

# Kennisblad Veldwerkplaats



## Steenmeel in droge bossen

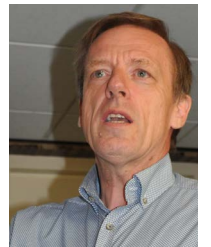
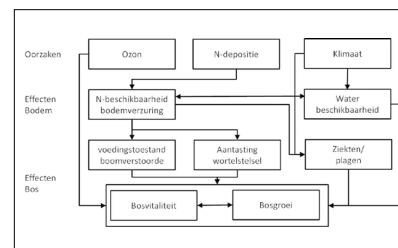
Op grote schaal treedt op de hogere zandgronden verminderde vitaliteit van bomen en zelfs sterfte van eiken op. Dit komt vooral door droogte en verzuring. Het gebruik van steenmeel in droge bossen zou een oplossing kunnen zijn voor de nadelige effecten van verzuring. In een driejarig OBN-onderzoek is een literatuurstudie gedaan en zijn experimenten uitgevoerd in Het Nationale Park De Hoge Veluwe en in het Mastbos (Breda).

In deze veldwerkplaats zijn de resultaten gepresenteerd van dit onderzoek naar het effect van steenmeel op de vitaliteit, groei en vegetatie van eiken, op de bodem- en de bladchemie en op het bodemleven in eikenbossen. Het toepassen van steenmeel lijkt veelbelovend na drie jaar experimenteren, maar meer onderzoek is gewenst. Aan een Plan van Aanpak voor de toediening van steenmeel in de praktijk wordt gewerkt.

In het Nationale Park De Hoge Veluwe zijn de experimenten en andere eikenpercelen in de praktijk bekeken en bediscussieerd.

### Steenmeel: panacee voor tegengaan van verzuring en achteruitgang bosvitaliteit?

Wim de Vries (Wageningen Universiteit)



Literatuuronderzoek oorzaken eikensterfte Wim de Vries

Lange tijd waren de droge zandgronden begroeid met eiken-hakhout. Vanaf de 20e eeuw werd dat opgaand eikenbos en naaldbos. In Midden- en NW-Europa zijn regelmatig periodes met eikensterfte voorgekomen. Zo ook in de periode 1980-1990 en sinds 2012. Verminderde vitaliteit bij eiken is te zien aan een verminderde bladbezetting, vraat van het blad, meeldauw, waterlot, taksterfte, aantasting van de stam (schors) in de vorm van gaten en vochtuittrekking (zwarte vlekken) en loslaten van de schors. In eikenbossen met verminderde vitaliteit is vaak ook sprake van een mineralen-onbalans, die doorwerkt in de voedselketen. In het kader van OBN is daarom in 2015 een literatuuronderzoek gedaan en zijn experimenten gestart.

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat:

- er meerdere oorzaken zijn van de eikensterfte (zie schema hierboven);
- alle oorzaken effecten hebben op de bodem en het bos;
- vooral het klimaat (met meer droogte en toename van de eikenprachtkever) en drainage (droogte), in combinatie met de aantasting door insecten, zorgen voor sterfte onder eiken;



- bodems met lage concentraties aan uitwisselbare basische kationen (kalium (K), calcium (Ca) en/of magnesium (Mg)) kwetsbaarder zijn;
- eikenbomen met verlaagde vitaliteit minder basische kationen (K, Ca, Mg) en minder P en Mn in hun bladeren hebben en soms hoge N-concentraties hebben;
- hoge stikstofdepositie in eikenbossen kan leiden tot een minder diepgaand wortelstelsel (en dus een grotere gevoeligheid voor droogtestress) en een toename van ziekteverwekkende micro-organismen;
- er een sterk positief verband is tussen de N/P verhouding in de bladeren en het optreden van insectenvraat (hoe meer stikstof, hoe meer vraat);
- een teveel aan stikstof niet wordt ingebouwd (dus zorgt voor een onbalans in de aminozuurvoorziening en een moeizame eiwitproductie), wat leidt tot een lager aantal vlindersrupen.

