

Ekosystémové inženýrství a komplexita půd v přirozených temperátních lesích

Pavel
Šamonil

Department
of Forest
Ecology,
VUKOZ



Struktura přednášky:

- Teoretické představy o evoluci půd
- Skutečná pedodiverzita a pedokomplexita
- Přehlížené faktory pedokomplexity
- Interakce stromy-půdy, ekosystémové inženýrství
- Závěr



Teorie

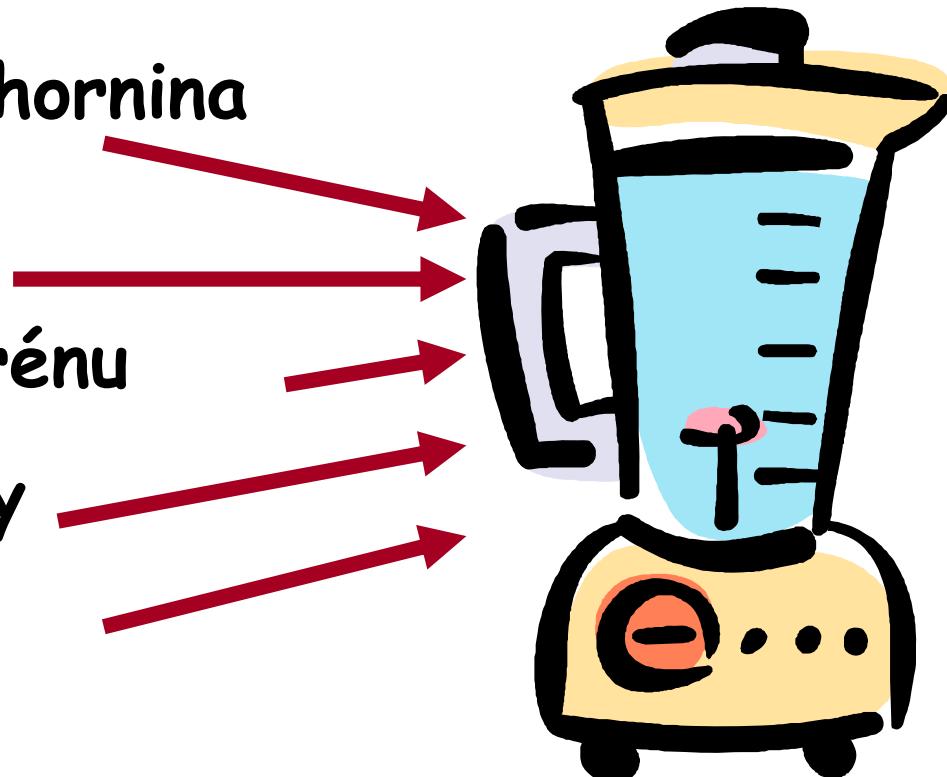
Matečná hornina

Klima

Reliéf terénu

Organismy

Čas





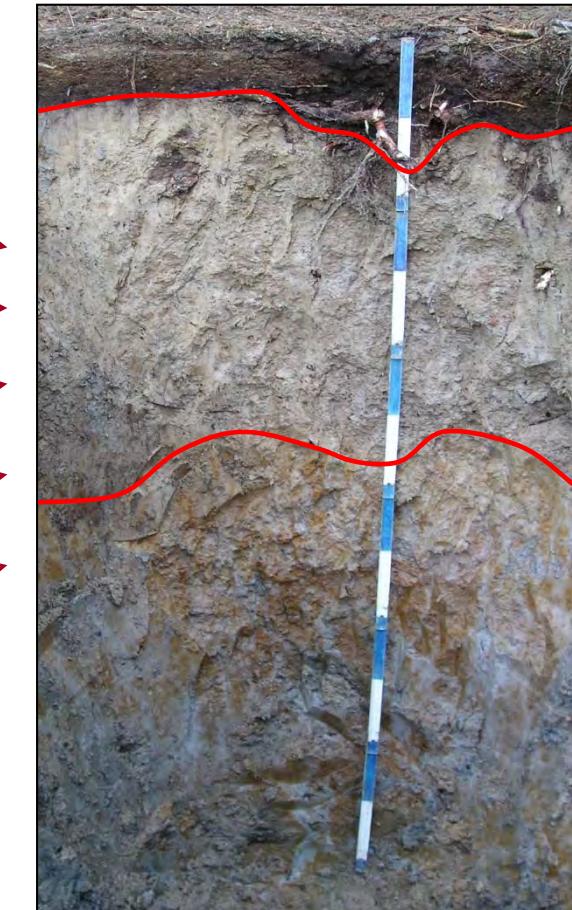
Matečná hornina

Klima

Reliéf terénu

Organismy

Čas



Jenny (1941)



Matečná hornina

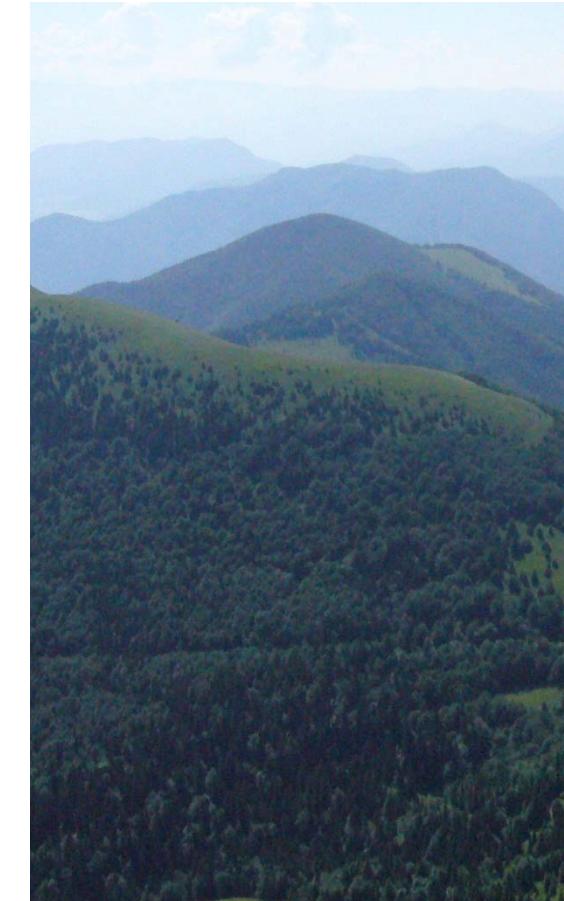
Klima

Reliéf terénu

Organismy

Čas

Disturbance

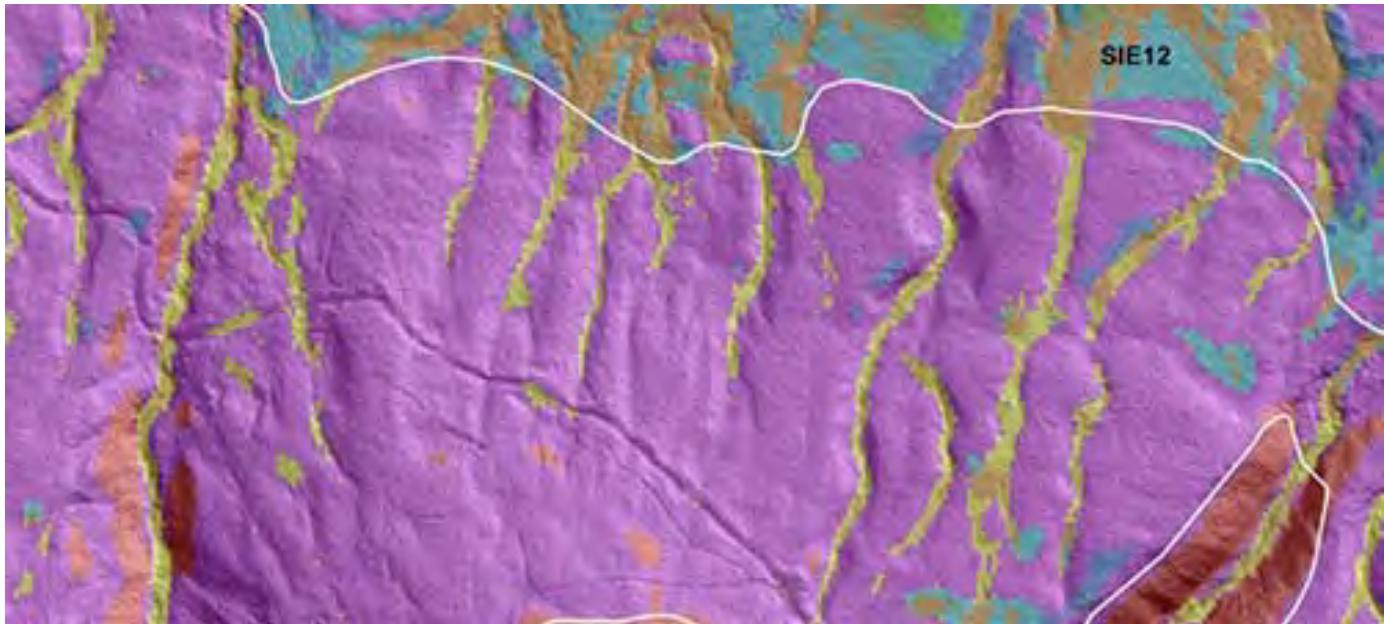


Málo se ví o působení faktorů v prostoru



Evoluční teorie pedogeneze

- Prostor: homogenní skvrny závislé na reléfu terénu, zonalita půd
- Čas: sbíhavá (konvergentní) evoluce – homogenizace půdních vlastností (např. hloubky)



Je tento model univerzálně platný?

