



Bufferherstelmaatregelen in droge bossen

Maaïke Weijters, Evi Verbaarschot, Emiel Brouwer, Roland Bobbink,
en Judith Sitters

Aanleiding

de Volkskrant

Boswachter ziet eiken voor zijn ogen sterven in door stikstof aangetast natuurgebied



Boswachter Erik de Jonge maakt foto's van aangetaste eiken in Natura 2000-gebied Brabantse Wal. Marcel van den Bergh / de Volkskrant

Natuurdagboek

De mezen gaan dood



Jonge koolmeesjes met honger Beeld Koos Dijksterhuis



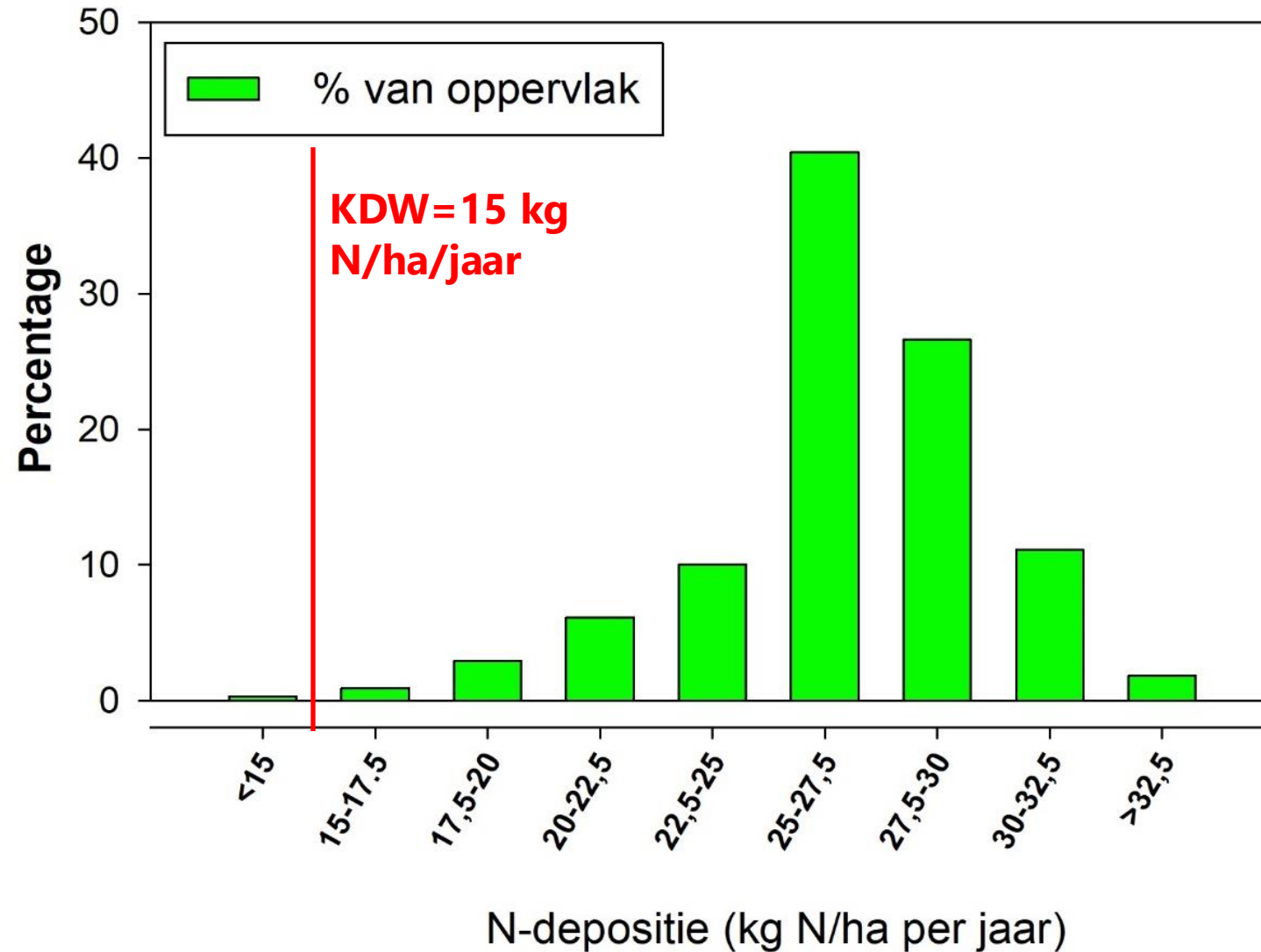
▲ Dode eiken vlakbij het Kerkpad, aan de Buxtelse zijde van natuurgebied Kampina. © Marc Bolsius

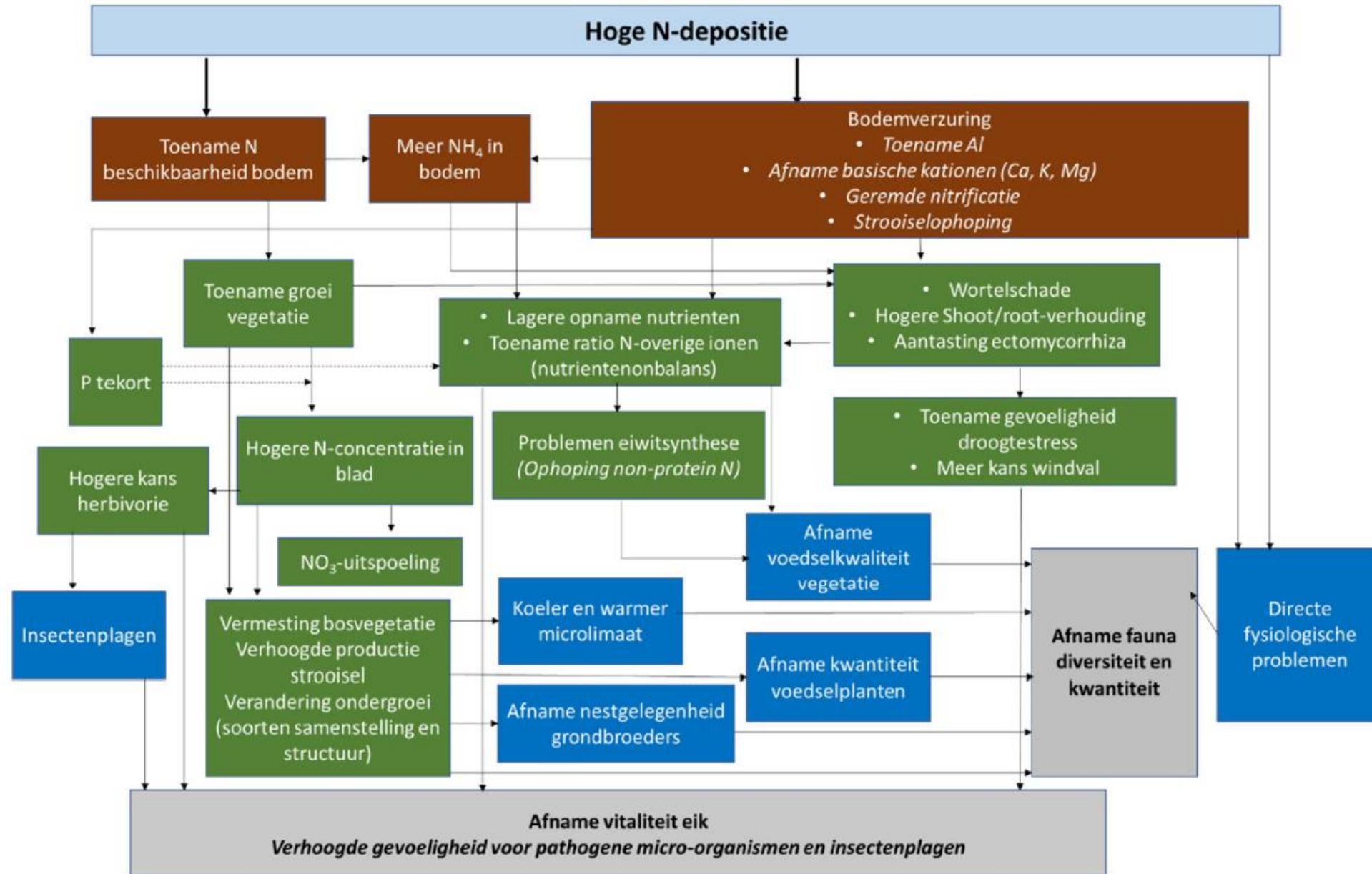
Eikensterfte slaat hard toe op de Kampina

Voorbeeld overschrijding in habitattype H9190

< 1 % van het
oppervlak habitattype
ligt onder KDW;
> 80 % van het
oppervlak habitattype
> 25 kg N/ha/jaar

Oude eikenbossen (H9190)







