

Effecten van natuurbegraven op de bodemfauna

Dr. G.A. (Gert-Jan) van Duinen, Stichting Bargerveen, Tel. 06-47282060, G.vanDuinen@science.ru.nl

Samenvatting: Het delven van graven heeft een direct effect op de bodemfauna door het beroeren en samendrukken van de bodem en het verwijderen van de vegetatie. Het directe negatieve effect op de bodemfauna wordt bij de relatief lage dichtheden van graven beoordeeld als gering. Wanneer bij het delven van het graf de bovenste bodemlaag als een plag opzij wordt gezet en na het begraven worden teruggeplaatst, zal het effect nog geringer zijn en de soortensamenstelling van de bodemfauna niet veranderen.

Vanuit het perspectief van biodiversiteit kan het wenselijk zijn binnen een basenarm heide- of bosgebied basen- en voedselrijkere plekken te creëren, omdat deze zorgen voor een hogere soortendiversiteit en biomassa van de fauna. Wanneer de bodemchemie van de natuurbegraafplaats past bij het gewenste natuurype zal men kiezen voor het terugbrengen van bodemmateriaal in de oorspronkelijke volgorde en het terugplaatsen van de intacte toplaag. Ook in het geval van natuurbegraafplaatsen op voormalige landbouwgronden is het verhogen van de basenrijkdom gewoonlijk niet aan de orde.

Op basis van expert beoordeling wordt gesteld dat in zandbodems met weinig organisch materiaal en/of een laag leemgehalte het effect van betreding op de ondergronds levende fauna naar verwachting klein zal zijn. Het negatieve effect zal groter zijn in humuspakketten, zoals deze in zure bossen aanwezig zijn en in leemrijkere bodems.

De voedingsstoffen die vrijkomen vanuit de begraven lichamen zullen naar verwachting wel invloed hebben op de bodemfauna en vegetatie. Deze stoffen kunnen via opname door dieper wortelende bomen en planten en evt. mycorrhiza en vervolgens bladval, maar ook door de graafactiviteiten van diepgravende regenwormen beschikbaar komen in de bovenste bodemlaag. Dit effect kan langdurig aanwezig blijven, maar is wel beperkt tot de bodem boven het graf en rondom de planten en bomen die met hun wortels het graf kunnen bereiken.

Vraagstelling: Wat is het effect van een graf op het bodemleven? Denk hierbij aan effecten op de bodem(micro)fauna en de interactie met (mycorrhiza)-schimmels en de vegetatie.

Aanpak: literatuuronderzoek, aangevuld met expert beoordeling

Introductie op het onderwerp: *Bodemfauna en relaties met de (a)biotische omgeving*

In de bodem en de humus- en strooisellaag leven soorten van verschillende diergroepen, zoals regenwormen, duizendpoten, miljoenpoten, pissebedden, bodemmijten, aaltjes en insecten, waaronder springstaarten en kevers. Deze dieren spelen een belangrijke rol in de omzetting van blad (strooisel), wortels en eventueel hout dat zich op of in de bodem bevindt. Er zijn soorten die dit plantaardige materiaal verknippen en nadat het hun darm is gepasseerd, is het materiaal toegankelijk en verteerbaar voor andere diergroepen, (mycorrhiza)schimmels of bacteriën. Daarmee heeft de bodemfauna een sleutelrol in de cyclus van voedingsstoffen.



Behalve het stimuleren van de mineralisatie van organisch materiaal in de bodem en daarmee het beschikbaar maken van voedingsstoffen voor planten, zorgt de opname van organisch materiaal en de daarin aanwezige voedingsstoffen (N en P) door de bodemfauna ook voor een beperking van de beschikbaarheid van voedingsstoffen voor planten (Brown et al. 2004, Barot et al. 2007, Wurst et al. 2003). Daarnaast zijn de graaactiviteiten en o.a. de afscheiding van slijm door regenwormen mede bepalend voor de structuur van de bodem, de zuurstofbeschikbaarheid en van invloed op de wortelgroei van planten (Cameron et al. 2014, Zaller et al. 2013). Verder kunnen sommige soorten van de bodemfauna ook schade toebrengen aan plantensoorten door vraat aan de wortels of door het parasiteren op wortels. De samenstelling van de bodemfauna heeft dus een grote invloed op de bovengrondse vegetatie.

Anderzijds is de plantengroei (kruiden, boomsoorten, mossen), de samenstelling (zand, leem, organisch stof, voedingsstoffen, zuurgraad), de vochtigheid en beroering van de bodem (dynamiek) bepalend voor de samenstelling van de bodemfauna. Er is dus sprake van een wederzijdse beïnvloeding.

