



**Agronomická
fakulta**

Vítězslav Vlček

Hydropedologie

Mendelova
univerzita
v Brně



Ústav Agrochemie, půdoznalství,
mikrobiologie a výživy rostlin



les vs. hydrologie...

Současný les je výsledkem procesů, které se dle palynologických výzkumů dají rozdělit do čtyř velkých fází.

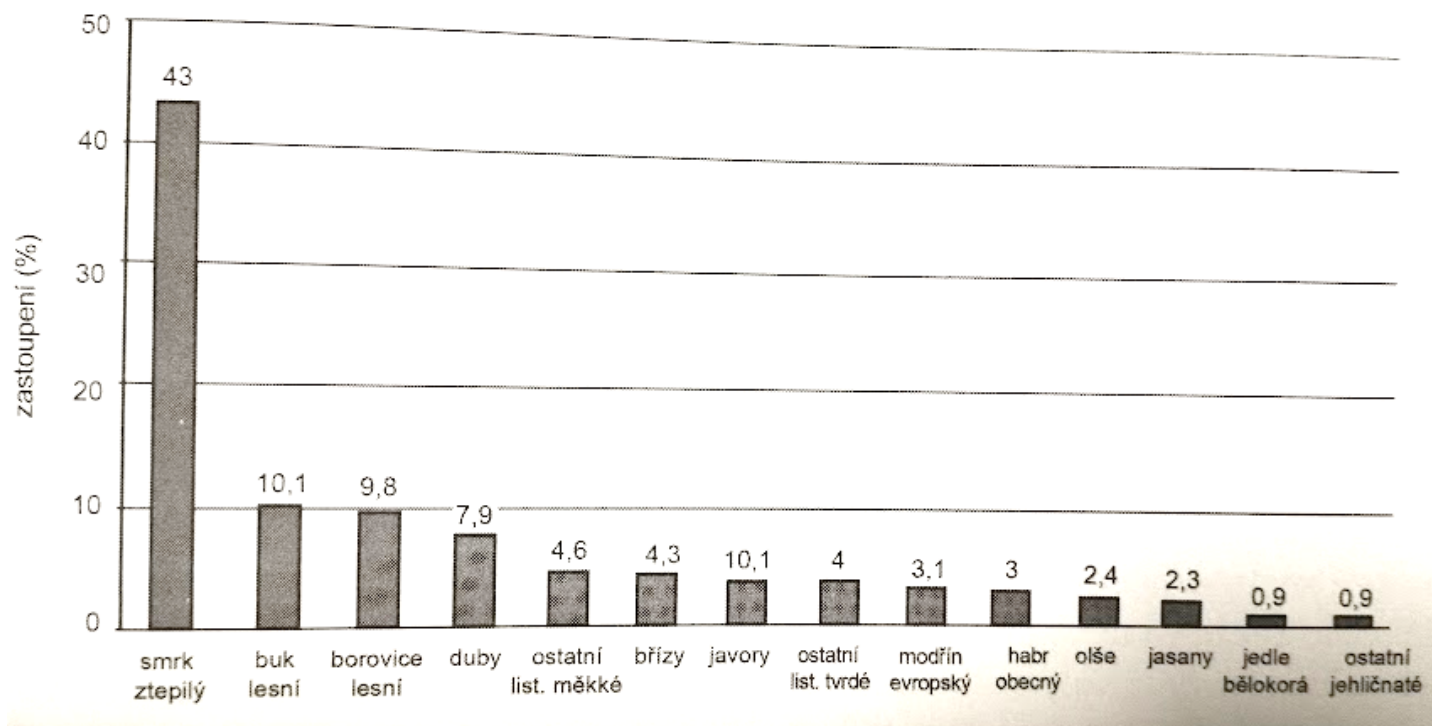
V nejchladnější fázi poslední doby ledové se teploty pohybovaly o 10-12 stupňů níže než dnes, srážky byly přibližně na polovině.

Poslední historická doba:

- úpadek kulturní krajiny mezi laténem a prvními státními útvary v 9 a 10 století.
- Kolonizace 11-13 století
- polaření, lesní pastva, odvoz listí na stelivo, výmladkové hospodaření, toulavé seče
- Eroze – vznik současných FL v nižších polohách
- 18-19.stol. masové zavedení okopanin, kukuřice, hluboké orby

- dnešní kulturní lesnictví se vyvinulo v období malé doby ledové, jako nejstudenějšího a nejvlhčího období posledních 8 000 let (smrk)...

Zastoupení dřevin v ČR (2011-15), dle Cílek et al. (2022)

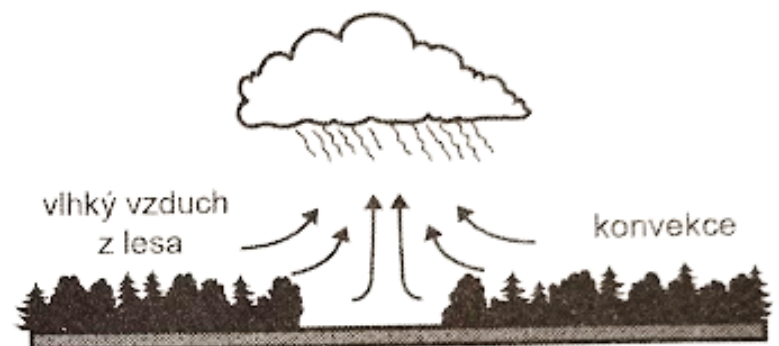


Lesy vs. klima

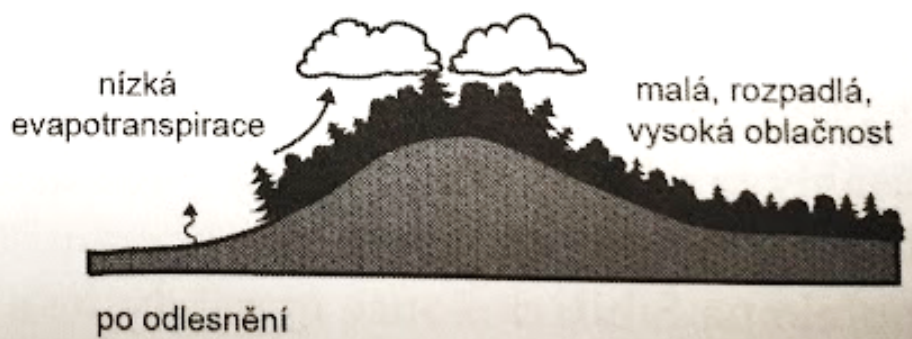
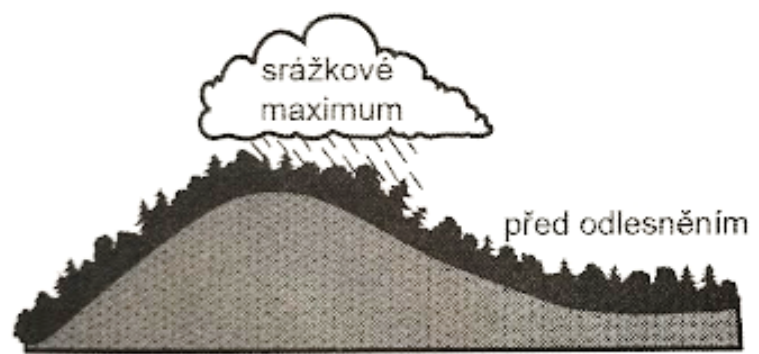
- změny proudění vzduchu, srážek
- častější vznik bloků „omega“ (Ω) – větry obtékají oblast vyššího tlaku (uvnitř panuje dlouhodobě teplé nebo studené počasí – dle toho jestli je otevřeno na S nebo J).
- nejvíce změn do 300 m n.m., rizika ale i do 600 m n.m.

