



IBED

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

# De stikstofkringloop in kalkrijke en kalkarme duinbodems in de AWD

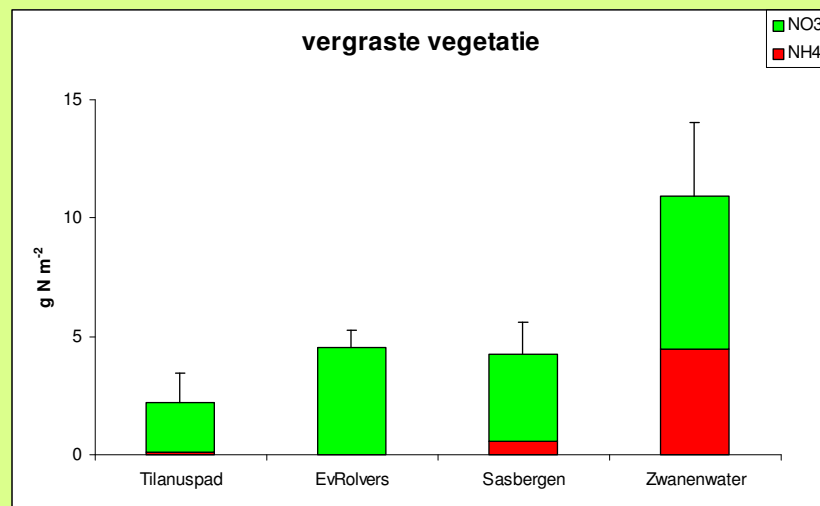
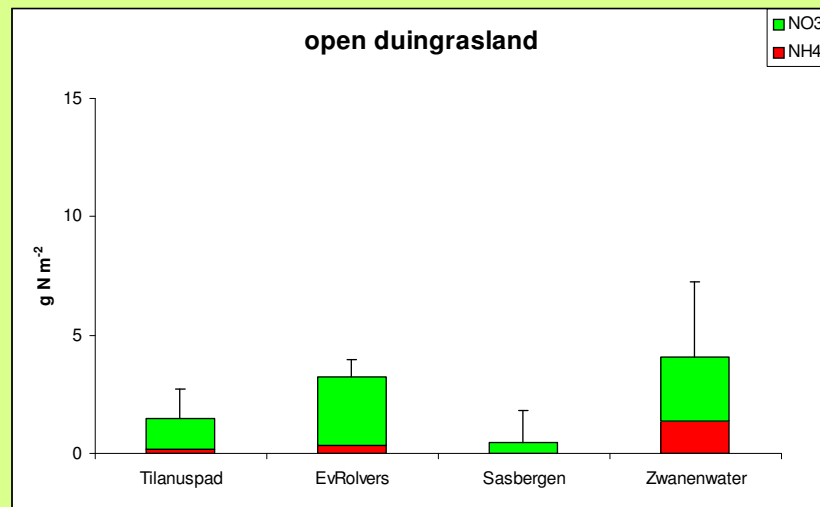
Annemieke Kooijman, Karsten Kalbitz en Chiara Cerli (IBED-UvA)  
Jaap Bloem, Rolf Kemmers en Gerard Jagers (Alterra)

# Duinen vroeger en nu



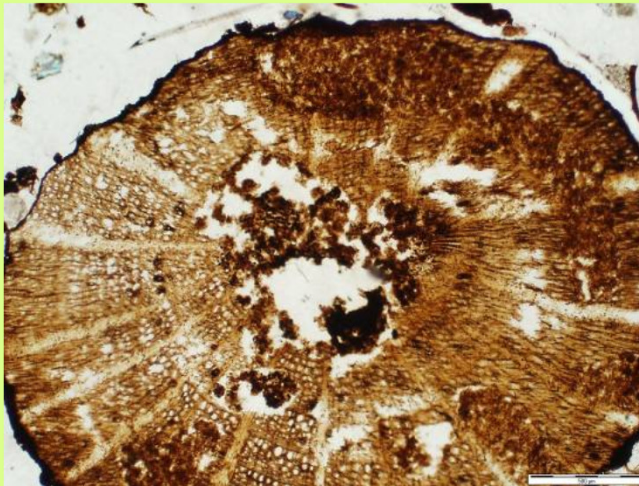
Foto's: Rienk Slings

# N-depositie groot probleem



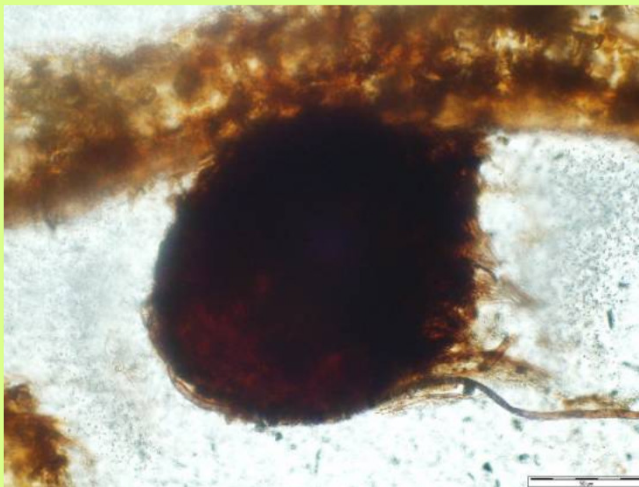
- Maar N-beschikbaarheid niet overal even hoog
- Mogelijk door verschil in bodemleven
- Opslag van N in de bodem mogelijk ook verschillend

# Algemeen verschil in voedselweb



- kalkrijk

- (regenwormen)
- amoeben en flagellaten
- bacterien
  - hoge activiteit, maar ook hoge immobilisatie
    - » lage netto N-mineralisatie



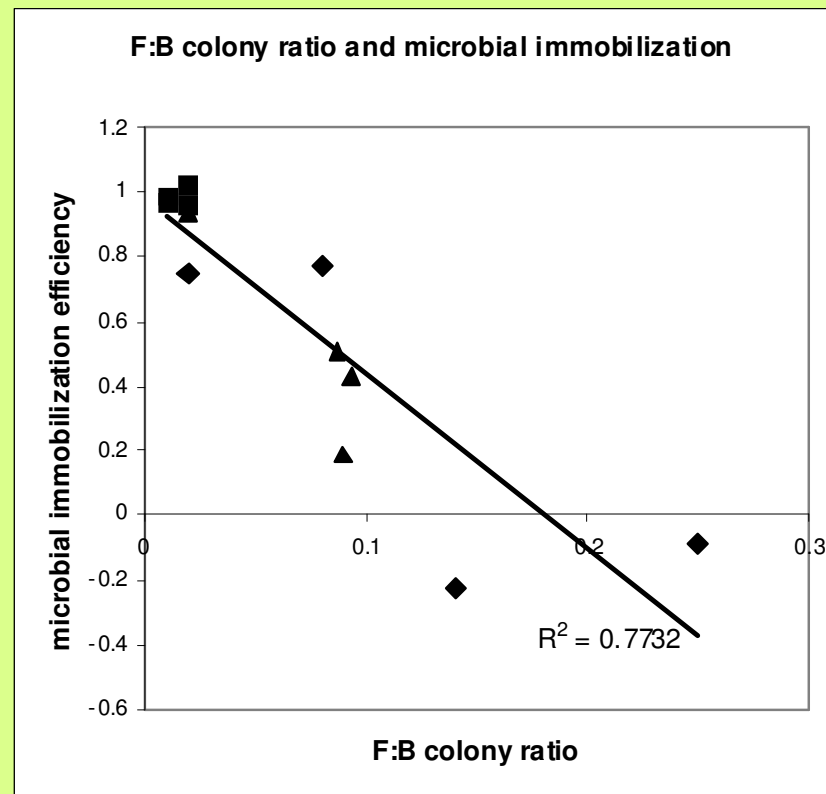
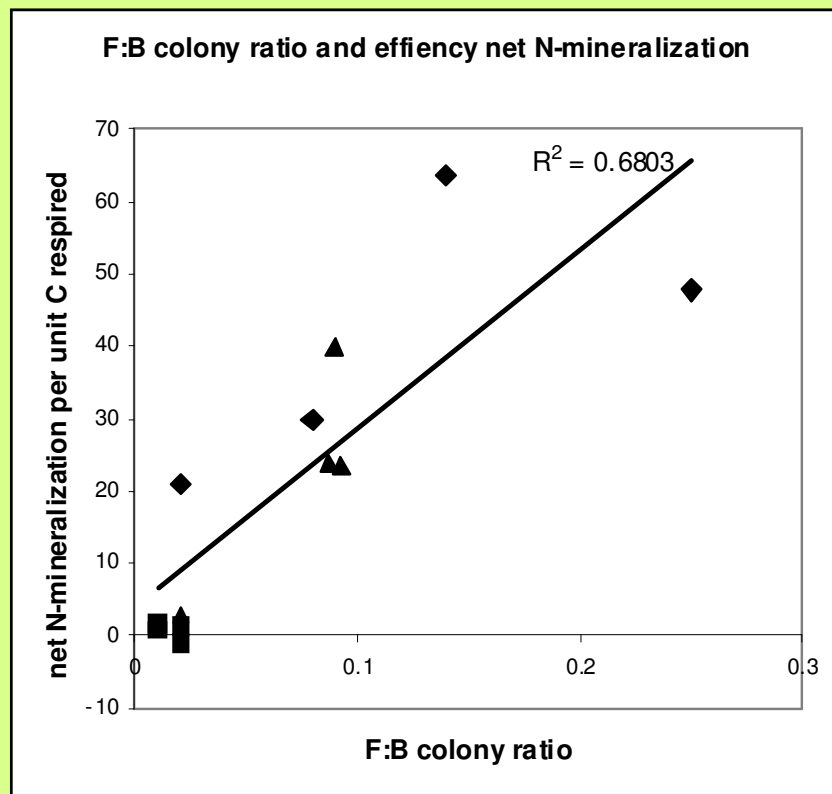
- kalkarm

- microarthropoden
- schimmels
  - lage activiteit, maar ook lage immobilisatie
    - » hoge netto N-mineralisatie

