



Relatie bodem en vegetatie in de duinen

en implicaties voor N-depositie

Dr. Annemieke Kooijman

Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem
Dynamica, Universiteit van Amsterdam

Vegetatie en bodem



- Bodem belangrijk voor vegetatie
 - duingrasland (2130): van kalkrijk naar zuur
 - van Phleo-Tortuletum tot Violo-Coryneporetum
 - van Anthyllido-Silenetum tot Festuco-Galietum



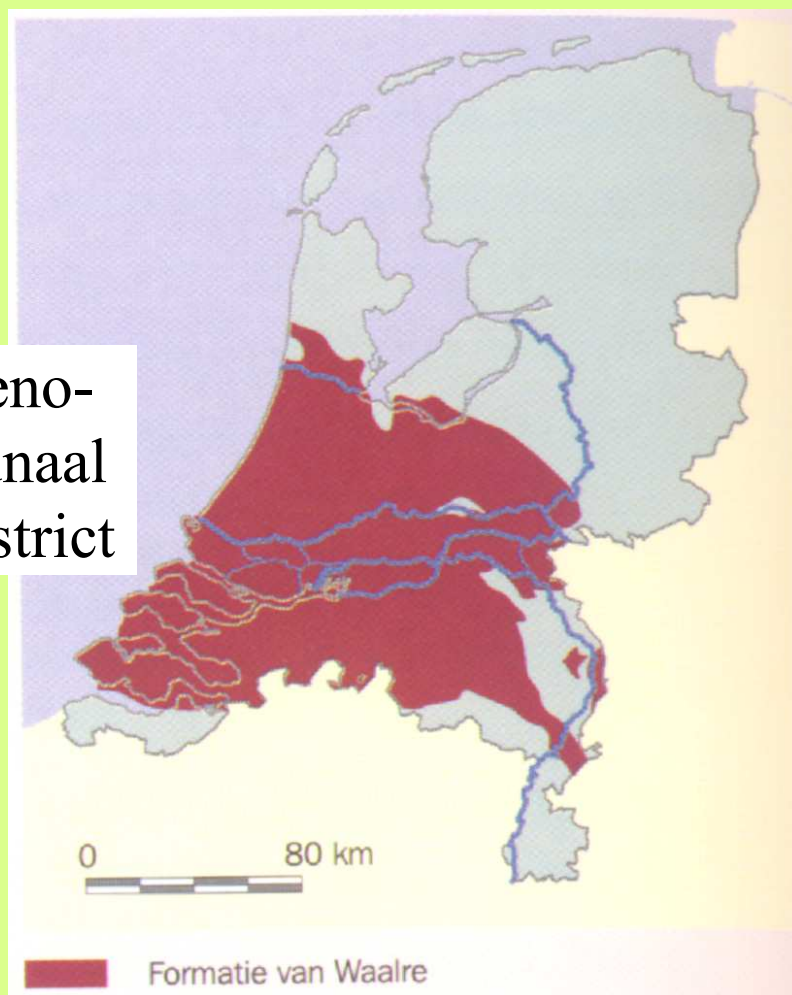
- pH, kalkgehalte en organische stof
 - onderlinge samenhang
 - hoe meer kalk, hoe hogere de pH
 - hoe meer organische stof, hoe sterker de ontkalking




- nutriënten: N en P
 - allebei essentiële voedingsstoffen
 - kalkrijke bodem is voedselrijk (?)
 - hoe meer organische stof, hoe meer nutriënten (?)

Renodunaal district

Reno-
dunaal
district



- van origine kalkrijk
 - schelpfragmenten
 - stukjes kalksteen uit achterland
 - kalkgehalte 8-10%
- van origine rijk aan Fe en Al
 - zand uit Centraal Europa
 - veel verweerbare mineralen
 - mineraal ijzergehalte 6 mmol/kg soil



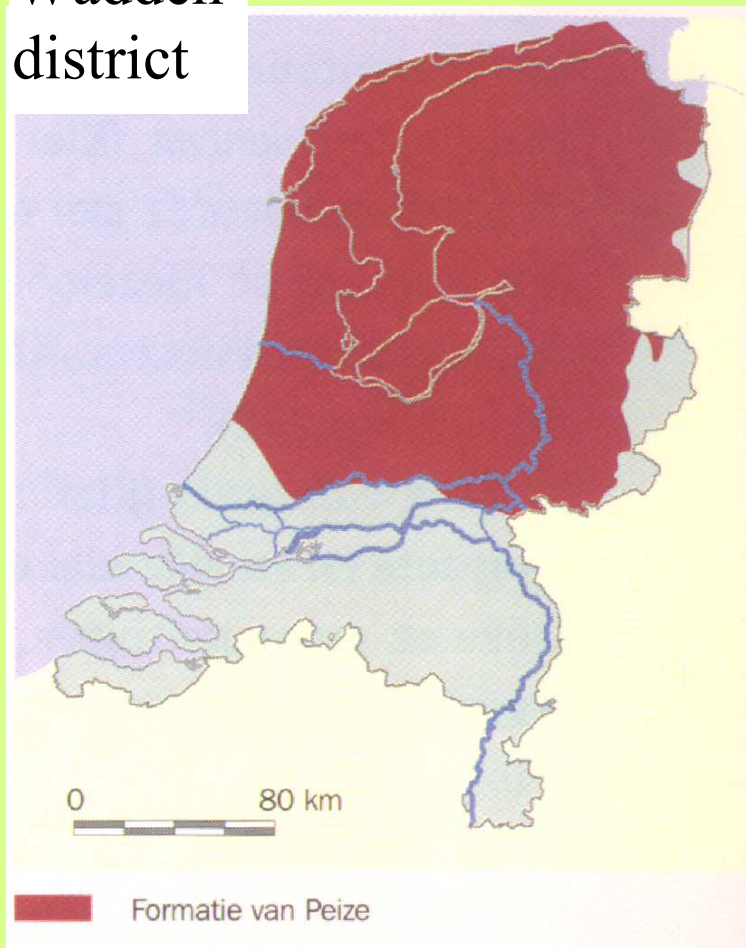
Jonge duinen: pH 7

Middelduinen: pH 5


Oude duinen: pH 4

Wadden district

Wadden district



- van origine arm aan kalk
 - zand van Baltische schild
 - weinig verweerbare mineralen
 - weinig schelpen
 - kalkgehalte 0.3%
- van origine arm aan Fe en Al
 - zand uit Baltische schild
 - weinig verweerbare mineralen
 - mineraal ijzergehalte 0 mmol/kg
- nauwelijks zonering in pH
 - alle bodems ontkalkt en zuur

