148040574602	130,928615037825	3
99,0470378990816	114,673087264499	4
83,0862837328828	98,7472127330811	5
66,9546659760352	82,973932458479	6
50,9257858661083	66,9065719087046	7
34,9076812396866	50,8823505754341	8
18,8633997327163	34,5850768684712	9

#### 2.2.4 Discussie

De WW-indicatiewaarden voor zowel pH als GVG zijn gevalideerd met onafhankelijke data (zie Wamelink et al., 2005). De onzekerheid voor de pH varieert afhankelijk van de dataset meestal tussen 0.3 en 0.5 pH eenheid (zie ook Wamelink et al., 2005), wat goed te noemen is; bij validatie ligt de verklaarde variantie meestal tussen de 0.5 en 0.7. Voor grondwaterstand is dit minder onderzocht en is de onzekerheid onbekend. Bij validatie werd een verklaarde variantie van 0.52 gevonden (ongepubliceerd).

Voor de pH geldt dat vooral zuurdere situaties goed voorspeld worden met het indicatiesysteem, bij pH-waarden boven de 6 à 7 werkt het systeem aanmerkelijk minder goed en zouden mogelijk betere andere indicatiewaarden gebruikt kunnen worden, zoals calciumgehalte, fosfaatgehalte of chloridegehalte in de bodem.

Voor grondwaterstanden geldt dat diepere grondwaterstanden, beneden de 75 cm -mv, nagenoeg geen relatie meer hebben met de meeste plantensoorten, omdat ze geen water kunnen opnemen van die diepte. Dat betekent ook dat op basis van plantensoorten geen grondwaterstanden van beneden 75 cm -mv kunnen worden geschat. Bij de berekening van de gemiddelden, en al eerder bij het schatten van de indicatiewaarde, wordt daar nog geen rekening mee gehouden, daar kunnen dus wel waarden hoger dan 75 cm voorkomen. Als dat niet zou worden gedaan, zouden de droge delen worden onderschat. Zulke diepe waterstanden zouden daarom ook niet moeten worden meegenomen in analyses of in voorspellingen gebaseerd op plantensoorten. Geschiktere parameters zijn dan bijvoorbeeld de (effectieve) neerslag of het vochtpercentage in de bodem (Wamelink et al., 2011). Voor die laatste is ook een WW-indicatiewaarde beschikbaar.

---

## 2.3 Ellenberg vocht en pH

### 2.3.1 Inleiding

Het gebruik van plantensoorten als indicator voor bepaalde milieuocondities kent een lange historie, maar de eerste auteur die een systematisch indicatiesysteem ontwikkeld heeft voor een groot gebied, was de Duitse vegetatiekundige Heinz Ellenberg (*Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*, Ellenberg, 1974; 1979; Ellenberg et al., 1991; 2010). De door hem ontwikkelde lijst met 'Ellenberg-indicatiewaarden' geeft voor de plantensoorten van Centraal-Europa een eenvoudige, numerieke karakterisering van hun standplaatsvoorkeur. Per soort wordt voor zeven belangrijke milieufactoren de voorkeur weergegeven met behulp van een negendelige ordinale schaal (voor vocht wordt een twaalfdelige schaal gebruikt). Voor alle milieufactoren geldt dat de getallen een gradiënt van lage naar hoge waarden van de betreffende milieufactor weerspiegelen. De zeven Ellenberg-waarden van een soort geven een samenvatting van de milieuocondities waarbij de soort in het vrije veld optimaal voorkomt en ze bieden daarmee een beschrijving van de 'gerealiseerde niche'.

De standplaatsfactoren waarvoor Ellenberg-indicatiewaarden beschikbaar zijn (met tussen haakjes de door Ellenberg gebruikte afkorting en benaming):

- Nutriëntenbeschikbaarheid (N = Stickstoffzahl / Nährstoffzahl)
- Lichtbeschikbaarheid (L = Lichtzahl)
- Vochtbeschikbaarheid (F = Feuchtezahl)
- Zuurgraad (R = Reaktionszahl)
- Temperatuur (T = Temperaturzahl)
- Continentaliteit (K = Kontinentalitätszahl)
- Saliniteit (S = Salzzahl)

Per standplaatsfactor geven de indicatiewaarden informatie over de positie langs de milieugradiënt waar de soort met de hoogste frequentie voorkomt (de piek van de responscurve). Een nadeel van het systeem van Ellenberg-indicatiewaarden is dat er geen informatie geboden wordt over de range aan condities waarbij een soort voorkomt (de ecologische range van de responscurve). Wel worden soorten met een zeer grote bandbreedte gemarkeerd met een 'x' en aangeduid als 'indifferent'.

### 2.3.2 Hoe zijn de Ellenberg-indicatiewaarden tot stand gekomen?

#### *Historische ontwikkeling*

In de vijftiger jaren van de vorige eeuw heeft Ellenberg een eerste versie ontwikkeld van een indicatiesysteem voor een beperkt aantal akker- en graslandplanten (Ellenberg, 1950; 1952). Hierbij werd gewerkt met een vijfdelige schaal, maar dit bleek in de praktijk te weinig differentiatie te bieden. In latere versies werden daarom vier tussenklassen toegevoegd, zodat de nu gangbare negendelige schaal ontstond (Ellenberg, 1974; 1979). Een uitzondering wordt gevormd door vocht, hiervoor werden voor waterplanten drie extra klassen toegevoegd, zodat voor deze standplaatsfactor een twaalfdelige schaal ontstond. In 1991 is een derde, herziene versie van de lijst gepubliceerd (Ellenberg et al., 1991), waarin ook indicatiewaarden toegevoegd zijn voor diverse ontbrekende taxa en voor soortcomplexen van apomictische taxa zoals bramen (*Rubus spec.*). Naast de vaatplanten zijn hierin ook bladmossen, levermossen en korstmossen toegevoegd. In 2010 is de laatste herziening gepubliceerd als onderdeel van het boek *Vegetation Mitteleuropas* (Ellenberg & Leuschner, 2010).

Het systeem is ontwikkeld voor de Centraal-Europese flora, maar het wordt ook in veel andere Europese landen gebruikt. Daarnaast zijn er aangepaste lijsten met indicatiewaarden samengesteld voor Zwitserland (Landolt, 1977), Oost-Duitsland (Frank & Klotz, 1990), Hongarije (Borhidi, 1995), Servië (Kojić et al., 1997), Groot-Brittannië (Hill et al., 1997, 2000), Spanje (Mayor, 1999), Polen (Zarzycki et al., 2002), de Egeïsche eilanden in Griekenland (Böhling et al., 2002), Faeröer (Lawesson et al., 2003), Italië (Pignatti, 2005; Guarino et al., 2012) en Tsjechië (Chytrý et al., 2018). Voor Nederland is gebruikgemaakt van de originele lijst van Ellenberg-waarden (Ellenberg, 1979), met aanvullingen voor mossen (Siebel, 1993) en kranswieren (Van Raam & Maier, 1992).

---

### Onderbouwing

Ellenberg heeft voor de ontwikkeling van de lijsten met indicatiewaarden gebruikgemaakt van vele veldmetingen (inclusief bodemchemische analyses), gradiëntonderzoek, experimenten en vooral van expertkennis. Het gebruik van expertkennis was volgens Ellenberg vanwege meerder factoren onontkoombaar. In de eerste plaats waren er voor veel zeldzame plantensoorten onvoldoende meetgegevens beschikbaar waren (bij zeldzame soorten treedt vaak een relatief sterke sampling bias op). Daarnaast geven veldmetingen lang niet altijd een betrouwbaar beeld van de milieucondities zoals die door de plant ervaren worden gedurende het groeiseizoen, mede omdat deze condities op kleine schaal sterk kunnen variëren (zowel ruimtelijk als temporeel).

Een derde reden voor Ellenberg om de indicatiewaarden niet uitsluitend te baseren op de absolute waarden van veldmetingen hangt samen met de effecten van interacties tussen soorten. Voor planten is niet zozeer de absolute waarde van een milieufactor waarbij de soort het best groeit van belang (de fundamentele niche), maar de relatieve waarde ten opzichte van de andere aanwezige soorten (de gerealiseerde niche). Hierdoor is het vaak niet mogelijk om het niche-optimum van soorten nauwkeurig te beschrijven op basis van de absolute waarde van milieucondities. In andere woorden: de indicatieve waarde van planten is contextafhankelijk. Ellenberg benadrukt daarom dat de indicatiewaarden vooral informatie geven over de relatieve positie van soorten langs milieugradiënten ten opzichte van andere soorten. In de woorden van Ellenberg et al. (1991):

*“Dann bleibt man sich bewußt, daß es sich um eine relative Abstufung nach dem Schwergewicht des Auftretens im Gelände handelt. Auf keinen Fall bezeichnen meine Zeigerwerte die ‘Ansprüche’ der Pflanzen an den betreffenden Umweltfaktor.”*

Het systeem van Ellenberg-indicatiewaarden wordt veel gebruikt om voor vegetatieopnamen gemiddelde indicatiewaarden te berekenen op basis van de waarden van de in het proefvlak voorkomende soorten. In geval van ordinale waarden is het niet bekend wat de afstand is tussen de klassen, zodat je strikt genomen daar niet mee kunt rekenen, maar Ter Braak & Gremmen (1987) hebben aannemelijk gemaakt dat de indicatiewaarden zich in praktijk gedragen als punten in continue data van een milieugradiënt. Hierdoor is het toch verantwoord om met Ellenberg-waarden de gemiddelde indicatiewaarde per vegetatieopname te berekenen.

De lijst met Ellenberg-waarden is geïntegreerd in Turboveg en het kennissystemen [SynBioSys Nederland](#), zodat van een selectie van vegetatieopnamen de gemiddelde Ellenberg-waarden met één druk op de knop berekend kunnen worden (Hennekens & Schaminée, 2001). Dit kan op basis van de presentie van soorten (ongewogen) of gewogen naar de bedekking van de soort (waarbij soorten met een hogere bedekking een hoger gewicht krijgen dan soorten met een lage bedekking). In de praktijk maakt het al dan niet meenemen van de bedekking meestal niet veel uit en geven ongewogen gemiddelden vaak de bevredigendste resultaten, mede omdat hierdoor kieskeurige soorten (die vaak een relatief geringe bedekking hebben) dan voldoende gewicht in de schaal leggen (anders wordt de indicatie van deze soorten sterk overschaduw door dominante soorten; Käfer & Witte, 2004). Echter in het geval van soortenarme opnamen verdient het vaak wel aanbeveling de bedekking mee te nemen als weegfactor.

In de literatuur is kritiek geuit op het subjectieve karakter van de Ellenberg-indicatiewaarden (Økland, 1990; Diekmann & Lawesson, 1999), maar in de praktijk blijken ze vaak goed te werken (o.a. Ter Braak & Gremmen, 1987; Diekmann, 1995; 2003; Thompson et al., 1993; Chytrý et al., 2009; Ozinga et al., 2013; Shipley et al., 2017). Dit blijkt onder andere uit diverse studies waarin relatief hoge correlaties werden gevonden tussen gemiddelde Ellenberg-waarden van vegetatieopnamen en gemeten milieucondities (o.a. Hill & Carey, 1997; Schaffers & Sýkora, 2000; Wagner et al., 2007; Kleinebecker et al., 2018).

### 2.3.3 Ellenberg-indicatiewaarden voor pH

Het Ellenberg-indicatiegetal voor pH geeft informatie over de zuurgraad in de wortelzone gedurende het groeiseizoen waarbij de plant met de hoogste bedekking voorkomt. Bij het toekennen van de indicatiewaarden heeft Ellenberg onder andere gebruikgemaakt van een grote dataset met ruim 15.000 veldmetingen van bodem-pH. Hierbij zijn op een deel van de locaties naast mengmonsters ook metingen verricht in aparte monsters in verschillende bodemhorizonten en in sommige gevallen zijn de

metingen in meerdere seizoenen herhaald (maar verdere details zijn helaas niet beschikbaar). Hieruit bleek dat de pH-waarden op kleine schaal sterk kunnen variëren, zowel ruimtelijk als temporeel. Daarnaast benadrukt Ellenberg dat veel plantensoorten een brede range hebben en dat het pH-optimum per gebied kan verschillen.

**Tabel 2.4** De Duitstalige toelichting van de klassen voor het Ellenberg pH-getal (Reaktionszahl) zoals gepubliceerd in de laatste editie uit 2010 (Ellenberg & Leuschner, 2010).

1	<b>Starksäurezeiger</b> , niemals auf schwach sauren bis alkalischen Böden vorkommend
2	zwischen 1 und 3 stehend
3	<b>Säurezeiger</b> , Schwerpunkt auf sauren Böden, ausnahmsweise bis in den neutralen Bereich
4	zwischen 3 und 5 stehend
5	<b>Mäßigsäurezeiger</b> , auf stark sauren wie auf neutralen bis alkalischen Böden selten
6	zwischen 5 und 7 stehend
7	<b>Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger</b> , niemals auf stark sauren Böden
8	zwischen 7 und 9 stehend, d. h. meist auf Kalk weisend
9	<b>Basen- und Kalkzeiger</b> , stets auf kalkreichen Böden

### 2.3.4 Ellenberg-indicatiewaarden voor vochtbeschikbaarheid

Het Ellenberg-vochtgetal geeft informatie over de vochtbeschikbaarheid in de wortelzone gedurende het groeiseizoen waarbij de plant met de hoogste frequentie voorkomt. In vergelijking met pH is de voor de plant relevante vochtbeschikbaarheid lastig te meten en Ellenberg benadrukt dat de indicatiewaarden gezien moeten worden als relatieve waarden die niet eenduidig geïnterpreteerd kunnen worden aan grondwaterstanden. Hiervoor is aanvullende informatie nodig over bodem en hydrologie.

**Tabel 2.5** De Duitstalige toelichting van de klassen voor het Ellenberg vocht-getal (Feuchtezahl) zoals gepubliceerd in de laatste editie uit 2010 (Ellenberg & Leuschner, 2010).

1	<b>Starktrockniszeiger</b> , an oftmals austrocknenden Stellen lebensfähig und auf trockene Böden beschränkt
2	zwischen 1 und 3 stehend
3	auf feuchten Böden fehlend
4	zwischen 3 und 5 stehend
5	<b>Frischezeiger</b> , Schwerpunkt auf mittelfeuchten Böden, auf nassen sowie auf öfter austrocknenden Böden fehlend
6	zwischen 5 und 7 stehend
7	<b>Feuchtezeiger</b> , Schwerpunkt auf gut durchfeuchteten, aber nicht nassen Böden
8	zwischen 7 und 9 stehend
9	<b>Nässezeiger</b> , Schwerpunkt auf oft durchnässten (luftarmen) Böden
10	<b>Wasserpflanze</b> , die längere Zeiten auch ohne Wasserbedeckung des Bodens überlebt
11	<b>Wasserpflanze</b> , die unter Wasser wurzelt, aber zumindest zeitweilig mit Blättern über dessen Oberfläche aufragt, oder Schwimmpflanze, die an der Wasseroberfläche flottiert
12	<b>Unterpflanze</b> , ständig oder fast dauernd untergetaucht
~	<b>Zeiger für starken Wechsel</b> (z. B. 3~: Wechsell Trockenheit, 7~: Wechselfeuchte oder 9~: Wechselfeuchte)
=	<b>Überschwemmungszeiger</b> , auf mehr oder minder regelmäßig überschwemmten Böden





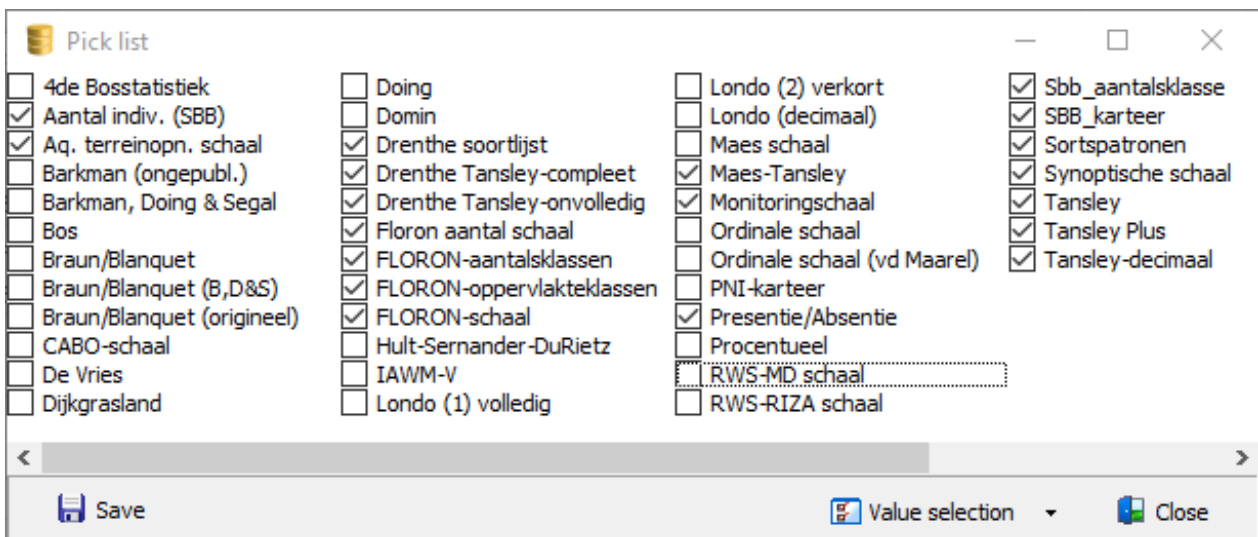
# 3 Analyses

## 3.1 Data

Voor de analyses zijn drie verschillende datasets gebruikt. Op de eerste plaats is dat de Landelijke Vegetatie Databank (LVD), exclusief de LMF-opnamen, op de tweede plaats de door Arco van Strien aangeleverde gecorrigeerde set van LMF-opnamen (zie toelichting in bijlage 'Toelichting LMF Van Strien.docx') en als derde de door Wieger Wamelink aangeleverde set van 1.069 LMF-opnamen met meetdata.

### 3.1.1 LVD

De basis voor een belangrijk deel van de in deze studie uitgevoerde analyses zijn de vele duizenden vegetatieopnamen uit de Landelijke Vegetatie Databank (verder aangeduid als LVD; <https://www.synbiosys.alterra.nl/lvd>). Van de in totaal 675.000 opnamen zijn er zo'n 409.076 geselecteerd, waarbij de opnamen van het LMF zijn uitgesloten alsook de opnamen die met bepaalde bedekkingsschalen (zoals Tansley) zijn genoteerd. In Figuur 3.1 is aangegeven welke bedekkingsschalen dat zijn. Verder zijn ook opnamen zonder coördinaten uitgesloten.



**Figuur 3.1** Tabel met geselecteerde bedekkingsschalen in de LVD die zijn uitgesloten voor de selectie.

Aan alle geselecteerde opnamen is vervolgens, aan de hand van de locatie, een Fysisch Geografische Regio (FGR), een ecodistricttype en een bodemtype toegekend. ITERATIO hanteert voor pH zeven aparte indicatietabellen voor verschillende landschapstypen. In onderstaande tabel is aangegeven hoe deze landschapstypen kunnen worden gekoppeld aan de FGR's. Hiervoor is DU (Duinen) opgedeeld in DU-kalkarm en DU-kalkrijk, ZK (Zeekleigebied) in ZK-kalkarm en ZK-kalkrijk en RI (Rivierengebied) in RI-kalkarm en RI-kalkrijk. Voor de opsplitsing van Duinen is gebruikgemaakt van de Ecodistrictenkaart (zie Figuur 3.2) en voor de opsplitsing van Zeekleigebied en Rivierengebied is gebruikgemaakt van de bodemkaart (1:25.000). Op basis van de codes in de kolom 'Kalk' van de attribuentabel zijn de vegetatieopnamen toebedeeld ('C' = kalkarm en 'A' = kalkrijk; bij geen code is de geometrie als kalkarm geclassificeerd).

**Tabel 3.1** Toekenning 11 FGR's aan de 7 landschapstypen gebruikt in de pH-tabellen ITERATIO.

#	Landschapstypen in pH-tabellen ITERATIO	FGR1	FGR2	FGR3
1	Zuid-Limburg	HL		
2	Hogere zandgronden	HZ		
3	Kalkarme duinen	DU-kalkarm		
4	Kalkhoudende klei uiterwaarden/Flevopolder	GG	RI-kalkrijk	ZK-kalkrijk
5	Kalkrijke duinen	DU-kalkrijk		
6	Laagveen en veenweide	LV		
7	Ontkalkte delen rivier- en zeeklei	AZ	RI-kalkarm	ZK-kalkarm



**Figuur 3.2** Het voorkomen van de ecodistricten kalkrijke duinen (rood) en kalkarme duinen (blauw).

Uiteindelijk zijn de volgende aantallen opnamen per FGR geselecteerd:

• AZ (Afgesloten Zeearmen)	56.145
• DU (Duinen) – kalkarm	20.154
• DU (Duinen) – kalkrijk	28.429
• GG (Getijdengebied)	12.698
• HL (Heuvelland)	8.821
• HZ (Hogere Zandgronden)	109.117
• LV (Laagveen)	66.318
• RI (Rivierengebied – kalkarm)	47.504
• RI (Rivierengebied – kalkrijk)	19.479
• ZK (Zeekleigebied) – kalkarm	10.158
• ZK (Zeekleigebied) – kalkrijk	37.226

**Totaal** **416.049**

---

Op basis van de aan de verschillende FGR's toegekende opnamen zijn maximaal 25.000 opnamen per landschapstype random geselecteerd en met behulp van ITERATIO apart geanalyseerd. De met ITERATIO, WW en Ellenberg berekende soortindicatiewaarden zijn opgenomen in de tabel 'IT\_WW\_EL\_indicaties.xlsx', waarbij de uitvoer van ITERATIO bestond uit elf tabellen met indicatiewaarden per landschapstype. Behalve de berekende indicatiewaarde van een soort per FGR is ook per soort aangegeven of ze binnen het systeem van ITERATIO een vaste waarde hebben en welke weegwaarde aan de soort is toegekend. In de Exceltabel is tevens informatie over groeivorm toegevoegd. Ook de weegwaarden voor de WW-indicatiewaarden per soort (zie § 2.2.3) zijn opgenomen in deze tabel.