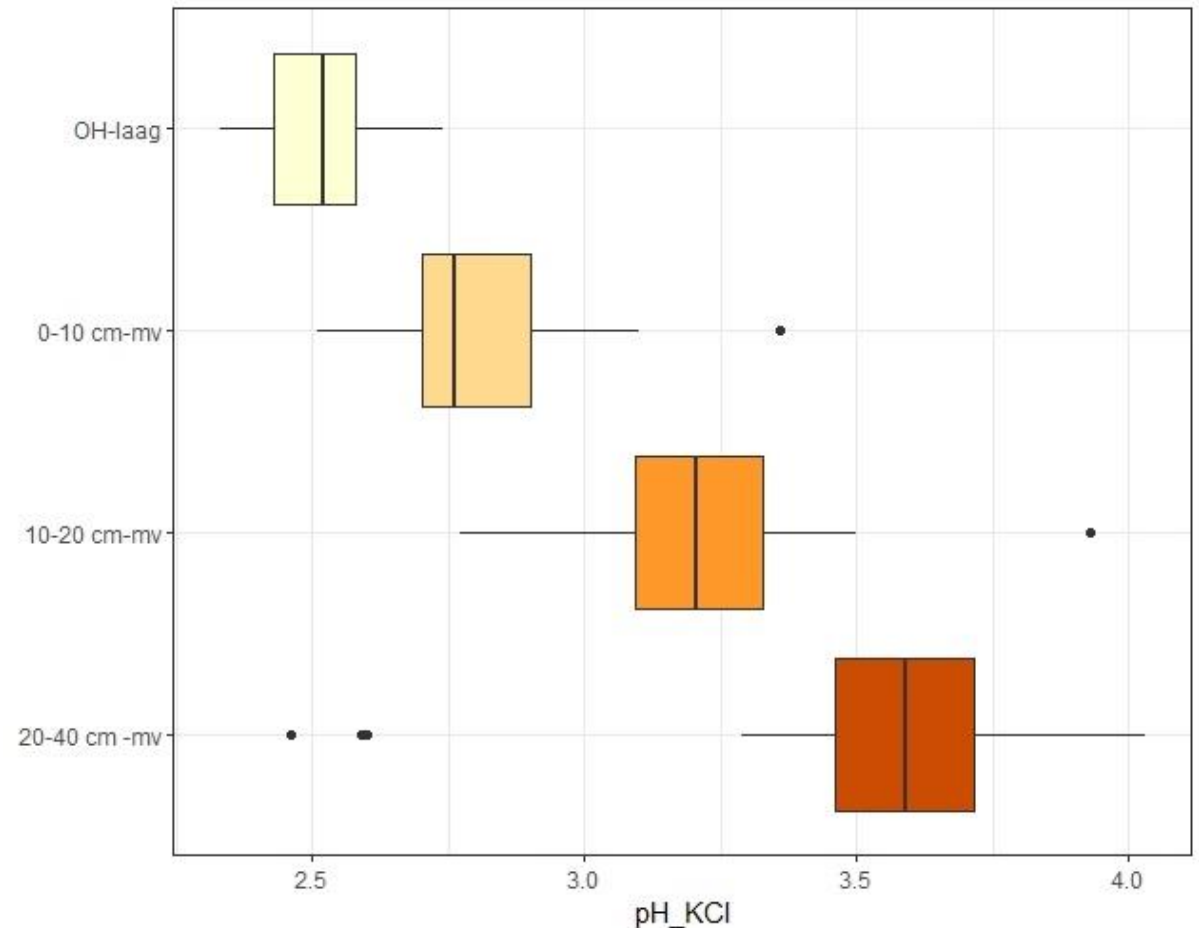
Bodem-pH_{KCl} bossen Veluwe

1961-1972 n=9

2020; H9190, n=33

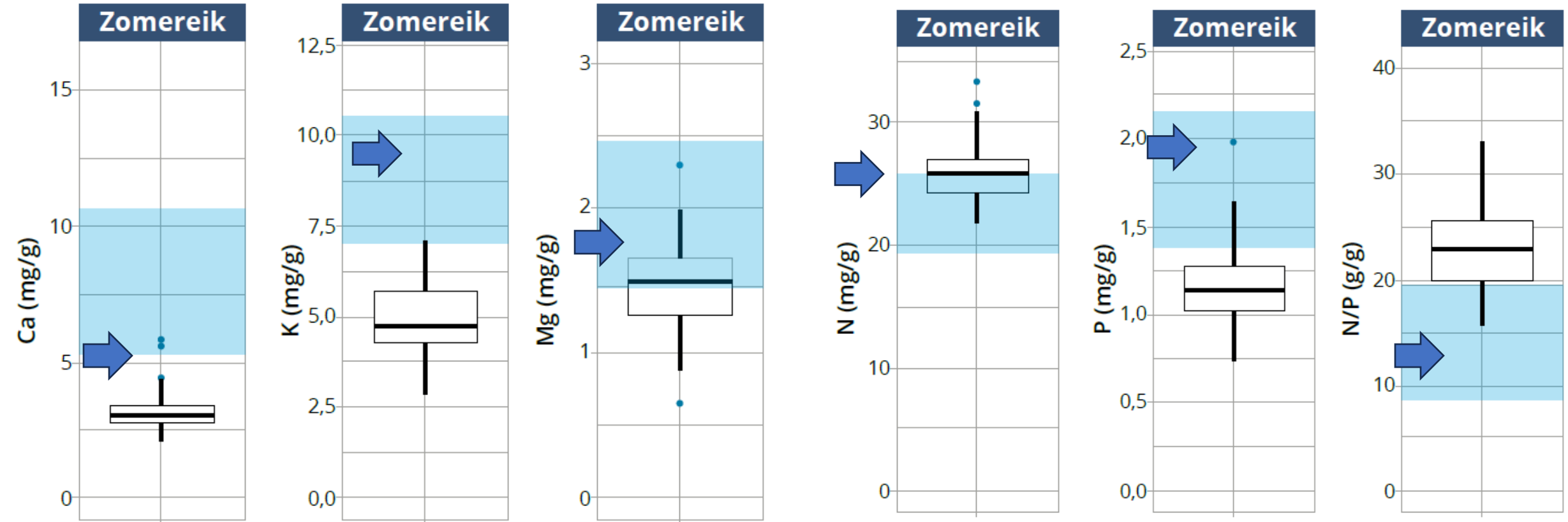
	<i>gem. (st.dev.)</i>	<i>verschil</i>
0-10 cm	3,30 (0,231)	0,51
10-20 cm	3,82 (0,442)	0,60
20-40 cm	4,17 (0,262)	0,57

Uit Bodemdata.nl (bos Veluwe tzv A1)



Weijters et al. 2020

Huidige bladchemie zomereik (2020; H9190, Veluwe)

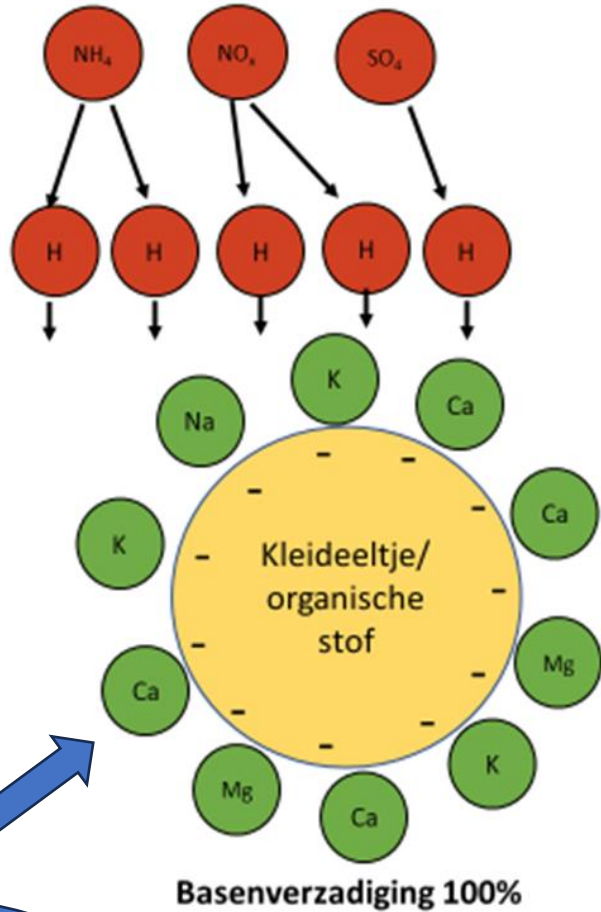


Zeer vergelijkbare reacties voor Beuk en Grove den

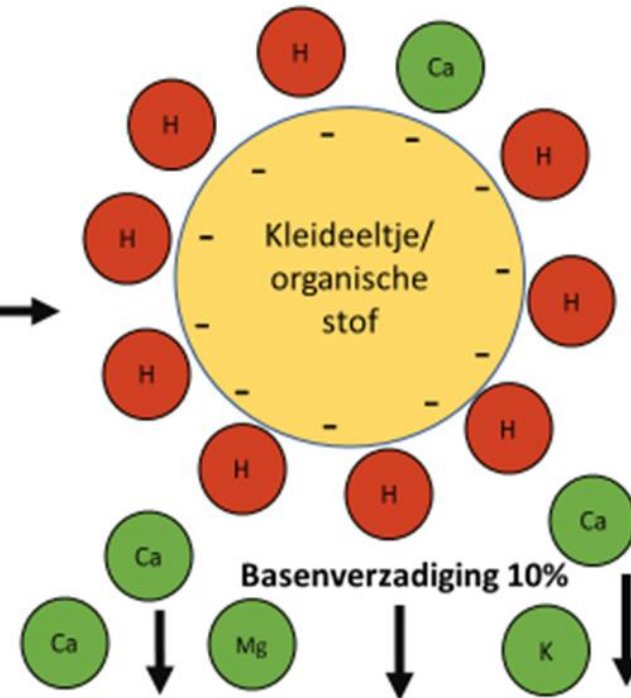


Waarde ICP-level2 plots 2001&2005 in Nederland

Basenverzadiging



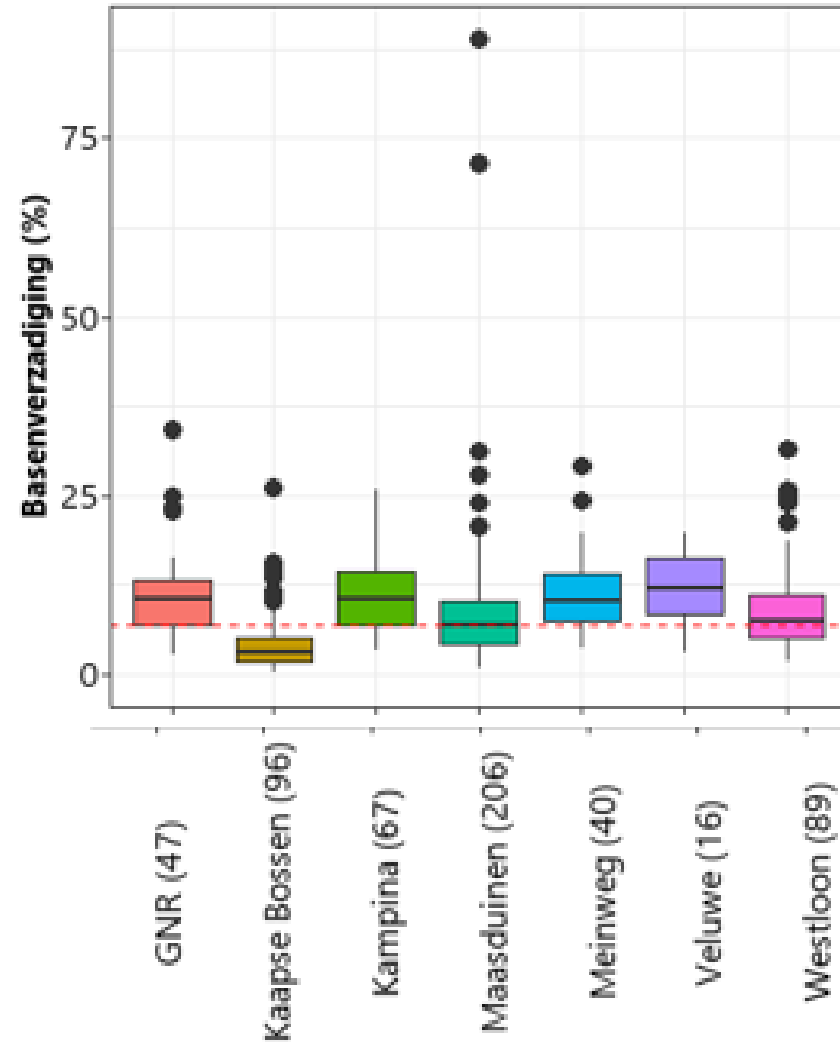
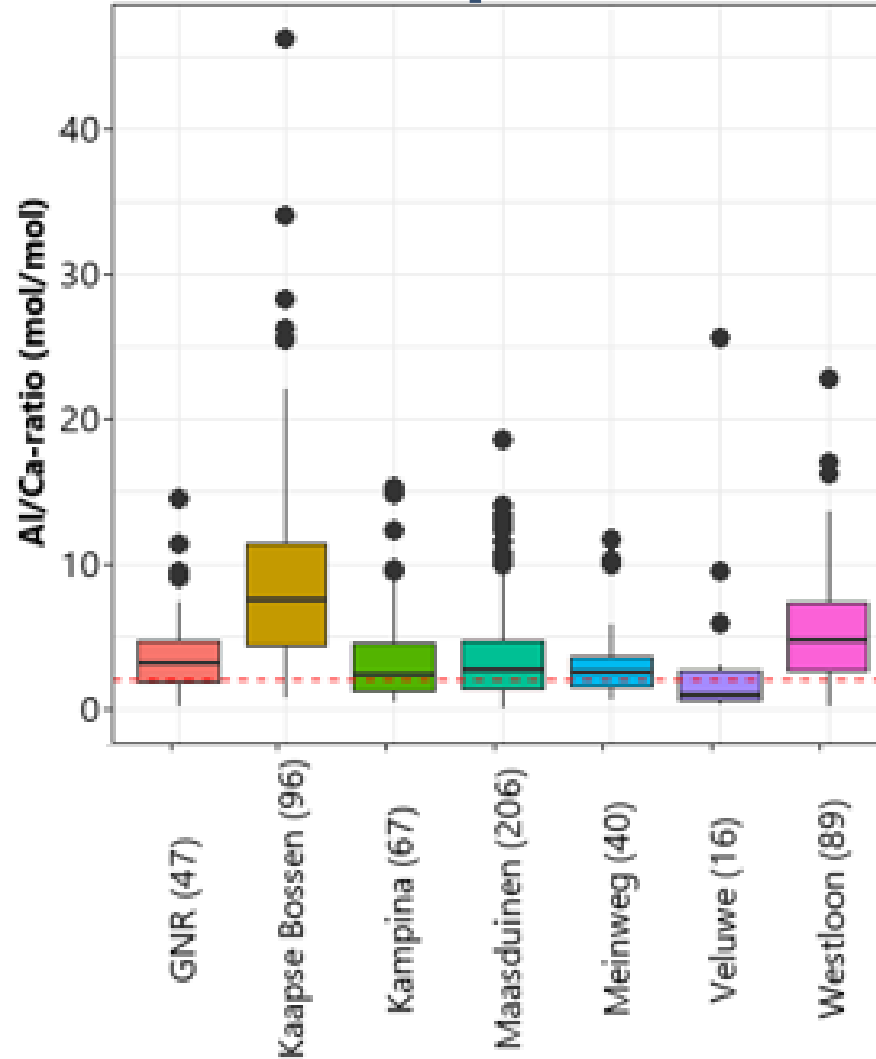
VERZURING