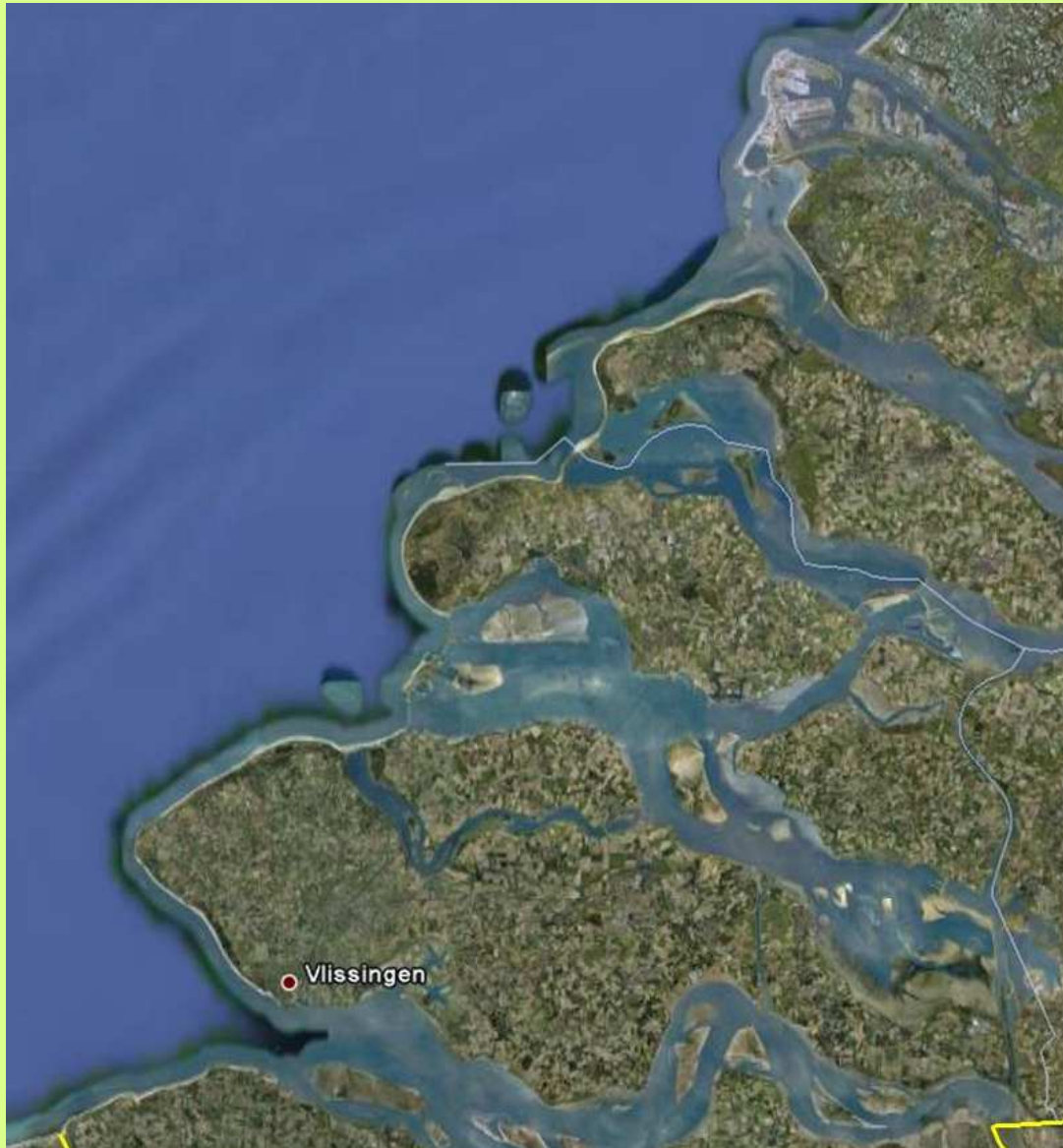


Jonge duinen: pH 6

Middelduinen: pH 4

Oude duinen: pH 4

Deltaduinen

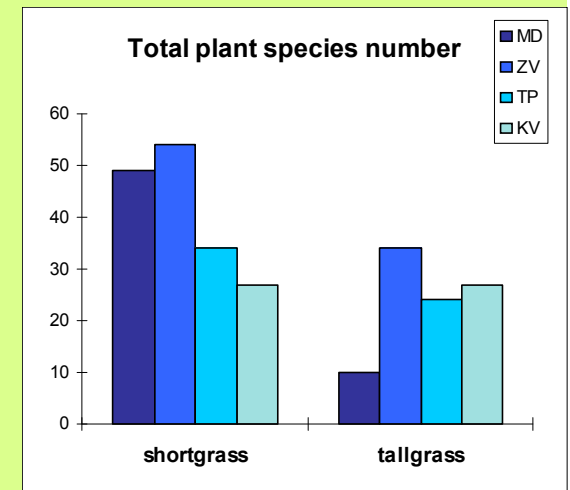


- Voorne
 - kalkrijk
- Goeree
 - redelijk kalkrijk
- Schouwen
 - intermediair
- Walcheren
 - kalkarm

Open duingrasland: vergrassing



Photographs: Rienk Slings





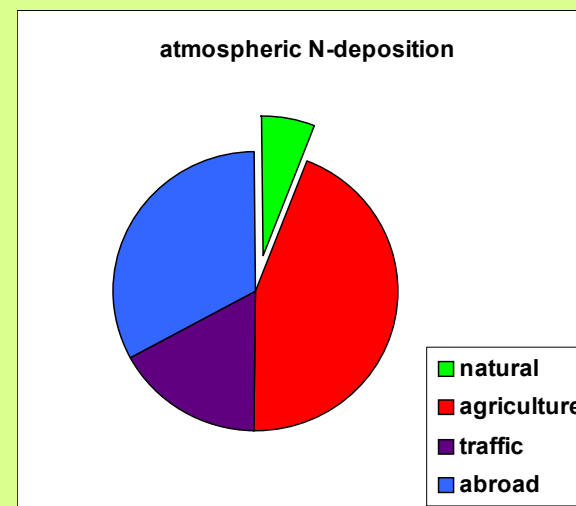
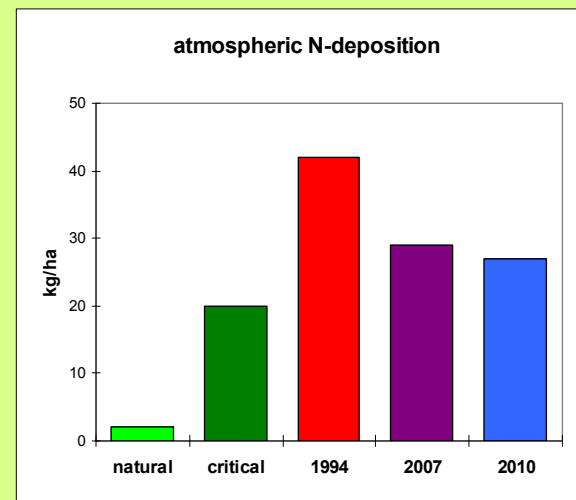
Stichting Bargerveen, Nijmegen



DECLINE OF THE RED-BACKED SHRIKE



Oorzaken vergrassing: N-depositie



Kritische N-depositie

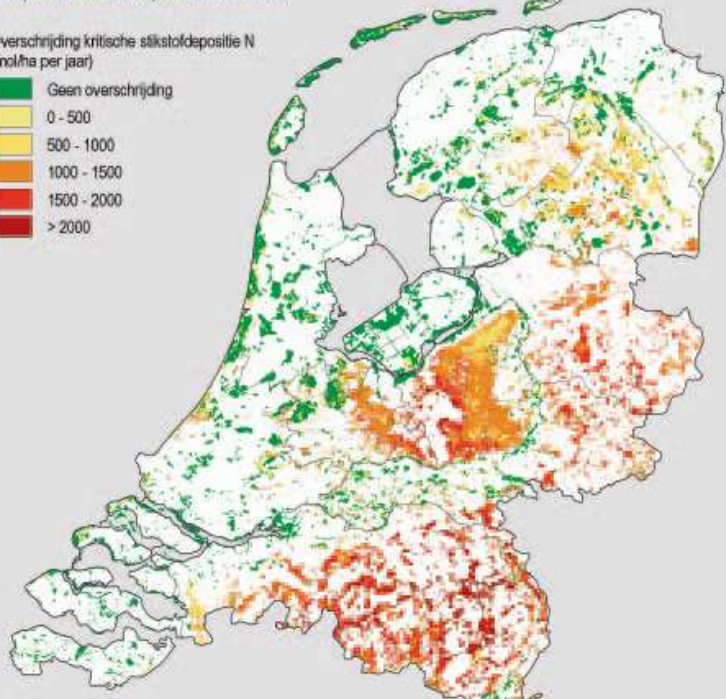
Tabel 1. Overzicht van de kritische stikstofdeposities van verschillende prioritaire habitats uit het duin- en kustgebied. Waarden zijn overgenomen uit Schouwenberg (2007), en gebaseerd op van Dobben et al.(2004, 2006).

Habitattype	Naam	Ondergrens kritische depositie (kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹)	Bovengrens kritische depositie (kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹)
1310	Pioniervegetaties slik- en zandgebieden	30	40
1320	Schorren met Slijkgrasvegetatie	30	40
1330	Schorren met Kweldergras	30	40
2110	Embryonale duinen	23.6	23.6
2120	Helmduinen	21.2	21.2
2130	Grijze duinen	10.7	19.7
2140	Duinheide	15	30.6
2150	Atlantische duinheide	15.5	20
2160	Duindoornstruweel	27.9	29
2170	Kruipwilgstruweel	22.4	38.8
2180	Duinbossen	20	29.1
2190	Vochtige duinvalleien	10.9	26.9
3130	Duinplassen	5.6	14

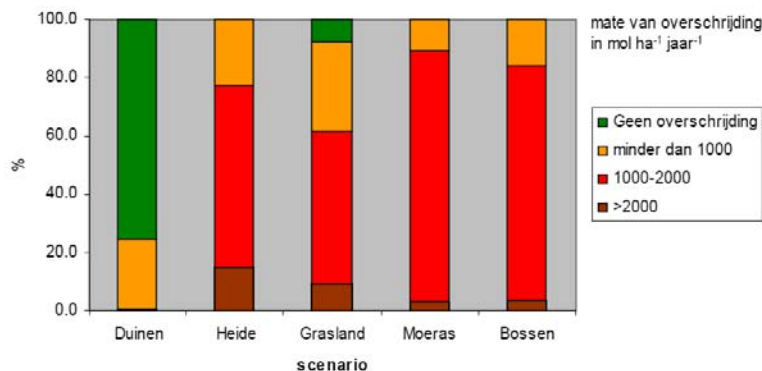
De duinen zijn nu 'groen' ???