směr proudění větru
→

formování oblačnosti



malá otevřená plocha v lese

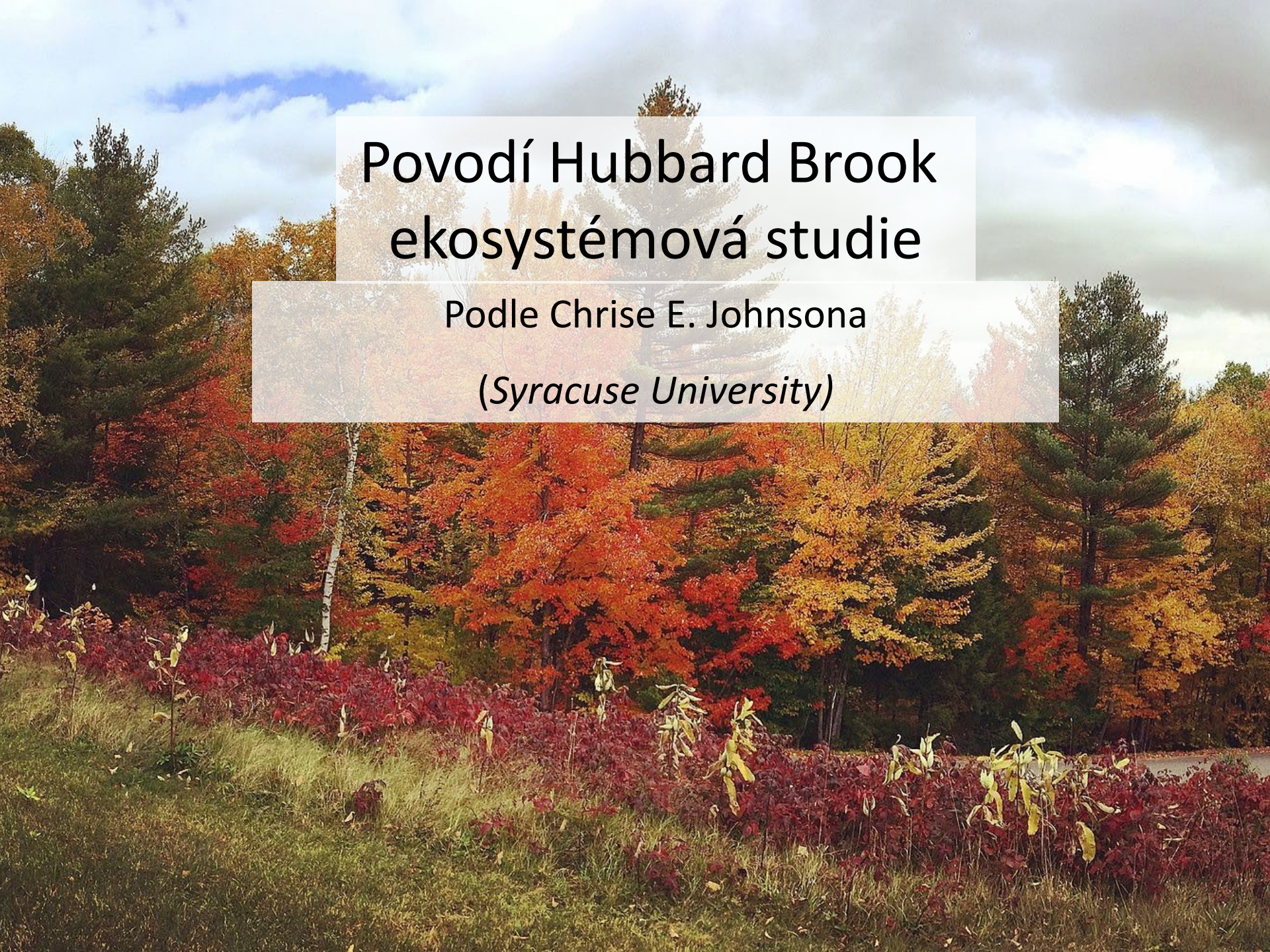


- skleníkový jev a vodní páry
- Srážky: až 100 % se zpět vypaří, až 30% do vodotečí, méně než 10% se vsakuje
- les je podstatný do 300-400km od pobřeží
- Změny v Golském proudu (ochlazení o 6 ale i o 30 stupňů – Norsko)
- czechterra.cz (inventarizace krajiny 2007-9 a 2013-15).

- Při hrubé bilanci tvoří evapotranspirace asi 70 % srážek, odtok asi 30 %
- Evapotranspiraci tvoří ze 65 % transpirace, 30 % intercepce a 5 % výpar z půdy.
- Lesní půdy bývají málo mocné a dobře zvládají dobře jen malé až střední srážky, tj. srážky do 60 mm bývají relativně dobře tlumeny.
- povodí kde je alespoň 40 % lesa dokáže účinně tlumit povodňové vlny.
- buk vs. smrk (stok po kmenech)
- hydraulický lift

- Prodlužující se délka vegetačního období bude zřejmě stírat rozdíly mezi výparem z jehličnanů (smrk cca 520 mm) a listnáči (buk cca 500 mm), i když spotřeba vody bude vždy vyšší u smrku.
- V nižších nadm.výškách bude spotřeba vody vyšší než v horských oblastech (buk nížina 500 mm, hory 460 mm). Z uvedených hodnot je patrné, že srážky 500 – 600 mm budou u nás rozdělovat území na:
 - Nížiny, pahorkatiny a kotliny do 500 m.n.m. – jaro vlhko, léto fyziologické sucho
 - Střední polohy 500-1000 m.n.m. neprosychají tak intenzivně, problémy jen v suchých letech
 - Vyšší polohy nad 1000m.n.m. zpravidla bez problémů, tvorba zásob vody

- Jako klíčové se jeví udržení lesnatosti nad hranicí 40 % (34% les + 8% mimo les- sady, větrolamy, břehové porosty...)
- Využití postupů šetření vláhou v zemědělství
- Pozemkové úpravy
- Vhodné dřeviny při zalesňování (posun až o 2LVS)
- Ideálem asi smíšený les s nejméně 2 hlavními a 2 melioračními dřevinami



Povodí Hubbard Brook ekosystémová studie

Podle Chrise E. Johnsona

(Syracuse University)

Location of Hubbard Brook Experimental Forest



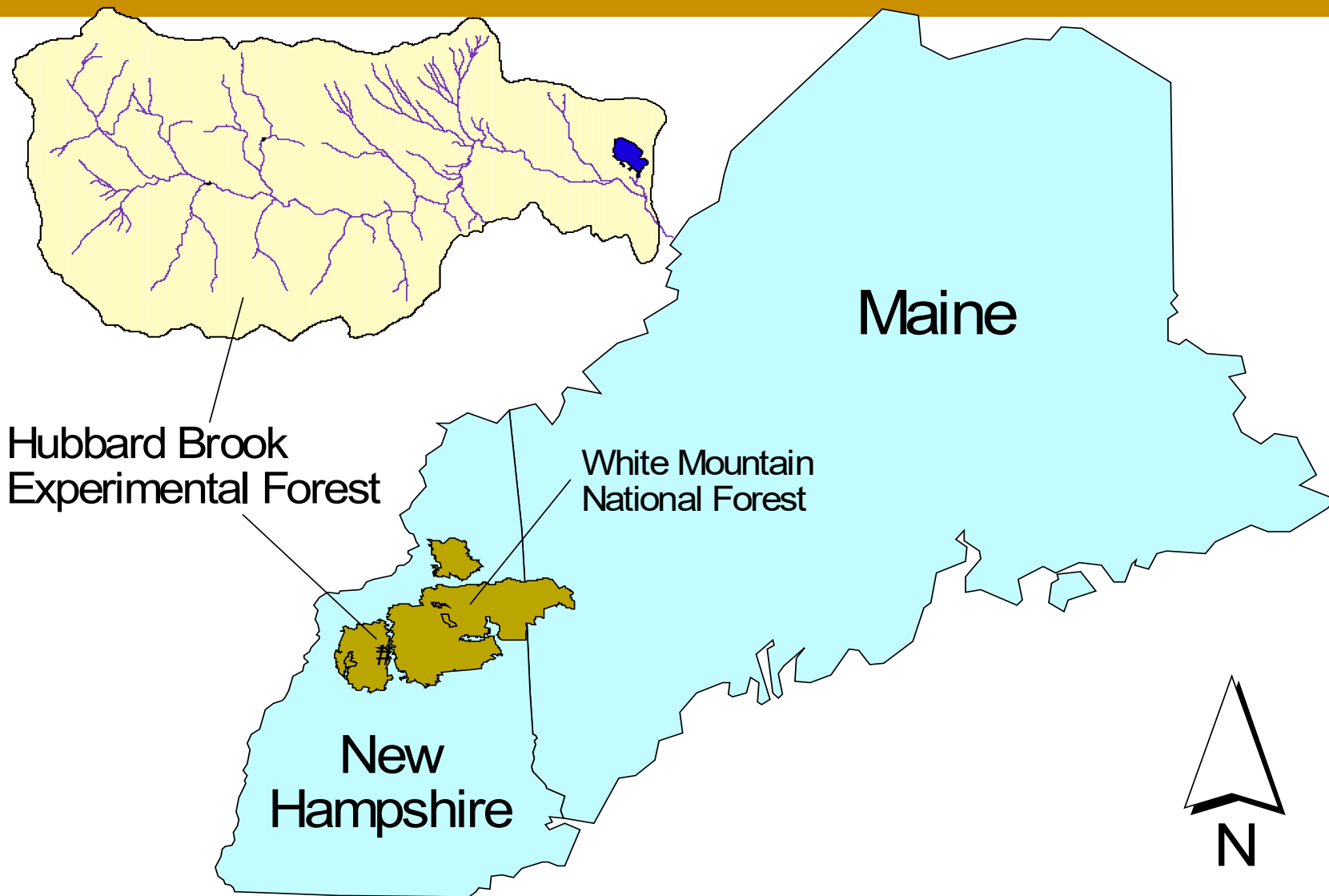
The Hubbard Brook Experimental Forest established in 1955 by the USDA Forest Service for hydrologic research.

Hubbard Brook Ecosystem Study initiated in 1963 using the small watershed approach to study hydrologic cycle-element interactions in small undisturbed and human-manipulated forest ecosystems.