### 3.1.2 LMF

Voor de berekening van de indicatiewaarden van de LMF-opnamen is gebruikgemaakt van de door Arco van Strien aangeleverde dataset met 63.414 gecorrigeerde opnamen (zie document 'Toelichting LMF Van Strien.docx' voor toelichting over de doorgevoerde correcties). In dit document staat ook aangegeven in welke opnamen ernstige verstoring heeft plaatsgevonden en derhalve verwijderd dienden te worden uit de te analyseren dataset. Na uitsluiting van die opnamen bleven er 63.044 over. Deze opnamen zijn opgenomen in een aparte Turboveg3-database.

Op dezelfde manier zoals dat voor de LVD-opnamen is uitgevoerd, zijn de LMF-opnamen toegewezen aan elf landschapstypen en zijn de opnamen per type geanalyseerd met ITERATIO. Vervolgens zijn de uitkomsten daarvan (pH en GVG-indicatie van de opnamen) opgenomen in de vegetatiedatabase.

Om het effect van bepaalde groepen van soorten op de berekende indicatiewaarden te kunnen bepalen, zijn aparte analyses met ITERATIO en WW uitgevoerd waarbij telkens een andere groep van soorten is uitgesloten. Dit betreft de groeivormen 'bomen', 'phanerofyten' (bomen en struiken) en 'cryptogamen' en de groep van soorten aangeduid als 'storingsoorten'. Ook van deze analyses zijn de berekende indicatiewaarden voor pH en GVG opgenomen in de vegetatiedatabase.

Een overzicht van storingsoorten is opgenomen in de tabel 'Storingsoorten.xlsx'. In de lijst, waarbij onder andere gebruik is gemaakt van een Vlaamse lijst (T'jollyn et al., 2020), staan soorten opgenomen die (vrij) algemeen zijn en die bij verstoring sterk in bedekking kunnen toenemen. Mede daardoor komen ze regelmatig voor in soortenarme rompgemeenschappen.

Het is lastig om dergelijke soorten eenduidig te bepalen, omdat de mate waarin ze optreden als storingsoort verschilt tussen ecosystemen/gebieden en ook afhankelijk is van het type verstoring.

#### **LMF-data met meetwaarden pH**

Voor 1.069 opnamepunten uit het LMF-netwerk is in 2005 een bodemchemische analyse uitgevoerd. Hierbij zijn net buiten het proefvlak negen bodemmonsters genomen op een diepte van 10 cm, zonder strooisellaag. De negen monsters zijn gemengd en daarna geanalyseerd op onder andere pH-H<sub>2</sub>O.

## 3.2 Berekening WW-indicatiewaarden

Om de berekening van de gemiddelde WW-indicatiewaarden van de vegetatieopnamen zo veel mogelijk in lijn te houden met de manier waarop dat in ITERATIO wordt uitgevoerd, zijn de bedekking én de weegwaarden van de soorten meegenomen. Voor de bedekking is de wortel uit de procentuele bedekking genomen en voor de weging is gebruikgemaakt van de waarden die ook door het CBS worden gebruikt (§ 2.2.3). De weegwaarden van de soorten zijn opgenomen in de bijlagentabel 'IT\_WW\_EL\_indicaties.xlsx'.

De gemiddelde indicatie van een opname wordt als volgt berekend:

$$\sum_n^1 (\text{indicatiewaarde} * \text{gewicht} * \sqrt{\text{procentuele bedekking}}) / \sum_n^1 (\text{gewicht} * \sqrt{\text{procentuele bedekking}})$$

n is het aantal soorten in de opname met een indicatiewaarde. Soorten zonder indicatiewaarde worden niet meegenomen in de berekening.

---

### 3.2.1 Vergelijking effect van weegwaarden op WW-indicatiewaarden voor LMF-opnamen

Tijdens het onderzoek rezen er vragen over het effect van het gebruik van de wegingen van de WW-indicatiewaarden bij het berekenen van de indicatie per opname. Dit gold zowel voor het meenemen van de bedekking per soort als voor het meenemen van de range van de soortrespons omgezet naar een schaal van 1-9, waarbij 1 staat voor een brede amplitude die het minst meetelt (§ 2.2.3). Om het effect van de weging op de indicatiewaarde van een opname te onderzoeken, zijn de berekende WW-getallen met weging en zonder weging vergeleken met de gemeten waarden voor de LMF-plots (zie § 3.1.2).

#### Analyse

Voor de 1.069 vegetatieopnamen uit het LMF met gemeten pH-waarden zijn op basis van de WW-indicatiewaarden de gemiddelde pH-indicatiewaarden uitgerekend op basis van weging van bedekking en range, met alleen een weging op basis van bedekking en een zonder weging.

Het effect van de wegingen op de indicatiewaarde van een opname blijkt voor deze set zeer gering en niet significant. Zowel de regressie zelf komt niet dicht bij de ideale een-op-een lijn en ook het percentage verklaarde variantie verandert niet significant (zie Bijlage 1: Figuur 1 t/m 6). Het is dus 'niet verkeerd' om de weging toe te passen, maar het heeft geen wezenlijk effect op de uitkomst bij een validatie als geheel. De overallverschillen zijn echter zeer klein (variërend van 0,03 tot -0,02 pH-eenheid), welke combinatie ook wordt vergeleken in voorspelde pH. Ook wanneer alleen naar de regressie onder pH 6 wordt gekeken, zijn de verschillen ecologisch niet relevant. Wel zijn er op opnameniveau soms grotere verschillen in pH met en zonder weging (tot 0,82 pH-eenheid).

#### Conclusie

Het effect van de weging met bedekking en range van de responscurve bij gebruik van de WW-indicatiewaarden voor het voorspellen van de pH zijn verwaarloosbaar; dit blijkt uit de validatie op basis van de LMF-dataset met gemeten pH voor zowel de hele dataset als de subset van alleen gemeten waarden beneden de 6. Dit betekent dat de weging zoals die nu wordt toegepast, net zo goed kan worden weggelaten. De resultaten zijn in overeenstemming met eerder onderzoek. Onder andere Wamelink et al. (2005) hebben uitgebreid onderzoek gedaan naar verschillende manieren van weging van de indicerende soorten. Ook daar kwam als resultaat uit dat weging geen wezenlijke verbetering oplevert van het te schatten gemiddelde. Dat is in tegenspraak met de theorie zoals toegepast in ITERATIO, waarbij soorten met een smalle amplitude of range beter zouden moeten indiceren dan soorten met een brede amplitude. Het is daarom aan te bevelen om nader onderzoek te doen naar de weegwaarden zoals die voor de WW-indicaties zijn opgesteld.

## 3.3 Vergelijking indicatiewaarden soorten

### 3.3.1 Inleiding

Aan de meeste Nederlandse plantensoorten is een indicatorwaarde te koppelen. Dit kunnen vaste waarden zijn, geldend voor heel Nederland, zoals het geval bij de WW-indicaties en de Ellenberg-indicatiewaarden. In het geval van ITERATIO worden indicatorwaarden voor pH gegenereerd voor een specifieke regio door een itererend proces, gebaseerd op een indicatie op proefvlakniveau waarbij een aantal soorten een vaste (= gefixeerde) waarde toebedeeld krijgen, maar waar de begeleidende soorten met een bredere range, afhankelijk van de lokale omstandigheden, invloed hebben (zie § 2.2). Hierdoor kunnen er regionale verschillen in de indicatorwaarde per soort optreden die mogelijk resoneren in de resultaten voor vegetatieopnamen of analyses over grotere datasets, waardoor er afwijkende indicatiewaarden gegeven worden voor specifieke soortgroepen of regio's in Nederland. De eerste verkenning richt zich op het herkennen van patronen binnen de indicatorwaarden op soortniveau voor de zuurgraad (pH) en de voorjaarsgrondwaterstand (GVG) voor de twee indicatorsystemen (WW en ITERATIO).

---

Indicatiewaarden zijn berekend voor 3.710 verschillende plantensoorten (incl. ondersoorten) die voorkomen binnen de LMF-dataset (bestand: Iteratio\_WW\_getallen\_per\_soort\_SH). Een soort kan meerdere indicatiewaarden toebedeeld krijgen, al naargelang zijn voorkomen in een FGR.

Een soort die verschillende indicaties heeft in verschillende regio's, is de Groenknolorchis (*Liparis loeselii*). In de Weerribben, regio Laagveen, komt Groenknolorchis voor onder zeer natte omstandigheden met een pH van rond de 6 en in de Kalkrijke duinen met een pH van vaak boven de 8 (en vaak drogere condities). ITERATIO maakt dit onderscheid per regio. WW geeft een landelijke indicatie van pH 6,0, ITERATIO geeft vaste waarden voor FGR Laagveen 6,3 en voor FGR Kalkrijke duinen 8,3.

Voor deze analyse is de gehele set aan soorten ingedeeld in de eerder beschreven 11 Fysisch Geografische Regio's (FGR) aan de hand van hun verspreidingspatronen.

Daarnaast zijn de berekende waarden ook ingedeeld in een drietal groeivormen:

- Phanerofyten
  - Houtachtige chamaefyten
  - Phanerofyten
  - Lianen
- Geofyten
  - Echte parasieten
  - Halfparasieten
  - Hemicryptofyten
  - Kruidachtige chamaefyten
  - Therofyten
  - Geofyten
  - Cryptogamen
- Hydrofyten
  - Helofyten
  - Hydrofyten

Langlevende en/of diepwortelende plantensoorten, met name de bomen en struiken (=Phanerofyten), hebben in belangrijke mate een interactie met de dieperliggende bodemlagen. Plantensoorten uit de categorie 'geofyten' (twee- of meerjarige kruiden en grassen) interacteren met name met de bovenste lagen van de bodem. Het gros van de wortels bevindt zich in de bovenste 30 cm van de bodem (enkele uitzonderingen daargelaten) en bij veel grassen is dit nog oppervlakkiger. De interactie, en dus ook de indicerende waarde van deze planten, is dus gebaseerd op de bovenste 30 cm. Voor mossen geldt een nog oppervlakkigere indicatie. Bomen en struiken interacteren alleen in de vestigingsfase (kiemplanten) volop met de bovenste bodemlagen, waarna de planten dieper gaan wortelen.

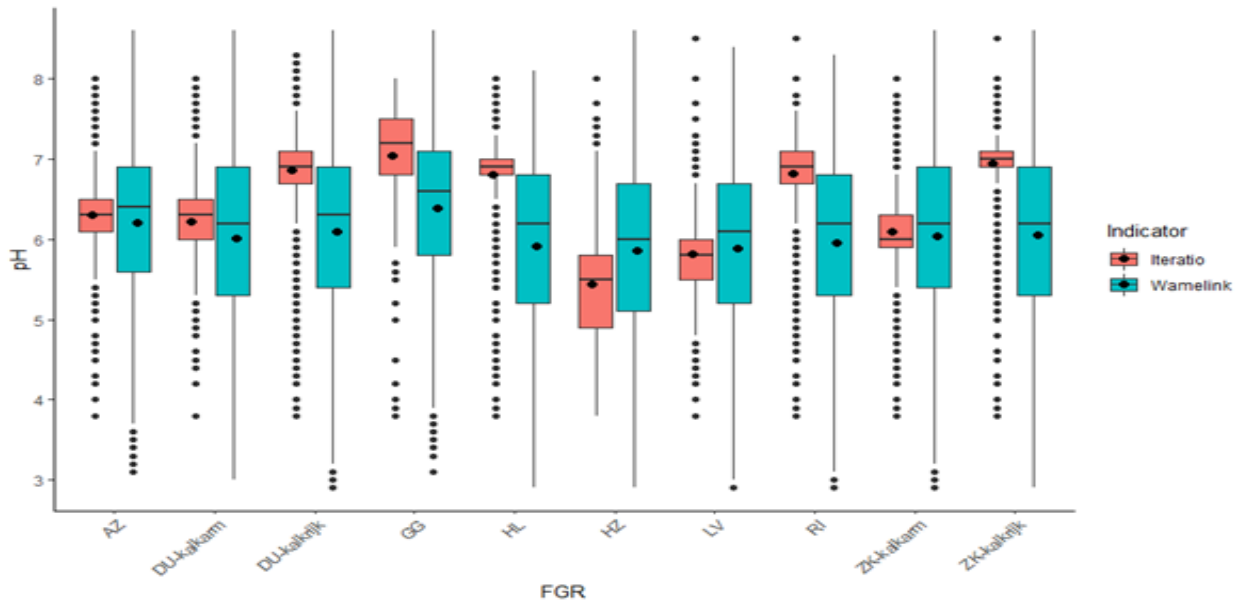
Daarnaast is ook de levensstrategie van bomen en struiken zo ingericht dat de planten vaak trager reageren op of een grotere weerstand hebben tegen wisselende milieuomstandigheden. Bomen en struiken reageren daardoor minder sterk op de abiotische omstandigheden in de bovenste bodemlagen dan (korterlevende) kruiden. De kieming van een 200 jaar oude boom is waarschijnlijk onder totaal andere bodemomstandigheden gebeurd dan die er nu gemeten worden. Mits het niet om jonge planten gaat, verwachten we dat bomen en struiken een lagere indicerende waarde hebben in een vegetatieopname. Voor lianen, epifyten en langlevende klonale soorten geldt dit doorgaans ook. Daarnaast is het bij bomen en struiken in sommige milieus niet altijd duidelijk of het spontane vestigingen zijn of aanplant (zie ook Schaffers et al., 2000). Om het effect van bomen en struiken op de indicatiewaarden van opname in beeld te krijgen, is per FGR de analyse herhaald waarbij de bomen en struiken zijn uitgesloten. De rol van bomen en struiken in de indicatiewaarde van GVG is extra uitgelicht in een aanvullende analyse, waarbij de WW- en de maximale ITERATIO-indicatiewaarden van de bomen en struiken apart met elkaar vergeleken zijn (naast die van cryptogamen en overige groeivormen). Hierbij is gebruikgemaakt van het databestand *GVG\_IT\_WW\_vegeleken.xlsx*.

Alle analyses zijn uitgevoerd in het statistische softwarepakket R (v. 4.1.0) met behulp van de *packages* *vegan*, *lme4* en *ggplot2* (Oksanen et al., 2015; Bates et al., 2007; Wickham et al., 2016).

### 3.3.2 Analyse

De eerste analyse richt zich op het verschil tussen de indicatorwaarden voor pH in de verschillende Fysisch Geografische Regio's (FGR). Figuur 3.3 toont in boxplots de verschillen in de spreiding van de indicatorwaarde tussen ITERATIO (rood) en WW (blauw) per FGR.

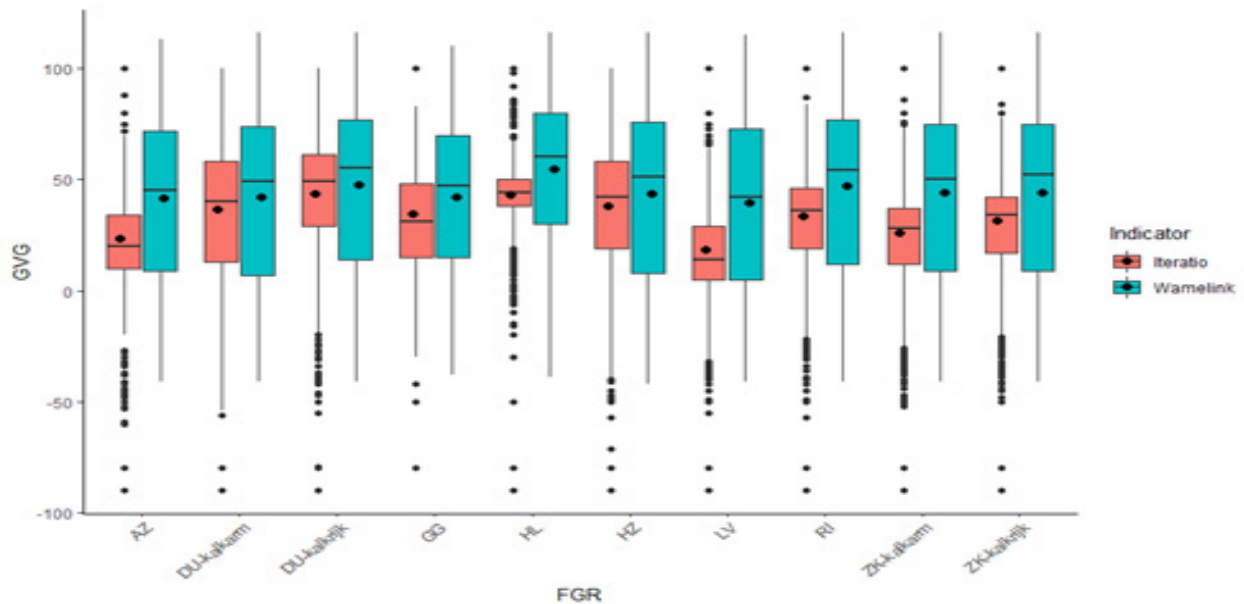
#### 3.3.2.1 Fysisch Geografische Regio's



**Figuur 3.3** De pH per FGR, inclusief bomen en struiken, gebaseerd op de indicatiewaarden van 3.710 verschillende plantensoorten (incl. ondersoorten) die voorkomen binnen de LMF-dataset. Boxplots met de mediaan (en de 50% en 95% marges) indicatiewaarde voor pH gegeven door ITERATIO en WW. De punt in de boxplot geeft het gemiddelde aan. De punten buiten de boxplots betreffen waarden buiten de 95%-spreiding.

In Figuur 3.3 is het effect van regionalisatie goed te zien. De kalkrijke regio's onderscheiden zich duidelijk van de minder kalkrijke of meer zure regio's.

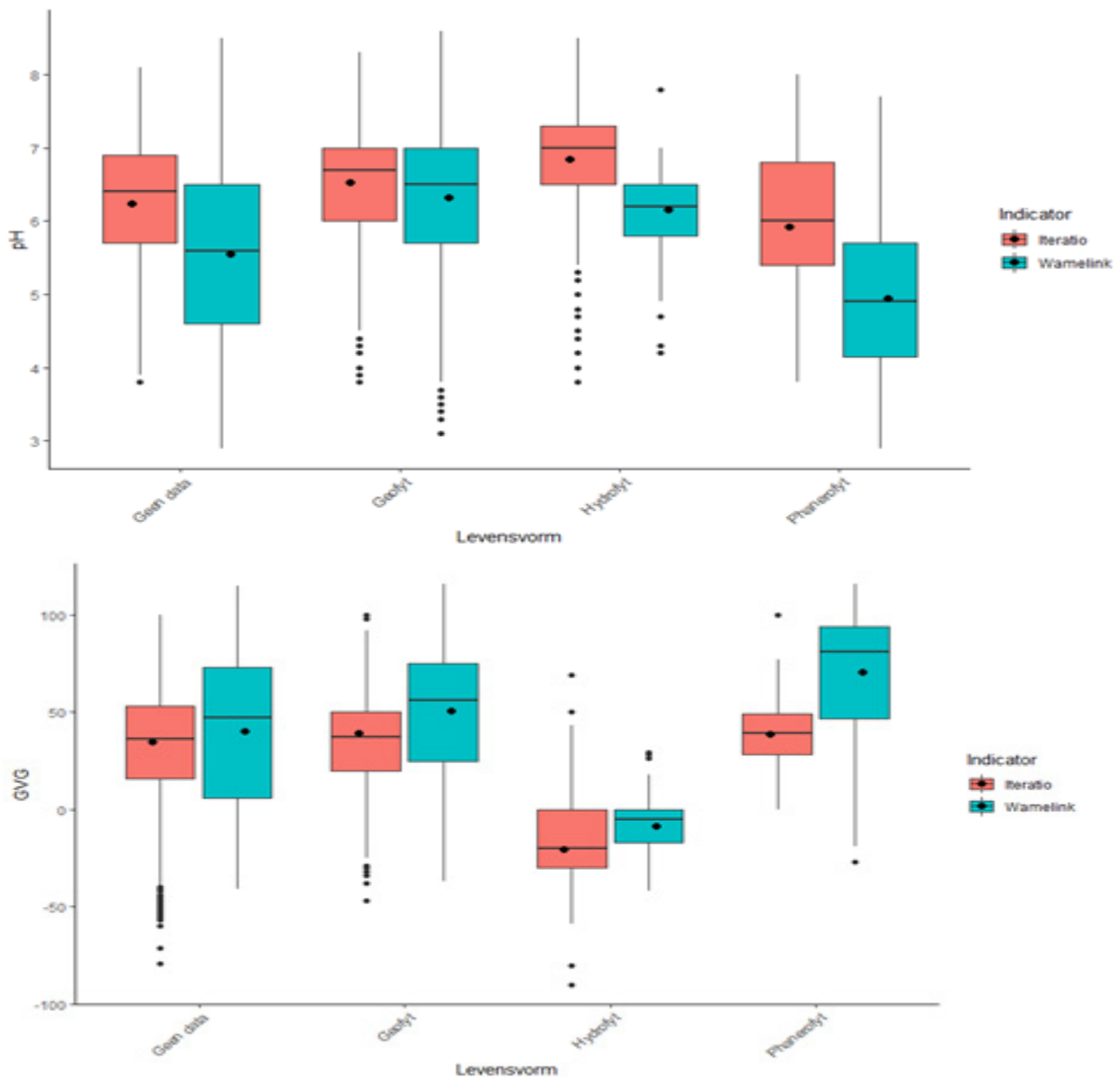
ITERATIO indiceert gemiddeld een iets (maar niet significant) hogere pH dan de WW-getallen, echter blijven de relatieve verschillen tussen de FGR's gelijk. Alleen in de kalkrijke gebieden neemt het verschil tussen ITERATIO en WW opmerkelijk toe. Wel laat ITERATIO, mogelijk door de regionalisatie waarbij soorten een indicatiewaarde krijgen afhankelijk van de FGR waarin ze voorkomen, duidelijkere verschillen zien. Door de hoge spreiding van de WW-getallen zijn verschillen tussen FGR's minder goed waar te nemen. Uitzonderingen zijn de hoog- en laagvenen waar ITERATIO de pH juist lager inschat.