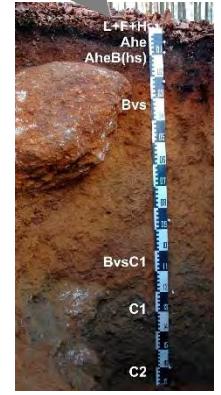
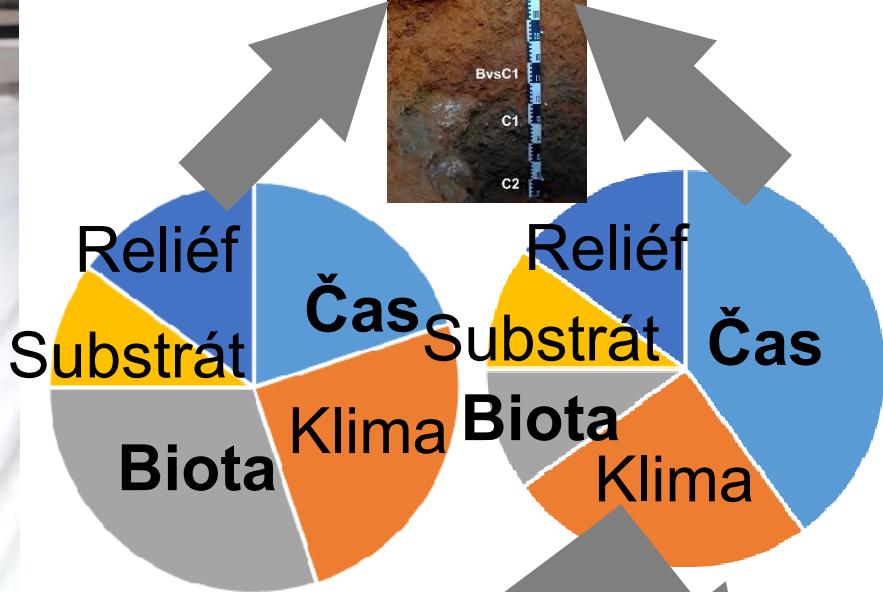
Znaky-procesy-faktory

L+F+H
Ah
AhBvs

Bvs

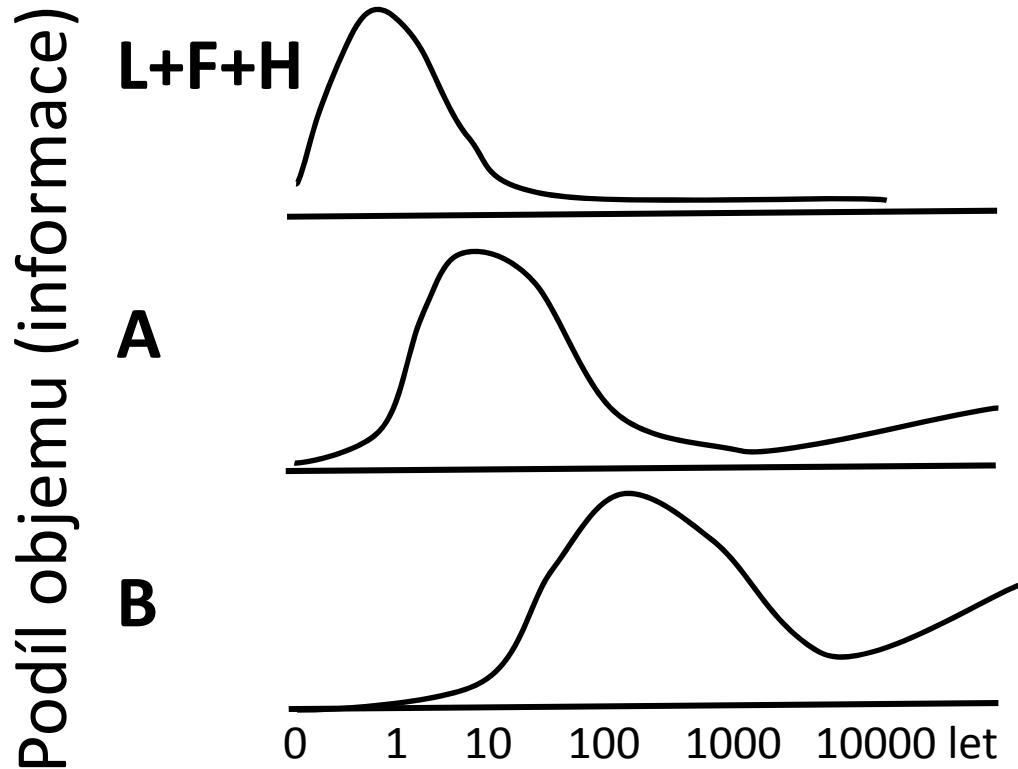
BvsC1

C1
C2
C3
C4





Půda: paměť a moment





Dynamika půdotvorných faktorů

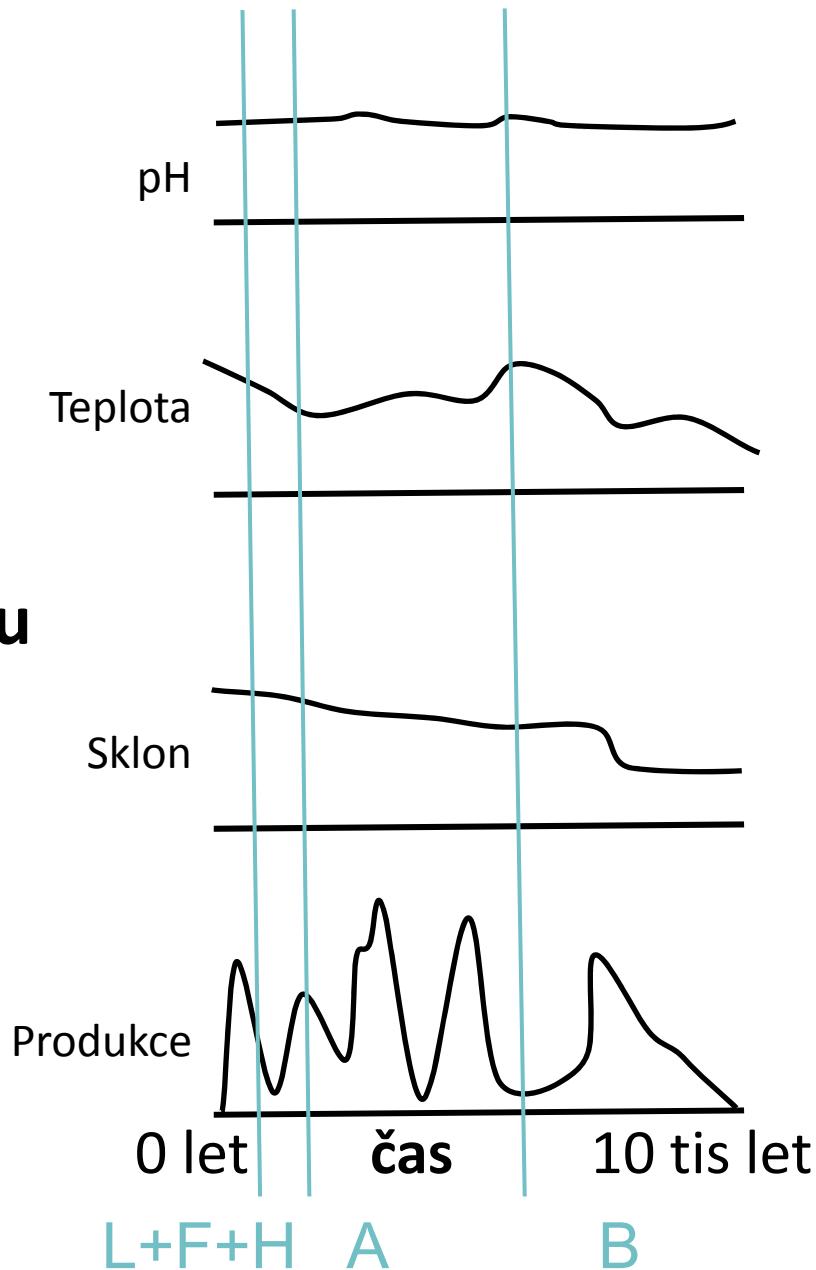
Stabilní, predikovatelné,
fyzikální zákony

Půdotvorný
substrát

Klima

Reliéf terénu

Chaos,
? Pravidla ?

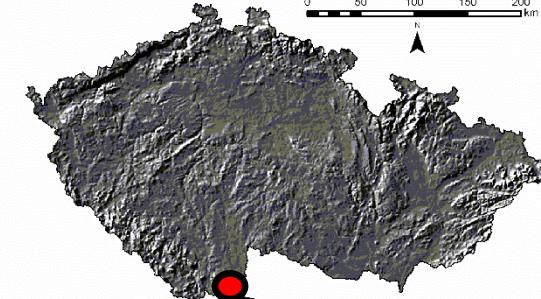


**Dominance buku, Žofínský prales, 730-837 m n.m.,
74 ha, žula**

(nížiny homogennější)