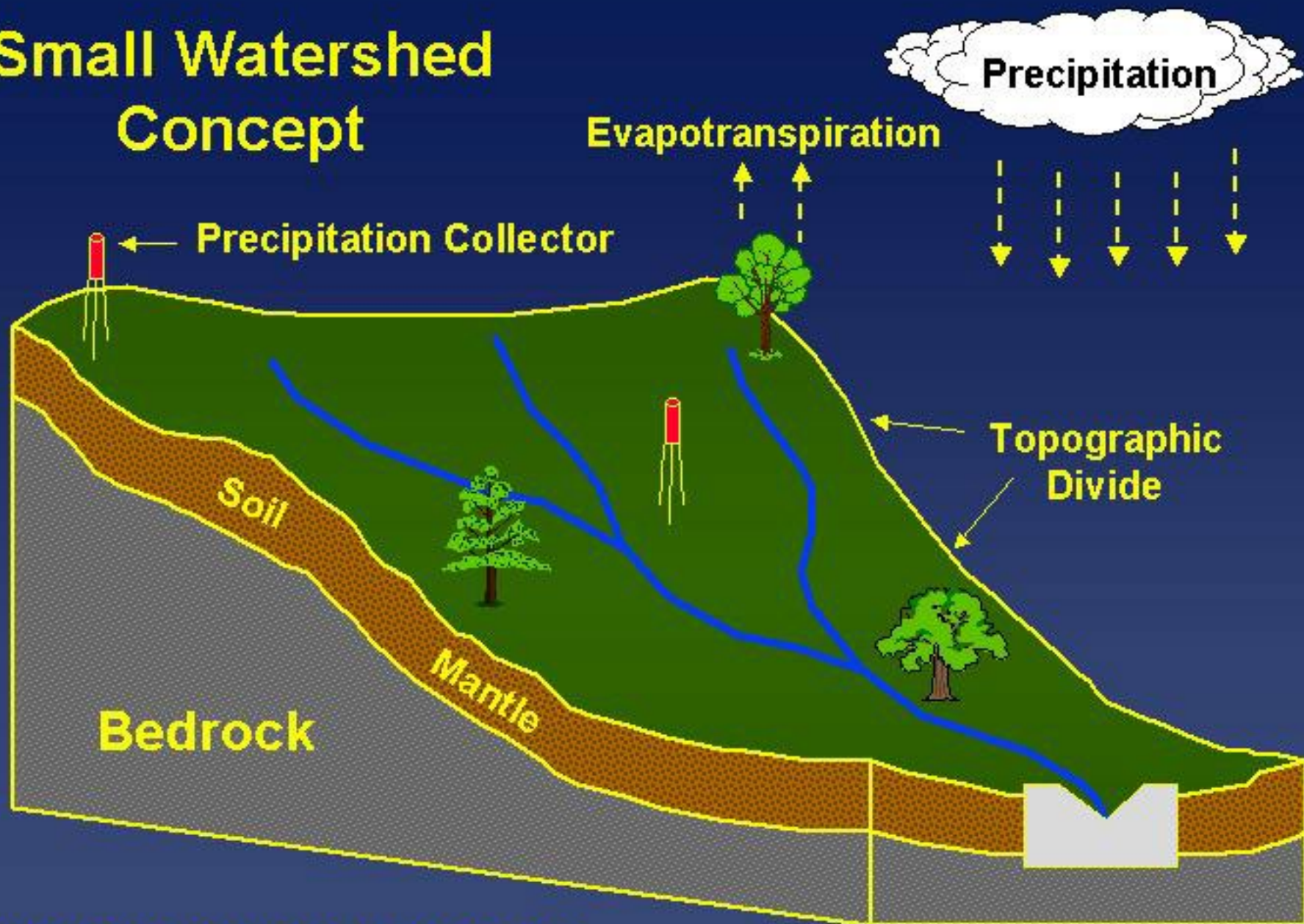
Characteristics of the Hubbard Brook Experimental Forest

Bedrock	Quartz Mica Schist and Quartzite		
Landscape	Till-Mantled Glacial Valleys		
Soils	Spodosols (Typic Haplorthods)		
		pH _w	%BS
	Oa	3.9	50
	Mineral Soil	4.3	12
Vegetation	Northern Hardwood Forest; Cutting 1915-17; 80-90% Hardwoods, 10-20% Conifers		
Climate	Humid Continental, Mean Precipitation 1400 mm		





Small Watershed Concept

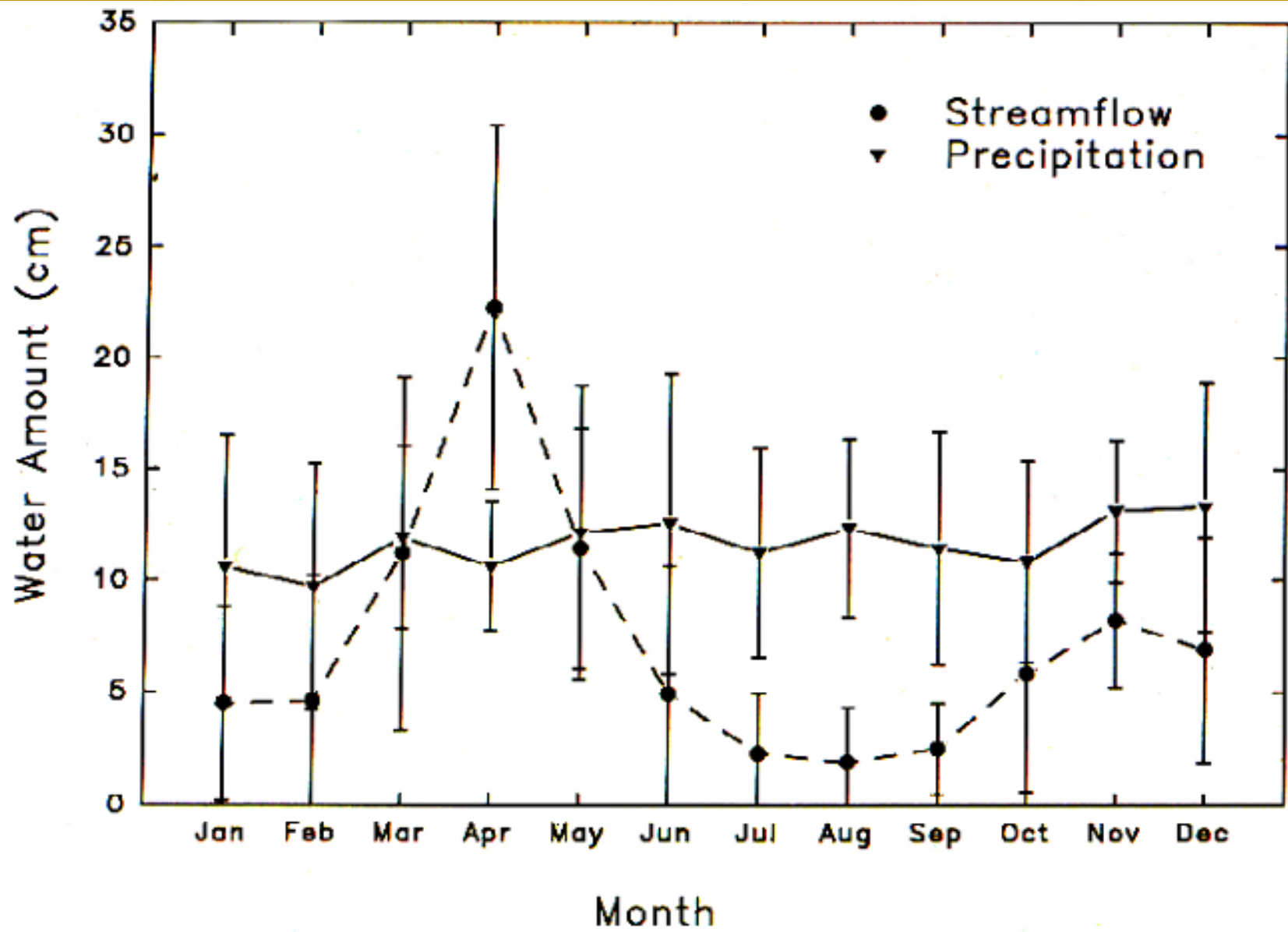


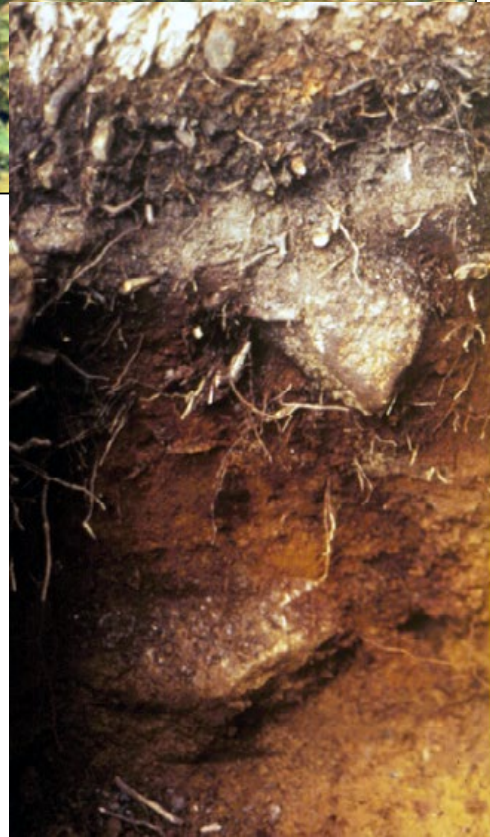
Water Budget at Hubbard Brook:

