

# Ekologie Rašelinišť



3.

**Hlavní ekologické gradienty:  
Nasycení bázemi, trofie**

# Hlavní gradienty prostředí na rašeliništích

**1. Minerotrofie - Ombrotrofie**

**2. Nasycení bázemi** (spojeno i se sukcesním gradientem)

**3. Fertilita (N, P)**

**4. Hladina vody - úroveň hladiny & mikrotopografie**

5. Lithotrofie - Thalassotrofie (podzemní voda - oceán)

6. „Mire expanse - Mire margin“

7. Hloubka rašeliny

8. „Spring - flush - fen“ (vzdálenost od pramene, rychlost proudění)

9. Klima (na velké prostorové škále)

10. Teplota

# Jak nasycení bázemi měřit?

## Reakce prostředí (pH)

pH metr: \* kalibrace

\* teplotní kompenzace (je zpravidla vestavěná)



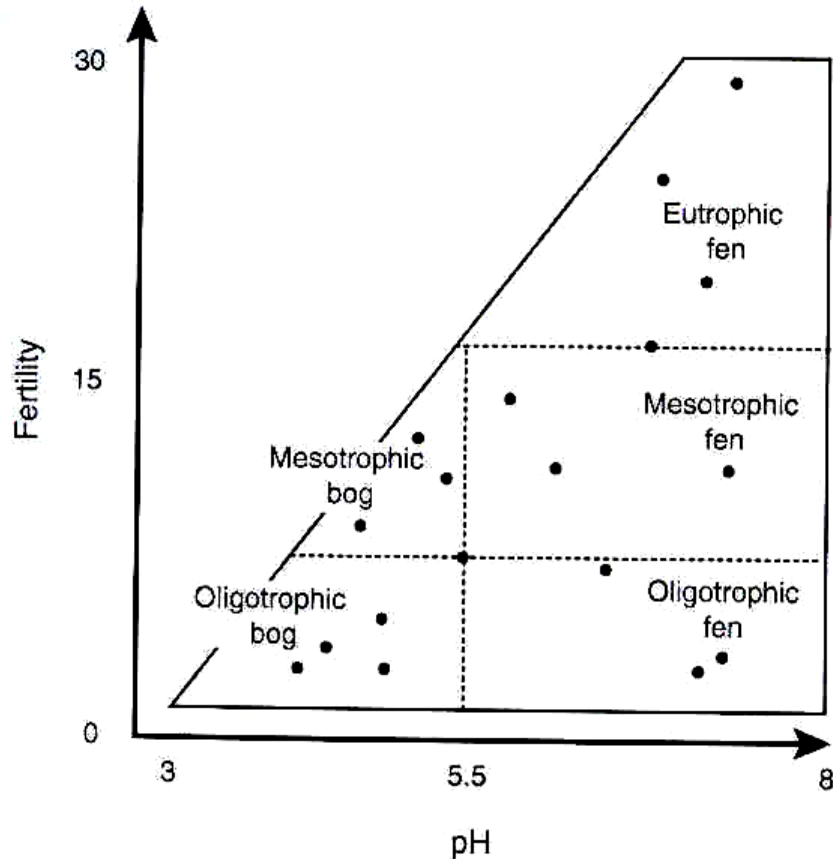
**Minerální bohatost (vápnitost)** se měří konduktometrem:

\* kalibrace

\* teplotní kompenzace (ne vždy vestavěná, pokud ano, pak na různé teploty)

\* Sjørsova korekce (odečet konduktivity způsobené vodíkovými ionty!)

## Ekologie rašelišť: Nasycení bázemi, fertilita

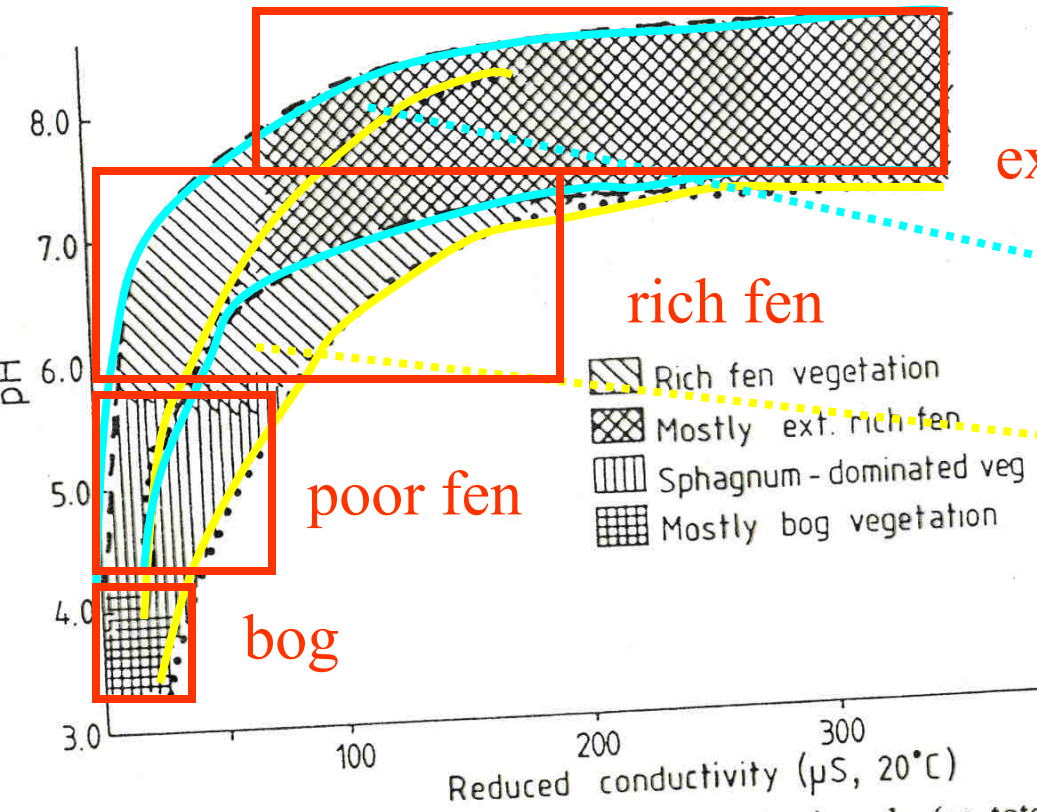


**Figure 3.14** The approximate position of different major wetland vegetation types in north-west Europe on gradients of pH and fertility. The points represent different plant community types in Britain as examples, but the concept of the importance of these two gradients should be applicable anywhere, although absolute values will differ. The y axis values are on a phytometrically assessed scale. Redrawn from Wheeler and Proctor (2000) by permission of Blackwell Science Ltd.

Gradient nasycení bázemi nejlépe vysvětluje variabilitu v druhovém složení rašelišť v určitém území; druhým nejvýznamnějším gradientem často bývá gradient fertily spojený s nárůstem výskytu druhů náročných na živiny a se vzrůstem produktivity společenstva

# Ekologie rašeliníšť: Nasycení bázemi, fertilita

# Poor-rich gradient Příklady z různých oblastí



extremely rich fen Malmer 1986

severní Švédsko

jižní Švédsko

Sjors et Gunnarsson 2002

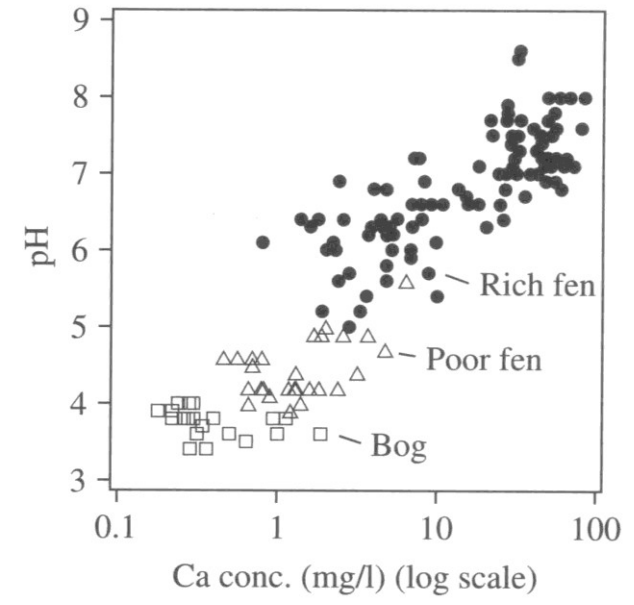
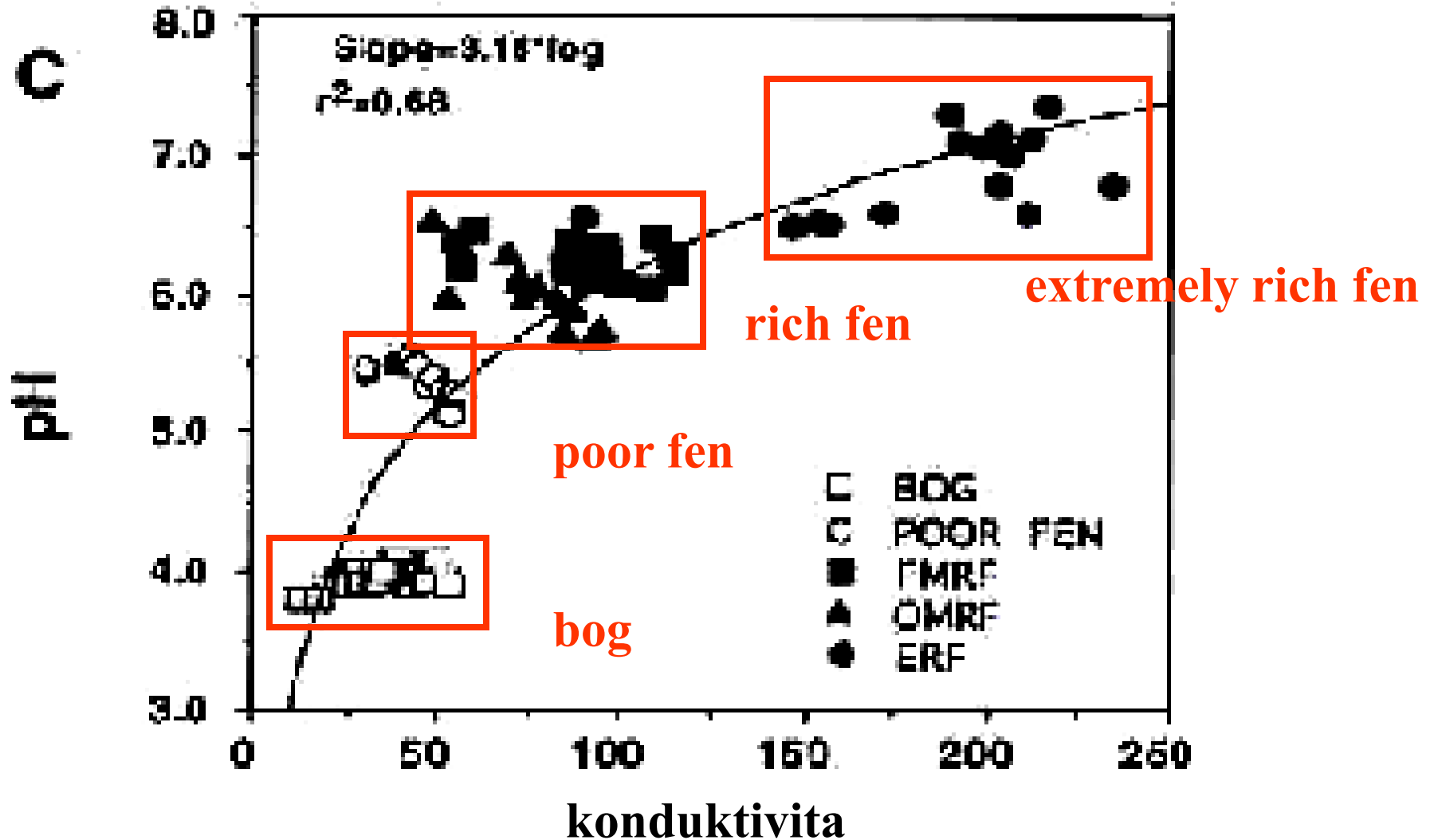


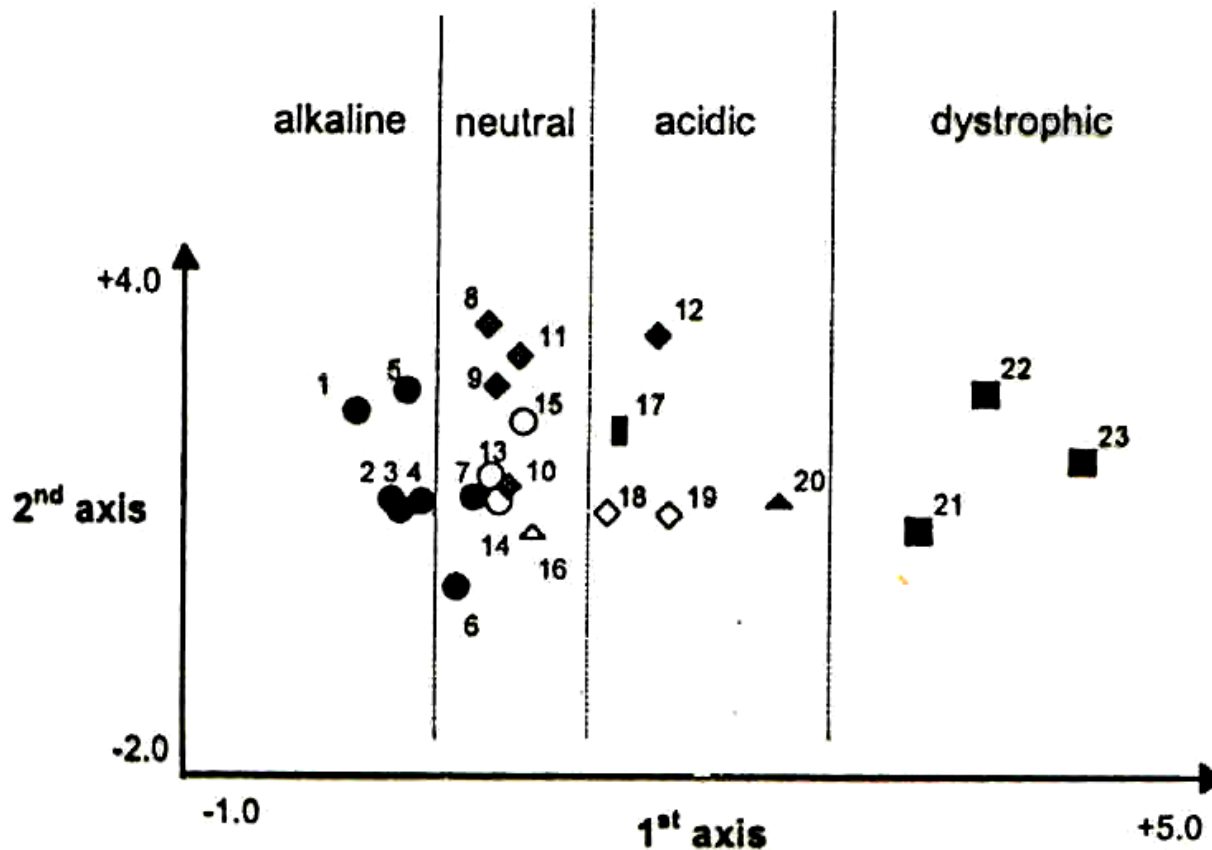
FIG. 5. The variation of pH and contents of minerals (as total conductivity reduced for conductivity caused by the  $\text{H}^+$  ions) in the superficial mire water in relation to the poor–rich vegetational gradient (compiled from measurements in Sweden during the period 1945–1968). Broken lines indicate the range of variation in northern Sweden (mainly Sjors 1952; Persson 1962; Sonesson 1970b); dotted lines indicate the variation in southern Sweden (mainly Malmer 1962a, 1962b, 1963; N. Malmer, unpublished; Mörnsjö 1969). Note that the concentration differences between northern and southern Sweden in the water from the most acid sites may be underestimated (cf. Malmer 1963). ext., extremely; veg., vegetation.

Vitt D.H. (2000): západní Kanada



# Ekologie rašelinišť: Nasycení bázemi, fertilita

Poor-rich gradient  
Příklady z různých oblastí



Západní  
Karpaty

- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| ● <i>Caricion davallianae</i>  | ◇ <i>Sphagno recurvi-Caricion</i>  |
| ○ <i>Sphagno-Tomenthypnion</i> | ■ <i>Rhynchosporion albae</i>      |
| ◆ <i>Caricion lasiocarpae</i>  | ▲ <i>Drepanocladion exannulati</i> |
| ▲ <i>Caricion fuscae</i>       | ■ <i>Sphagnion cuspidati</i>       |

Západní Karpaty -  
Beskydy, Kysuce

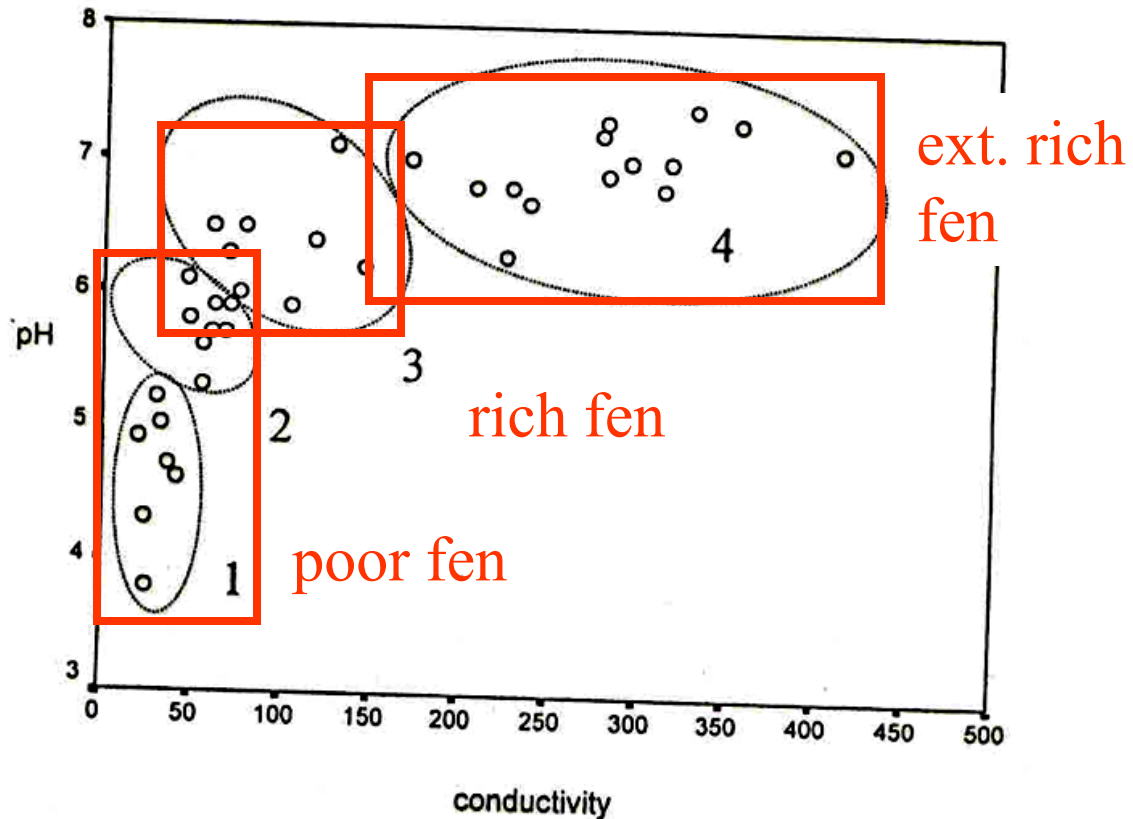


Fig. 3. Variation of pH and water conductivity ( $\mu\text{S/cm/20}^\circ\text{C}$ ) in relation to vegetation types distinguished in the northwestern Carpathians (1 = *Carici echinatae-Sphagnetum sphagnetosum fallacis*; 2 = *Carici echinatae-Sphagnetum sphagnetosum flexuosi*; 3 = *Sphagno warnstorffii-Eriophoretum* & *Caricetum goodenowii*; 4 = *Valeriano-Caricetum flavae*).