Czech Republic



Skutečná
pestrost půd

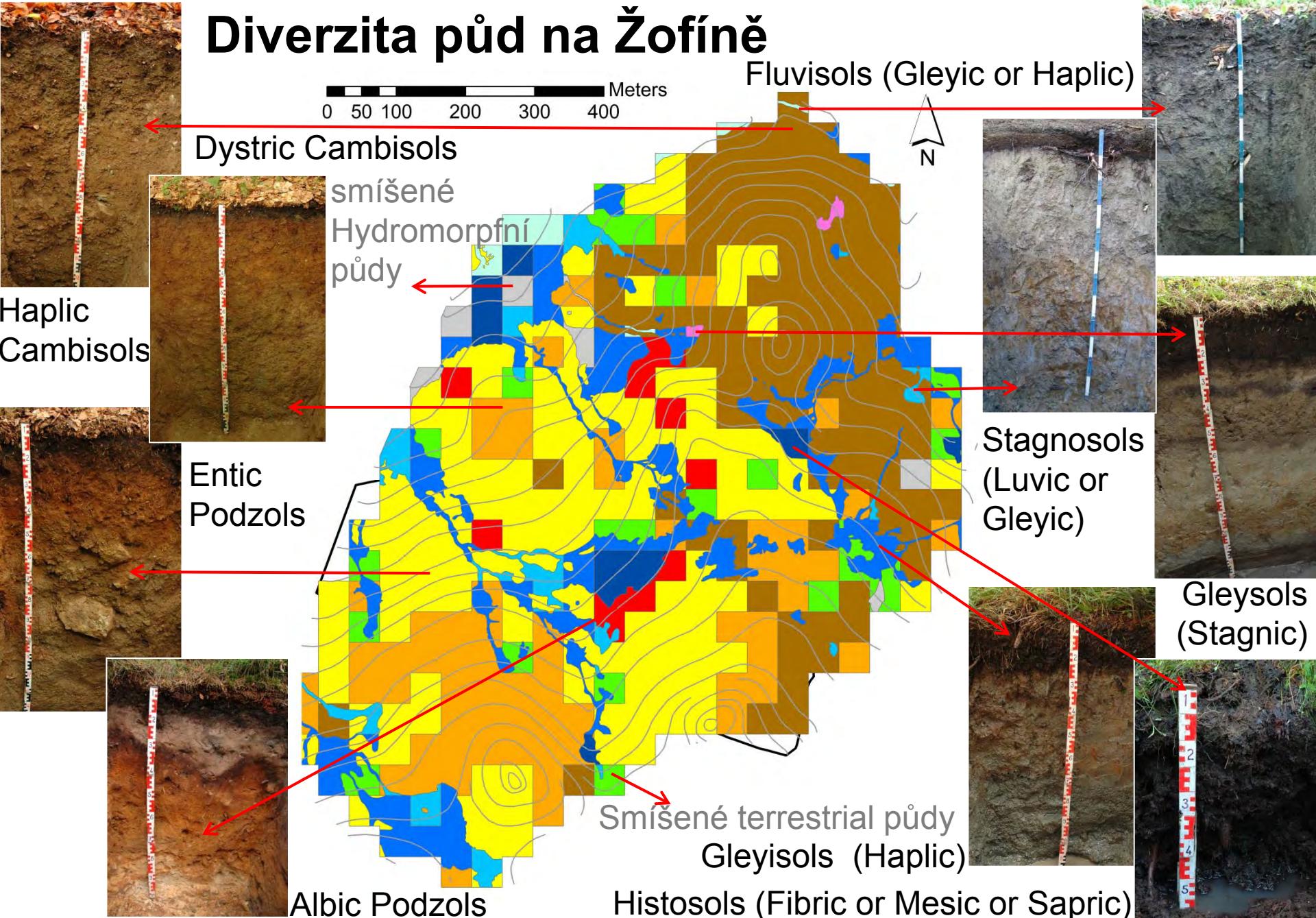


Dynamický rovnováha a půdní klimax

Co byste tu nečekali?



Diverzita půd na Žofíně

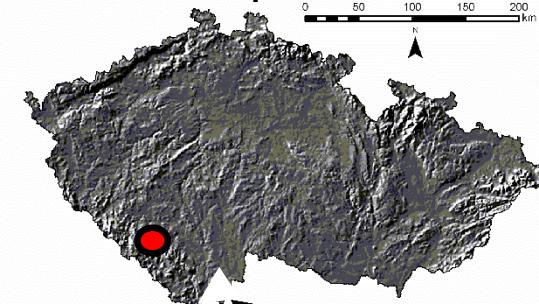


Šamonil P., Valtera M., Bek S., Šebková B., Vrška T., Houška J. 2011. Soil variability through spatial scales in a permanently disturbed natural spruce-fir-beech forest. *Eur. J. Forest Res.* 130: 1075-1091.

Smrko-bukový prales, Boubínský prales, 925-1105 m n.m., 46 ha, rula



Czech Republic



Půdní jednotky (referenční třídy) v Boubíně

Dystric Cambisols



Entic Podzols



Albic Podzols



(dle WRB 2007, 2014)

Říjen 2014

Legend

- no data
- Albic Podzols
- Cambisols
- Entic Podzols
- Gleysols
- Histosols
- Leptosols
- Stagnosols

Gleysols



100 50 0 100 Meters

Histosols



Leptosols



Spojení mezi body čtvercové sítě,

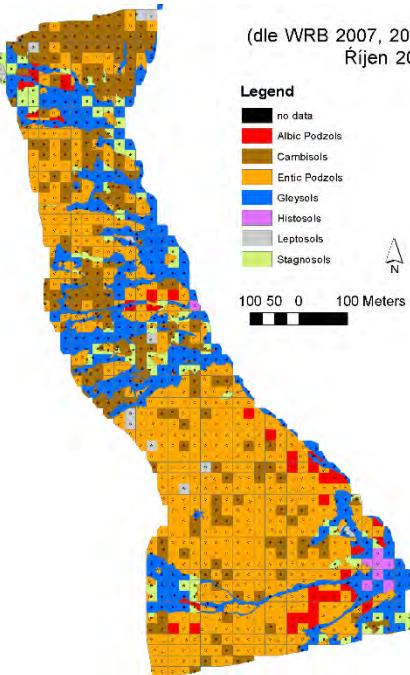
37 půdních jednotek

Náhodný

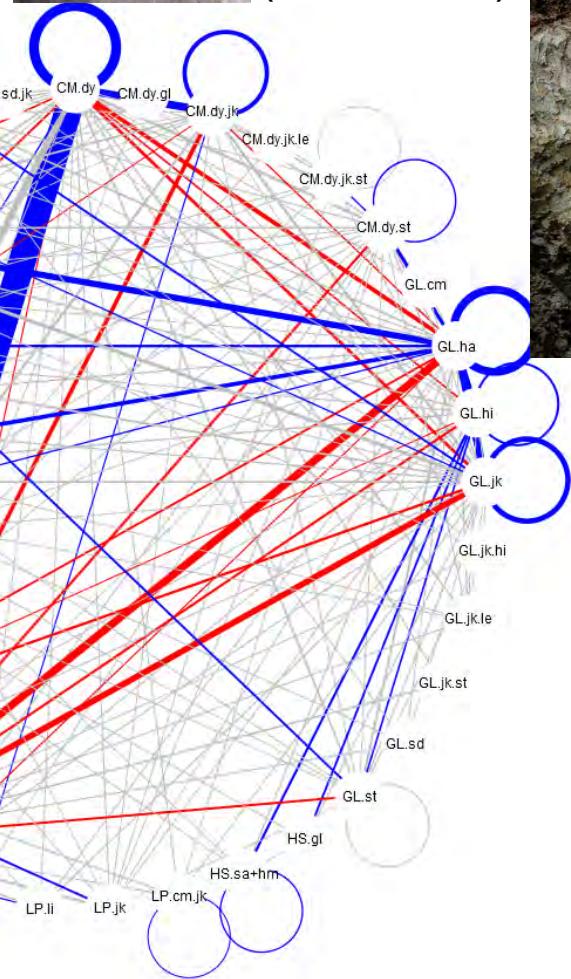
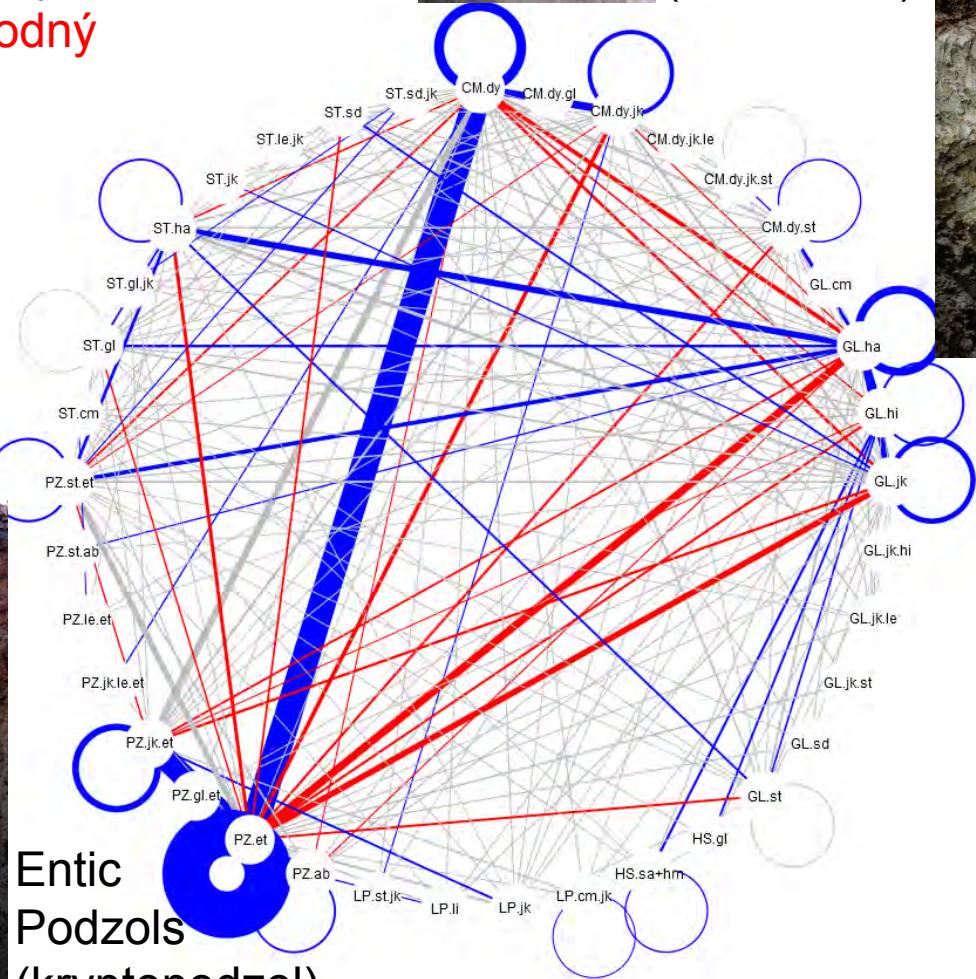
Významně častější než náhodný