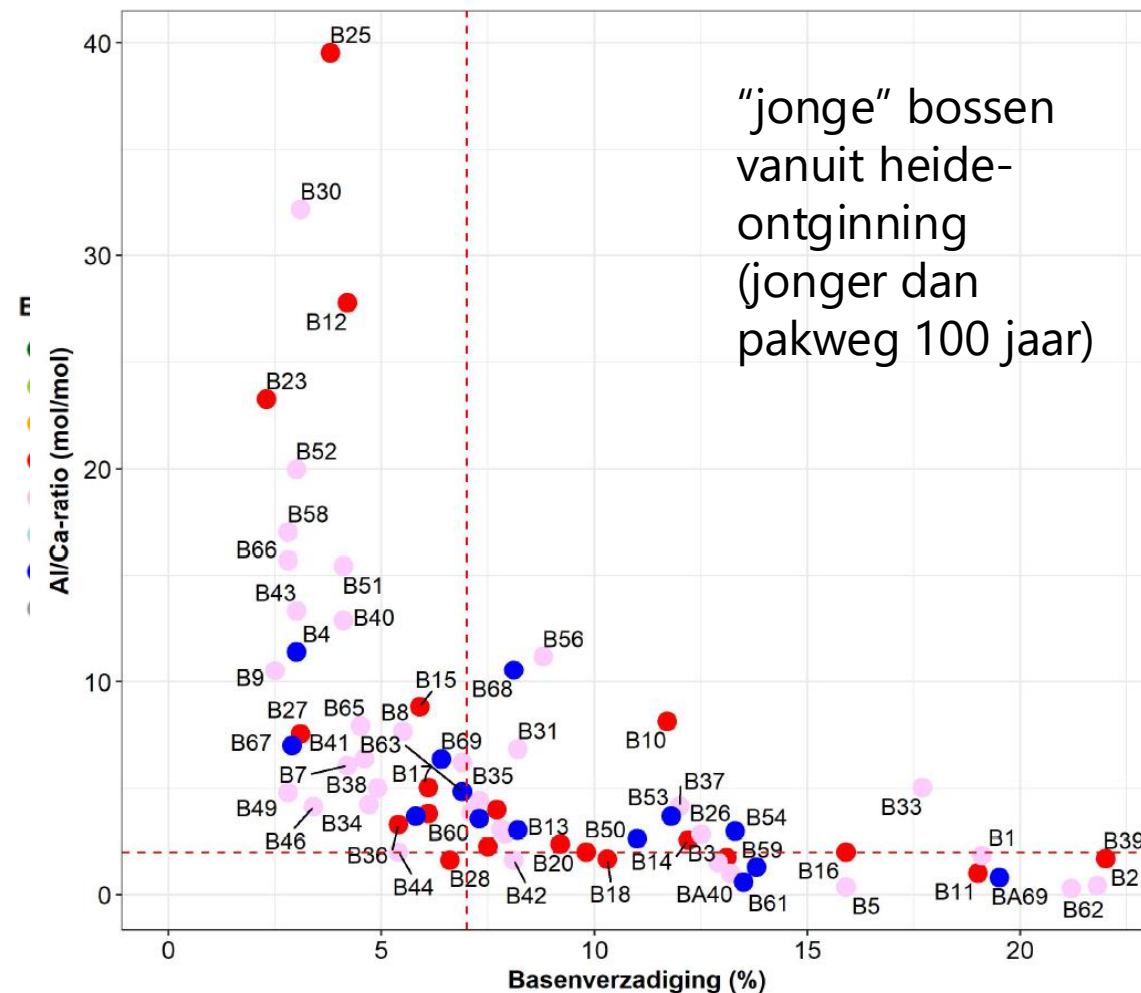
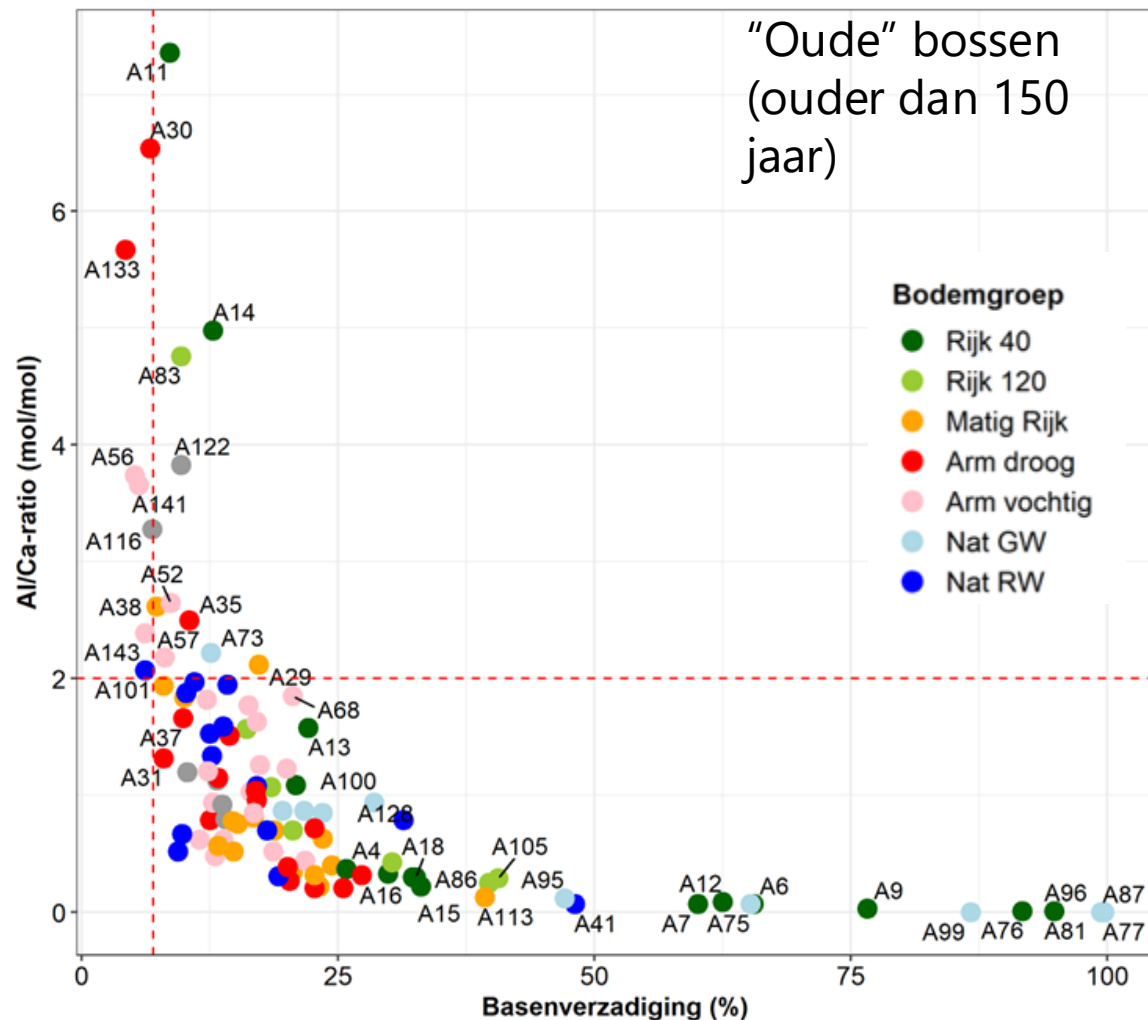
Hoge CEC -> grotere voorraad dus minder snel "op", maar ook moeilijker te herstellen!

Aanvoer met gebufferd GW of vanuit diepere leemlagen

Niet alleen op de Veluwe...



Vooral de “Matig rijke” bosbodems (holtpodzolgronden) verliezen we



Veelkoppig monster!



Klimaat: Droger, extremer, onvoorspelbaarder....

N-depositie: Verzurend, vermestend, grijpt op veel plekken en processen in.

Interacties: Studies uit Zwitserland tonen duidelijke interactie aan tussen N-depositie en gevoeligheid van Beuk voor droogte (Braun et al., 20210)

Situatie is niet stabiel! N hoopt op en bodem verzuurt verder (De Jong et al., 2025 en De Vries et al., 2019)

Doel bufferherstelmaatregel

- Verminderen bodemverzuring
 - Opladen BV
 - Hogere pH
 - Betere Al/Ca-ratio
- Betere afbraak bladmateriaal (circulatie voedingsstoffen)
- Meer kruiden in de ondergroei/behoud populaties
- Meer calcium beschikbaar voor fauna
- Opheffen tekorten Ca en Mg in blad/naald bomen (K met steenmeel)
- ZONDER het systeem te ver op te laden (niet passend bij veg type); zonder verrijking van de ondergroei; zonder sterk negatieve stoichiometrie-verschuivingen

Herstelmaatregelen in droge bossen

- Kalk/Schelpengruis/Drinkwaterkorrels
- Silicaatsteenmeel
- Plantgatbemesting
- Rijkstrooiselsoorten
- Plaggen (kleinschalig) om N te verwijderen
-

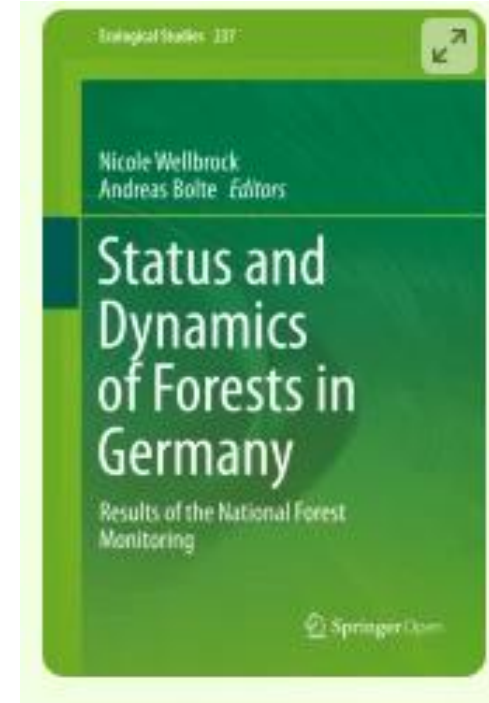
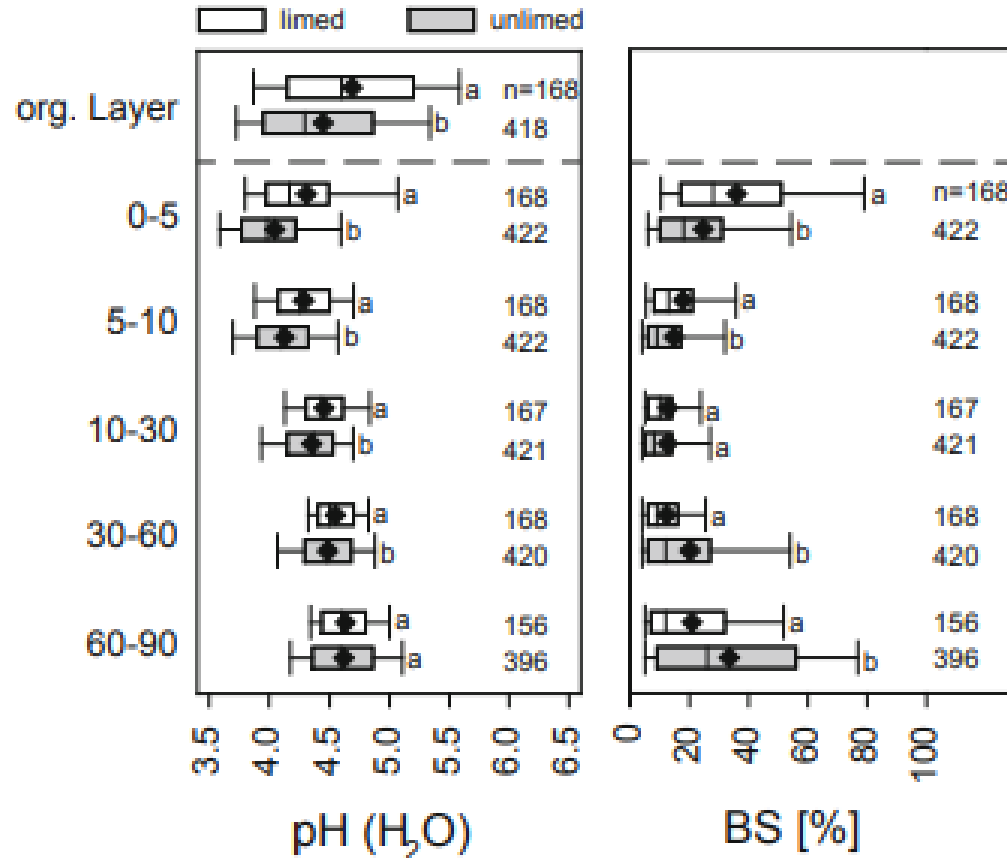
En combinaties van.....