Knelpunten stikstofdepositie voor natuur

Overschrijding kritische stikstofdepositie N
(mol/ha per jaar)



Overschrijding kritische stikstofdepositie 2003

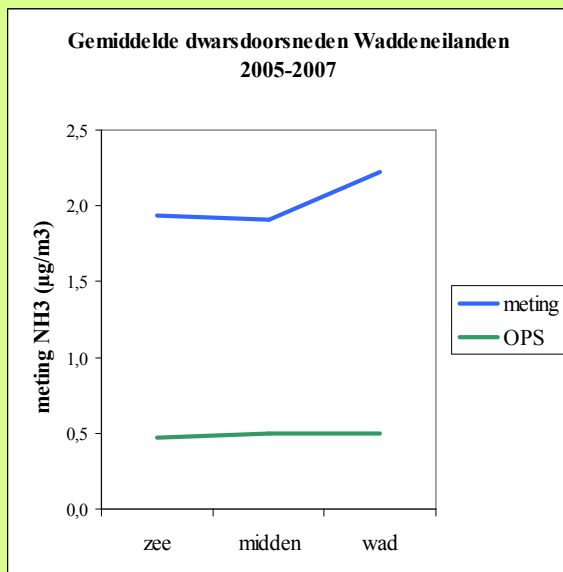
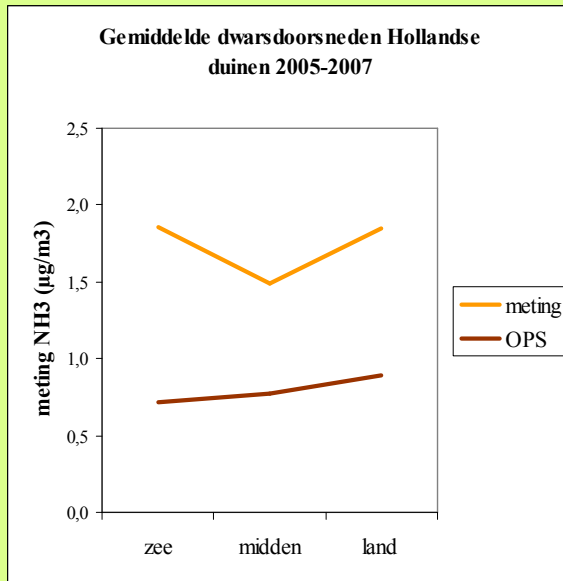


– Natuurbalans 2006

– in 75% van het duingebied geen overschrijding meer van de kritische N-depositie

– maar is dat wel zo?

Gemeten ammoniak hoger dan model



- Aan Hollandse kust
 - ca twee keer zo hoog
- In het Waddengebied
 - ca vier keer zo hoog
- waar ligt dat aan?
 - Metingen verstoord door 'een' stof uit zee?
 - Werkelijk hogere ammoniakconcentraties?
 - Model niet gedetailleerd genoeg?

Mogelijke gevolgen voor N-depositie ?

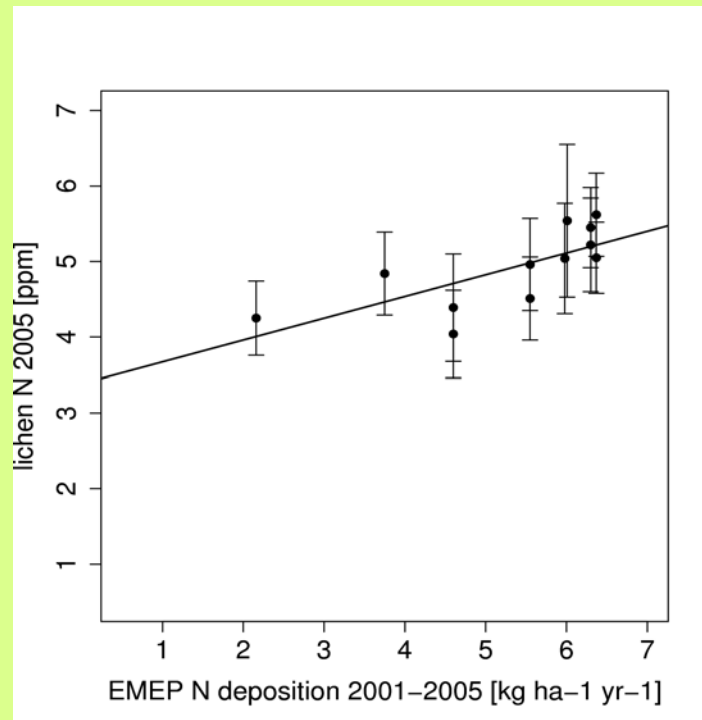
Berekende deposities in $\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ (gangbare OPS-versie), gemiddeld over de MAN-locaties per natuurgebied.

	ammoniak ($\text{mol ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$)	stikstofoxiden ($\text{mol ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$)	totaal stikstof ($\text{mol ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$)	totaal stikstof ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$)
Terschelling	200	450	650	9.3
Vlieland	225	425	650	9.3
Zwanewater	450	500	950	13.6
Amsterdamse Waterleidingduinen	550	625	1175	16.8
Meijendel	600	650	1250	17.9
Voornes Duin	600	675	1275	18.2

Aanname N-depositie in $\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ met 2-4 keer hogere ammoniakconcentraties

	ammoniak ($\text{mol ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$)	stikstofoxiden ($\text{mol ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$)	totaal stikstof ($\text{mol ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$)	totaal stikstof ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$)
Terschelling	800	450	1250	17.5
Vlieland	900	425	1325	18.6
Zwanewater	900	500	1400	19.6
Amsterdamse Waterleidingduinen	1100	625	1725	24.2
Meijendel	1200	650	1850	25.9
Voornes Duin	1200	675	1875	26.3

Kritische depositie mogelijk te hoog

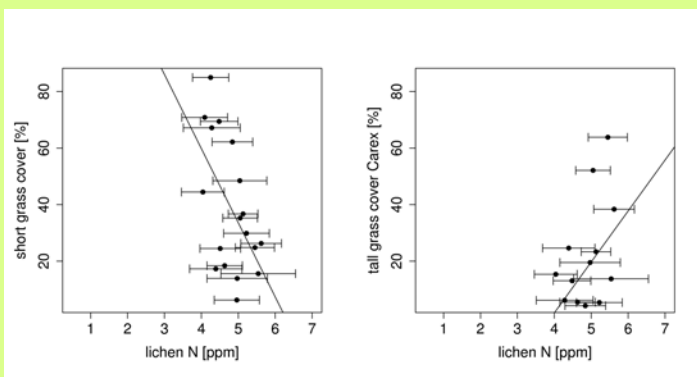


- Kritische depositie

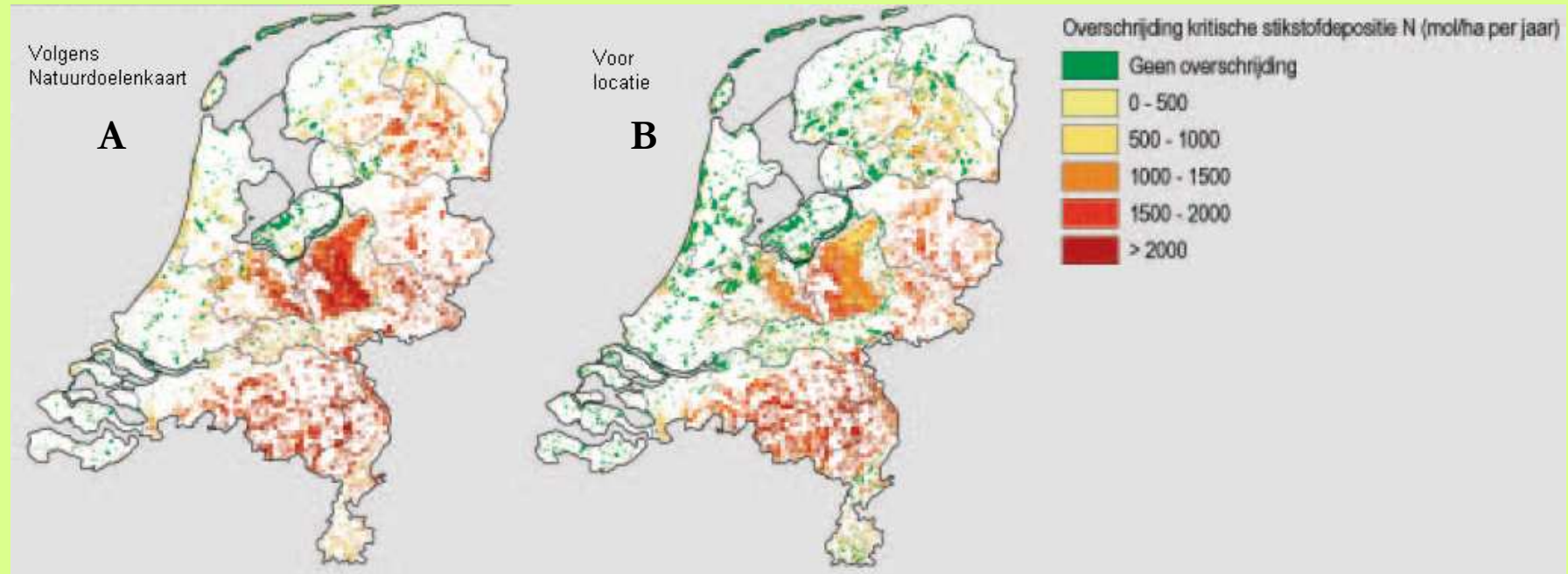
- 15-25 kg N ha⁻¹ yr⁻¹
- Duinen: 75% onder critical load (?)
 - Schouwenberg (2007)