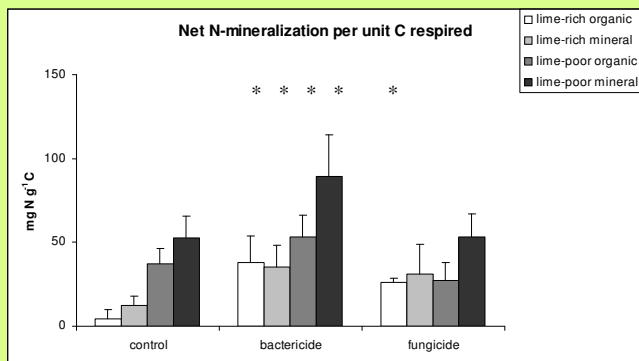
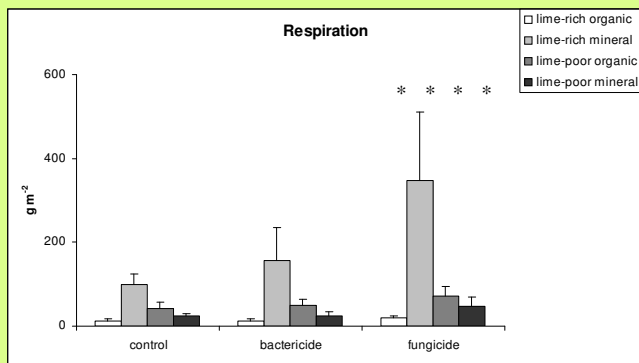
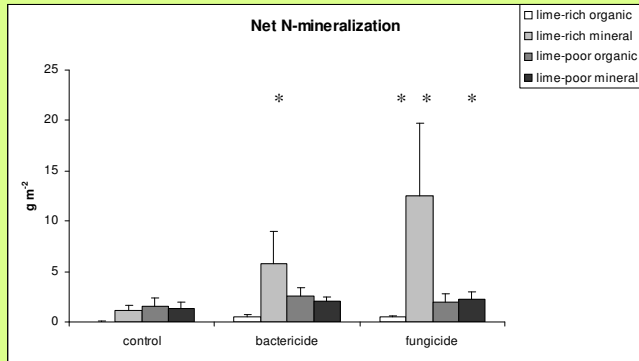


# In bossen Luxemburg klopt het

Figure 9. Based on Kooijman et al. (2008). Squares = fresh litter layer; triangles = F-horizon; diamonds = mineral topsoil.



# Ook experimentele aanwijzingen

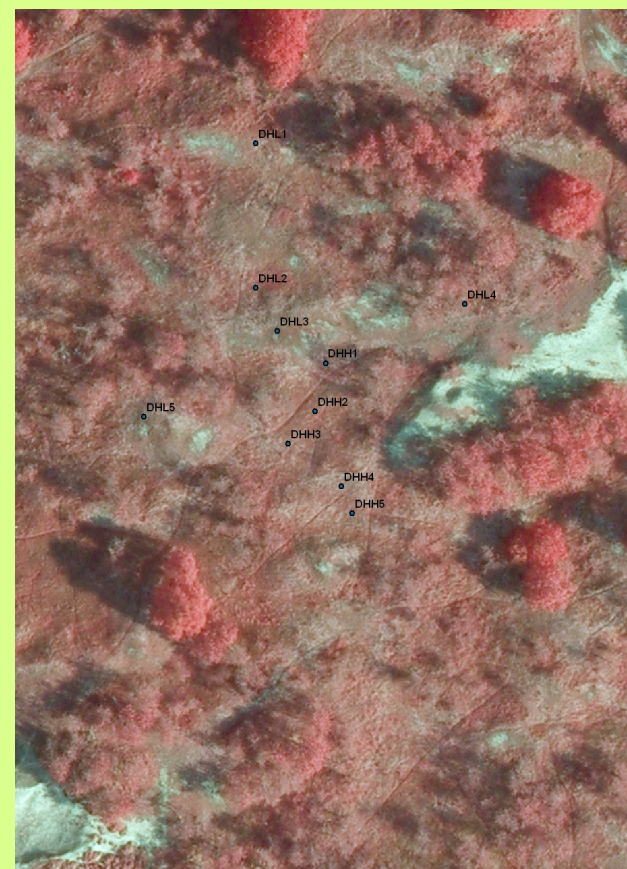


- selectieve antibiotica
- kalkrijk en kalkarm beukenbos
- bactericide (streptomycine)
  - doodt bacteria
  - stimuleert schimmels
    - door extra C en N
    - lagere immobilisatie
- fungicide (cycloheximide)
  - doodt schimmels
  - stimuleert bacteria
    - door extra C en N
    - hogere activiteit en respiratie

- voor duinen wisten we dit nog niet
- maar wel relevant voor beheer
- meer inzicht in functioneren duinecosysteem
- is plaggen wel of niet zinvol?
  - Is een hoog OM-gehalte echt een probleem?
  - Is dit hetzelfde in kalkrijke en kalkarme duinen?
  - Wordt de bodem door plaggen minder gevoelig voor N-depositie?
  - Wat haal je weg aan bodemleven?

# Kalkrijk en arm; OM-arm en rijk

Figuur 1.2. Onderzoekslocaties in de kalkrijke duinen van Tilanuspad (TPL en TPH) en de kalkarme duinen van de Dooie Hoek (DHL en DHH) in de Amsterdamse Waterleidingduinen. TPL = kalkrijk, lage OM; TPH = kalkrijk, hoge OM; DHL = kalkarm, lage OM en DHH = kalkarm, hoge OM.







IBED

# Verskil kalkrijkdom en OM

- verschil in microbiele samenstelling, activiteit en N-mineralisatie?
- verschil in bodemfauna (micro en meso)?
- opslag van  $^{15}\text{N}$  in bodemcompartimenten?



I B E D

# Veel verschillende onderdelen

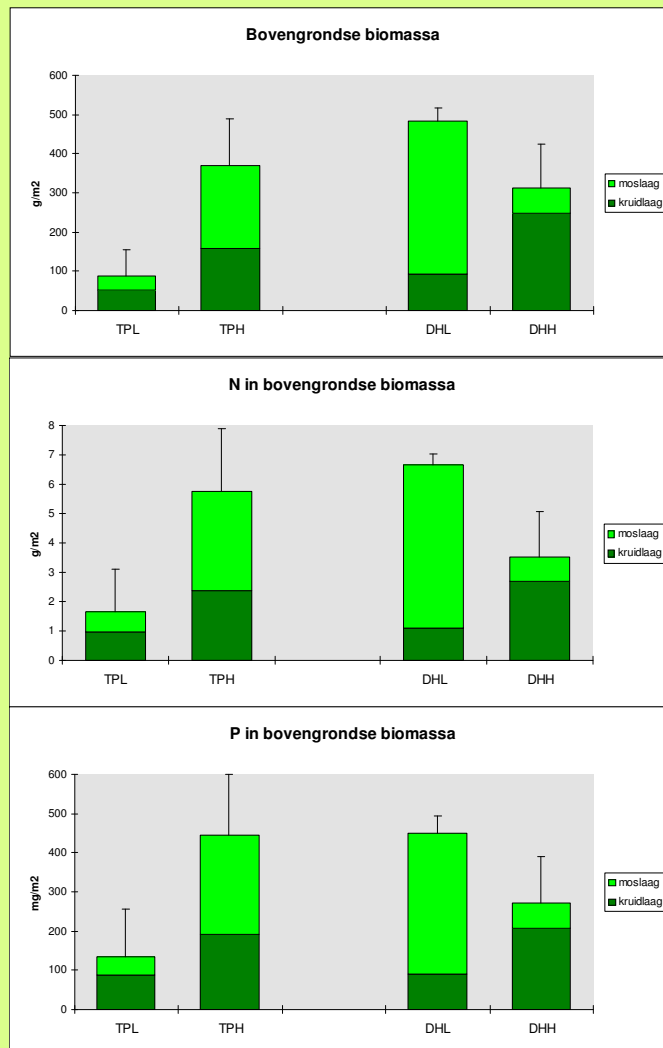
- 1. Basaal bodemchemisch onderzoek
- 2. Diversiteit en nutriënten vegetatie
- 3. Microbiologisch onderzoek
- 4. Bodemfauna
- 5. C- en N-huishouding bodem
- 6. Opslag  $^{15}\text{N}$  in de bodem

- pH en OM inderdaad verschillend tussen sites
  - in beide meetseries mei en oktober

Tabel 2.2. Bodemeigenschappen in verschillende duinbodems, bemonsterd in mei en oktober. Verschillende letters geven significante verschillen weer ( $p < 0.05$ ) voor een bepaalde parameter.

		TPL kalkrijk laag OM	TPH kalkrijk hoog OM	DHL kalkarm laag OM	DHH kalkarm hoog OM
pH minerale bodem	mei	8.3 (0.3) <sup>d</sup>	7.2 (0.8) <sup>c</sup>	5.0 (0.5) <sup>b</sup>	3.8 (0.1) <sup>a</sup>
	okt	8.0 (0.2) <sup>d</sup>	7.0 (0.6) <sup>c</sup>	5.3 (1.0) <sup>b</sup>	3.8 (0.1) <sup>a</sup>
C-gehalte (g kg <sup>-1</sup> )	mei	8.1 (2.3) <sup>a</sup>	19.2 (5.6) <sup>b</sup>	9.6 (2.5) <sup>a</sup>	15.9 (3.0) <sup>b</sup>
	okt	8.8 (4.7) <sup>a</sup>	21.2 (5.4) <sup>b</sup>	11.6 (5.6) <sup>a</sup>	24.7 (7.3) <sup>b</sup>
N-gehalte (g kg <sup>-1</sup> )	mei	0.7 (0.2) <sup>a</sup>	1.4 (0.5) <sup>b</sup>	0.6 (0.2) <sup>a</sup>	1.0 (0.3) <sup>a</sup>
	okt	0.6 (0.3) <sup>a</sup>	1.7 (0.5) <sup>b</sup>	0.7 (0.4) <sup>a</sup>	1.6 (0.5) <sup>b</sup>
C:N ratio (g g <sup>-1</sup> )	mei	11.3 (0.6) <sup>a</sup>	13.8 (3.7) <sup>ab</sup>	18.6 (9.7) <sup>b</sup>	16.7 (3.1) <sup>ab</sup>
	okt	14.0 (0.8) <sup>ab</sup>	12.5 (0.6) <sup>a</sup>	18.1 (2.9) <sup>c</sup>	15.8 (0.4) <sup>b</sup>