Precipitation (100%) = Streamflow (60%) + Evapotranspiration (40%)









Characteristics of Monitored Watersheds

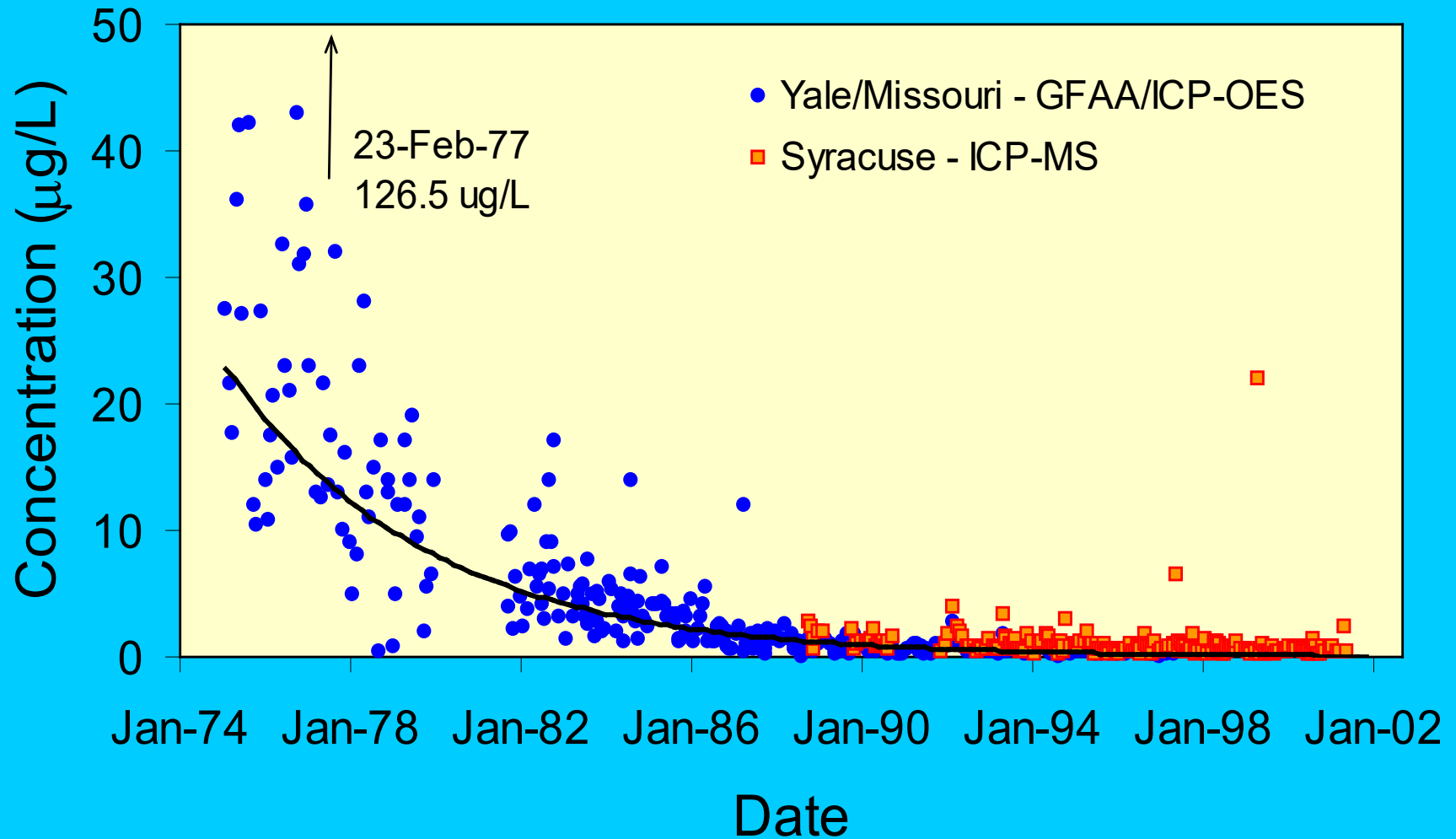
Watershed Number	Size (ha)	Year Started	Treatment
1	11.8	1956	Calcium silicate addition 1999
2	15.6	1957	Clear-felled in '65-66, no products removed, herbicide application '66,67, 68.
3	42.4	1958	None – Hydrologic reference.
4	36.1	1961	Clear-cut by strips in three phases – '70,72,74. Timber products removed.
5	21.9	1962	Whole-tree clear-cut in 1983-84. Timber products removed.
6	13.2	1963	None – Biogeochemical reference.
7	76.4	1965	None
8	59.4	1969	None
9	68.0	1994	None
101	12.1	1970	Clear-cut as block in 1970. Timber products removed.

Changes in Lead (Pb) Cycling with Decreasing Atmospheric Inputs

Background

- Major sources of Pb: Smelting, Battery Production, Paints, Gasoline (Petrol).
- Alkyl-Pb compounds used as anti-knock additives in gasoline beginning in 1923.
- With increasing automobile/truck traffic, gasoline became principal source of atmospheric Pb in USA.
- 1970: Clean Air Act; General Motors announces intent to comply by installing catalytic converters beginning in 1974. Other auto makers follow.
- US Pb consumption declines > 90% 1975 – 1985.
- Natural ecosystem experiment...

Pb concentration in bulk precipitation has declined to ~1% of 1975 values



Remarkably...

Pb input in precipitation has declined by more than 98%

BUT

Precipitation input continues to exceed stream output

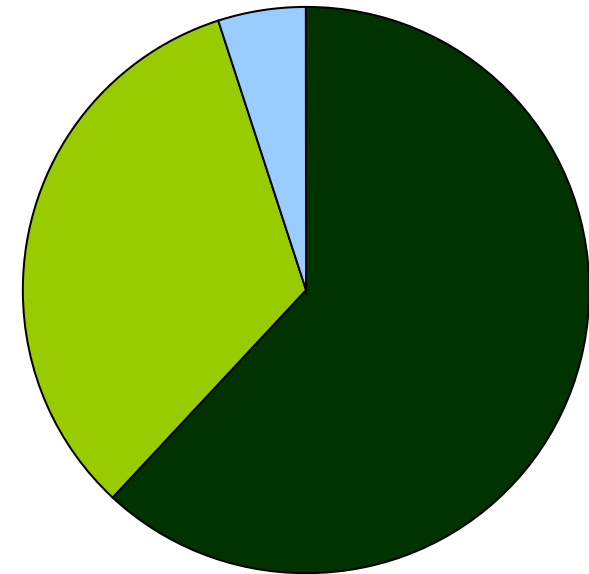
So, what is happening in the soil?