Významně vzácnější než náhodný

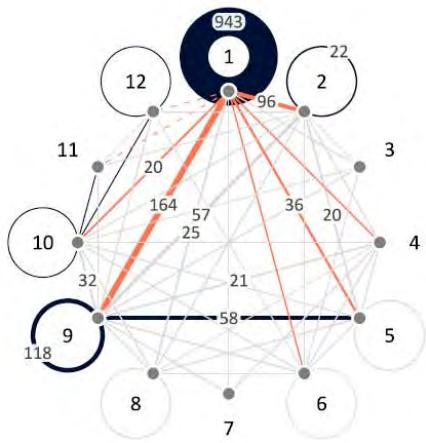
Spektrální rádius = 14.7



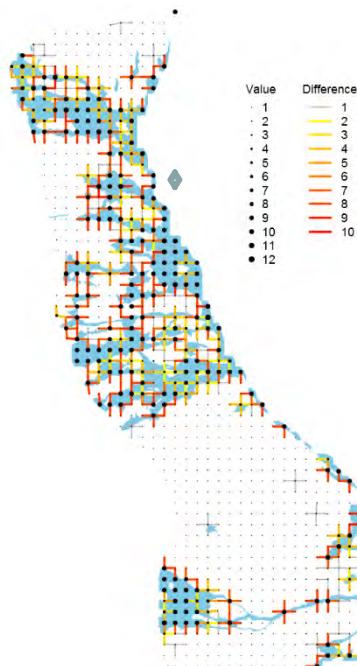
Entic
Podzols
(ryptopodzol)



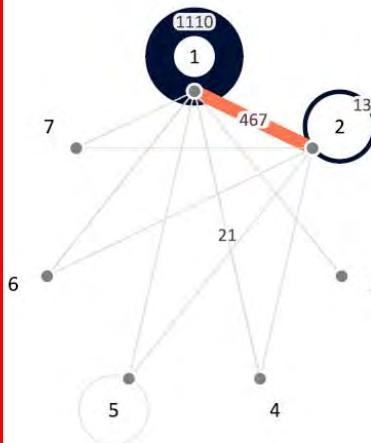
Spektrální rádius = 8.0



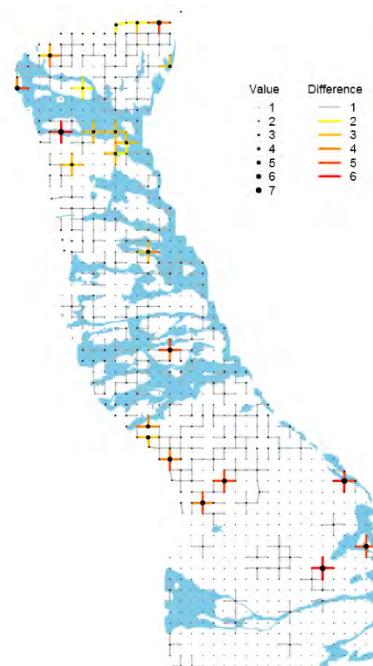
Ovlivnění vodou



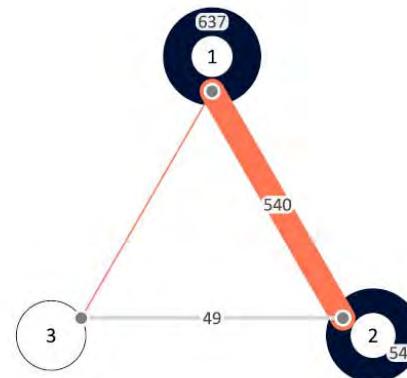
3.5



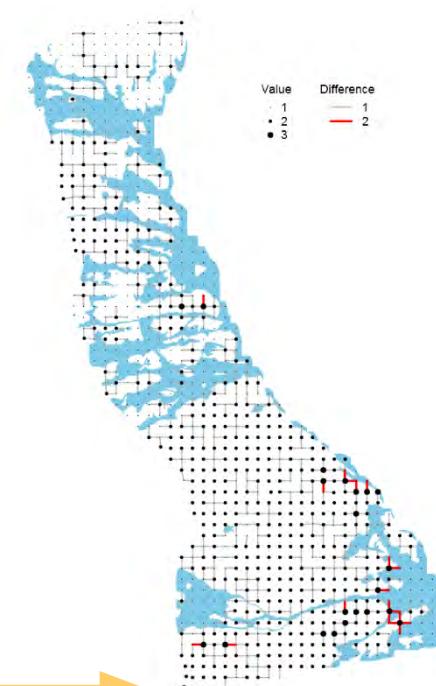
Množství skeletu



2.0



Podzolizace



Horské smrčiny, 1290-1645 m n.m.,

Calimani (vulkanit, RO), Giumalau (fylit, RO), Syvulja (pískovec, UA)



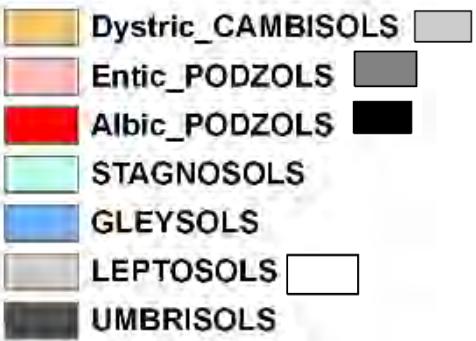
The background image shows a vast, green mountainous landscape. In the foreground, there's a dense forest of coniferous trees. Beyond the forest, several rounded mountain peaks rise against a sky filled with soft, white and grey clouds. The lighting suggests either early morning or late afternoon.

Pastva na polonině (nebo kamenné sutě)

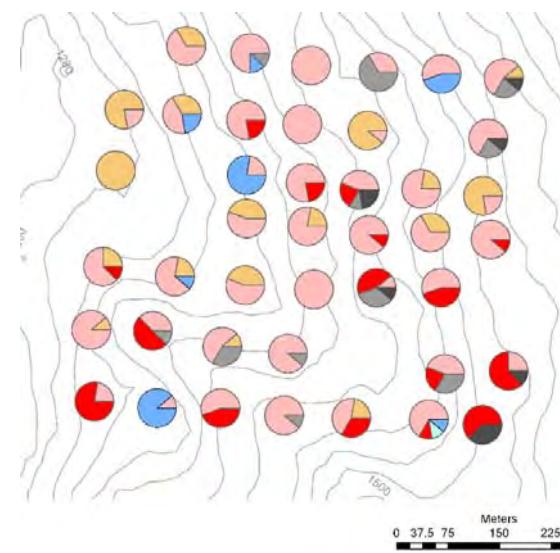
Pralesy

Lesnický management

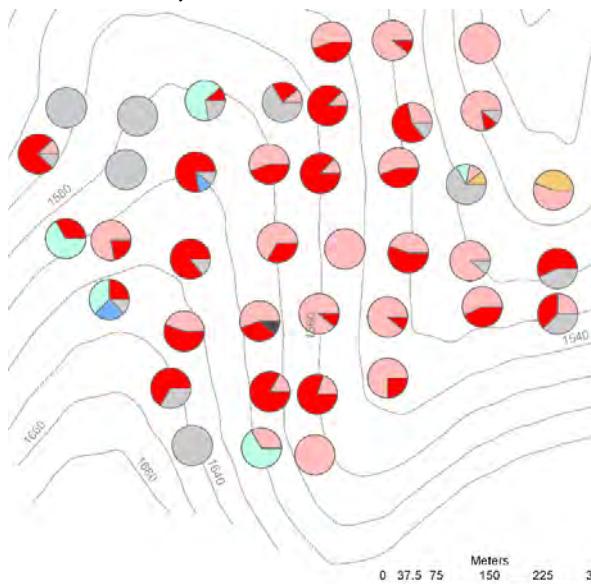
Diverzita půd v horských smrkových pralesích



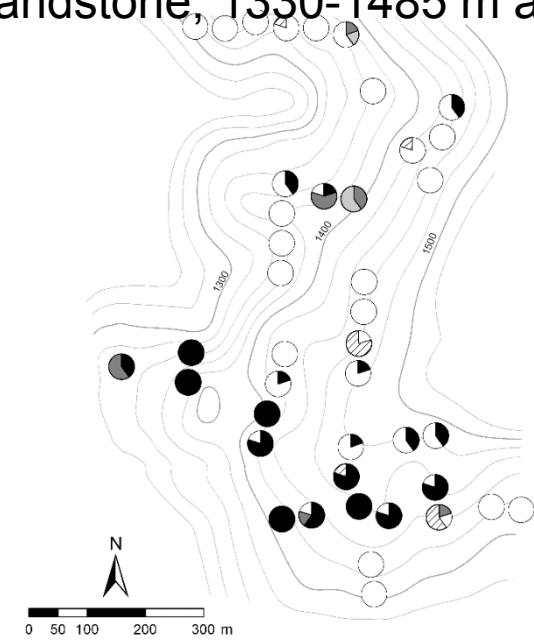
Giumalau, (Romania)
phillite, 1290-1515 m a.s.l.



Calimani, (Romania)
andesite, 1460-1645 m a.s.l.