## Ekologie rašelinišť: Nasyčení bázemi, fertilita

Velmi podobný gradient se tedy objevuje v datech od různých autorů a vždy je korelován s pH, konduktivitou (tj.  $\text{Ca}+\text{Mg}+\text{HCO}^{3-}$ ) a obsahem vápníku.

Nasyčení bázemi odráží chemismus podloží, takže výskyt jednotlivých vegetačních typů a složení vegetace lze predikovat na základě geologického podloží.

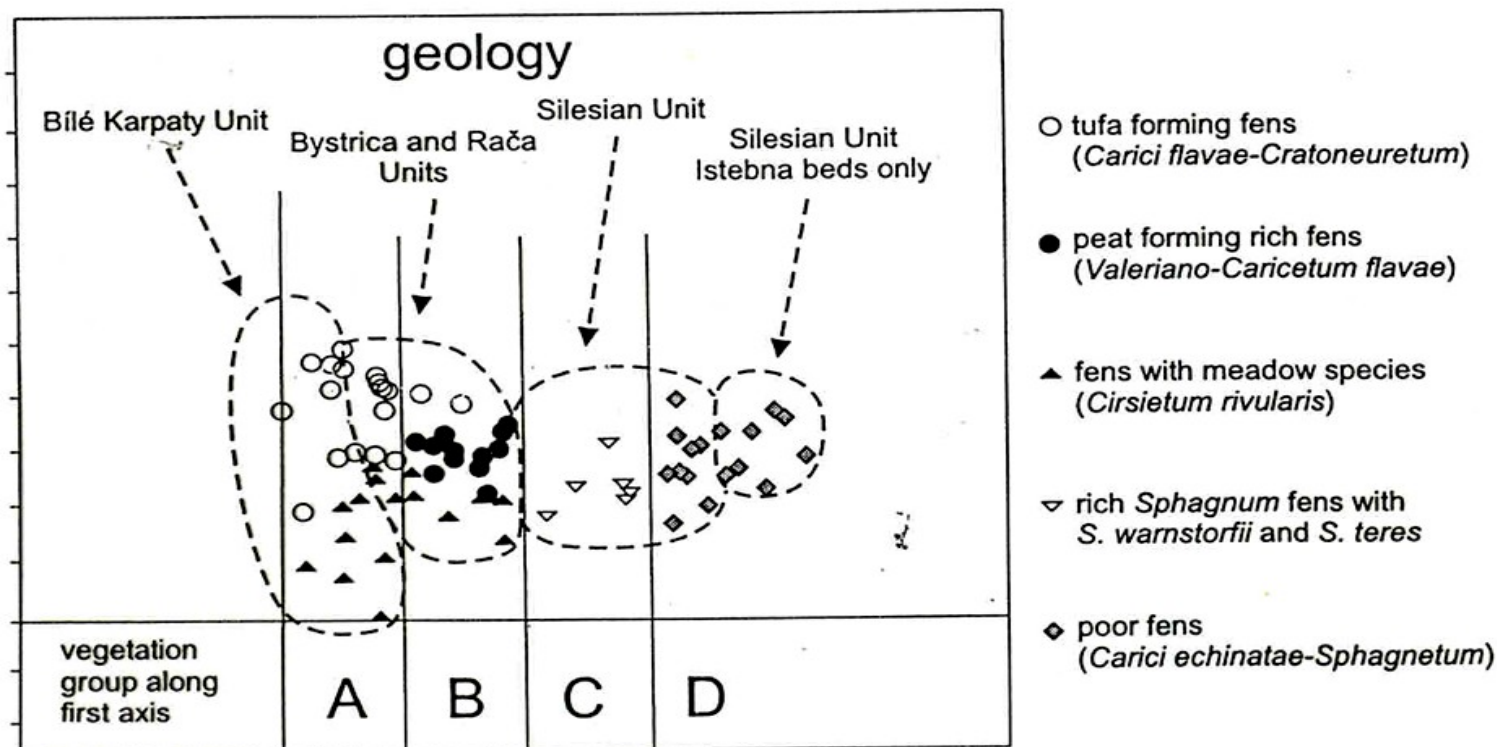


Fig. 2. DCA diagram of all investigated sites, classified according to the species composition (five communities) and divided along the first axis into four main groups (A–D). The groups of sites occurring on the same bedrock are bordered by dashed lines.

# Ekologie rašelinišť: Nasycení bázemi, fertilita

Rapant et al. 1996: Geochemický atlas Slovenska;  
Mapa celkové mineralizace podzemních vod

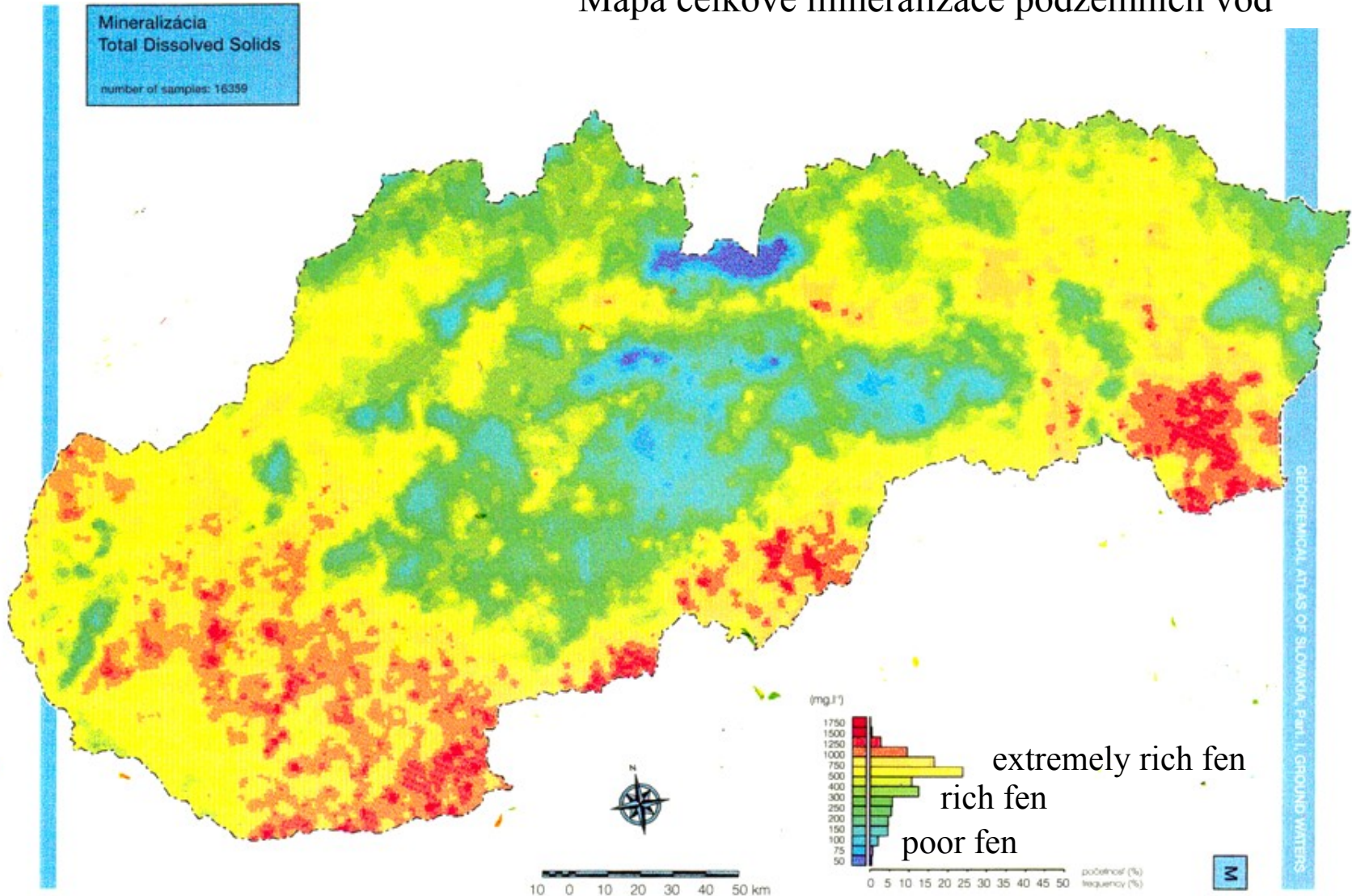


Fig. 1 Map of T. D. S.

Podél gradientu nasycení bázemi se prudce a rychle mění druhové složení. Lze rozlišit 6 floristicky a faunisticky dobře vymežitelných typů.

**Vápnitá slatiniště (calcareous fens):** sráží se pěnovec. Téměř chybí v boreální zóně Eurasie



Podél tohoto gradientu se prudce a rychle mění druhové složení. Lze rozlišit 6 floristicky a faunisticky dobře vymežitelných typů.

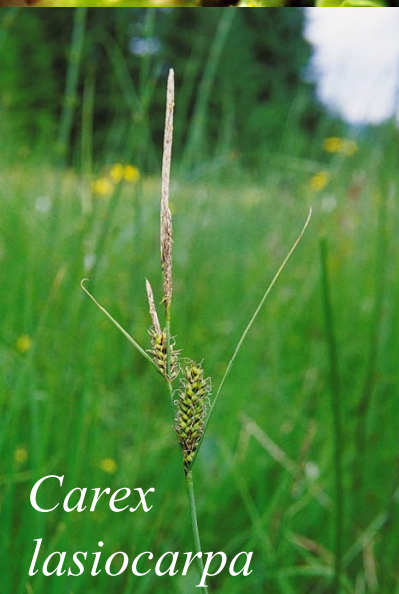
**Vápnitá slatiniště (calcareous fens):** sráží se pěnovec. Téměř chybí v boreální zóně Eurasie. Místy se vyskytují dokonce i **subhalofytní druhy**.



## Extrémně bohatá slatiniště (extremely rich fens):

nesráží se pěnovec, ale ukládá se „čistá“ rašelina.

Vysoký obsah minerálů neumožňuje výskyt žádných rašeliníků. V boreální zóně jsou omezená jen na některá území.



*Eriophorum latifolium*



*Sphagnum warnstorffii*

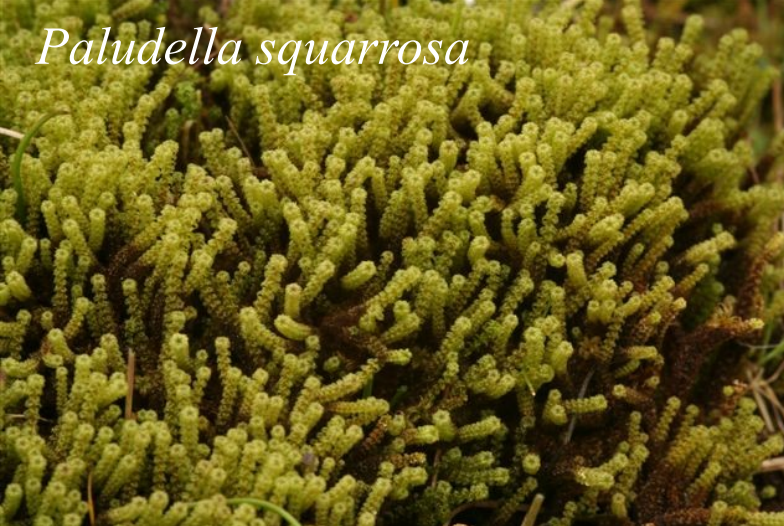
*Sphagnum contortum*



*Drosera rotundifolia*

**Bohatá slatiniště (rich fens):** objevují se již kalcitolerantní rašeliníky. Velký počet druhů. V boreální zóně často předsatvují konec „poor-rich“ gradientu (nejvápnitější typy).

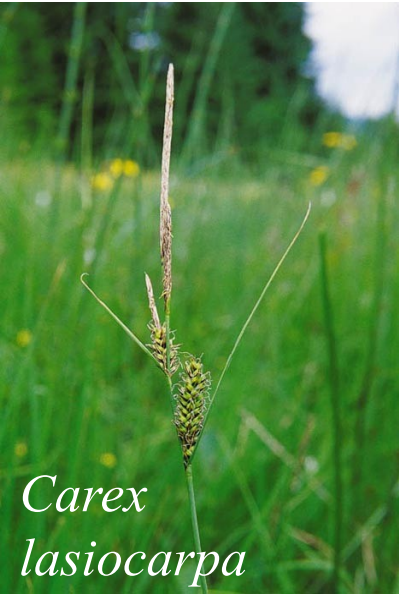
*Paludella squarrosa*



*Drepanocladus revolvens s.s.*  
foto: M. Lüth



*Sphagnum subnitens*



*Carex lasiocarpa*



*S. contortum*



*S. subnitens*



*S. warnstorffii*



*S. obtusum*



*S. teres*

Kalcitolerantní rašeliníky

**Mírně bohatá slatiniště (moderately rich fens):** stále se vyskytují i kalci-tolerantní rašeliníky, ale kalcikolní druhy cévnatých rostlin zcela mizí. Téměř se nevyskytují vrchovištní druhy ani nedominují rašeliníky ze sekcí *Cuspidata* a *Palustria*.



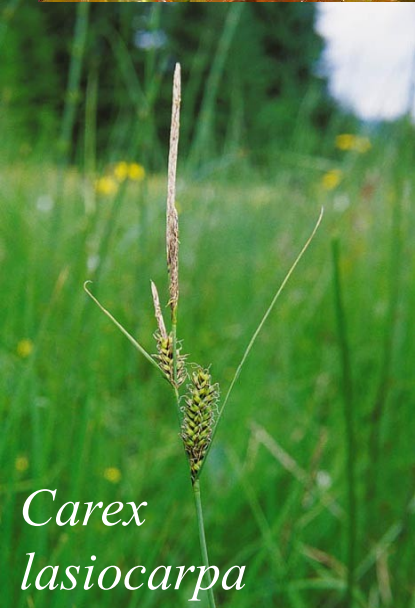
*Sphagnum  
auriculatum*



*Hydrocotyle vulgaris*



*Aulacomnium palustre*



*Carex  
lasiocarpa*



*Sphagnum teres*



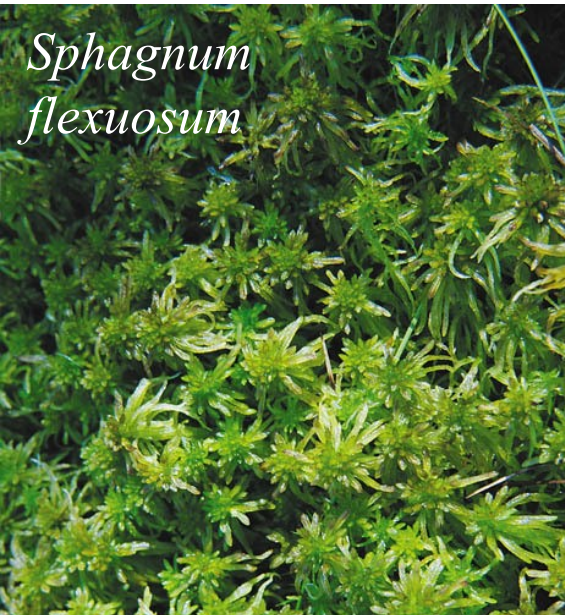
*Carex nigra*



*Eriophorum  
angustifolium*



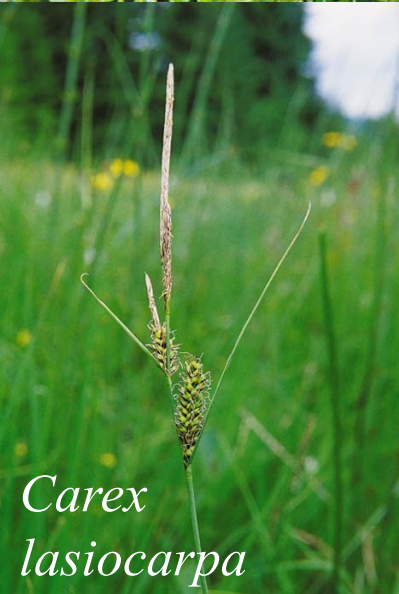
**Chudá slatiniště (poor fens):** jsou sycena podzemní vodou, ale extrémně minerálně chudou. Obsah živin (N, P, K) a pH ještě nejsou tak extrémně nízké jako u vrchovišť. Drtivě dominují rašeliníky.