# Verskil in vegetatie



- Kalkrijke en kalkarme bodems

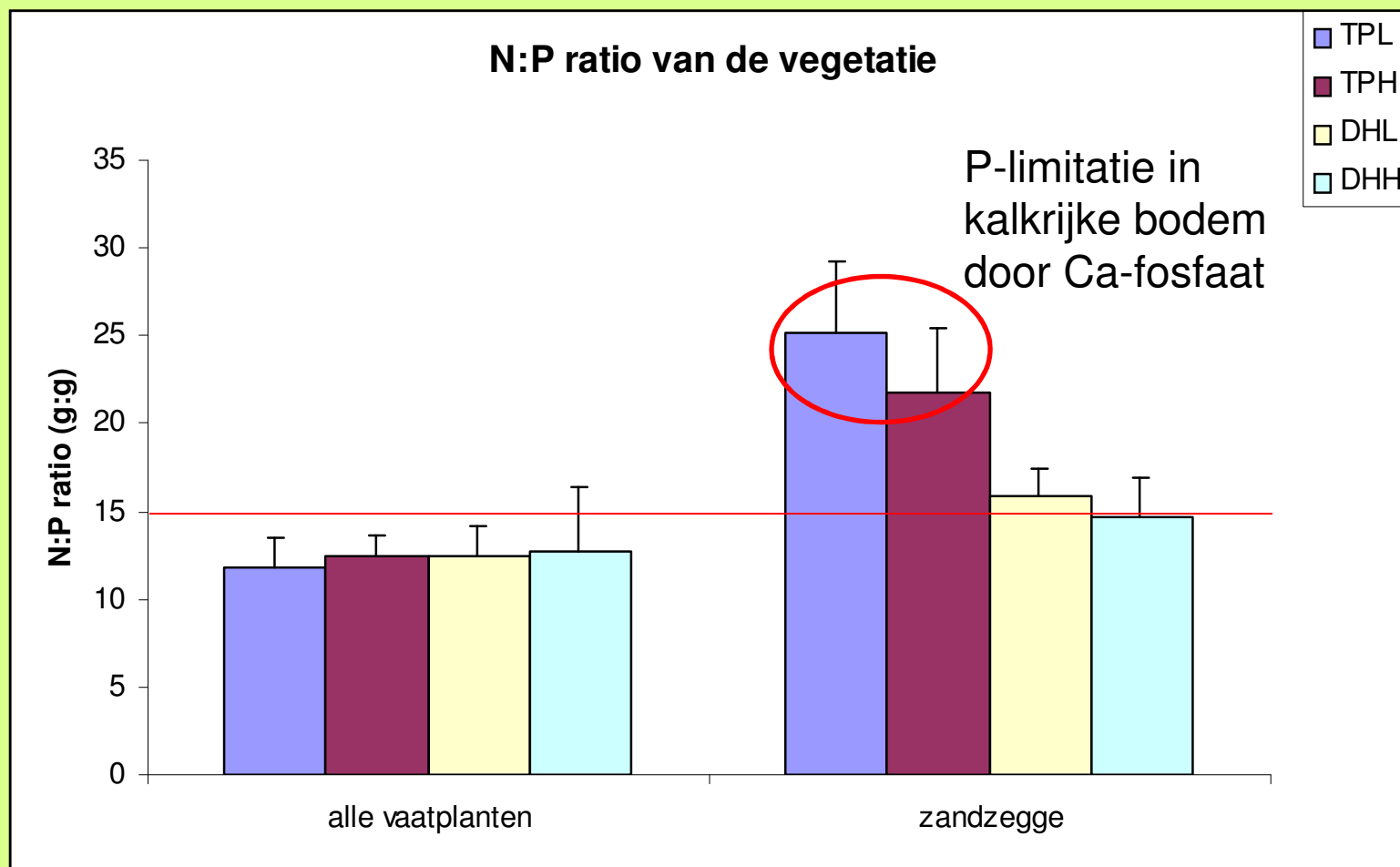
- andere soortensamenstelling
- kleinere biomassa moslaag
- geen verschil biomassa kruidlaag

- Jonge OM-arme en oude OM-rijke bodems

- overlap in soorten
- geen verschil biomassa moslaag  
– (hoewel wel interactie-effect)
- grotere biomassa kruidlaag

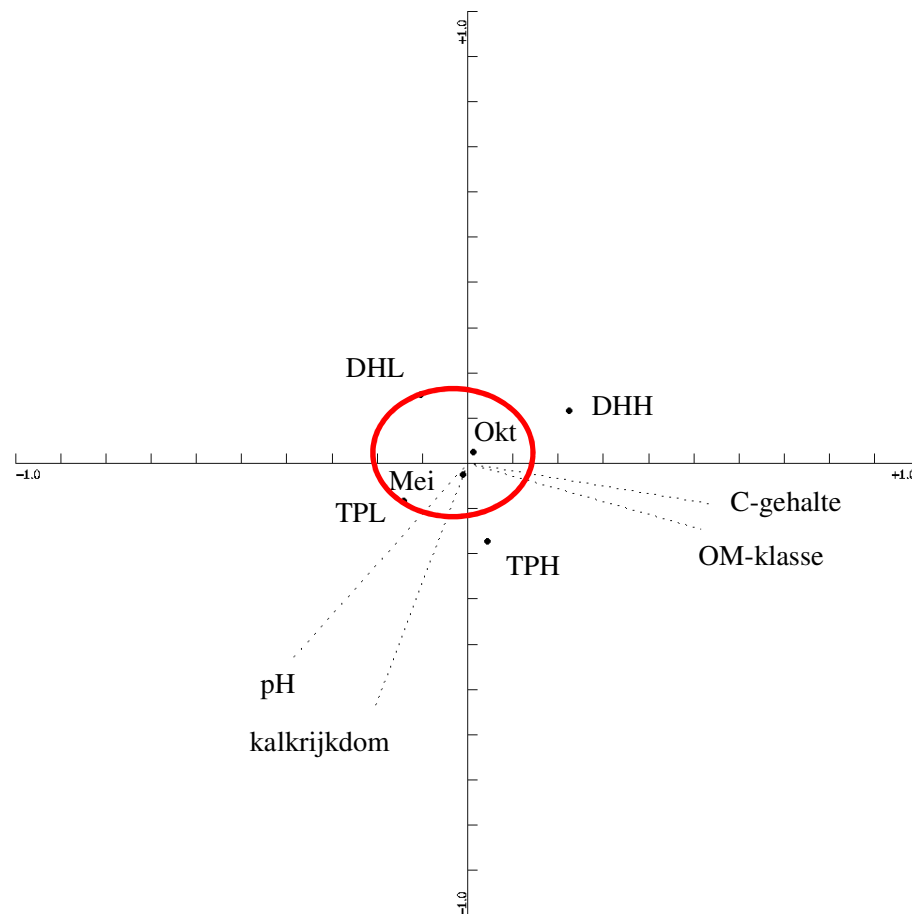


# Zijstapje: N- en P-limitatie



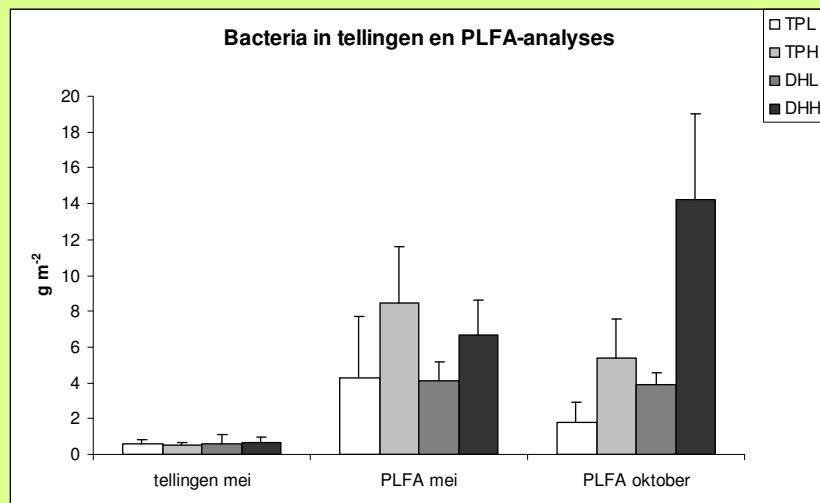
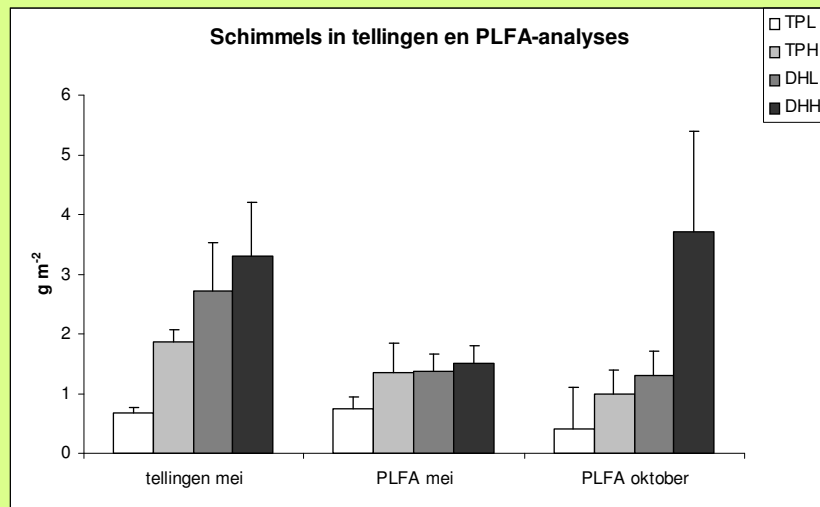
# Microbiele samenstelling

Figuur 4.1. PCA van de samenstelling van de microbiële gemeenschap in mei en oktober op basis van PLFA's in kalkrijke en kalkarme duinbodems met verschillend organische stofgehalte. TPL = kalkrijk, lage OM; TPH = kalkrijk, hoge OM; DHL = kalkarm, lage OM en DHH = kalkarm, hoge OM. De eigenwaarden van de eerste en tweede PCA-as zijn respectievelijk 0.761 en 0.114.