Bekalken

- Veel ervaring mee in o.a. Duitsland (1 tot 3 ton/ha)

Fig. 4.4 pH(H₂O) values (left) and base saturation (BS [%], right) for limed and unlimed acid-sensitive plots in the organic layer and mineral soil for NFSI II (acid-sensitive plots identified according to exchangeable aluminium pool in the subsoil)

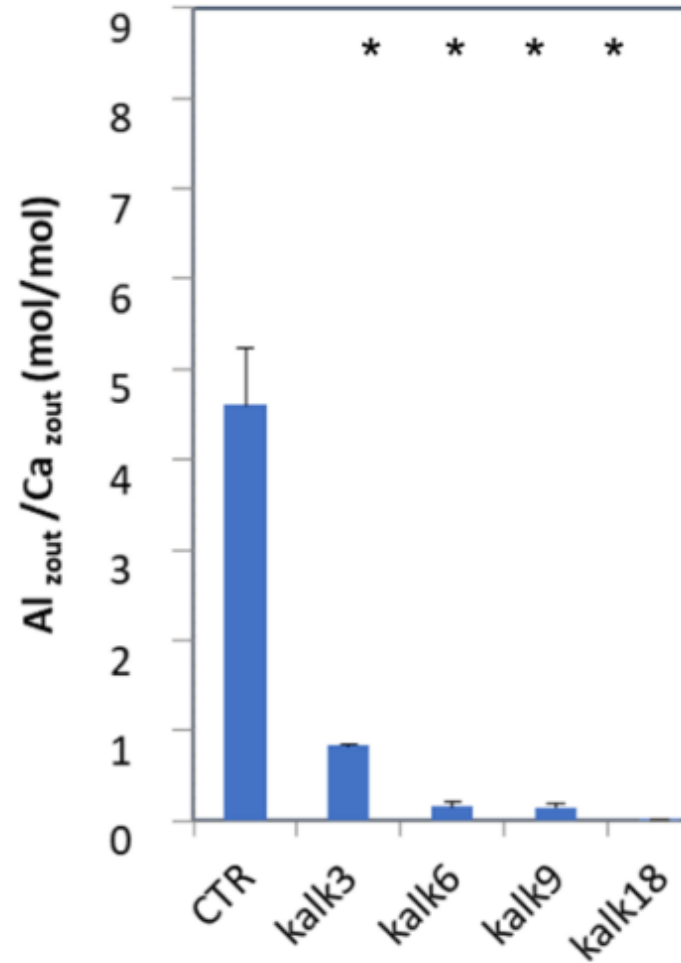
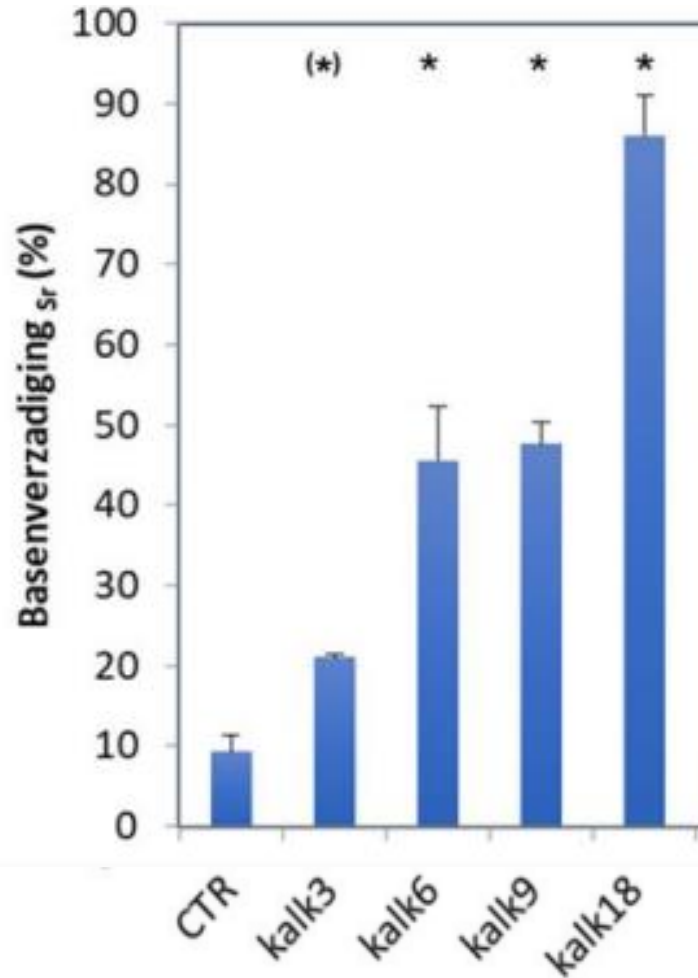


Bekalken

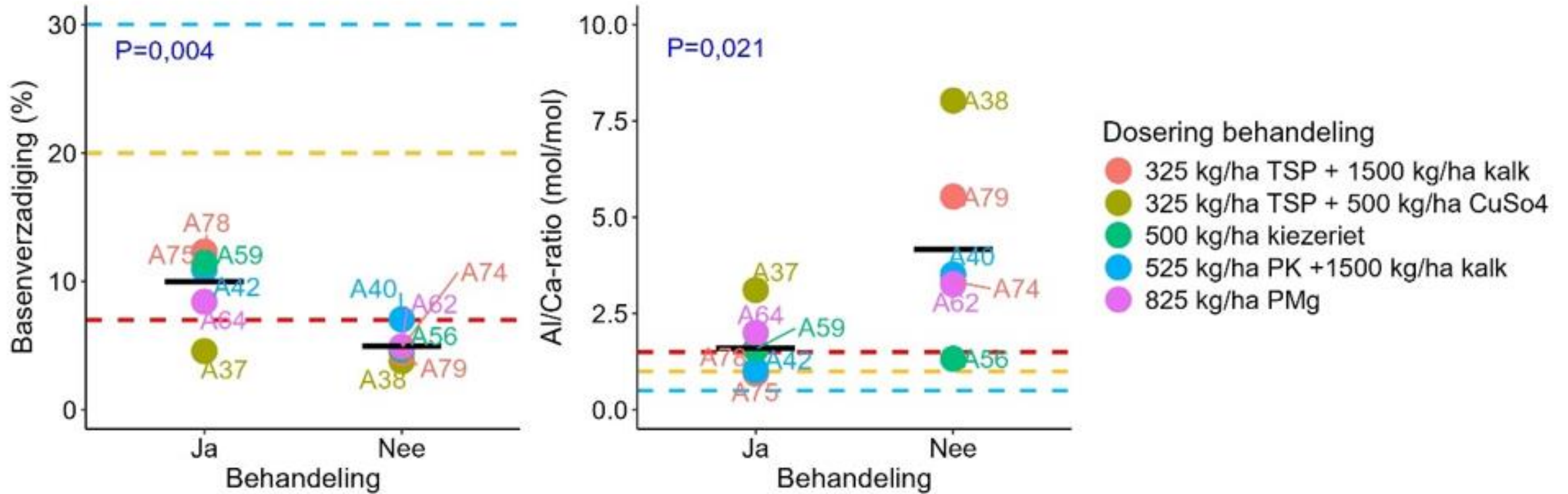
- In Nederland geen eenduidig beeld effecten bekalking uit EGM-periode (jaren '90 van vorige eeuw);
- Uit meting Harderwijk (kalktrappenproef) wel belangrijke lessen te leren 33 jaar na toediening in grove dennenopstand. Data van de 25cm minerale bodem.
- Ook wat losse metingen uit Noord-Limburg



Basenverzadiging en Al/Ca-ratio (33 jaar toedienen)

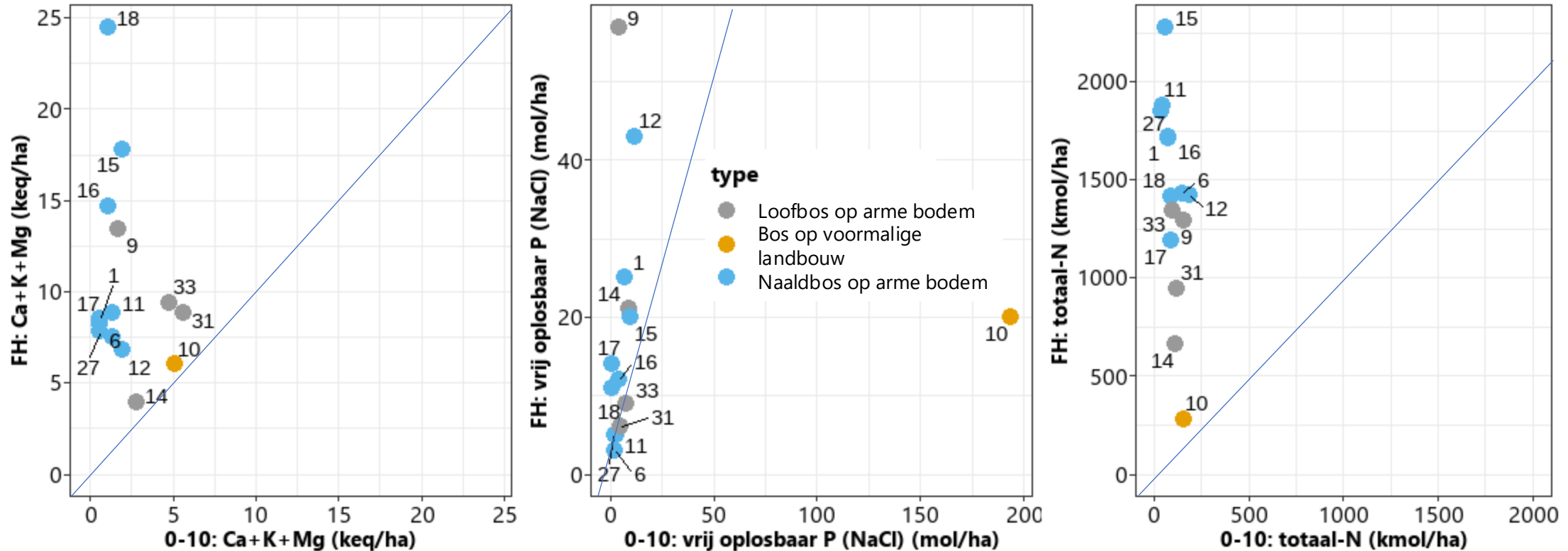


1. Effect van bekalking blijft lang meetbaar in de bodem
2. Bekalking is effectief om Ca-(en Mg) beschikbaarheid te verhogen, Basenverzadiging op te laden en aluminiumtoxiciteit te verminderen



Meting Noord-Limburg: effecten bekalking jaren '90 ook nog duidelijk terug te meten in bosbodem (gemengd bos). Sitters et al., 2025

Bufferherstel = verhogen beschikbaarheid nutriënten -> risico op verzuuring



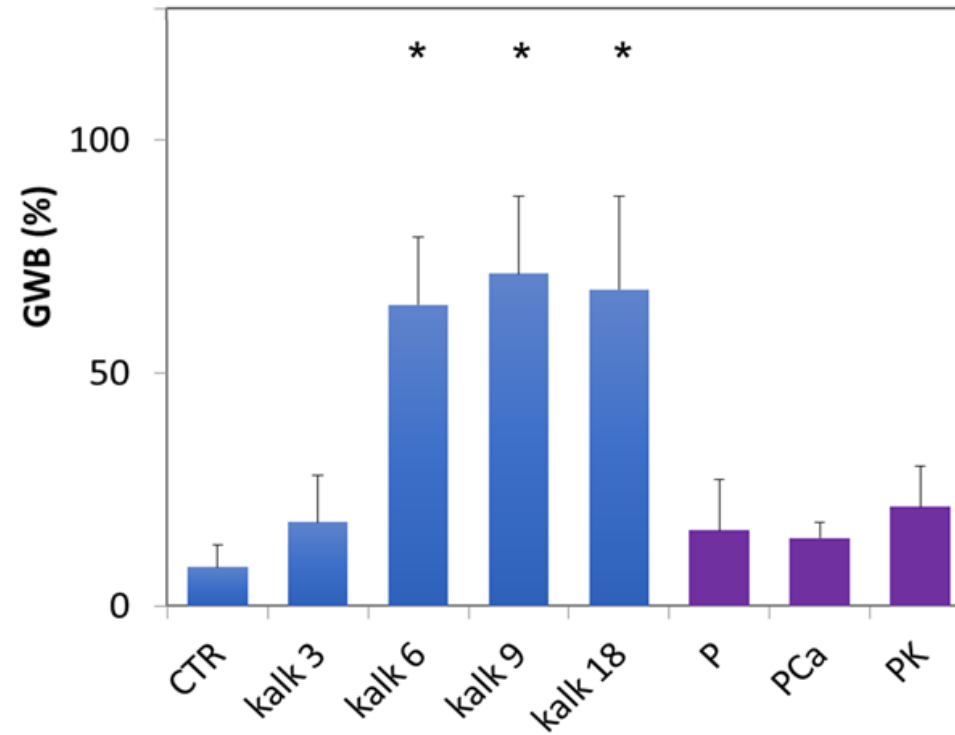
In organische laag (FH) veel nutriënten aanwezig t.o.v. minerale toplaag (meer basische kationen en fosfaat, maar ook meer stikstof!!)