- onderzoek Eva Remke

- rondom Baltische Zee
- effect meetbaar bij 4-6 kg ha⁻¹ yr⁻¹

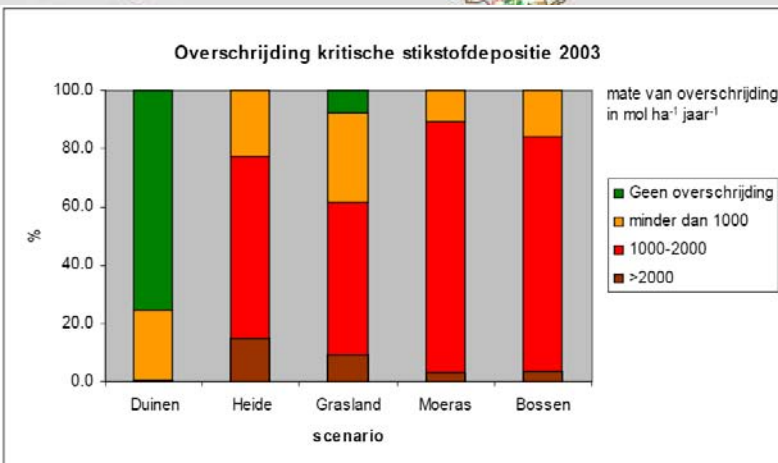
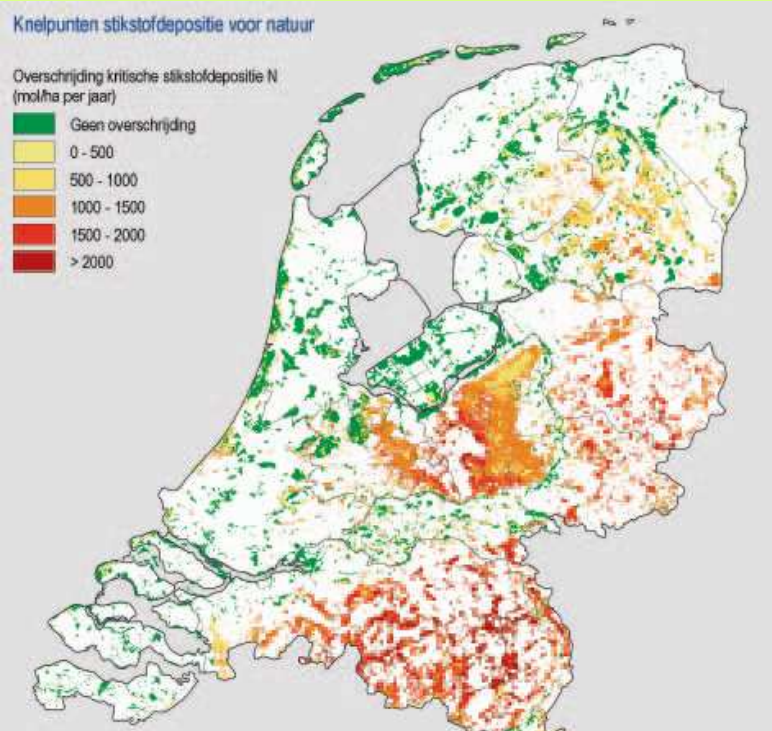


Overschrijding kritische N-depositie



- A. volgens meest kritische habitattype per gebied
 - Grijze duinen: 10-20 kg ha⁻¹ jr⁻¹
- B. volgens ecotopenkaart, met gevoelige en minder gevoelige habitattypen samengevoegd
 - Grijze duinen met Duindoornstruweel (28-29 kg ha⁻¹ jr⁻¹)

De duinen zijn nu 'groen' (?)



- werkelijke N-depositie hoger dan gedacht
- werkelijke kritische N-depositie lager dan gedacht
- gevoelige en minder gevoelige habitattypen samengevoegd

- dat klopt dus niet helemaal

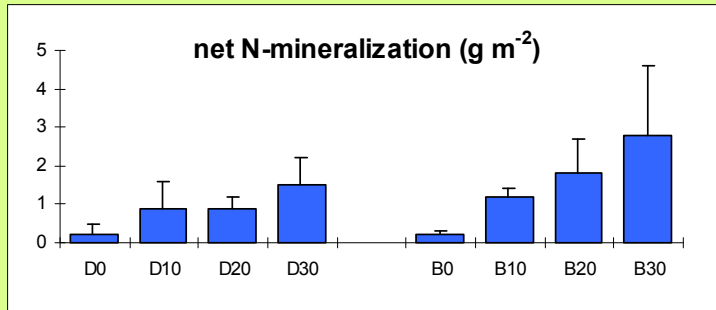
De erfenis uit het verleden



- Accumulatie van N-depositie
 - waarschijnlijk ca 40% opslag
 - in 20 jaar 22-24 g/m² N *extra*
 - » goed voor 1500 g/m² biomassa

- Versnelde verzuring
 - 20 jaar versnelde ontkalking
 - bij 0.5% kalk
 - *extra* ontkalking van 3.6-9.5 cm
 - bij 5% kalk
 - *extra* ontkalking van 3.6-9.5 mm
 - maar ook oplossing calciumfosfaat
 - » per mm ontkalking: 60 mg/m² P
 - » goed voor 200-600 g/m²