**Figuur 3.4** GVG per FGR, inclusief bomen en struiken, gebaseerd op de indicatiewaarden van 3.710 verschillende plantensoorten (incl. ondersoorten) die voorkomen binnen de LMF-dataset. Boxplots met de mediaan (en de 50% en 95% marges) indicatiewaarde voor pH gegeven door ITERATIO en WW. De punt in de boxplot geeft het gemiddelde aan. De punten buiten de boxplots betreffen waarden buiten de 95%-spreiding.

Wat betreft de GVG zien we dezelfde grotere spreiding in de Wamelink-getallen (Figuur 3.4). Hier geeft ITERATIO gemiddeld lagere indicatiewaarden per FGR (= natter), maar blijven de verschillen relatief hetzelfde.

## Groeivormen

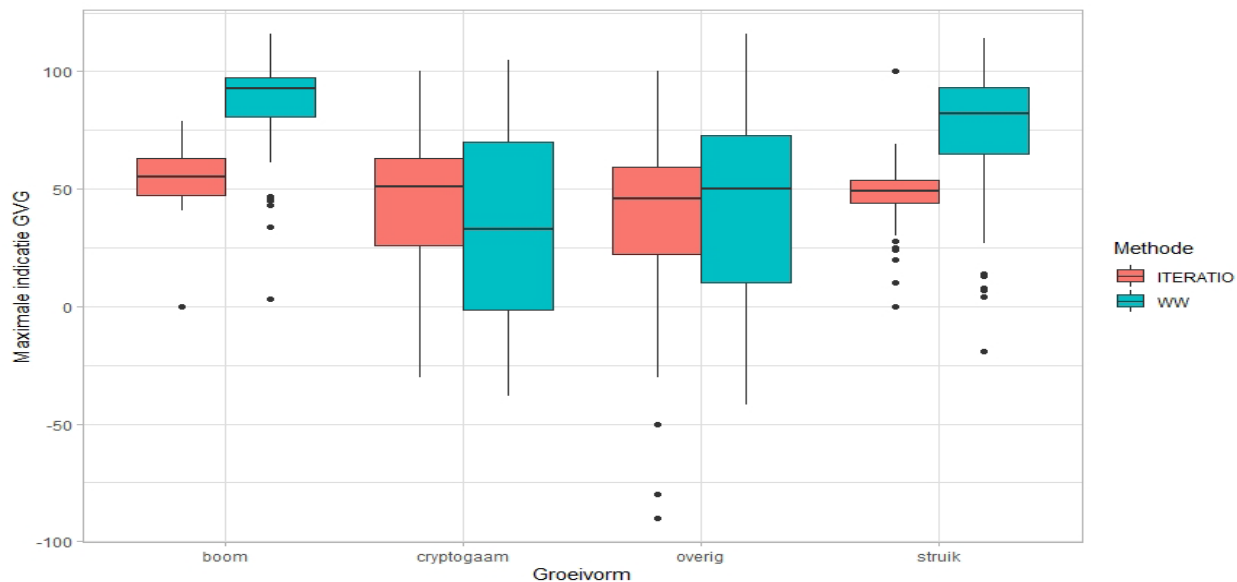


**Figuur 3.5** pH (boven) en GVG (onder) per levensvorm gebaseerd op de indicatiewaarden van 3.710 verschillende plantensoorten (incl. ondersoorten) die voorkomen binnen de LMF-dataset. Boxplots met de mediaan (en de 50% en 95% marges) indicatiewaarde voor de GVG, gegeven door ITERATIO en WW. De punt in de boxplot geeft het gemiddelde aan.

Wanneer er naar de groeivormen gekeken wordt, geeft ITERATIO hogere schattingen van de pH ten opzichte van de Wamelink-getallen. Met name de groeivormen gekoppeld aan bossen en struwelen, bomen, struiken en lianen leveren relatief grote verschillen op tussen de twee indicatorsystemen.

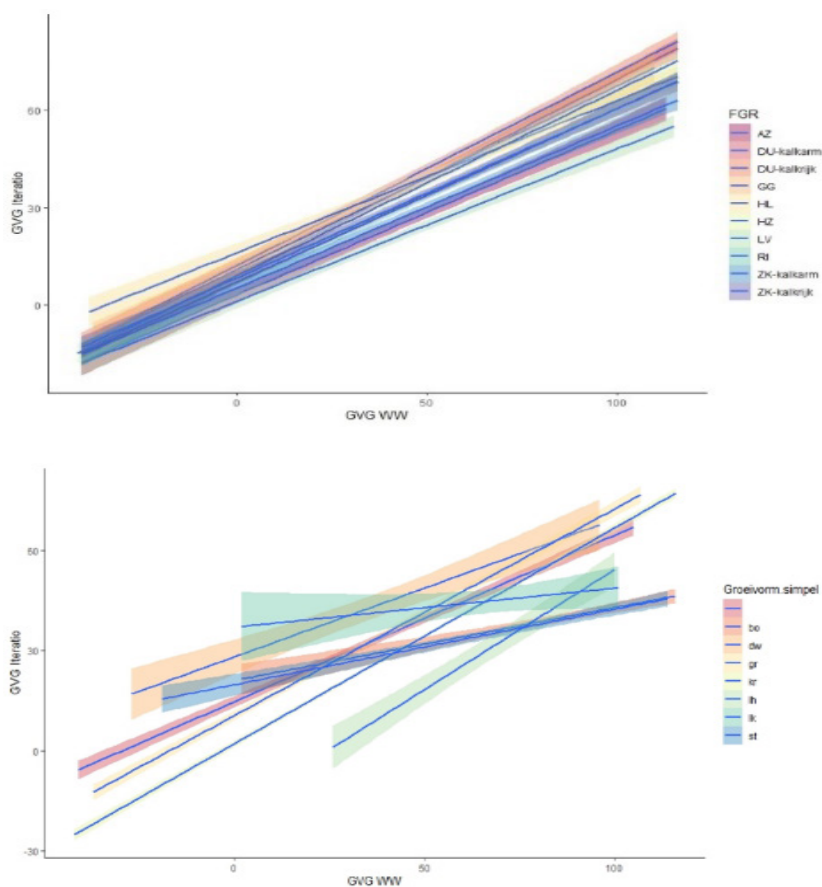
Deze verschillen zijn ook waar te nemen bij de GVG-indicaties, waarbij WW voor dezelfde groeivormen hogere GVG-waarden (= droger) dan ITERATIO indiceert (Figuur 3.5).





**Figuur 3.6** Bomen en struiken indiceren een significant hogere maximale GVG (cm -mv) wanneer WW wordt gebruikt (vergeleken met ITERATIO).

Wanneer bomen en struiken in het bijzonder worden bekeken (Figuur 3.6), is duidelijk te zien dat WW telkens een significant hogere GVG (dus droger) indiceert dan ITERATIO. Slechts in 7% van de gevallen koppelt WW een lagere GVG aan een boomsoort dan ITERATIO en ook bij de struiken is 80% van de WW-getallen significant hoger (dus droger). Daarbij moet benadrukt worden dat het niet duidelijk is welke methode de accuraatste indicatie geeft.



**Figuur 3.7** Lineaire correlaties tussen WW- en ITERATIO-indicatiewaarden per FGR (boven) en groeivorm (onder).

---

Vervolgens is gekeken naar hoe de twee indicatorsystemen zich tot elkaar verhouden (Figuur 3.7). Wanneer de FGR's worden vergeleken, lijkt de verhouding tussen ITERATIO en WW niet af te wijken tussen de verschillende FGR's. Zowel met als zonder bomen en struiken blijven de richtingscoëfficiënten gelijk, hoewel de intercept iets verschilt. Wanneer hetzelfde gedaan wordt met de groeivormen, lopen de richtingscoëfficiënten meer uiteen, wat duidt op grotere verschillen tussen de indicatiewaarden van soorten binnen enkele van deze groepen en zegt daarbij iets over de zeggenskracht van de indicatoren voor bepaalde groeivormen.

### 3.3.3 Conclusie

Milieucondities worden per definitie verschillend geïndiceerd door ITERATIO en WW voor zowel pH als GVG. Deze verschillen worden veroorzaakt door verschillen in de achterliggende methode om tot een indicatiewaarde te komen alsook door de regionalisatie die bij ITERATIO wordt toegepast en bij WW juist niet. Wanneer de soorten worden samengenomen in clusters zoals Fysisch Geografische Regio's of groeivormen, worden de verschillen tussen de FGR's en de groeivormen bepaald door de verschillen tussen de soortensamenstellingen van de clusters. Echter zullen bij grotere clusters de grote verschillen in soorten elkaar per saldo uitmiddelen. Hierdoor is te zien dat beide indicatiesystemen overall relatief vergelijkbare indicatiewaarden geven voor de FGR's, terwijl de mediaan van absolute indicatiewaarde iets afwijkt. Bij het weglaten van bomen of struiken blijft het beeld vrijwel gelijk.

Wanneer er naar groeivormen wordt gekeken, zijn de patronen anders bij de twee indicatorsystemen. Niet alleen indiceert WW doorgaans lagere waarden dan ITERATIO, ook over het hele spectrum wijken de patronen van de twee indicatorsystemen van elkaar af. Binnen ITERATIO hebben de bomen en struiken voor pH en GVG veelal geen gefixeerde indicatiewaarde en een laag gewicht. Ze krijgen hun waarde in de berekening door de overige soorten, in dit geval dus de soorten in de ondergroei. Het weglaten van de boom- en struiksoorten heeft dan uiteraard weinig of geen effect (wanneer er naar de indicatiewaarde voor de totale opname wordt gekeken). Omdat bomen en struiken oud kunnen worden, kan de groeiplaats geleidelijk sterk veranderen, terwijl de bomen en struiken gewoon blijven staan. Het droger uitkomen van de bomen binnen ITERATIO is als het goed is dus een gevolg van een drogere ondergroei. Daarbij is het belangrijk om te beseffen dat veel boomsoorten vaak grotere verspreidingsgebieden in Nederland en een relatief brede ecologische range hebben. Daarbij kan de langdurige aanwezigheid van bomen en struiken een sterk effect hebben op de lokale abiotiek.

Mogelijk dat hier de methode van de twee indicatorsystemen aan ten grondslag ligt.

ITERATIO gebruikt zowel voor de pH-indicatie als voor de GVG-indicatie een aftopping in de extremen (resp. pH: 3,8 en GVG 100 cm), mede omdat voorkomende plantensoorten binnen ITERATIO voorbij deze punten weinig indicatief meer zijn. De metingen waarop WW gebaseerd zijn, worden niet afgetopt op deze punten waardoor er meer extreme indicatiewaarden, en dus een grotere spreiding, te zien zijn. Wat betreft de GVG vallen in het bijzonder bomen en struiken op, waarbij WW in bijna alle gevallen een hogere GVG (dus droger) indiceert, terwijl ITERATIO de bomen en struiken niet los van de ondergroei meeneemt. Voor andere groeivormen is dit verschil niet systematisch.

Grotere soort aantallen (zowel van grote FGR's als groeivormclusters) laten een kleinere spreiding en ook een kleiner verschil tussen de twee indicatorsystemen zien. Verschillen in de indicatiewaarden van opnamen komen dus sterker naar voren wanneer er minder soorten worden meegenomen. De afwijking tussen de indicatorsystemen (of met een echte meting) zullen daarom sterker naar voren komen in soortenarme vegetatieopnamen of begroeiingen. Hieruit is te concluderen dat soortenarme ecosystemen minder nauwkeurig te indiceren zijn dan soortenrijke ecosystemen. Ook plantensoorten die in de extremen van de pH en GVG voorkomen, zullen bijdragen aan een afwijking, omdat ze op afwijkende manieren worden meegenomen binnen de indicatie. Een screening van LMF-tijdsreeksen op relatief soortenarme opnamen kan de zeggenswaarde verhogen.

---

## 3.4 Vergelijking indicatiewaarden LMF-opnamen

### 3.4.1 Inleiding

Voor deze verkenning wordt uitgegaan van de LMF-data, waarbij de aandacht gericht wordt op de berekende indicatiewaarde per opname. De trends in pH en GVG van verschillende begroeiingstypen, geïndiceerd door ITERATIO en WW, worden onderling vergeleken.

Voor de gebruikte dataset werden de door Arco van Strien aangeleverde LMF-data geïmporteerd in een Turboveg3-database en worden opnamen voorzien van labels betreffende de FGR, Ecodistrict en of een opname al dan niet gebonden is aan kalk. Op basis van deze extra attributen kunnen deelverzamelingen worden gemaakt voor ITERATIO. Berekende indicatiewaarden met ITERATIO worden vervolgens geïmporteerd in de Turboveg3-database. Bij de berekening van de gemiddelde WW-indicaties worden ook de weegwaarden van de soorten meegenomen. Deze weegwaarden zijn bepaald op basis van de breedte van de responscurves (5<sup>e</sup> en 95<sup>e</sup> percentielen) van de soorten en ingedeeld in negen klassen. Deze indeling is door het CBS opgesteld (zie § 2.3.3).

Het gaat om de volgende begroeiingstypen:

- Vochtig grasland
- Naaldbos
- Droog loofbos
- Droog grasland
- Droge heide
- Vochtige heide
- Vochtig loofbos
- Bermen
- Droge landschapselementen
- Natte landschapselementen
- Houtwallen en windsingels
- Open moeras
- Rijkswegbermen
- Dijken
- Vochtige duinen
- Droge duinen
- Vochtige duinstruwelen
- Droge duinstruwelen
- Kwelders

Voor de analyse werden alleen volledige reeksen van het totaal van vijf opnameronden gebruikt en opgedeeld in de bovenstaande klassen. Alle analyses werden tevens uitgevoerd zonder de phanerophyten (bomen en struiken). Hierbij werd bepaald welke richting de trend (indicatiewaarde afgezet tegen de tijd in ronden) had voor zowel ITERATIO als WW, wat de correlatiecoëfficiënt ( $r$ ) is en of de trend significant is ( $P < 0.05$ ).

### 3.4.2 Analyse

#### **pH**

De trends over vijf ronden pH, geïndiceerd door ITERATIO en WW, zijn samengevat in Tabel 3.2. Hier is te zien dat de naaldbossen, de droge heide en de vochtige heide leiden tot tegengestelde resultaten bij de twee indicatorsystemen. ITERATIO indiceert een toename van de pH over vijf ronden in zowel de vochtige als droge heide, terwijl WW een afname in pH aangeeft. Voor de naaldbossen geldt het omgekeerde. Dit zijn alledrie begroeiingstypen met een relatief lage pH. In de overige zestien begroeiingstypen wordt dezelfde trendrichting gevonden, al is deze niet altijd significant bij beide indicatorsystemen. Wanneer bomen en struiken worden uitgesloten bij de analyse treden er grotere verschillen op tussen de indicaties en de trends.

**Tabel 3.2** Resultaten trendanalyse tijdsreeksen pH over van vijf rondes per begroeiingstype. Telkens zijn de correlatiecoëfficiënt ( $r$ ) en de significant ( $p < 0.05$ ) gegeven en of er sprake is van een toe- of afname. Wanneer de resultaten van de twee indicatoren overeenkomen, is de regel in het groen gearceerd, wanneer de uitkomsten afwijken in significantie maar de richting gelijk is, is de uitkomst licht gearceerd en wanneer de uitkomsten tegengesteld zijn, zijn de resultaten in het oranje aangegeven.

Veranderingen - pH - met bomen en struiken	Significant ( $p < 0.05$ )		Richtingscoëfficiënt		Significant ( $p < 0.05$ )		Richtingscoëfficiënt		Verschil?
	ITERATIO p	ITERATIO r	Toename/afname	WW p	WW r	Toename/afname	Verschil?		
vochtig grasland	<0.001	-0.02723154	Afname	<0.001	-0.07587703	Afname			
naaldbos	<0.001	-0.01799517	Afname	0.08	0.01091207	Toename	<<<		
droog loofbos	0.32	-0.002050329	Afname	<0.001	-0.01883927	Afname			
droog grasland	<0.001	-0.02178302	Afname	<0.001	-0.03770452	Afname			
droge heide	0.09	0.02775244	Toename	<0.001	-0.0444204	Afname	<<<		
vochtige heide	0.007	0.03146664	Toename	<0.001	-0.03751985	Afname	<<<		
vochtig loofbos	<0.001	-0.01293534	Afname	<0.001	-0.03624216	Afname			
berm	0.008	-0.0101063	Afname	<0.001	-0.03864724	Afname			
droge landschapselementen	0.8	0.005207257	Toename	0.6	0.01341974	Toename			
natte landschapselementen	0.02	-0.007984564	Afname	<0.001	-0.03105214	Afname			
houtwallen en windsingels	0.94	-0.000358811	Afname	0.41	-0.008151133	Afname			
open moeras	<0.001	-0.04157638	Afname	<0.001	-0.065059	Afname			
rijkswegberm	0	-0.009590112	Afname	0.19	-0.01166342	Afname			
dijk	0.55	-0.004467408	Afname	0.12	-0.02769423	Afname			
vochtig duin	<0.001	-0.03793118	Afname	<0.001	-0.05680722	Afname			
droog duin	0.72	-0.002495459	Afname	<0.001	-0.04419256	Afname			
vochtig duinstruweel	0.68	-0.0132034	Afname	0.002	-0.09910826	Afname			
droog duinstruweel	<0.001	-0.07364761	Afname	<0.001	-0.1631236	Afname			
kwelder	0.1	-0.0883748	Afname	0.005	-0.1607698	Afname			

### GVG

De trends over vijf rondes GVG, geïndiceerd door ITERATIO en WW, zijn samengevat in Tabel 3.3. Bij de trends in grondwaterstanden gaat het, evenals als bij pH, over zeer kleine verschillen over vijf rondes per begroeiingstypen. Toch worden acht van de negentien begroeiingstypen verschillend geïndiceerd door de twee indicatorsystemen. De verschillen worden met name gevonden in de drogere begroeiingstypen. Bij het naaldbos en het droge loofbos komen de verschillen het duidelijkst naar voren.

**Tabel 3.3** Resultaten trendanalyse GVG over tijdsreeksen van vijf rondes per begroeiingstype. Telkens zijn de correlatiecoëfficiënt ( $r$ ) en de significant ( $p < 0.05$ ) gegeven en of er sprake is van een toe- of afname. Wanneer de resultaten van de twee indicatoren overeenkomen, is de regel in het groen gearceerd, wanneer de uitkomsten afwijken in significantie maar de richting gelijk is, is de uitkomst licht gearceerd en wanneer de uitkomsten tegengesteld zijn, zijn de resultaten in het oranje aangegeven.

Veranderingen - GVG - met bomen en struiken	Significant ( $p < 0.05$ )		Richtingscoëfficiënt		Significant ( $p < 0.05$ )		Richtingscoëfficiënt		Verschil?
	ITERATIO p	ITERATIO r	Toename/afname	WW p	WW r	Toename/afname	Verschil?		
vochtig grasland		0.87	-0.000905399	Afname	0.05	-0.008913587	Afname		
naaldbos	<0.001	-0.07646472	Afname	<0.001	0.04255228	Toename	<<<		
droog loofbos	<0.001	-0.04132556	Afname	<0.001	0.05985665	Toename	<<<		
droog grasland	<0.001	-0.05867202	Afname	0.85	-0.002593691	Afname			
droge heide	0.002	-0.03921037	Afname	<0.001	0.03327335	Toename	<<<		
vochtige heide	<0.001	0.03854117	Toename	<0.001	0.07335862	Toename			
vochtig loofbos	<0.001	0.01740965	Toename	<0.001	0.03849636	Toename			
berm	0.45	0.008158261	Toename	0.05	0.02087057	Toename			
droge landschapselementen	0.08	-0.05898588	Afname	0.02	0.085824	Toename	<<<		
natte landschapselementen	0.01	0.01272879	Toename	<0.001	0.03726504	Toename			
houtwallen en windsingels	0.24	-0.01876361	Afname	<0.001	0.08122618	Toename	<<<		
open moeras	<0.001	0.09196621	Toename	<0.001	0.1020533	Toename			
rijkswegberm	<0.001	-0.05690863	Afname	0.82	0.002577036	Toename	<<<		
dijk	0.009	0.05339511	Toename	0.003	0.05724115	Toename			
vochtig duin	0.06	0.0307075	Toename	0.2	0.01672493	Toename			
droog duin	0.02	-0.02590806	Afname	0.94	0.001014021	Toename	<<<		
vochtig duinstruweel	0.53	0.09614311	Toename	0.14	0.0709471	Toename			
droog duinstruweel	0.03	-0.09580456	Afname	0.13	0.06225492	Toename	<<<		
kwelder	0.78	0.01904004	Toename	0.004	-0.180918	Afname	<<<		

### 3.4.3 Conclusie

Hoewel er wel degelijk significante trends naar voren komen, is de toe- of afname over de volledige vijf rondes vaak erg klein en gaat het, wat betreft de pH, soms over slechts tienden of zelfs honderdsten van pH-punten. Hierbij dient de vraag gesteld te worden of deze trends ecologisch te duiden zijn. Een veranderende trend binnen de vijf rondes valt weg in deze analyse met op begroeiingstypen geaggregeerde

---

data. Op opnameniveau zijn de verschillen veel groter en zijn veranderingen concreet te duiden. Maar hier kunnen enkele incidentele veranderingen in een paar tijdsreeksen effect hebben op het landelijke beeld. Hoewel er al gecorrigeerd is voor ernstige verstoringen (§ 3.1.2) zijn er toch niet verklaarde schommelingen binnen de tijdsreeksen te zien. Om dit in beeld te brengen, zal elke tijdreeks per opname nauwkeurig geanalyseerd moeten worden. LMF-opnamen met afwijkende tijdsreeksen (waar mogelijk andere milieufactoren sturend zijn voor de soortensamenstelling) kunnen dan uit de analyse worden verwijderd. Hoewel het om kleine verschillen in trends gaat, treden er met name bij de GVG verschillen op tussen beide indicatiesystemen. Binnen de pH-analyse valt op dat de drie grootste afwijkingen in zuurdere systemen voorkomen. In de volgende paragraaf wordt hier verder op ingegaan.