Bedekking bramen

Kalk 3 ton



3. Overdosereren is een risico! Te veel kan resulteren in ongewenste verrijking, afname P-beschikbaarheid en negatieve effecten (bodem) fauna (o.a. Siepel et al., 2019)

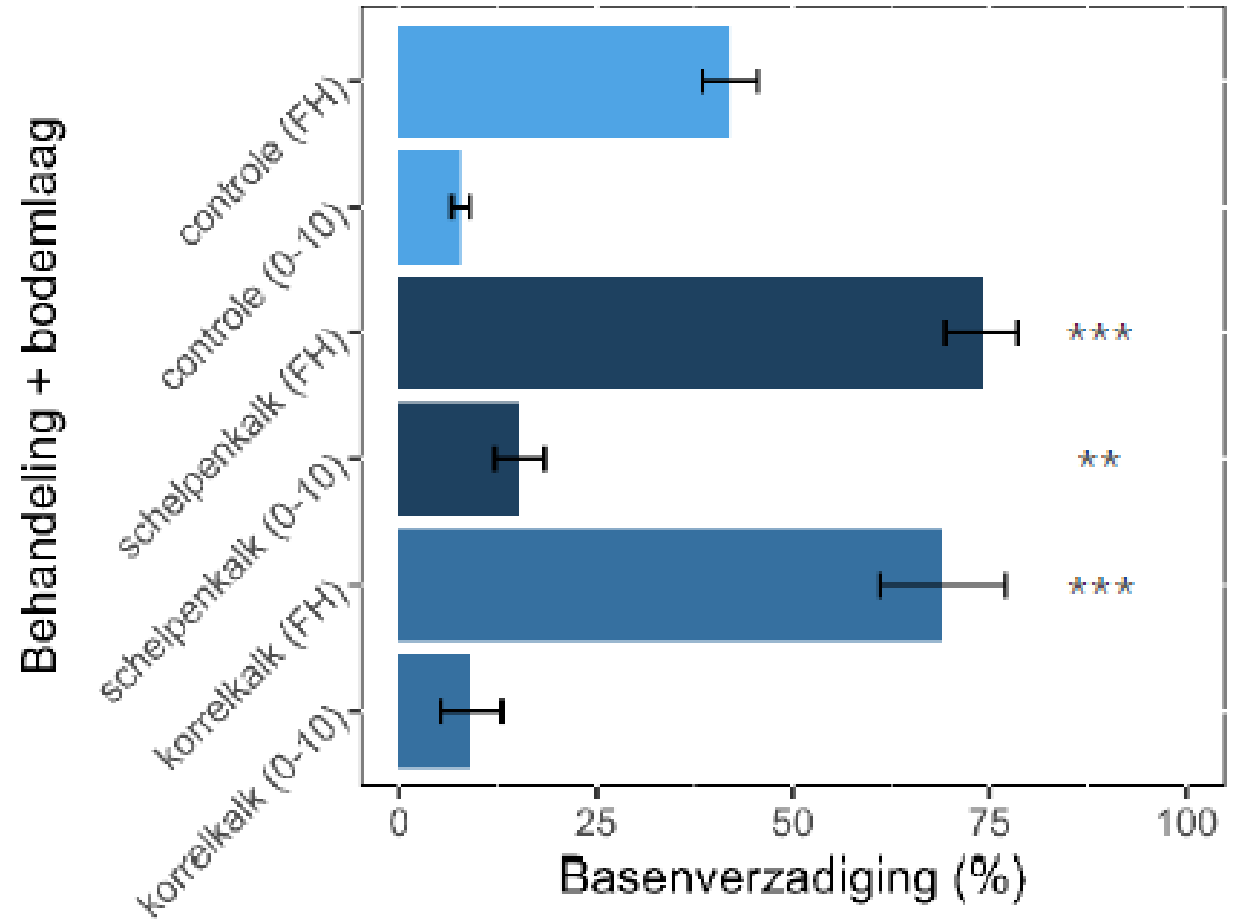


Kalk 9 ton



Bekalken

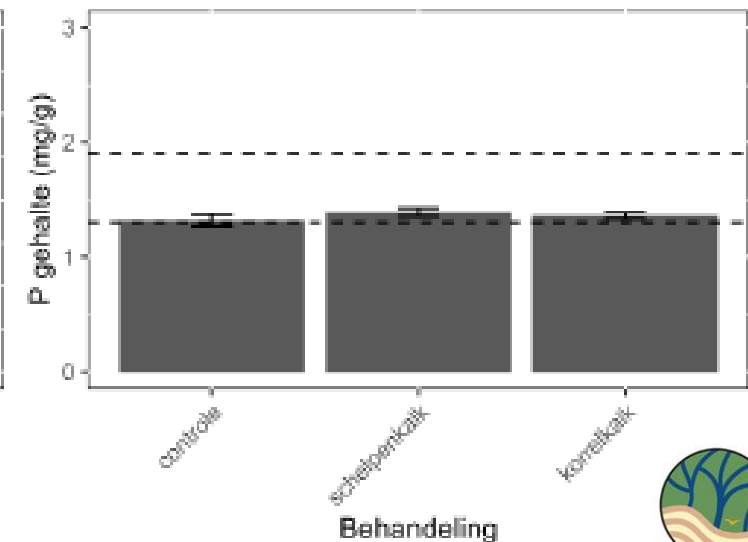
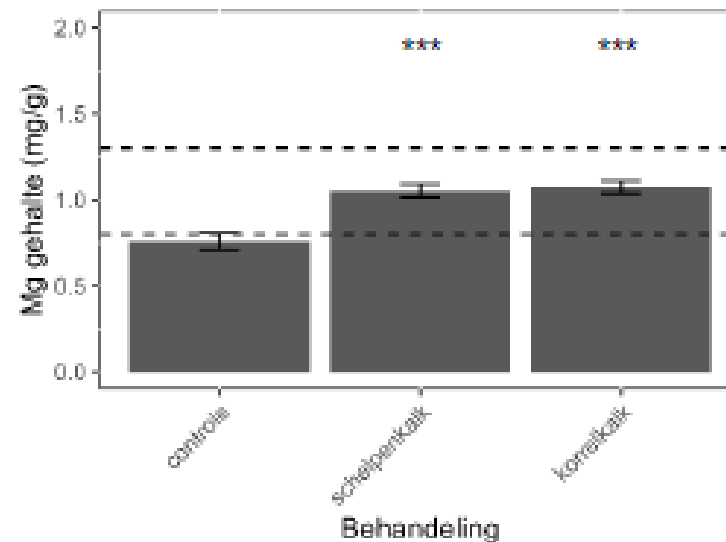
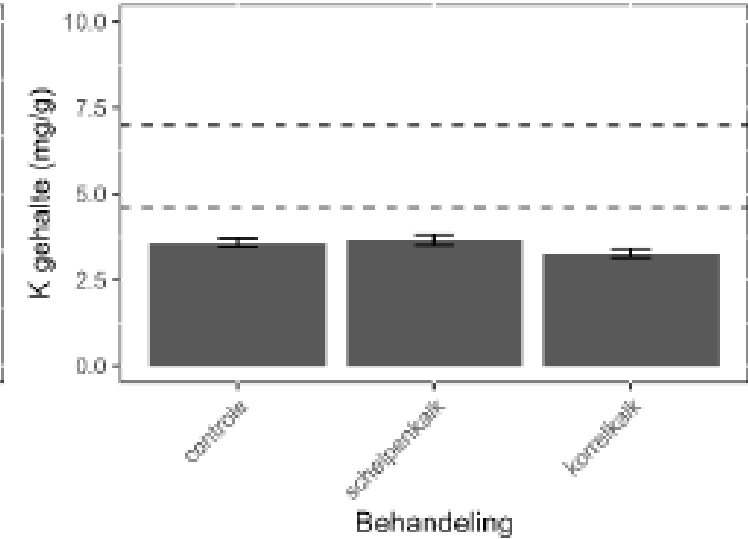
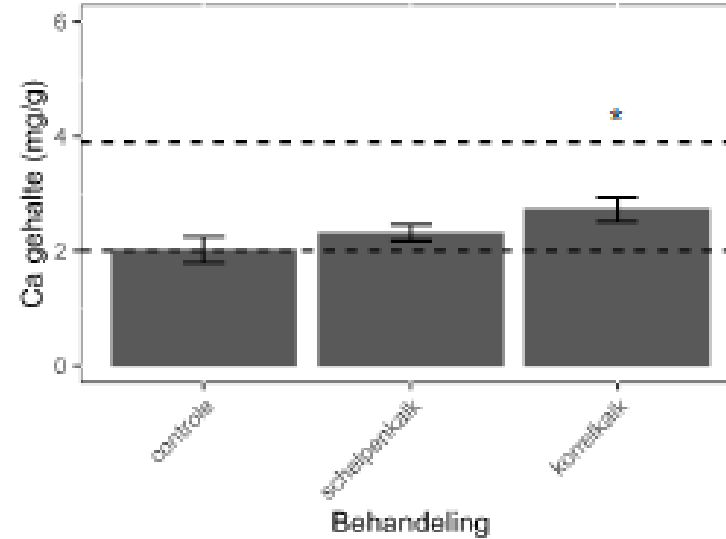
- Langzamer werkende producten verminderen deze risico's
 - Schelpenkalk (ook meteen gegeten door vogels)
 - Kalkkorrels uit drinkwaterwinning



$n = 7$ (controle FH); $n = 16$ (controle 0-10); $n = 14$ (schelpenkalk FH); $n = 16$ (schelpenkalk 0-10); $n = 6$ (korrelkalk FH); $n = 6$ (korrelkalk 0-10)

Bekalken

- Geen kalium of andere elementen, enkel Ca en Mg (afhankelijk van product).
- Resultaten 3 jaar na toediening Ginkel in Groveden



Kalk

- Kalk werkt niet kort, maar wel snel
- Positieve effecten op Al/Ca-ratio, pH en basenverzadiging in de bodem;
- Toename Ca en Mg in blad;
- Geen oplossing voor K of P tekorten in bodem en blad/naald;
- Overdosereren kan, met als risico verruiging en/of een verdere disbalans in de verhoudingen van Ca, K, Mg, P en N in het systeem;

Silicaatsteenmeel

- Langzaam verwerend en breder pallet aan elementen dat vrij kan komen (o.a. kalium)
- Nog minder risico's dan kalk?
- Uit literatuur bekend dat ook op lange termijn positieve effecten worden gemeten in boomvitaliteit (silicaatsteenmeel-kalk-mix)
- Experimenten in NL in heide en bos (eik, en grove den/gemengd)



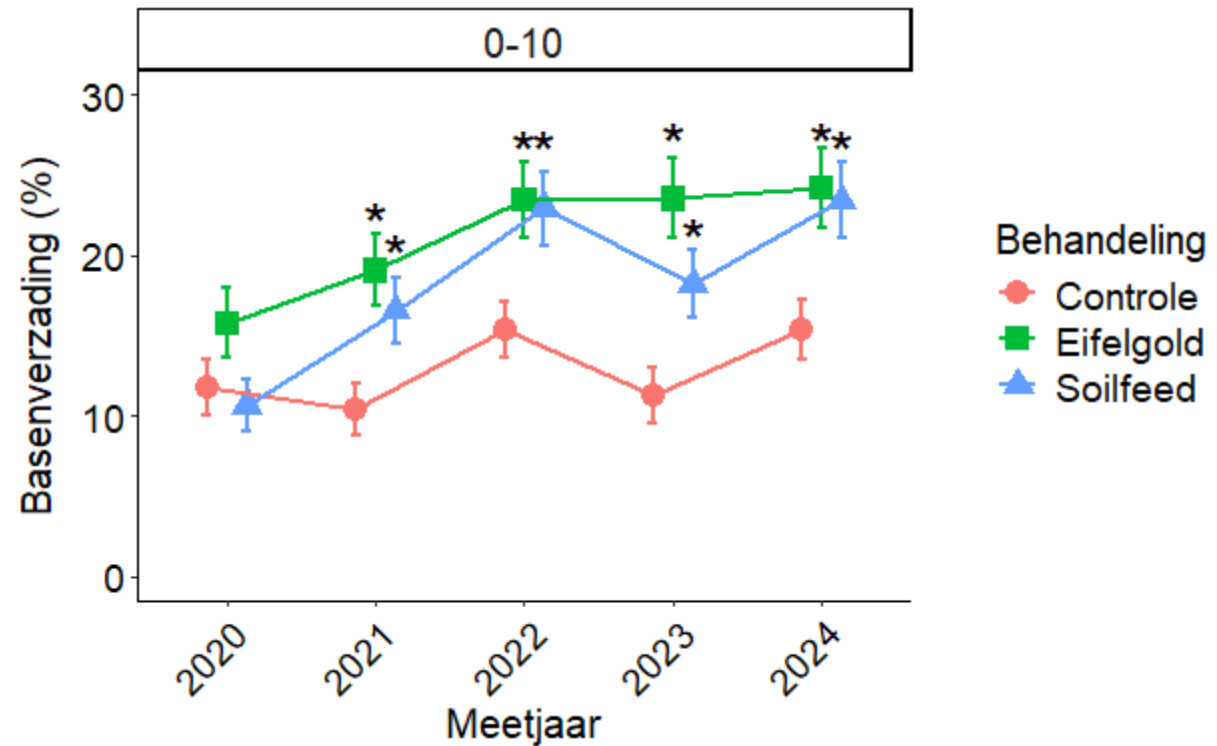
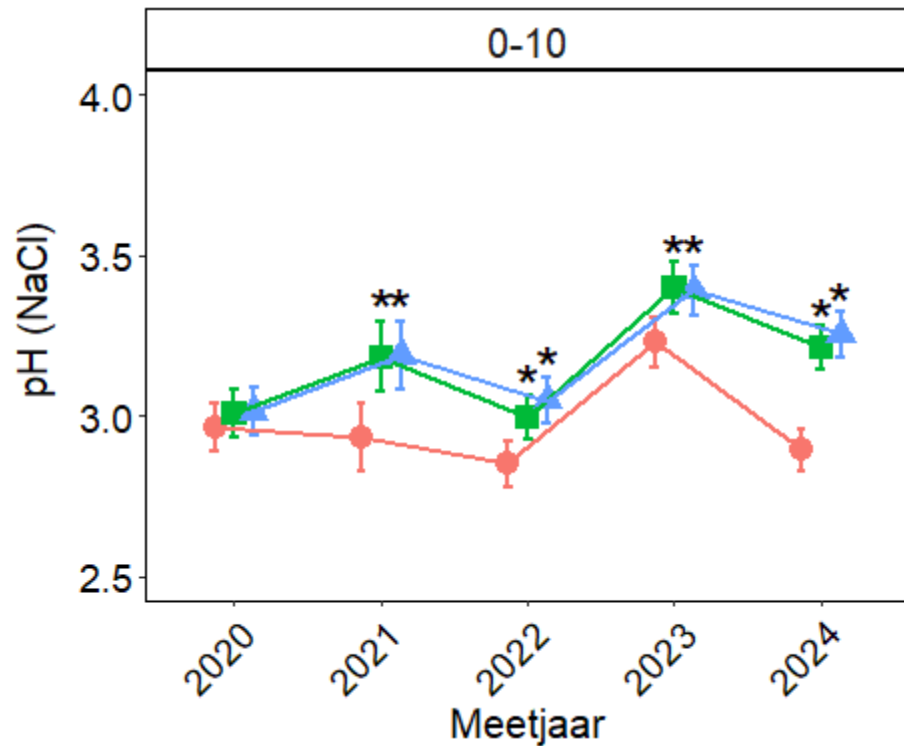
Restoration rocks: The long-term impact of rock dust application on soil, tree foliar nutrition, tree radial growth, and understory biodiversity in Norway spruce forest stands