Modern (1926-1997) Lead Budget for the HBEF

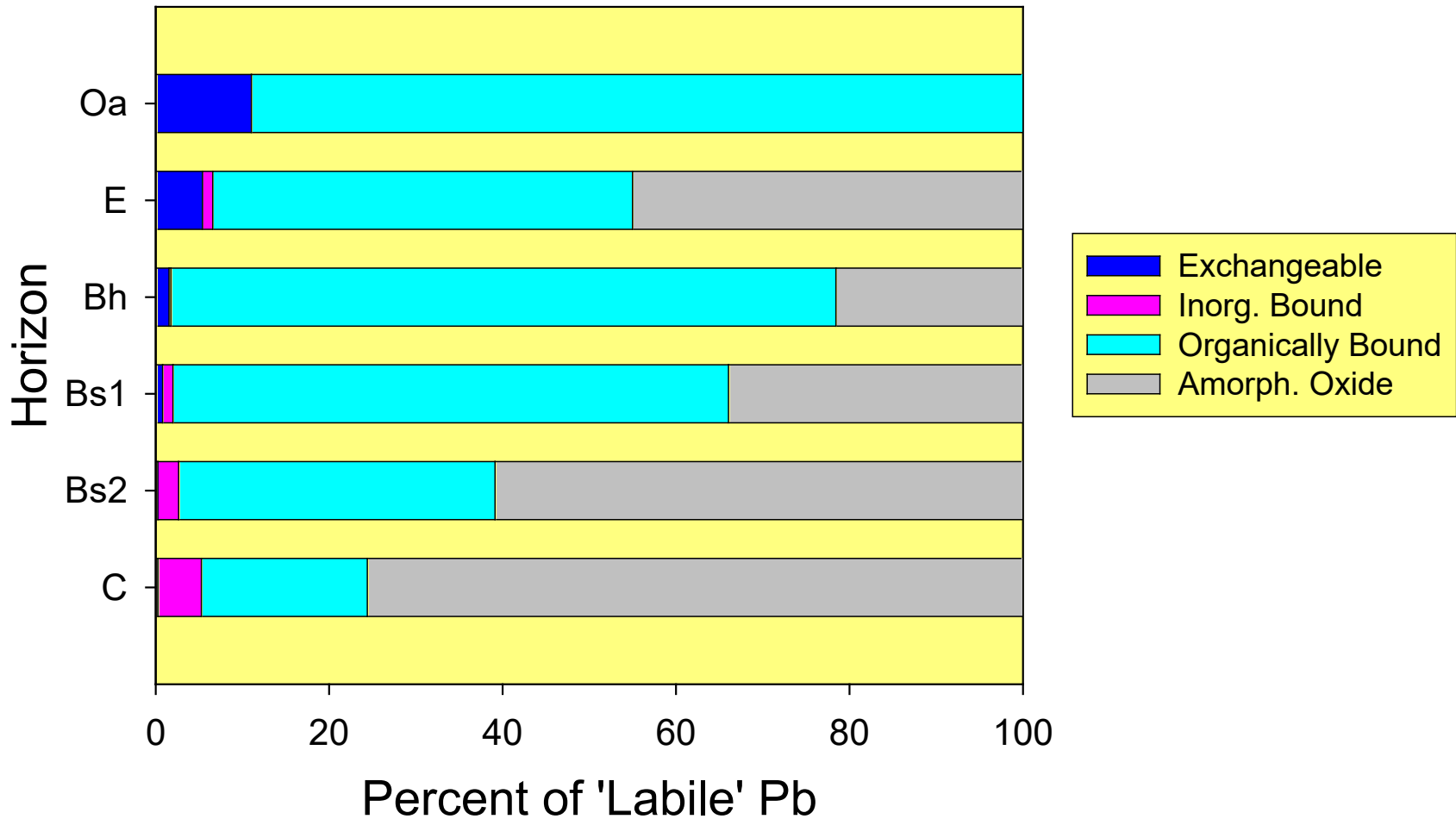
All values: kg/ha

1.	Atmospheric Deposition – 1926-1997	8.76
2.	Pb in Forest Floor - 1997	6.80
3.	Estimated Pb in Forest Floor - 1926	1.35
4.	Net Accumulation of Pb in Forest Floor (2) – (3)	5.45
5.	Estimated Stream Flux – 1926-1997 (0.7 µg/L, 87 cm yr ⁻¹ runoff)	0.43
6.	Flux to Mineral Soil (1) – (4) – (5)	2.88



■ Forest Floor ■ Mineral Soil
■ Streamwater

'Labile' Pb is largely bound with organic matter and amorphous oxides



Changes in Soil Chemistry 15 Years after Whole-Tree Clear-felling (1983-4)



Nutrient Pools – Biomass vs. Soil (kg/ha)

Location	Calcium		Potassium		Ref.
	Biomass	Exch.	Biomass	Exch.	
W5 - Hubbard Brook, NH	656	321	245	153	(1)

(1) Swank & Johnson, 1994

Nutrient Release after Clear-felling

Bormann & Likens:
Pattern and Process in a Forested Ecosystem (1979)

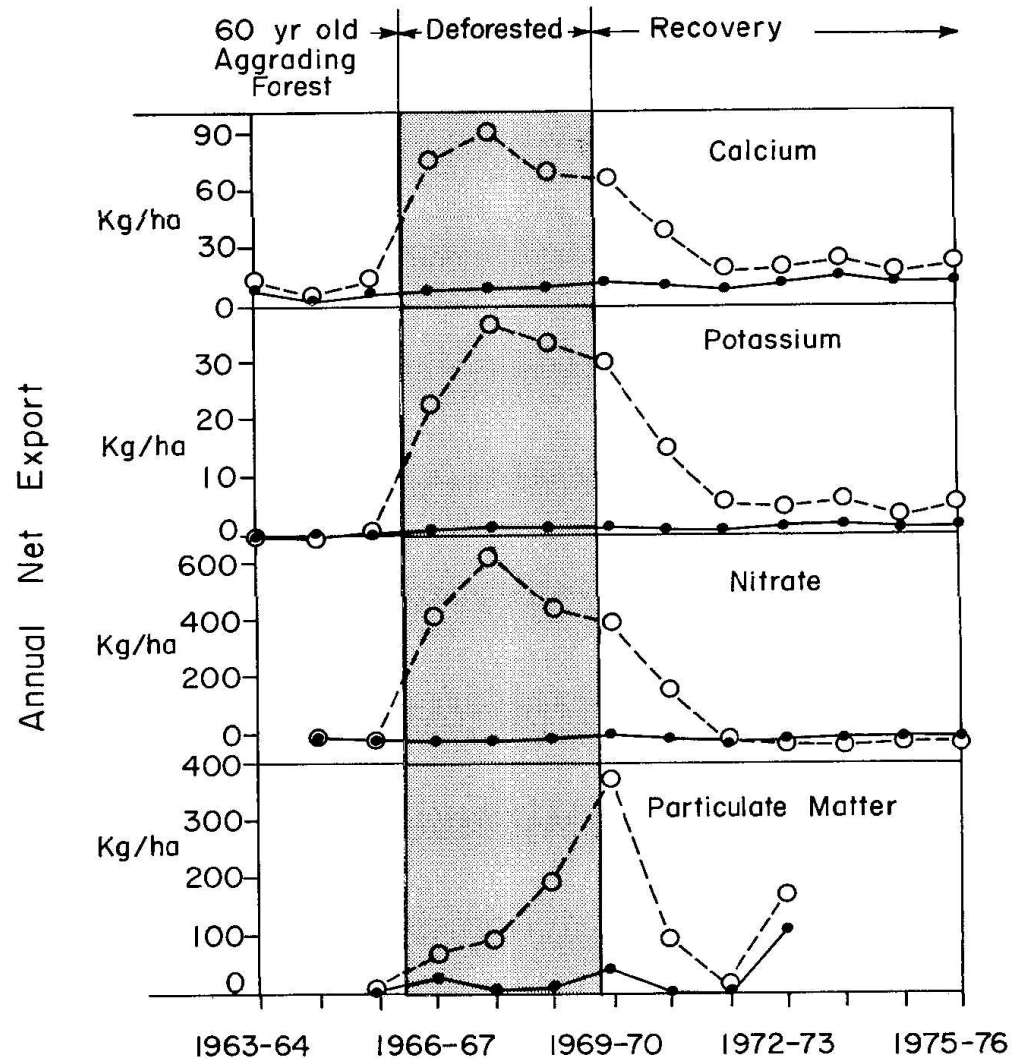


Figure 5-7. Export patterns of dissolved substances (calcium, potassium and nitrate) and particulate matter in stream water from (○--○) the experimentally clear-cut watershed (W2) and (●--●) the forested reference watershed (W6) (modified from Likens et al., 1978).



Hubbard Brook Experimental Forest, NH *(1997)*

W6 (Reference)

W5

W2

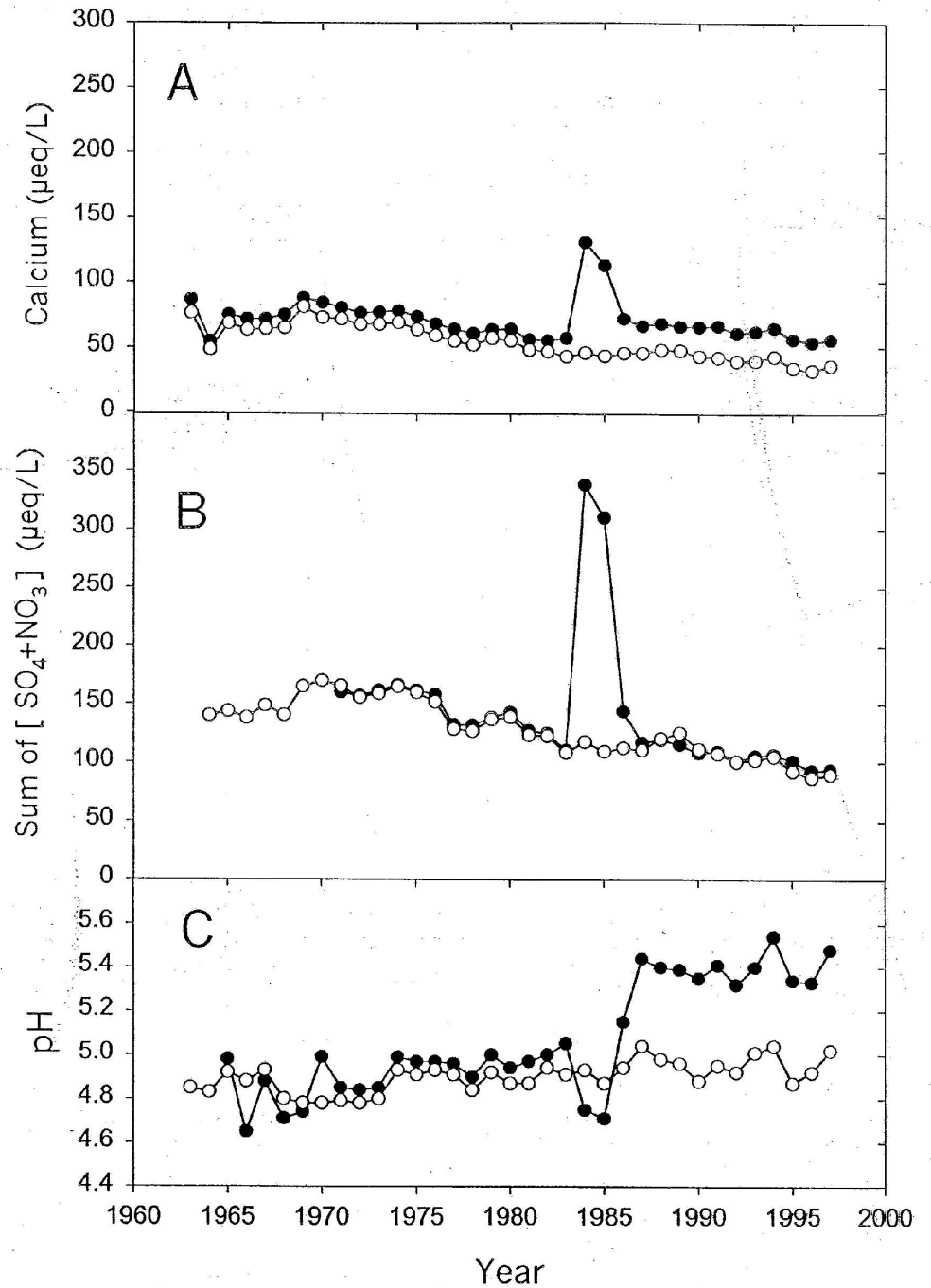


Stream Chemistry

W5 (●)