## 3.5 Vergelijking berekende indicatiewaarden pH met gemeten pH-waarden van vegetatieopnamen

### 3.5.1 Inleiding

Zowel ITERATIO als WW tracht de aanwezige milieucondities, zoals ze te meten zouden zijn, te benaderen. Hoewel er een grote empirische dataset achter de twee methoden zit, wijkt een indicatie op basis van de aanwezige plantensoorten altijd af van een meting ter plekke, waar op dat moment ook andere omgevingsfactoren een rol spelen. In deze verkenning wordt onderzocht in hoeverre de indicatie afwijkt van een daadwerkelijk gemeten waarde. Omgekeerd geldt iets dergelijks ook voor de metingen zelf; een mengmonster van de bodem van iets andere locaties binnen het LMF-proefvlak of een meting van een maand later levert een andere uitkomst op. Diepte, monsternmethode, analysemethode, tijd en condities tussen monsternamen en de meting kunnen allemaal effect hebben op de uitkomst en dienen zo gestandaardiseerd mogelijk uitgevoerd te worden. Hoewel een indicatiewaarde op basis van de aanwezige plantensoorten altijd afwijkt van een meting ter plekke (zowel een meting als een opname worden beïnvloed door lokale en tijdsgebonden factoren) en de metingen ook nog variëren binnen het proefvlak, willen we toch een vergelijking doen om uitspraken te kunnen doen over veranderingen in milieudruk, zoals verdroging en verzuring.

Hiertoe is een dataset met gemeten pH-waarden (een subset van de LMF-dataset, zie § 3.1.2) vergeleken met een dataset van geïndiceerde waarden gebaseerd op de vegetatieopnamen die ter plekke gemaakt zijn. Het gaat hier om gegevens op opnameniveau. Bij een een-op-een relatie tussen gemeten en geïndiceerde waarden zou een perfect lineair verband het best mogelijke resultaat zijn voor de voorspelling van de milieuconditie door een indicatiesysteem. Daarom is er een lineair model uitgevoerd, waarbij zowel de determinatiecoëfficiënt ( $R^2$ ; welk percentage wordt verklaard door de lijn) als een Pearson-correlatiecoëfficiënt is berekend. Significantie is berekend met een ANOVA type III ( $p < 0.05$ ). Omdat ITERATIO gebruikmaakt van een aftopping in de extremen – er zijn geen indicatieve waarden onder de pH 3,8 – is de analyse ook uitgevoerd bij een dataset van Wamelinkindicatiewaarden, waarbij eenzelfde aftopping is toegepast.

Additioneel zijn dezelfde berekeningen ook met Ellenberg-waarden uitgevoerd. Hierbij moet in acht worden genomen dat Ellenberg-waarden zijn gebaseerd op categorieën binnen een grootschalige milieugradiënt, geijkt op Centraal-Europese ecosystemen. Hierdoor is een een-op-een vergelijking met gemeten waarden lastig te interpreteren. Daarnaast is het goed om in het achterhoofd te houden dat het niet gaat om een onafhankelijke dataset van metingen, omdat de pH-metingen uit deze dataset onderdeel zijn van de dataset die gebruikt is voor het afleiden van de WW-indicatiewaarden (zodat zowel  $r$  als  $R^2$  waarschijnlijk hoger uitvalt dan bij een onafhankelijke dataset). Dit maakt een goede vergelijking van beide indicatiesystemen niet goed mogelijk. Dit probleem treedt waarschijnlijk vooral op als ingezoomd wordt op subsets van de opnamedata.

De analyse is gedaan over de hele subset (alle soorten) en is herhaald op dezelfde dataset, maar waar de phanerophyten zijn uitgesloten, waar de cryptogamen zijn uitgesloten en waar alle storingssoorten zijn uitgesloten.

Tevens zijn de opnamen waarin een hoge ( $> 6$ ) en waarin een lage pH ( $< 6$ ) is gemeten apart van elkaar geanalyseerd, evenals de kalkrijke en kalkarme Fysisch Geografische Regio's. Hierbinnen zijn zowel de

regio's samengenomen als apart geanalyseerd, om zo de verschillen tussen verschillende pH-bereiken te vergelijken. In de voorgaande paragraaf bleek dat tijdseries in zuurdere begroeiingen grotere afwijkingen tussen ITERATIO en WW vertoonden, dit zou mogelijk terug te zien zijn in deze analyse.

### 3.5.2 Analyse

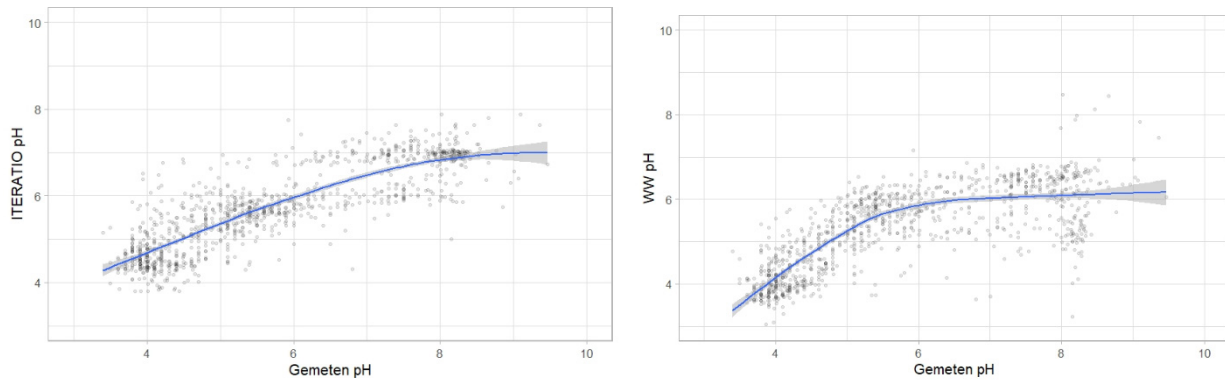
De uitkomsten van de analyse worden in de onderstaande Tabel 3.4 weergegeven. Wanneer de correlatie tussen de geïndiceerde waarden en de gemeten waarden het sterkst is, is dit groen aangegeven.

**Tabel 3.4** Resultaten correlatieanalyse tussen gemeten milieucondities en geïndiceerde condities door ITERATIO, WW, WW met een aftopping van <3,8 pH en Ellenberg. Telkens is de correlatiecoëfficiënt (r), de determinatiecoëfficiënt (R<sup>2</sup>) en de significantie (p<0.05) getoond. Tussen haakjes is het aantal meegenomen opnamen genoteerd. De uitkomsten die het beste aansluiten op de meetwaarden zijn groen gearceerd.

	(aantal opnamen)	Iteratio			WW			WW vanaf pH 3.8			Ellenberg		
		r	R <sup>2</sup>	P	r	R <sup>2</sup>	P	r	R <sup>2</sup>	P	r	R <sup>2</sup>	P
Gehele spectrum	Standaard (10eB)	0.85	0.72	<0.001	0.73	0.53	<0.001	0.73	0.54	<0.001	0.75	0.57	<0.001
	Zonder phanerophyten	0.83	0.68	<0.001	0.79	0.62	<0.001						
	Zonder cryptogamen	0.84	0.71	<0.001	0.73	0.53	<0.001						
	Zonder stofing	0.84	0.7	<0.001	0.69	0.48	<0.001						
pH<6	Lineair Standaard <6 (662)	0.65	0.43	<0.001	0.8	0.63	<0.001	0.8	0.64	<0.001	0.53	0.29	<0.001
pH>6	Lineair Standaard >6 (407)	0.49	0.23	<0.001	0.12	0.01	0.01	0.13	0.01	0.009	0.31	0.09	<0.001
Kalkrijksamen	Kalkrijk (313)	0.67	0.44	<0.001	0.58	0.33	<0.001	0.58	0.33	<0.001	0.51	0.25	<0.001
Hogezandgronden	HZ (520)	0.73	0.54	<0.001	0.77	0.59	<0.001	0.77	0.59	<0.001	0.59	0.34	<0.001
	HZ pH<6	0.73	0.53	<0.001	0.81	0.66	<0.001	0.82	0.67	<0.001	0.56	0.31	<0.001
	HZ pH>6	0.17	0.004	0.36	-0.16	-0.003	0.35	-0.17	0.003	0.35	-0.07	0.03	0.7
	Kalkrijk pH<6	0.73	0.48	0.007	0.87	0.72	<0.001	0.87	0.74	<0.001	0.58	0.27	0.04
	Kalkrijk pH>6	0.34	0.09	0.005	0.23	0.04	0.06	0.22	0.04	0.07	0.26	0.05	0.03
Regio's	HL (21)	0.66	0.41	0.001	0.74	0.52	<0.001	0.74	0.52	<0.001	0.72	0.49	<0.001
	ZK-kalkrijk (125)	0.35	0.12	<0.001	0.28	0.07	0.001	0.28	0.07	0.001	0.37	0.13	<0.001
	Ri-kalkrijk (112)	0.22	0.04	0.02	0.31	0.09	<0.001	0.31	0.09	<0.001	-0.12	0.005	0.22
	DU-kalkrijk (55)	0.69	0.47	<0.001	0.79	0.61	<0.001	0.79	0.61	<0.001	0.34	0.1	0.03

Over de gehele dataset benadert ITERATIO de gemeten waarde het sterkst. Met een R<sup>2</sup> van 0,72 versus 0,54 (WW) en 0,57 (Ellenberg). Dit wordt iets minder wanneer bomen en struiken niet worden meegenomen – bij WW wordt de correlatie dan juist sterker (zie ook de effecten beschreven in § 3.3.2) – of wanneer er andere soortgroepen worden uitgesloten van de analyse. Bij lage pH-waarden (pH < 6) laten de Wamelink-getallen echter een sterkere correlatie zien dan ITERATIO (resp. een R<sup>2</sup> van 0,64 versus 0,43). Bij hogere pH-waarden is ITERATIO het enige systeem dat een significante (maar zwakke) correlatie laat zien (0,23). Wanneer er verder wordt opgesplitst naar de hogere zandgronden en de samengevoegde kalkrijke regio's, laat WW steeds een sterkere correlatie zien in de zuurdere opnamen, terwijl bij hogere pH's ITERATIO beter presteert. Bij kleine regiospecifieke datasets geeft, tegen de verwachting in, WW de nauwkeurigste indicatie. Een uitzondering is de kalkrijke zeeklei, waar Ellenberg beter scoort.

Wanneer de correlatie tussen de gemeten waarden en de twee indicatoren via een lokale regressie wordt gepresenteerd, bevestigen de lijnen het bovenstaande beeld (Figuur 3.8). ITERATIO geeft een relatief stabiele correlatie aan over het gehele spectrum, dat nigt naar een lineair verband. WW-getallen daarentegen laten een sterke correlatie zien in het zuurdere spectrum, maar de gevoeligheid vlt af in de hogere pH-regio's. In beide methoden wordt de nauwkeurigheid minder in de begroeiingen van een heel hoge pH.



**Figuur 3.8** Lokale regressies tussen de gemeten waarden en de indicatiewaarden geven inzicht in de gevoeligheden voor de twee indicatorsystemen (links: ITERATIO, rechts: WW) ten opzichte van het pH-spectrum.

### 3.5.3 Conclusie

Over het gehele spectrum van vegetatietypen is ITERATIO nauwkeuriger in de indicatieve waarde vergeleken met WW-getallen, welke in nauwkeurigheid overeenkomen met Ellenberg-getallen. Mogelijk dat hier de regionalisatie van de berekeningen een voordeel biedt. Wanneer er echter naar het zuurdere spectrum van de begroeiingen wordt gekeken, benaderen de Wameling-getallen de gemeten waarden beter dan ITERATIO. Het omgekeerde geldt voor de begroeiingen van een hogere pH, waar ITERATIO beter scoort. Bij elke opdeling van de dataset neemt wel de nauwkeurigheid af van beide indicatoren, waarbij de determinatiecoëfficiënt ( $R^2$ ) van WW-getallen het stabielst blijft. Bij de kleine regionale datasets lijkt WW dan ook beter te presteren, maar dit is mogelijk een gevolg van het feit dat deze dataset niet onafhankelijk is van de data die zijn gebruikt bij het ontwikkelen van het WW-indicatiesysteem (zie § 3.5.1). Daarnaast zijn mogelijk de subsets niet gebalanceerd en heeft de aanwezigheid (of juist de afwezigheid) van de extremen in het pH-spectrum binnen de dataset een relatief grote invloed op de indicatie in datasets van beperkte grootte. Ook is mogelijk de nauwkeurigheid door de itererende rekenmethode achter ITERATIO gebaat bij grotere datasets. Er is vervolgonderzoek nodig om dit goed uit te zoeken op subsets van beperkt formaat te analyseren. Mogelijk treden dergelijke verschuivingen ook op wanneer er binnen de LMF-analyse subsets worden gemaakt. Ecologisch geredeneerd zijn er vraagtekens te zetten bij de indicerende kracht van begroeiingen in de abiotische extremen. Soortensamenstellingen veranderen mogelijk niet meer bij, bijvoorbeeld, verregaande verzuring, wanneer er alleen nog zuurtolerante soorten staan. Ook spelen er hier mogelijk andere abiotische processen die een effect hebben, die anders zijn dan alleen pH (of GVG). Samenvattend lijkt ITERATIO de gemeten pH-waarden landelijk beter te benaderen dan WW en weet WW met name het zuurdere deel van het pH-spectrum goed te indiceren, maar in kleinere subsets, zeker in de extremen van het pH-spectrum, dient enige voorzichtigheid betracht te worden in het gebruik van beide indicatiesystemen.

## 3.6 WW- en ITERATIO-indicaties van soorten versus Ellenberg-indicaties

### 3.6.1 Inleiding

Uit de resultaten van § 3.3.2 blijkt dat een deel van de verschillen in indicatiewaarden van soorten tussen WW en ITERATIO samenhangt met de regionalisatie in ITERATIO. Dit geldt vooral voor pH. De verschillen in de door beide indicatiesystemen geïndiceerde pH zijn voor de kalkrijke regio's iets groter dan voor de minder kalkrijke of meer zure regio's.

In deze paragraaf richten we ons op de vraag in hoeverre de mate van verschil tussen de indicatiewaarden van soorten in WW en ITERATIO verschuift langs gradiënten in pH en vochtbeschikbaarheid. De hypothese hierbij is dat voor sommige regio's de verschillen tussen WW en ITERATIO langs een of beide uiteinden van

---

de gradiënt groter zijn dan in het middentraject. Als de grootte van de verschillen inderdaad varieert langs deze gradiënten, kan dit leiden tot verschillen in de geïndiceerde milieucondities (hoogte en trend).

Voor een vergelijking tussen WW en ITERATIO langs milieugradiënten en voor een duiding van de verschillen, is het zinvol om de geïndiceerde milieucondities te vergelijken met gemeten milieucondities (hoewel ook metingen hun beperkingen hebben). De beschikbaarheid van empirische datasets is echter zeer beperkt. Bovendien geldt dat als de abiotische data gebruikt zijn voor het afleiden van de indicatiewaarden (zoals bij een deel van de LMF-data die gebruikt zijn voor het bepalen van de WW-waarden, zie vorige paragraaf), dergelijke data ook niet volledig onafhankelijk zijn. In aanvulling op de vorige paragraaf hebben we daarom ook een vergelijking uitgevoerd van de indicatiewaarden van soorten volgens WW en ITERATIO ten opzichte van de Ellenberg-indicatiewaarden. Een verschil met de vorige paragraaf is dat het hier niet gaat om een vergelijking op proefvlakniveau, maar om een vergelijking op soortniveau. De Ellenberg-indicatiewaarden geven een inschatting van de *relatieve* positie van soorten langs milieugradiënten (zie § 2.1), zodat een vergelijking van absolute waarden niet mogelijk is. Het is echter wel mogelijk om de verschillen tussen WW en ITERATIO te vergelijken met de relatieve positie van deze soorten langs milieugradiënten op basis van Ellenberg-waarden.

### 3.6.2 Analyse

Voor de analyse zijn we uitgegaan van het Excelbestand 'IT\_WW\_EL\_indicaties.xlsx' met per soort indicatiewaarden van de drie systemen: WW, ITERATIO (data voor elf regio's afgeleid uit een selectie van vegetatieopnamen uit de LVD; zie § 3.1.1) en Ellenberg. Voor de analyse zijn per standplaatsfactor (pH en vochtbeschikbaarheid) alleen soorten meegenomen met een indicatiewaarde in alle drie systemen. Soorten met een score 'X' bij Ellenberg (indifferent) zijn dus buiten beschouwing gelaten.

Per Ellenberg-klasse is de spreiding van de indicatiewaarden voor zowel WW als ITERATIO samengevat met boxplots (Figuur 3.6 en 3.7). Een belangrijk deel van de verschillen tussen de indicatiewaarden van WW en ITERATIO hangt samen met de regionalisatie bij ITERATIO (zie § 3.3). Om deze variatie samen te vatten in één figuur, wordt per Ellenberg-klasse voor ITERATIO een aparte box weergegeven voor de minimale en voor de maximale indicatiewaarde (op basis van de fysisch-geografische regio waar de soort de minimale respectievelijk maximale waarde heeft).

### 3.6.3 Resultaten en conclusie

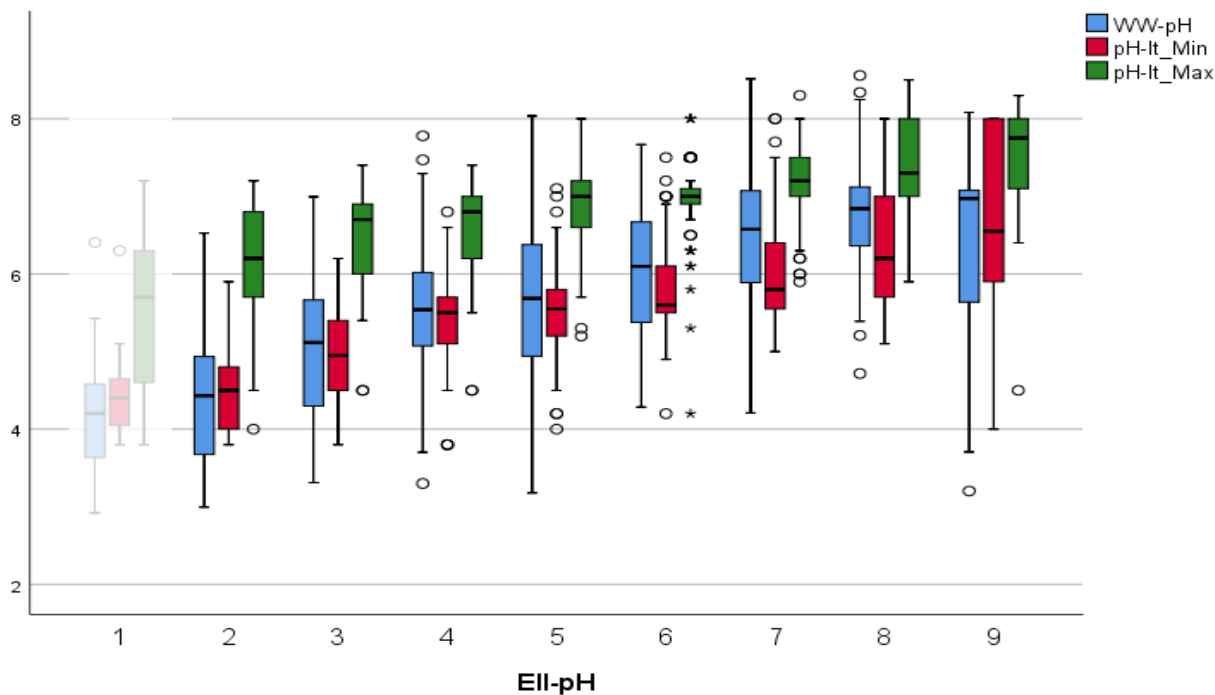
#### Resultaten pH

Voor de pH-gradiënt blijkt dat de boxen voor de minimale waarden van ITERATIO (vooral de regio's Hogere zandgronden en Laagveen) een voor de mediaan een vergelijkbaar patroon laten zien als de boxen voor de WW-waarden. De relatief kleine verschillen treden hier vooral op bij hogere Ellenberg-waarden (7-9).