Proef en proefopzet eikenbos



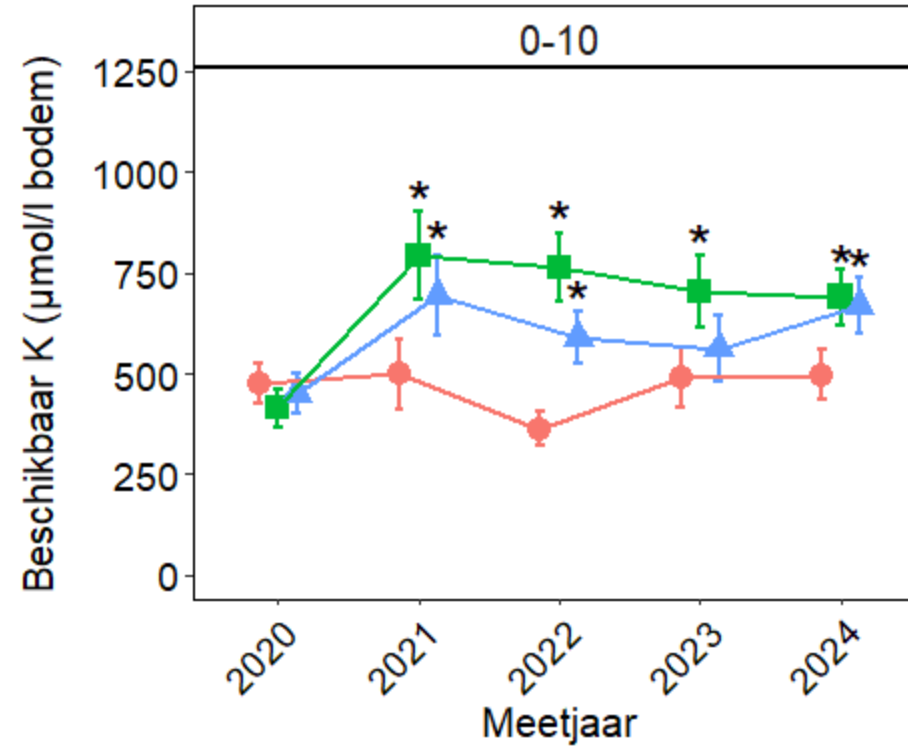
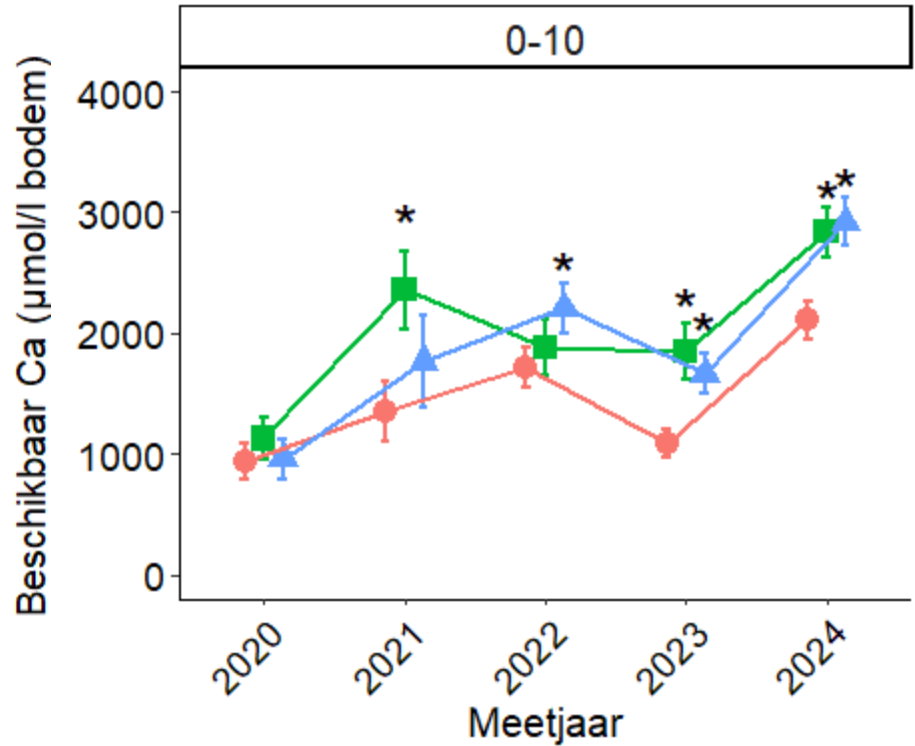
- 10 locaties H9190 Oud eikenbos
- Op iedere locatie drie proefvlakken van 70m bij 70m
- Ingericht en opgebracht in februari 2020
 - Onbehandelde controle
 - 10 ton Eifelgold/ha
 - 10 ton Soilfeed/ha

Resultaten bodemchemie



Toename in pH van 3,0 naar 3,4-3,5 en toename in basenverzadiging van 10-15% naar 25%

Resultaten bodemchemie

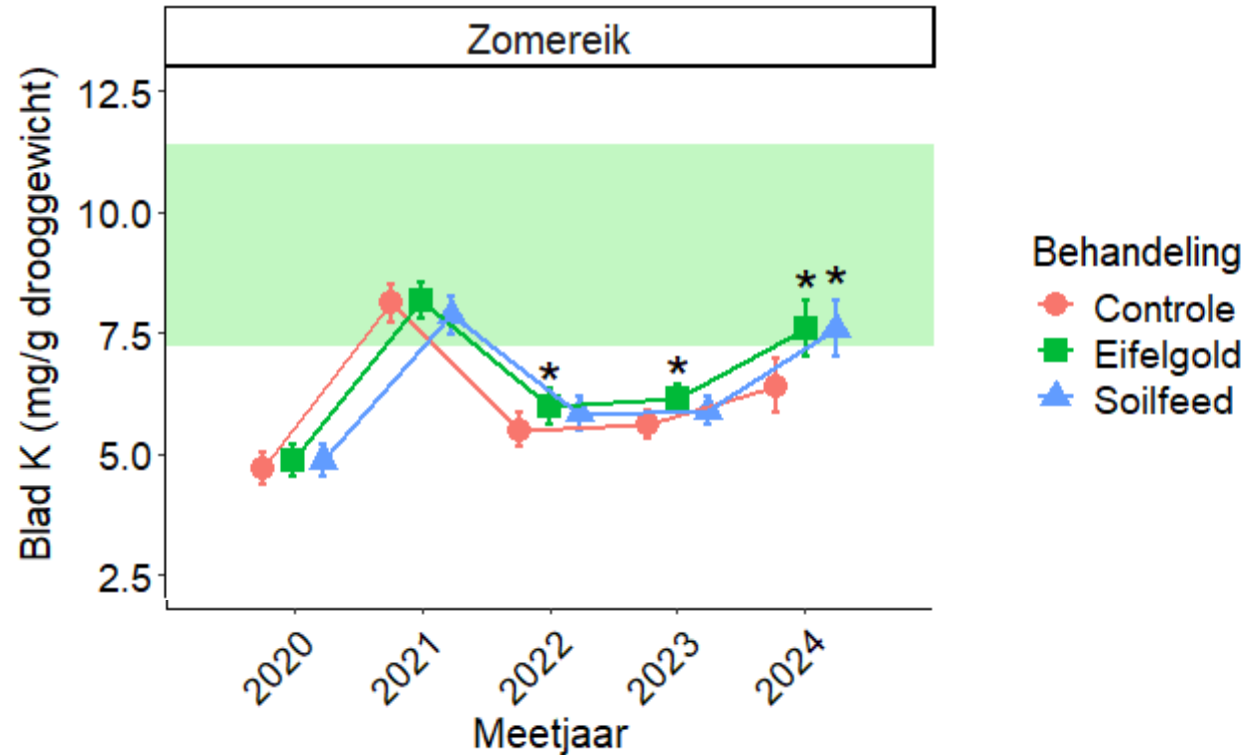
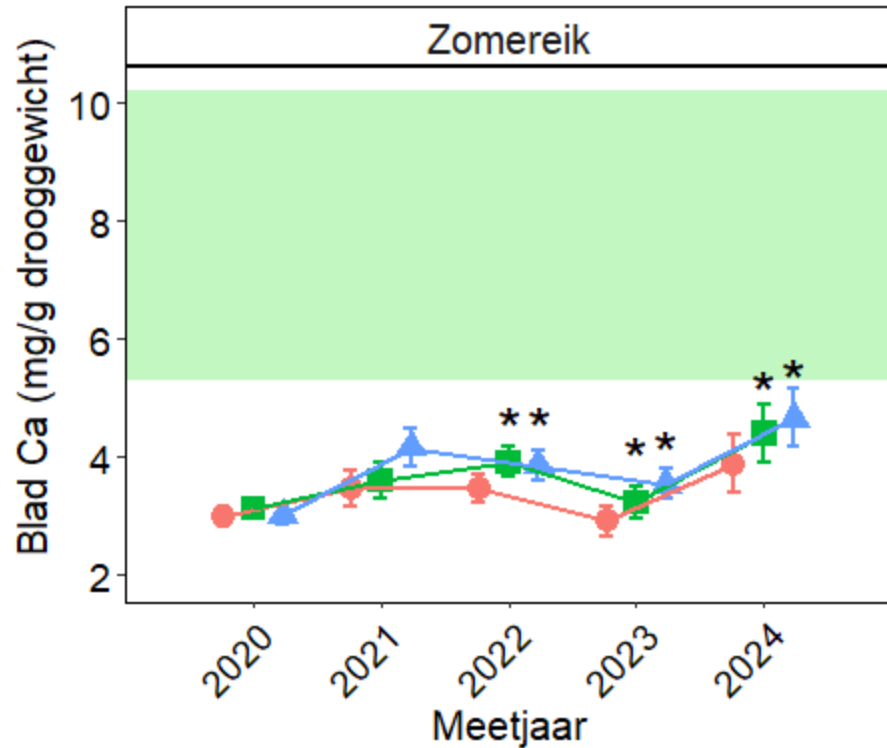