*Sphagnum flexuosum*



*Drosera rotundifolia*



*Carex lasiocarpa*



*Sphagnum auriculatum*

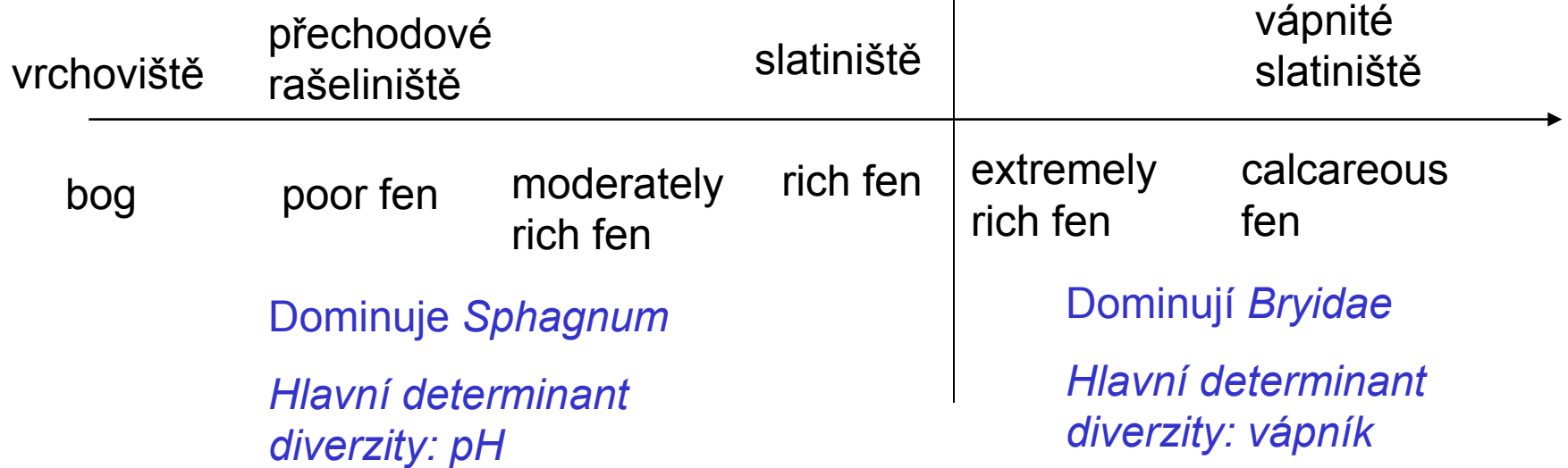


*Eriophorum vaginatum*

**Vrchoviště (bogs):** sycená výhradně srážkovou vodou, jsou bez trav, široolistých bylin a většiny ostřic.

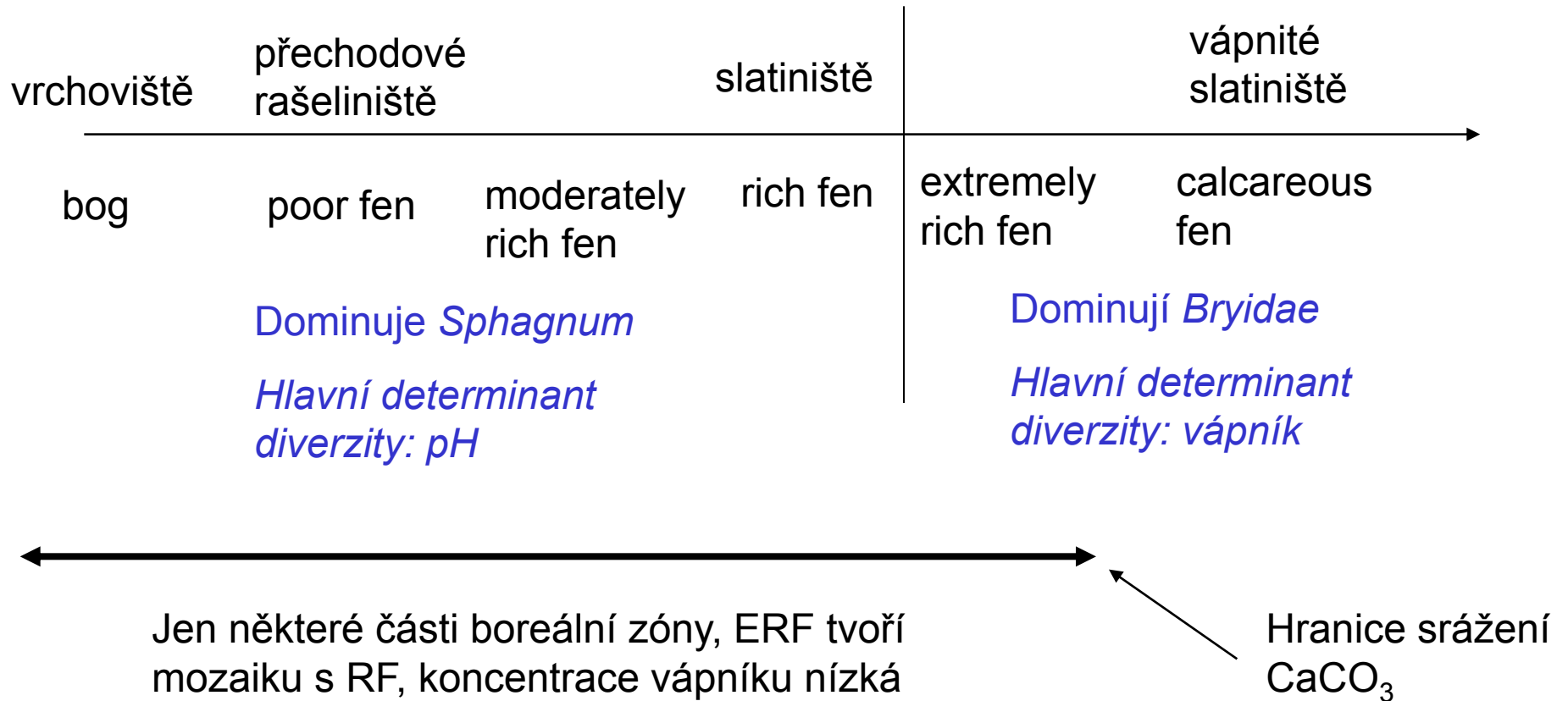


## „poor-rich“ gradient

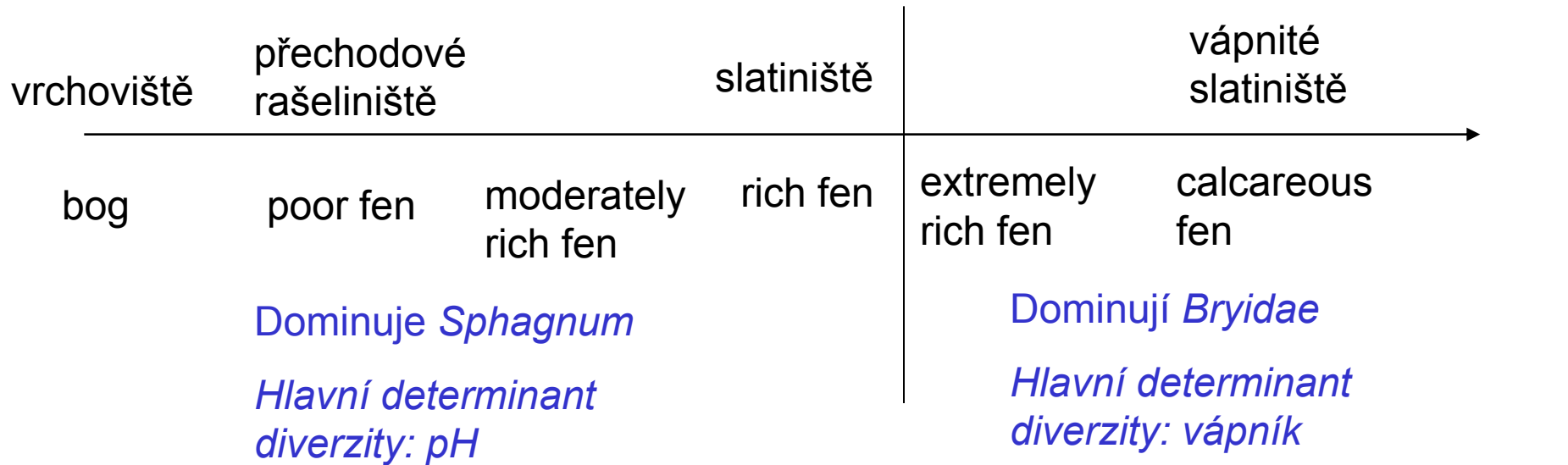




# „poor-rich“ gradient



# „poor-rich“ gradient



Jen ojedinělé oblasti v jižním (Skane) a středním (Jämtland) Švédsku



Hranice srážení  $\text{CaCO}_3$



Schwarzwald, Německo

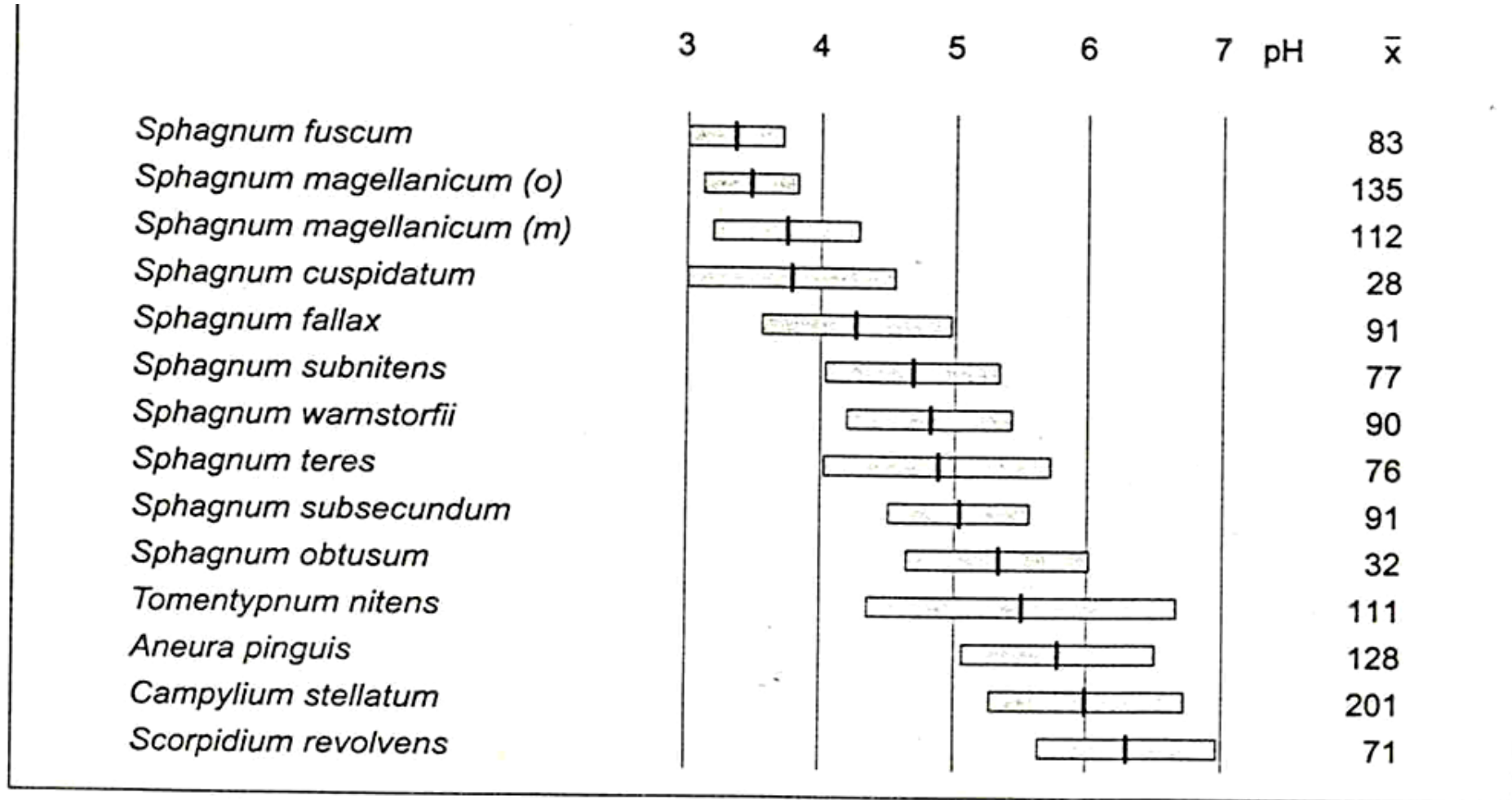


Abb. 60: pH-Amplituden ausgewählter Kryptogamen aus Mooren des Schwarzwaldes (Mittelwert, Standardabweichung, Anzahl der Messungen) (nach DIERSSEN & DIERSSEN 1984).



## Ekologie rašelinišť: Nasyčení bázemi, fertilita

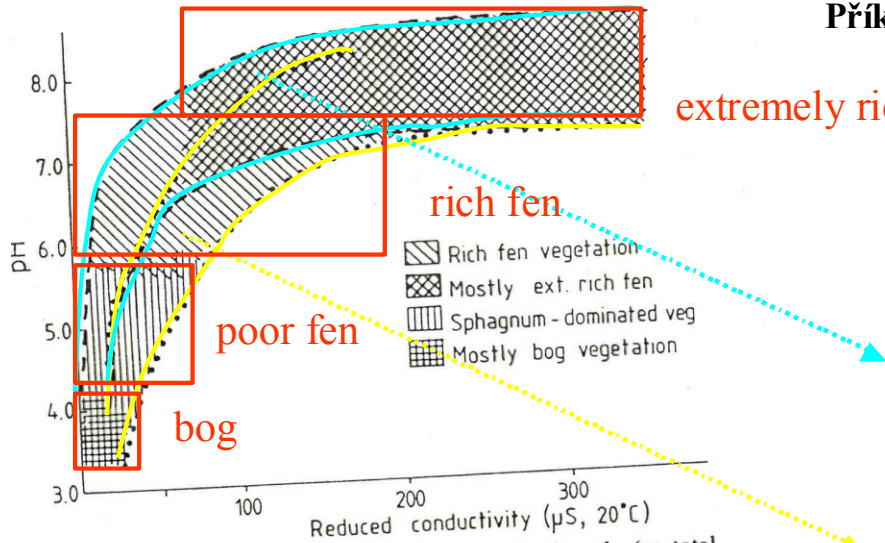


FIG. 5. The variation of pH and contents of minerals (as total conductivity reduced for conductivity caused by the  $H^+$  ions) in the superficial mire water in relation to the poor–rich vegetational gradient (compiled from measurements in Sweden during the period 1945–1968). Broken lines indicate the range of variation in northern Sweden (mainly Sjörs 1952; Persson 1962; Sonesson 1970b); dotted lines indicate the variation in southern Sweden (mainly Malmer 1962a, 1962b, 1963; N. Malmer, unpublished; Mörsjö 1969). Note that the concentration differences between northern and southern Sweden in the water from the most acid sites may be underestimated (cf, Malmer 1963). ext., extremely; veg., vegetation.

## Poor-rich gradient Příklady z různých oblastí

severní  
Švédsko

jižní Švédsko

## Ekologie rašelinišť: Nasyčení bázemi, fertilita

Velmi podobný gradient se tedy objevuje v datech od různých autorů a vždy je korelován s pH, konduktivitou (tj.  $Ca+Mg+HCO^+$ ) a obsahem vápníku.

Nasyčení bázemi odráží chemismus podloží, takže výskyt jednotlivých vegetačních typů a složení vegetace lze predikovat na základě geologického podloží.

Carpathian spring fens and water chemistry

209

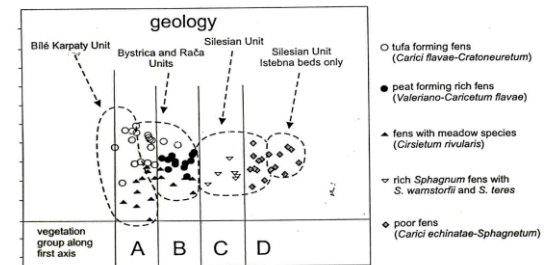


Fig. 2. DCA diagram of all investigated sites, classified according to the species composition (five communities) and divided along the first axis into four main groups (A–D). The groups of sites occurring on the same bedrock are bordered by dashed lines.

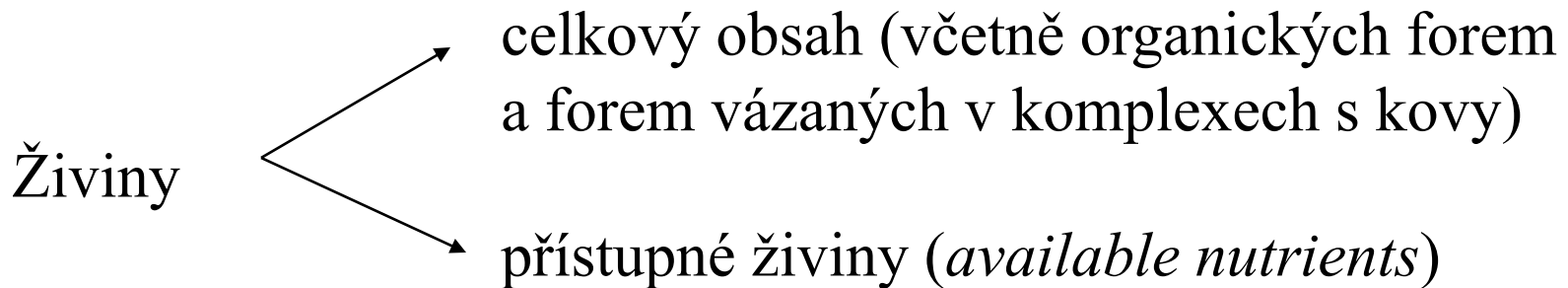
Malmer 1986

To byla realita v přírodě - jaké jsou však její příčiny?

## Ekologie rašelinišť: Nasycení bázemi, fertilita

Jedná se o komplexní gradient, kdy nelze najít jeden jediný faktor, který by byl za tento „pattern“ odpovědný.

Často se v literatuře setkáváme s teorií, že nejdůležitějším faktorem je **pH**, které ovlivňuje přístupnost hlavních živin (N, P, K). To zčásti platí, ale nevysvětluje všechny změny vegetace podél gradientu nasycení bázemi. Pojd'me se na to podívat detailně.