Voor de maximale waarden van ITERATIO (de regio's met kalkhoudende bodems) zijn de verschillen groter. Hierbij valt op dat de verschillen groter worden bij lagere Ellenberg-waarden, dus in de zure kant van de gradiënt. De verschillen in geïndiceerde pH-waarden tussen WW en ITERATIO treden dus vooral op in regio's met kalkhoudende bodems. Binnen deze regio's zijn de verschillen het grootst voor soorten die (volgens Ellenberg) vooral voorkomen op relatief zure bodems (maar ook aan het andere uiteinde van de gradiënt zijn er verschillen). Juist deze uiteinden zijn voor het beleid interessant, bijvoorbeeld voor het in beeld brengen van de effecten van verzuring door stikstofdepositie of van het herstel van basenrijke kwel.

Het is hierbij goed om in het achterhoofd te houden dat aan de uiteinden van de gradiënten niet alleen ecologische factoren een rol kunnen spelen, maar ook onzekerheid in de toewijzing van referentieopnamen aan de juiste fysisch-geografische regio (kalkarm versus kalkrijk). Om meer zicht te krijgen in de achterliggende oorzaken, zou het goed zijn om bij vervolgonderzoek in te zoomen op de factoren die een rol kunnen spelen aan de uiteinden van de gradiënten, inclusief toetsing van de referentieopnamen.



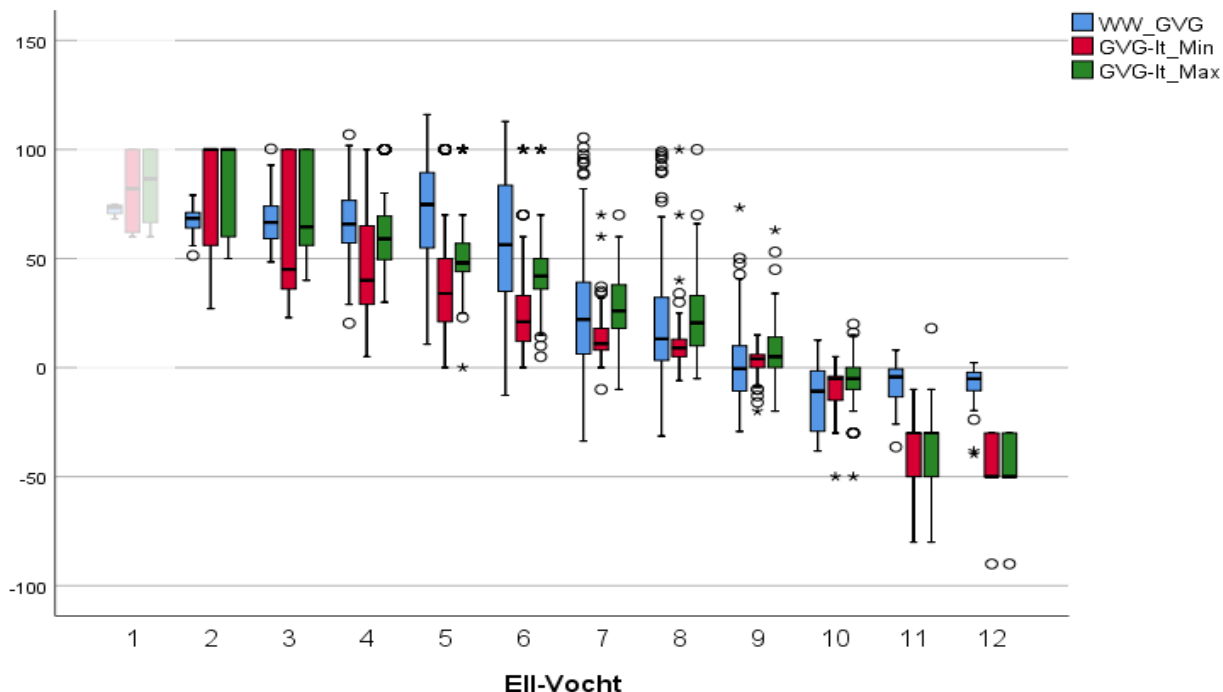


**Figuur 3.9** Boxplot met de indicatiewaarden van WW en ITERATIO langs een pH-gradiënt op basis van Ellenberg-indicatiewaarden. In de analyse zijn alleen soorten meegenomen met een indicatiewaarde in alle drie systemen. Per Ellenberg-klasse (1-9) worden drie boxen weergegeven die steeds bestaan uit dezelfde set aan soorten. De boxen geven informatie over de spreiding van de WW-waarden (één landelijke waarde) en de minimale (hogere zandgronden en laagveen) en maximale waarden (kalkhoudende bodems) voor ITERATIO. Voor Ellenberg-klassen met minder dan 20 soorten met data voor alle drie systemen is de box vervaagd.

### Resultaten GVG

Voor de gradiënt in vochtbeschikbaarheid zijn de verschillen tussen de minimale en de maximale waarde voor ITERATIO minder groot dan bij de pH-gradiënt. Dat is logisch, omdat er bij ITERATIO geen regionalisatie is gemaakt voor GVG-indicatiewaardenlijsten (zie § 2.1). De verschillen tussen de fysisch-geografische regio's zijn daardoor uitsluitend het gevolg van de geregionaliseerde referentiebestanden die meedraaien in de analyse, waardoor niet-gefixeerde soorten droger uitkomen in een wat drogere FGR.

In het middendeel van de gradiënt komen de patronen voor WW en ITERATIO vrij goed overeen, maar in het droge en natte deel van de gradiënt (respectievelijk lage en hoge Ellenbergwaarden) zijn de patronen sterker afwijkend. De hoogte van boxplots verschilt vooral aan de natte (aquatische) kant van de gradiënt tussen beide indicatiesystemen. Verder valt op dat de boxen voor WW aan de droge kant van de gradiënt (Ellenberg-klasse 1-5) en aan de natte kant van de gradiënt (Ellenberg klasse 10-12) qua mediaan nauwelijks verschillen laten zien. De boxen voor ITERATIO daarentegen laten langs de hele gradiënt een geleidelijk daling zien. Bij verdroging of vernatting van LMF-plots is te verwachten dat ITERATIO daardoor een wat scherpere trend laat zien.



**Figuur 3.10** Boxplot met de indicatiewaarden van WW en ITERATIO langs een gradiënt in vochtbeschikbaarheid op basis van Ellenberg indicatiewaarden. Per Ellenberg-klasse (1-12) worden drie boxen weergegeven die steeds bestaan uit dezelfde set aan soorten. De boxen geven informatie over de spreiding van de WW-waarden en de minimale en maximale waarden voor ITERATIO. Voor Ellenberg-klassen met minder dan 20 soorten met data voor alle drie systemen is de box vervaagd.

## 3.7 Vegetatieopnamen nader geanalyseerd

### 3.7.1 Inleiding

In §3.5 is een globale correlatieve analyse uitgevoerd op de referentiedata met gemeten pH-waarden. In deze paragraaf wordt meer in detail gekeken bij welke opnamen de berekende waarden sterk afwijken van de gemeten waarden en waarom. Ter illustratie zijn 28 opnamen die zijn toebedeeld aan Zeeklei-kalkrijk geanalyseerd. Hiermee wordt getracht om meer inzicht te krijgen in de oorzaken die per opname/meting leiden tot afwijkingen. Duidelijk moet dan worden hoe dat ligt voor beide indicatiesystemen en wat dat zegt over de gebruikswaarde daarvan voor landelijke evaluaties van de trends in abiotiek in de natuur.

### 3.7.2 Effect van regionalisering

Uit de set LMF-opnamen met pH-metingen (zie §3.2.1) is voor de regio Kalkrijke klei een selectie gemaakt waarbij de beide indicatiesystemen WW en ITERATIO duidelijk verschillend presteren. In de tabel 'Vegetatietabel\_Klei\_kalkrijk.xlsx' zijn drie groepen opnamen onderscheiden:

- Een groep van dertien opnamen waar een groot verschil is tussen zowel de uitkomsten van ITERATIO als de WW-getallen als de metingen van die opnamen, dus waar zowel ITERATIO als WW niet goed overeenkomt met de gemeten waarden.
- Een groep van tien opnamen waar een klein verschil is tussen de uitkomsten van de WW-getallen en de meting, terwijl er een (vrij) groot verschil is tussen WW en ITERATIO, dus waar ITERATIO minder goed overeenkomt met de gemeten waarden.
- Een groep van vijf opnamen waar een klein verschil is tussen ITERATIO-uitkomsten en de meting en een groot verschil tussen WW en de meting, dus waar WW minder goed overeenkomt met gemeten waarden.

---

Het valt op dat er een aantal opnamen is met een meting met een lage pH. Kennelijk is het lastig om de kalkrijke kleiregio zo te begrenzen dat er alleen opnamen in terechtkomen die goed gebufferd zijn. Dat zal zeker ook gelden voor de kalkrijke duinen en ook voor het Heuvelland, waar ook zure delen in voorkomen.

Door middel van de filterknoppen in de Exceltabel kan de soortensamenstelling per opname bekeken worden. In de kopregel staat de groepscode.

#### *Groep a*

Uit de opnamen uit deze groep is af te leiden dat de verschillen ontstaan doordat de betreffende opnamen geen soorten bevatten die duidelijk een hoge pH indiceren, maar waarbij de gemeten pH's toch hoog zijn. ITERATIO komt wat hoger uit dan de WW-getallen doordat de niet-gefixeerde soorten in andere opnamen van de set voorkomen, samen met soorten die gefixeerd een hoge pH indiceren. De gefixeerde soorten indiceren in deze subset geen hoge pH, omdat ze in de referentiesets – die gebruikt zijn voor de opstelling van de indicatielijsten – niet met hoge pH's gemeten zijn.

Via de WW-getallen zijn de uitkomsten duidelijk zuurder doordat ze landelijk gelden en dus niet specifiek zijn voor de kalkrijke klei. Vrijwel alle opnamen uit deze groep bevatten soorten die in de zuurdere regio's in Nederland ook voorkomen.

#### *Groep b*

Dit betreft deels zuur bemeten opnamen voor de kalkrijke klei. De ITERATIO-indicatiewaarden liggen voor deze metingen te hoog. De landelijke WW-getallen passen hier beter, omdat ze grotendeels ontleend zijn aan zuurdere regio's, met name de Hogere Zandgronden.

Bij de opnamen uit deze groep met een meer neutraal gemeten pH zijn de verschillen tussen de twee indicatiesystemen vrij klein. WW scoort hier goed in het neutrale milieu doordat er in deze opnamen veel soorten aanwezig zijn die landelijk voornamelijk voorkomen in gebufferde milieus en daarom in een landelijke indicatielijst toch een wat hogere pH gekregen hebben.

#### *Groep c*

Het betreft hier opnamen waar een pH van ca. 7 is gemeten. De indicatiewaarden van ITERATIO die ontleend zijn aan de kalkrijke kleiregio passen hier beter dan de landelijke WW-indicatiegetallen.

### 3.7.3 Conclusie

Binnen het areaal (of aan de rand daarvan) van kalkrijke kleigronden komen ook wel vrij zure situaties voor. Hetzelfde geldt ook voor het Heuvelland en de kalkrijke duinen. Het is niet eenvoudig om de kalkrijke regio's zo te begrenzen dat dit niet optreedt.

Bij een geregionaliseerd indicatiesysteem zoals ITERATIO komen de niet-zure delen van de kalkrijke kleiregio er over het algemeen goed uit. Bij landelijke indicatiesystemen gaat het voorspellen van de pH alleen goed als er obligaat kalkminnende soorten in de opname staan (die hebben in een landelijk systeem ook wel een hoge pH-indicatie). Voor de overige opnamen met een hoge gemeten pH komen de indicatiewaarden door middel van de WW-getallen vaak te laag uit. Voor de relatief zure delen binnen een kalkrijke regio is het juist andersom: ITERATIO scoort te hoog en via de WW-getallen gaat het beter, omdat deze voor een groot deel op de zuurdere delen van Nederland georiënteerd zijn.

Oplossingen voor de problemen (ruis in de uitkomsten) zijn:

- Het zorgvuldig toedelen van opnamen aan regio's, mogelijk met extra criteria; dit geldt zowel voor LMF-plots als voor referentiebestanden waarmee ITERATIO gedraaid wordt.
- Bij een revisie van indicatiewaarde-lijsten kan rekening gehouden worden met enige ruis in de toedeling van de indicatiewaarde aan een soort, waarbij in kalkrijke regio's voldoende soorten voor pH een zure indicatie krijgen en andersom: in zure regio's voldoende soorten die een hoge pH indiceren, opnemen. Dit geldt natuurlijk alleen voor een geregionaliseerd indicatiesysteem als ITERATIO.



---

## 4 Discussie, conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Discussie

Deze studie heeft als doel te komen tot een beter begrip hoe verschillen in uitkomsten tussen WW-pH (H<sub>2</sub>O) en WW-GVG enerzijds en ITERATIO-pH en ITERATIO-GVG anderzijds te verklaren zijn. Eerste verkenningen door het CBS aan de hand van LMF-data hebben verschillen in geïndiceerde milieucondities laten zien die op basis van de beschikbare informatie niet te verklaren zijn (waarbij aangetekend moet worden dat het om geringe verschillen gaat, zie Figuur 1.1 en 1.2).

De verschillen tussen beide indicatiesystemen in geïndiceerde milieucondities worden veroorzaakt door een set aan factoren die de indicatiewaarden binnen verschillende begroeiingstypen en op verschillende plekken in het milieuspectrum kunnen beïnvloeden. Het is echter lastig om het relatieve belang van de verschillende factoren aan het optreden van verschillen in beeld te brengen.

In de eerste plaats zijn beide indicatiesystemen erg verschillend wat betreft de indicatiegetallen van soorten zelf, de totstandkoming van deze getallen én de manier waarop ermee gerekend wordt. Bij ITERATIO heeft slechts zo'n 10 tot 20% van de soorten een vaste indicatiewaarde en die waarde kan per landschapstype verschillen, terwijl bij WW alle soorten een vaste (landelijke) waarde hebben. Verder is laagste pH-waarde voor een soort bij ITERATIO 3,8 en bij WW is dit 3,0. Jan Holtland stelt dat beneden de pH 4,2 er geen soorten meer zijn die dit kunnen indiceren, terwijl Wieger Wamelink van mening is dat het beneden de pH 3,8 wel kan. Dit verschil in laagste pH-indicatiewaarde kan een van de verklaringen zijn voor het systematische onderscheid zoals CBS dat aantroef bij trendanalyses (zie Figuur 1.1). Daarnaast geven de twee indicatiesystemen verschillende indicatiewaarden af op soortniveau. Deze verschillen in indicatiewaarde van soorten treden met name op aan de extremen van de milieugradiënten, maar ook de levensvorm van de soort doet ertoe. Bomen en struiken lijken daarin het meest afwijkend te zijn tussen de twee systemen, hierbij indiceren bomen en struiken binnen WW een aanmerkelijk lagere pH en een hogere GVG (droger) dan ITERATIO. Het wel of niet meenemen van bomen en struiken binnen de WW-getallen kan een relatief groot effect hebben op de berekende indicatiewaarde van opnamen. Bij ITERATIO gaat een groot deel van de bomen en struiken per definitie mee met de ondergroei, omdat ze nagenoeg geen vaste indicatiewaarde hebben, het effect is nihil indien ze buiten de berekening worden gehouden.

In de tweede plaats is het gericht beantwoorden van de vraag lastig, doordat er nauwelijks datasets met (consequent) gemeten milieucondities beschikbaar zijn die onafhankelijk zijn van beide indicatiesystemen om de nauwkeurigheid van de indicatiewaarden te valideren. Verder dient te worden aangetekend dat de absolute verschillen voor significante trends van individuele tijdsreeksen in de LMF-data, voor zowel pH en GVG, erg klein zijn en (door onnauwkeurigheden in de milieu-indicaties van opnamen) mogelijk binnen de meetfouten vallen, zodat de interpretatie van de mogelijke oorzaken van deze verschillen lastig is. Dit is ook te zien in de trends van samengenomen subsets, waarbij grotere veranderingen mogelijk worden uitgemiddeld (doordat positieve en negatieve trends in verschillende subsets elkaar compenseren) en de ecologische duiding van deze veranderingen moeilijk is. Dit geeft de limitatie van het gebruik van indicatoren dan ook weer. Het toevoegen van een bepaalde onzekerheid aan de indicatie van individuele opnamen (en grotere datasets) kan helpen om de resultaten beter te interpreteren.

Uit de vergelijking van beide systemen met gemeten pH-waarden (analyse op plotniveau, zie § 3.5) en de vergelijking met Ellenberg-waarden (analyse op soortniveau, zie § 3.6) blijkt dat de verschillen in indicatiewaarden vooral optreden aan de uiteinden van de gradiënten. Zo is het bij hogere pH-waarden (boven gemeten pH-waarden van circa 7.5) lastig om nauwkeurige indicatiewaarden af te leiden op basis van indicatiewaarden van planten. Deels is dit niet onverwacht, want wat alle indicatiesystemen doen, inclusief Ellenberg, is middelen. Dit is een bekend fenomeen genaamd *regression to the mean*. Intermediaire waarden worden hierdoor alleen al rekenkundig beter voorspeld dan extremen. ITERATIO past daar deels een mouw aan door per regio te rekenen.

---

Overigens is het in regio's met extreme pH-waarden wellicht beter om ook te kijken naar andere parameters zoals Al, Ca of Cl voor de effecten van verzuring, maar dit maakt de interpretatie een stuk complexer.

Naast de indicatiewaarden zelf zijn er ook verschillen in de manier waarop soorten worden gewogen bij de berekening van indicatiewaarden uit opnamegegevens. Zo heeft Pijpenstrootje bij ITERATIO voor bijna alle landschapstypen een weegwaarde van 0,19, terwijl dat in WW een betrekkelijk hoge waarde van 6 heeft, op een schaal van 1 (laagste weegwaarde) t/m 9 (hoogste weegwaarde), en zo in een andere verhouding bijdraagt aan de indicatiewaarde van de opname. Overigens is het opmerkelijk dat zowel bedekking als weegwaarden weinig effect hebben op de berekening van gemiddelde WW-indicatiewaarden van opnamen (zie § 3.2.1). Vooral het vrijwel ontbreken van een effect van het al dan niet meenemen van de WW-weegwaarde van soorten is op theoretische gronden onverwacht en roept vragen op over het belang van de WW-weegwaarden.

De analyse van een opnameset met in de bodem gemeten pH-waarden (zie § 3.5) laat zien dat de ITERATIO-waarden, over het gehele pH-bereik bezien, een hogere correlatie laten zien met gemeten waarden dan WW. Echter wanneer de analyse zich beperkt tot het zure bereik ( $\text{pH} < 6.0$ ), dan blijkt WW beter te scoren. De resultaten van deze vergelijking moeten echter voorzichtig geïnterpreteerd worden, omdat het voor WW niet gaat om een onafhankelijke dataset (de pH-metingen uit deze dataset zijn onderdeel van de dataset die gebruikt is voor het afleiden van de WW-indicatiewaarden, zodat zowel  $r$  als  $R^2$  voor WW waarschijnlijk hoger uitvalt dan bij een onafhankelijke dataset). Dit maakt een goede vergelijking van beide indicatiesystemen niet goed mogelijk, met name als ingezoomd wordt op subsets van de opnamedata. Met onafhankelijke data met gemeten pH-waarden is dit echter veel beter te toetsen. Voor hoge pH geldt het omgekeerde, daar presteert ITERATIO beter.

Bij ITERATIO wordt, wat betreft pH, regionalisatie toegepast. Dit lijkt goed te werken zolang vegetatieopnamen aan de juiste regio kunnen worden gekoppeld. Bepaalde soorten hebben in verschillende regio's andere pH-waarden in het systeem. Paragraaf 3.8 laat echter zien dat bij sommige opnamen gekoppeld aan de regio Kalkrijke zeelei een lage pH gemeten is. Het gaat hier dus om zure locaties in een kalkrijke omgeving, een situatie die ook kan worden aangetroffen in de Kalkrijke duinen en het Kalkrijke rivierengebied. In dergelijke gevallen worden de opnamen feitelijk aan de verkeerde regio gekoppeld en valt de berekende pH-indicatie te hoog uit. Omdat WW niet geregionaliseerd wordt, blijven alle waarden op soortniveau gelijk voor heel Nederland, waardoor WW de pH in deze locaties beter voorspelt.

Wat betreft de GVG bestaan er geen vergelijkbare referentiesets van opnamen met gemeten waarden, maar levert met name de vergelijking met Ellenberg-indicaties opmerkelijke resultaten (zie § 3.6). Opvallend is dat WW aan de droge kant van de gradiënt (Ellenberg klasse 1-5) en aan de aquatische kant van de gradiënt (Ellenberg klasse 10-12) qua mediaan nauwelijks differentiatie laat zien en in de extremen dus moeilijk significante veranderingen kan aantonen. ITERATIO daarentegen laat langs de gehele gradiënt een geleidelijk daling zien. Net als bij pH geldt dus ook voor GVG dat de verschillen tussen beide indicatiesystemen vooral aan de uiteinden van de gradiënten optreden.

## 4.2 Conclusies

- Ten aanzien van pH zijn er systematische verschillen tussen ITERATIO, WW en gemeten waarden die niet door één factor kunnen worden verklaard. Echter verschillen deze in verschillende milieus.
- Over het hele spectrum lijkt ITERATIO de nauwkeurigste indicatie te geven.
- De verschillen tussen WW-pH en ITERATIO-pH zijn groter in de extremen van de milieugradiënt.
  - WW lijkt in de zuurdere milieus beter te indiceren, maar dit komt mogelijk (deels) ook doordat de gebruikte dataset met metingen niet onafhankelijk is.
  - Mogelijk hebben andere (te indiceren) milieufactoren hier een meer doorslaggevende rol en zorgt dit voor een minder nauwkeurige pH-indicatie.
  - Op basis van de vergelijking met Ellenberg-vocht lijkt ITERATIO voor GVG een betere indicator te zijn dan WW, met name aan de uiteinden van de gradiënt.