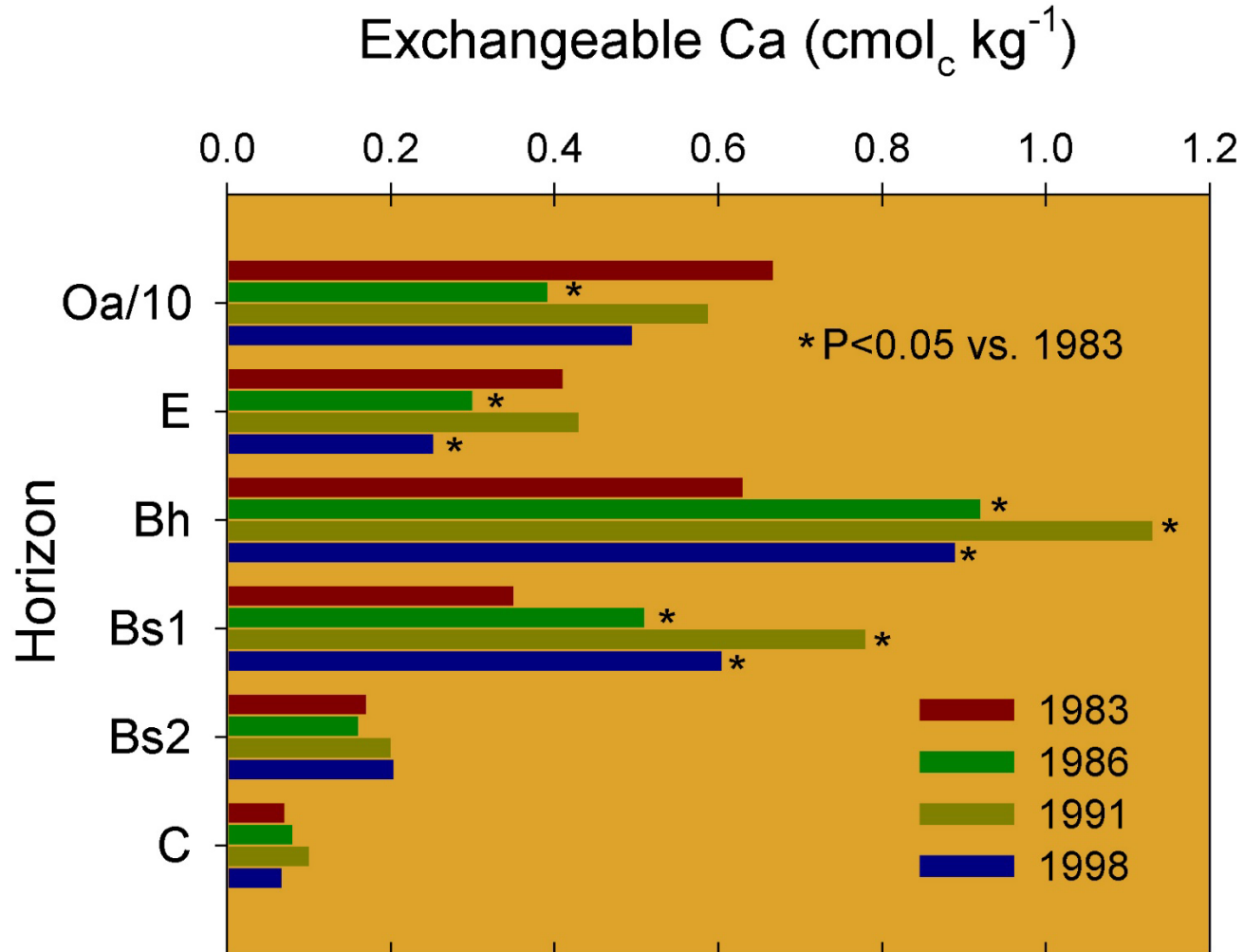
W6 (○)

Annual volume-weighted
average concentrations



Thanks: Gene Likens

Redistribution of Ca within the Profile



Některé další závěry...

1. i na antropicky minimálně ovlivněných lesních plochách převyšuje výstup živin odtokem vstupy živin ze srážek.
2. zdrojem přebytků je zvětrávající matečná hornina, přičemž ale rozdíly mezi vstupy a výstupy živin jsou pouze minimální ve srovnání s množstvím naakumulovaným v biomase i ve srovnání s množstvím recyklovaným v rámci systému.
3. z netknutého povodí odcházejí tokem ročně přibližně 4 kg/ha dusíku (což tvoří přibližně 0,1 % celkového dusíku poutaného v živé a odumřelé hmotě uvnitř ekosystému).
4. vysoká úroveň recyklace prvků je, kromě dusíku, pravidlem i u dalších živin jako je fosfor, vápník nebo hořčík.

5. po odlesnění obsahy jednotlivých prvků v recipientu poměrně rychle stoupaly:

- Obsahy Mg^{2+} se na odtoku zvýšily 5×;
- Ca^{2+} se zvýšily 7×;
- K^+ se zvýšily 14× a
- NO_3^- se zvýšily dokonce 60× (z původní 3,1 kg/ha za rok na 110 kg/ha a rok) oproti hodnotám v recipientu v neodlesněné části povodí.

Odlesnění, zemědělské využití krajiny a v novověku i eutrofizace tedy „ideální“ původní stav recyklace živin přerušila. Jak uvádí například Míchal (1994), bývají živiny uvolněné dekompozitory z rozložené biomasy velkou měrou opět využity, k čemuž ale v systému s rychlým obratem živin (agrosystémy) dochází pouze omezeně. Tyto systémy jsou tak závislé na dodatkových vstupech a přebytečné živiny jsou naopak vymývány do podpovrchových vod. Zničení evapotranspiračního proudu navíc zvyšuje množství vody protékající půdou a dochází tak ke zvýšenému vyluhování půdy i půdotvorného substrátu...

Jak uvádí Rotten (2013) spočívá problém eutrofizace i v tom, že velkou měrou popírá význam sítě trofických vztahů zajišťujících toky energie, dusíku a dalších iontů v ekosystémech. Tyto vztahy totiž stojí na existenci skupiny fixátorů dusíku, které jsou energeticky podporovány primárními producenty a dále na existenci skupin organismů zapojených do následných přeměn jednotlivých forem dusíku. V ekosystému žije rovněž skupina organismů schopná přežít při relativním nedostatku dusíku. Náhlý příjem velkého množství dusíku z hnojiv ve formě dusičnanů zvýhodňuje v rámci celého ekosystému pouze určité organismy a znehodnocuje vytvořenou síť vztahů mezi organismy.

Před zásahy člověka byl odtok fosforu okolo $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ nebo méně a odtok dusíku byl zhruba $50\text{--}300 \mu\text{g.l}^{-1}$ (Pokorný et al. 2003). Růst měst v průmyslové revoluci přinesl další dramatické skoky v úniku látek, ten je dnes 50 až 150krát vyšší ve srovnání s nedotčenými půdními systémy (Ripl, 2003).

Velikost atmosférické depozice sloučenin dusíku v přirozeném, člověkem neovlivněném prostředí, je na základě provedených měření odhadována na $0,1$ až $0,7 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, přičemž 40 % z toho připadá na NH_4^+ a 60 % na NO_3^- (Galloway a kol. 1996). Měření atmosférické depozice sloučenin dusíku uskutečňována v druhé polovině 90 let v rámci celoevropských projektů v lesních porostech většiny zemí západní a střední Evropy stanovila velikost vstupu dusíku do těchto porostů od 13 do $59 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ (projekt NITREX), přičemž Holandsko, Belgie, Německo, Polsko, Česká republika a Slovensko jsou obecně považovány za oblasti s nejvyšší atmosférickou depozicí sloučenin dusíku (Hruška a Cienciala, 2001).