Uit een bemonstering van 16 eikenopstanden op de hogere zandgronden in Nederland in 1990 en 2015 is gebleken dat:

- de voorraad van de uitwisselbare basen Ca, Mg en K in 25 jaar tijd flink afgenomen is;
- hierdoor de afname van de basenverzadiging (dwz. de binding van de basische kationen Ca, K, Mg aan het humus-klei complex) is doorgegaan, waardoor er gemiddeld een lichte daling van de pH is opgetreden.

Overigens is er niet alleen sprake van een verslechtering. Uit jaarlijkse monitoring van 12 bosopstanden tussen 1990 en 2001 is gebleken dat:

- de gemiddelde concentraties van sulfaat ( $SO_4$ ) vanaf 1990 in de bovengrond sterk zijn afgenomen door de daling van de verzurende zwavel ( $SO_x$ ) depositie in die periode. Hierdoor is sinds 2000 stikstof de dominante bron van verzuring;
- de concentratie van toxisch aluminium (Al) ook is gedaald, evenals in mindere mate de Al/Ca ratio, een belangrijke verzuringsindicator.

Op grond van bovenstaande bevindingen (uit het literatuuronderzoek en de herbemonstering in 2015) is een experiment opgezet op 2 locaties (Mastbos bij Breda en Het Nationale Park De Hoge Veluwe) waarbij steenmeel is toegediend, om te kijken of een wat sneller verweerbare bron van mineralen de bodem met uitwisselbare basen kan opladen, om met herstel van de buffering het boscysteem te herstellen. In 2016, 2017 en 2018 is daarom het effect van twee soorten steenmeel (Soilfeed (=Lurgi) en Eifelgold) op de gezondheid van de bossen gemeten. In de presentaties van Anjo, Maaïke en Jaap worden daarvan de resultaten weergegeven.

### Effecten van steenmeel op de vitaliteit, groei en vegetatie van eiken

Anjo de Jong (Wageningen Environmental Research)



Anjo de Jong



Het uitstrooien van steenmeel in Mastbos

Uit het onderzoek naar de effecten van de behandelingen op de groei, vitaliteit en de vegetatie van 2 eikenbossen is gebleken dat:

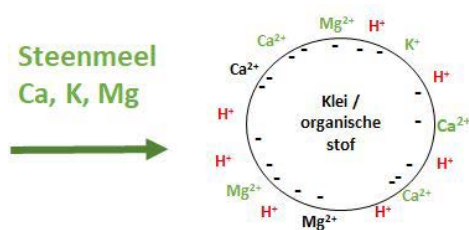
- de verschillen in diametergroei na 3 jaar tussen de behandelde en de controle percelen niet significant zijn;
- er een groot verschil in diktegroei was. Sommige bomen groeiden nauwelijks, anderen groeiden 1 cm per jaar. Er was geen relatie tussen diktegroei en de hoeveelheid vrije-kroonruimte per boom of de bladbezetting;

- er (nog) geen significante effecten waren tussen de behandelde en de controle percelen op het gebied van bladbezetting;
- er geen verband was tussen de bladbezetting en de diametergroei;
- er geen nieuwe aantastingen of schimmels gevonden werden;
- er weinig verandering in bodemprofiel te zien was bij de behandelde en controle plots;
- op de Hoge Veluwe iets meer toename was van Rankende helmblom en Drienerfmuur door steenmeelbehandeling.

Kortom, er was na 3 jaar door de steenmeelbehandeling geen effect op de humus te zien, een gering effect op de vegetatie en geen significant effect op de vitaliteit (gemeten in bladbezetting en diktegroei) van de bomen. Wel waren er grote verschillen te zien tussen individuele bomen, maar sterfte of verminderde vitaliteit trad niet op. De tijd was te kort om de effecten van steenmeel te zien op bomen.