- Soortenarme vegetatieopnamen verdienen extra aandacht, omdat ze in theorie minder nauwkeurig de milieucondities indiceren dan soortenrijke opnamen (dit geldt met name voor opnamen waarin maar weinig soorten met een vaste waarde voorkomen).
- Bomen en struiken hebben een groter effect op de indicatiewaarden bij WW dan bij ITERATIO. Bomen en struiken niet meenemen bij de berekening van indicatiewaarden van opnamen zorgt voor een iets afnemende nauwkeurigheid van ITERATIO en juist tot een verbetering van WW.
- Regionalisatie zorgt voor een grotere nauwkeurigheid, mits de regio's wat betreft de condities zo homogeen mogelijk zijn (bijv. niet veel zure locaties in een kalkrijke regio).
- Significante trends in de tijdsreeksen van het LMF zijn over het algemeen erg klein en vallen mogelijk binnen de meetfout. De verschillen zijn daardoor moeilijk ecologisch te duiden.
- Er zijn meer onafhankelijke referentiedata met systematisch gemeten milieucondities nodig voor validatie.

De resultaten van deze studie leiden niet direct tot een advies over welk indicatiesysteem het best functioneert. Elk systeem heeft voor- en nadelen in het gebruik en deze verhouden zich verschillend in verschillende begroeiingstypen en milieucondities. Hoe dit effect heeft op de uitkomsten van de grootschalige analyses van bijvoorbeeld het LMF dient verder onderzocht te worden.

**Tabel 4.1** *Overzicht van de belangrijkste verschillen tussen ITERATIO en WW.*

	<b>ITERATIO</b>	<b>WW</b>
pH-indicatoren	Regionale lijsten	Landelijke lijst
GVG-indicatoren	Landelijke lijst	Landelijke lijst
Soorten met een vaste waarde	15%	100%
Weging soorten	0.33 – 3	1 - 9
Berekening indicaties opname	altijd in samenhang met een referentietabel	berekening per opname
Bomen en struiken met een vaste waarde	15%	100%
Variatie pH-waarden	3.8 - 8.5	2.8 - 8.6
Variatie GVG-waarden	-90 - 100 cm onder maaiveld	-42 - 116 cm onder maaiveld

## 4.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Voor beide indicatiesystemen geldt dat er diverse opties voor verbeteringen zijn. Een dergelijk traject valt echter buiten de scope van dit project. In deze paragraaf geven we enkele aanbevelingen voor vervolgonderzoek dat meer inzicht kan bieden in de achterliggende oorzaken van de verschillen tussen beide indicatiesystemen en/of dat bij kan dragen aan een handelingsperspectief voor de keuze van een indicatiesysteem en het gebruik van indicatiewaarden in combinatie met het Landelijke Meetnet Flora.

- Een belangrijk deel van de verschillen treedt op aan de uiteinden van de pH- en GVG-gradiënten. Om meer grip te krijgen op wat hier gebeurt, dient ingezoomd te worden op deze uiteinden van de milieuassen. Het is daarbij nuttig om op opnameniveau te kijken welke soorten hierbij een rol spelen (en in welke fysisch-geografische regio's). Door naar de indicatiewaarden van de individuele soorten te kijken, kunnen ook beter verschillen tussen ITERATIO en WW worden verklaard.
- Voor het berekenen van geaggregeerde trends uit LMF-data zou bekeken moeten worden of de indeling in ecosysteemtypen niet te grof is en bijvoorbeeld een aggregatie op syntaxonomische associaties of verbonden niet wenselijker is. Ecosysteemtypen zijn per definitie ecologisch heterogener dan associaties en verbonden.
- Aangezien gemiddelde WW-indicatiewaarden voor pH van opnamen weinig gevoelig lijken te zijn voor een weging met bedekking én de breedte van de range van soorten, verdient het aanbeveling hier nog eens goed naar te kijken. Op basis van ecologische theorie valt te verwachten dat met name het wegen van soorten met 'ecologische zeggingskracht' (= een smalle range op de milieugradiënt) verschil zou moeten kunnen maken. Op deze theorie is ITERATIO gebaseerd. Het is hierbij ook nuttig om onderscheid te maken tussen de positie langs de gradiënt (centrum versus uiteinden), omdat daarmee mogelijk een verklaring gevonden voor afwijkingen.

- 
- Onderzocht zou moeten worden of het aantal soorten in een opname als gewicht in de berekening van trends meegenomen moet worden (dat wil zeggen: bij aggregatie van opnamen tellen de berekende indicatiewaarden van soortenarme opnamen minder zwaar mee). Bij soortenarme opnamen kan het wegvallen of verschijnen van één soort grote invloed hebben op de indicatiewaarde, zodat de indicatiewaarden van soortenarme opnamen een grotere onnauwkeurigheid hebben. Wel moet hier rekening gehouden worden met van nature soortenarme vegetatietypen. Ook de ecologische zeggingskracht van de soorten in de opname is hier van belang. Een soortenarme opname met soorten met veel zeggingskracht geeft een nauwkeurigere indicatie af.
  - Bij trendanalyses zou ook de standaarddeviatie van de berekende indicatiewaarde per opname meegenomen kunnen worden om te bepalen wat de spreiding is bij aggregatie van een aantal PQ's.
  - Berekeningen met de LMF-data laten zien dat over het algemeen de sterkte (= de mate van afname of toename) van de (geaggregeerde) trends vaak marginaal zijn, zij het dat ze wel significant zijn. Het verdient daarom aanbeveling ook andere bronnen aan te boren voor het opsporen van landelijke of regionale trends. Zo kunnen de karteringen van Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten van terreinen die meer dan een keer zijn opgenomen, significante trends laten zien wat betreft pH, trofie en GVG.
  - Daarnaast is het nuttig om de LMF-data kritisch te bekijken. Welke opnamen of tijdsreeksen zijn bepalend voor de trenduitkomsten? Zitten hier opvallende indicatiewaarden tussen? Daarbij kan ook gekeken worden naar ondersteunende inzichten, bijvoorbeeld het aandeel tijdsreeksen dat de resulterende trend afspiegelt.



---

# Literatuur

- Aggenbach, C.J.S. & M.H. Jalink (1995). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in duinvalleien van het Waddendistrict. Deel 6. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S. & M.H. Jalink (1998a). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in hoogvenen. Deel 4. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S., M.H. Jalink & A.J.M. Jansen (1998b). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in vennen. Deel 5. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S., J. Grijpstra & M.H. Jalink (2002). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in duinvalleien van het Renodunaal district. Deel 7. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S. & M.H. Jalink (2005). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in boezemlanden. Deel 9. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Bates, D., Sarkar, D., Bates, M. D., & Matrix, L. (2007). The lme4 package. R package version, 2(1), 74.
- Beets, C., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal (2000). Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities. Fase 1: resultaten inventarisatie 1999. Staatsbosbeheer/Alterra. <http://edepot.wur.nl/186155>.
- Böhling, N., Greuter, W. & Raus, T. (2002). Zeigerwerte der Gefäßpflanzender Südägäis (Griechenland). *Braun-Blanquetia* 32: 1-108.
- Borhidi, A. (1995). Social behaviour types, the naturalness and relative ecological values of the higher plants in the Hungarian flora. *Acta Botanica Hungarica* 39: 97-181.
- Chytrý, M., Hejcman, M., Hennekens, S.M. & Schellberg, J. (2009). Changes in vegetation types and Ellenberg indicator values after 65 years of fertilizer application in the Rengen Grassland Experiment, Germany. *Applied Vegetation Science* 12: 167-176.
- Chytrý, M., Tichý, L., Dřevojan, P., Sádlo, J. & Zelený, D. (2018). Ellenberg-type indicator values for the Czech flora. *Preslia* 90.
- Diekmann, M., Lawesson, J.E. (1999). Shifts in ecological behaviour of herbaceous forest species along a transect from northern Central to North Europe. *Folia Geobotanica* 34: 127-141.
- Diekmann, M. (1995). Use and improvement of Ellenberg's indicator values in deciduous forests in the Boreo-nemoral zone in Sweden. *Ecography* 18: 178-189.
- Diekmann, M. (2003). Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review. *Basic and Applied Ecology* 4: 493-506.
- Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. Ulmer, Stuttgart.
- Ellenberg, H. (1950). *Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden*. Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie I. Stuttgart- Ludwigsburg (Ulmer), 141 pp.
- Ellenberg, H. (1952). Auswirkungen der Grundwasserabsenkung auf die Wiesengesellschaften am Seitenkanal westlich Braunschweig. *Angew. Pflanzensoz.* 6, 46 pp.
- Ellenberg, H. (1974). Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 9: 1-97.
- Ellenberg, H. (1979). Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas, 2 auflage. *Scripta Geobotanica* 9: 1-122.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulsen, D. (1991). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18: 1-248.
- Frank, D. & Klotz, S. (1990). *Biologisch-ökologische Daten zur Flora der DDR*. 2nd ed. Martin-Luther University Halle-Wittenberg [Wissenschaftliche Beiträge no. P41], Halle (Saale), DE.
- Guarino, R., Domina, G. & Pignatti, S. (2012). Ellenberg's indicator values for the Flora of Italy – first update: Pteridophyta, Gymnospermae and Monocotyledoneae. *Flora Mediterranea* 22: 197 – 209.
- Hennekens, S.M. & J. Schaminée (2001). TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of vegetation science*, 2001.
- Hennekens, S., J. Holtland, N. van Rooijen, W. Wamelink & W. Ozinga (2020). Indices for nutrient status: A comparison of three indicator systems. Wageningen, The Statutory Research Task Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), WOT-technical report 191.

- Hill, M.O. & Carey, P.D. (1997). Prediction of yield in the Rothamsted Park Grass Experiment by Ellenberg indicator values. *Journal of Vegetation Science* 8: 579-586.
- Hill, M.O., Roy, D.B., Mountford, O. & Bunce, R.G.H. (2000). Extending Ellenberg's indicator values to a new area: an algorithmic approach. *Journal of Applied Ecology* 37: 3-15.
- Holtland, W. J., ter Braak, C. J. F., & Schouten, M. G. C. (2010). Iteratio: Calculating environmental indicator values for species and relevés. *Applied Vegetation Science*, 13(3), 369-377.
- Jalink, M.H. & A.J.M. Jansen (1995). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwaterafhankelijke beekdalgemeenschappen. Deel 2. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Jalink, M.H. (1996). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring in laagveenmoerassen. Deel 3. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Käfer, J., & J.-P. M. Witte (2004). Cover-Weighted Averaging of Indicator Values in Vegetation Analyses. *Journal of Vegetation Science* 15:647-652.
- Kleinebecker, T., Busch, V., Holzel, N., Hamer, U., Schafer, D., Prati, D., Fischer, M., Hemp, A., Lauterbach, R. & Klaus, V.H. 2018. And the winner is ...! A test of simple predictors of plant species richness in agricultural grasslands. *Ecological Indicators* 87: 296-301.
- Kojić, M., Popović, R. & Karadžić, B. (1997). Vaskularne biljke Srbije kao indikatori staništa. Institut za istraživanja u poljoprivredi, 'Srbija', Beograd, RS.
- Landolt, E. (1977). Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Technischen Hochschule, Stiftung Rubel in Zürich 68: 1-208.
- Lawesson, J.E., Fosaa, A.M. & Olsen, E. (2003). Calibration of Ellenberg indicator values for the Faroe Islands. *Applied Vegetation Science* 6: 53-62.
- Lock, M., Scherphuis, M. & Molen, P. van der (2015). Inventarisaties Rekentools Abiotiek. Rapport BIJ12.
- Mayor, M. (1999). Ecología de la flora y vegetación del Principado de Asturias. Real Instituto de Estudios Asturianos, Oviedo.
- Økland, R.H. (1990). Vegetation ecology: theory, methods and applications with reference to Scandinavia. *Sommerfeltia Supplement* 1: 1-233.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., Szoecs, E. & Wagner, H. (2015). Vegan community ecology package: ordination methods, diversity analysis and other functions for community and vegetation ecologists. R package ver, 2-3.
- Ozinga, W.A., Colles, A., Bartish, I.V., Hennion, F., Hennekens, S.M., Pavoine, S., Poschlod, P., Hermant, M., Schaminee, J.H.J. & Prinzing, A. (2013). Specialists leave fewer descendants within a region than generalists. *Global Ecology and Biogeography* 22: 213-222.
- Pignatti, S. (2005). Bioindicator values of vascular plants of the Flora of Italy. *Braun-Blanquetia* 39: 1-97.
- Schaffers, A.P. & Sykora, K.V. (2000). Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science* 11: 225-244.
- Shiple, B., Belluau, M., Kühn, I., Soudzilovskaia, N.A., Bahn, M., Penuelas, J., Kattge, J., Sack, L., Cavender-Bares, J., Ozinga, W.A., Blonder, B., van Bodegom, P.M., Manning, P., Hickler, T., Sosinski, E., Pillar, V.D.P. & Onipchenko, V. (2017). Predicting habitat affinities of plant species using commonly measured functional traits. *Journal of Vegetation Science* 28: 1082-1095.
- Siebel, H.N. (1993). Indicatiegetallen voor blad- en levermossen. IBN-rapport 047. Instituut voor bos- en natuuronderzoek, Wageningen.
- Ter Braak, C.J.F. & Gremmen, N.J.M. (1987). Ecological amplitudes of plant species and the internal consistency of Ellenberg indicator values for moisture. *Vegetatio* 69: 79-87.
- Thompson, K., Hodgson, J.G., Grime, J.P., Rorison, I.H., Band, S.R. & Spencer, R.E. (1993). Ellenberg numbers revisited. *Phytocoenologia* 23: 277-289.
- T'jollyn, F., Bosch, H., Demolder, H., De Saeger, S., Leyssen, A., Thomaes, A., Wouters, J., Paelinckx, D. & Hoffmann, M. (2009). Criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de NATURA 2000-habitattypen, versie 2.0. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2009 (46). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Van Raam, J.C. & E.X. Maier (1992). Overzicht van de Nederlandse kranswieren. *Gorteria* 18: 112-116.
- Wagner, M., Kahmen, A., Schlumprecht, H., Audorff, V., Perner, J., Buchmann, N. & Weisser, W.W. (2007). Prediction of herbage yield in grassland: How well do Ellenberg N-values perform? *Applied Vegetation Science* 10: 15-24.
- Wamelink, G.W.W., V. Joosten, H.F. van Dobben & F. Berendse (2002). Validity of Ellenberg indicator values judged from physico-chemical field measurements. *Journal of Vegetation science* 13: 269-278.

- 
- Wamelink, G.W., Goedhart, P.W., Van Dobben, H.F. and F. Berendse (2005). Plant species as predictors of soil pH: Replacing expert judgement with measurements. *Journal of Vegetation Science*, 16: 461-470. doi:10.1111/j.1654-1103.2005.tb02386.x
- Wamelink, G. W. W., & van Adrichem, M. H. C. (2011). *Eindrapport project ecologische condities* (No. 2195). Alterra.
- Wamelink, G.W.W., van Adrichem, M.H.C., van Dobben, H.F., Frissel, J.Y., den Held, M.E., Joosten, V., Wegman, R.M.A. (2012). Vegetation relevés and soil measurements in the Netherlands: The Ecological Conditions Database (EC). *Biodiversity & Ecology*, 4(17), 125-132. <https://doi.org/10.7809/b-e.00067>.
- Wickham, H., Chang, W., & M.H. Wickham (2016). Package 'ggplot2'. Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics. Version, 2(1), 1-189.
- Zarzycki, K., Trzcńska-Tacik, H., Róžański, W., Szelać, Z., Wołek, J., Korzeniak, U. (2002). Ecological indicator values of vascular plants of Poland. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Warsaw.



---

# Verantwoording

WOT-rapport: 140

BAPS-projectnummer: WOT-04-010-034.72

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT N&M) hecht grote waarde aan de kwaliteit van onze eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

In opdracht van het PBL is het onderzoek en rapportage uitgevoerd door WENR, in samenwerking met Holtland-Advies. De resultaten van het onderzoek moeten het PBL helpen om tot een verantwoorde keuze te komen voor een indicatorsysteem van planten dat ingezet moet worden voor de trendanalyse van LMF-PQ's. Voor de begeleiding van het onderzoek was een commissie ingesteld, bestaande uit de volgende personen: Arjen van Hinsberg, Hendrien van Bredenoord, Dirk-Jan van der Hoek (PBL), Marlies Sanders (WENR), Arco van Strien (CBS) en Peter van de Molen (BIJ12). Dank aan al deze personen voor hun constructieve bijdragen.

Tevens dank aan Carla Grashof-Bokdam en Friso van der Zee die het rapport hebben beoordeeld. Op basis van hun beoordeling is het rapport nog op een aantal punten verbeterd.

## Akkoord Referenten

functie: Onderzoeker

naam: Carla Grashof-Bokdam

datum: 14-1-2022

functie: Projectmanager

naam: Friso van der Zee

datum: 17-1-2022

## Akkoord Extern contactpersoon

functie: Wetenschappelijk medewerker

naam: Arjen van Hinsberg

datum: 31-1-2022

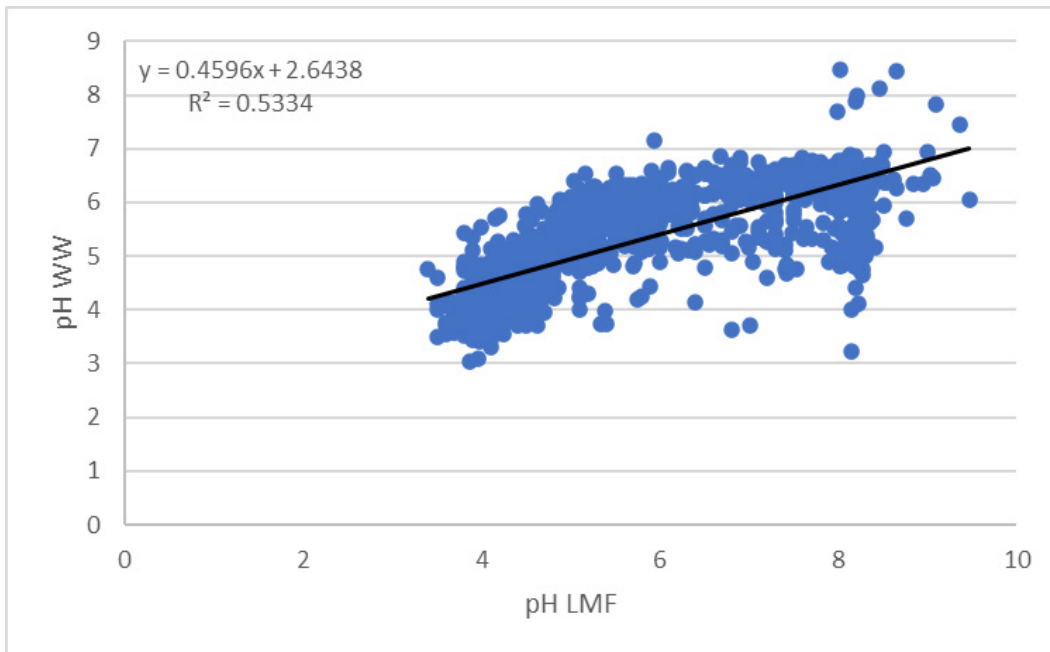
## Akkoord Intern contactpersoon

naam: Marlies Sanders

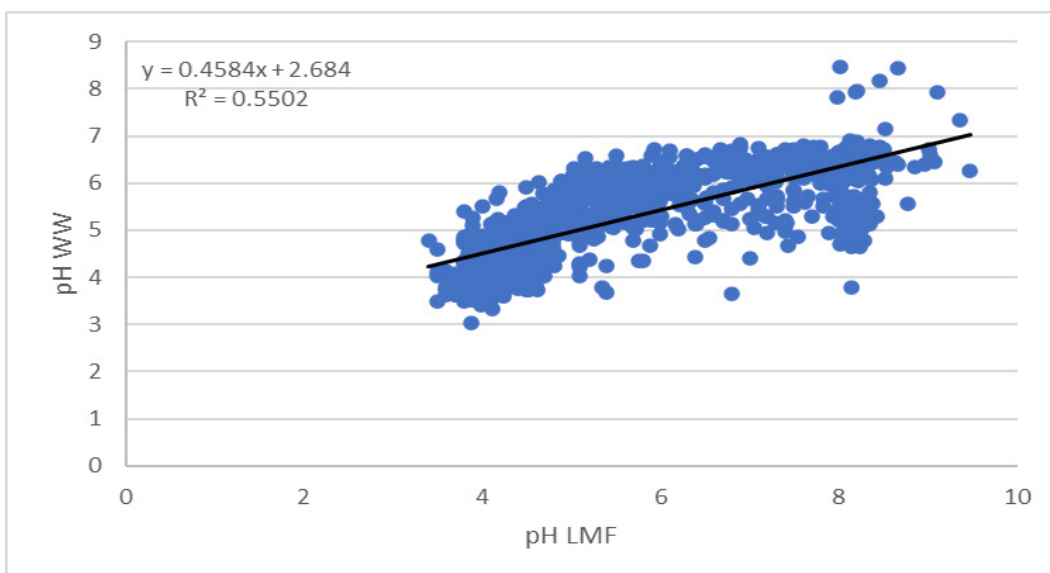
datum: 31-1-2022



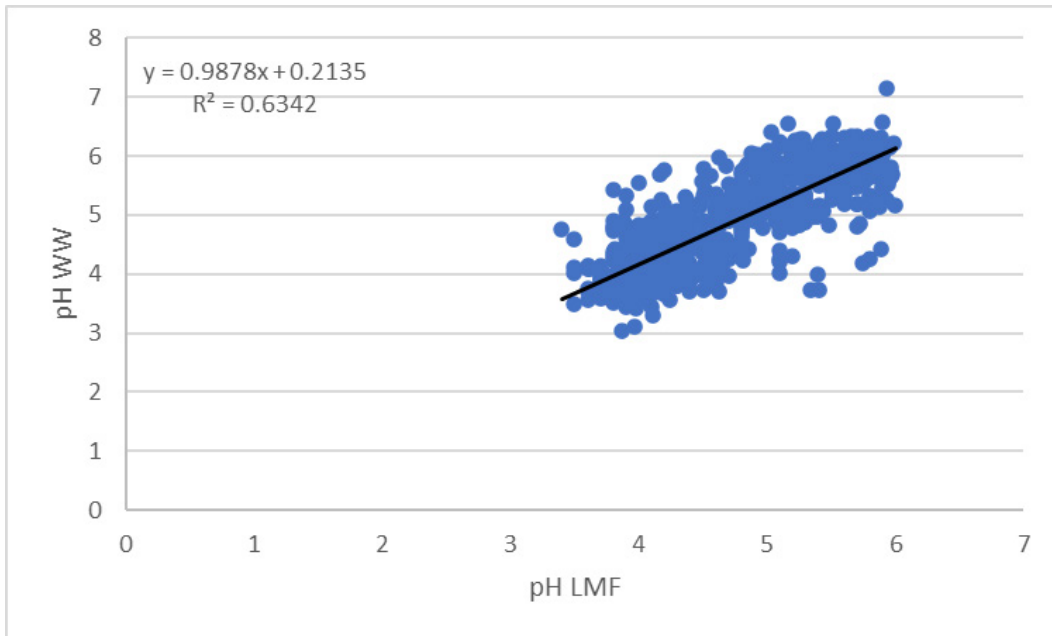
# Bijlage 1    Vergelijking gemiddelde WW-indicatiewaarden-opnamen met verschillende instelling voor weging van bedekking en gewicht