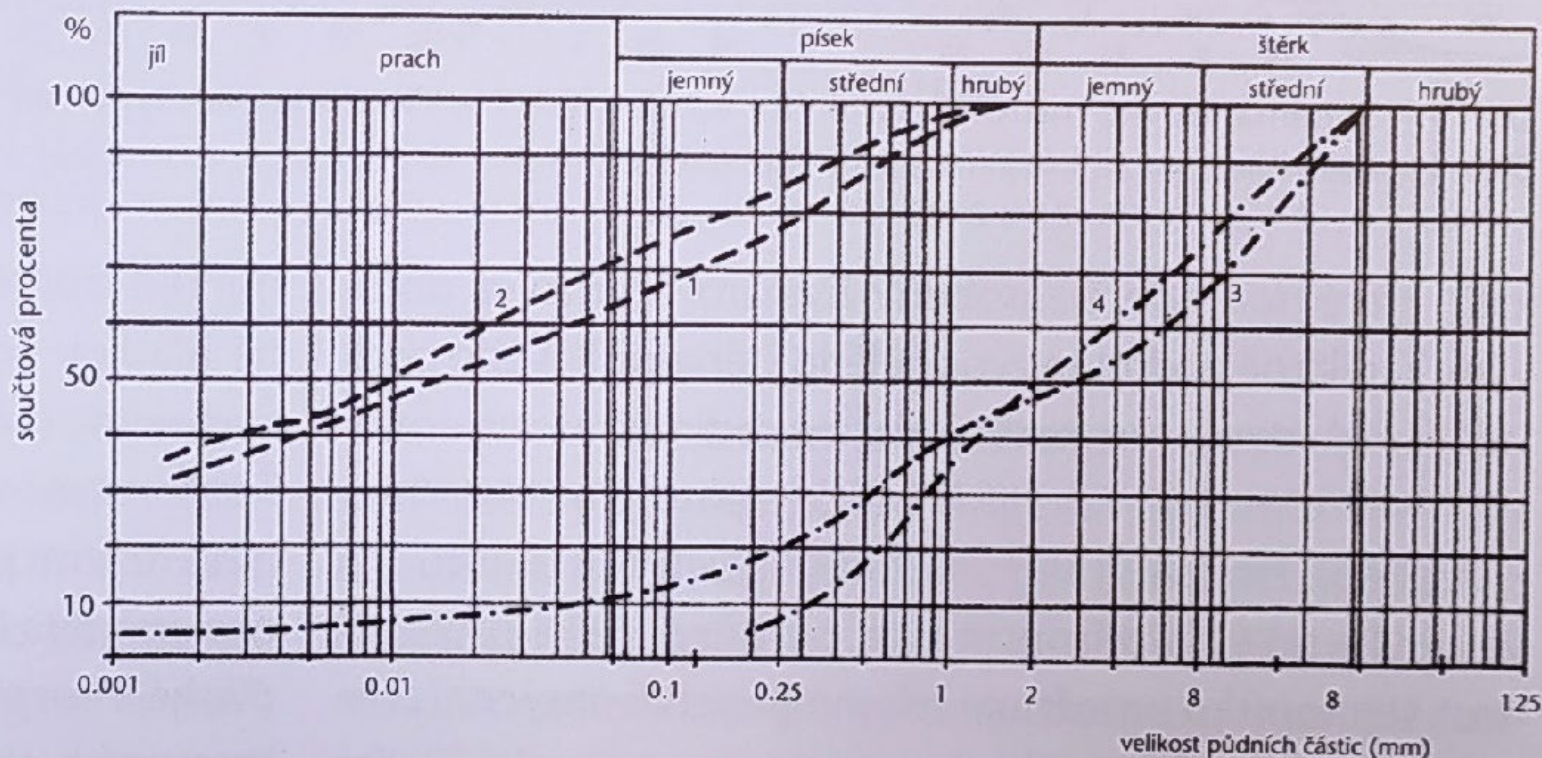


- Říční krajina lužního lesa je důležitá pro využívání cenných přírodních zdrojů, přičemž jsou v ní relativně vysoce úrodné půdy. Vždy je v ní jako limitující faktor voda, ať už povrchová, nebo podzemní.
- Vodohospodářské úpravy toku změnilы ráz krajiny ve prospěch zemědělství a zbytky lužních lesu jsou dnes pod silicímí vlivy člověka (těžba štěrkopísku, ropy a plynu, pitné vody). Byly zde dva výrazné antropické zásahy ovlivňující vlhkostní režim pud, v roce 1972 úprava koryt rek Dyje a Moravy znamenající snížení zásoby vody v půdním profilu a téměř naprostou likvidaci inundací,
- v roce 1994 revitalizační opatření, která znamenala postupné vyrovnávání ztráty vody.



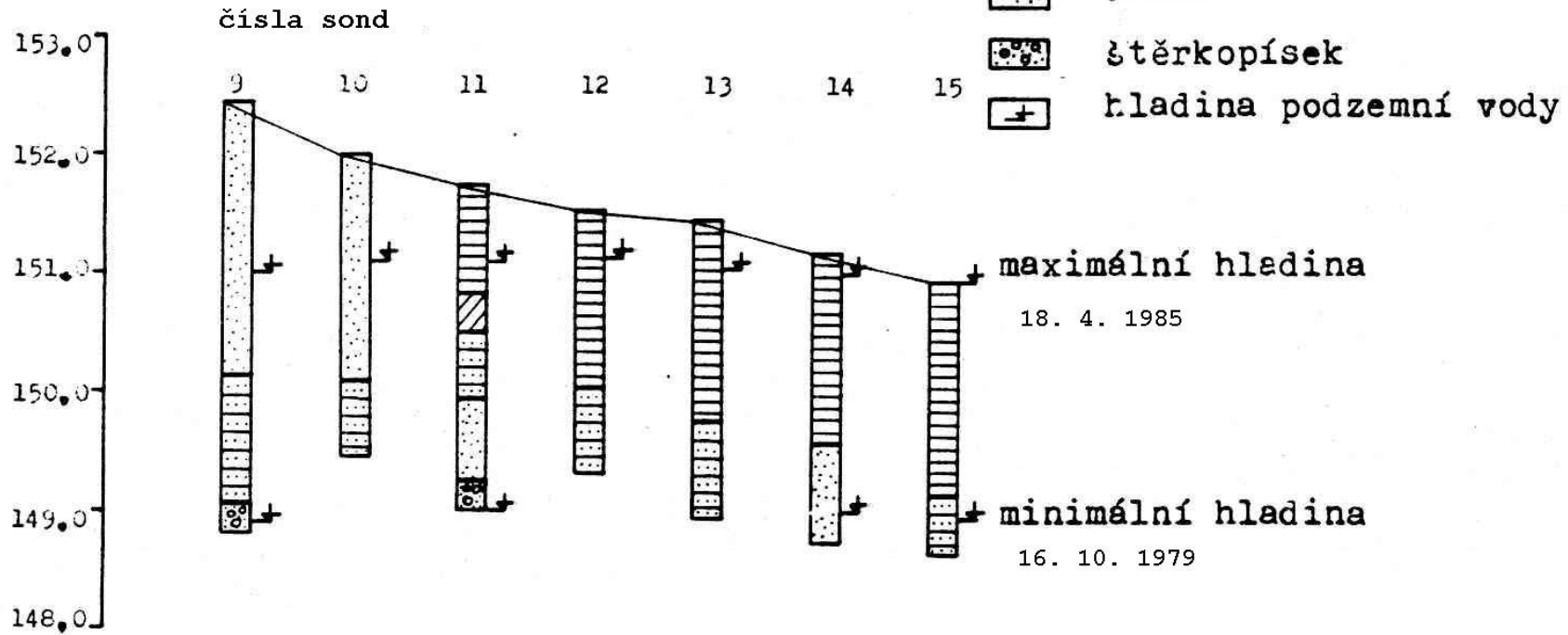
Nebezpečí zasychání korun stromu z nedostatku vody v půdním profilu lužního lesa