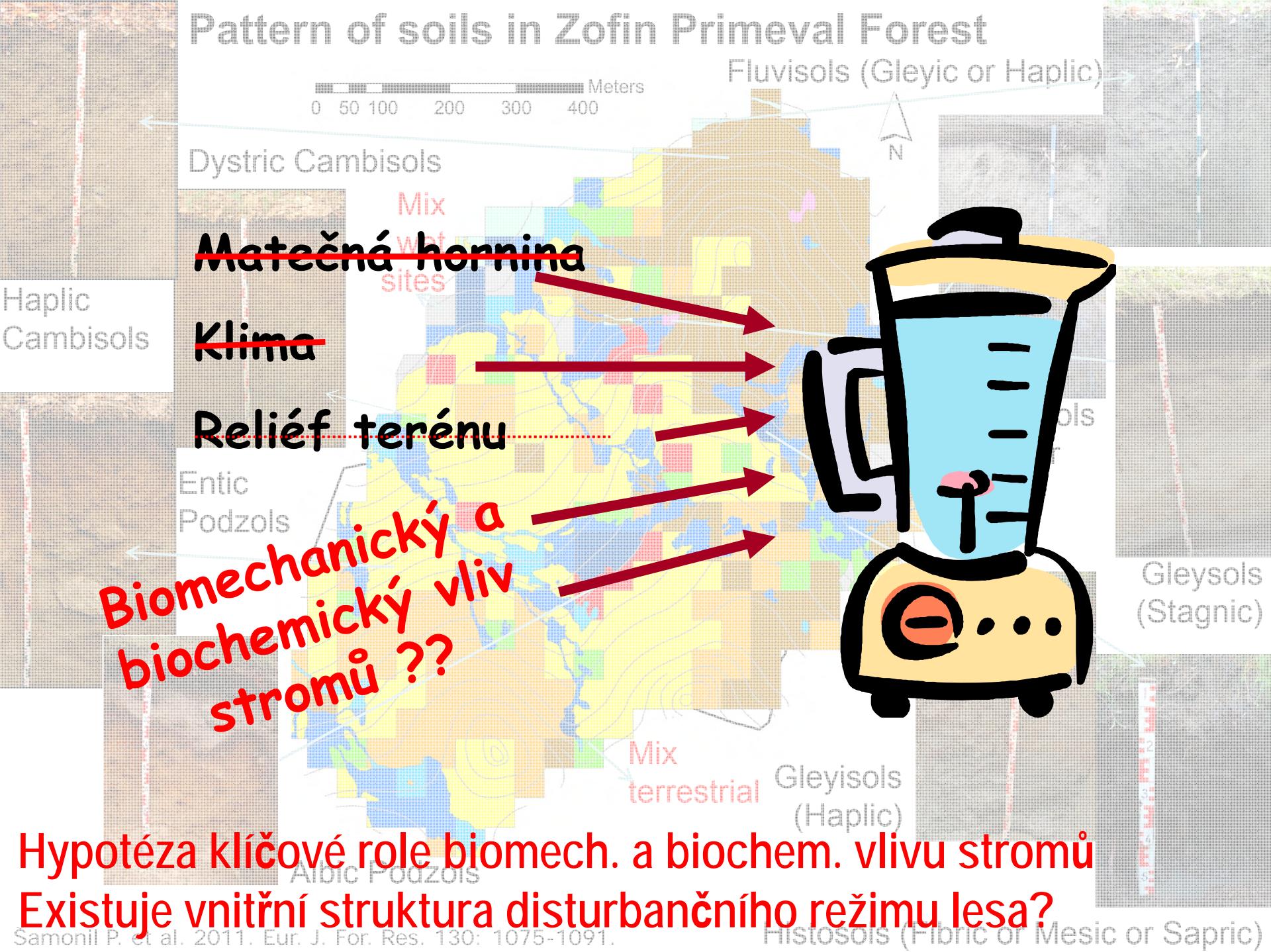
Syvulja, (Ukraine)
sandstone, 1330-1485 m a.s.l.



Valtera, M., Šamonil, P., Boublík, K. 2013. Soil variability in naturally disturbed Norway spruce forests in the Carpathians: bridging spatial scales. *Forest Ecol. Manag.* 310: 134-146.

Valtera M., Šamonil P., Svoboda M., Janda P. 2015. Effects of topography and forest dynamics on soil variability in natural *Picea abies* mountain forests. *Plant and Soil* 392: 57-69.

Pattern of soils in Zofin Primeval Forest



Biochemický vliv stromů na půdu



Různí dekompozitoři



- Dekompozice listů
- Dekompozice kmenů
- Dekompozice kořenů

...
...

Podzol
pod
ležícím
kmenem



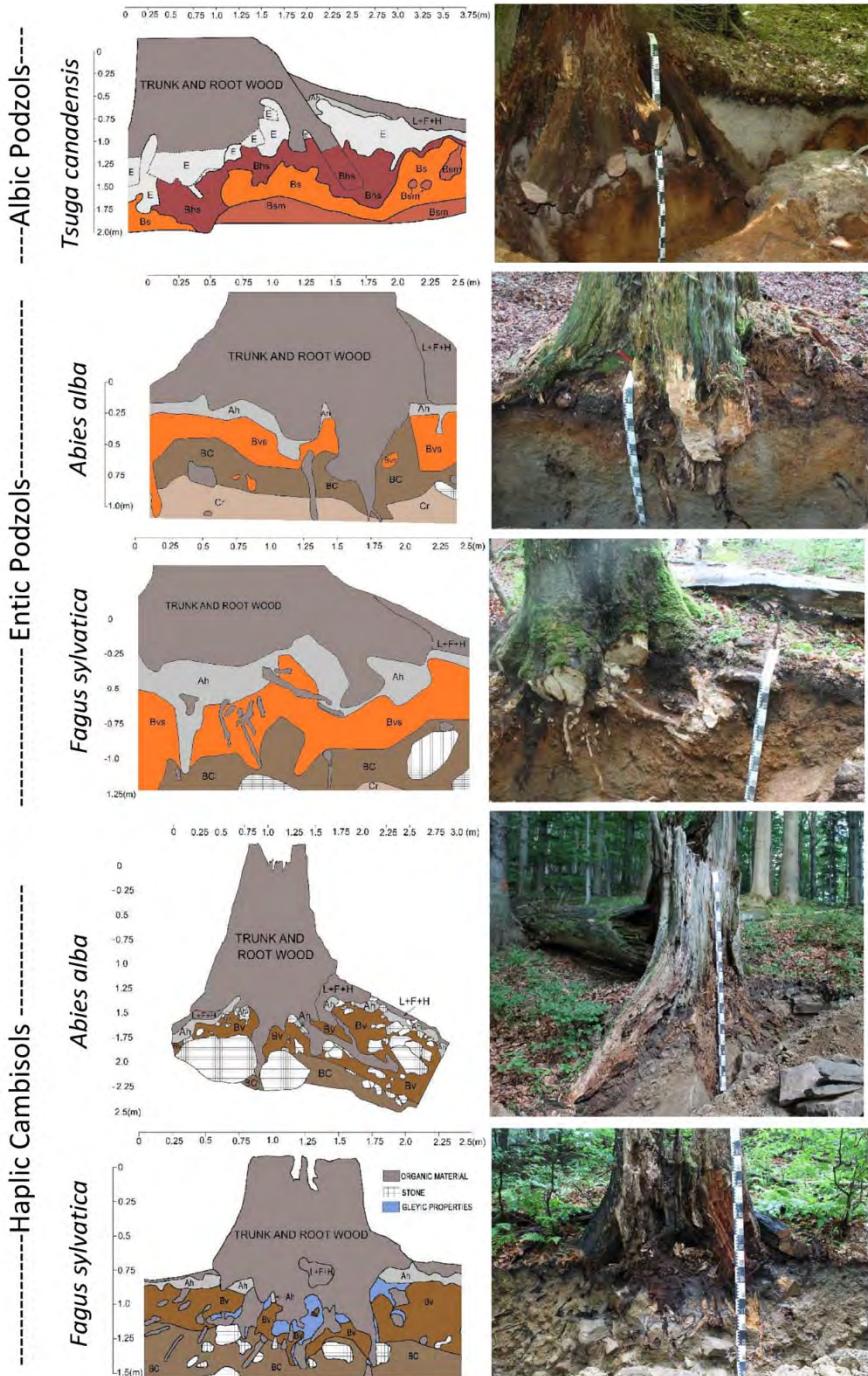


„Basket Podzols“ pod pahýlem stromu



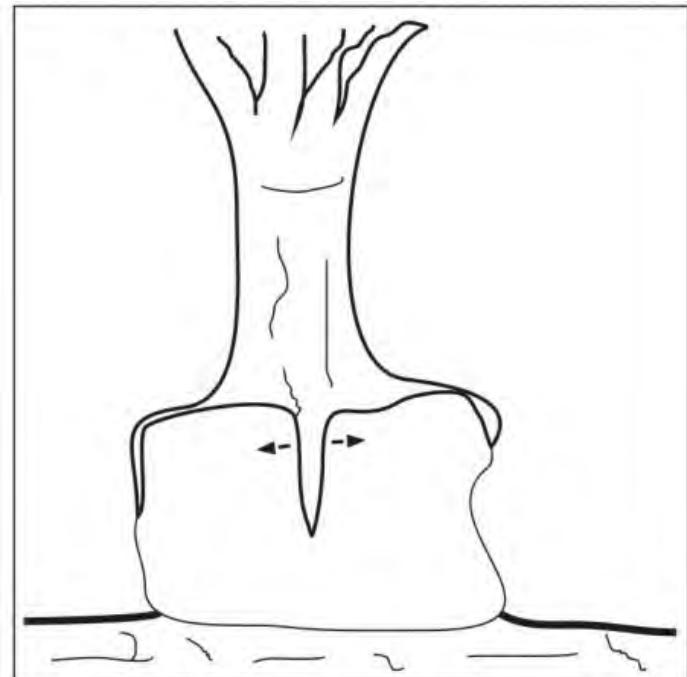
Pedogeneze pod pahýly stromů

- Podzoly-jedlovec-Michigan
- Kryptopodzoly-JD+BK-Žofín
- Kambizemě-JD+BK-Gorce (PL)