**Hypotéza:** vyšší pH = vyšší přístupnost živin



# Hlavní vegetační gradient prameništých slatinišť na M-S pomezí odpovídá 1. ose v nepřímé gradientové analýze vegetace (DCA)

„Brown moss fens“

„Sphagnum fens“

luční  
pěnovcová  
prameniště  
*Carici flavae-  
Cratoneuretum*

slatinná  
prameniště  
*Valeriano-  
Caricetum flavae*

slatiniště  
s kalcitolerantními  
rašeliníky  
*S. teres, S.  
warnstorffii* etc.

„přechodová“  
rašeliníště  
*Carici echinatae-  
Sphagnetum*

Ca (ve vodě i v půdě), Mg,  $\text{HCO}_3^-$ , pH, konduktivita, teplota

Na (voda, půda), K, S, Fe, Mg (půda)

sklon,  $\text{SO}_4^{2-}$

Fe, slabě  $\text{PO}_4^{3-}$

$\text{PO}_4^{3-}$ ,  $(\text{NO}_3^-)$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$

organický podíl, poměr  $\text{NH}_3^+/\text{NO}_3^-$ , K (v půdě), org. N v půdě, nadm. výška

redox potenciál vody (průměr více měření)

# Ekologie rašelinišť:

## Nasyčení bázemi, fertilita

Waughman 1980

jižní Německo  
(Alpy)

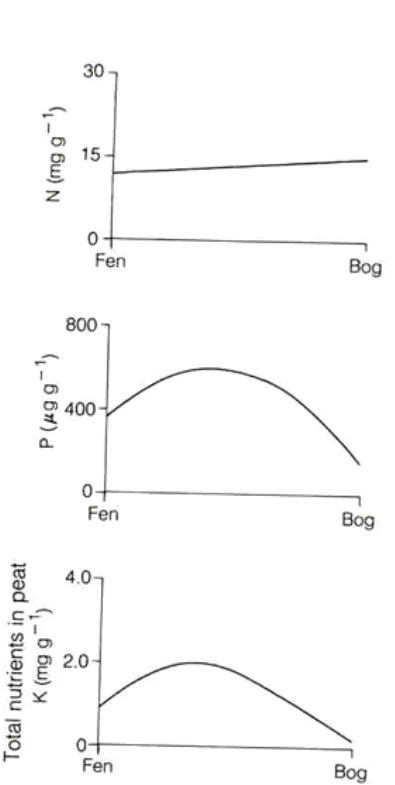
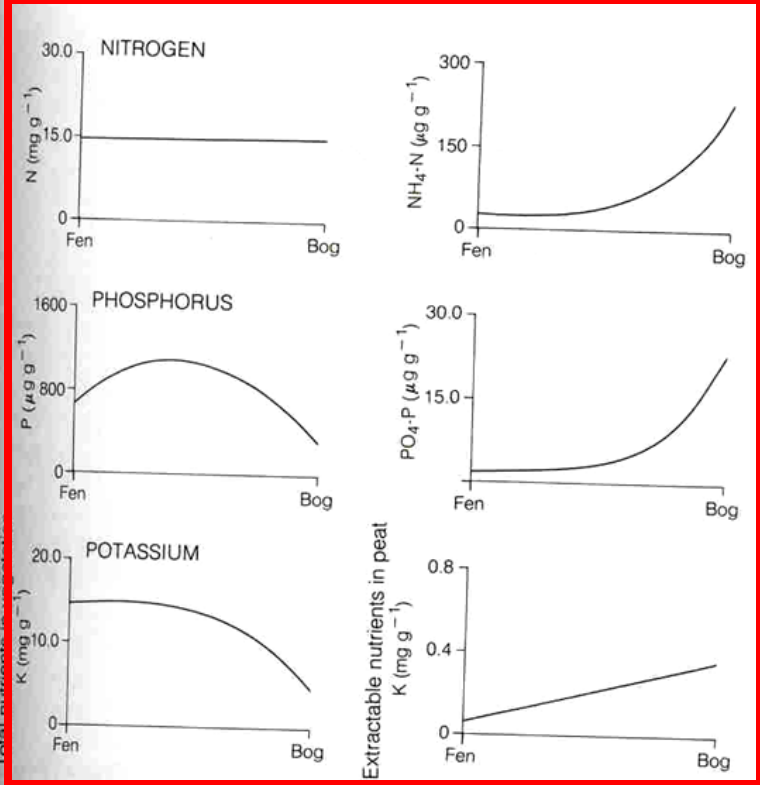
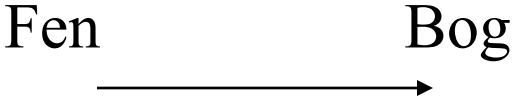


Figure 10.27  
from Waughman  
& Jones, 1980

Vegetace

light) of major  
ified from G.  
1033, 1034,

Rašelina

on along a fen  
ffects of the e

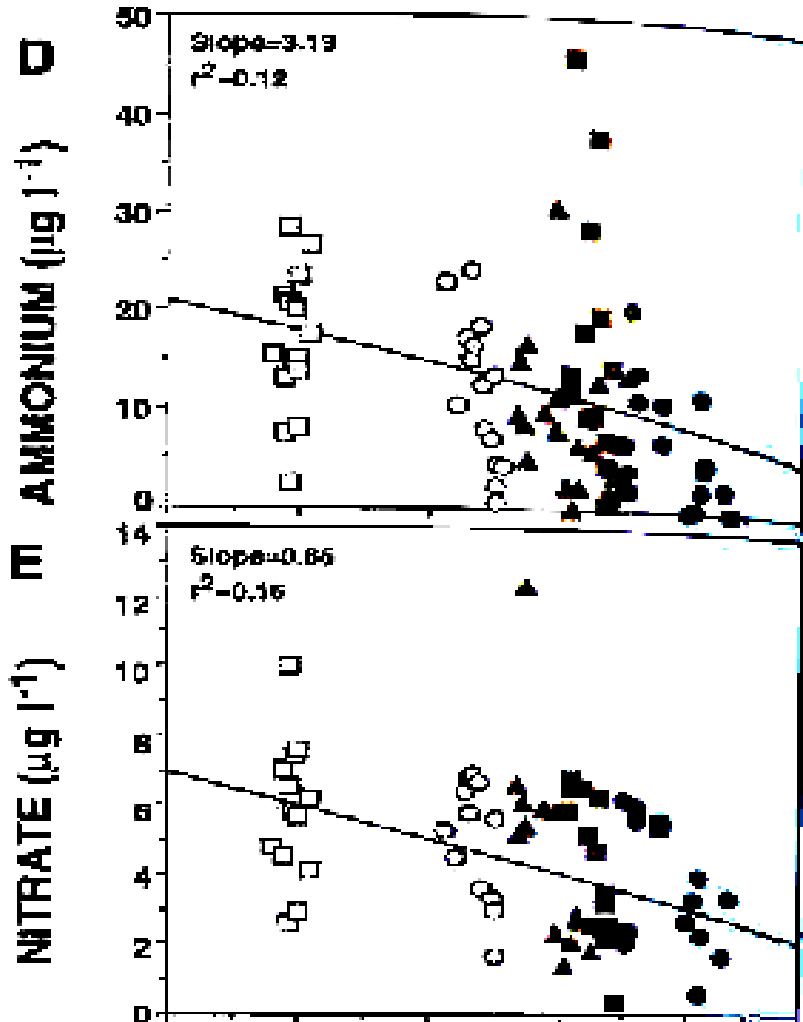
Rašelina  
- celkové

ian  
n

# Ekologie rašelinišť: Nasycení bázemi, fertilita

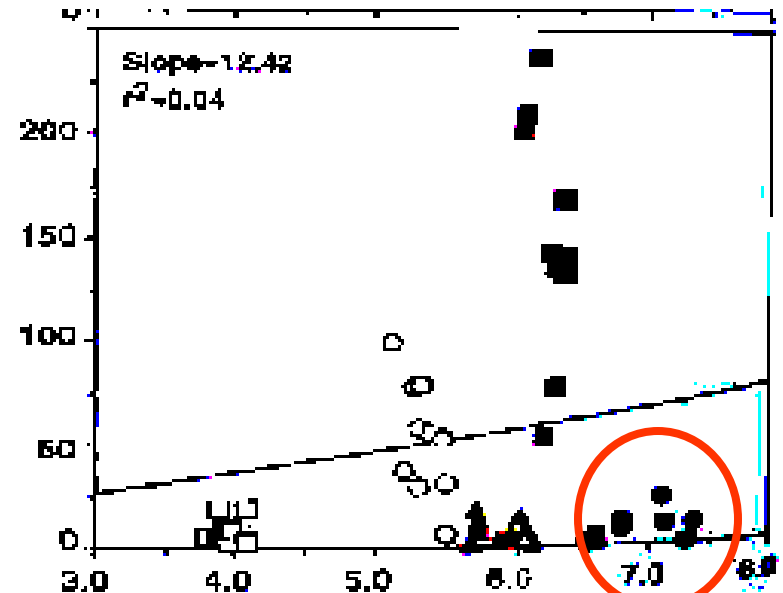
Vitt D.H. et al. (1995): západní Kanada

pH



bog  $\longrightarrow$  rich fen

SOLUBLE REACTIVE  
PHOSPHORUS ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )



# Ekologie rašelinišť: Nasycení bázemi, fertilita

**rich fen**

**poor fen**

**bog**

*Waughman 1980* (rašelina)

NH<sub>4</sub>, K



*Vitt et al. (1995)* (voda)

NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>



*Bragazza et Gerdol (2002)* (voda, půda)

NH<sub>4</sub> (voda), N a P (půda)



*Hájek et al. (2002)* (voda)

NH<sub>4</sub>



K



*Rozbrojová et Hájek (2008)* (biomasa)

P, N, N:K, z kovů Fe

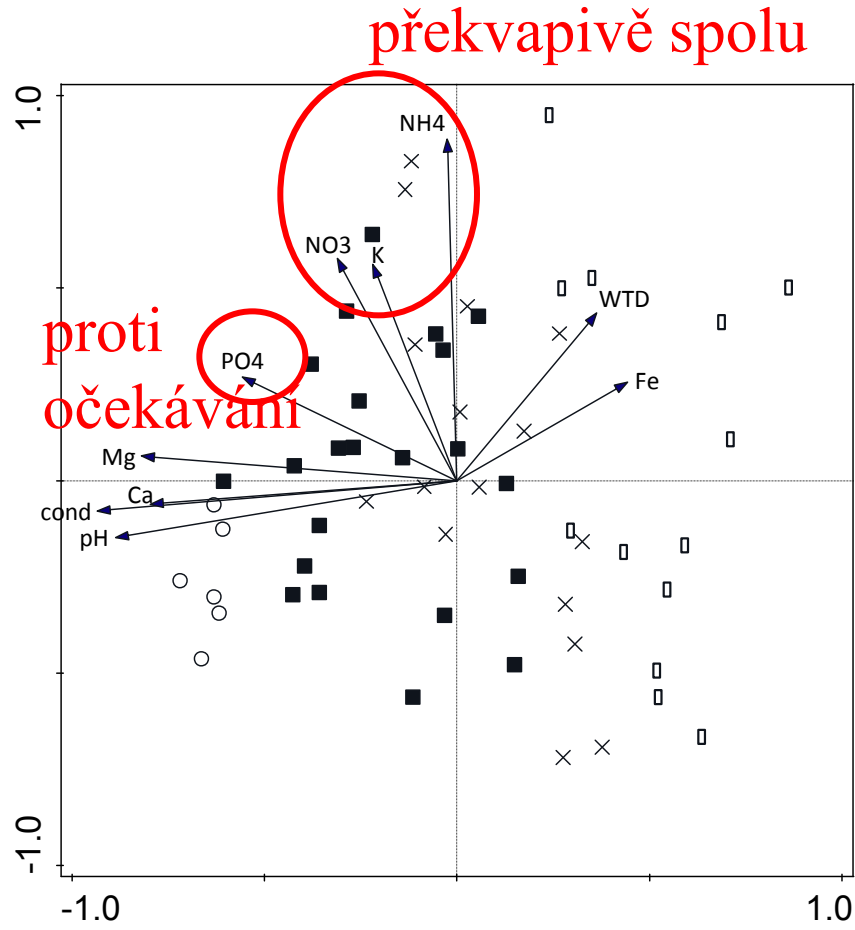


K, z ostatních kovů Ca

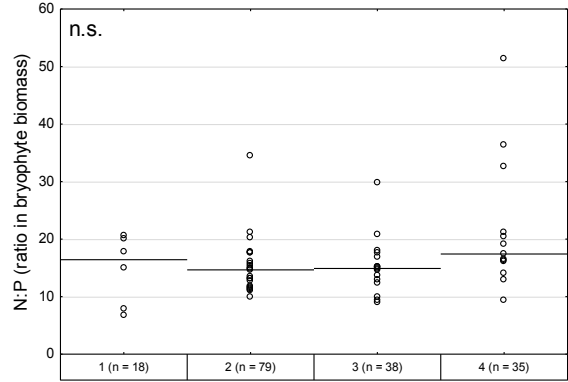
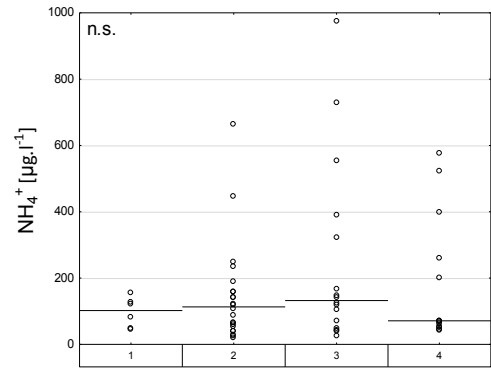
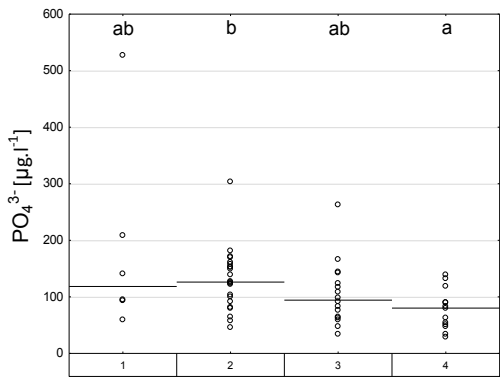


# Českomoravská vrchovina + Třeboňsko (T. Peterka a kol.)

PCA chemismu: vegetační typy sledují jen 1. osu



malý vliv živin na vegetační diferenciaci



most frequent species sampled within vegetation type:  
*Campyllum stellatum*    *Sphagnum warnstorffii*    *Sphagnum teres*    *Sphagnum fallax*

## Fertilizační experimenty

Mají ukázat, který prvek je limitující pro růst rostlin.

Výsledky:

**P - vápnitá slatiniště**

**K - kosené rašelinné louky**

**N – vrchoviště (s depozicí dusíku se mění na P a P+K)**



# Ekologie rašelinišť: Nasycení bázemi, fertilita

## Živiny v biomase:

Většina studií zjistila rozdíly v obsahu živin mezi nízkoproduktivními a vysokoproduktivními typy vegetace, ale jen málo prací zkoumalo obsah živin ve vegetaci ve vztahu k nasycení basemi:

**Waughmann (1980):** Vápnitá slatiniště mají více P a K v biomase rostlin.

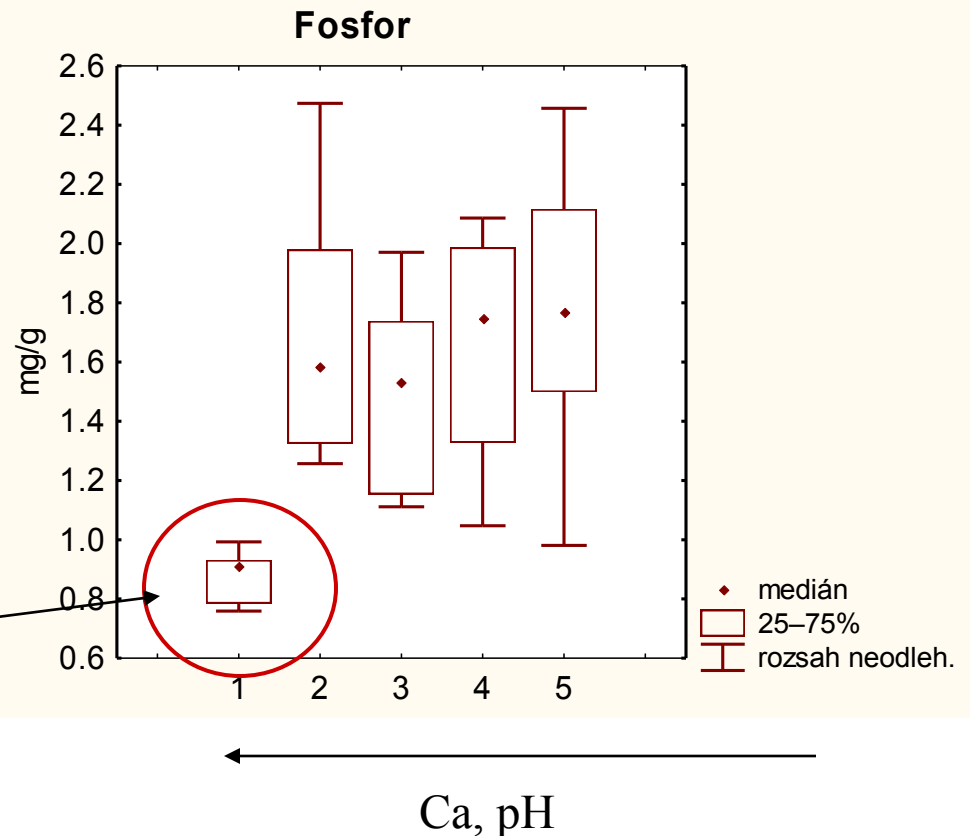
**Rozbrojová (2005):**

Na nejvápnitějších slatiništích  
nejméně fosforu ve vegetaci

P a K přibývá k lučným typům

N přibývá ke kyselým

*prameništní slatiniště  
se srážením  $\text{CaCO}_3$*



### Obecné trendy:

1) Více přístupného amoniakálního dusíku v kyselých minerotrofních rašeliništích (poor fen). *Ten je ale rychle využíván rašeliníky. Neplatí vždy (viz Českomoravská vrchovina)*

2) Malá přístupnost fosforu v nejvápnitějších slatiništích.