Overigens kunnen in de bodem mollen en zwijnen voorkomen, die zich voeden met ondergronds levende dieren. Andere gewervelde dieren, zoals das, konijn en muizensoorten graven hun holen in de bodem, maar foerageren daar niet. In deze memo wordt niet specifiek ingegaan op effecten van gravende zoogdieren, maar komt wel de graaactiviteit van dieren aan bod in verband met het naar boven werken van bodemmateriaal van diepere bodemlagen. Diepgravende regenwormen hebben eenzelfde effect (zogenaamde bioturbatie; Zorn et al. 2005).

Bij begraven kunnen drie zaken van invloed zijn op de bodemfauna:

- 1) het beroeren en evt. omkeren van de bodem bij het delven van het graf;
- 2) samendrukking van de bodem bij het grafdelven en bezoek;
- 3) het beschikbaar komen van voedingsstoffen uit de begraven lichamen.

Deze drie zaken worden hieronder besproken.

Beantwoorden van de vraag

1. Effecten van bodemberoering

Het delven van graven heeft een direct effect op de bodemfauna door het beroeren van de grond en het verwijderen van de vegetatie. De structuur (compactheid) en het microklimaat van de bodem kunnen daardoor veranderen. Hoe snel de situatie herstelt naar de situatie voorafgaand aan het delven, is afhankelijk van A) de overleving en de herkolonisationsnelheid van de bodemfauna en de planten en B) de bodemkwaliteit na het dichtten van het graf.

A) De overleving van de bodemfauna en de planten zal door de bodemberoering gering zijn. Het kolonisationsvermogen van bodemfauna is vooral onderzocht in situaties van dagbouwminnen. Daar blijkt kolonisatie door mesofauna, zoals springstaarten en bodemmijten, vrij snel te kunnen verlopen, vooral wanneer er vegetatie tot ontwikkeling is gekomen. De aan- of afwezigheid van vegetatie en/of een humuslaag zijn belangrijke factoren in de soortensamenstelling (Frouz et al. 2008, Vogels et al. 2013). Regenwormen hebben in situaties van mijnen meer tijd nodig om te herkoloniseren (Hutson 1980). Bij graven hebben we te maken met een veel kleinere schaal dan mijnen en zal de kolonisatie van de geroerde bodem veel sneller optreden vanuit de naastgelegen ongeroerde bodem. Uiteraard wordt het effect van de dynamiek van bodemberoering op de bodemfauna sterker, naarmate het aantal graven per hectare en de frequentie van begraven hoger is. Aangezien op natuurbegraafplaatsen de dichtheid van graven en de frequentie van begraven veel lager is dan op



reguliere begraafplaatsen, is het directe negatieve effect van de verstoring op de bodemfauna gering.

Bij het delven van het graf kunnen de bovenste bodemlaag, met daarin veel wortels, evt. humus en bodemfauna, en de bovengrondse plantendelen als een plag opzij worden gezet en na het begraven worden teruggeplaatst. Dan zal het effect van de bodemberoering nog geringer zijn en de soortensamenstelling van de bodemfauna niet veranderen.

B) Bij het delven van een graf wordt dieper bodemmateriaal naar de oppervlakte gebracht. Dit materiaal wordt tijdelijk opgeslagen (gewoonlijk naast het graf) en weer in het graf teruggebracht. Afhankelijk van de werkwijze, zal meer of minder van dit diepere bodemmateriaal rondom het graf achterblijven. Het bodemprofiel in het graf kan zoveel mogelijk hersteld worden, of juist gekeerd worden. In het geval van heide en bossen op basenarme zandbodems, zoals op de Veluwe, hebben we te maken hebben met een verzuurde, uitgeloopte bovenste bodemlaag met een lage basenverzadiging. In deze situatie zal het naar de oppervlakte brengen van meer gebufferd, basenrijker bodemmateriaal een duidelijk en langdurig effect op de bodemfauna en vegetatie hebben (zie ook memo B-WARE). In dit geval zal in en op de nieuwe, basenrijkere, minder zure toplaag boven het graf een rijkere wormenfauna en een andere humusvorm (mull of moder in plaats van mor-humus) kunnen ontwikkelen. In situaties met een hogere basenverzadiging zal strooisel beter afbreekbaar zijn en dan treedt binnen vrijwel elke groep van de bodemfauna een verschuiving in soortensamenstelling op (Ponge 2003). Ook soorten die voorheen ontbraken, kunnen op de basenrijkere plekken een geschikte leefomgeving vormen. Binnen het droge heidelandchap blijken extensieve (natuur)akkers, waar de basenrijkdom en voedselbeschikbaarheid hoger is dan in de omliggende heide, te zorgen voor een hogere soortendiversiteit (Vogels et al. 2013). Heterogeniteit in de bodem als gevolg van de mozaïek van geroerde en ongeroerde plekken biedt kortere of langere tijd geschikte leefomgeving voor meer soorten bodemfauna (Rutigliano et al. 2013). Met welke snelheid deze toename van biodiversiteit optreedt, hangt af van de aanwezigheid en dichtheid van soorten van basenrijkere bodems op de locatie van de natuurbegraafplaats en van de afstand tot een populaties van die soorten en de bereikbaarheid van de locatie.