Behandeling

- Controle
- Eifelgold
- Soilfeed

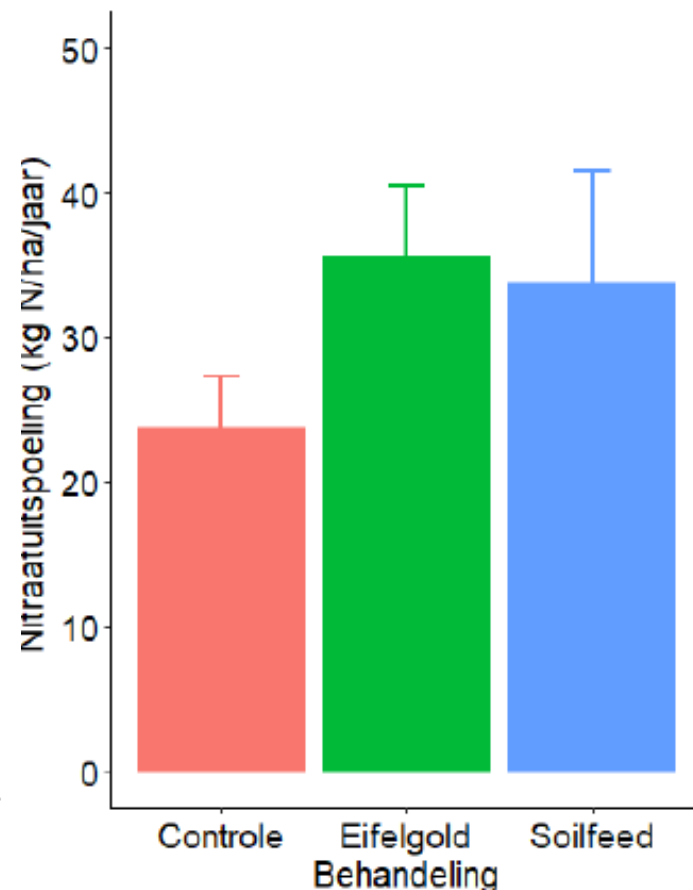
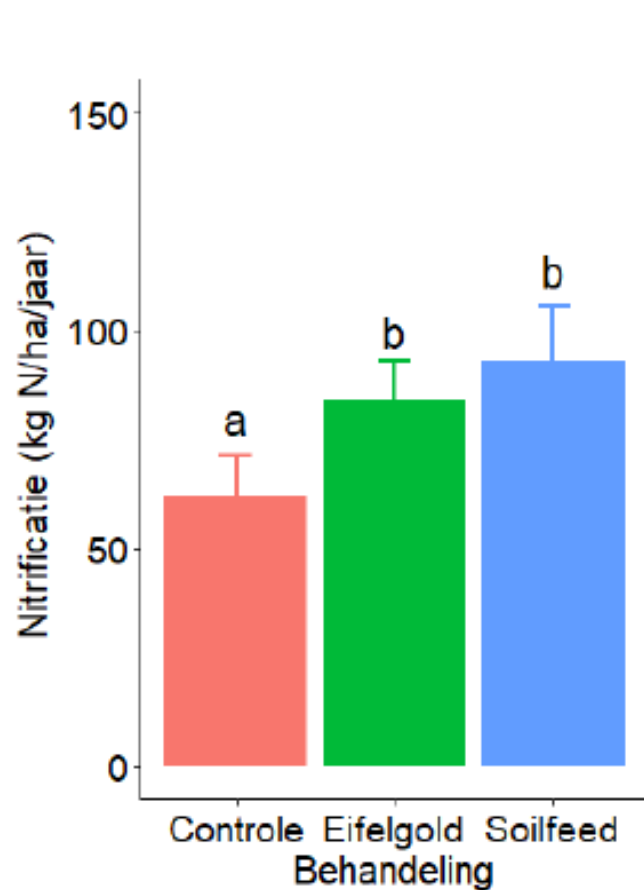
Toename in beschikbare Ca-, K- en Mg-concentraties (alleen in Eifelgold-behandeling)

Resultaten bladchemie



- Steenmeelbehandelingen verminderen tekorten aan Ca en K en de nutriëntenonbalans in Zomereiken. Optimale waarden zijn echter nog niet bereikt.
- N verlaag je niet dus de ratio's met N zijn nog steeds erg scheef!

Bufferen -> stimuleren NO3 uitspoeling (juni 2023-juni 2024)



Steenmeel

- Duidelijke toename in BV en beschikbaarheid Ca, K en Mg in de bodem;
- Toename Ca, K en Mg gehalten in blad- en naald, soms zelfs net uit tekort/gebreksrange ;
- Toename schimmelactiviteit (vruchtlichamen en mycorrhiza's)
- Stimulatie nitrificatie (meer NO₃ uitspoeling)
- Achteruitgang van eik gaat langzamer vergeleken met onbehandelde locaties of situatie stabiliseert;
- Geen indicatie dat vraat toeneemt van herten/reeën (studies P. Janssen, S. Harmsen en M. Heurmans) of rupsen (J. Vogels)

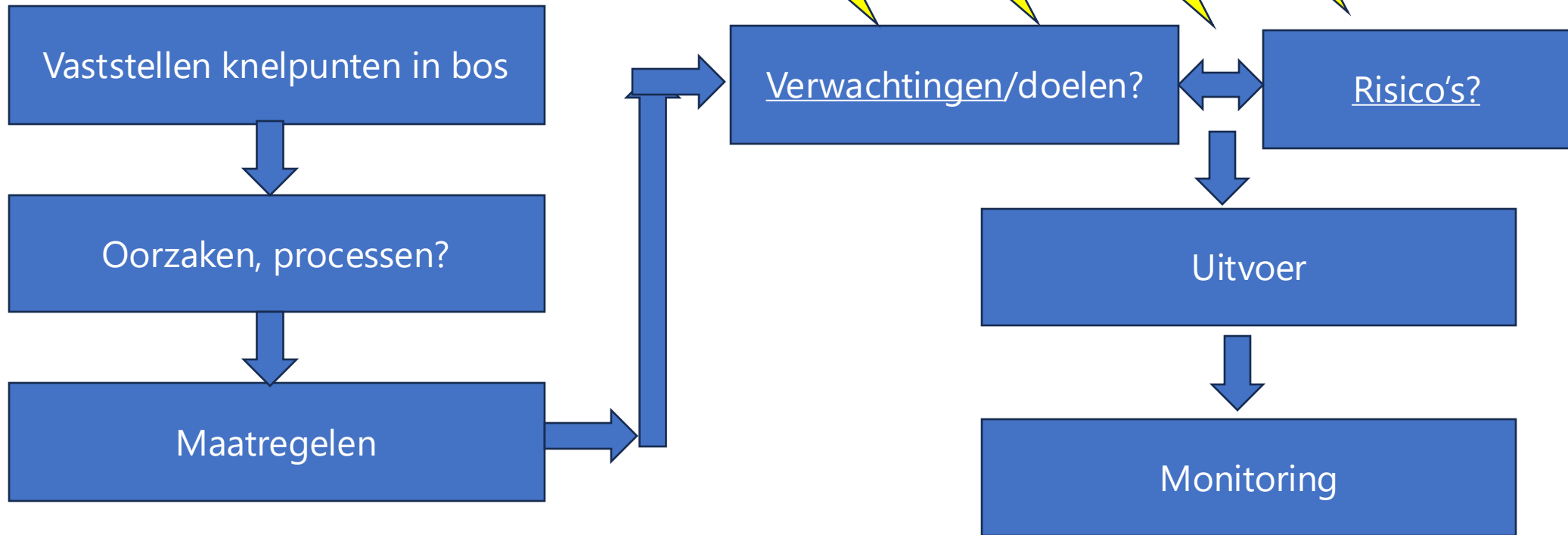
- Niet altijd een duidelijk effect op bodem en/of naald/bladchemie;
- Kan negatieve effecten hebben op miljoenpoten -> Onderzoek Joost Vogels



Conclusies

- Drukfactoren zijn groot: Klimaat, Vermesting en Verzuring interacteren met elkaar
- We verliezen gradiënten, het zwak gebufferd milieu staat onder druk of is al verdwenen (de holtpodzolgronden);
- Geologie (moedermateriaal) en gebruiksgeschiedenis bepalen voor een deel hoe gevoelig bosbodems zijn voor verzuring en vermesting;
- Bufferherstelmaatregelen zijn effectief: zowel “traditioneel” kalk, schelpenkalk, waterkorrels als silicaatsteenmeel verbeteren de bosbodem en blad/naaldchemie;
- Welk product het beste past hangt af van uitgangssituatie en doelen;
- Projecten als Superb helpen om doelen te bepalen voor onze relatief jonge bossen;

Bufferherstelmaatregelen in droge bossen



Conclusies

- Alle producten lossen maar een deel van het probleem op, verwacht geen wonderen (maar ze helpen wel!);
- Overdosereren kan absoluut, dus denk na voordat je begint (meten=weten);
- Denk na over gradiënten herstel, dat kan zowel kleinschalig binnen een bosgebied als grootschalig op provincieniveau
- Zure, voedselarme bossen zijn ook waardevol en moeten onderdeel zijn van de gradiënt (niet alles moet dus overal);
- Dood hout is leuk voor de biodiversiteit, maar een heel dood bos niet;
- Actie is nodig want de N-depositie gaat door, N blijft ophopen in bosbodems (De Vries en De Jong et al., 2024) en we blijven gradiënten en soorten verliezen;

conclusies

- Soorten komen vaak niet vanzelf terug (dispersielimitatie);
- Het verlagen van de N-depositie is nodig en snel ook, maar ook dan zal actief herstel nodig zijn;
- En denk hier ook over na.....





Bedankt voor uw aandacht



Toernooiveld 1
Mercator III gebouw
6525 ED Nijmegen

IBAN NL23 RABO 0167 8984 93
BTW: NL 811402496B01
KvK: 09131250

024 212 2200
info@b-ware.eu
www.b-ware.eu

**Biogeochemical Water management
& Applied Research on Ecosystems**

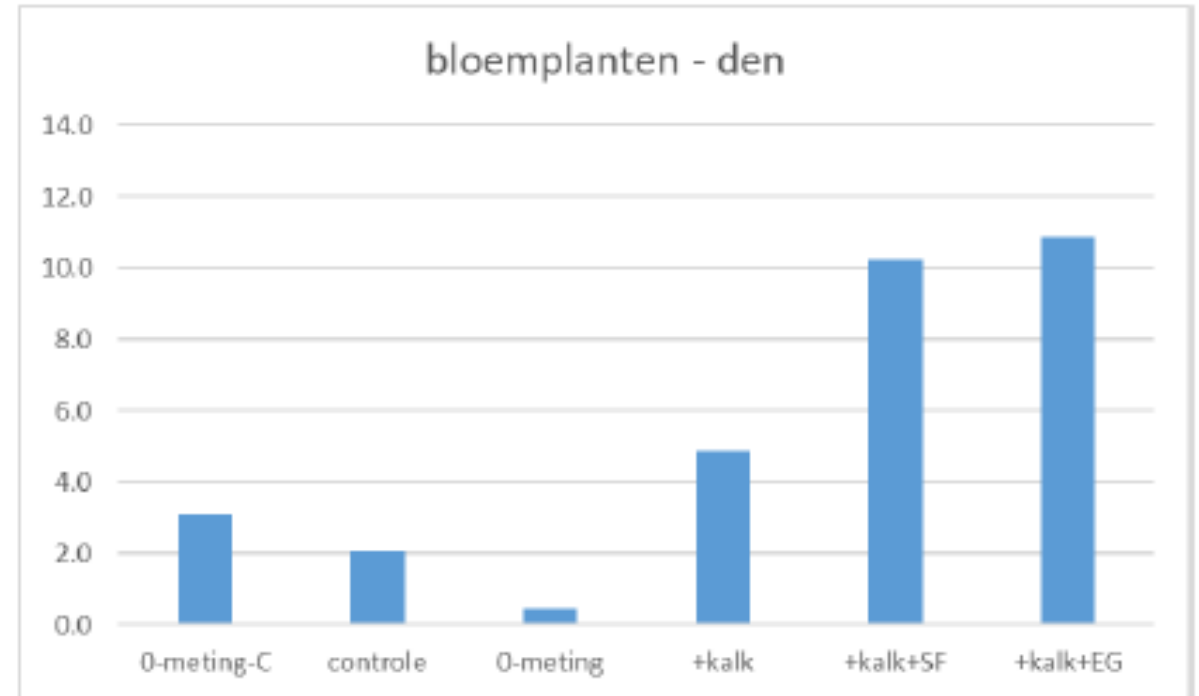
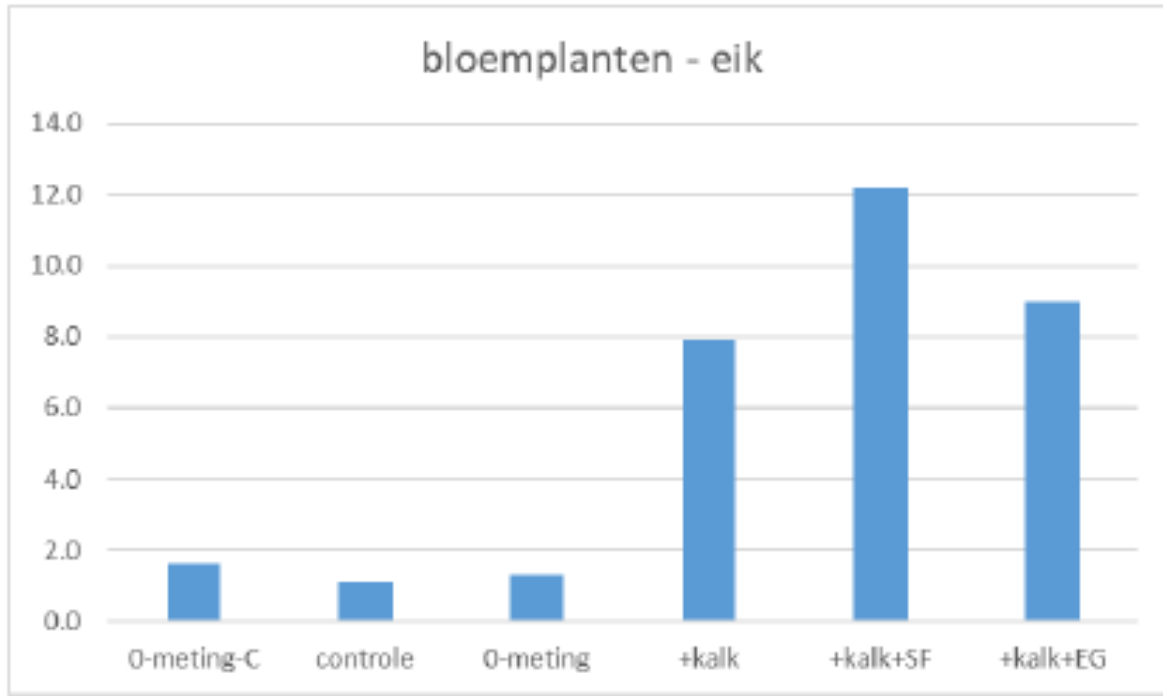
Doelen