*Neplatí vždy (viz Českomoravská vrchovina). A kalcikolní druhy mají relativně hodně fosforu. To je způsobeno tím, že kalcikolní druhy lépe chelatizují komplexy Fe-P a dokáží i rozpustit komplexy Ca-P. Uvolněný fosfor hned převádějí do biomasy. V půdě je pak málo přístupného P, v biomase je jeho koncentrace vyšší.*

**Shrnutí: Mezi obsahem přístupných živin na vápnitých a nevápnitých rašeliništích není zase takový rozdíl, aby jím bylo možné vysvětlit tak velké změny v druhovém složení!**

## Přímý vliv minerálů

**Ca** „Rostliny vápník příliš nevyčerpávají, přístupný vápník zůstává v půdě i na vrchovištích“ (Malmer 1986). To ale může být způsobeno právě tím, že na vrchovištích a chudých slatiništích chybějí kalcikolní rostliny - jejich výskyt neumožňuje nízká koncentrace vápníku. Kalcifobní rostliny mají nižší kapacitu transportního systému a nadbytečný vápník nečerpají, nedokáží jej využít. U kalcikolních rostlin stoupá koncentrace Ca v biomase s koncentrací Ca v prostředí.

V nadbytku je toxický pro některé mechy, které jej přijímají při výměně iontů.

# Úroveň vápníku rozhoduje, zda se na rašeliništi vyskytnou rašeliníky nebo zda budou dominovat tzv. hnědé mechy

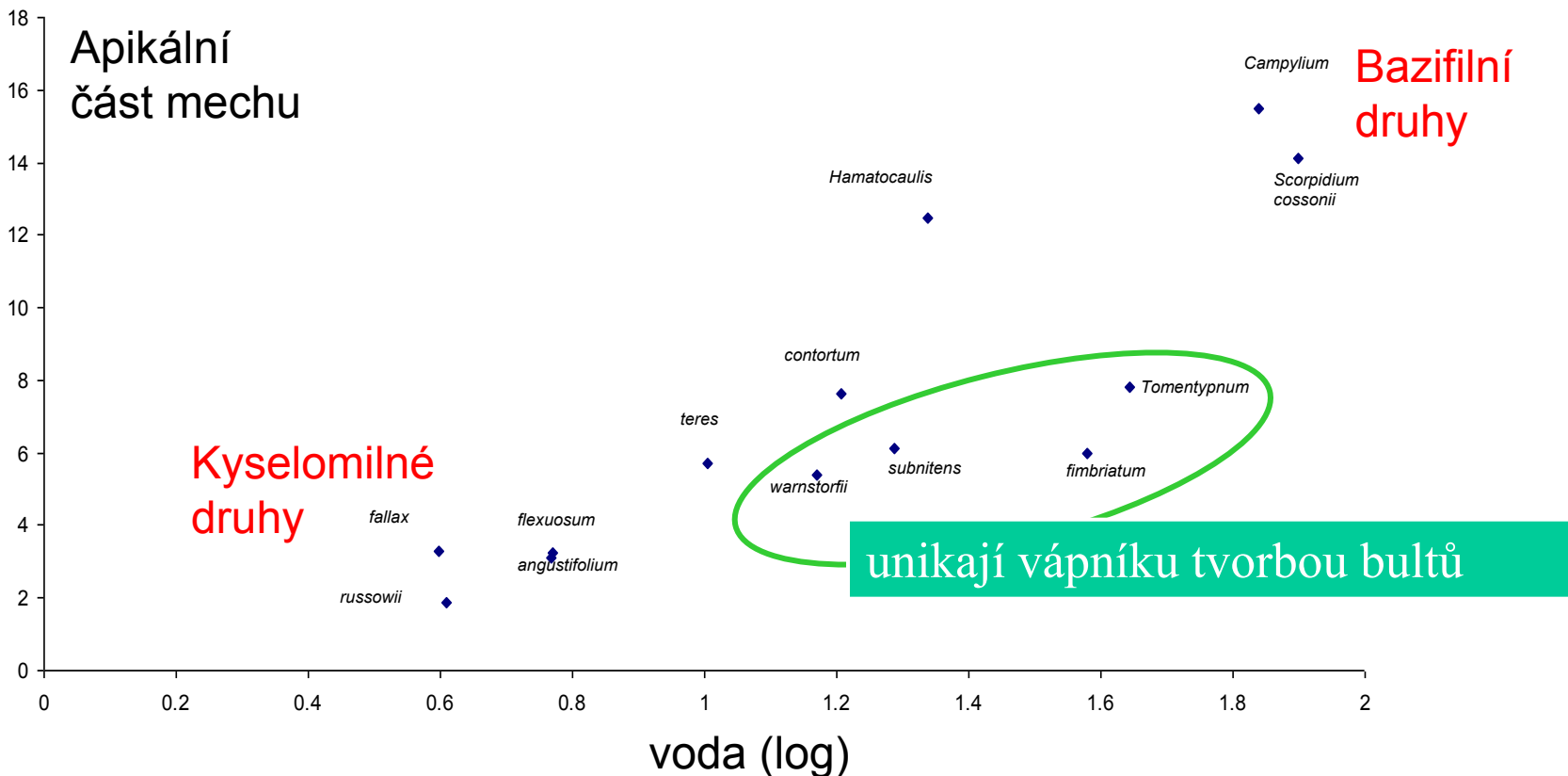
THE GROWTH OF *SPHAGNUM*: SOME EFFECTS OF ENVIRONMENT

By R. S. CLYMO

Westfield College, London NW3 7ST

Clymo (1973): na růst rašeliníků synergicky působí pH a koncentrace vápníku ve vodě

## Mediánová koncentrace Ca ve vodě a v biomase pro jednotlivé druhy mechů v Západních Karpatech



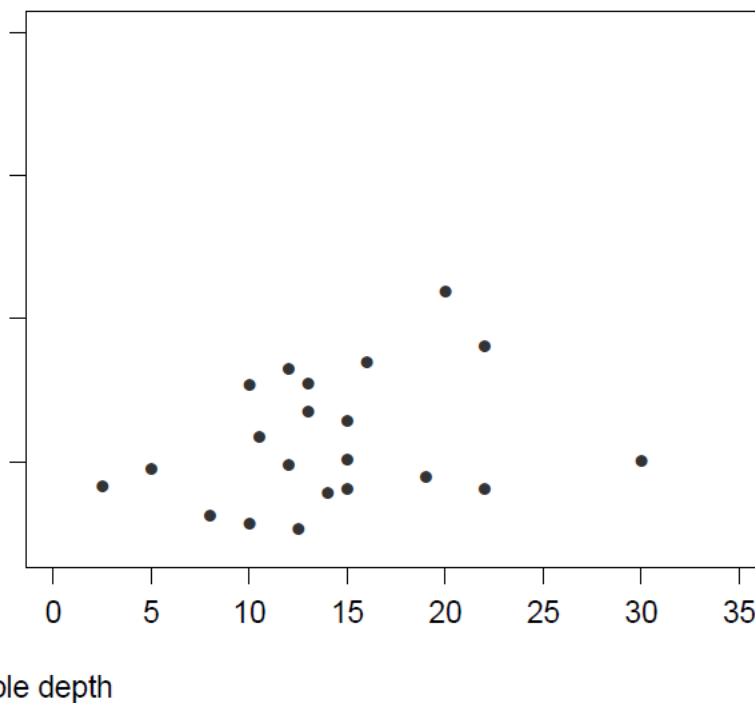
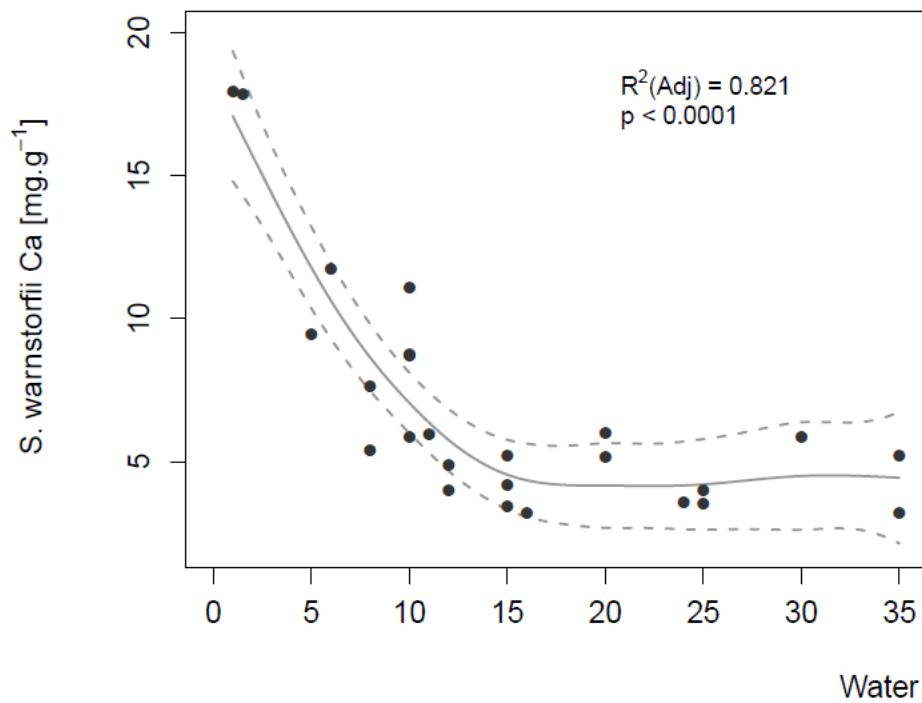
**Bultové druhy mechů mohou uniknout toxickému vápníku z vody v případě, že v území převažují srážky nad výparem.**

**2010: mokré jaro**

**2011: suché jaro**

**West Carpathians**

**Bohemian Massif**



# Důkaz vzlínání minerálů rašeliníkem v suchém období

Síran hořečnatý vysrážený na hlavičkách rašeliníku na extrémně minerálně bohatém slatiništi Rojkov



## Přímý vliv minerálů

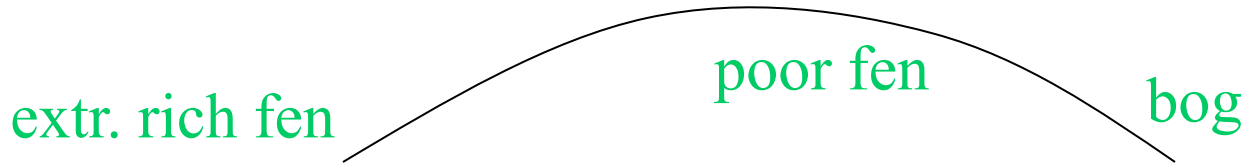
**Mg** Vyskytuje se v menších koncentracích než Ca; na kyselých minerotrofních rašeliníštích (poor fen) a na vrchovištích může být limitující. Je potřebný pro obnovu fotosyntetického aparátu, na chudých slatiništích proto jeho zásoba nemusí být dostatečná, zvláště v případě, kdy rostlina má dost ostatních živin k růstu.

Naopak pro rašeliníky může být toxický, musí se však jednat o velké koncentrace a malý Ca:Mg poměr – k tomu může dojít prakticky jen na hadcích.

Na rozdíl od vápníku je v mechu je vázán mimo buněčný obsah, takže se chová fyziologicky jinak.

## Přímý vliv minerálů

**Fe** Hraje významnou roli. Jeho vztah k hlavnímu gradientu je unimodální:



Může se ale objevit ve velké koncentraci i na topogení vápnité slatině, zejména po hydrologické obnově.

**Nedostatek:** chloróza, úhyn. Vápníkem bohaté půdy mají nedostatek železa v aktivní formě (komplexy Ca-Fe). Kalcikolní rostliny dokáží udržet Fe v metabolicky aktivní formě - *kalcifobní rostliny hynou*.

**Nadbytek:** toxicita.



# Přímý vliv vodíkových iontů

Vztah mezi výskytem druhů na rašeliništích a pH má 2 aspekty:

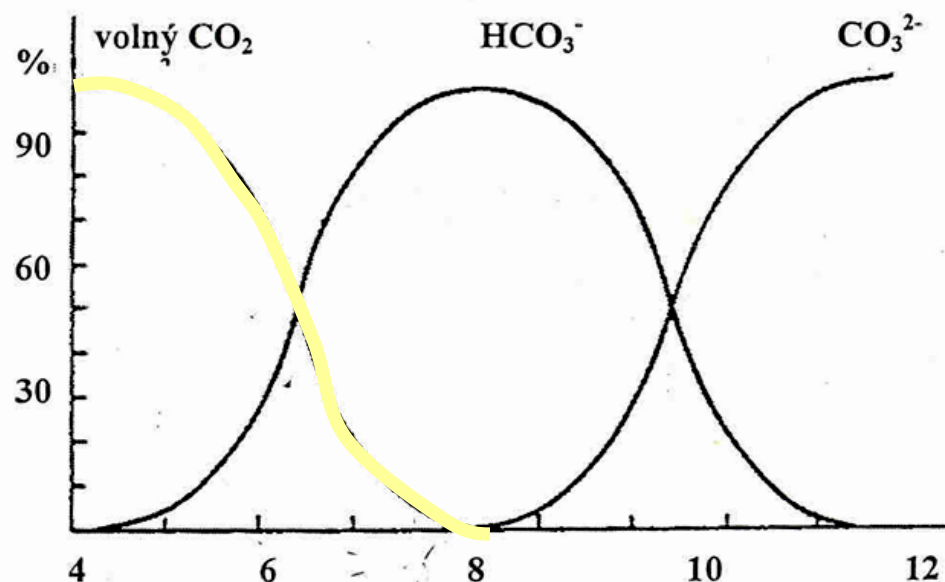
- fyziologické optimum druhu
- aktivní acidifikace

Přímé působení pH

- toxicita vodíkových iontů
- mobilizace toxických forem Fe a Al
- ovlivnění uhličitanové rovnováhy ve vodě



## Uhličitanová rovnováha



Obr.1:

Vztah mezi pH a procentuálním zastoupením složek uhličitanové rovnováhy:

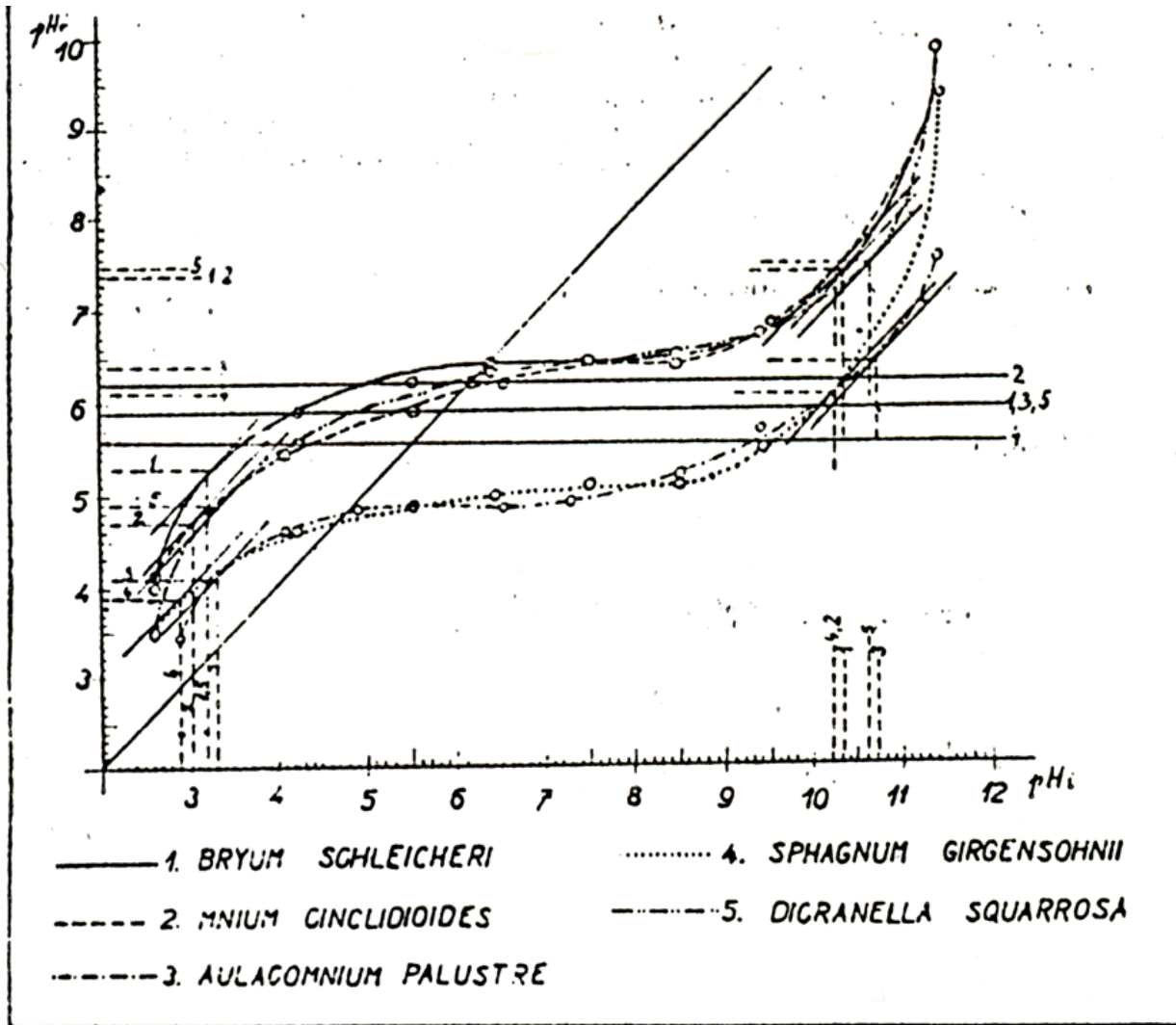
volného oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>), hydrogenuhličitanu (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), a uhličitanu (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

(Podle Goltermana 1969)

Pokud je rostlina ponořena ve vodě (mech), nemůže získávat CO<sub>2</sub> pro fotosyntézu jinak než z vody. Vodní rostliny mohou využívat i HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, to ale mechy neumí - v alkalických vodách jsou odkázány na stopová množství CO<sub>2</sub>. To například dobře zvládá *Cratoneuron commutatum* - dominuje v alkalických vodách.