In voedselarme ecosystemen, waartoe bossen en heide op arme, basenarme zandgronden gerekend moeten worden, zijn microben (bodemmicrofauna, maar vooral ook bacteriën en schimmels) het meest belangrijk voor de productiviteit (Van der Heijden et al. 2008). De microbiële diversiteit is hoger bij een lagere beschikbaarheid van voedingsstoffen. Verandering in deze beschikbaarheid heeft direct en indirect effect op de bodemfauna. De veelheid aan interacties binnen het bodemecosysteem maakt dat lastig te zeggen is of het systeem meer of juist minder stabiel is bij een hogere soortendiversiteit van de bodemfauna en toename van de activiteit van regenwormen (Ponge 2003, Wurst 2010).

Bezien vanuit het perspectief van biodiversiteit kan het wenselijk zijn basen- en voedselrijkere plekken te creëren binnen de uitgeloopte, basenarme omgeving. Het zorgt voor een hogere soortendiversiteit en een hogere onder- en bovengrondse biomassa van de fauna. Zo wordt in droge heide- en bosgebieden op zure zandgronden gewerkt aan herstelmaatregelen, die de effecten van (versnelde) uitloging door zure depositie op de bodem, vegetatie en fauna kunnen herstellen. Concreet gaat het daarbij, naast heideakkers, om het toedienen van kalk en steenmeel en het inbrengen van boomsoorten met een rijker, beter afbreekbaar strooisel. Het naar de oppervlakte brengen van de basenrijkere, diepere bodem kan vanuit dit perspectief een duidelijk positief effect hebben. Wanneer de bodemchemie van de natuurbegraafplaats past bij het gewenste natuurtype zal men kiezen voor het terugbrengen van bodemmateriaal in de oorspronkelijke volgorde (dus onderste laag onder) en het afsluiten met het terugplaatsen van de toplaag (plag). Ook in het geval van



natuurbegraafplaatsen op voormalige landbouwgronden is het verhogen van de basenrijkdom gewoonlijk niet aan de orde, omdat deze hoog zal zijn door het landbouwkundig gebruik.

2. *Samendrukking van de bodem*

Bij het delven van een graf, tijdelijke opslag van de uitgegraven grond en door betreding door bezoekers kan verdichting van de bodem optreden. Het beoordelen van dit effect berust wegens gebrek aan onderzoeksresultaten geheel op expert judgement. Samendrukken van de bodem kan verandering van de vochtinhouding en de uitwisseling van zuurstof en andere gassen beïnvloeden. Beperking van de zuurstofbeschikbaarheid is negatief voor de bodemfauna. Door de graafactiviteit van vooral dieper gravende regenwormen (anekische en endogeïsche soorten) kan de bodemstructuur geleidelijk weer herstellen. De Molenaar et al. (2009) gaan uit van een beperkt effect over een oppervlakte van 60 m² per graf, waarbij het effect sterker zal zijn bij een hoger humusgehalte van de bodem. Op zandbodems met weinig organisch materiaal en/of een laag leemgehalte zal het effect van betreding op de ondergronds levende fauna naar verwachting klein zijn, terwijl het negatieve effect groter zal zijn in humuspakketten, zoals deze in zure bossen aanwezig zijn en in leemrijkere bodems.