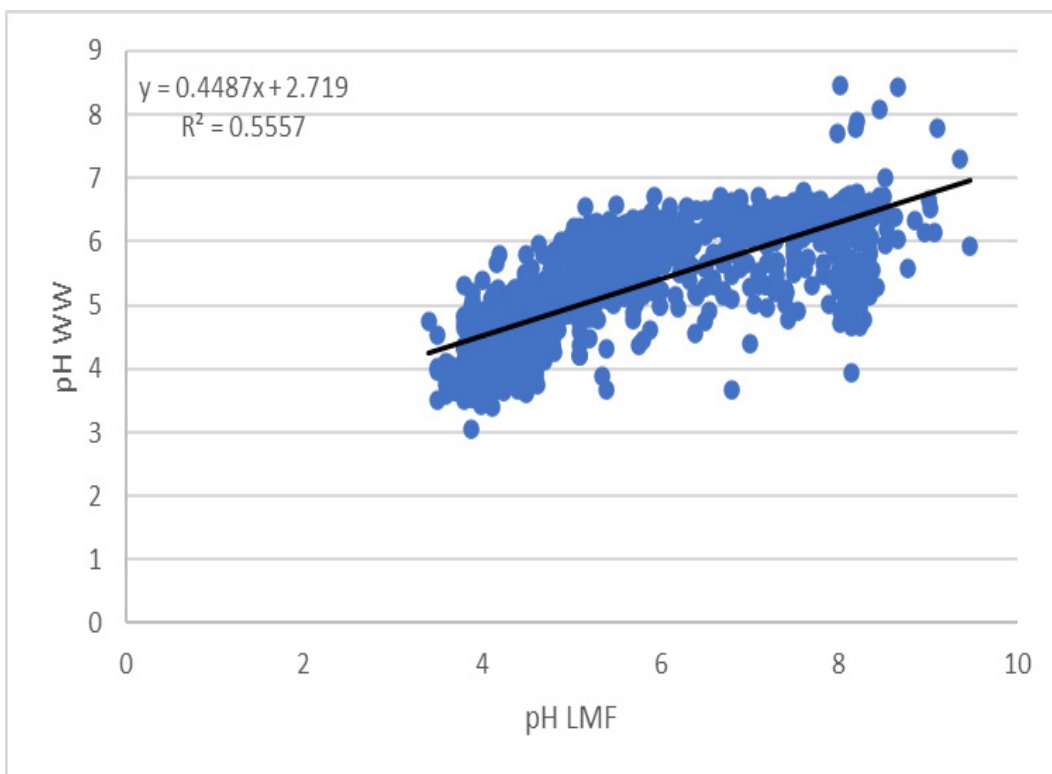
**Figuur 1**    Lineaire regressie voor de pH gemeten in het veld voor LMF-plots tegen de voorspelde pH op basis van WW-indicatiewaarden met weging van bedekking en range. Linksboven de regressievergelijking en het percentage verklaarde variantie (MS-Excel).



**Figuur 2**    Lineaire regressie voor de pH gemeten in het veld voor LMF-plots tegen de voorspelde pH op basis van WW-indicatiewaarden met weging van bedekking. Linksboven de regressievergelijking en het percentage verklaarde variantie (MS-Excel).

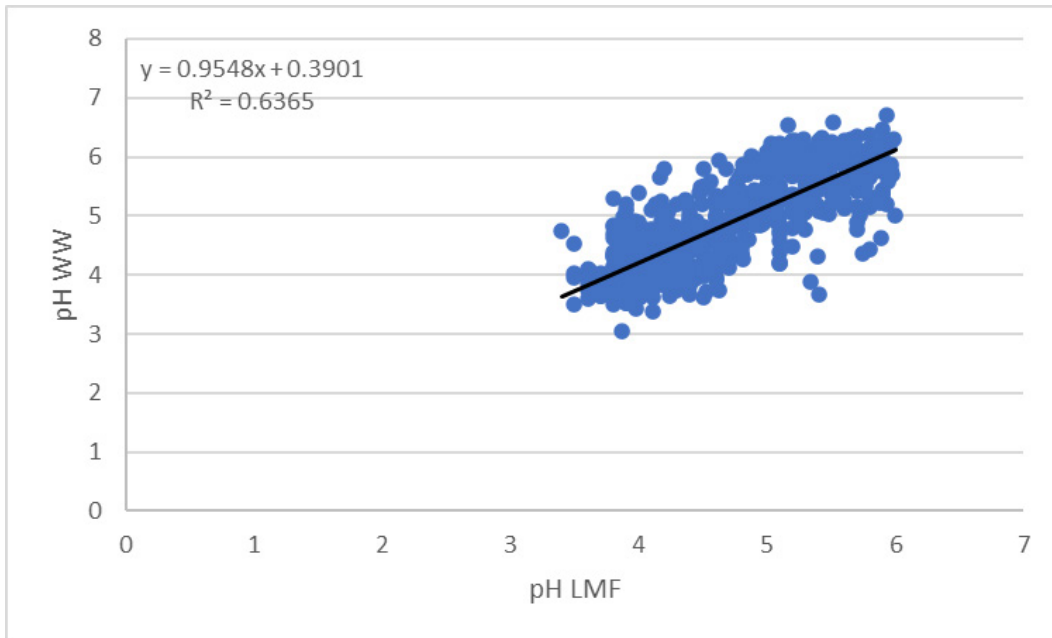


**Figuur 3** Lineaire regressie voor de pH gemeten in het veld voor LMF-plots tegen de voorspelde pH op basis van WW-indicatiewaarden met weging van bedekking en range voor pH-waarden (LMF) beneden 6,0. Linksboven de regressievergelijking en het percentage verklaarde variantie (MS-Excel).

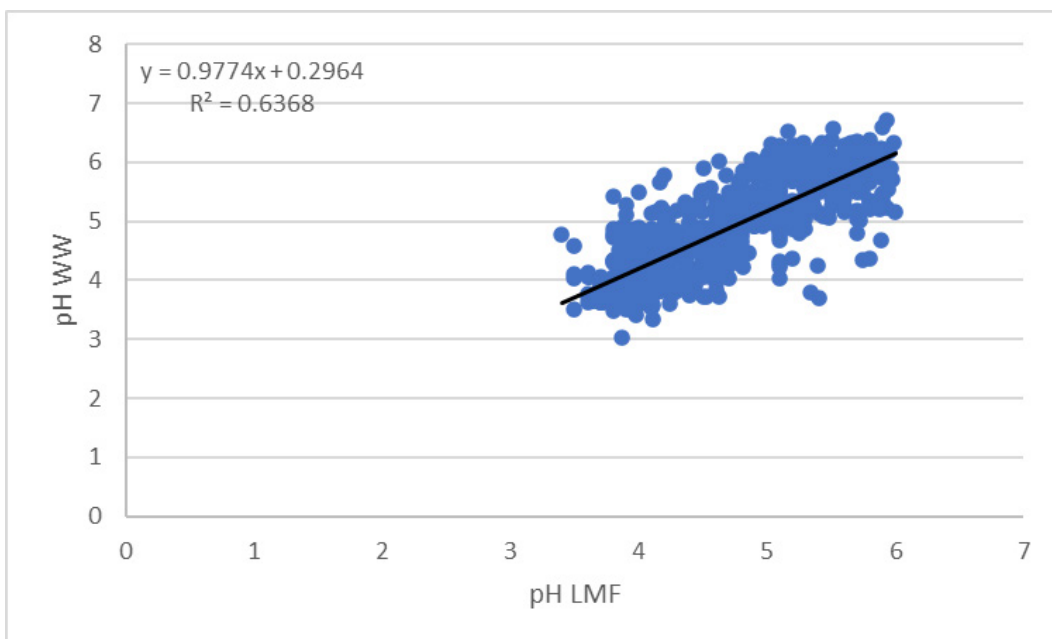


**Figuur 4** Lineaire regressie voor de pH gemeten in het veld voor LMF-plots tegen de voorspelde pH op basis van WW-indicatiewaarden zonder weging. Linksboven de regressievergelijking en het percentage verklaarde variantie (MS-Excel).





**Figuur 5** Lineaire regressie voor de pH gemeten in het veld voor LMF-plots tegen de voorspelde pH op basis van WW-indicatiewaarden zonder weging voor pH-waarden (LMF) beneden 6,0. Linksboven de regressievergelijking en het percentage verklaarde variantie (MS-Excel).



**Figuur 6** Lineaire regressie voor de pH gemeten in het veld voor LMF-plots tegen de voorspelde pH op basis van WW-indicatiewaarden met weging van bedekking voor pH-waarden (LMF) beneden 6,0. Linksboven de regressievergelijking en het percentage verklaarde variantie (MS-Excel).



# Bijlage 2 GVG-analyse Drentsche Aa

## Inleiding

Er is een gebrek aan peilbuisdata om de indicatiewaardenlijsten voor GVG te valideren, zowel die van WW als ITERATIO. Het doel van deze analyse is het vergelijken van de uitkomsten van peilbuisdata met de uitkomsten van een ITERATIO-analyse van twee opeenvolgende vegetatiekarteringen van het natuurgebied Drentsche Aa om te zien of er zich structurele verschillen in trend en toestand voordoen. De vroegste kartering die hiervoor gebruikt is, betreft een reeks van drie jaren, waar elk jaar een deel van het gebied gekarteerd is: 1994, 1995 en 1996. De andere kartering is gemaakt in de jaren 2015 en 2016.

Een dergelijke analyse kan in principe ook worden uitgevoerd met WW-indicatiegetallen, maar deze is momenteel niet operationeel binnen het ITERATIO-instrumentarium.

## Analyse

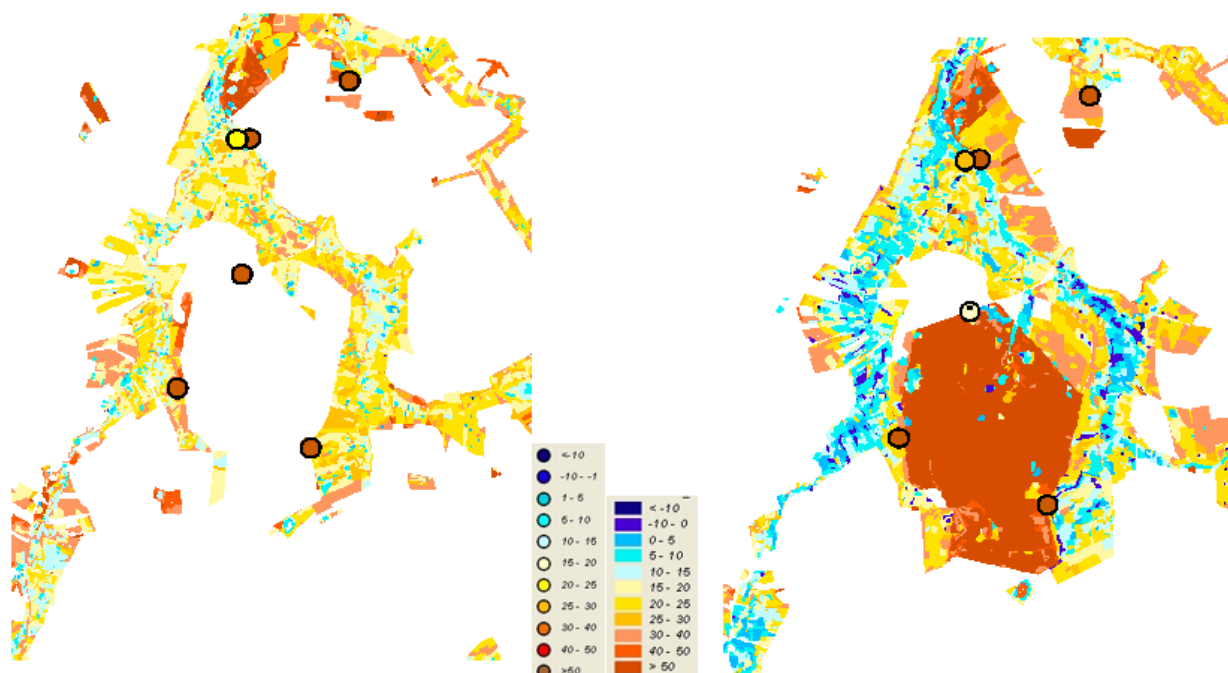
### Peilbuizen met een lange meetreeks

Voor de peilbuizen is in eerste instantie een selectie gemaakt van buizen met een meetreeks waarmee een GVG van beide karteringsperioden berekend kan worden, dat wil zeggen over acht jaar voor het karteringsmoment. Voor de tweede kartering is een kortere periode genomen voor het bepalen van de GVG, omdat er rond 2010 vernattingsmaatregelen uitgevoerd zijn. Om er zeker van te zijn dat de voorgaande drogere periode zeker buiten de reeks bleef, is een gemiddelde berekend over 2012 tot en met 2016. In totaal voldeden vijf buizen aan bovengenoemde criteria. Vervolgens is met een GIS-overlay per buis de inhoud van het vegetatievlak bepaald van de laatste kartering en de geïndiceerde GVG's van beide karteringen. Dat leidt tot Tabel 1. Tabel 2 geeft een overzicht van meetreeksen die te kort waren om betrouwbare GVG's uit af te leiden.

**Tabel 1** Meetreeksanalyse over beide vegetatiekarteringen, de getallen in de linker kolommen betreffen centimeters ten opzichte van maaiveld.

LOCNAM	GVG_96	GVG_16	GVG_It eratio	Vershil GVG16 en GVG It	Opmerking	LANDTYPE 2016	LANDTYPENAM 2016
B12D0254	127	123	16	107	gemeten GVG is erg droog voor deze typen, al heeft 16-b droge vormen	16-b+32A1+16A-d+32A1	RG Veldrus-[Klasse der vochtige graslanden] + Associatie van Moerasspirea en Valeriaan + RG Gr.wederik-Hennegr.-P.ruit-[V Biez.-Pijpest.] + Associatie van Moerasspirea en Valeriaan
B12D0310	129	141	25	116	16-g is een vrij droog type, vermoedelijk staat de buis in dat type	16-a+16-g	RG Gestr.witbol- E.Koekoeksbl.-[Kl.vocht.grasl.] + RG S.weegbr.-Kruip.boterb.-R.zwenk.[Kl.v.grasl.]
B12D0379	21	25	26	-1		39A-b	RG Gewone braam-[Elzen-verbond]
B12E0398	143	140	34	106	als de buis in het type 42-c staat is het verschil begrijpelijk	16-m+42-c+16B-d+16-g	RG Ruw beemdgras-Engels raai-[Weegb-k/K.vo.gras] + RG Gl.witbol-Stekelvaren-[Kl. Eiken-beuk,.v.arm] + RG Moeraszegge-Scherpe zegge-[Dotterbloem-v.] + RG S.weegbr.-Kruip.boterb.-R.zwenk.[Kl.v.grasl.]
B12G0103	84	85	20	65	16-b heeft droge vormen. Maar GVG 85 is erg droog	16-a+16-b	RG Gestr.witbol- E.Koekoeksbl.-[Kl.vocht.grasl.] + RG Veldrus-[Klasse der vochtige graslanden]

De uitkomsten van ITERATIO komen in vier van de vijf vegetatievlakken met peilbuizen veel natter uit dan de gemeten GVG's. In een vegetatievlak komen vaak meerdere vegetatietypen voor. ITERATIO berekent eerst de indicatiewaarde per vegetatietype op basis van de vegetatieopnamen die bij dat type horen. Vervolgens wordt er gewogen gemiddeld per vegetatievlak een indicatiewaarde berekend op basis van het bedekkingspercentage van de vegetatietypen per vlak. Het is niet bekend in welk type de buis staat. Dat geeft voor deze analyse een forse mate van onzekerheid. In de kolom Opmerking staat een mogelijke verklaring van de afwijking. Bij buis B12D0254 zou de buis in de Rompgemeenschap Veldrus kunnen staan en zou de afwijking wat minder groot kunnen zijn. Uit de peilbuismetingen is af te leiden dat er geen sprake is van vernatting tussen 1996 en 2016. De vernattingsmaatregelen uit 2010 hebben geen effect gehad op de gemeten GVG in de peilbuizen.



**Figuur 1** Peilbuizen met lange reeksen tegen de achtergrond van de ITERATIO-analyses van beide karteringsperiodes, links 1995 rechts 2016.

Figuur 1 geeft de effecten van de vernattingsmaatregelen weer (ITERATIO-analyse) en de positie van de peilbuizen. Deze peilbuizen staan voor een groot deel op de overgang naar de dalflank in het Drentsche Aa-gebied. Daarom laten ze de vernatting niet zien, die wel blijkt uit de vegetatieveranderingen in de lage delen van het beekdal. De buis op de noordgrens van het Balloërveld geeft hier een verkeerd beeld en is daarom weggelaten in Tabel 1. Door onregelmatige bemonstering heeft er een verkeerde middeling plaatsgevonden voor de recente GVG. De trends van de peilbuizen komen wel overeen met de trends van ITERATIO-analyse: geen vernatting.

#### *Peilbuizen met een kortere meetreeks*

Ook van de overige peilbuizen is een analyse gemaakt, zie Tabel 2.