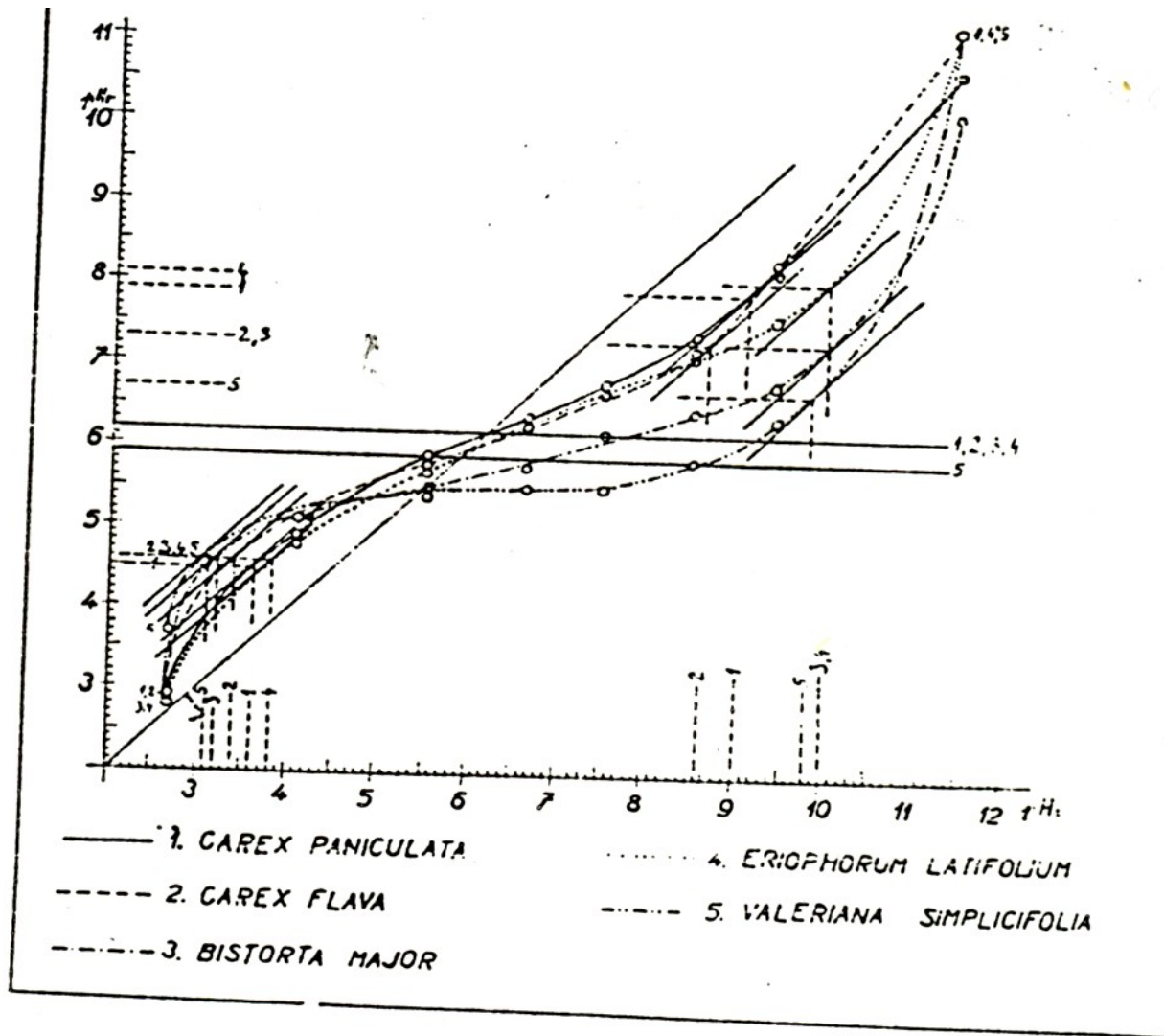
Ale pozor - v kyselých vodách je CO<sub>2</sub> málo přirozeně - i když je většina C ve formě CO<sub>2</sub>, může to být málo.

## Aktivní acidifikace



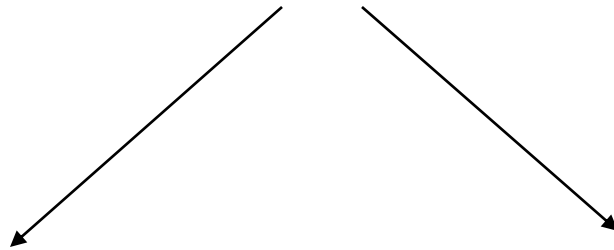
Obr. 4. Regulační křivky mechu ze spodní části prameniště.  
Abb. 4. Regulationskurven von Moosen aus dem unteren Quellgebiet.

## Aktivní acidifikace



Obr. 5. Regulační křivky vyšších rostlin rostoucích na prameništi.  
Abb. 4. Regulationskurven höherer Pflanzen, die im Quellgebiet wachsen

# Co je fyziologickým pozadím acidifikace?



## **vody**

Acidifikace je snižování alkalinity (ne jen pH) - **extruze protonů.**

Vliv mechorostů na acidifikaci vody je zřejmý.

## **půdy**

Cévnaté rostliny.

- příjem  $\text{NH}_4^+$  výměnou za  $\text{H}^+$
- chelatizace Fe za účelem získání P
- fosfatáza

Protože v půdě působí mnoho pufrčních systémů, vliv cévnatých rostlin na acidifikaci se těžko stanovuje.

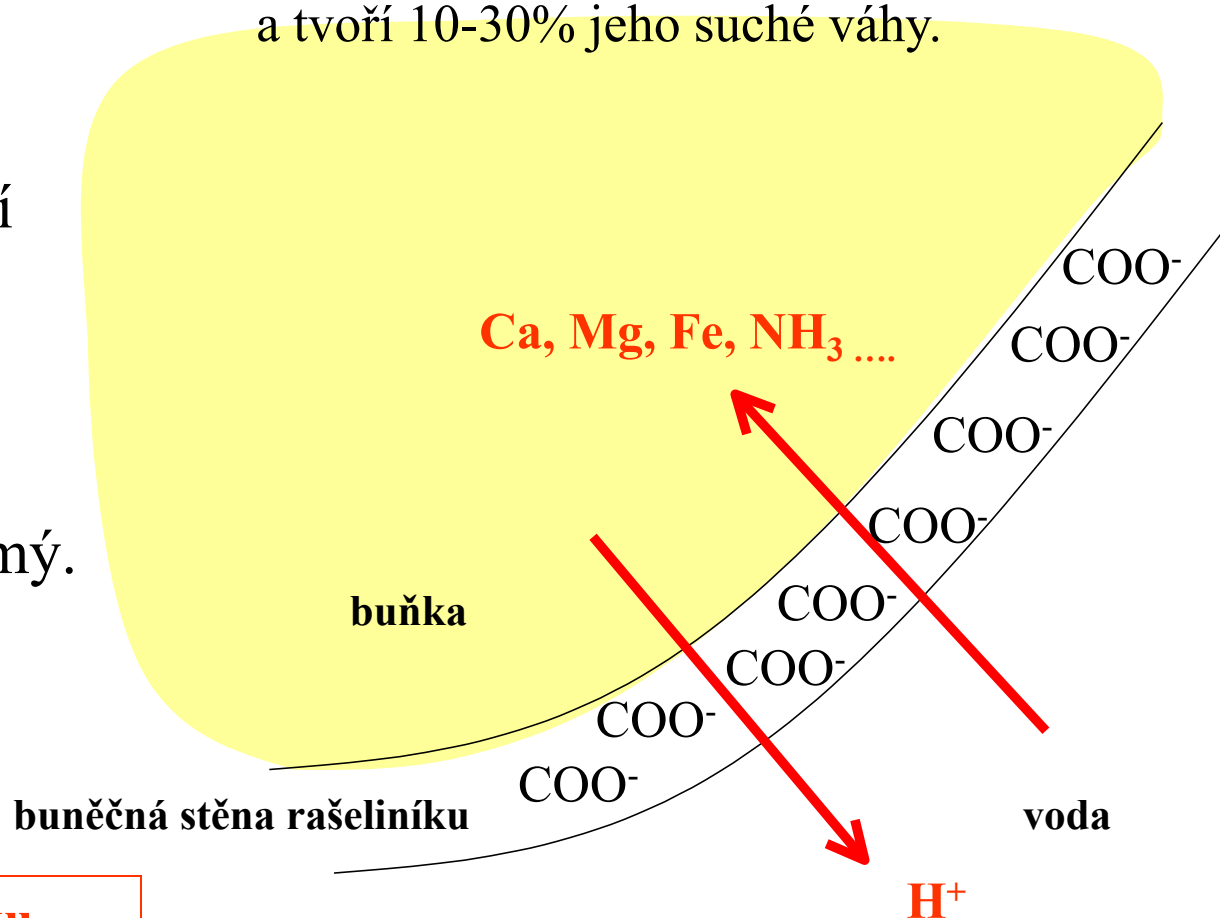
# Co je fyziologickým pozadím acidifikace?

Karboxylové skupiny uronových kyselin ( $\text{COO}^-$ ) jsou výměnnými místy rašeliníku a tvoří 10-30% jeho suché váhy.

**vody**

Acidifikace je snižování alkalinity (ne jen pH) - extruze protonů.

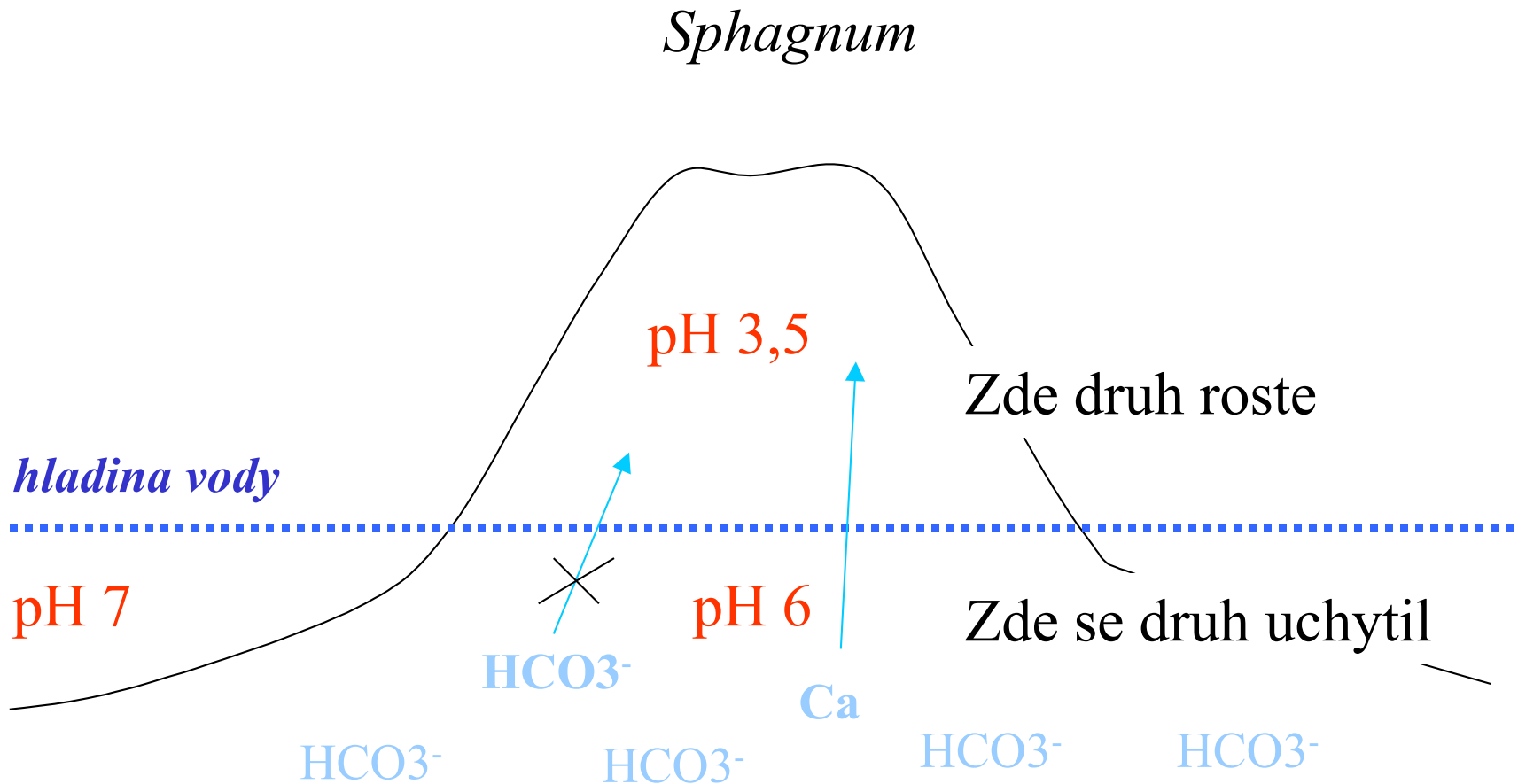
Vliv mechorostů na acidifikaci vody je zřejmý.



***Sphagnum* neokyselí destilku,  
ale okyselí roztok solí !**

## Jaký je důsledek tohoto mechanismu na ekologii rašelinišť?

- řízení sukcese (autogenní acidifikace rašelinišť)
- toxicita kovů, které se hromadí v buňkách rašeliníků



Schopnost acidifikace souvisí s obsahem polyuronových kyselin v rašeliníku - bultové druhy mají vyšší obsah než šlenkové; slatinné kalcitolerantní druhy mají vyšší obsah než acidofyty.

V různém chemickém prostředí může být u 1 druhu různá (např. *Sphagnum papillosum*).

Acidifikace se zastaví při dosažení fyziologického optima druhu.

Výměna kationtů je **pasivní jev**. Rašeliník přednostně přijímá ionty s vyšší valencí ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  .....  $\text{NH}_3^+$ ). Přebytek kovů může způsobit úhyn rašeliníku nebo zpomalení růstu - záleží na **toleranci** druhu k obsahu kovů v pletivech.

Na výskyt rašeliníku má vliv kombinace koncentrace hydrogen-uhličitanových iontů (zvyšují pH) a koncentrace vápníku, tyto 2 faktory se sčítají. Fyziologicky nevyjasněný je zatím vliv Fe a P – zdá se, že některé druhy tolerují při vyšším Fe a/nebo P více vápníku.



Tyto vztahy mezi koncentrací kationtů a pH se odrážejí v rozdílné realizované níce jednotlivých druhů mechorostů v různých územích.

Nemusí to být však jediná příčina změn v ekologickém chování druhů

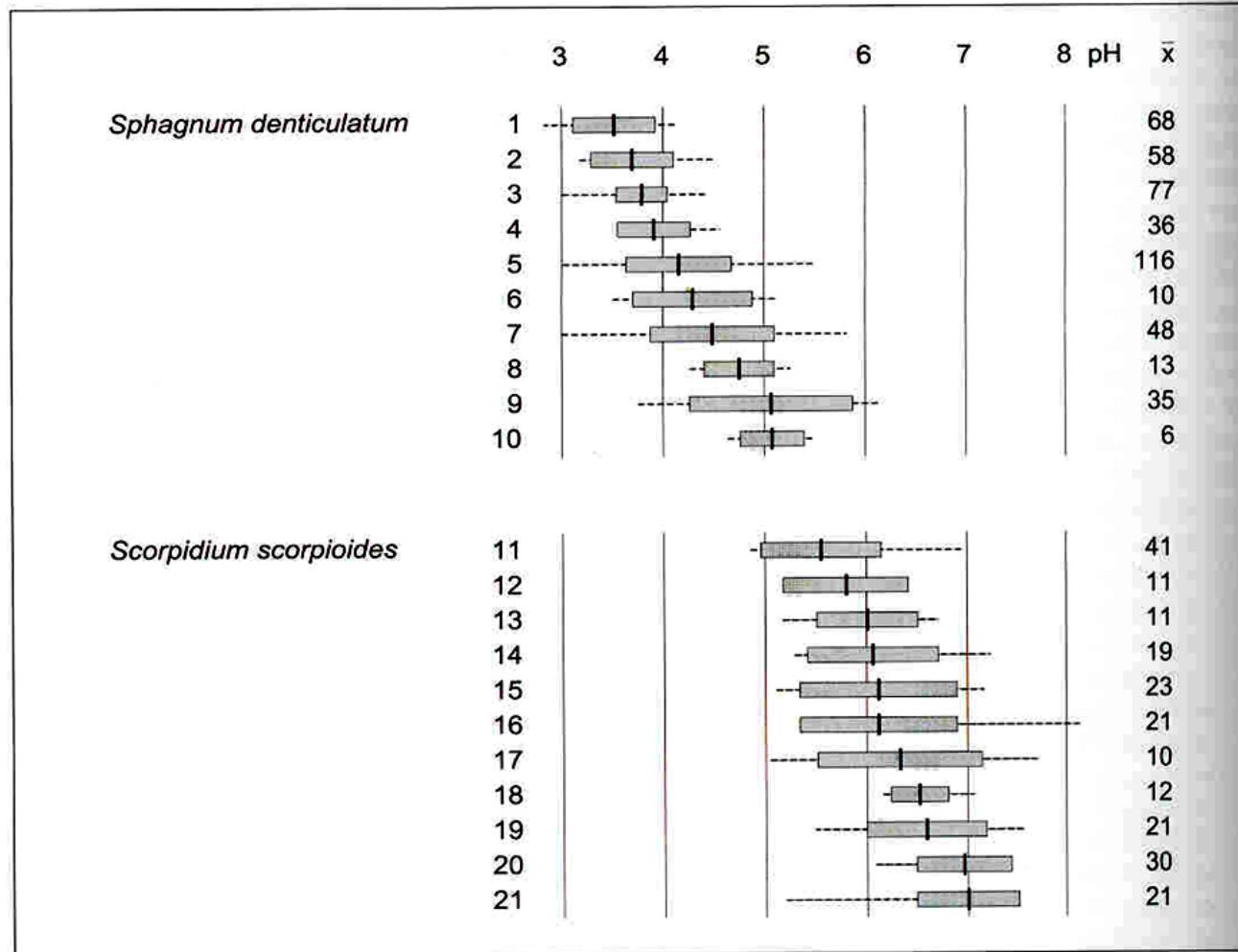


Abb. 61: pH-Amplituden von *Sphagnum denticulatum* und *Scorpidium scorpioides* in unterschiedlichen Vegetationstypen aus verschiedenen Regionen (Mittelwert, Standardabweichung, Extremwerte, Anzahl der Messungen): 1) *Pleurozio-Ericetum*, *Molinia*-Fazies, Irland, 2) *Pleurozio-Ericetum typicum*, Irland, 3) *Sphagno-Rhynchosporium*, Brit. Inseln, 4) *Eleocharitetum multicaulis*, Britische Inseln, 5) *Pleurozio-Ericetum*, *Schoenus nigricans*-Fazies, Irland, 6) *Caricetum rostratae*, Brit. Inseln, 7) *Caricetum limosae*, Brit. Inseln, 8) *Sphagno-Rhynchosporium*, Skandinavien, 9) *Caricetum lasiocarpae*, Brit. Inseln, 10) *Caricetum nigrae*, Brit. Inseln, 11) *Sphagno-Rhynchosporium*, Skandinavien, 12) *Sphagno-Rhynchosporium*, Schwarzwald, 13) *Scorpidio-Caricetum chordorrhizae*, Skandinavien, 14) *Caricetum lasiocarpae*, Skandinavien, 15) *Campylio-Caricetum dioicae*, Brit. Inseln, 16) *Eleocharitetum quinqueflorae*, Brit. Inseln, 17) *Caricetum rostratae*, Brit. Inseln, 18) *Campylio-Caricetum*, Brit. Inseln, 19) *Scorpidio-Caricetum diandrae*, Brit. Inseln, 20) *Junco-Schoenetum nigricantis*, Brit. Inseln, 21) *Caricetum microglochinis*, Skandinavien (nach DIERSSEN 1982, DIERSSEN & DIERSSEN 1984).