Verminderde begrazing

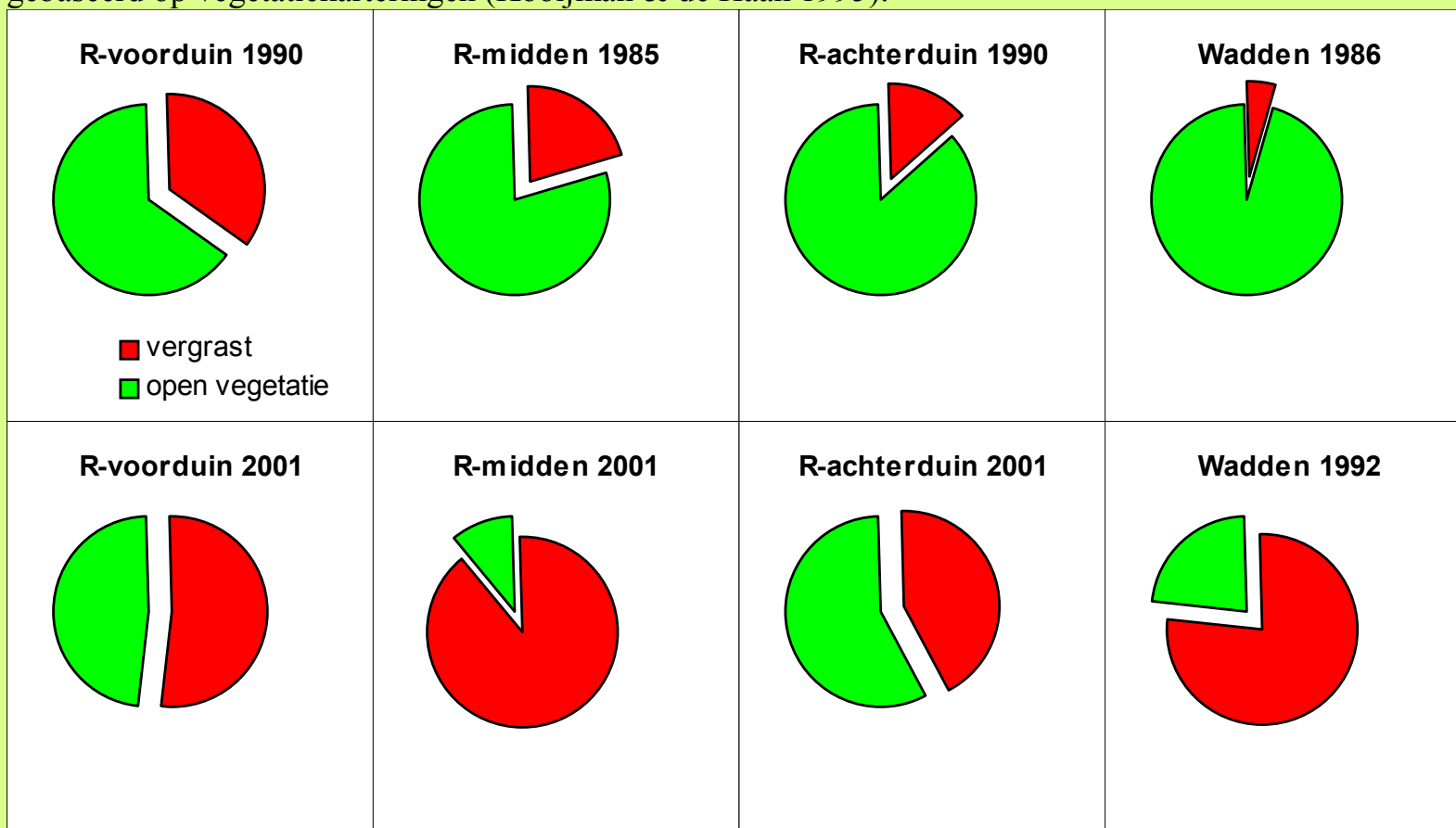


- Afname konijnen
 - Myxomatose en VHS

- Zelfversterkend proces
 - langer vergrast
 - hogere strooiselinput
 - hogere N-mineralisatie (in strooisellaag)
 - » hogere biomassa productie
 - » meer wortels
 - » hogere opnamecapaciteit
 - » nog meer nutrienten
 - » nog meer biomassa etc....

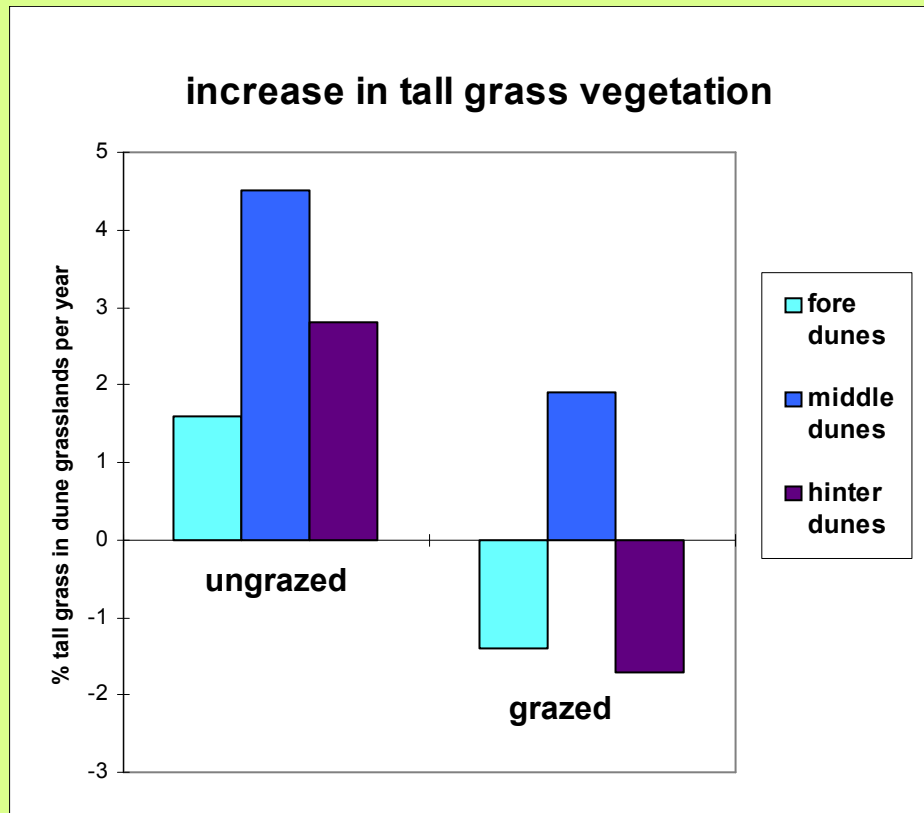
Effect N-depositie hangt af van bodem

Figuur 1. Verschuiving van het aandeel van lage, open en vergraste vegetatie in duingrasland in vier verschillende duinzones. R-voorduin = Renodunaal district, kalkrijke voorduinen; R-midden = Renodunaal district, ondiep ontkalkte middenduinen; R-achterduin = Renodunaal district, diep ontkalkte achterduinen; Wadden = Wadden district, onkalkte, ijzerarme bodems. Gegevens uit het Renodunaal district zijn gebaseerd op luchtfotointerpretaties (Mark van Til, ongepubliceerde resultaten). Gegevens uit het Wadden district zijn gebaseerd op vegetatiekarteringen (Kooijman & de Haan 1995).





Ook verschil bij begrazing



- afname vergrassing in voor- en achterduinen
- nog steeds toename vergrassing in middenduin
 - hoewel minder snel
- verschil in pH en bodemchemie werkelijk relevant

N en P-beschikbaarheid belangrijk



- Weinig P: minder effect N-depositie
- N-beschikbaarheid
 - afbraak van organische stof (strooisel)
 - hoger bij hoge pH
 - microbiële N-behoefte
 - hoger bij hoge pH (bacteriën i.p.v. schimmels)
 - netto N-beschikbaarheid voor de vegetatie ???
 - niet perse hoger bij hoge pH
- P-beschikbaarheid
 - bodemchemische condities
 - lager bij hoge kalkgehalten
 - lager bij hoge gehalten aan mineraal ijzer

(straks in meer detail)

Wetenschapsquiz



- Waarom is vergrassing in het Renodunaal district minder erg dan in het Waddendistrict?
 - a. omdat er in het Renodunaal district meer konijnen zijn
 - b. omdat atmosferische N-depositie in het Renodunaal district lager is
 - c. omdat er in het Renodunaal district minder P beschikbaar is
 - d. omdat er in het Renodunaal district minder N beschikbaar is

Wetenschapsquiz



- Waarom is de P-beschikbaarheid in het Renodunaal district lager dan in het Waddendistrict?
 - a. omdat in het Renodunaal district de strooiselinput lager is
 - b. omdat in het Renodunaal district de afbraaksnelheid van strooisel lager is
 - c. omdat er in het Renodunaal district meer kalk in de bodem zit
 - d. omdat er in het Renodunaal district meer ijzer in de bodem zit

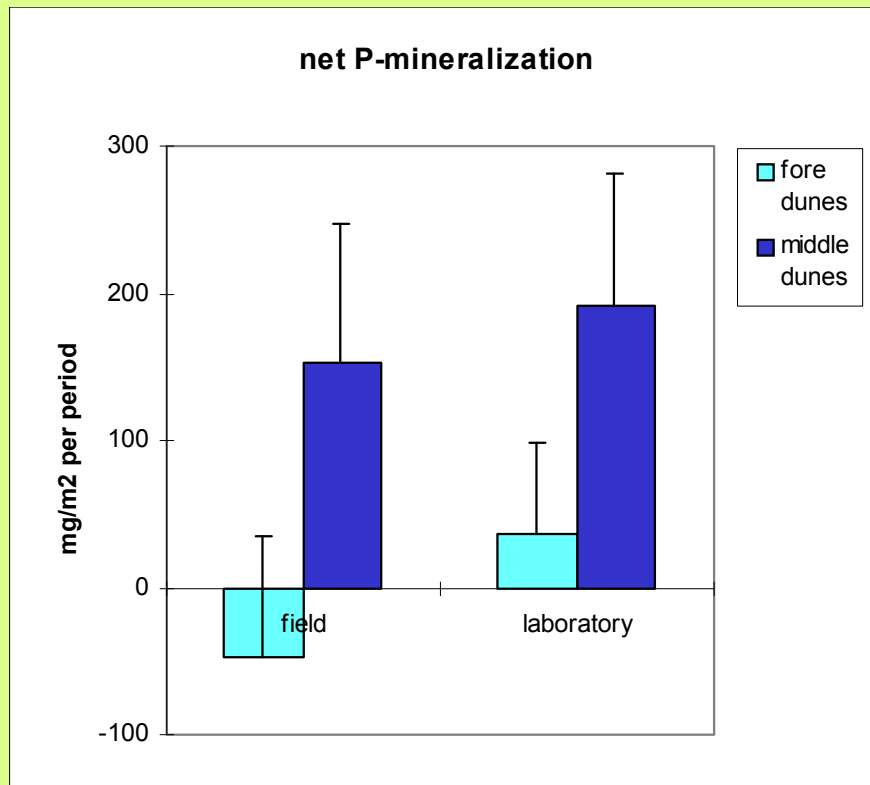


- Waarom is de N-beschikbaarheid in het Renodunaal district lager dan in het Waddendistrict?
 - a. omdat de N-depositie in het Renodunaal district lager is
 - b. omdat in het Renodunaal district de strooiselininput lager is
 - c. omdat in het Renodunaal district de afbraaksnelheid van strooisel lager is
 - d. omdat micro-organismen in kalkrijke bodems meer N nodig hebben