**Tabel 2** Meetreeksen die te kort waren om voor beide karteringen GVG's af te leiden, dus alleen voor 2016.

LOCNAME	GVG_16	GVG_It	Vershil	Opmerking	LANDTYPE 2016	LANDTYPENAM 2016
B12B0168	43	13	30	08-b heeft wel droge vormen maar GVG 43 is nogal droog	08-b+08-a	RG Rietgras-[Riet-klasse] + RG Liesgras-[Riet-klasse]
B12B0202	129	25	104	brede typen qua GVG, maar 129 is wel heel droog voor een beekdal	16-l+16-e+16C-k	RG Gestr.witbol-B.langbl.-Eng.raai.[Kl.v.grasl.] + RG R.smele-Gekn.vossest.-[Zil.sch.-vb/K.vo.gras] + RG Bereklauw-Fluitekr.-Gr.vossest.[Glansh.-vb.]
B12B0281	12	8	4		12B1d+16-a	Assoc. v Geknikte vossestaart, verarmde subass. + RG Gestr.witbol- E.Koekoeksbl.-[Kl.vocht.grasl.]
B12B0287	22	1	21	08C-f heeft wel droge vormen, mogelijk staat de buis in dit type	08C-f+09A3a+08C4a	RG Hennegras-[Verbond der grote Zeggen] + Ass. Moerasstruisgras en Zompzegge, typ. subass. + Associatie v Noordse zegge, typische subassoc.
B12B0288	4	1	3		09A3a+09A3a+09-g	
B12B0290	3	-1	4		09A3a	Ass. Moerasstruisgras en Zompzegge, typ. subass.
B12B0292	49	3	46	zeer droge GVG voor deze typen	08C2a+08C4a+08-b+08-g+08C2b	Associatie v Scherpe zegge, typische subassoc. + Associatie v Noordse zegge, typische subassoc. + RG Rietgras-[Riet-klasse] + RG Gewone waterbies-[Riet-kl./Zilververschoon-vrb.] + Assoc. v Scherpe zegge, subass. v Wateraardbei
B12B0297	-30	3	-32	zeer natte GVG voor deze typen	09A3c+16B1a+08C4b+08C-c+09A3a+09A3c+08C-b+09B-b	Ass. Moerasstruisgras-Zompzegge, subass. Veldrus + Ass. Boterbloem en Waterkruiskruid, typ. subass. + Assoc. v Noordse zegge, subass. v Wateraardbei + RG Pluimzegge-[Verbond der grote Zeggen] + Ass. Moerasstruisgras en Zompzegge, typ. subass. + Ass. Moer
B12B0299	6	9	-3		16B1a+16B-d	Ass. Boterbloem en Waterkruiskruid, typ. subass. + RG Moeraszegge-Scherpe zegge-[Dotterbloem-v.]
B12B0358	182	68	114	zie discussie over indicaties dieper dan 50 à 70 cm - mv.	42-d+42A2e+42A2d+16-i+42A2c	RG Gew. braam-[Kl. Eiken, beukenbos. voedselarm] + Beuken-eikenbos, subassociatie van Gladde witbol + Beuken-eikenbos, subassociatie van Pijpestrootje + RG G.struisg-G.biggek-[K.dr.gras.zand/K.vo.gras] + Beuken-eikenbos, subassoc. v Lelietje-v-dalen
B12D0396	-32	-1	-31	deels zeer natte typen, het verschil is begrijpelijk als de buis in die typen staat	09-e+39A2b+09-e+09-e+09-f+08C4b	RG Holpipp-[Riet-klasse/Klasse d. kleine Zeggen] + Elzenzegge-elzenbroek, subass. Bittere veldkers + RG Holpipp-[Riet-klasse/Klasse d. kleine Zeggen] + RG Holpipp-[Riet-klasse/Klasse d. kleine Zeggen] + RG Snavelzegge-Wateraardbei-[Kl. kleine Zeggen] + A
B12D0398	33	18	15		39A-b+16-b+39A2b+32A1+39A2c	RG Gewone braam-[Elzen-verbond] + RG Veldrus-[Klasse der vochtige graslanden] + Elzenzegge-elzenbroek, subass. Bittere veldkers + Associatie van Moerasporea en Valeriaan + Elzenzegge-elzenbroek, subassoc. v Zwarte bes
B12E0426	3	8	-5		16B1d	Ass. Boterbloem-Waterkruiskr., sub. Wateraardbei
B12E0436	5	13	-8		39A2c+39A1a+43B2	Elzenzegge-elzenbroek, subassoc. v Zwarte bes + Moerasvaren-elzenbroek, typische subassociatie + Vogelkers-essenbos
B12E0436	5	13	-8		39A2c+39A1a+43B2	Elzenzegge-elzenbroek, subassoc. v Zwarte bes + Moerasvaren-elzenbroek, typische subassociatie + Vogelkers-essenbos
B12G0191	-1	-2	1		16-a+16B-b+16-f	RG Gestr.witbol- E.Koekoeksbl.-[Kl.vocht.grasl.] + RG Moerasrolklaver-Echte koekoeksbl.-[Dotter-v.] + RG Kamgr.-R.zwerkn.-Moerasrolkl.[Kl.vocht.grasl.]
B12G0197	10	8	2		16B1d+16B1d+16B1a+09A3a+09-e+08C4b	Ass. Boterbloem-Waterkruiskr., sub. Wateraardbei + Ass. Boterbloem-Waterkruiskr., sub. Wateraardbei + Ass. Boterbloem en Waterkruiskruid, typ. subass. + Ass. Moerasstruisgras en Zompzegge, typ. subass. + RG Holpipp-[Riet-klasse/Klasse d. kleine Zeggen] +
B12G0199	29	20	10		16A1a+16A-a+11A2f+16A-g	Blauwgrasland, typische subassociatie + RG Blau.knoop-Blau.zegge-[Vb.Biezenkn.-Pijpest.] + Associatie v Gewone dophei, soortenarme subass. + RG Gg.zegge-Dw.zegge-[K.hveen.hei/V.Biez.Pijpes]

De GVG's afgeleid van de peilbuizen komen voor een deel goed overeen met de GVG's die afgeleid zijn uit de vegetatiegegevens door middel van ITERATIO. Echter voor een flink deel zijn er forse verschillen: ITERATIO komt dan meestal natter uit, maar ook wel droger. Het kan zijn dat de ITERATIO-uitkomsten dan niet kloppen, maar er zijn ook andere verklaringen (zie ook onder opmerkingen in de tabel).

Deels kunnen er verschillen ontstaan doordat in een gekarteerd vegetatievlak meerdere vegetatietypen gekarteerd zijn. Als er naast wat nattere typen ook een wat droger type aanwezig is, dan krijgt in ITERATIO zo'n vlak gewogen gemiddeld een waarde. Als de peilbuis in het drogere type staat, ontstaat er een verschil. Idealiter zou er een vegetatieopname gemaakt zijn bij de peilbuis.

Verder kunnen er afwijkingen bestaan in de x-, y- en z-coördinaten van de peilbuis, zodat de buis de vegetatie-informatie krijgt van een ander vegetatievlak of de GVG niet correct is. Ook kan het voorkomen dat er boven het filter van de peilbuis een weerstand biedend laagje in de bodem voorkomt waardoor er een schijngrondwaterspiegel voorkomt. Die wordt dan niet zichtbaar in de metingen, maar de vegetatie reageert daar wel op.

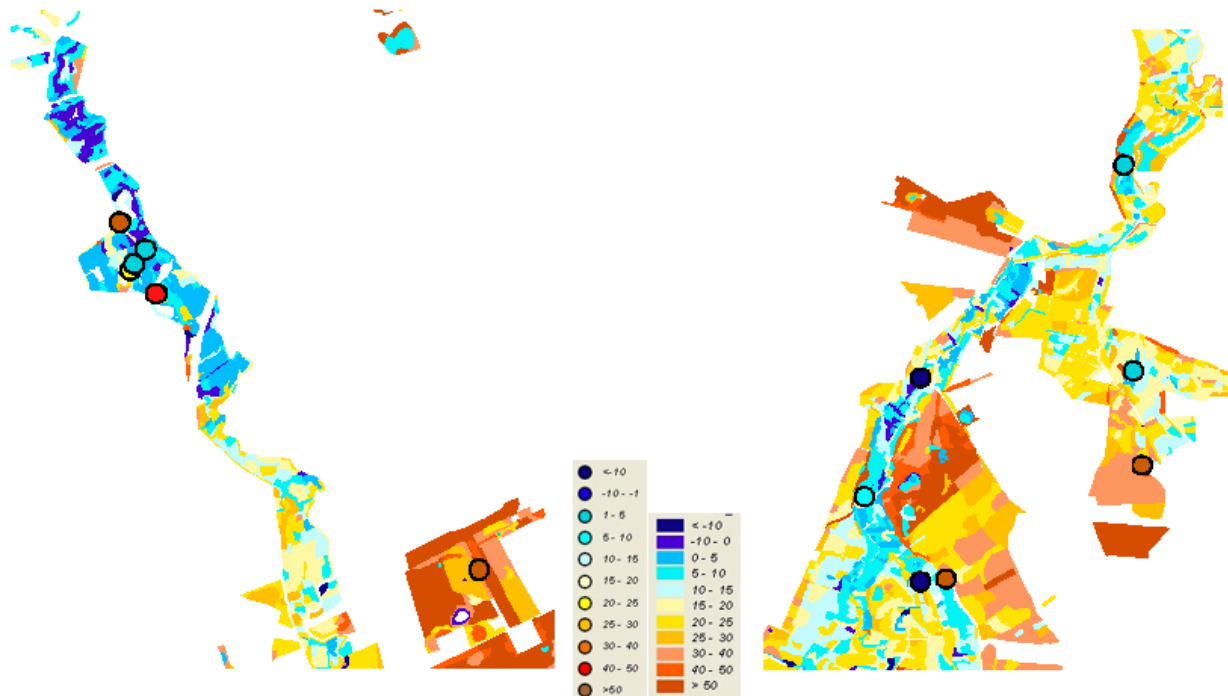
Bij de drogere typen is te zien dat de waarden van ITERATIO afgetopt zijn, omdat waterstanden dieper dan 50 à 70 cm beneden maaiveld sterk gaan interfereren met het vochthoudend vermogen van de bodem. Dat leidt bij diepere waterstanden uiteraard tot verschillen met de uitkomsten van ITERATIO. De uitkomsten van ITERATIO moeten daar gelezen worden als: dieper dan 50 cm beneden maaiveld en dan komt het ook overeen met de metingen.

Het is goed om te bedenken dat de peilbuizen in de Drentsche Aa niet allereerst geplaatst zijn om de condities van de vegetaties te monitoren. Het meetdoel is hier om de veranderingen van de kwel te volgen en de effecten van bijvoorbeeld grondwaterwinning op het hydrologisch systeem. De peilbuizen zijn dan ook voorzien van vaak meerdere filters op grotere diepte. Allerlei andere praktische zaken spelen bovendien een rol bij de locatiekeuze: de boorwagen moet er kunnen komen en geen waardevolle vegetaties vernielen, de peilopnemer moet er kunnen komen et cetera. Dat kan een reden zijn dat de buis op een overgang van droog naar nat geplaatst is en dan ook vaak op de grens van vegetatievlakken.

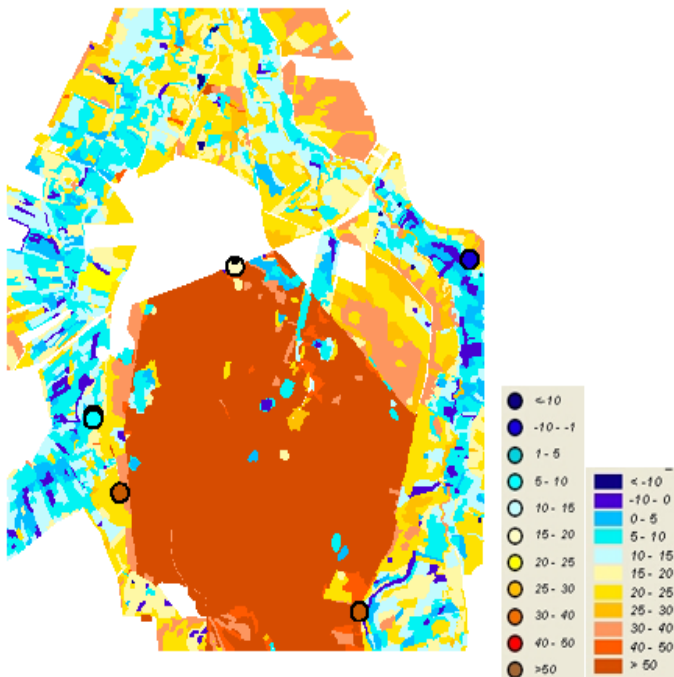
Niettemin moet er ook dan een redelijke relatie te leggen zijn tussen de indicatiewaarden van de vegetaties en de peilbuisdata.

In het noordelijk en middendeel van de Drentsche Aa (Figuur 2) passen de peilbuizen over het algemeen redelijk op de vegetatie indicatiewaarden, al zijn er afwijkingen, zie ook Tabel 1 en 2. De peilbuizen met de hoge GVG's liggen waar je ze verwacht. Een deel van de droge GVG's ligt mogelijk wat minder passend. Alleen een nadere beoordeling kan uitsluitsel geven hoe het werkelijk zit.

In het zuidwestelijk deel van de Drentsche Aa zijn de verschillen klein (Figuur 3).

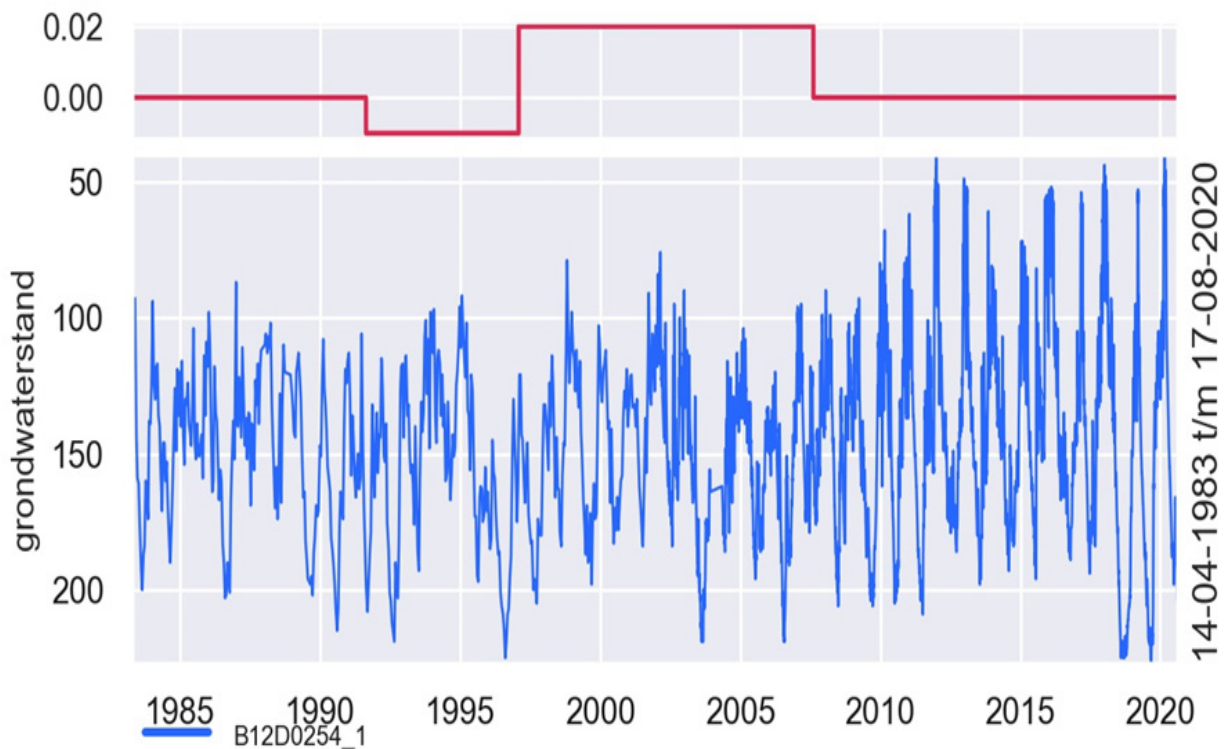


**Figuur 2** Links: noordelijk deel Drentsche Aa. GVG 2016; rechts: middendeel Drentsche Aa. GVG 2016.



**Figuur 3** Zuidwestelijk deel van de Drentsche Aa.

Figuur 4 is een voorbeeld van een peilbuis die al lang gemeten wordt. De effecten van de vernattingsmaatregelen zijn hier niet duidelijk te zien. Dat komt omdat de buis niet onder in het beekdal geplaatst is om schade door de boorwagen aan bodem en vegetatie te voorkomen. Behalve deze buis zijn ook diepere filters aangebracht om te kunnen meten aan regionale kwel en dergelijke. Wel is te zien dat de winterwaterstanden sinds de vernattingsmaatregelen in 2010 hoger zijn komen te liggen. Echter dit vertaalt zich niet in een hogere GVG. Kennelijk zakken de standen ter plaatse van deze buis al zeer vroeg in het voorjaar, want er wordt hier in de periode voorafgaand aan de tweede vegetatiekartering, 2010 tot 2015, geen hogere GVG berekend ten opzichte van de periode 1988 tot 1995 (voorafgaand aan de eerste karteringsronde). De topstanden in de winter zijn wel hoger geworden. Opvallend is ook dat na de droge zomers van de laatste jaren de grondwaterstanden in de winter snel herstellen.



**Figuur 4** Voorbeeld van een van de peilbuizen, B12D0254\_1.

### Conclusie

Er zitten nogal wat haken en ogen aan het vergelijken van peilbuisdata met de uitkomsten van ITERATIO-analyses op basis van vegetatiekarteringen. In vegetatievlakken zijn doorgaans meerdere vegetatietypen gekarteerd en het is dan niet duidelijk in welk type de peilbuis staat. Om dit scherper te krijgen, moet er een representatieve vegetatieopname gemaakt worden. Uiteraard is dat alleen nog mogelijk voor een recente kartering.

De afgeleide trends van peilbuizen en vegetatieontwikkeling komen overeen, in dit geval geen vernatting. Voor een deel komen de uitkomsten van ITERATIO goed overeen met de gemeten GVG's of zijn te verklaren uit de variatie van vegetatietypen binnen het vlak waar de peilbuis staat. Deels zijn er afwijkingen (5 van de 18) die niet goed te verklaren zijn (zie Tabel 2). Dat is het geval als de gemeten GVG erg droog of nat is voor alle aanwezige vegetaties. Niet alleen is er dan een verschil met de ITERATIO-uitkomst, maar de meting valt dan ook buiten het normale GVG-bereik van de betreffende vegetatietypen. In die gevallen zijn een veldbezoek en eventueel een technische controle van de buis noodzakelijk.





---

## Bijlage 3 Elektronische bijlagen

- [Toelichting LMF Van Strien.docx](#)
- [GVG IT WW vergeleken.xlsx](#)
- [IT WW EL indicaties.xlsx](#)
- [pH IT WW vergeleken.xlsx](#)
- [Storingssoorten.xlsx](#)
- [Vegetatietabel Klei kalkrijk.xlsx](#)



**Verschenen documenten in de reeks Rapporten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu**

<b>120</b>	Velthof, G.L., W. Bussink, W. van Dijk, P. Groenendijk, J.F.M. Huijsmans, W.A.J. van Pul, J.J. Schröder, Th.V. Vellinga en O. Oenema (2013). <i>Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest, versie 1.0.</i>
<b>121</b>	Bakker, E. de, H. Dagevos, E. van Mil, P. van der Wielen, I. Terluin & A. van den Ham (2013). <i>Energieke zoektochten naar verduurzaming in landbouw en voedsel; Paradigma's en praktijken.</i>
<b>122</b>	Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongorius, H. Keegstra, H.J. Venema & J.J. Jongsma (2013). <i>Friese en Groninger kwelderwerken: Monitoring en beheer 1960-2010.</i>
<b>123</b>	Silvis, H.J. and C.M. van der Heide (2013). <i>Economic viewpoints on ecosystem services.</i>
<b>124</b>	Ottburg, F.G.W.A. & C.A.M. van Swaay (2014). <i>Gunstige referentiewaarden voor populatieomvang en verspreidingsgebied van soorten van bijlage II, IV en V van de Habitatrichtlijn in Nederland.</i>
<b>125</b>	Bijlsma, R.J., J.A.M. Janssen, E.J. Weeda & J.H.J. Schaminée (2014). <i>Gunstige referentiewaarden voor oppervlakte en verspreidingsgebied van Natura 2000-habitattypen in Nederland.</i>
<b>126</b>	Boer de, T.A., A.T. de Blaeij, B.H.M. Elands, H.C.M. de Bakker, C.S.A. van Koppen en A.E. Buijs (2014). <i>Maatschappelijk draagvlak voor natuur en natuurbeleid in 2013.</i>
<b>127</b>	Mattijssen, T.J.M., A.E. Buijs, B.H.M. Elands & R.I. van Dam (2015). <i>De betekenis van groene burgerinitiatieven; analyse van kenmerken en effecten van 264 initiatieven in Nederland.</i>
<b>128</b>	I.M. Bouwma, J.L.M. Donders, D.A. Kamphorst, J.Y. Frissel, R.M.A. Wegman, H.A.M. Meeuwssen & L.M. Jones-Walters (2016). <i>Stakeholder perceptions in relation to changes in the management of Natura 2000 sites and the causes and consequences of change. A survey in England, Flanders, France and the Netherlands.</i>
<b>129</b>	Velthof, G.L., F.H. Kistenkas, P. Groenendijk, E.M.P.M. van Boekel en O. Oenema (2018). <i>Wettelijk instrumentarium voor landbouwmaatregelen om waterkwaliteit te verbeteren. Realisatie van nutriëntendoelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water.</i>
<b>130</b>	Westerink, J., D.A. Kamphorst, E. de Wit, C.M. van der Heide, T.A. de Boer en A.L. Gerritsen (2018). <i>Van meerdere kanten bekeken. Een meervoudig analyse- &amp; evaluatiekader voor beleid gericht op maatschappelijke betrokkenheid bij natuur; op maat te maken met behulp van kaarten.</i>
<b>131</b>	Gerritsen, P., D.J.J. Walvoort, M. Knotters (2021). <i>Kartering grondwaterspiegeldiepte in laag Friesland; Actualisatie van een deel van het</i>

	<i>grondwaterspiegeldieptemodel van de Basisregistratie Ondergrond (BRO).</i>
<b>132</b>	Haas, W. de, J.L.M. Donders (2021). <i>Vertrouwen in natuurbeleid? Naar een typologie van verzet.</i>
<b>133</b>	Kuindersma, W., D.A. Kamphorst, F.H. Kistenkas (2021). <i>De gevolgen van de stikstofaanpak voor het natuurbeleid. Een voorlopige analyse van de gevolgen voor de decentralisatie naar provincies en de gebiedsgerichte uitvoering.</i>
<b>134</b>	Brouwer, F., Maas, G., Teuling, K., Harkema, T. en Verzandvoort, S. (2021). <i>Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland: actualisatie 2020-2021 en toepassing; Deelgebieden Gelderse Vallei-Zuid en -West en Veluwe-Zuid.</i>
<b>135</b>	Houtkamp, J.M., A.M. Schmidt en P.J.F.M. Verweij (2021). <i>Reflectie PBL-rekeninstrumentarium voor natuur.</i>
<b>136</b>	Breman B.C., W. Nieuwenhuizen, G.H.P. Dirckx, R. Pouwels, B. de Knecht, E. de Wit, H.D. Roelofsen, A. van Hinsberg, P.M. van Egmond, G.J. Maas (2022). <i>Natuurverkenning 2050 – Scenario Natuurinclusief.</i>
<b>138</b>	Boer, T.A. de en F. Langers (2022). <i>Maatschappelijk draagvlak voor natuur in 2021 en trends in het draagvlak.</i>
<b>140</b>	Hennekens, S.M., J. Holtland, N.M. van Rooijen, G.W.W. Wamelink & W.A. Ozinga (2022). <i>Planten als indicatoren voor pH en GVG; Een vergelijking van het ITERATIO- en Wamelink-indicatorsysteem voor pH en GVG.</i>



---

**Thema Periodieke Evaluatie Natuurbeleid**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 54 71  
E [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl)  
[wur.nl/wotnatuurenmilieu](http://wur.nl/wotnatuurenmilieu)

ISSN 1871-028X

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, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten 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.

