



Manneken Pis, Bryssel

Kväve, människa och vatten i en hållbar framtid

Inledande översikt
Prof em Bengt Nihlgård
Ekologiska inst., LU

Kväve är kemiskt mångformigt !

- **Kvävgas (N_2)** är mycket inert, men ...
- **NH_3 (ammoniak)** är flyktig vid $\text{pH} > 7$, avdunstar lätt från urin i stallar och avloppsdammar och från gödslade åkrar. Det sprids även direkt som gödselmedel i Danmark
- Ammoniak reagerar snabbt med vatten till **NH_4^+ (ammoniumjoner)** som ingår i mycket små partiklar i luften, vilka regnar ner i storleksordning 3-15 kg/ha/år, mest i SV Sverige och minst längst i norr
- **NH_4^+** absorberas lätt i marksystemet (används av växter, svampar, mikroorganismer) och utlakas sällan från skogsmark i större kvantiteter (dvs normalt inte över 0,1 mg/L i markvatten)
- **NH_4^+** kan, via bakterier och svampar, oxideras till **NO_3^-** (nitrat) under frigörande av 2 H^+ vilket försurar!

Kväve är kemiskt mångformigt (2)

- **Kväveoxiderna NO och NO₂** bildas vid blixurladdningar och vid förbränning vid hög temperatur. Dessa gaser är flyktiga men relativt instabila, oxideras med tiden till NO₃⁻ (nitrat)
- **Nitratjoner** regnar ner ungefär lika mycket som ammonium (3-15 kg/ha/år i Sverige)
- Nitratjonen är löslig och ett viktigt växtnäringsämne. Den lakas dock lätt ut till grundvatten och vattendrag
- Vid syrebrist kan nitratjonen reduceras av bakterier till antingen N₂O eller N₂

Kväve är kemiskt mångformigt (3)



- N_2O (lustgas) är flyktig, mycket stabil och skadlig för ozonskiktet på 3-5 mils höjd. Den oxideras långsamt till NO_3^- som bildar större partiklar och så småningom också regnar ner.

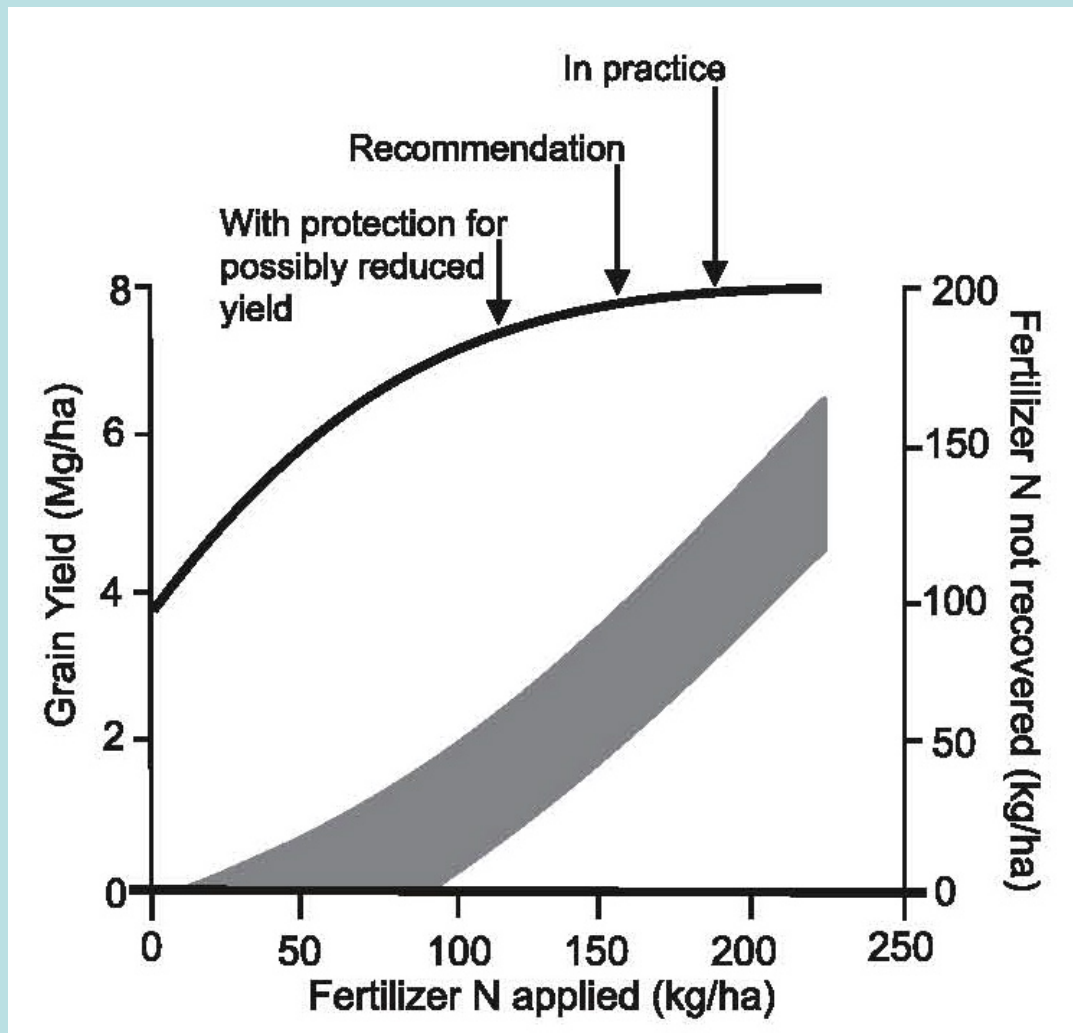
Kväve är kemiskt mångformigt (4)



Våra vatten blir brunare av humus- och fulvosyror

- Växterna binder kvävet som NH_2 -grupper i **aminosyror**.
 - Efter nedbrytning och vid utlakning av organiska ämnen till vatten finns kväve med i **humussyror** (svårlösliga i stark syra) och **fulvosyror** (lösliga i vatten och syra).
 - Kunskap om dessa syraprodukter:
 - hur mycket,
 - i vilken kemisk form
 - och varifrån
- är dock dålig!