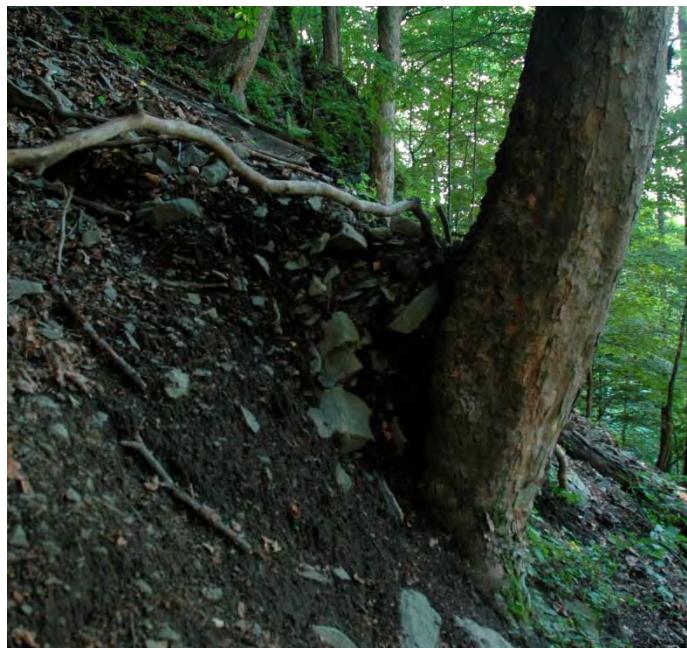
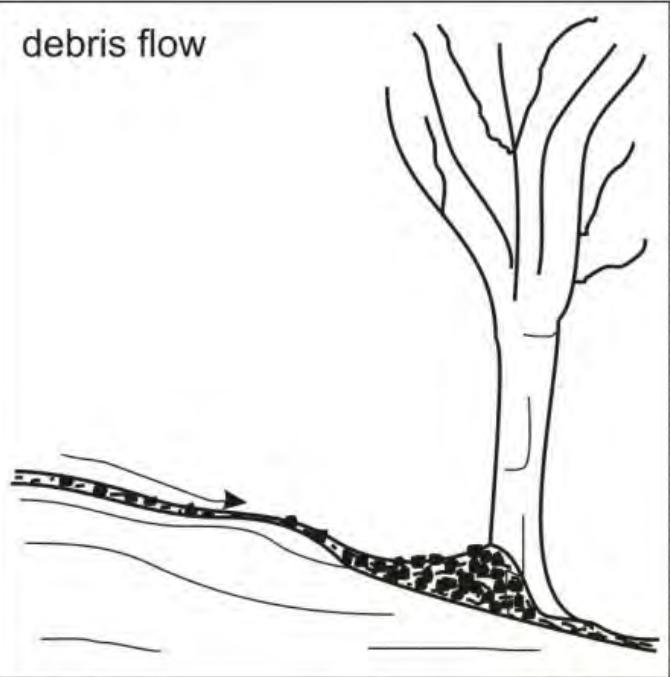
Biomechanické vlivy stromů na půdu

- Pronikání kořenů do podloží
- Zabránění pohybu půdy a regolitu
- Nadzvedávání půdy při růstu kořenů
- Tlak kořenů na okolní půdu / skálu
- Vyplňování prostoru po rozpadlých kořenech, pahýlech půdou
- Vývraty
- Pohyb půdy při pohybu kořenů (např. při vichřici)
- ...



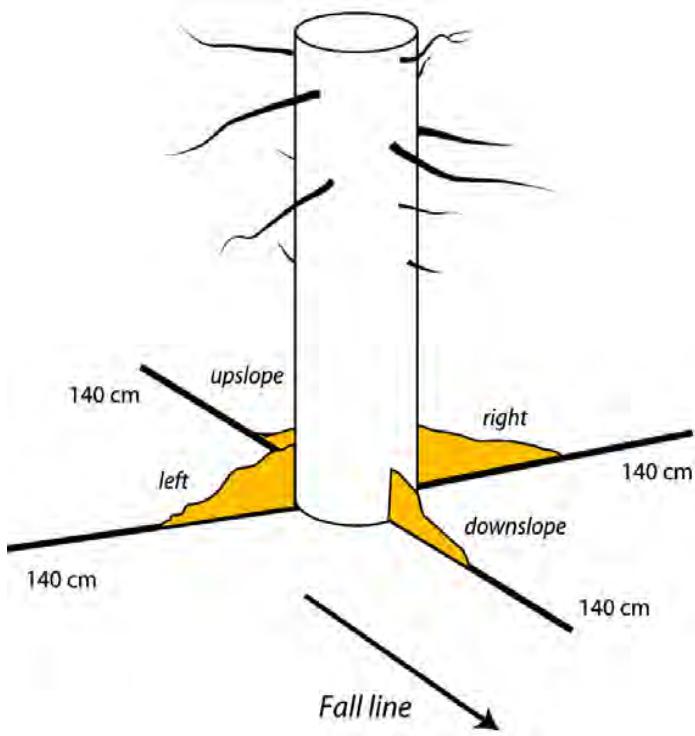
Biomechanické vlivy stromů na půdu

- Pronikání kořenů do podloží
- **Zabránění pohybu půdy a regolitu**
- Nadzvedávání půdy při růstu kořenů
- Tlak kořenů na okolní půdu / skálu
- Vyplňování prostoru po rozpadlých kořenech, pahýlech.
- Vývraty
- Pohyb půdy při pohybu kořenů (např. při vichřici)
- ...

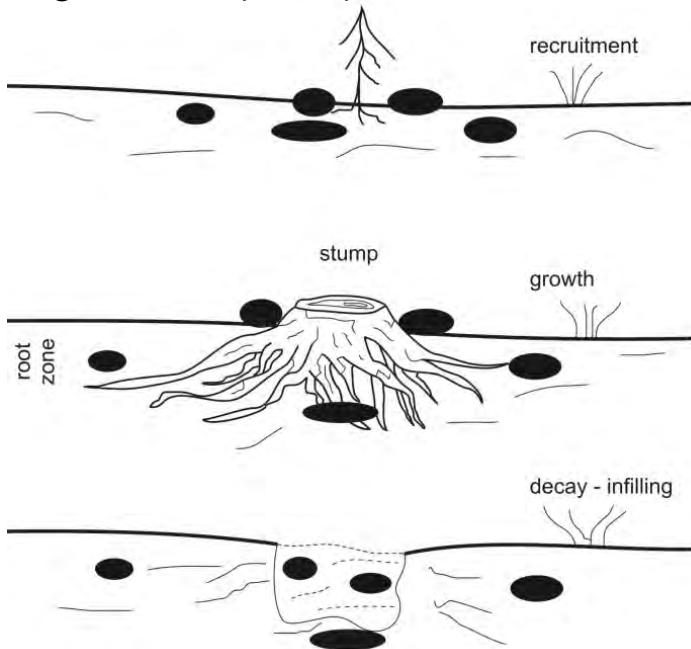


Biomechanické vlivy stromů na půdu

- Pronikání kořenů do podloží
- Zabránění pohybu půdy a regolitu
- Nadzvedávání půdy při růstu kořenů
- Tlak kořenů na okolní půdu / skálu
- Vyplňování prostoru po rozpadlých kořenech, pahýlech.
- Vývraty
- Pohyb půdy při pohybu kořenů (např. při vichřici)
- ...