3. *Beschikbaar komen van voedingsstoffen*

Of de vrijkomende voedingsstoffen vanuit de begraven lichamen effect zullen hebben op fauna, flora en vegetatie, hangt af van de bereikbaarheid van die stoffen voor de planten en dieren en dus van de diepte van begraven ten opzichte van de diepte van de zone waarin zich de wortels, schimmelnetwerken (mycelia) of dieren bevinden. De wettelijk vereiste minimale diepte van begraven zorgt ervoor dat de stoffen vrijkomen op een diepte van meer dan 75 cm (De Molenaar et al. 2009). De meeste kruidachtige planten wortelen niet zo diep, hoewel een aantal kruidachtigen en bijvoorbeeld Struikheide wel op deze diepte voedingsstoffen zouden kunnen opnemen (Gocke et al. 2016; evt. ook via mycorrhiza. Zie ook memo van Biomygreen). Bomen kunnen met hun dieper wortelstelsel (de grondwaterstand is dieper dan 1,35m; dat is tenminste 30 cm onder de kistbodem) op deze diepte zeker wel voedingsstoffen opnemen (Crow 2005). Via opname van de voedingsstoffen, assimilatie in het blad en vervolgens bladval, komen deze voedingsstoffen alsnog in de strooisel- en humuslaag terecht. Zo kan via de planten en bomen en hun strooisel indirect de soortensamenstelling van de bodemfauna en de vegetatie veranderen door vertering van stoffelijke overschotten op een diepte van meer dan 75 cm. Dit effect kan langdurig aanwezig blijven, maar is wel beperkt tot de bodem rondom de planten en bomen die met hun wortels het graf kunnen bereiken.

Onder de regenwormen bevinden zich diepgravende (anekische) soorten die verticale, 1 tot 2, soms 3 m diepe gangen kunnen graven (Sims & Gerard 1999). De activiteiten van deze wormen zijn vooral gericht op het in de bodem trekken en verteren van blad, niet op het foerageren naar op grotere diepte aanwezig organisch materiaal, inclusief begraven lichamen. Wormen kunnen wel hun uitwerpselen naar de oppervlakte brengen. Dit gebeurt vooral in compactere bodems, waarin zij hun gangen niet kunnen maken door het opzij drukken van de bodem, maar bodemmateriaal 'eten' en hun darmkanaal laten passeren (Joschko et al. 1989). Zo kunnen wormen voedingsstoffen en eventuele vervuiling van diepere bodemlagen naar de oppervlakte brengen (zogenaamde bioturbatie; Zorn et al. 2005). Een effect daarvan is dat de samenstelling van de bodemfauna door de toename van nutriëntenbeschikbaarheid aan de oppervlakte zal veranderen (Brown 1995). Ook dit effect kan langdurig aanwezig blijven, maar is eveneens beperkt tot de bodem boven het graf.



Conclusies

1A) Het directe negatieve effect van *bodemberoering* op de bodemfauna wordt bij de relatief lage dichtheden van graven op natuurbegraafplaatsen beoordeeld als gering. Wanneer bij het delven van het graf de bovenste, doorwortelde bodemlaag als een plag opzij wordt gezet en na het begraven wordt teruggeplaatst, zal het effect nog geringer zijn en de soortensamenstelling van de bodemfauna niet veranderen.

1B) Vanuit het perspectief van biodiversiteit kan het binnen basenarme heide- en bosgebieden wenselijk zijn basen- en voedselrijkere plekken te creëren, omdat deze zorgen voor een hogere soortendiversiteit en biomassa van de fauna. Wanneer de bodemchemie van de natuurbegraafplaats past bij het gewenste natuurtype zal men kiezen voor het terugbrengen van bodemmateriaal in de oorspronkelijke volgorde en het terugplaatsen van de intacte toplaag. Ook in het geval van natuurbegraafplaatsen op voormalige landbouwgronden is het verhogen van de basenrijkdom gewoonlijk niet aan de orde.

2) Op zandbodems met weinig organisch materiaal en/of een laag leemgehalte zal het effect van betreding op de ondergronds levende fauna naar verwachting klein zijn. Het negatieve effect zal groter zijn in humuspakketten, zoals deze in zure bossen aanwezig zijn en in leemrijkere bodems.

3) De voedingsstoffen die vrijkomen vanuit de begraven lichamen zullen naar verwachting wel invloed hebben op de bodemfauna en vegetatie. Deze stoffen kunnen via opname door dieper wortelende bomen en planten en evt. mycorrhiza en vervolgens bladval, maar ook door de graafactiviteiten van diepgravende regenwormen beschikbaar komen in de bovenste bodemlaag. Dit effect kan langdurig aanwezig blijven, maar is wel beperkt tot de bodem boven het graf en rondom de planten en bomen die met hun wortels het graf kunnen bereiken.