Nitrat och ammonium begränsar tillväxten



- Såväl NH_4 som NO_3 är de ämnen som **oftast begränsar växternas tillväxt** i såväl mark- som vattenekosystem!
- Finns kväve i överskott (ofta i limniska system) så blir dock **fosfat** begränsande för tillväxten.
- I terrestra system kan även **bor (B)** vara begränsande.

Inom jordbruket är gödslingseffekten av kväve välkänd, liksom utlakningsproblemen! (Boesch et al 2002)

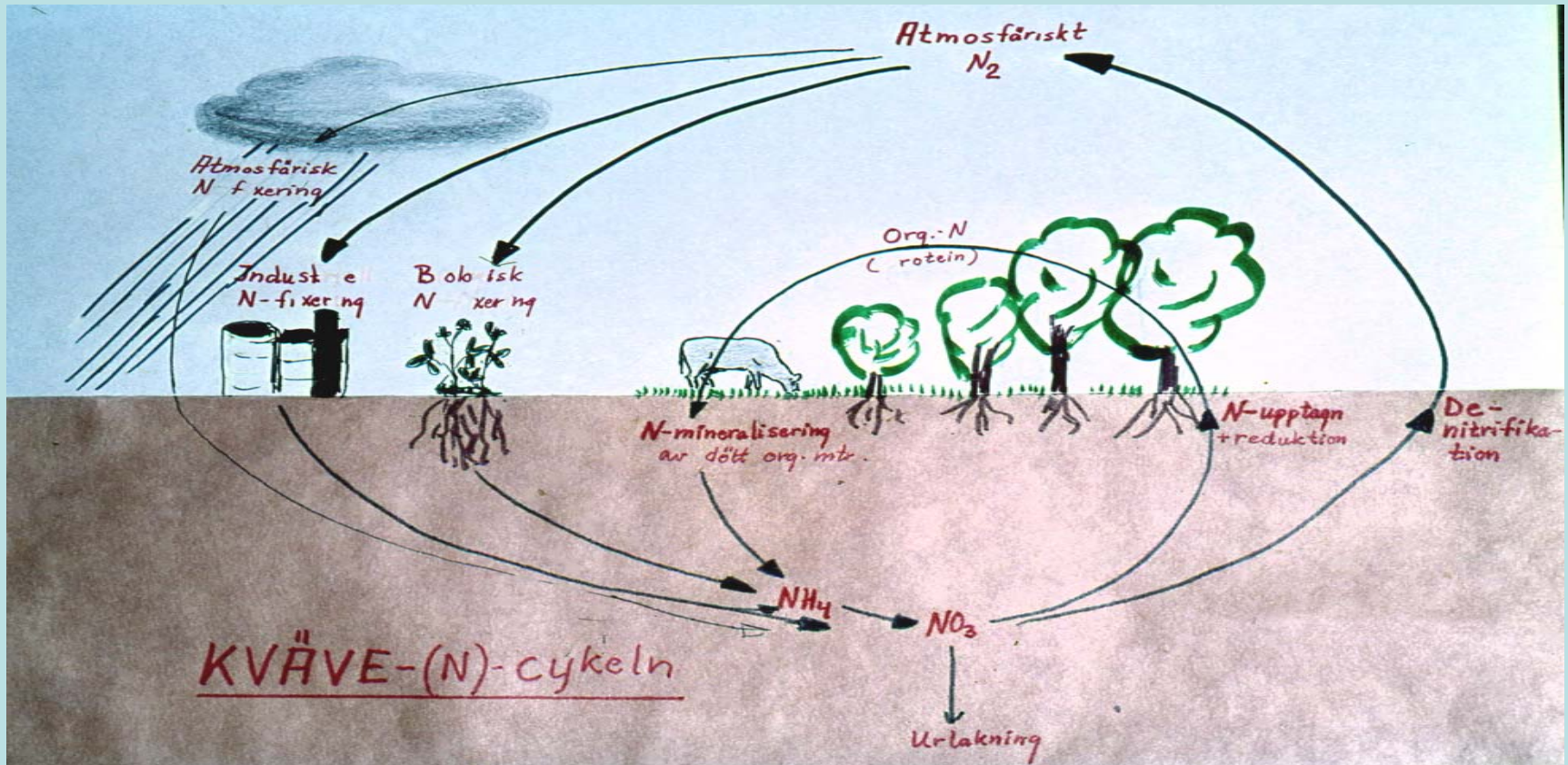
Kvävet har således stor betydelse i biosfären, men finns i små men snabbt omsatta fraktioner av

- **Ammoniak, ammonium** (**< 0,5 %**)
- **Kväveoxider, nitrat** (**< 0,5 %**)

Det mesta är bundet som aminosyror i organiskt material (**> 99 %**)

- **Levande växter och djur, inkl. hav** **ca 20 Gt**
- **Organiskt material i mark (SOM) och sediment (omsättning ca 1% om året)** **ca 130 Gt**

Kvävet i terrestra system tas upp främst från nedbrytningen av gammalt organiskt material (intern ekosystemcirkulation), men..