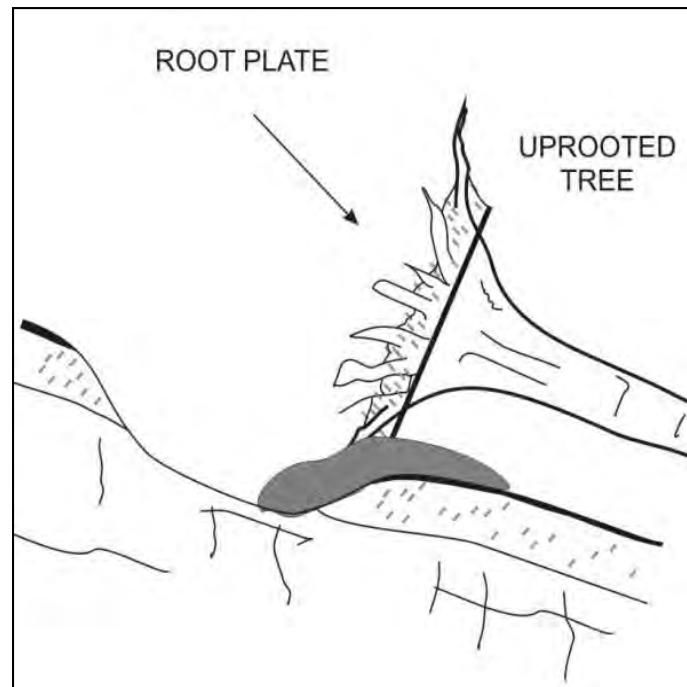
Biomechanické vlivy stromů na půdu



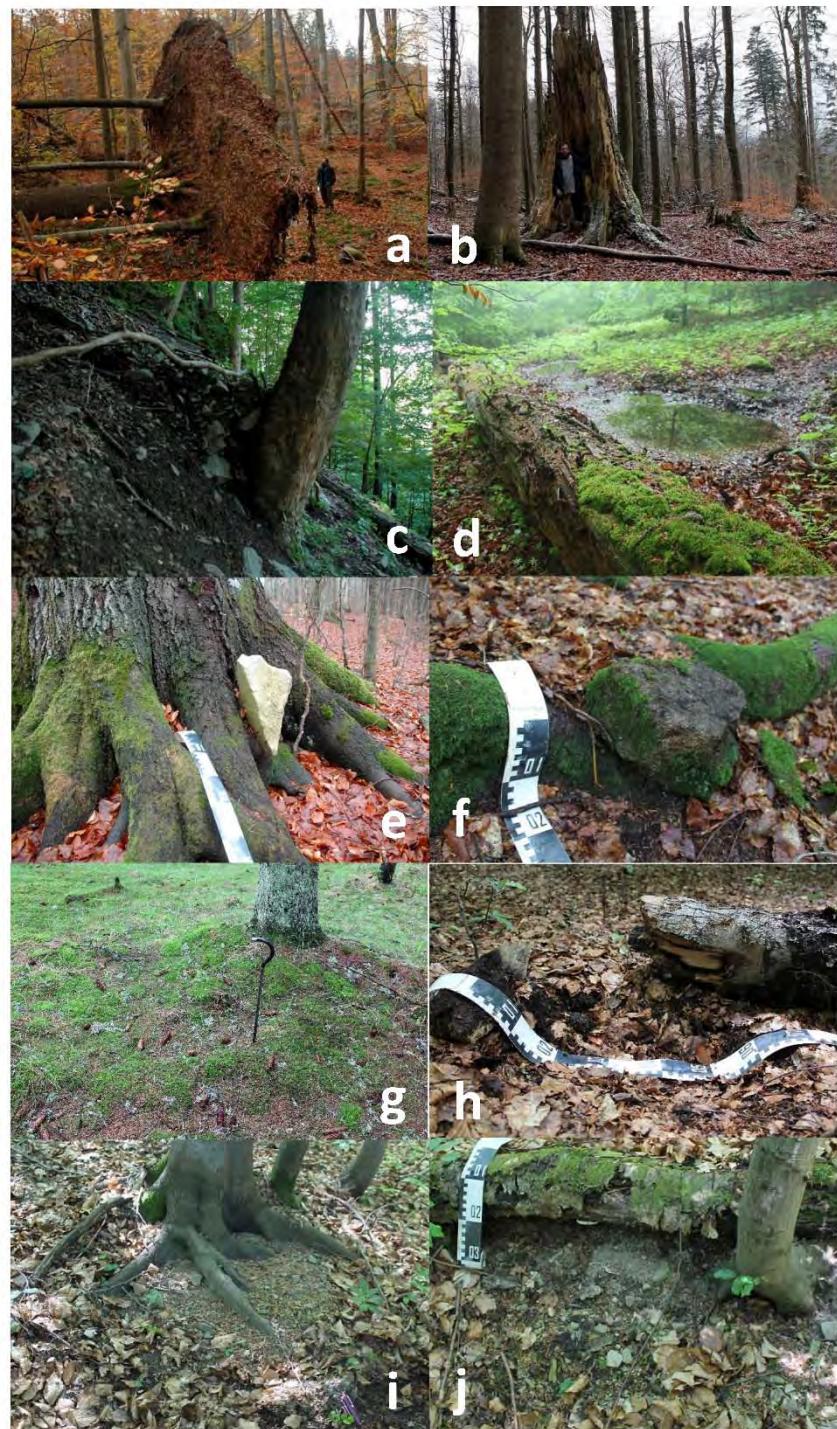
- Pronikání kořenů do podloží
- Zabránění pohybu půdy a regolitu
- Nadzvedávání půdy při růstu kořenů
- Tlak kořenů na okolní půdu / skálu
- **Vyplňování prostoru po rozpadlých kořenech, pahýlech**
- Vývraty
- Pohyb půdy při pohybu kořenů (např. při vichřici)
- ...

Biomechanické vlivy stromů na půdu

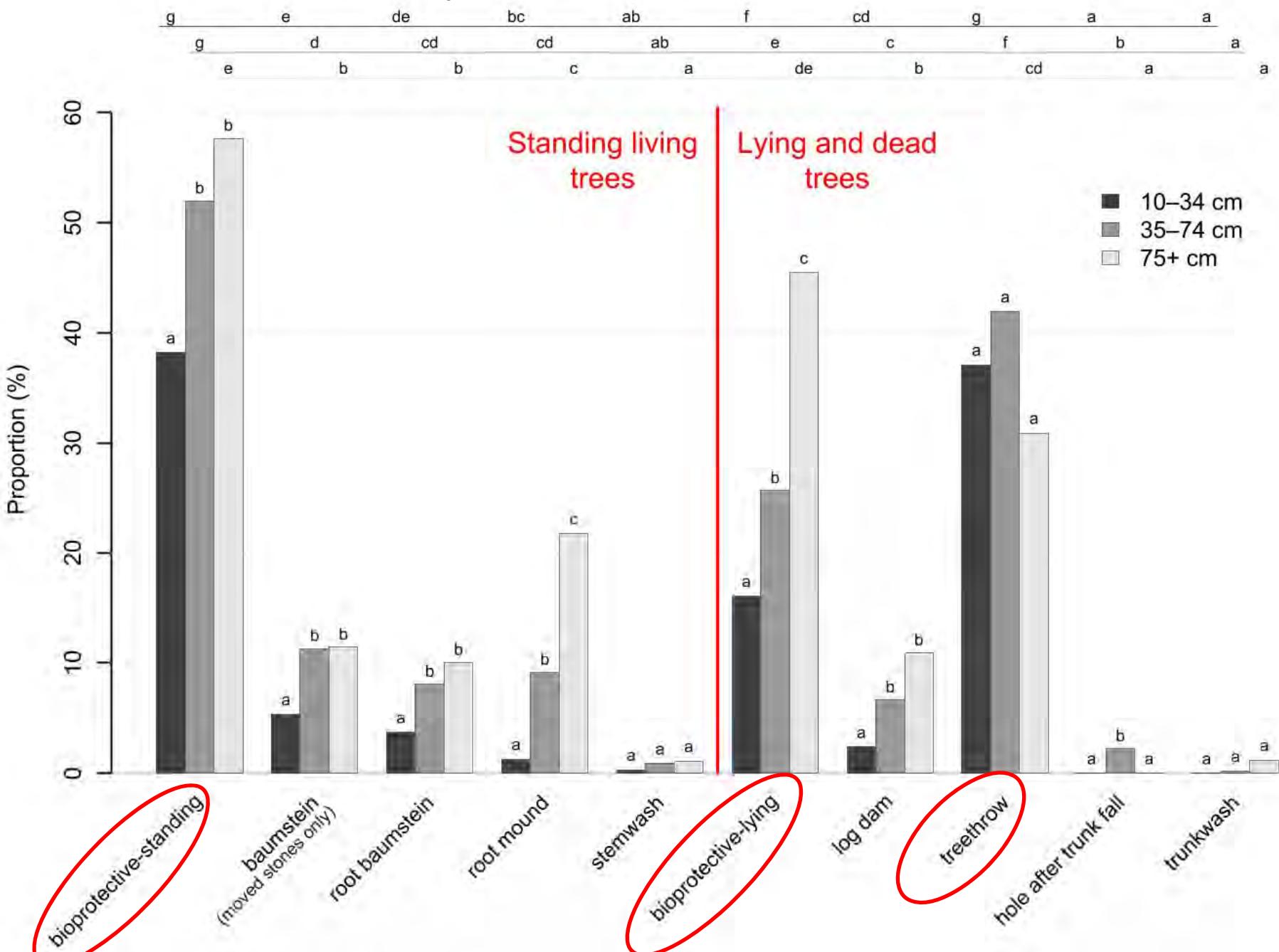
- Pronikání kořenů do podloží
- Zabránění pohybu půdy a regolitu
- Nadzvedávání půdy při růstu kořenů
- Tlak kořenů na okolní půdu / skálu
- Vyplňování prostoru po rozpadlých kořenech, pahýlech.
- **Vývraty**
- Pohyb půdy při pohybu kořenů (např. při vichřici)
- ...



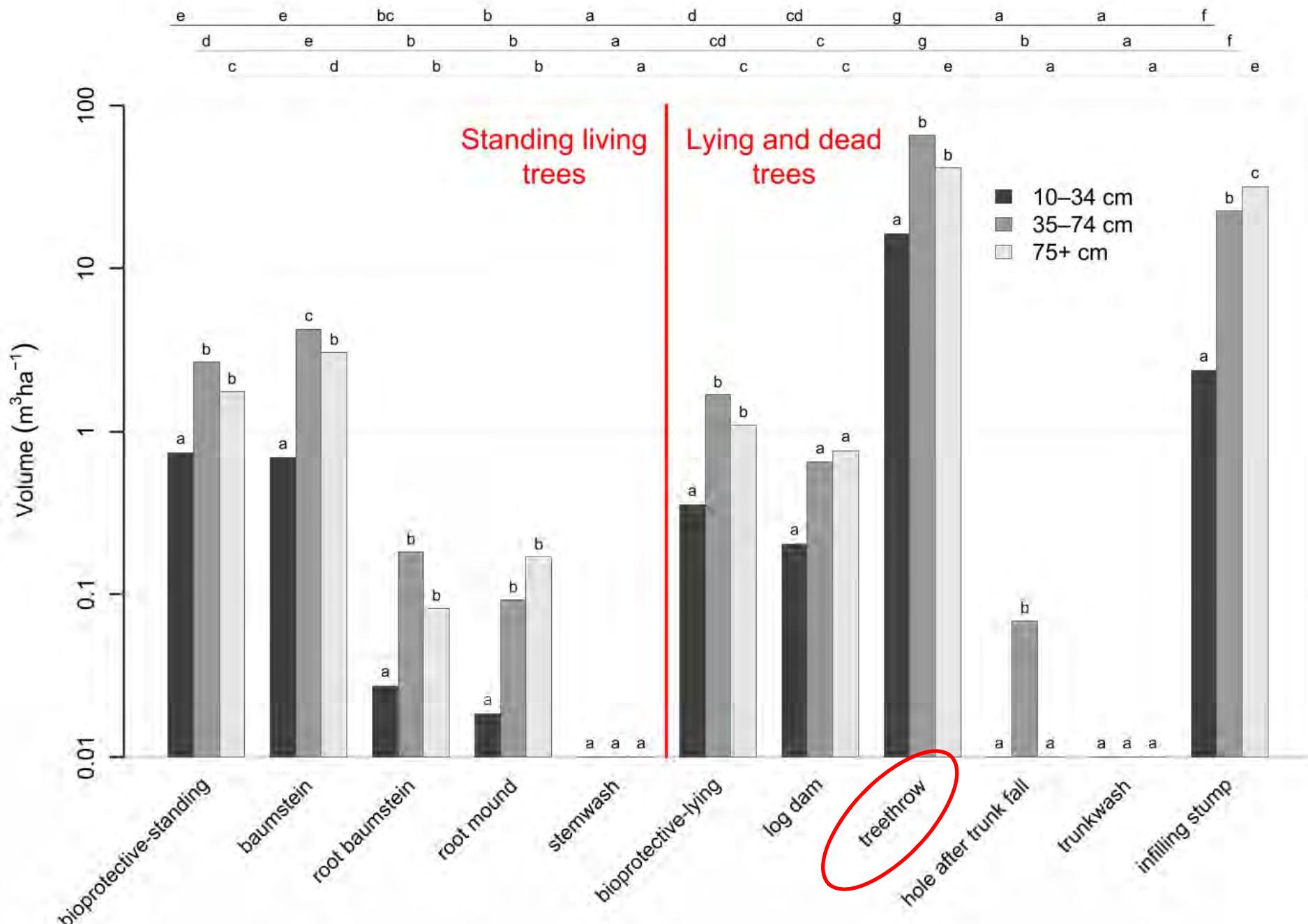
Biomechanické vlivy stromů Boubínský prales