# Výměna kationtů a možný výskyt vápnomilných řas v buňkách rašeliníků

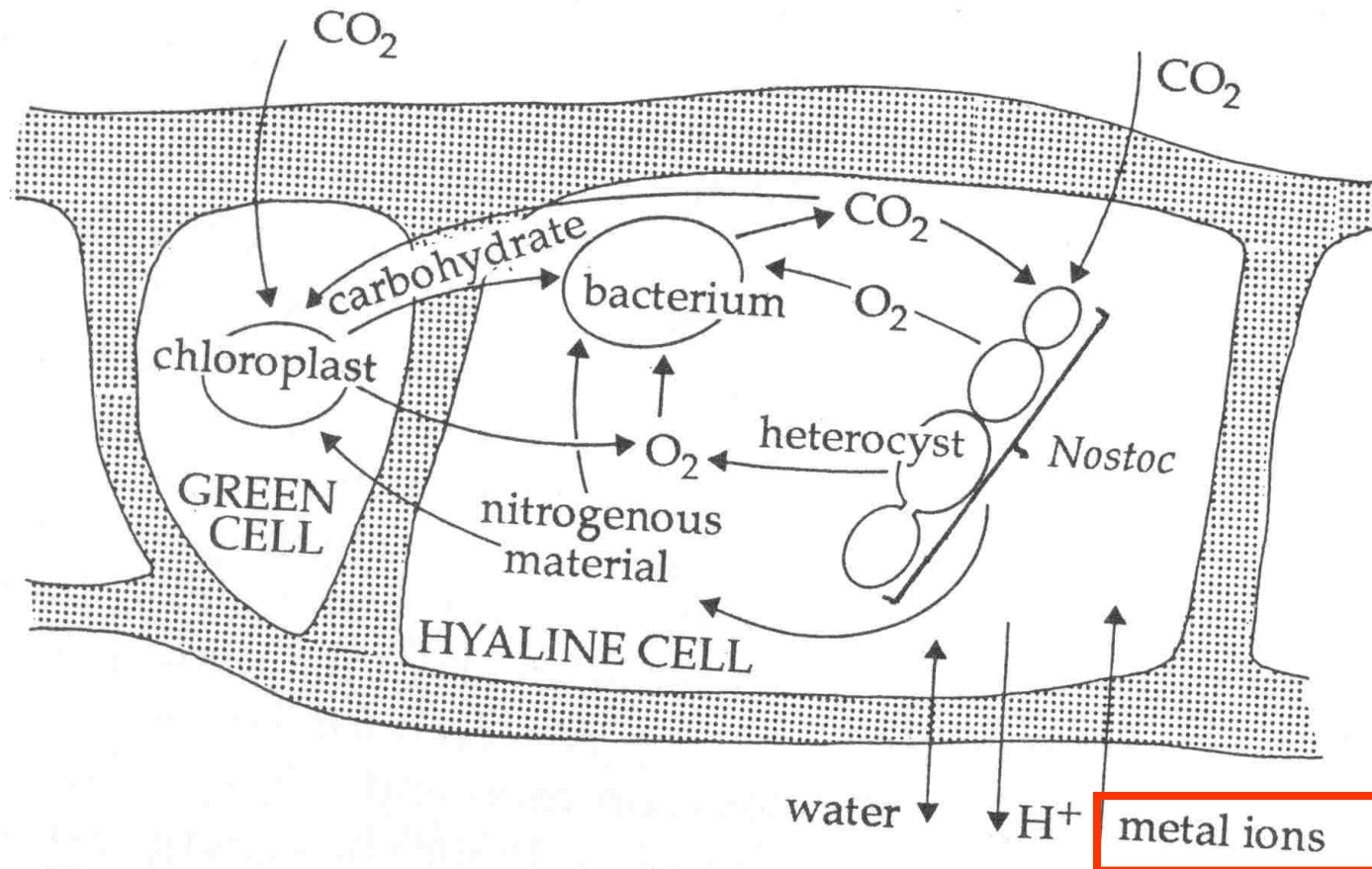


Fig. 23. Hypothetical interactions within leaf cells of *Sphagnum* (modified after Granhall & Hofsten, 1976).

## Další zdroje acidity v rašeliníštích

- oxidace  $\text{H}_2\text{S}$  a  $\text{Fe}_2\text{S}$  za vzniku síranů
- spady síranů
- **uvolňování  $\text{H}^+$  při dekompozici (tzv. DOC): organické kyseliny (humínové kyseliny, fulvokyseliny). To má velký význam pro aciditu vrchovišť: voda vrchovišť je co do obsahu minerálů skoro „destilka“ a samotná výměna iontů s rašeliníkem by v tomto případě nemohla prostředí okyselit na tak nízké hodnoty pH (< 4).**



# SHRNUTÍ

## Chemické vysvětlení hlavního vegetačního gradientu

**Alkalická rašeliniště, bohatá Ca a HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

**RICH FENS**

málo volného CO<sub>2</sub> pro fotosyntézu  
ponořených mechů

toxicita Ca a Mg pro rašeliníky

nepřístupnost P a Fe

málo dusíku v NH<sub>3</sub><sup>+</sup> formě

pomalá mineralizace organického N a P

**Kyselá rašeliniště, chudá Ca**

**POOR FENS, BOGS**

málo volného CO<sub>2</sub> i HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> pro fotosyntézu

toxicita Fe, Mn a Al

nedostatek Ca a Mg pro kalcikolní druhy;

nedostatek všech živin na vrchovišti

silná kompetice rašeliníků s cévnatými  
rostlinami o dusík

pomalá dekompozice

## Vysvětlení pomocí konceptu „ekosystémových inženýrů“

**RICH FENS**

Dominují hnědé mechy, které:

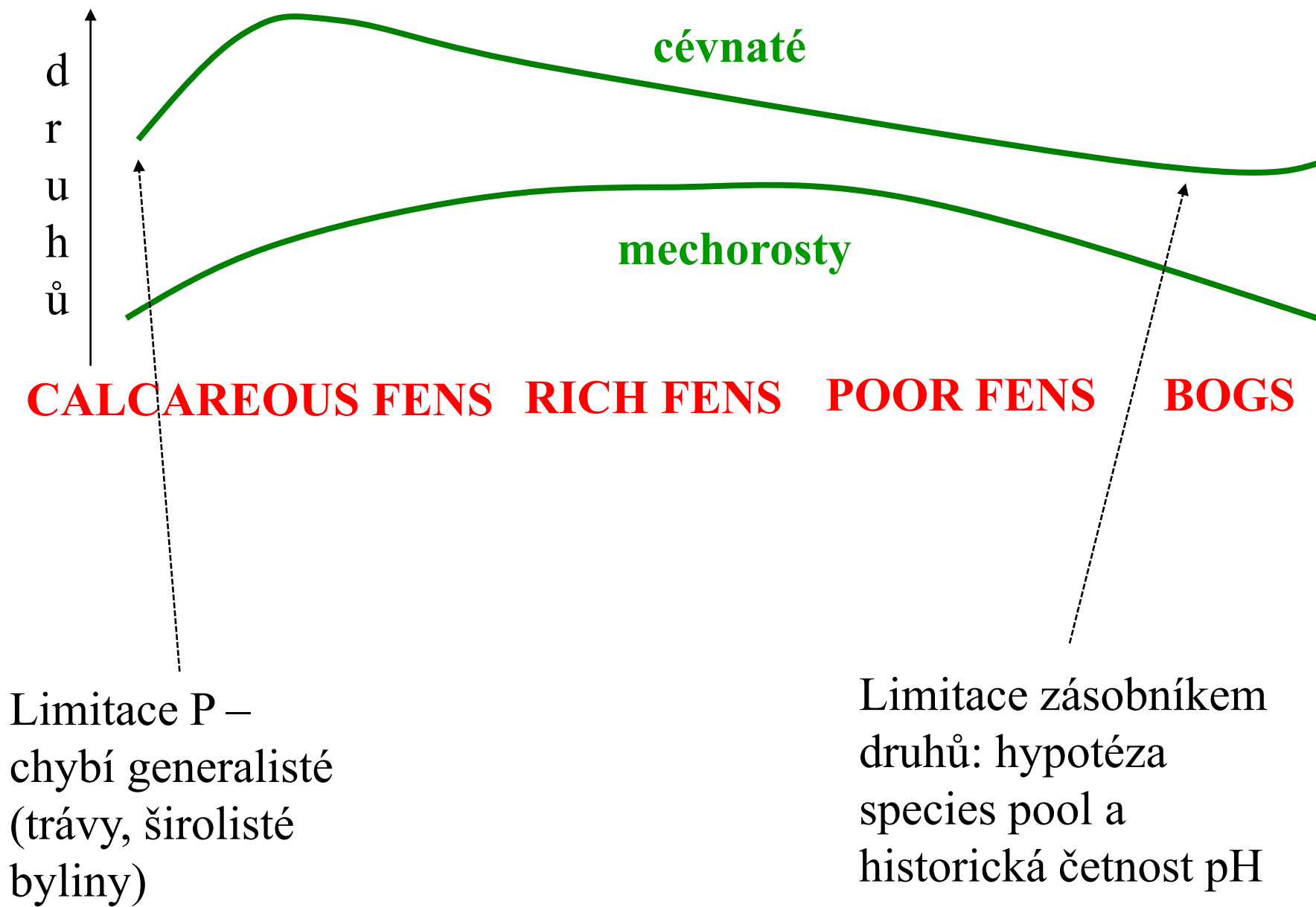
- Pomaleji rostou a nebrání generativní reprodukci cévnatých rostlin. Kalcikolní specialisté jsou často krátkověcí.
- Specificky ovlivňují redox potenciál

**POOR FENS**

Dominují rašeliníky, které:

- Brání generativní reprodukci a silně kompetují: přerůstají pomalu rostoucí druhy
- Okyselují a odčerpávají kationty, vzdalují rašeliniště od vody

# Vápník, pH a druhová bohatost vegetace

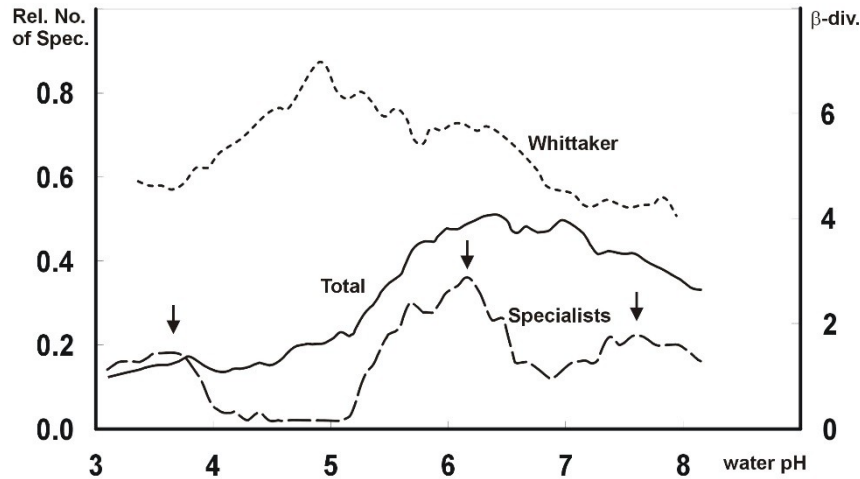


# Zastoupení pH specialistů podél pH gradientu

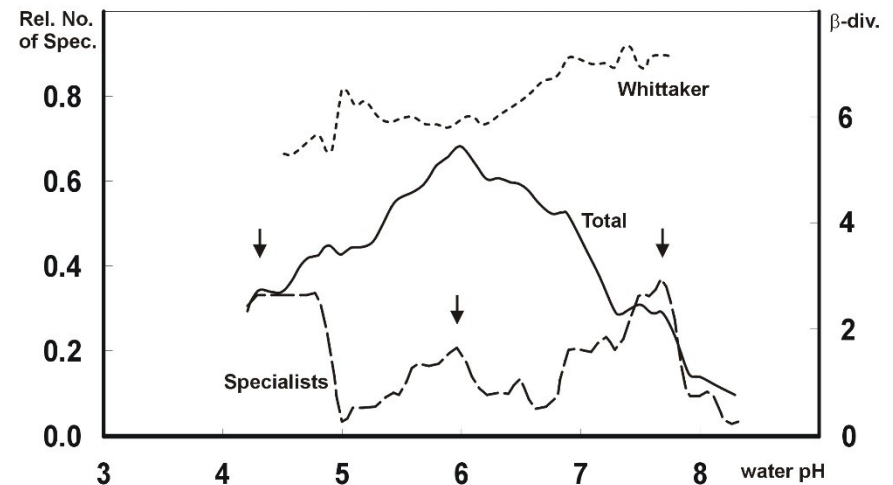
Data ze střední a jv. Evropy ukázala, že rozšíření specialistů podél gradientu pH je na rašeliništích nerovnoměrné. Jsou možná 2 yvsvětlení:

- (i) biotopy bohaté na speciality odpovídají refugiím rašeliništní flóry v minulosti, a to specificky pro každou oblast (střední versus jv. Evropa).
- (ii) Třídy pH bohaté na speciality jsou v přirozeně se vyskytujících mokřadech nejběžnější (biomodalita pH kvůli pufrčním systémům)

A. West Carpathians



B. Bulgaria

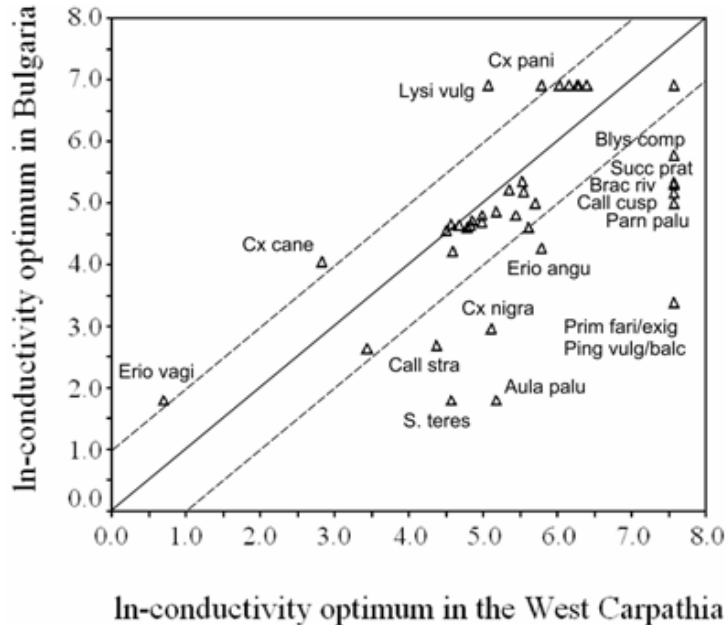


# Rašeliniště, pH a prostorová proměnlivost nik

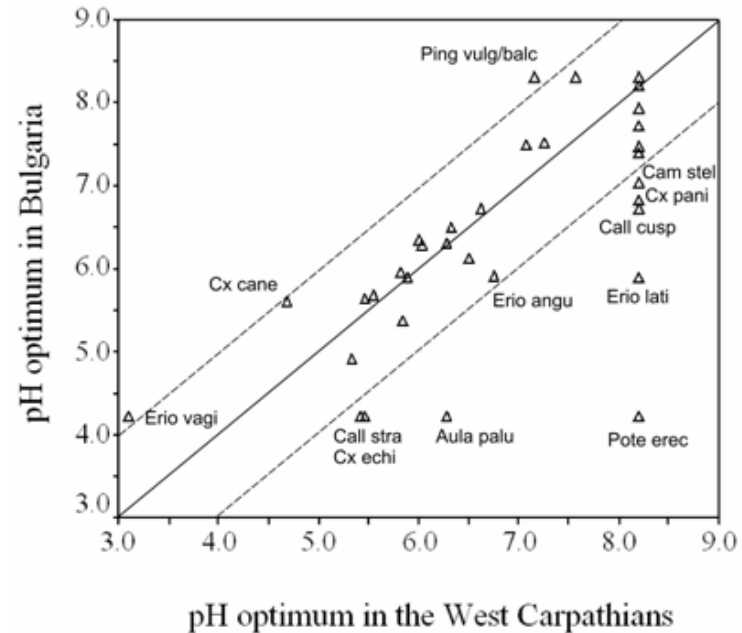
Říkali jsme si, že prostorová proměnlivost nik (různé ekologické chování druhu v různých oblastech) nemusí souviset jen s interakcí mezi pH, vápníkem a jinými živinami. Určitou roli mohou hrát historicko-biogeografické vztahy.

V této studii jsme srovnávali Západní Karpaty a Bulharsko. Stanovili jsme optima druhů pro 41 běžných mokřadních druhů, vyskytujících se v obou územích pomocí GAM.