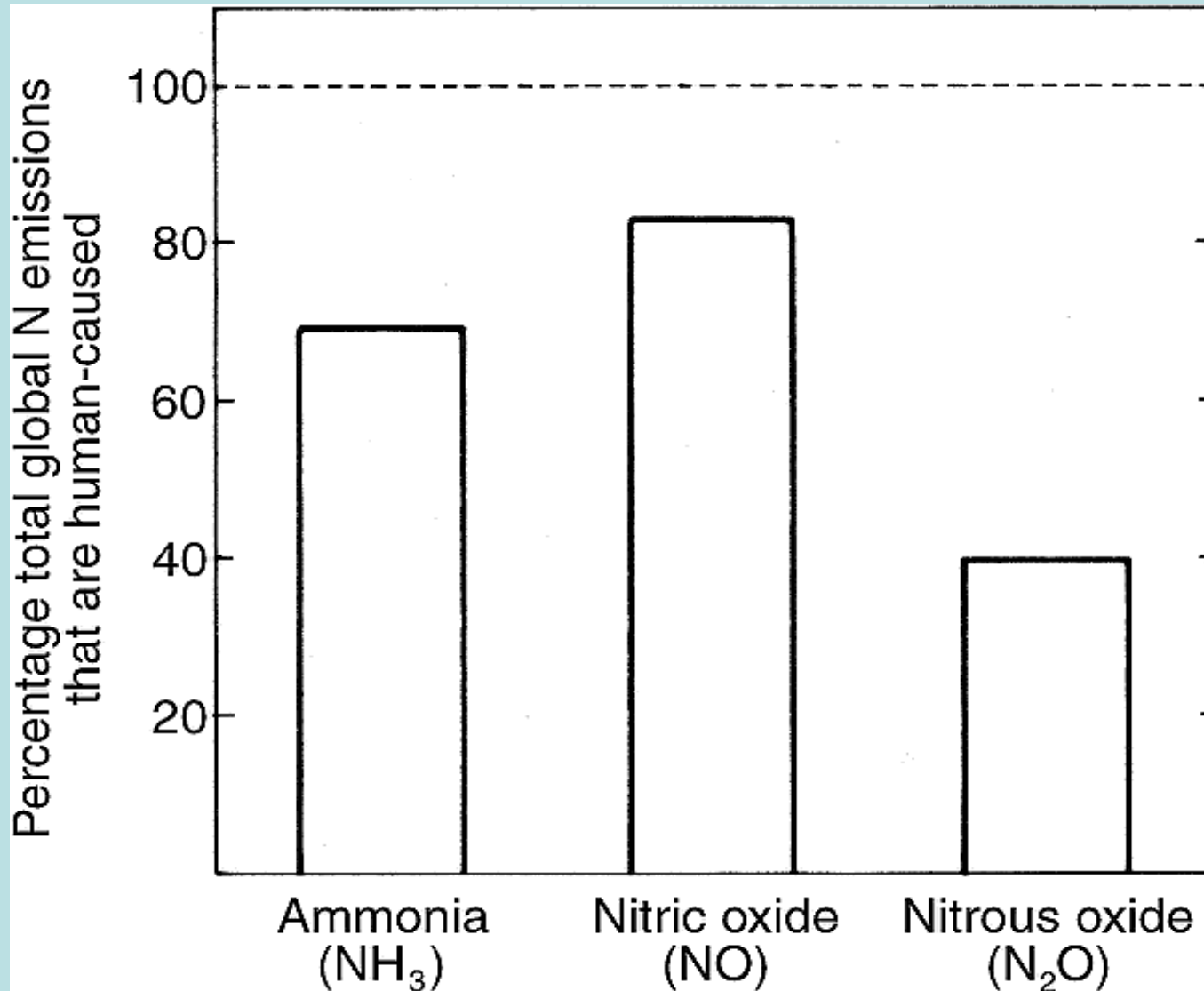


- Nederbörden har de senaste 40 åren tillfört betydande mängder kväve till skogsmarkerna.
- Nederbördskvävet ackumuleras kontinuerligt i skogsekosystemen och höjer trädens tillväxt!

Människans påverkan har globalt mer än fördubblat N-flödena, regionalt mångdubblat dem!

- Sedan 1940-talet har kväve genererat av människan fördubblats på global nivå och uppgår idag till ca 210 miljoner ton (Mt) per år (= 0,21 Gt/år).
- Naturliga processer bidrar med ca 140 miljoner ton (Mt) per år (= 0,14 Gt/år).

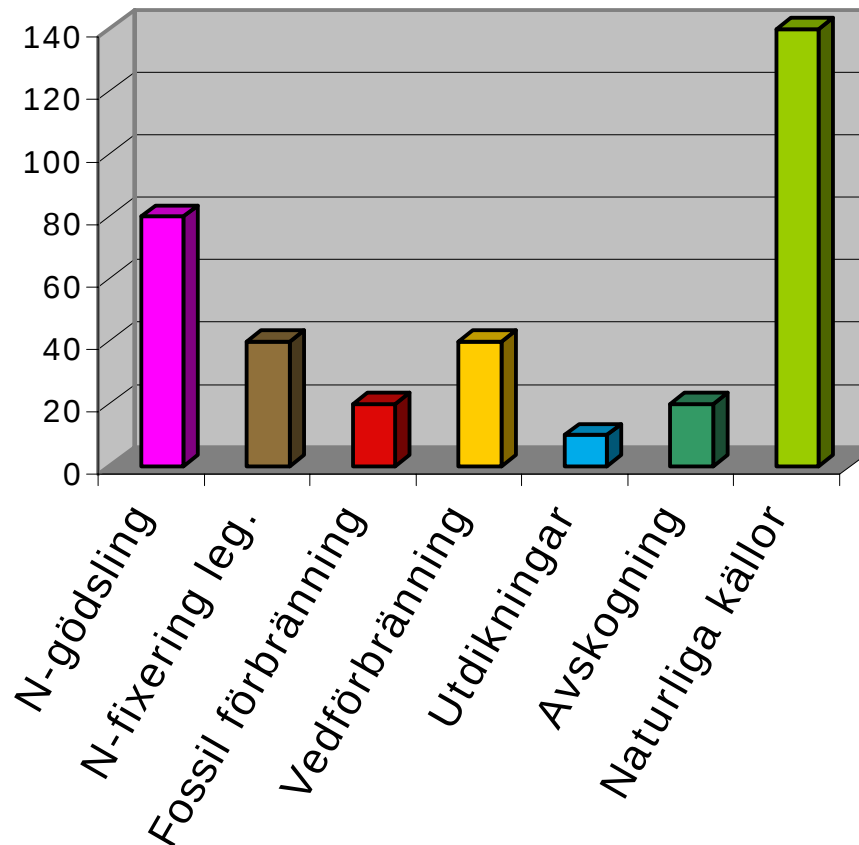
**Kväve släpps ut till atmosfären som ammoniak resp.
kväveoxider, det mesta av antropogent ursprung**
(Vitousek et al 1997)