- geen verschil mei en oktober

# Bacteria en schimmels



- meer schimmels en bacteria bij hoger OM
- wel meer schimmels in kalkarme bodem
  - in kalkrijke bodem veel niet-gekleurde schimmels
- maar niet meer bacteria in kalkrijke bodem
  - tellingen bacteria onderschatting
    - vraat door protozoa

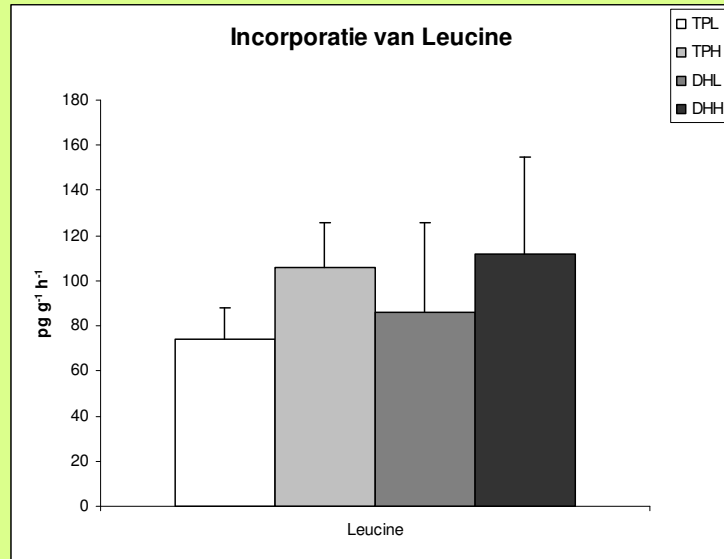
# Bacteria juist hoger in kalkarm

Tabel 4.5. De hoeveelheid bacteriële PLFA's in kalkrijk en kalkarme duinbodems met lage en hoge OM. TPL = kalkrijk, lage OM; TPH = kalkrijk, hoge OM; DHL = kalkarm, lage OM en DHH = kalkarm, hoge OM. De waarden zijn gemiddelden (n = 10) en standaarddeviaties van de meetseries in mei en oktober. Verschillende letters geven significante verschillen weer voor een bepaalde fractie tussen locaties.

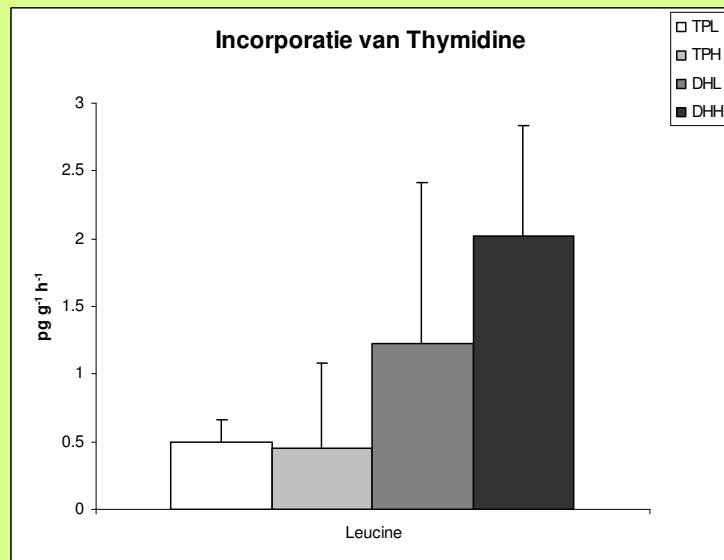
	TPL	TPH	DHL	DHH
<i>G+ bacteria (mg m<sup>-2</sup>)</i>				
<b>i-15:0</b>	413 (413) <sup>a</sup>	1026 (426) <sup>b</sup>	<b>644 (150) <sup>ab</sup></b>	<b>1605 (789) <sup>c</sup></b>
i-16:0	198 (205) <sup>a</sup>	531 (242) <sup>b</sup>	244 (63) <sup>a</sup>	512 (198) <sup>b</sup>
<b>a-15:0</b>	291 (292) <sup>a</sup>	698 (317) <sup>b</sup>	<b>460 (88) <sup>ab</sup></b>	<b>1081 (639) <sup>c</sup></b>
i-17:0	158 (170) <sup>a</sup>	394 (189) <sup>b</sup>	163 (30) <sup>a</sup>	484 (259) <sup>b</sup>
<b>17:0</b>	28 (66) <sup>a</sup>	42 (89) <sup>a</sup>	<b>36 (25) <sup>a</sup></b>	<b>145 (142) <sup>c</sup></b>
<i>G- bacteria (mg m<sup>-2</sup>)</i>				
16:1n7	1088 (1081) <sup>a</sup>	2090 (931) <sup>b</sup>	863 (177) <sup>a</sup>	1902 (1319) <sup>b</sup>
<b>cy19:0</b>	112 (175) <sup>a</sup>	555 (314) <sup>b</sup>	<b>193 (58) <sup>a</sup></b>	<b>1183 (618) <sup>c</sup></b>
<b>cy17:0</b>	73 (88) <sup>a</sup>	228 (123) <sup>b</sup>	<b>123 (50) <sup>a</sup></b>	<b>376 (158) <sup>c</sup></b>
<i>andere bacteria (mg m<sup>-2</sup>)</i>				
<b>14:0</b>	60 (47) <sup>a</sup>	103 (60) <sup>a</sup>	<b>73 (30) <sup>a</sup></b>	<b>213 (130) <sup>b</sup></b>
<b>16:0</b>	662 (502) <sup>a</sup>	1047 (456) <sup>a</sup>	<b>999 (337) <sup>a</sup></b>	<b>2045 (990) <sup>b</sup></b>
<b>18:0</b>	93 (55) <sup>a</sup>	229 (143) <sup>b</sup>	<b>180 (57) <sup>b</sup></b>	<b>492 (205) <sup>c</sup></b>



# Ook hogere bacteriele groeisnelheid

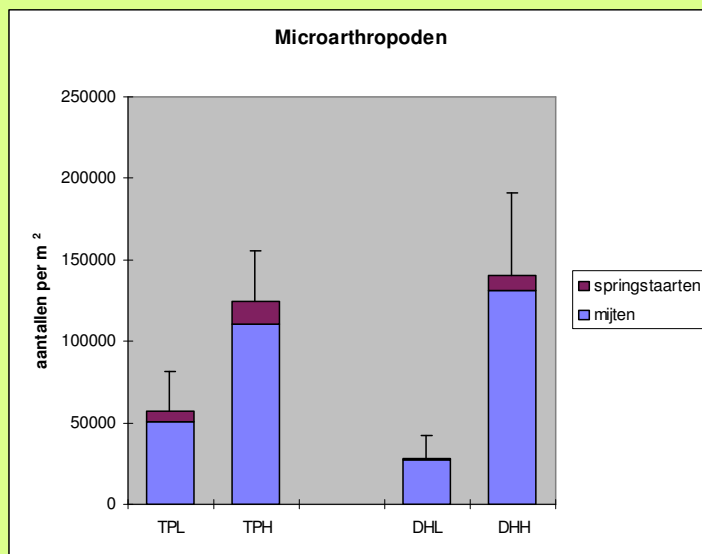
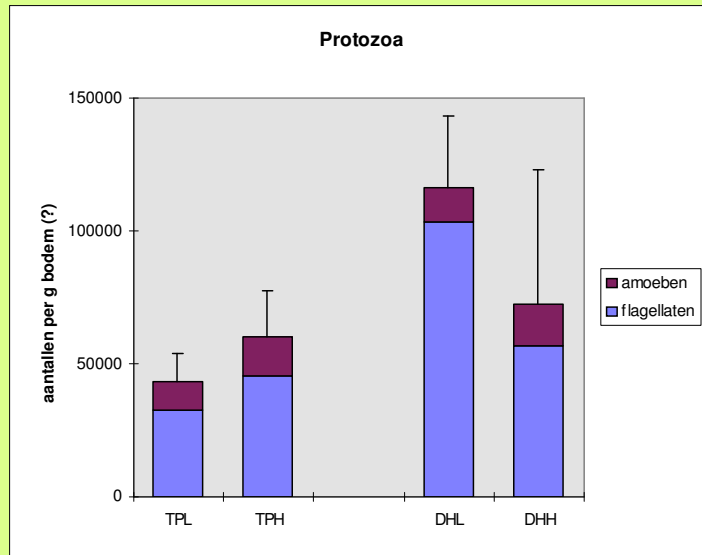


- inbouw van leucine
  - (bacteriele) eiwitsynthese
    - geen verschil tussen locaties



- inbouw van thymidine
  - bacteriele groeisnelheid
    - hogere groeisnelheid in kalkarme bodem
    - niet zoals verwacht