I. Invloed van kalk op P

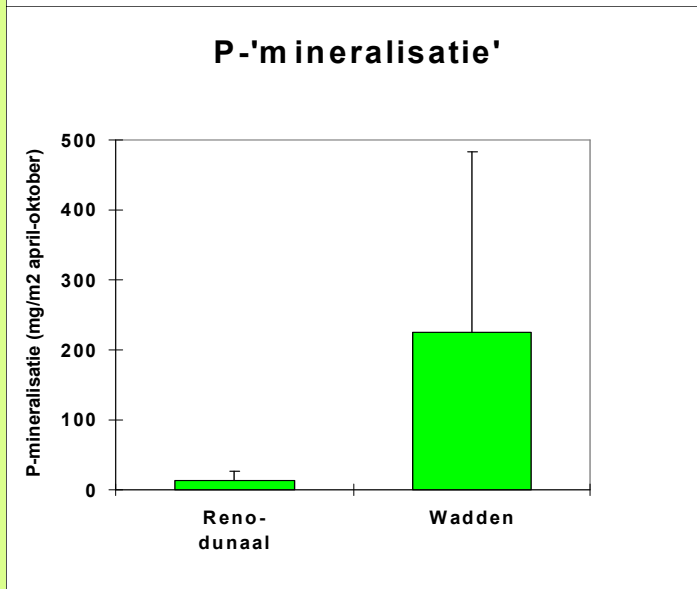
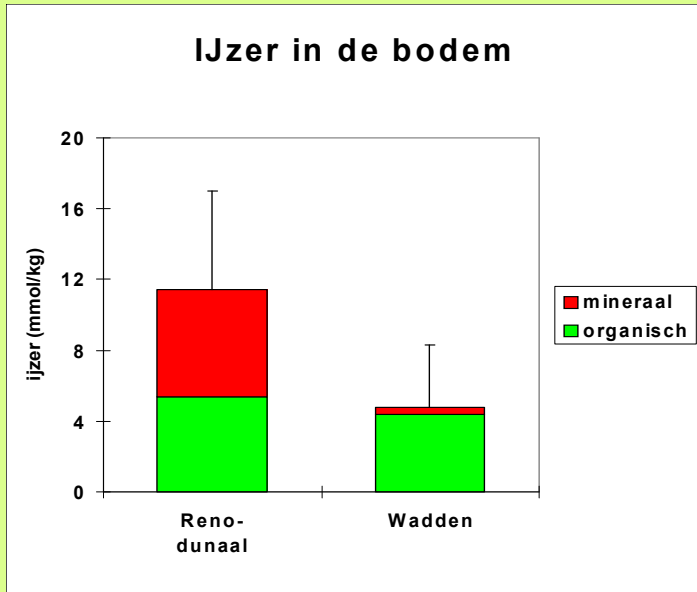


- vooral in Renodunaal
- kalkrijke duinen
 - P-fixatie in calciumfosfaat



- ontkalkte duinen
 - hoge P-beschikbaarheid door oplossen calciumfosfaat
 - per mm bodem 60 mg/m² P
 - genoeg voor 60 g/m² plant

II. Invloed van ijzer op P

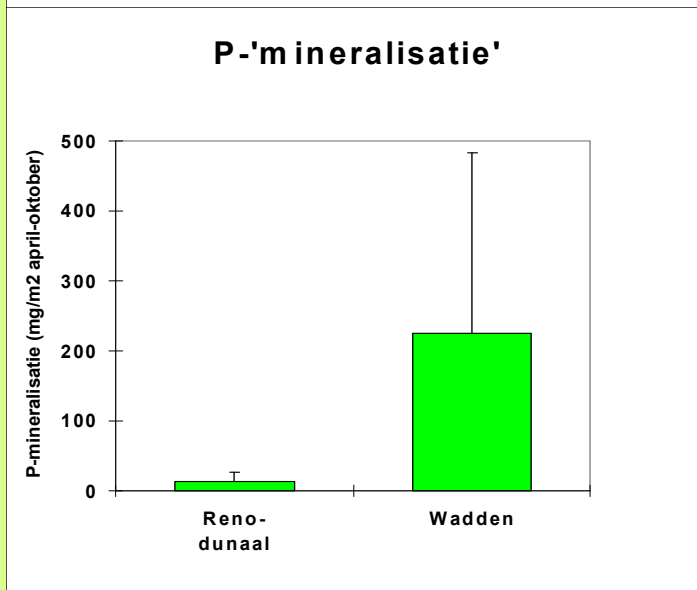
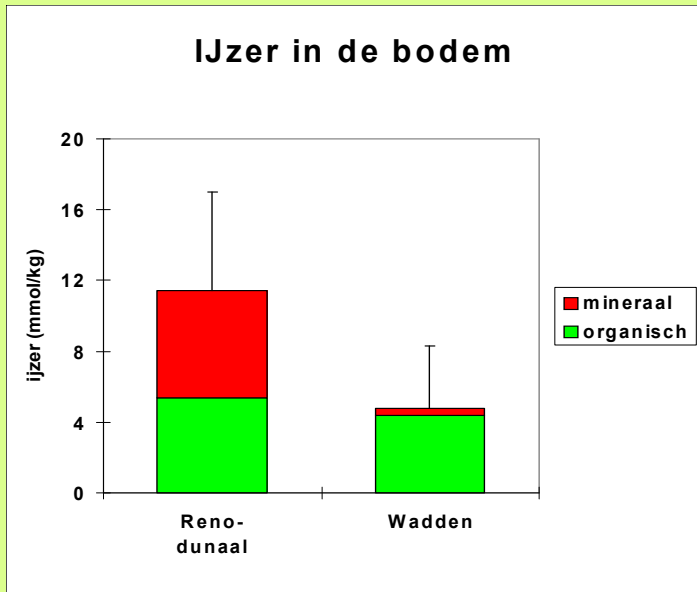


- Wadden district:
- bodem arm aan ijzer
 - en alleen in organische vorm
 - geen P-fixatie
 - hoge P-mineralisatie
- vegetatie N-gelimiteerd
 - lage N/P ratio (10-11)
 - efficient gebruik van atmosferische N-depositie

Kooijman et al. 1998 Journal of Ecology

Kooijman & Besse 2002 Journal of Ecology

II. Invloed van ijzer op P



- Renodunaal district:
- bodem rijk aan ijzer
 - deels in minerale vorm
 - P-fixatie in ijzerfosfaat
 - lage P-mineralisatie
- vegetatie P-gelimiteerd
 - atmosferische N-depositie heeft nauwelijks effect