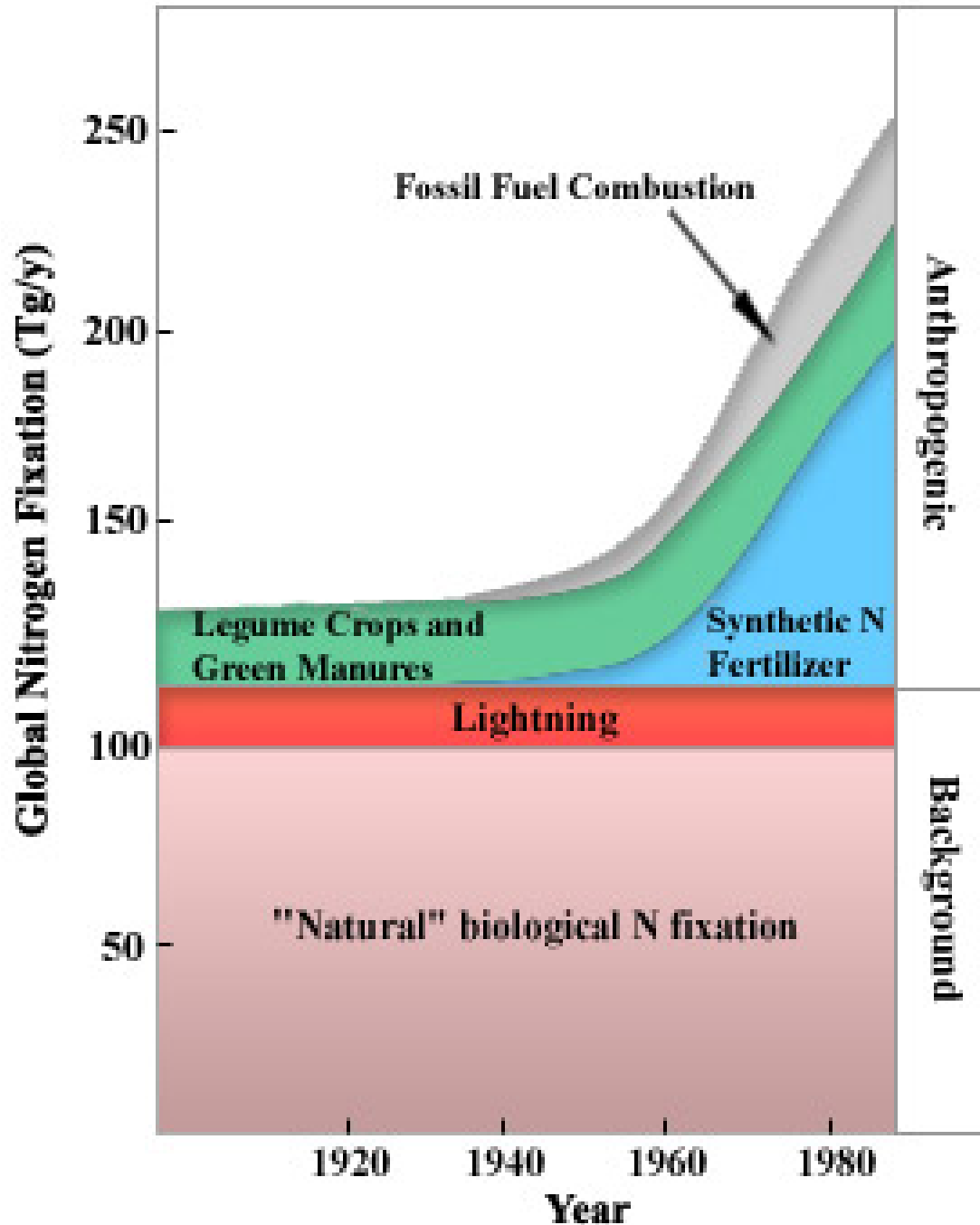


De antropogena kvävekällorna är av många olika slag, de naturliga domineras av N-fixering

(Vitousek et al 1997)

Globala N-flöden Mt / år

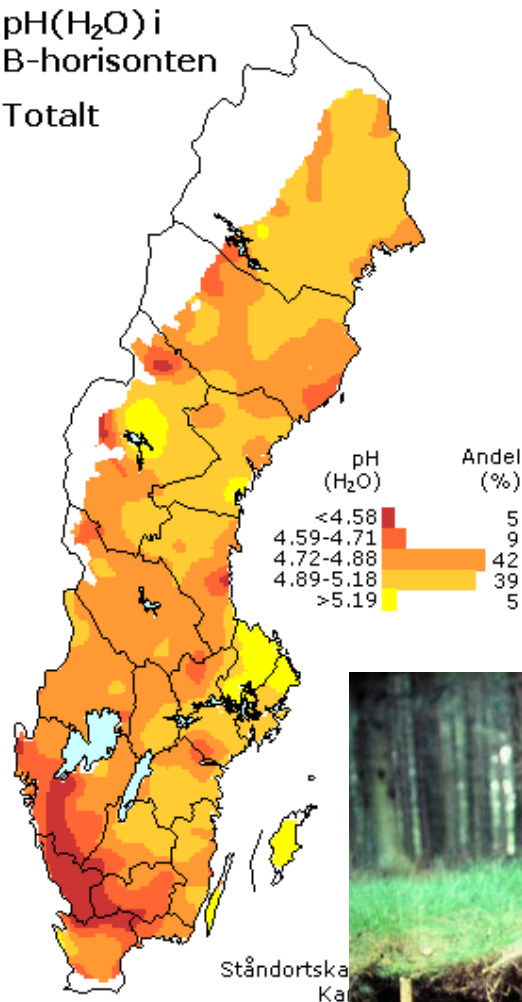




Främst har N-gödsling och fossil förbränning bidragit de senaste 40 åren!