Tabel 2.1 Overzicht van bodemchemische randvoorwaarden voor het voorkomen van goed tot matig gebufferde bostypen (groen), zwak gebufferde bostypen (blauw) en zure bostypen (oranje). Op basis van Brouwer et al., 2024, Cronan & Grigal 1995, Blume et al., 2016, Rahman et al., 2018, de Vries et al., 2019, Wellbrock & Bolte 2019. pH en concentraties beschikbaar Ca, K, Mg en Al/Ca-ratio gemeten in het NaCl-extract, basenverzadiging in het strontiumextract in % van de totale kation-uitwisselingscapaciteit, in de toplaag van de minerale bodem.

Indicator	Eenheid	Matig tot goed gebufferd bostype (zoals Bochtige smele-Beukenbos en Eiken-Haagbeukenbos)	Zwak gebufferd bostype (zoals Beuken-Zomereikenbos)	Zure bostypen (zoals Berken-Eikenbos)	Knelpunt
pH-NaCl		>5	4,5-5	4-4,5	<4
Ca-NaCl	µmol/l bodem	>2500	1500-2500	500-1500	<500
Al/Ca-ratio	mol/mol	<0,5	0,5-1	1-1,5	>1,5
Basenverzadiging*	%	>30	20-30	7-20	<7
K-NaCl	µmol/l bodem	>1000	600-1000	200-600	<200
Mg-NaCl	µmol/l bodem	>1200	800-1200	200-800	<200

Maar de heidebebossingen, welk doel hebben we daar?

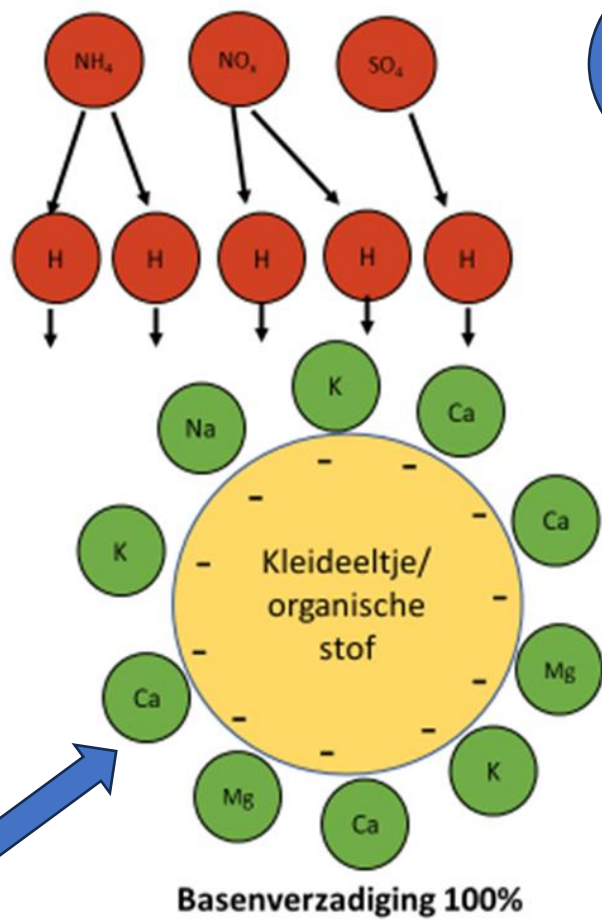
Ondergroei reageert



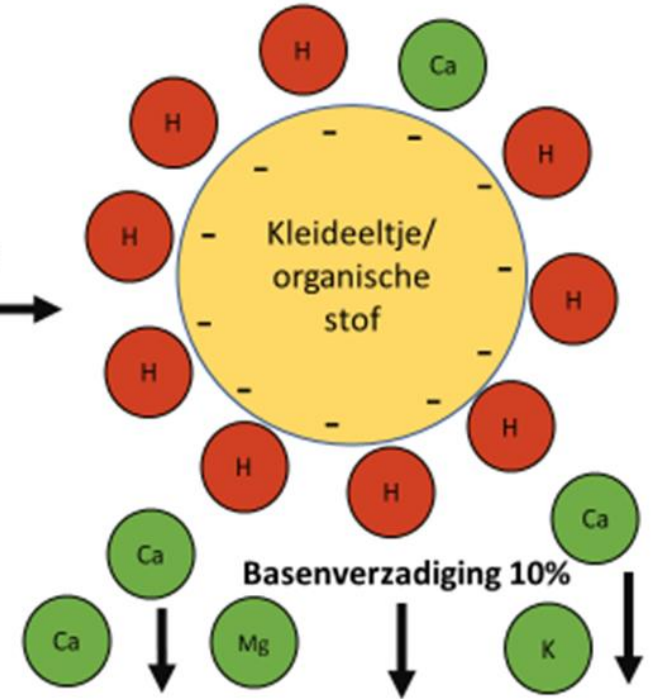
Figuur 10.3. *Effect van bekalking en steenmeeltoediening op bloemplanten die van belang zijn voor bloembezoekers. De gemiddelde gesommeerde bedekking neemt duidelijk toe als gevolg van het aanbrengen van bufferstoffen ten opzichte van zowel de nulmeting en als de controle. In de dennenopstanden lijkt het additionele effect van het steenmeel groter dan in het eikenbos.*

Basenverzadiging

Hoge CEC -> grotere
voorraad dus minder snel
"op", maar ook moeilijker
te herstellen!



VERZURING



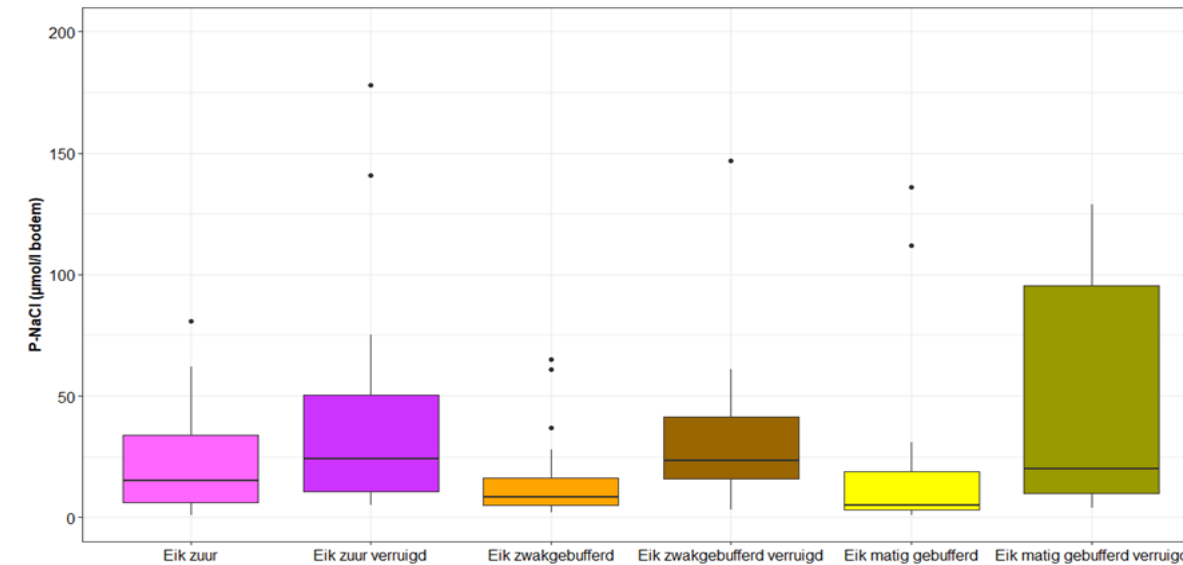
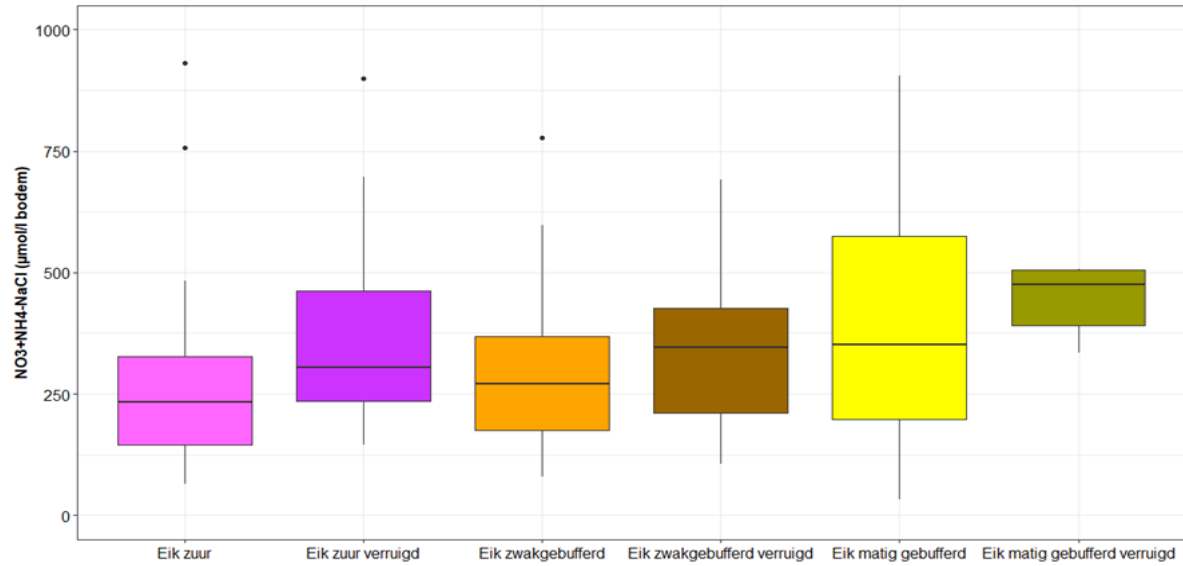
Aanvoer met gebufferd GW of vanuit
diepere leemlagen of met
bufferherstelmaatregel

Wat mag je verwachten met bufferherstel

- Bodem
 - Toename beschikbaarheid Ca en Mg (K beetje met steenmeel)
 - Afname Al/Ca-ratio
 - klein effect pH
 - Interactie met P-beschikbaarheid bij gebruik kalk
 - GEEN duidelijke toename K en/of P als gevolg afbraak strooisel
- Boom
 - Gedeeltelijk opheffen Ca en Mg-gebrek, verminderen K gebrek (steenmeel)
 - Geen duidelijke oplossing P gebrek
 - Geen duidelijke afname N overschot
 - Vitaliteit blijft stabiel of verbetert een beetje, achteruitgang gaat zeker minder snel vergeleken met onbehandelde locaties

Wat mag je verwachten met bufferherstel

- Schimmels en bacteriën
 - Tekenen versnelde afbraak (paddenstoelen) maar lijkt tijdelijk
 - Paddenstoelen van zwak gebufferd milieu kunnen terugkomen mits ze tegen hoog N kunnen
 - Geen grote verschuivingen in schimmel/bacterie verhoudingen
 - Voorzichtige tekenen herstel mycorrhiza-schimmels
- Ondergroei
 - Met steenmeel nauwelijks effect, met kalkproducten (Ginkel) wel duidelijk meer bloeiende kruiden
 - Overdosereren met verruiging tot gevolg kan zeker (enkel bekend met kalk of steenmeel met carbonaatfractie er in)
 - Geen verhoogde vraat van herten, rupsen, zwijnen etc....



- Bossen ingedeeld op basis van vegetatieopnames ondergroei
- Eik als hoofdboomsoort
- Verruigde locaties rijker aan stikstof ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) en fosfaat (vrij beschikbaar P)