Kooijman et al. 1998 Journal of Ecology

Kooijman & Besse 2002 Journal of Ecology

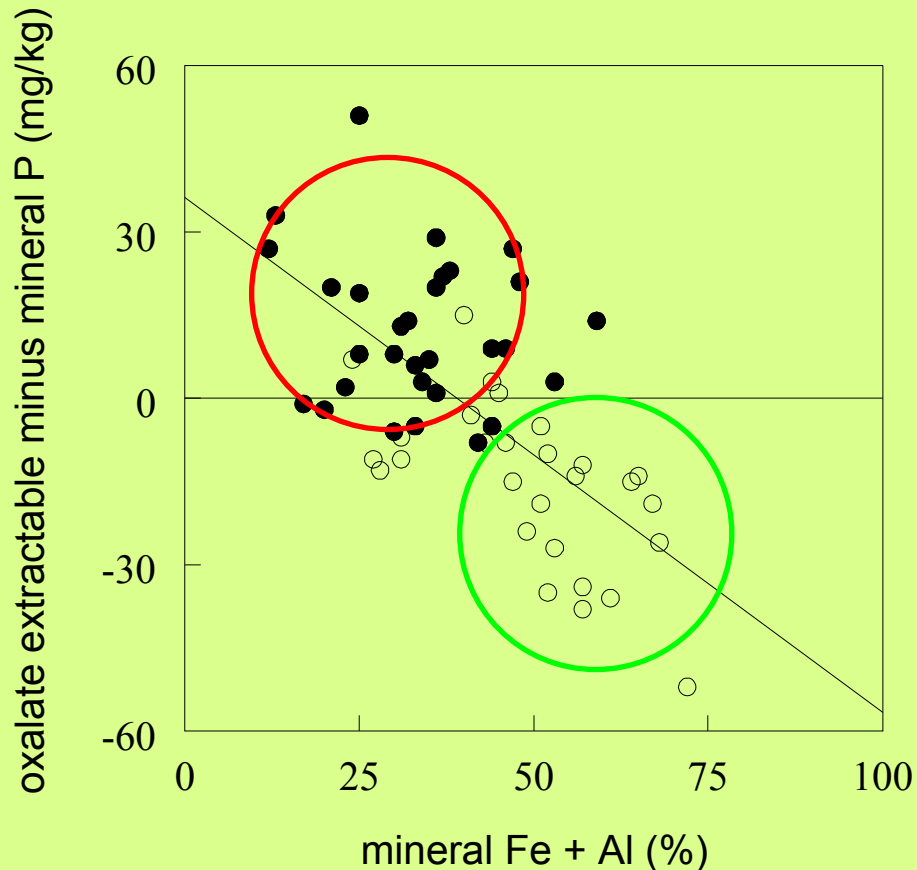
Echter: alleen bij lage OM

- Oxalaat-P

- gebonden aan ijzerhydroxides
- P-Fe-organische stofcomplex

- Mineraal P (lage pH)

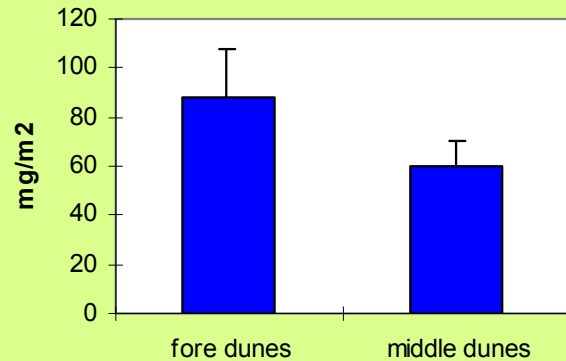
- aan ijzerhydroxides
- kristallijn P (FePO_4)



- $P_{\text{oxalaat}} > P_{\text{mineraal}}$
– rijk aan OM
 - overschot P-Fe-OM
- $P_{\text{mineraal}} > P_{\text{oxalaat}}$
– arm aan OM
 - overschot FePO_4

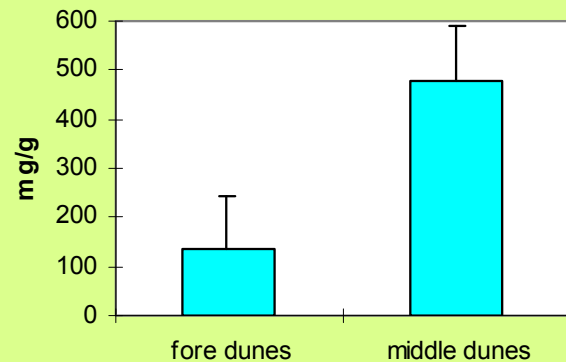
III. N-beschikbaarheid

microbial N



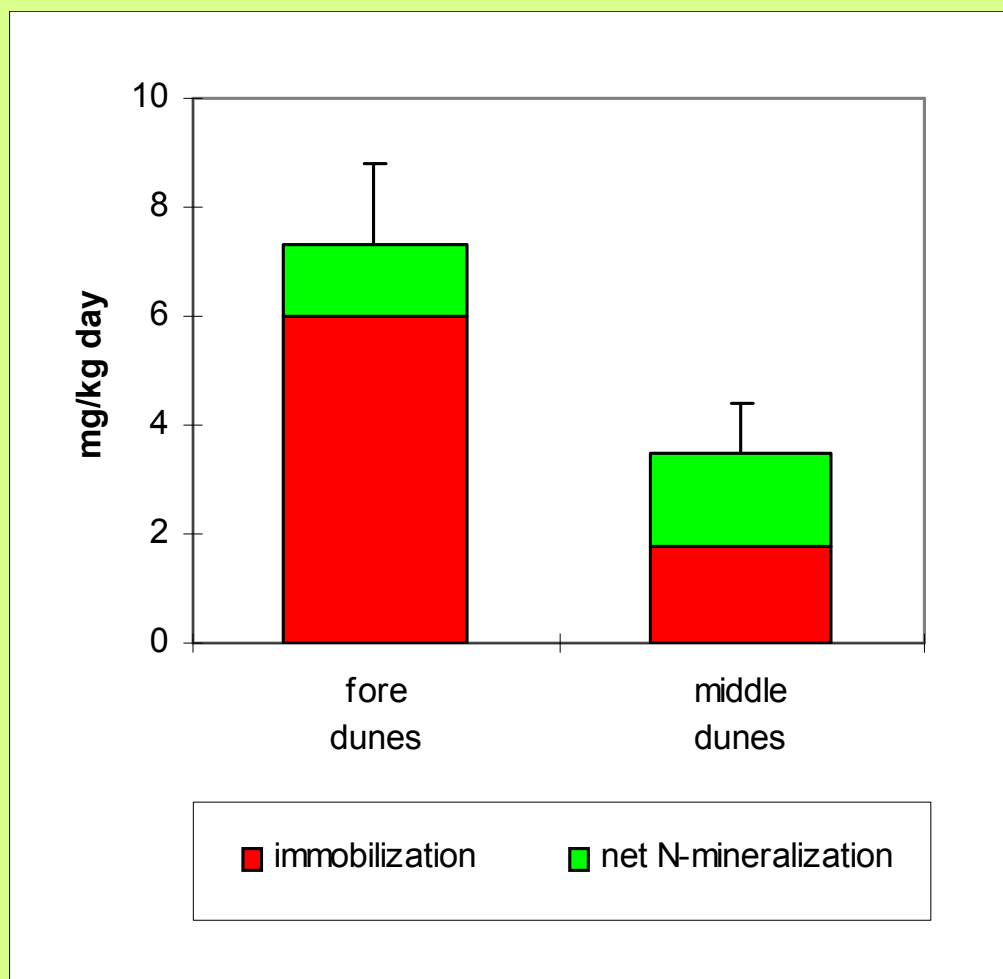
- kalkrijke bodem
 - meer micro-organismen
 - maar lagere netto N-mineralisatie per micro-organisme
 - (bacteriën)

net N-mineralization per unit m.o.



- verzuurde bodem
 - minder micro-organismen
 - maar hogere netto N-mineralisatie per micro-organisme
 - (schimmels)

Bruto N-mineralisatie



- kalkrijke bodem
 - hoge bruto N-mineralisatie
 - maar ook hoge microbiële N-behoefte