(modified from Vitousek et al 1993)

Kvävedepositionen bidrar till försurning på två sätt



- NH₄-oxidation (nitrifikation) ger NO₃ och två vätejoner
- Kvävet höjer vegetationens tillväxt, varvid mineralupptaget ökar och vätejoner frigges från rötterna (biologisk försurning)
- Kvävedepositionen ansvarar härigenom för en mycket stor del av försurningen



Kvävedepositionen höjer skogarnas allmänna kvävestatus

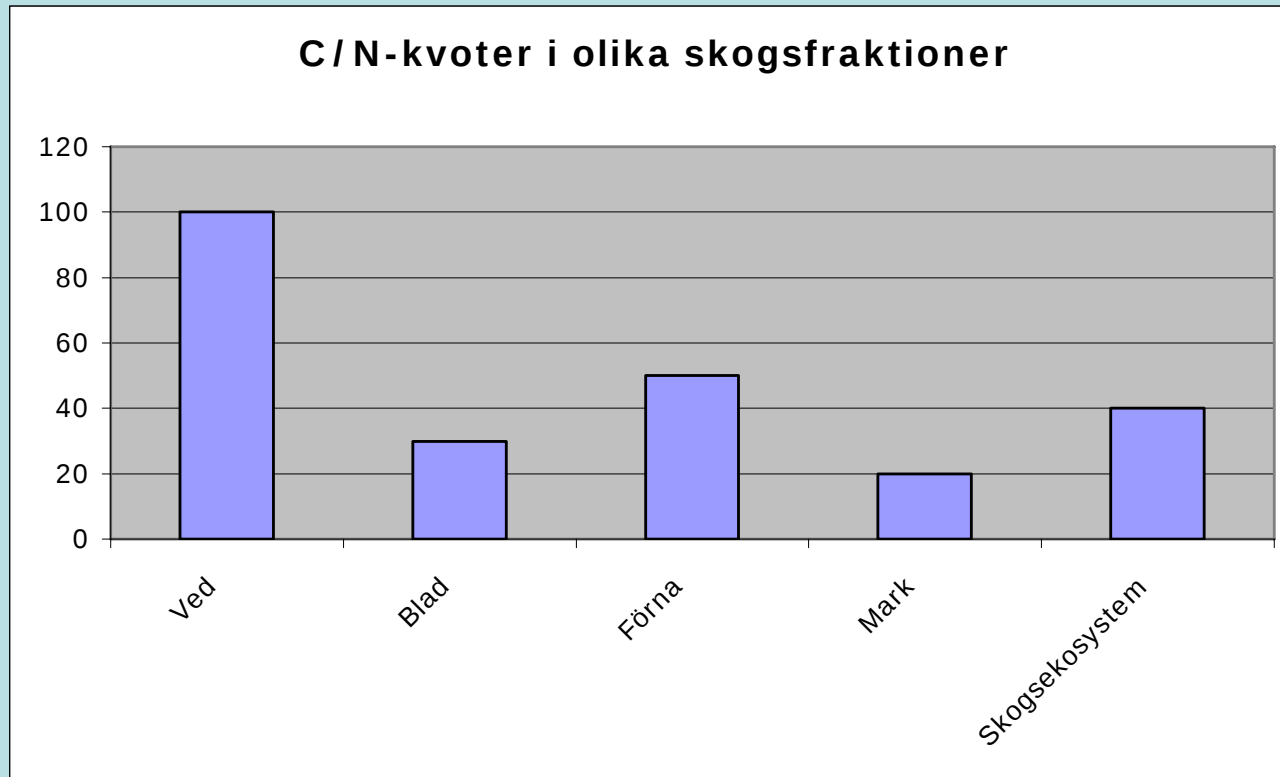


Sporbildning av mikroskopisk algsvamp, *Phytophthora quercina*, som tar död på finrötterna hos ek

Foto T. Jung

- Bladverket ökar, liksom N-halterna
- Obalans mellan mineralämnena uppstår
- Härigenom gynnas många patogena organismer, fr a algsvampar, svampar och insekter
- T ex algsvamparna gynnas av nitratkväve, fuktighet och värme

Kvävet [N] har genom aminosyror struktur en relativt fast relation till kol [C]



- N återfinns således alltid i viss proportion till C i alla organismer ($C/N > 30 < 180$). Trädens ved håller ca 100.
- N finns också i marken i viss proportion till C ($C/N > 6 < 40$)
- Som ett snitt för ett skogsekosystems relation mellan C och N används här $C/N \approx 40$.