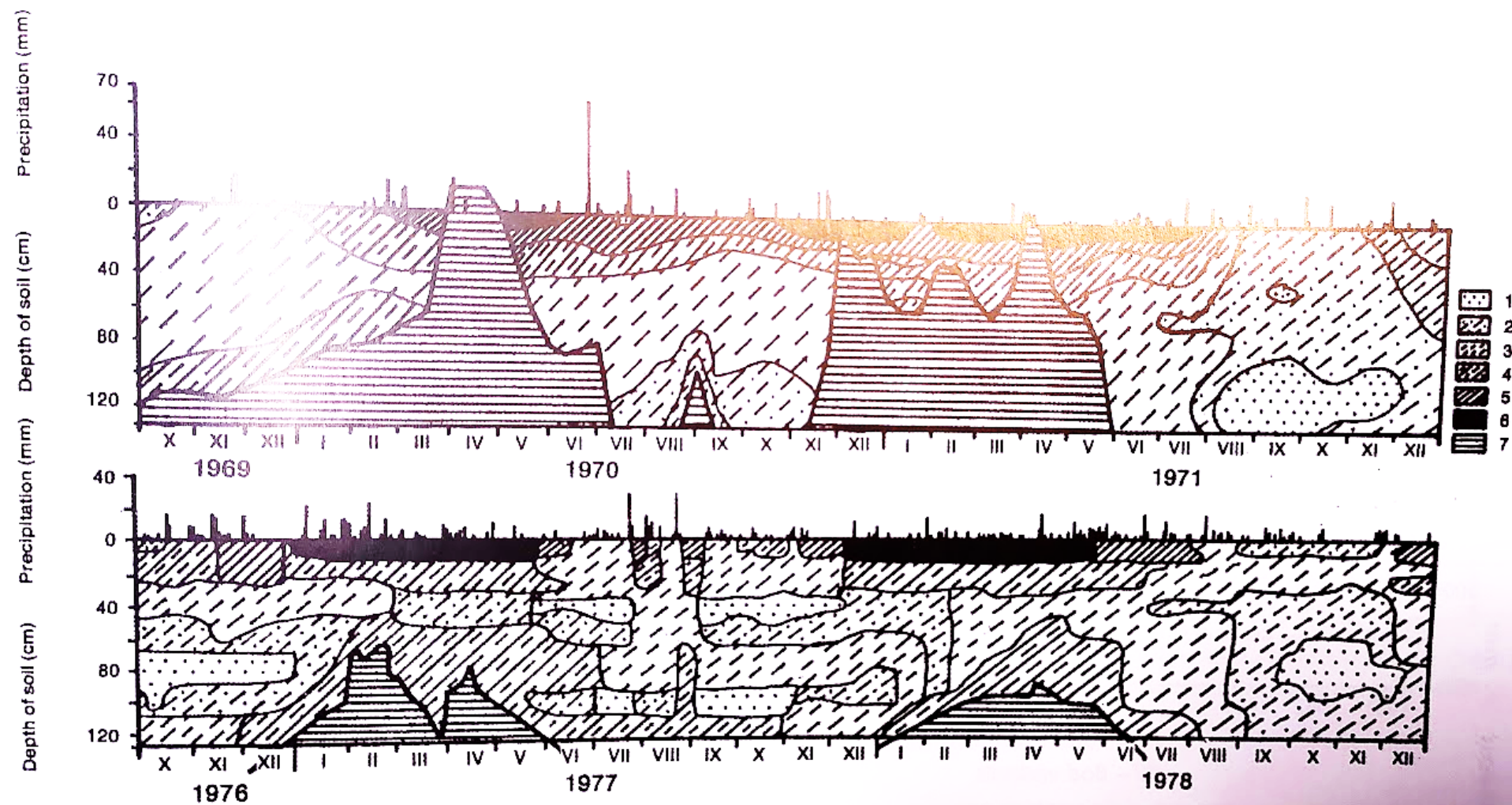
- Pudní typ zde je obvykle fluvizem modální až oglejená na hlinitých až jílovito-hlinitých aluviích.
- Velký význam pro vodní režim pud má pudní druh.



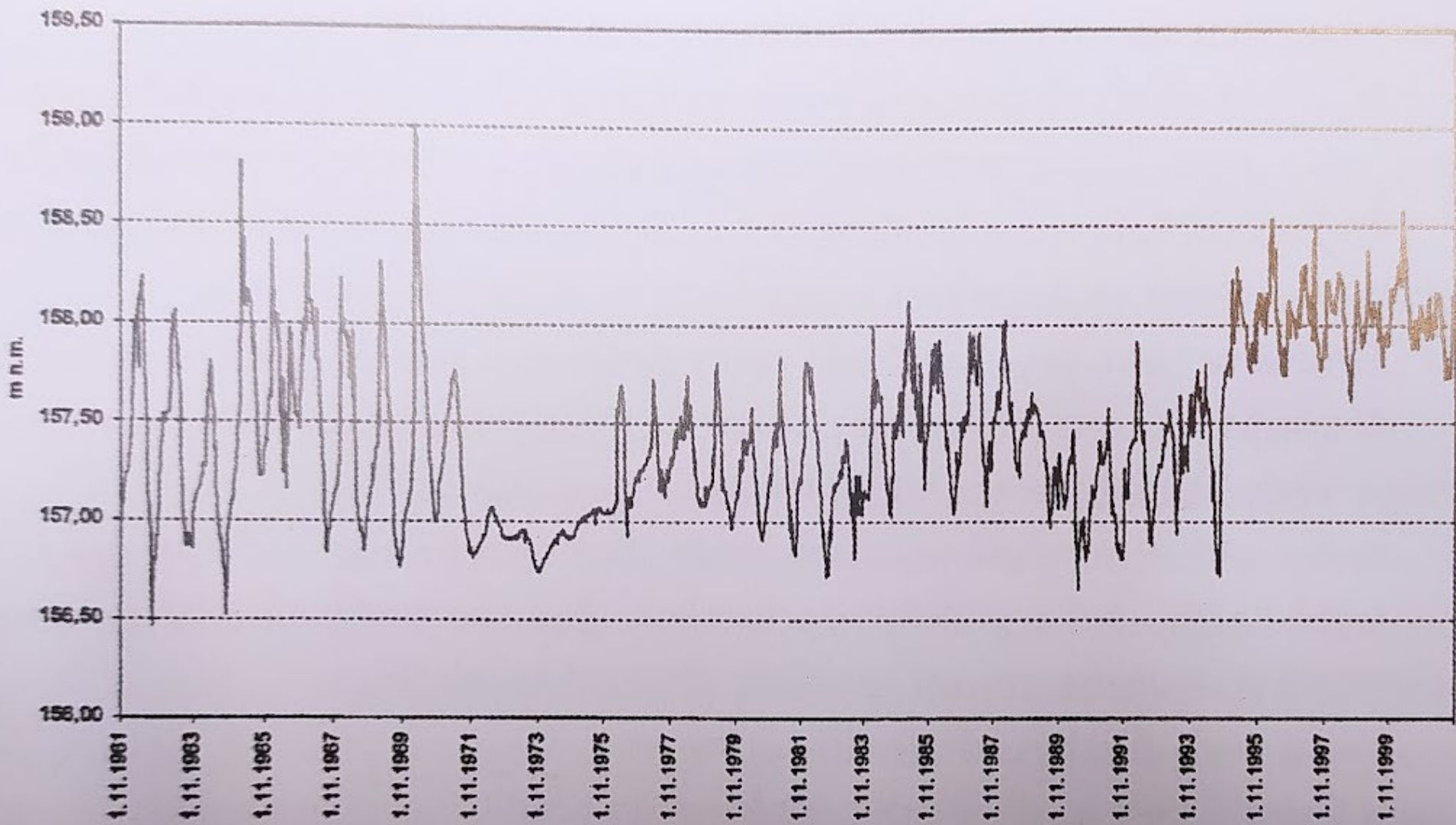
Obr. 6 – Typické zrnitostní složení nivních sedimentů v nivě Dyje: 1 – hloubka 0,5 m jílovitá hlína, 2 – hloubka 1,0 m jílovitá hlína, 3 – hloubka 1,5 m písek se štěrkem, 4 – hloubka 2,0 m písek se štěrkem.

Nadmořská výška (m)





Obr. 8 – Dynamika půdní vlhkosti (chronozoplety) na výzkumném objektu ÚEL v době zaplavovaného (1969–1971) a nezaplavovaného luhu po vodohospodářských úpravách (1976–78). Půdní vlhkost v objemových procentech: 1 – 25–30, 2 – 30–35, 3 – 35–40, 4 – 40–45, 5 – 45–50, 6 – 50–55, 7 – podzemní voda.



Obr. 10 – Týdenní úrovně hladiny podzemní vody ve vrtu KBO 710 (dle sledování ČHMÚ Brno): 1 – úprava koryta řeky Dyje (1972), 2 – provedení revitalizačních opatření (1995).

Dynamika hladiny podzemní vody a půdní vlhkosti v lužním lese před r. 1972 byla taková, že místní lužní les byl subjektem téměř přirozených hydrologických procesů s pravidelným zaplavováním vodou se sedimenty z rozlité Dyje. V sedmdesátých letech (1970 – 1982, po vodohospodářských úpravách, kdy byla Dyje kanalizována s prohloubením koryta) byly záplavy ukončeny a částečně poklesla hladina podzemní vody. Naštěstí byla často zachována oslabená pravidelná roční dynamika HPV (včetně jarních maxim a podzimních minim) a jarní kapilární nasycení půdního profilu. Půdní vlhkostní podmínky jsou tak vhodné začátek vegetačního období.

Fyzikální vlastnosti půd umožňují kapilárními silami zadržet kolem 200 až 300 mm zásobní vláhy v kořenové zóně (do asi 150 cm pod povrchem).

ochrana lužního lesa:

pokud by hladina podzemní vody poklesla do štěrkopískového podloží, přerušilo by se kapilární spojení a nastala by možnost vlhkostního stresu.

Ohrázováním toku byly prakticky eliminovány dříve běžné každoroční inundace kalovou vodou. Poklesla úroveň hladiny podzemní vody a snížil se částečně její roční rozkyv, přičemž zůstala zatím zachována důležitá roční dynamika hladiny podzemní vody – tedy obvyklé jarní maximum a podzimní minimum.