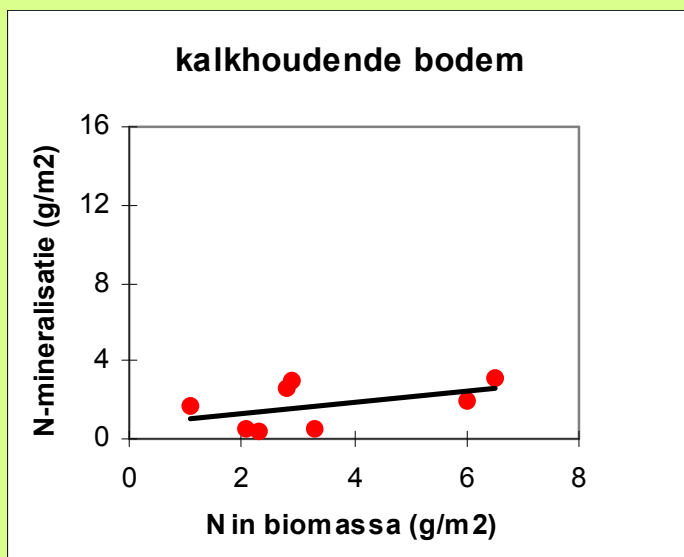
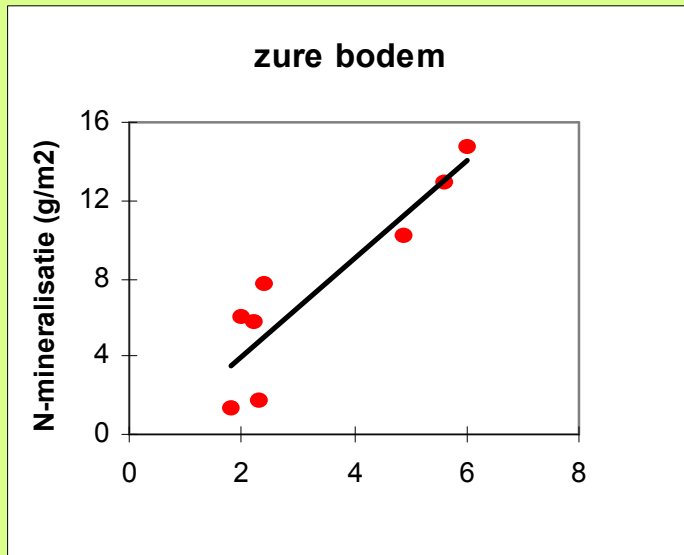
- verzuurde bodem
 - lage bruto N-mineralisatie
 - maar ook lage microbiële N-behoefte

Ook in Beukenbossen



	acid	calcaric
net N-mineralization (g m ⁻²)	3.3	0.9
gross net N-mineralization (g m ⁻²)	5.0	7.3
microbial growth efficiency (%)	15	32
microbial immobilization (%)	33	88
microbial immobilization (g m ⁻²)	1.7	6.4

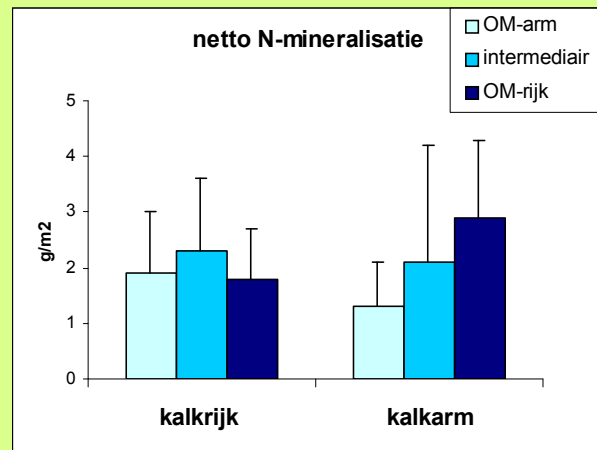
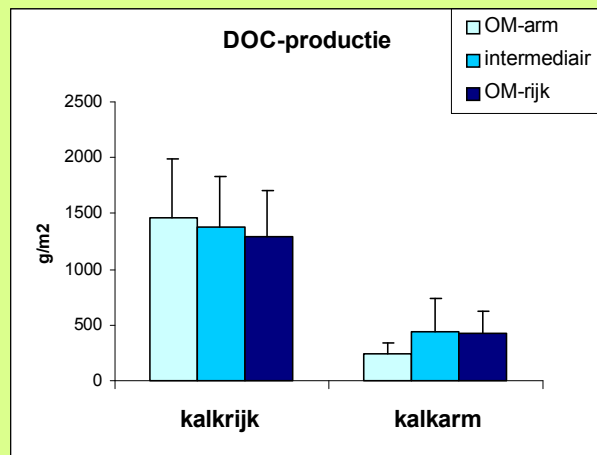
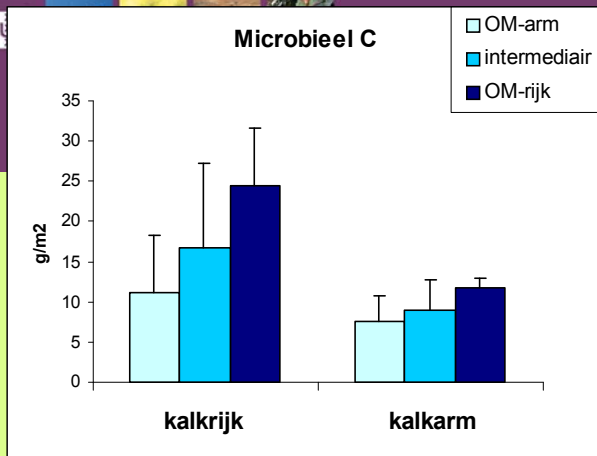
Efficient gebruik N-input



- zure bodem Waddendistrict
 - sterke relatie strooiselinput en N-mineralisatie
 - zelfversterkend effect vergrassing
 - nadeel voor vergrassing
 - voordeel voor het beheer

- kalkhoudende bodem
 - geen relatie strooiselinput en N-mineralisatie
 - micro-organismen leggen alles vast

pH belangrijker dan OM



- Van kalkrijke naar zure bodem
- afname micro-organismen
- afname decompositie
- maar geen afname in N-mineralisatie
 - en geen effect OM

Kalkhoudende duinbodems

- arm aan OM
 - beste kansen
 - relatief lage P-beschikbaarheid
 - P-fixatie in calciumfosfaat
 - relatief lage N-beschikbaarheid
 - lage strooiselinput
 - hoge immobilisatie
 - minder gevoelig voor N-depositie
 - hogere kritische depositie
 - lichte verstuiving en begrazing
- rijk aan OM
 - moeilijker
 - nog steeds kalkrijk
 - lage N en P-beschikbaarheid
 - houdt pH hoog door verstuiving
 - ondiep ontkalkt
 - hoge P-beschikbaarheid
 - oplossing calciumfosfaat
 - hoge N-beschikbaarheid
 - verhoging strooiselinput
 - minder immobilisatie
 - heel veel meer beheer nodig
 - of gebruik hoge voedselaanbod

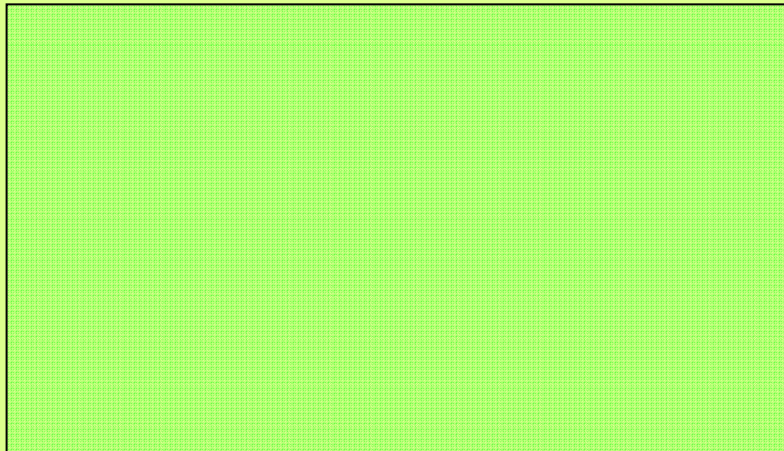
Kalkarme, zure duinbodems

- arm aan OM
 - moeilijker
 - rijk aan ijzer
 - lage P-beschikbaarheid
 - P-fixatie in ijzerfosfaat
 - effect N-depositie geremd door P
 - arm aan ijzer
 - hoge P-beschikbaarheid
 - relatief losse binding
 - sterk effect N-depositie
 - lagere kritische depositie
- rijk aan OM
 - zeer moeilijk
 - hoge N-beschikbaarheid
 - efficiënte N-mineralisatie
 - arm of rijk aan ijzer
 - hoge P-beschikbaarheid
 - relatief losse binding aan Fe-OM-complexen
 - sterk effect N-depositie
 - heel veel beheer nodig
 - laten gaan (?)
 - » *Prunus serotina*



N en P-beschikbaarheid in duinen

P



Wadden district
Renodunaal: diep ontkalkt (OM-rijk)
Renodunaal ondiep ontkalkt

N

Renodunaal: kalkrijk

Renodunaal: diep ontkalkt (OM-arm)

Boodschap: ken uw gebied

- Lage P-beschikbaarheid?
 - Geen probleem, beheer relatief simpel
 - » Houdt bodem kalkrijk of ijzerrijk (verstuiving)
 - » Voorkom dichtgroeien (lichte begrazing)
- Hoge P-beschikbaarheid?
 - Mogelijk om N-beschikbaarheid te verlagen?
 - Begrazing of verstuiving
 - N en P-beschikbaarheid toch te hoog?
 - Heel veel beheer
 - Andere keuze dan duingrasland