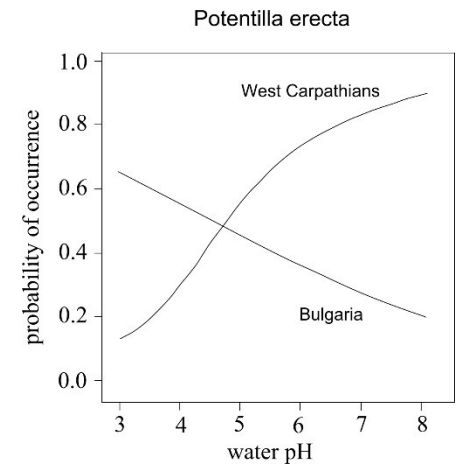
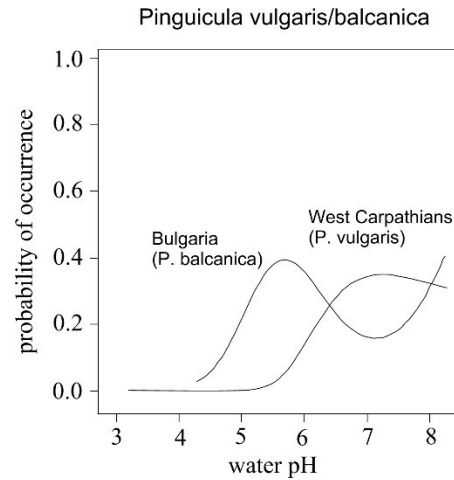
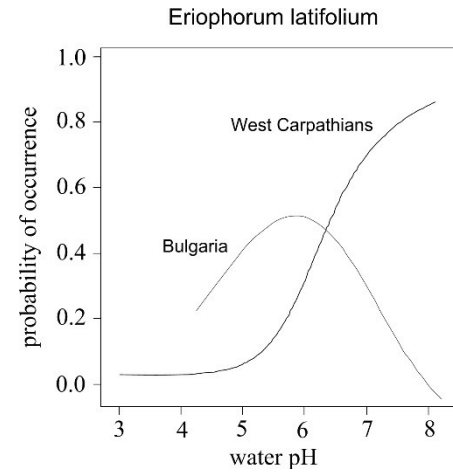
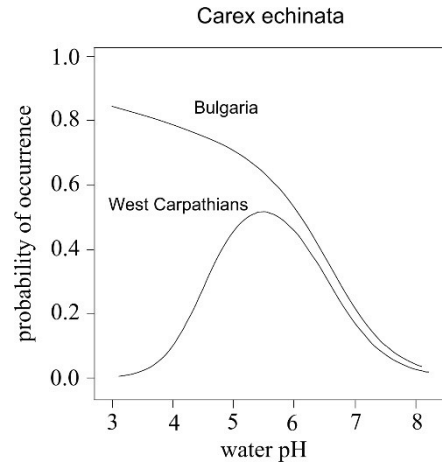
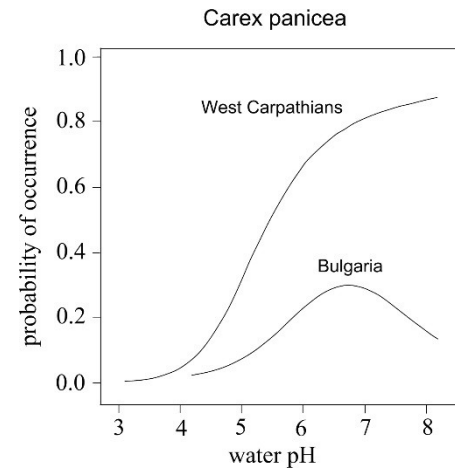
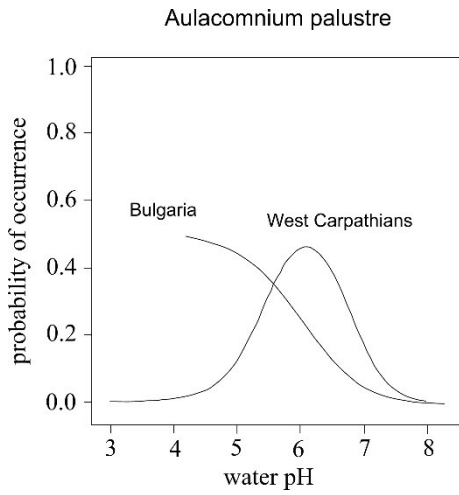
optimum druhu vůči konduktivitě



optimum druhu vůči pH

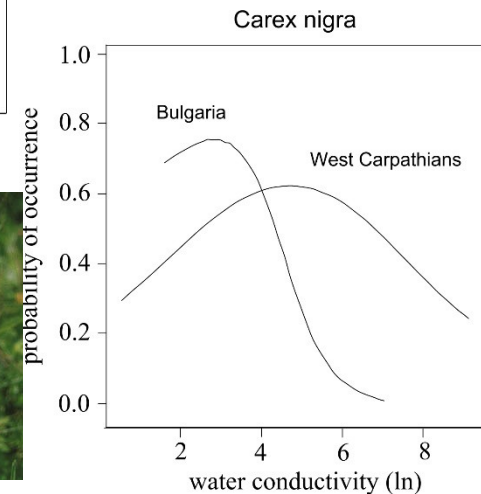
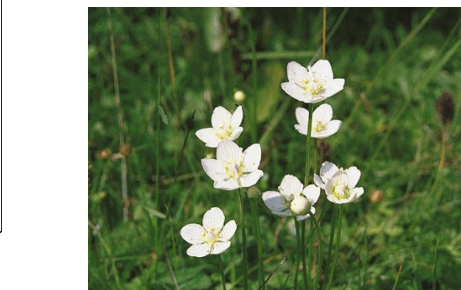
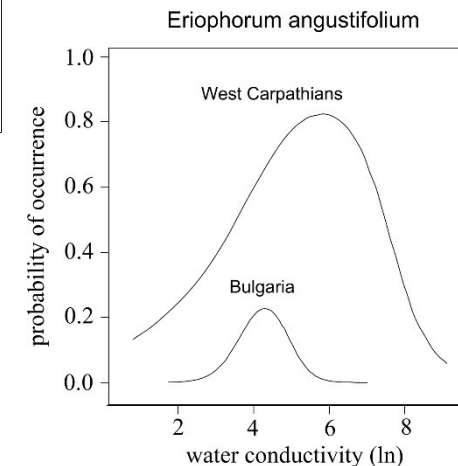
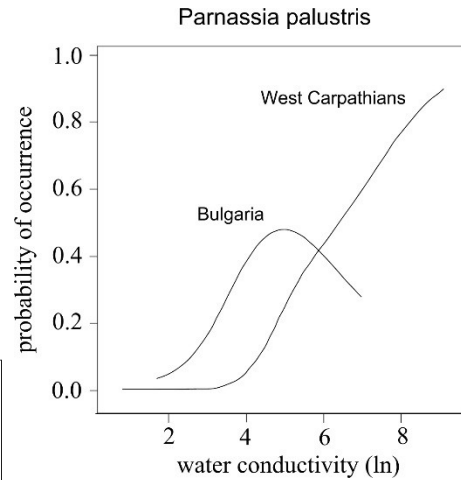
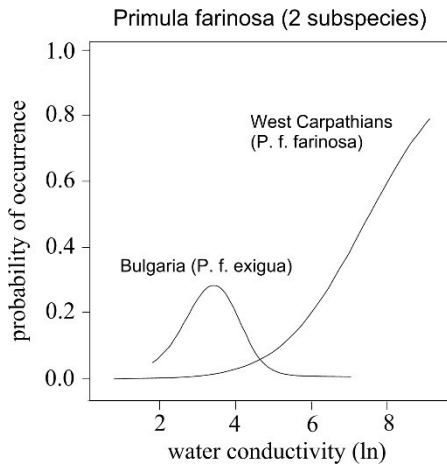
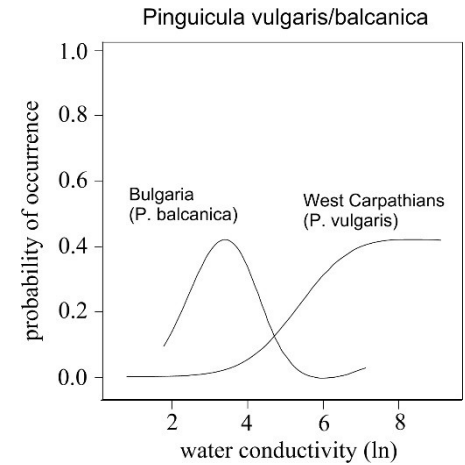
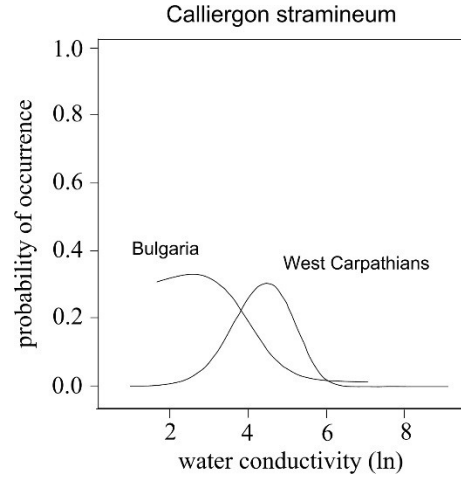
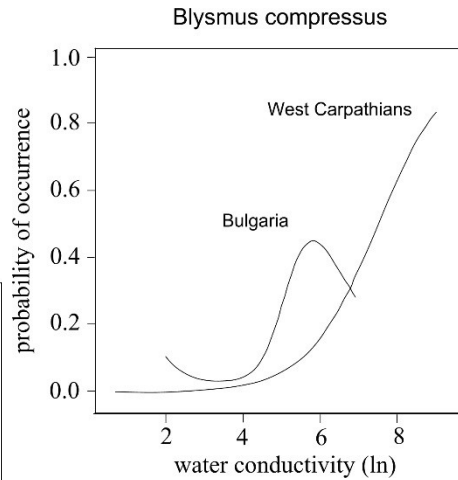
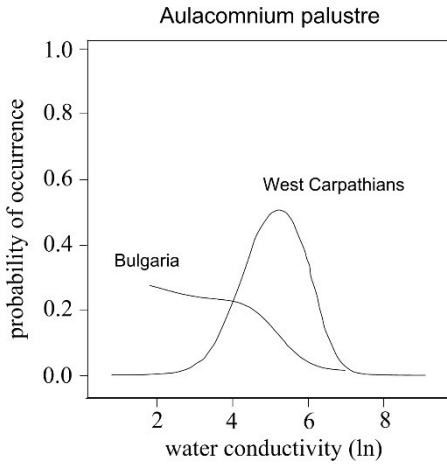


# Odovědi druhů (GAM, 4 stupně volnosti) k pH: srovnání Západních Karpat a Bulharska. Prezentuji zde jak identické, tak i blízce příbuzné druhy.





# Odpovědi druhů (GAM, 4 stupně volnosti) ke konduktivitě vody (celkové minerální bohatosti): srovnání Západních Karpat a Bulharska. Prezentuji zde jak identické, tak i blízce příbuzné druhy.



**Velká část druhů vykazuje značně podobnou odpověď k pH a konduktivitě, ale existuje skupina druhů (zejména *Cyperaceae*), které své realizované niky dramaticky mění.**

**Ve vysokohorských mokřadech Bulharska roste při velmi nízké koncentraci vápníku a nízkém pH řada našich kalcikolních rostlin, nejčastěji *Eriophorum latifolium*. Tyto druhy mají na okraji areálu v Bulharsku rozšířenou niku.**

**Naopak řada druhů, které známe ze střední Evropy i z vápnitých slatinišť (*Eriophorum angustifolium*, *Carex nigra*) zužují svou realizovanou niku v Bulharsku a omezují se jen na nejkyselější typy.**

### **Možná vysvětlení?**

**Kompenzace klimatu:** nereálné, zkoumaná rašeliniště jsou ve stejných vegetačních stupních

**Kompetiční uvolnění:** nereálné, druhová bohatost ani „species pool“ se neliší a spíš jsou trochu vyšší v Karpatech. Druhové složení je dost podobné. Kompetice mezi cévnatými rostlinami je na rašeliništích dost slabá.

**Ekotypy:** možné vysvětlení, zapadající i do tzv. evolučního konceptu „species pool“. V suchých „stepních“ obdobích glaciálu mohly mokřadní druhy přežít jen na zasolených mokřadech nebo v nejvyšších horách, které jsou krystalinické a chudé vápníkem. Aby přežily, musely se adaptovat. Adaptace na různé úrovně pH a vápnatosti je, zejména u *Cyperaceae*, jednou z nejsnažších. U nápadných a atraktivních rostlin s velkým množstvím znaků (*Pinguicula*, *Orchidaceae*) jsou popsány blízké příbuzné vikariantní druhy, u *Cyperaceae* nikoliv (malý stupeň poznání této skupiny na Balkáně, málo nápadných taxonomických znaků).

Rusko, jihosibiřská pohoří. **Analogie suchých období glaciálu.** V popředí step, vzadu ledovce a v okolí ledovců šance pro mokřadní rostliny.

Slané slatinné louky,  
další šance pro přežití  
mokřadních druhů



# Celková fertilita půdy:

## gradient na pH nezávislý?

Jak jsme si právě ukázali, hlavní gradient v druhovém složení rašelinišť od vápnatých slatinišť přes přechodová rašeliniště (poor fen) k vrchovištím je jen málo spojen s přístupností živin. Všechny tyto typy rašelinišť jsou, v případě nenarušeného vodního režimu, živinami velmi chudé.

Rostliny vrchovišť mají vyvinuty četné adaptace zejména na nedostatek dusíku; rostliny vápnatých slatinišť se zase adaptovaly zejména na nedostatek fosforu.



**Př.:** Na tomto lesním vrchovišti bylo bylinné patro tvořeno jen druhy s nějakým způsobem adaptace na nedostatek živin:

*Eriophorum vaginatum* - přijímá aminokyseliny jako zdroj dusíku.

*Empetrum nigrum* - jako všechny erikoidy má efektivní využívání  $\text{NH}_4^+$  a má peinomorfózy.

*Vaccinium vitis-idaea* - vždyzelenost zabraňuje ztrátě N a Mg při opadu listů

*Drosera rotundifolia* - karnivorie

*Pinus sylvestris* - mykorhiza

**atd**

Gradient fertility proto probíhá spíše nezávisle na hlavním gradientu nasycení bázemi a více se projevuje v jeho bazické části.

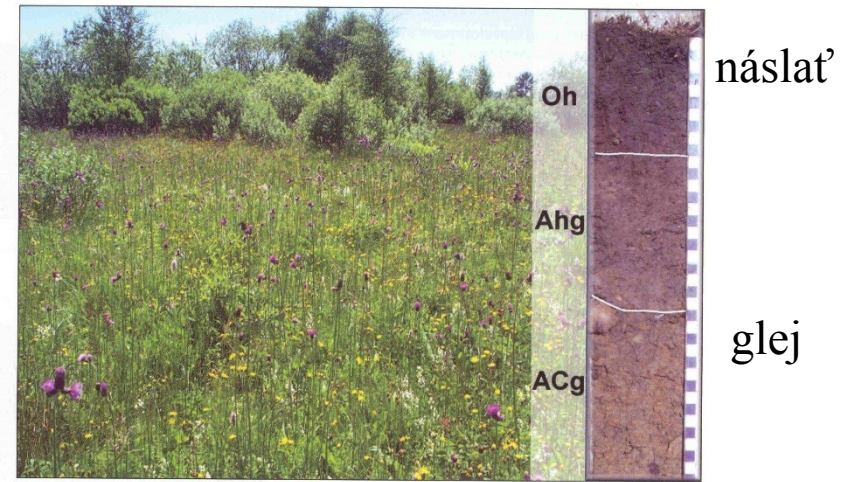
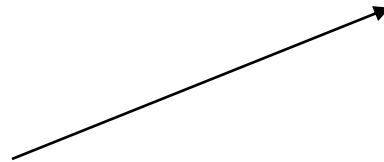


Tento gradient je spojen hlavně s výskytem „lučních“ druhů náročnějších na živiny, zejména P a K a pokud je spojen i s vyšší přístupností N, pak koreluje i s biomasou (resp. produktivitou).

Zvýšený obsah živin se však těžko dokazuje na základě analýz vody a půdy, protože zvýšený obsah živin rostliny okamžitě využívají a zabudovávají do své biomasy.

Gradient zastoupení lučních druhů však nemusí korelovat jen s živinami, spolupůsobí i změna vodního režimu, management nebo nejčastěji **půdní vlastnosti**

*Calthion* na minerální půdě

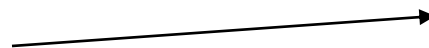


Some profiles were analysed microscopically and the results (Tab. 1) showed clear layers of brown moss peat (mostly *Drepanocladus cossonii*), which were followed or preceded by travertine deposits, sometimes with much small sedge peat. These results clearly point to stages of (nutrient-poor) peat formation, which were followed by (wetter) stages in which travertine had been deposited in shallow pools or due to surface water flooding the peat.

**Fig. 8:** Wet meadow vegetation (*Calthion palustris*) with *Cirsium rivulare*, *Crepis paludosa*, and *Equisetum fluviatile* on a shallow decomposed peat layer (Oh). Further down an iron-rich, humic mineral layer is present on top of a clayey soil type with sometimes large stones in it and also much iron. (Photo Bas VAN DELFT)

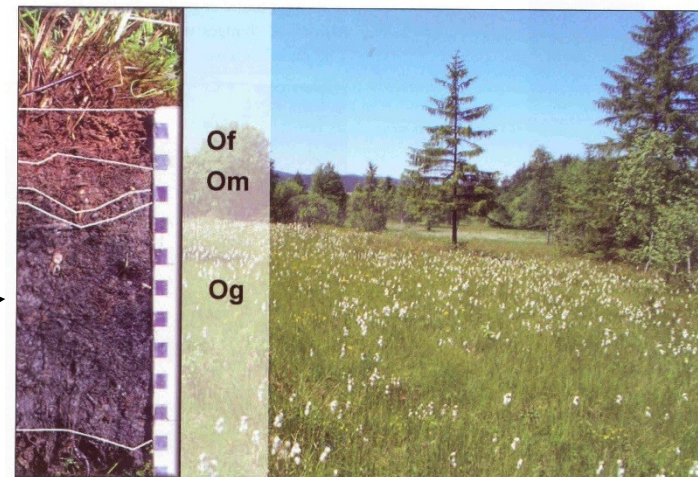
**Fig. 9:** Fen vegetation (*Caricion davallianae*) dominated by small sedges and *Eriophorum latifolium*. The soil profile consists of a well preserved (fibric) top layer followed by a slightly decomposed peat. The black peat is decomposed under anaerobic condition and contains much iron sulphide. Each square is 1 cm. (Photo Bas VAN DELFT)

*Caricion davallianae* na organické půdě



slatina +  
pěnovce

slatina



Grootjans et al. 2006