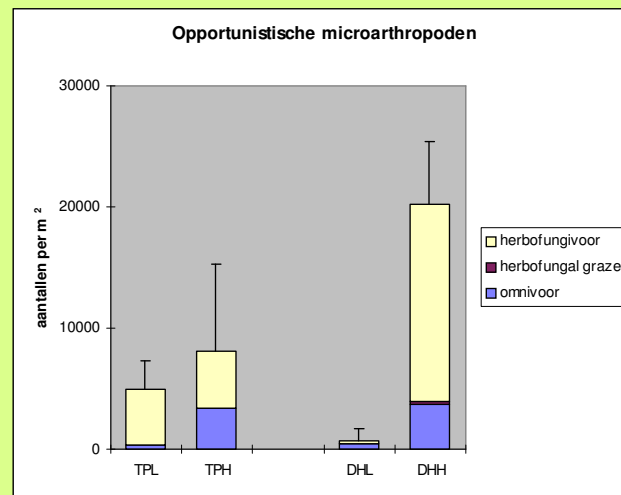
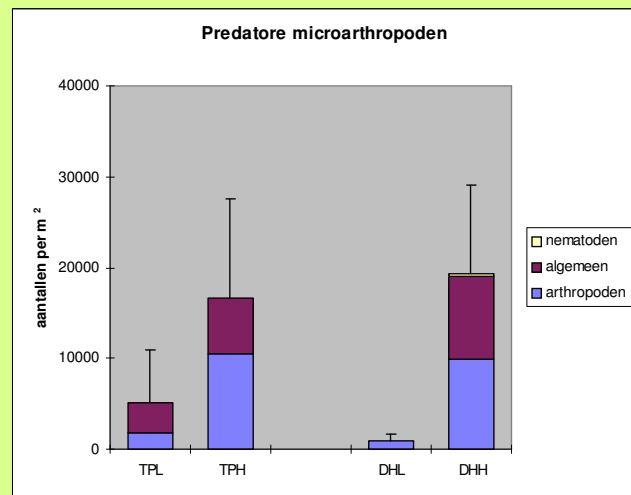
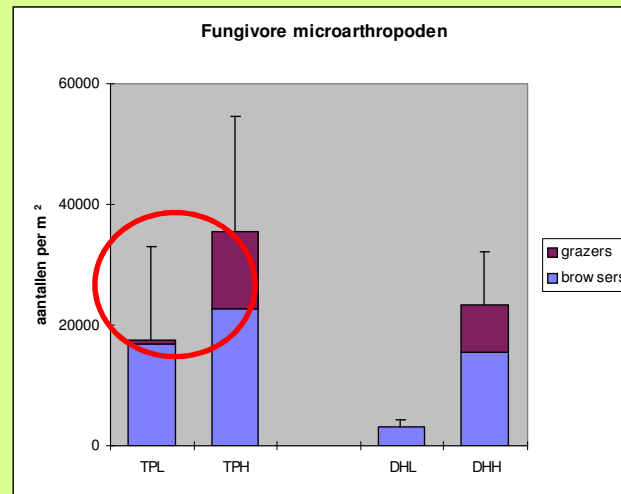
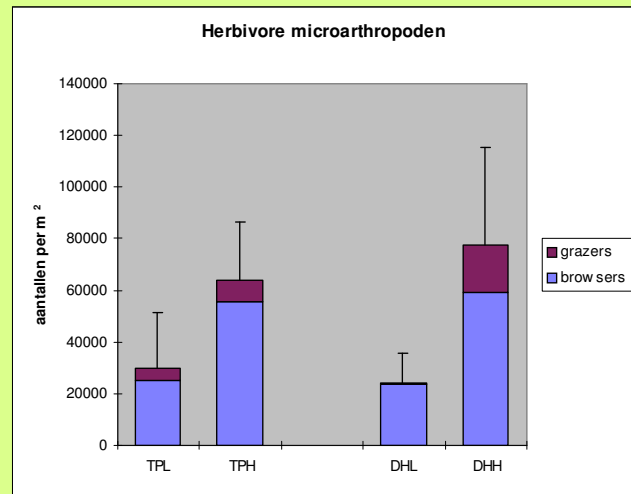
# Fauna: ook anders dan verwacht



- meer protozoa in kalkarme bodem
  - in plaats van minder
  - gevolg van meer bacterien
- niet minder microarthropoda in kalkrijke bodem
  - wel duidelijk verschillende soorten
  - maar net zo veel als in kalkarme bodem

# Weinig verschil in voedselgilde

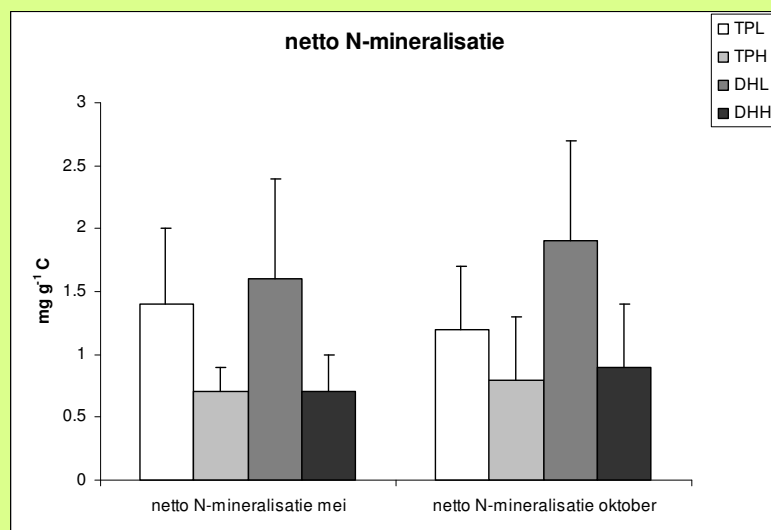
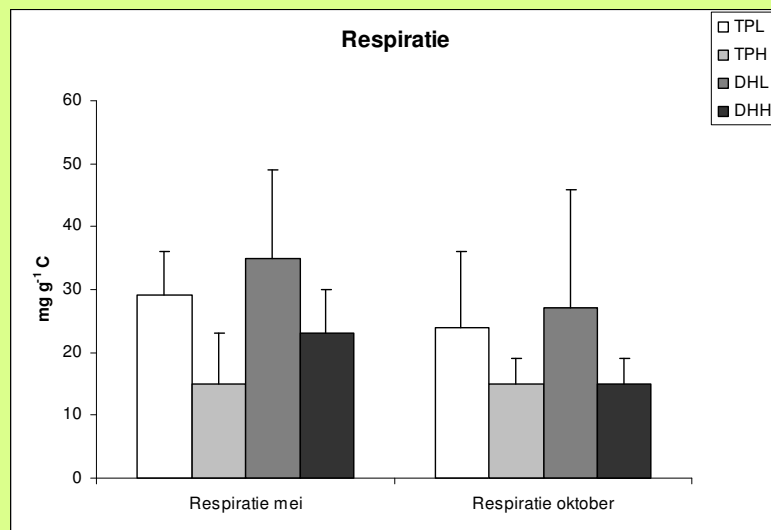
Figuur 5.3. De verdeling van mijten en springstaarten over verschillende voedselgildes in verschillende duinbodems in de Amsterdamse Waterleidingduinen. TPL = kalkrijk, lage OM; TPH = kalkrijk, hoge OM; DHL = kalkarm, lage OM en DHH = kalkarm, hoge OM.



- meer schimmel-etende beestjes in kalkrijke duinen

- (meer ongekleurde schimmels?)

# Microbiele activiteit (per gram C)



- hogere respiratiesnelheid bij lage OM

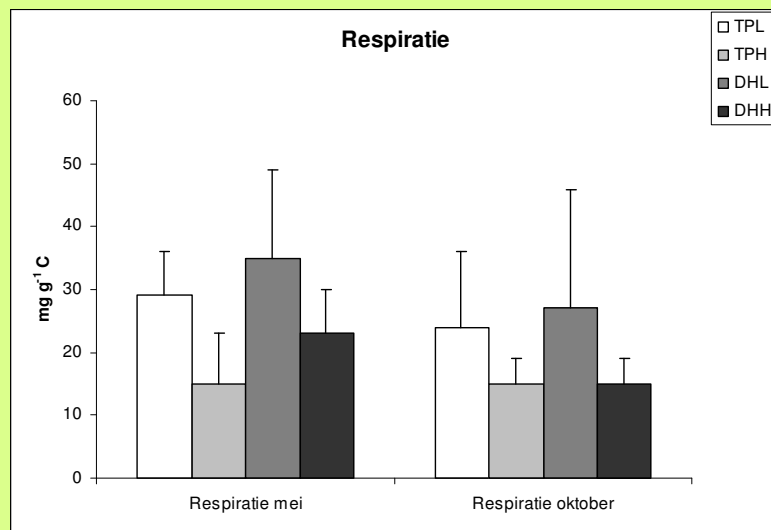
- hoge activiteit in relatief jonge bodem
- oudere bodems met stabiele OM

- hogere netto N-mineralisatiesnelheid bij lage OM

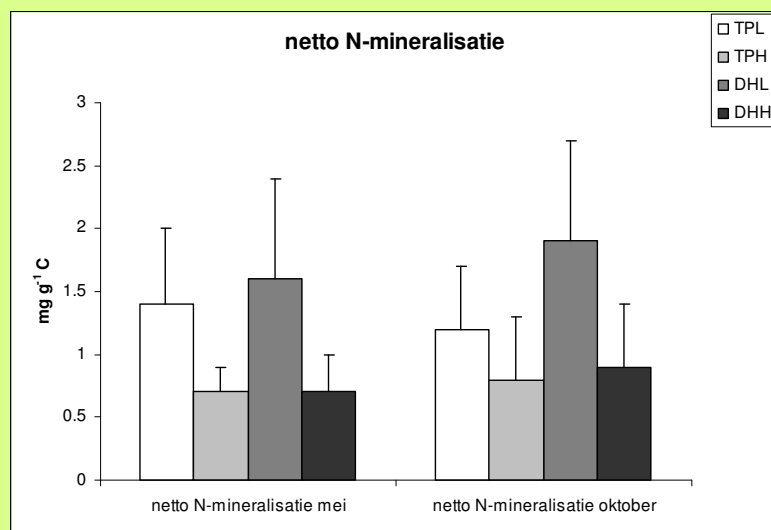
- hoge activiteit in relatief jonge bodem
- oude bodems met stabiele OM