C/N-kvoten ger underlag för grov kalkyl

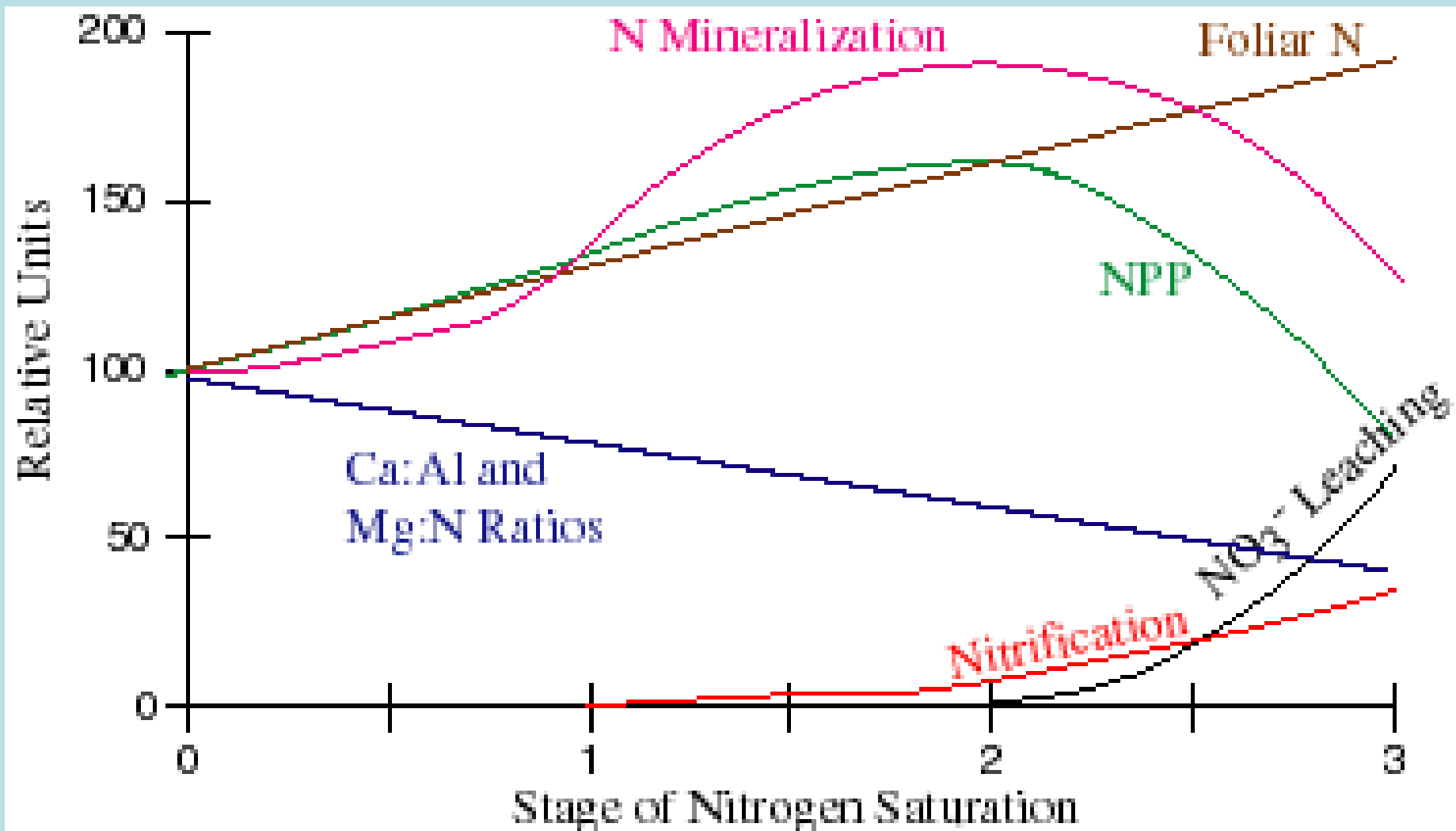
N-flöden	Mt/år
Totalt antropogent	210
Ber. till skog norra halvklotet	20
C-Upptag	Mt/år
Globalt till skog	150000
Ber.pga N-dep.	800

$$Tg = Mt = 10^{12} \text{ g}$$

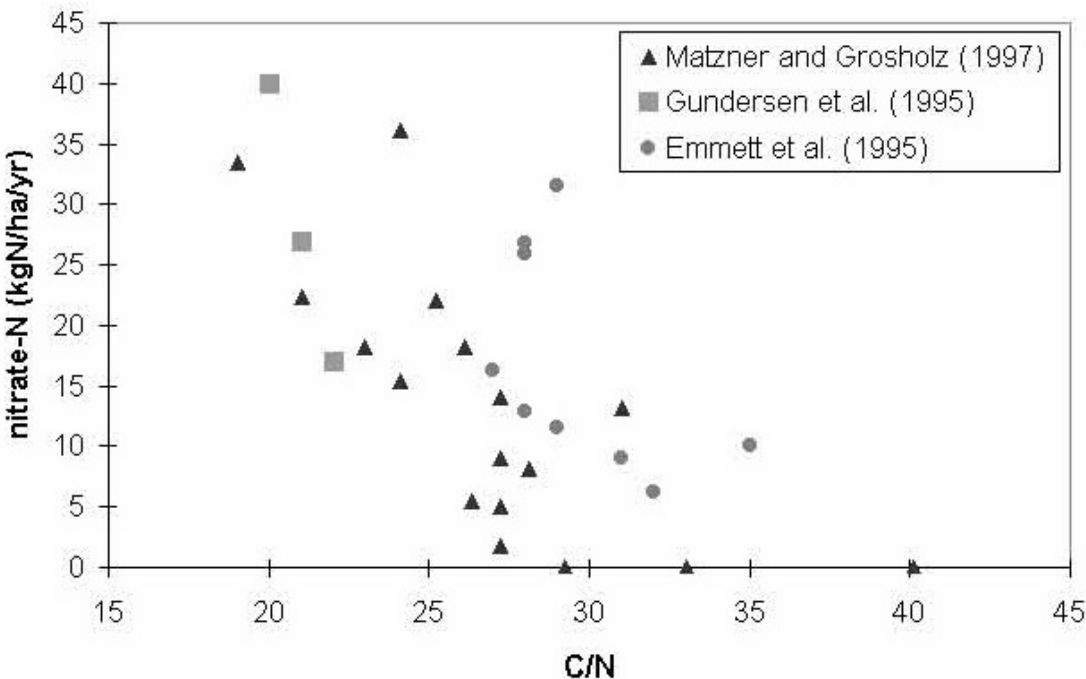
- Av de antropogena N-flödena, beräknas ca 20 Mt/år nå skogsmark (antagligen är detta för lågt; torrdepositionen kan vara hög)!
- Dessa binder upp ca 40x mer C i skog och mark eller ca 800 Mt (0,8 Gt) C/år!
- Detta extra C-upptag pga N-depositionen kan förklara varför CO₂ inte ökat fullt så mycket som förväntat i atmosfären!