### Effecten van steenmeel op de bodemchemie en de bladchemie in 2018 (drie jaar na toediening)

Maaïke Weijters (Onderzoekcentrum B-WARE)



Maaïke Weijters

Opladen van klei/organische stofcomplex

Steenmeel is gemalen gesteente. Het bestaat uit silicaatmineralen met veel basische kationen: vooral  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  en  $K^+$ . Deze zijn door verzuring uit de bodem verdwenen. Voordelen van het toedienen en laten verwerken van steenmeel zijn:

- dat de negatieve effecten van bodemverzuring (te weinig basische kationen, te veel aluminium, geremde nitrificatie en nutriëntenonbalans) hopelijk teruggedraaid worden;
- dat er geen sterke en plotselinge pH-stijging optreedt (met risico op verruiging), maar wel een verlaging van de aluminium-concentratie;
- dat de verhouding van beschikbare kationen niet verder verstoord wordt (wat wel gebeurt bij alleen Ca toevoegen zoals met bekalken) en de verhouding hersteld wordt naar meer natuurlijke waarden;
- dat er geen andere negatieve effecten zijn zoals het toevoegen van hoge doseringen schadelijke stoffen (zware metalen).

Er zijn verschillende soorten steenmeel. Voor de Nederlandse situatie zijn Eifelgold en Soilfeed het beste onderzocht. Deze bevatten vooral Ca, K, P en Mg, waarbij de verhoudingen en hoeveelheden verschillen per product. In de experimenten is gekozen voor een dosering van 10 ton steenmeel/ha. Beide steenmeelsoorten zijn op iedere locatie opgebracht.

Uit metingen is gebleken dat 3 jaar na toevoeging van steenmeel:

- er door Eifelgold en Soilfeed significant meer uitwisselbaar calcium en kalium werd gemeten in de bodem;
- de basenverzadiging in de bodem significant omhoog is gegaan door Eifelgold en Soilfeed;
- er geen effect was op het gehalte aan N en P in de bodem (dus geen signaal voor versnelde mineralisatie of juist verminderde beschikbaarheid van P);
- het calciumgehalte in het blad met name in de met Soilfeed behandelde proefvlakken werd verhoogd, maar dat de waarden nog onder het gewenste niveau bleven;
- het kaliumgehalte van de bladeren op beide locaties en met beide steenmeelsoorten na 3 jaar significant was verhoogd tot een gezond niveau;
- er geen tekorten in het blad waren voor magnesium (Soilfeed zorgde voor wat verlaging, maar niet dramatisch, en Eifelgold voor een verhoging);

- er een ernstig tekort aan fosfor in het blad op NP De Hoge Veluwe bleek te zijn, dat door Eifelgold een beetje werd aangevuld. In het Mastbos werd geen P-tekort in het blad gemeten en verlaagde Soilfeed het P-gehalte in het blad ;
- beide steenmeelsoorten een positief verlagend effect hadden op het hoge stikstofgehalte van het blad in beide locaties.

Steenmeel werkt dus, en sneller dan verwacht. Maar de steenmeelsoorten werken niet hetzelfde en met dezelfde reactiesnelheid. En ook tussen de terreinen werden verschillen in effecten gemeten. Het is daarom belangrijk om door te gaan met de metingen om iets te kunnen zeggen over de middellange en de lange termijn en om de verschillen in werking tussen de twee terreinen te kunnen verklaren.

### Effecten van steenmeel op de bodemecologie

Jaap Bloem (Wageningen Environmental Research)