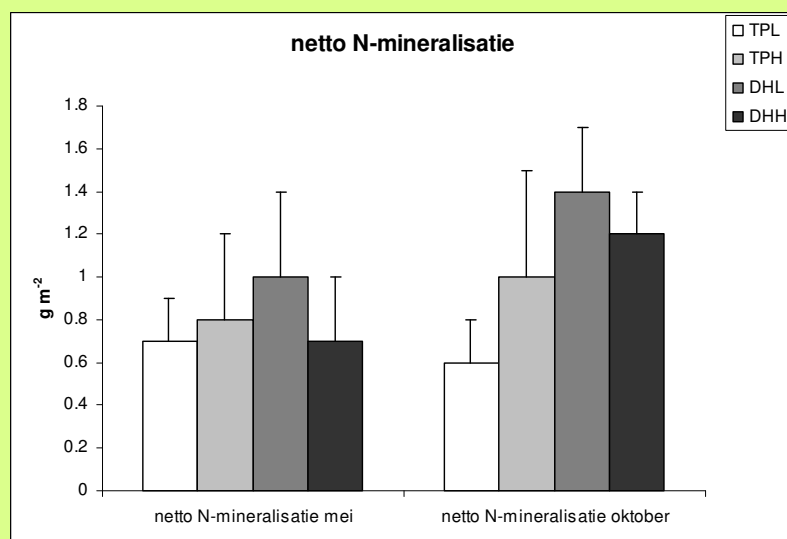
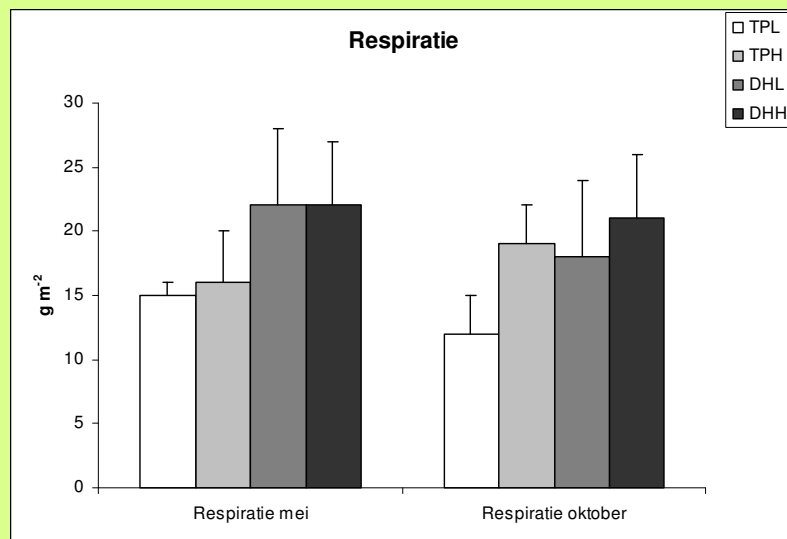
# Microbiele activiteit (per gram C)



- Geen verschil kalkrijke en kalkarme bodems
  - dezelfde respiratie per g C
  - dezelfde netto N-mineralisatie per g C



# Microbiele activiteit (per m<sup>2</sup>)



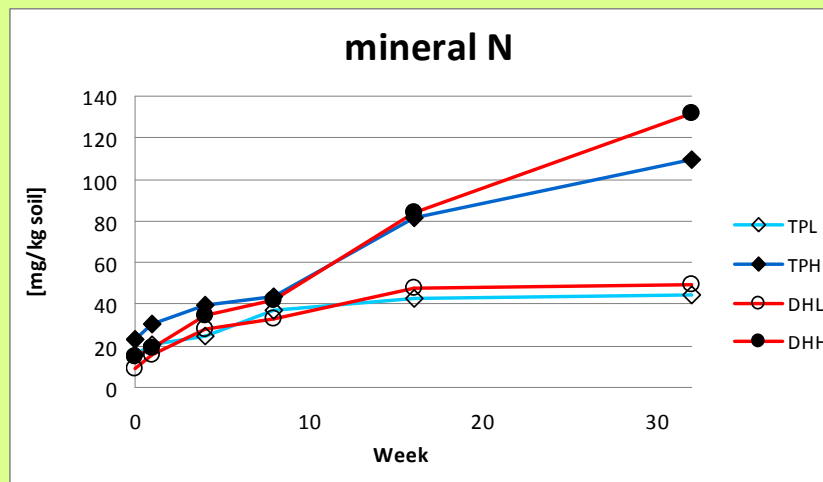
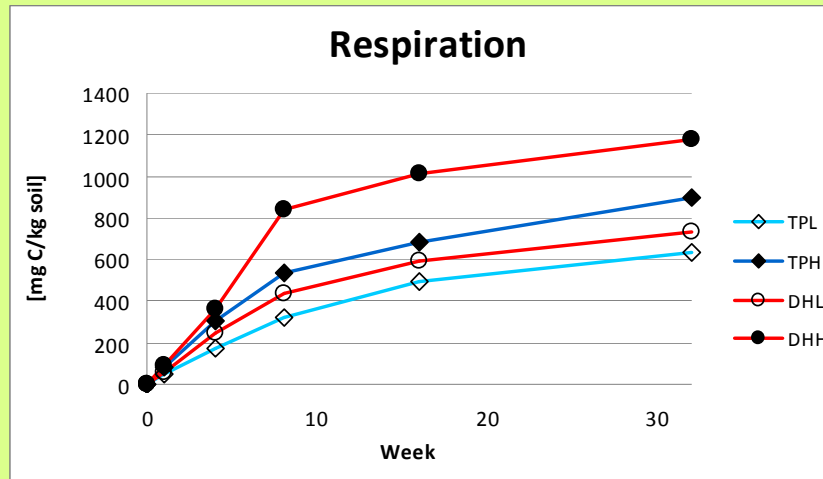
- Geen verschil tussen jonge en oude bodems

- dezelfde respiratie per m<sup>2</sup>
- dezelfde netto N-mineralisatie per m<sup>2</sup>

- jonge bodems: hogere afbraaksnelheid, maar lager OM-gehalte
- oude bodems: hogere voorraad OM, maar lagere afbraaksnelheid

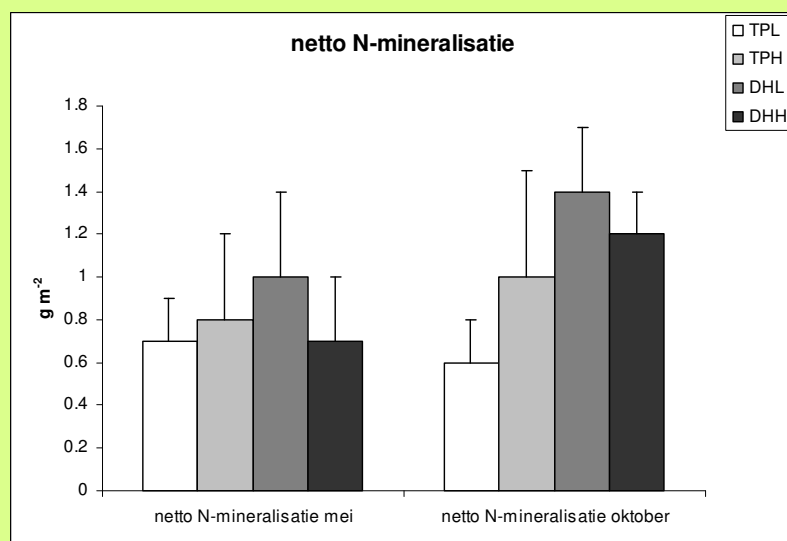
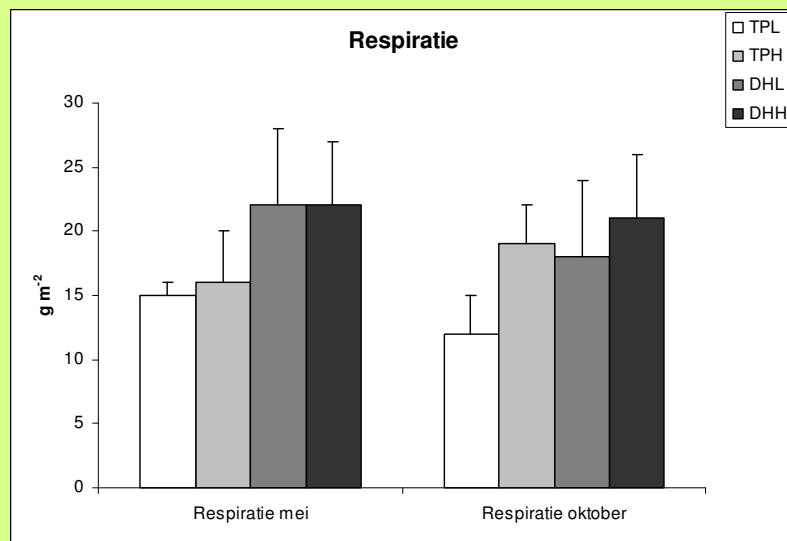
– wat betekent dat voor plaggen?

# Op lange termijn wel invloed OM



- na vier weken geen verschil jong en oud
  - hoge snelheid of veel OM
- na vier maanden hogere N-mineralisatie in oude bodem
  - in oude bodem doorgaande mineralisatie
  - in jonge bodem uitputting substraat
    - maar in het veld wellicht verse OM

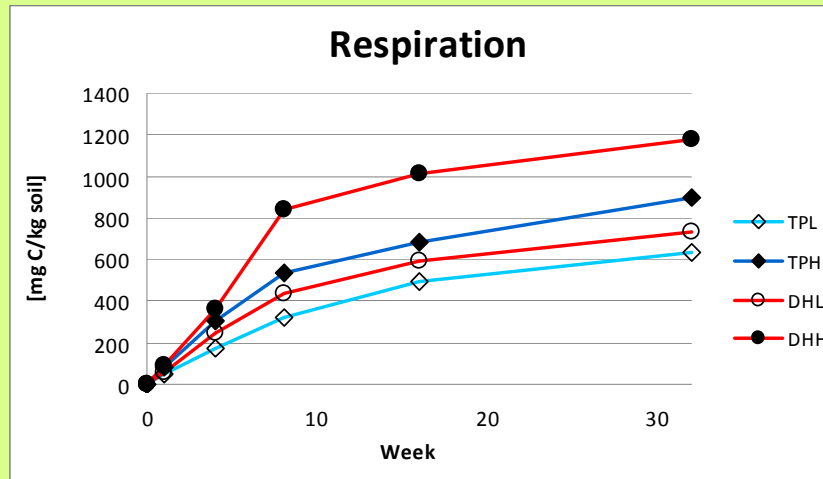
# Microbiele activiteit (per m<sup>2</sup>)



- voor kalkrijkdom deels onverwacht:
- respiratie in kalkrijke bodem niet hoger
  - (er zijn ook niet meer bacteria)
- netto N-mineralisatie in kalkrijke bodem wel lager
  - (maar niet omdat er meer bacteria zijn)
  - meer schimmels en bacteria in kalkarme bodem