Kvävets ackumulation leder successivt till kvävemättnad med nitrattutlakning

(Aber et al 1998)



Indikationer på nitratutlakning från skogar till ytvatten



Emmett 2002

- Vid C/N-kvoter under 20 i markens övre mineraljord ökar risken för utlakning av nitrat till grund- och ytvatten!
- Ökade kvävehalter i vegetationen ger större utlakningsrisk
- Ökad nitrifikation i marken ökar risken för utlakning
- Halter $>0,1$ mg $\text{NO}_3\text{-N/L}$ i markvattnet på 50cm djup är god indikator

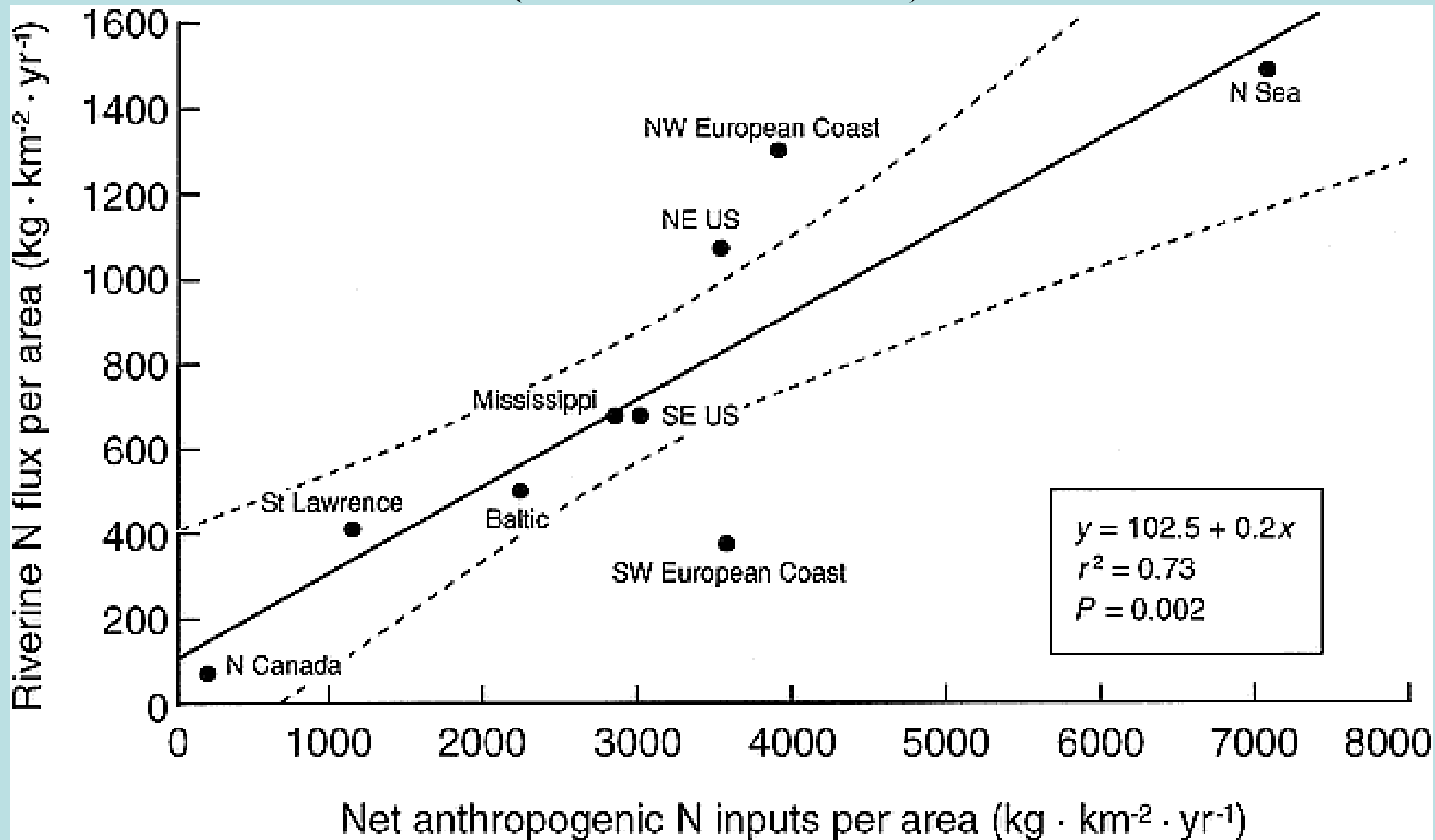
Finns likhet mellan terrester och limnisk miljö:



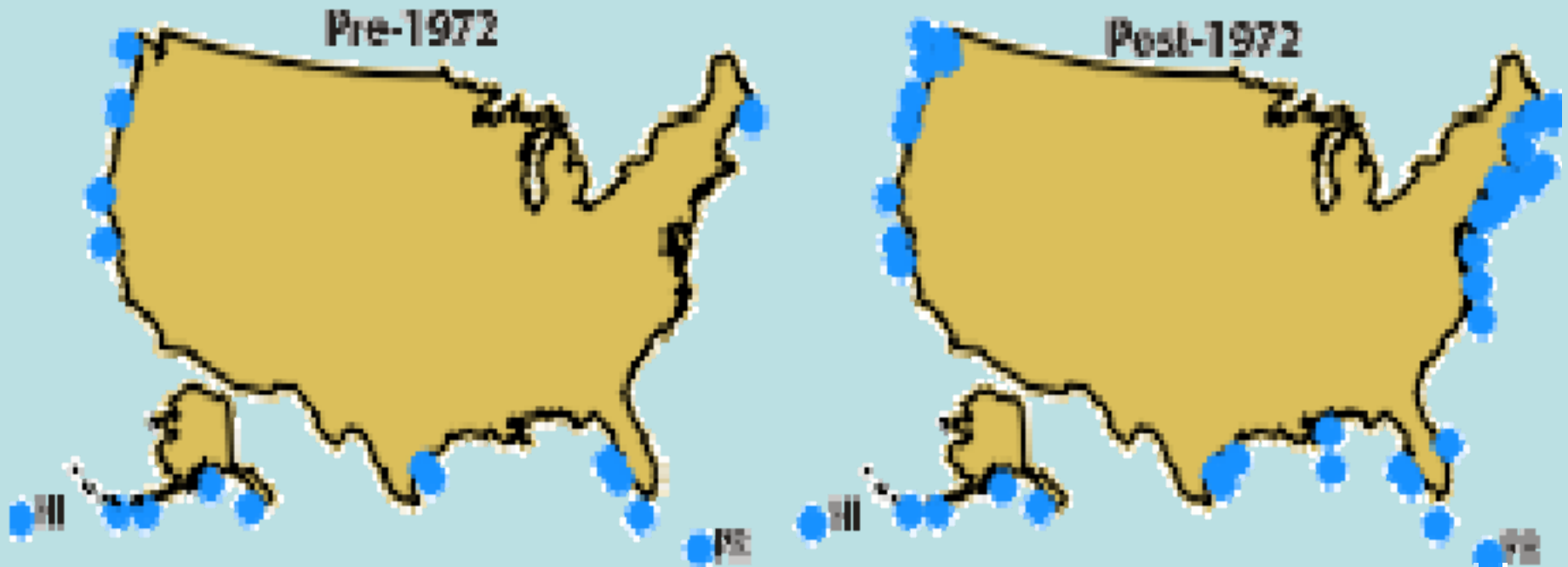
- Ökade mängder NH_4 och NO_3 i terrester miljö bidrar till ökning av patogenangrepp på växter och gynnar sannolikt uppkomsten av mineralobalans hos djur med sjukdomar som följd.
- Sker detsamma i limniska miljöer? Med kräftor, fisk?