*Ectomycorrhiza schimmels op boomwortels*

*Jaap Bloem*

Als aanvulling op bovengenoemd OBN-onderzoek is met financiering van de provincies Noord-Brabant en Gelderland de bodemecologie onderzocht in het Mastbos en in NP De Hoge Veluwe. Het bodemsysteem is namelijk cruciaal voor de gezondheid van het bos. Bodemfauna versnipperd strooisel; dat wordt gemineraliseerd door schimmels (langzaam) en bacteriën (sneller); ectomycorrhiza schimmels groeien op de wortels en leveren water en nutriënten aan de plant, in ruil voor suikers (uit de sapstroom). In arme zure bosbodems leven nauwelijks regenwormen (macrofauna) en minder bacteriën, maar meer schimmels en schimmeleeters (mesofauna; mijten en springstaarten). Verzuuring remt bacteriën sterker dan schimmels. Onderzocht is, of steenmeel de verhouding tussen bacteriën en schimmels kan beïnvloeden naar een meer bacterie-gedomineerd systeem, waar de omzettingen van nutriënten sneller gaan, het bos beter kan groeien en stikstof beter wordt vastgelegd in organische vorm.

Op beide locaties is het bodemecosysteem onderzocht in het derde jaar na toediening van beide steenmeelsoorten. Hieruit bleek dat:

- er (nog) geen significante effecten waren op de hoeveelheden springstaarten, pissebedden, schimmels en bacteriën, de schimmel/bacterie verhouding, de hoeveelheid ectomycorrhiza schimmels in ingroezakjes, de ectomycorrhiza bezetting van de wortels (deze bleek extreem laag) en de netto stikstofmineralisatie;
- er van nature grote verschillen waren tussen Mastbos en Het NP De Hoge Veluwe (die laatste is armer en heeft veel meer schimmels). De effecten van steenmeel waren echter vergelijkbaar op beide locaties;
- Eifelgold op beide locaties in de strooisellaag heeft geleid tot 50% toename van de hoeveelheid fijne wortels (gunstig voor opname van nutriënten en water), minder ectomycorrhiza schimmels per gram wortel (niet gunstig), een lagere schimmel/bacterie verhouding in de ingroezakjes (wijst op voedselrijkere omstandigheden) en 30% toename in de potentieel mineraliseerbare stikstof (meer N vastgelegd in organische vorm);
- zowel met Eifelgold als Soilfeed er op beide locaties een toename was van het aantal rode regenwormen (die aan de oppervlakte leven en strooisel verteren), een afname van miljoenpoten (alleen Mastbos) en meer omzetting van ammonium in nitraat (nitrificatie) in de strooisellaag. In de minerale bodem was dit verschil alleen significant met Soilfeed.

Hoewel de omstandigheden voor ectomycorrhiza nog verre van gunstig lijken en mogelijke risico's van steenmeel toediening niet uit het oog moeten worden verloren (monitoring is noodzakelijk), lijken ondanks de korte looptijd van de proeven de effecten veelbelovend en overwegend gunstig voor zowel de activiteit van het bodemleven als voor de voeding van de bomen.

### Toediening van steenmeel: een concept plan van aanpak voor beheerders

Wim de Vries (Wageningen Universiteit)

Op grond van bovenstaande resultaten kan geconcludeerd worden, dat steenmeel positief werkt en zelfs nog sneller dan werd verwacht: het levert snel beschikbare mineralen en zorgt niet voor verzuuring. Er zal nog wel naar de resultaten op lange(re) termijn gekeken moeten worden. Ook kunnen bijvoorbeeld nog niet alle verschillen tussen de 2 locaties verklaard worden. Langer onderzoek en op meerdere locaties is daarom wenselijk.

Grootschalige(re) toepassing lijkt echter al verantwoord. Daarom wordt er een Plan van Aanpak Steenmeeltoediening geschreven. Dit behandelt de volgende 4 onderdelen:

1. Aanleiding. Het toedienen van steenmeel is een optie bij een vastgesteld gebrek aan belangrijke voedingsstoffen, met name calcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K) en/of fosfor (P). Vergelijk hiervoor de actuele waarde aan nutriënten in het blad met de kritische concentraties uit de literatuur: de normale range van Mellert and Göttlein (2012). Bij alleen een P-tekort alleen P toedienen. Bij een tekort aan Ca, Mg, K en/of P: steenmeel of een combinatie van dolokal en patentkali. Deze combinatie is echter (nog) niet onderzocht. Ervaren adviesbureaus kunnen dit meten en over het vervolg adviseren.
2. Soort steenmeel. Het beste steenmeel is die soort die de elementen bevat waar het bos behoefte aan heeft. Eifelgold en Soilfeed hebben bewezen goede eigenschappen.
3. Hoeveel steenmeel. Dit kun je berekenen aan de hand van de huidige en de gewenste hoeveelheid uitwisselbare basen en enkele andere factoren. Hierbij werd echter (nog) alleen gekeken naar herstel van de buffering van de minerale bodemlaag. Voor de organische boslaag (F-OH horizont) kan een dergelijke dosering te hoog zijn. Welke dosering nodig is voor herstel van de biodiversiteit en herstel van processen die horen bij een vitaal bos is meer kennis over de effecten van steenmeel nodig.

$$SB = \frac{(BV_{\text{gewenst}} - BV_{\text{start}}) \times CEC \times BD_{\text{bodem}} \times D_{\text{bodem}}}{100}$$

- SB = steenmeelbehoefte (keq basen/ha)
- CEC = kationuitwisselcapaciteit (meq/kg)
- BV = basenverzadiging: fractie basen aan adsorptiecomplex
- BBD = bulkdichtheid bodem(kg/m<sup>3</sup>)
- D = dikte van de bodemlaag (m)

*BV<sub>gewenst</sub> is bijvoorbeeld: 25% in de minerale laag (dan is de hoeveelheid opgelost Al in bodemvocht verwaarloosbaar)*

4. De kosten. De aanschaf van steenmeel is ca. € 175 per ton Soilfeed en ca. € 350 per ton Eifelgold. Uitgaande van een gift van 14 ton/ha Soilfeed of 8 ton/ha Eifelgold is dat € 2450 of €2800 per hectare. Het uitstrooien kost ca € 450 en € 300 per hectare voor respectievelijk Soilfeed en Eifelgold. Voor transport, planning en organisatie komt er nog ca. 20% bij. De totale kosten voor beide steenmeelsoorten is ca. € 3500 per ha. Bij een herhaling van eens per 15 jaar is dit € 230 /ha/jaar. Dit is voor bosbeheer relatief veel, maar is vergelijkbaar met heidebeheer en veel goedkoper dan beheer van schraalland, moeras en rietland. Daarbij heeft toepassing van steenmeel een duidelijke meerwaarde: het zorgt voor een verbetering van de bodemkwaliteit, minder sterfte en extra groei van het bos.

## Introductie excursie Het Nationale Park De Hoge Veluwe

Leontien Krul (Stichting Het Nationale Park De Hoge Veluwe)



Hoogtekaart en excursieroute Kemperberg

Leontien Krul

Het Nationale Park De Hoge Veluwe is ontstaan door grondaankoop vanaf 1909 door Anton en Helene Kröller-Müller. Sinds 1935 is het gebied in bezit van de Stichting Het Nationale Park De Hoge Veluwe. Het gebied is 5400 ha groot en is onderdeel van het Natura2000-gebied Veluwe. Het Nationale Park De Hoge Veluwe bestaat uit 2800 ha bos, 1215 ha droge heide, 45 ha natte heide, 800 ha zandverstuiving en 270 ha droog schraalgrasland. Ongeveer 35% van het gebied is aangewezen Natura2000-habitatype, waaronder 240 ha Oude eikenbossen (H9190). Een deel daarvan ligt in het zuidelijke deel van het Park, de Kemperberg, waar het steenmeelexperiment is uitgevoerd. Dit gebied is in en na de twee laatste ijstijden gevormd. Relicten van stuwwallen, droge dalen, smeltwaterafzettingen en dekzandruggen zijn nog te zien. Bij de Kemperberg liggen diverse percelen met eikenbos. De toestand daarvan is heel verschillend, van stervend tot vitaal. Ze zijn circa 100 jaar geleden aangeplant, vermoedelijk als eikenhakhoutbos.