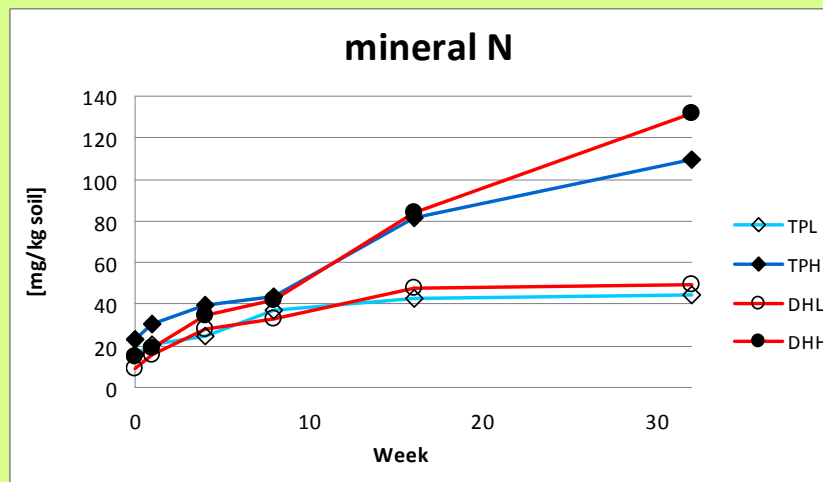


# Op lange termijn ook enig verschil



- hogere netto N-mineralisatie in kalkarme bodem

- na vier weken
- na acht maanden
  - maar verschil niet heel groot

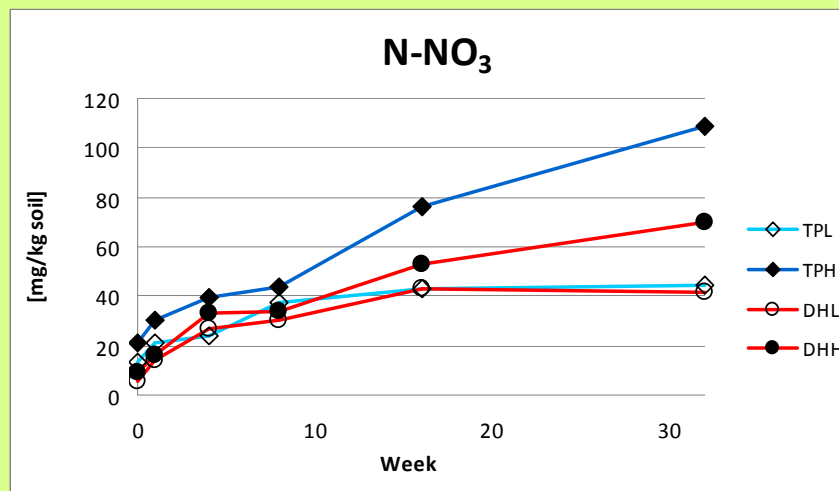
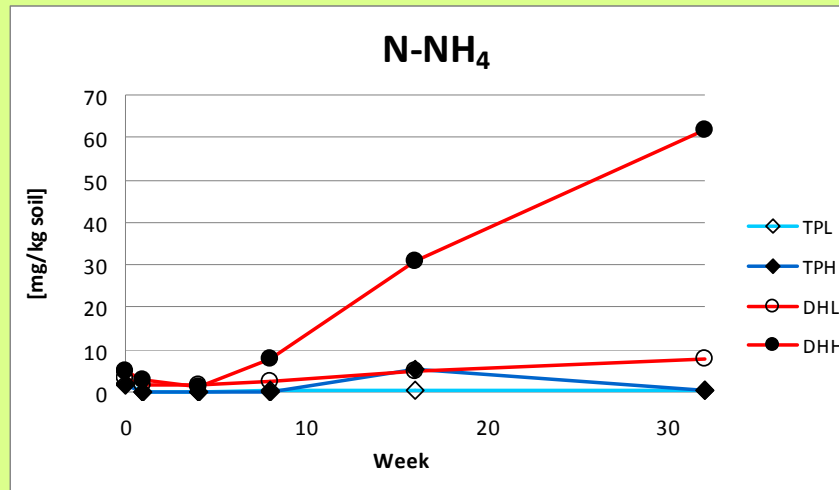


# Wisselend pH-effect N-mineralisatie

Tabel 9.1. netto N-mineralisatie in vier verschillende laboratoriumexperimenten: het huidige onderzoek, van der Voort (2010), Fuyita et al. (2014) en Nijssen et al. (2014). <sup>1</sup> = omdat de bulkdichtheid van deze monsters niet is bepaald, is het niet mogelijk de waarden per m<sup>2</sup> te berekenen. \* = significante verschillen tussen kalkrijke en kalkarme duinbodems (p < 0.05).

			n	kalkrijk	kalkarm
dit rapport	g m <sup>-2</sup> in 4 weken	AWD, lage OM	10	0.7 (0.2)	1.2 (0.4)*
		AWD, hoge OM	10	0.9 (0.4)	0.9 (0.3)
van der Voort (2010)	g m <sup>-2</sup> in 6 weken	AWD, lage OM	5	1.9 (1.1)	1.3 (0.8)
		AWD, intermediaire OM	5	2.3 (1.3)	2.1 (2.2)
		AWD, hoge OM	5	1.8 (0.9)	2.9 (1.4)
Fuyita et al. (2014)	g m <sup>-2</sup> in 6 weken	AWD, 33-44 jaar oud	5	3.3 (0.7)*	1.6 (0.7)
		AWD, ouder dan 75 jaar	5	5.1 (0.9)*	3.7 (1.4)
Nijssen et al (2014) <sup>1</sup>	mg/kg in 4 weken	Renodunaal, onbegraasd	12-20	4.3 (2.0)	5.9 (2.1)*

# Wel verschil $\text{NH}_4$ en $\text{NO}_3$



- ammonium (netto) alleen in kalkarme bodem
- nitraat in alle sites
  - in kalkrijke bodem alles omgezet in nitraat
  - in kalkarme bodem hogere nitrificatie dan verwacht
    - hoewel ook ammonium overblijft



IBED

# Proef met gelabeld stikstof

The main idea behind the calculation of the amount of tracer is the mixing equation with:

$$x = (c_1 - b_1) \div (a_1 - b_1)$$

with:

$x$  = relative fraction of source a

$a_1$  = 0.003663 (abundance of source a)

$b_1$  = 0.98 (abundance of source b)

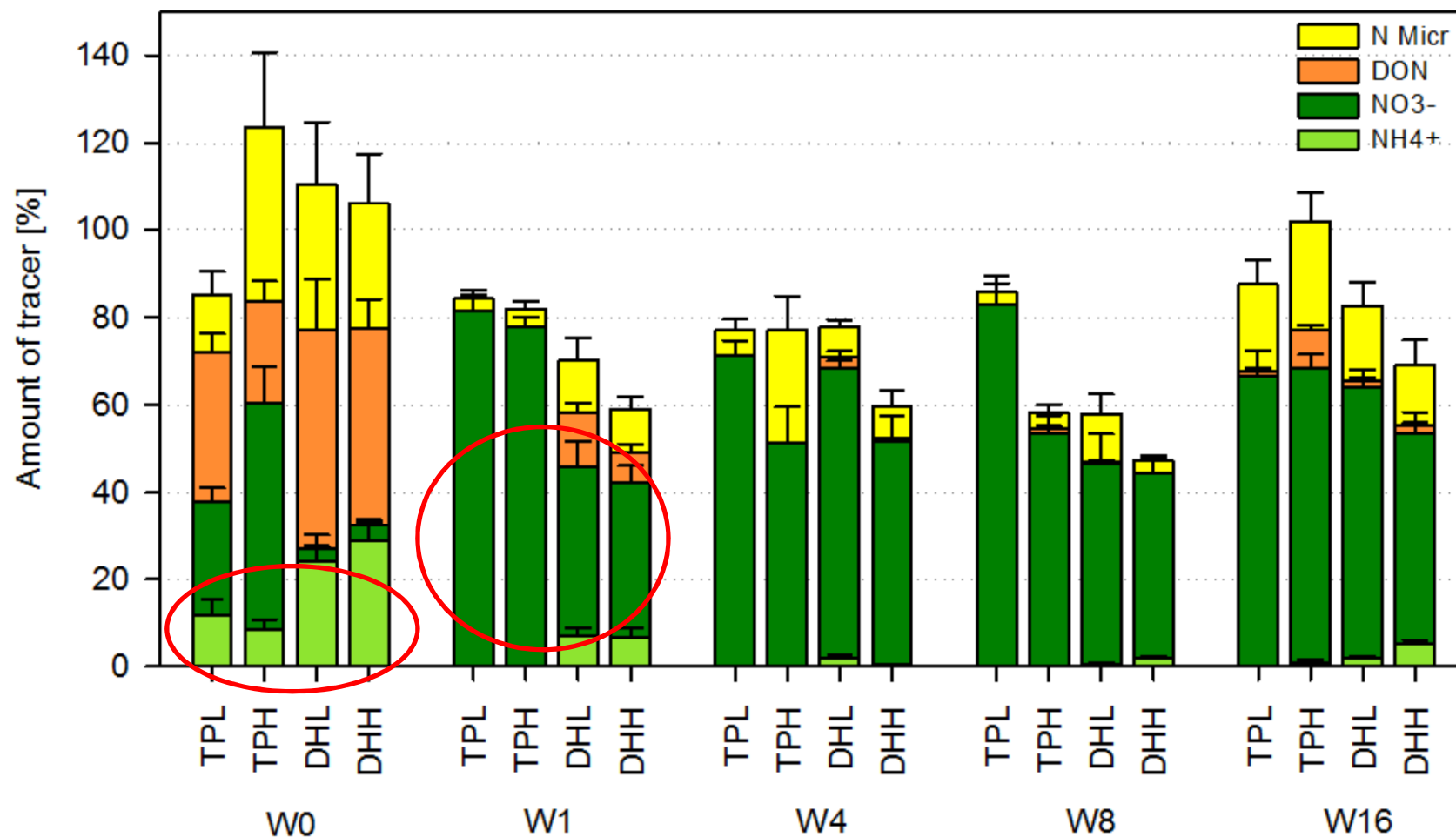
$c_1$  = abundance of mixture c

$c_1$  can be calculated as:

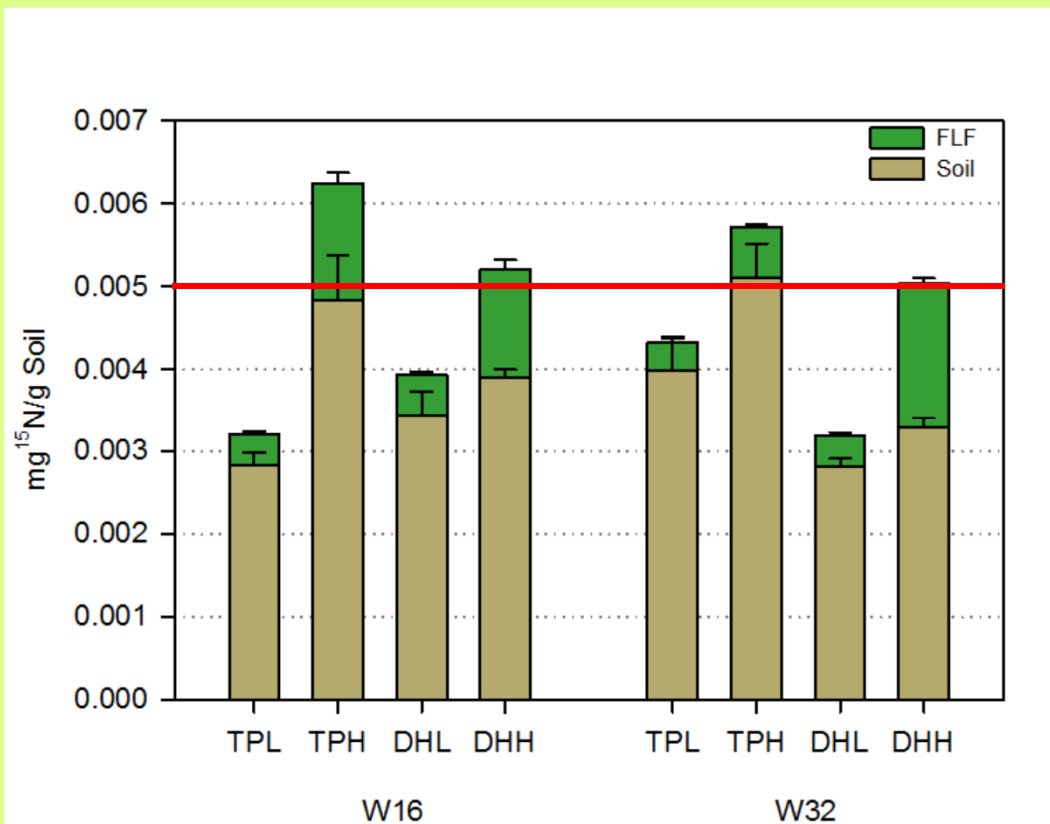
$$c_1 = \frac{NH_4[atom\%]}{100}$$

- toediening gelabeld ammonium
- teruggemeten in verschillende fracties na
  - een paar uur
  - een week
  - vier weken
  - acht weken
  - zestien weken

# $^{15}\text{N}$ : snelle omzetting naar nitraat



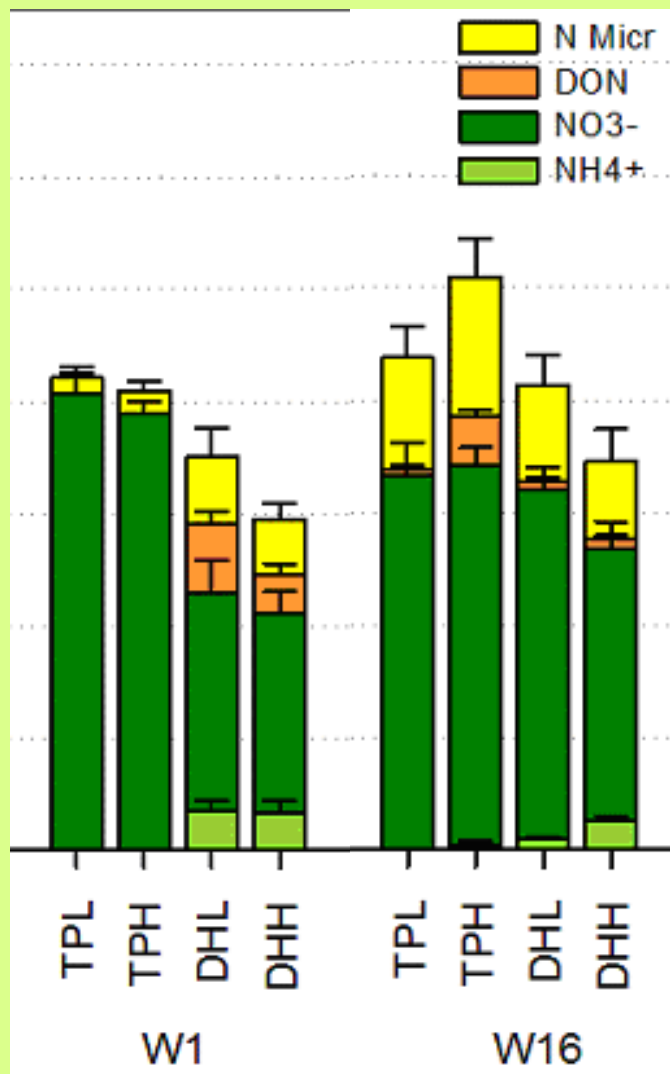
# $^{15}\text{N}$ in labiele fractie OM



- Soil = rest
  - $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , DON en microbieel N
- FLF = labiele OM in de bodem
  - max 30% tracer in labiele OM in de bodem
  - vooral in OM-rijke bodem
  - geen effect kalkrijkdom

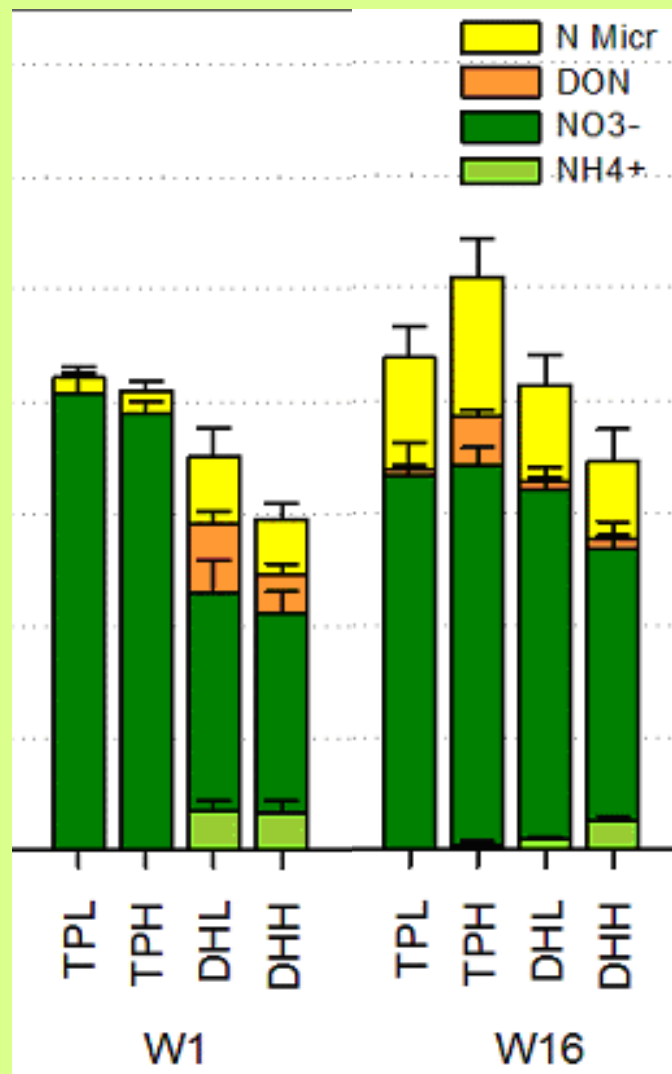


# Verrassende uitkomst



- geringe opslag  $^{15}\text{N}$  in OM van de bodem
- vooral snel omgezet in nitraat
  - in zowel kalkrijke als kalkarme bodem
  - geen opname van nitraat door micro-organismen
    - denitrificatie alleen in natte bodems
    - normaal opgenomen door vegetatie
      - » of uitgespoeld naar grondwater

# Betekenis voor N-depositie



- geringe opslag in OM van de bodem via microbiële route
  - in zowel kalkrijke als kalkarme bodem
    - nitraat-depositie alleen belangrijk voor vegetatie en grondwater
    - ammonium-depositie vooral omgezet in nitraat

# Conclusies (en aanbevelingen)

- in duinen leidt verschil in pH niet tot substantieel andere levensgemeenschap en N-huishouding
  - verschil in pH is groot genoeg: 7-8 vs 4-5
    - maar niet meer bacteria-protozoa in kalkrijke bodem, of meer schimmels-microarthropoden in kalkarme bodem
  - andere factoren spelen ook een rol
    - gebrek aan regenwormen
      - » geen toename bacteria in kalkrijke bodem
    - dezelfde textuur (geen lemig en kleiig materiaal)
      - » geen toename bacteria in kalkrijke bodem
    - geen ectorganische horizonten
      - » geen hogere netto N-mineralisatie in kalkarme bodem

# Conclusies (en aanbevelingen)

- Geen duidelijk verschil in N-opslag in kalkrijke en kalkarme bodems
  - wel meer in OM-rijke bodems
- Directe opslag van N-depositie in de bodem waarschijnlijk beperkt
  - nitraat niet opgenomen door micro-organismen
  - nitrificatie van ammonium in alle bodems
    - wel indirect effect via verhoogde plantengroei en strooiselininput
      - » maar als je dat weet te voorkomen .....



- Niet plaggen in kalkrijke, OM-rijke bodem
  - geen hogere netto N-mineralisatie dan OM-arm
  - P-beschikbaarheid nog steeds relatief laag
  - biomassa kruidlaag relatief laag
  - completer en diverser voedselweb dan OM-arm
  - (duingraslandplanten pas bij hogere ouderdom)



- Misschien soms plaggen in kalkarme bodem
  - biomassa kruidlaag relatief hoog
  - (P-beschikbaarheid hoger dan in OM-arme bodem)
  - maar netto N-mineralisatie niet hoger dan in OM-arm
  - completer en diverser voedselweb dan OM-arm