Transport av total-N till haven runt Atlanten i relation till nettotillförseln av N per km²

(Vitousek et al 1997)



Utsläppt N når till sist haven, med algblomning och toxiska effekter som följd!



Algblomningsepisoder i haven runt USA före resp efter 1972

D. Anderson, 1998. "Expansion of HAB Problems in the U.S."

Några slutsatser om kväve

- Kväveutsläppen påverkas enormt av människans aktiviteter
- Kvävedepositionen försurar marken genom NH_4 -oxidation, ökad nitrattutlakning och genom ökad biologisk tillväxt
- Nitrattutlakning sker vid överskott av kväve då växttäckets är otillräckligt eller ett annat näringsämne (t ex PO_4 , Mg eller B) är begränsande
- Organiska kväveföreningar, liksom humus- och fulvosyror, är ofta svårnedbrytbara i marken, vilket leder till kol- och kväveackumulation i marken
- Utlakningsfenomen av organiskt N kan förväntas öka
- Limniska sekundäreffekter av förhöjt kväve borde studeras

Det finns alltid mycket mer att forska över... och övervaka .. i luft, mark, vatten och organismer!

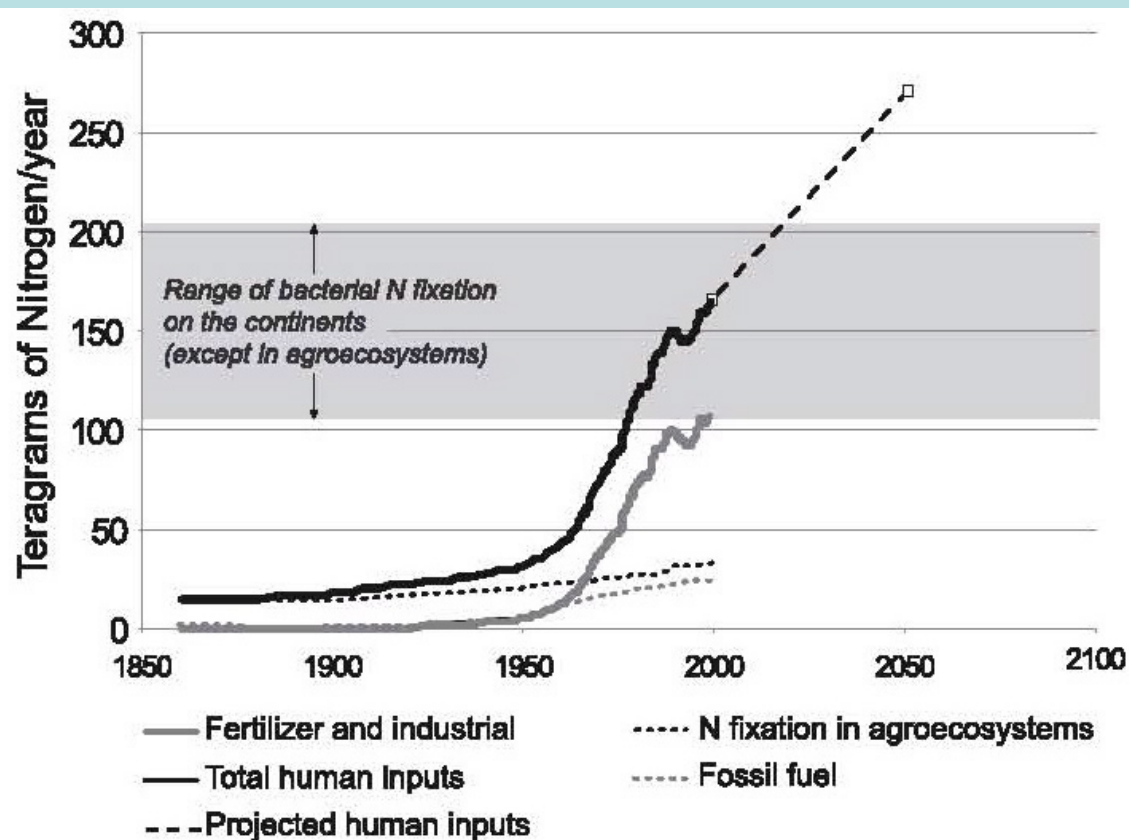


Figure 9.1. Global Trends in the Creation of Reactive Nitrogen through Human Activity, 1850–2100. The manufacturing of nitrogen

**Och N-utsläppen
måste minska
rejält i framtiden!**

Tack
för din uppmärksamhet!

Bengt Nihlgård