## Veldbezoek aan Het Nationale Park De Hoge Veluwe

Na de lunch reden we naar de ingang Schaarsbergen en maakten een wandeling met de klok mee vanaf de rode P op het excursiekaartje (zie hierboven).



Veel stervende eiken in dit perceel "Oude eikenbossen"

Eerst bekeken we het zuidelijkste perceel eikenbos. Zo'n 15 jaar geleden was dit nog een gezond eikenbos, nu zijn veel eiken stervend en staat er nog maar de helft van het aantal bomen. Wilde zwijnen woelen de stobben los. Ook is er een aantal jaren veel insectenvraat geweest. Het is 100 jaar geleden aangeplant en nu Natura2000 habitatype "Oude eikenbossen" (H9190), dus moet beschermd worden. Er is geen verjonging van eik te zien, wel van berk, lariks en grove den. Ook

zijn er vraatsporen en er is nauwelijks ondergroei. Volgens de Provincie en experts is het nog steeds habitatype "Oude eikenbossen", dus lariks wordt er uit gehaald. Nu is het nauwelijks bos meer. Gesuggereerd wordt om exclusies te maken, om te kijken of eik uitzaait en zich handhaaft. En om de bodem te meten. Als die nog gezond is, kunnen de gezonde eiken nog wel 200 jaar mee.

Halverwege ligt het perceel waar de experimenten met steenmeel zijn gedaan (zie de foto's op bladzijde 1). We gaan er niet in, om de proefvlakken van 30x30 meter niet te verstoren, maar bekijken wel de bodem. Daar zit opvallend weinig mycorrhiza op de wortels: geschat wordt 1%, terwijl het 60% zou moeten zijn. Gesuggereerd wordt om meerdere loofboomsoorten in het bos aan te planten: liefst soorten die rijk strooisel produceren, want dat zorgt voor het verhogen van de kationbeschikbaarheid in de bodem, in tegenstelling tot verzurend strooisel zoals van eikenblad. Dit kan eventueel gecombineerd worden met bufferherstel door toediening van steenmeel, schelpengruis of kalk.



Gezonde eiken in een iets noordelijker gelegen perceel

Tot slot bekijken we aan de noordkant een perceel eiken met ondergroei van gras, dat grenst aan een akker en gezond oogt. Komt dat door bemesting van de akker? Of is de bodem of de historie anders? Onderzoek zou dat misschien kunnen uitwijzen.

## Meer informatie

**Veldwerkplaats:** 26 juni 2019 in Restaurant Trix (Arnhem) en Het Nationale Park De Hoge Veluwe

**Sprekers:** Wim de Vries (Wageningen Universiteit), Anjo de Jong (Wageningen Environmental Research), Maaïke Weijters (Onderzoekcentrum B-WARE), Jaap Bloem (Wageningen Environmental Research) en Leontien Krul (Stichting Het Nationale Park De Hoge Veluwe)

### Relevante literatuur/info:

- De Vries, W., M. Weijters, A. de Jong, B. van Delft, J. Bloem, A. van den Burg, G-J van Duinen en R. Bobbink, 2019. Verzuring van loofbossen op droge zandgronden en herstel mogelijkheden door steenmeeltoediening. Concept OBN-rapport 2019/229-DZ. VBNE, Driebergen.
- De Vries, Wim, Maaïke Weijters, Anjo de Jong, Jaap Bloem en Roland Bobbink. Plan van aanpak Steenmeel toediening. Concept OBN-Advies. VBNE, Driebergen.
- [www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)
- [www.veldwerkplaatsen.nl](http://www.veldwerkplaatsen.nl)

**Tekst en beeld:** Cora de Leeuw

## Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)

Princenhof Park 9  
3972 NG Driebergen  
info@vbne.nl  
www.vbne.nl



De veldwerkplaatsen worden in opdracht van de VBNE georganiseerd door Bureau Roetemeijer.

### Veldwerkplaatsen

[www.veldwerkplaatsen.nl](http://www.veldwerkplaatsen.nl)  
Contact: Wanne Roetemeijer, 0651 69 40 35