Kennisleemte: De Haas & De Vries 2013 geven terecht aan dat bij het beoordelen van de positieve en negatieve effecten van natuurbegraafplaatsen meerdere kenmerken betrokken moeten worden, waaronder de dichtheid en spreiding van graven over de ruimte en tijd. Ook de natuurdoelen voor gebieden en de ruimtelijke schaal van de effecten dienen in de beoordeling te worden betrokken. In deze memo worden zowel positieve als negatieve effecten van natuurbegraafplaatsen op de bodemfauna benoemd. De beoordeling van het effect van samendrukken (compactie) van de bodem berust geheel op expert judgement. Literatuur geeft wel aanwijzingen voor de effecten als gevolg van verhoging van de nutriënten- en basenrijkdom op de bodemfauna en interacties met de vegetatie. Vanwege complexiteit in interacties en mogelijke discussie over de schaal en het al dan niet wenselijk zijn van verhoging van de basenrijkdom in een zure, basenarme omgeving wordt de aanbeveling van De Haas & De Vries (2013) onderschreven om de effecten van natuurbegraven op de natuur te bepalen via monitoring en vergelijkend onderzoek. Alleen zo kunnen de concrete effecten goed worden vastgesteld en beoordeeld.



Literatuurlijst

- Barot, S., Ugolini, A. & Bekkal Brikci, F. (2007) Nutrient cycling efficiency explains the long-term effect of ecosystem engineers on primary production. *Functional Ecology* 21: 1-10.
- Brown, G.C. (1995) How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? *Plant and Soil* 170: 209-231.
- Brown, G.C., Edwards, C.A. & Brussard, L. (2004) How Earthworms Affect Plant Growth: Burrowing into the Mechanisms. In: Edwards C.E. (Ed.) *Earthworm Ecology*. Pp. 13-49.
- Cameron, E.K., Cahill, J.F., Bayne E.M. (2014) Root foraging influences plant growth responses to earthworm foraging. *PLoS One*. (doi: 10.1371/journal.pone.0108873)
- Crow, P. (2005) The Influence of Soils and Species on Tree Root Depth. Information note Forestry Commission (www.forestry.gov.uk).
- Frouz, J., Prach, K., Pižla, V., Háněl, V., Starý, J., Tajovský, K., Materna, J., Balík, V., Kalčík, J. & Řehouňková, K. (2008) Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology* 44: 109-121.
- Gocke, M.I., Kessler, F., Mourik, J.M. van, Jansen, B. & Wiesenberg, G.L.B. (2016) Paleosols can promote root growth of recent vegetation –a case study from the sandy soil–sediment sequence Rakt, the Netherlands. *Soil* 2: 537-549.
- Haas, W. de & Vries, E.A. de (2013) *Natuurbegraafplaatsen in Nederland; Landelijke inventarisatie 2013*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2470.
- Hutson, B.R. (1980) Colonization of Industrial Reclamation Sites by Acari, Collembola and Other Invertebrates. *Journal of Applied Ecology* 17: 255-275.
- Joschko, M., Diestel, H. & Larink, O. (1989) Assessment of earthworm burrowing efficiency in compacted soil with a combination of morphological and soil physical measurements. *Biology and Fertility of Soils* 8: 191-196.
- Molenaar, J.G. de, Mennen, M.G., Kistenkas, F.H. (2009) *Terug naar de natuur - Mogelijke effecten en juridische aspecten t.a.v. natuurbegraven, asverstrooien en urnbijzetting in natuurgebieden*. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1789.
- Ponge, J. (2003) Humus forms in terrestrial ecosystems: a framework to biodiversity. *Soil Biology & Biochemistry* 35: 935-945.
- Rutigliano, F.A., Migliorini, M., Maggi, O., D'Ascoli, R., Fanciulli, P.P. & Persiani, A.M. (2013) Dynamics of fungi and fungivorous microarthropods in a Mediterranean maquis soil affected by experimental fire. *European Journal of Soil Biology* 56: 33-43.
- Sims R.W. en Gerard B.M. (1999) *Earthworms. Notes for the identification of British species*. Field Studies Council, Shrewsbury.
- Wurst, S. (2010) Effects of earthworms on above- and belowground herbivores. *Applied Soil Ecology* 45: 123-130.
- Wurst, S., Langel, R., Reineking, A., Bonkowski, M. & Scheu, S. (2003) Effects of earthworms and organic litter distribution on plant performance and aphid reproduction. *Oecologia* 137: 90-96.



Zaller, J.G., Wechselberger, K.F., Gorfer, M., Hann, P., Frank, T., Wanek, W. & Drapela, T., (2013) Subsurface earthworm casts can be important soil microsites specifically influencing the growth of grassland plants. *Biology and Fertility of Soils* 49: 1097-1107.

Zorn, M.I., Gestel, C.A.M. van & Eijsackers, H. (2005) The effect of *Lumbricus rubellus* and *Lumbricus terrestris* on zinc distribution and availability in artificial soil columns. *Biology and Fertility of Soils* 41: 212-215.