Biomechnaické vlivy stromů – Boubín, frekvence



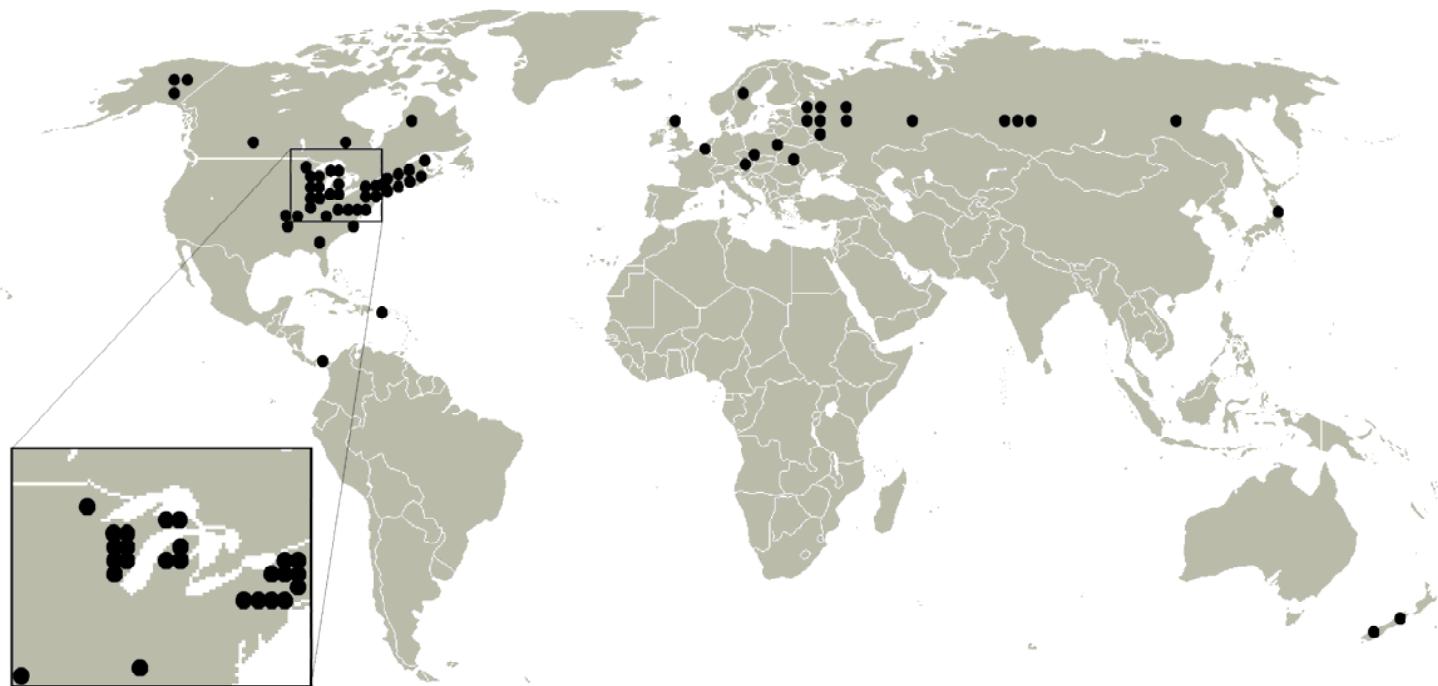
Biomechnaické vlivy stromů – Boubín, objemy





Lokalizace studií o vlivu vývratů na pedogenezi

(1939-2009)

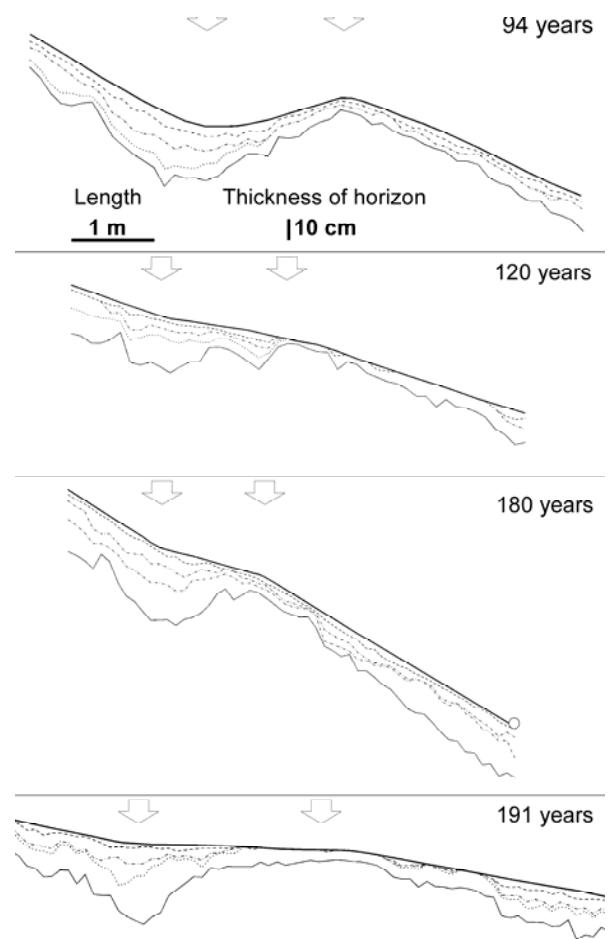
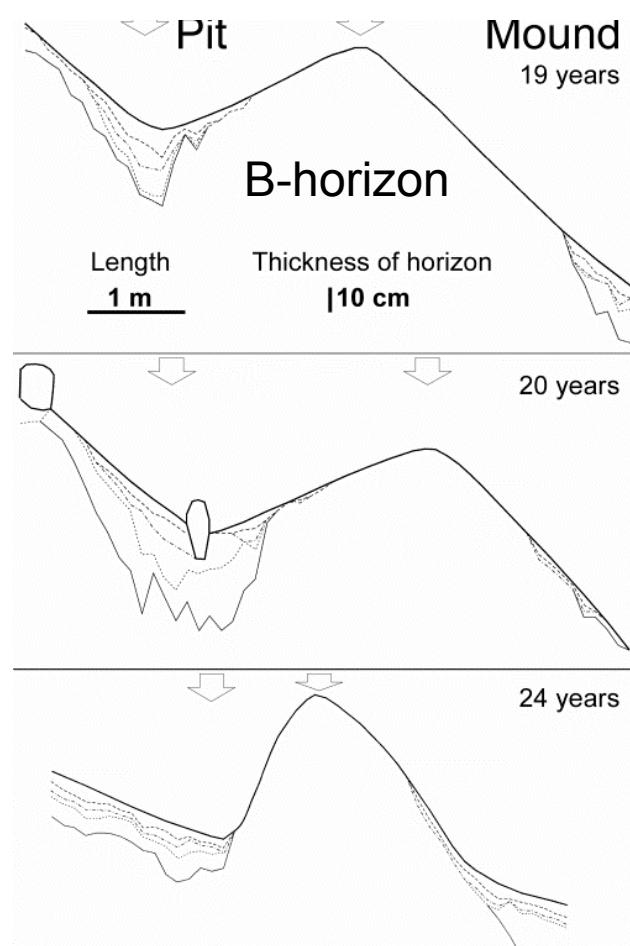


Relativně známý proces, některé biomy ale dosud bez výzkumu

Kambizemě na flyši (Razula, Beskydy)

Trvání vývratů do 220 let

L – litter, F – fermentation hor., H – humification hor. A – upper mineral hor.



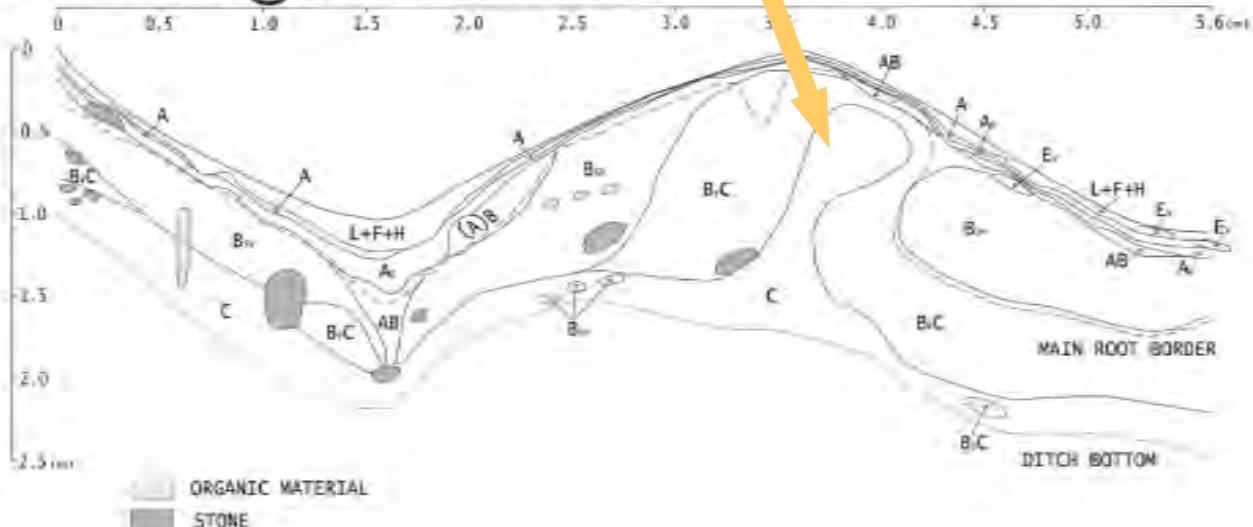


Kryptopodzoly na žule (Žofín)

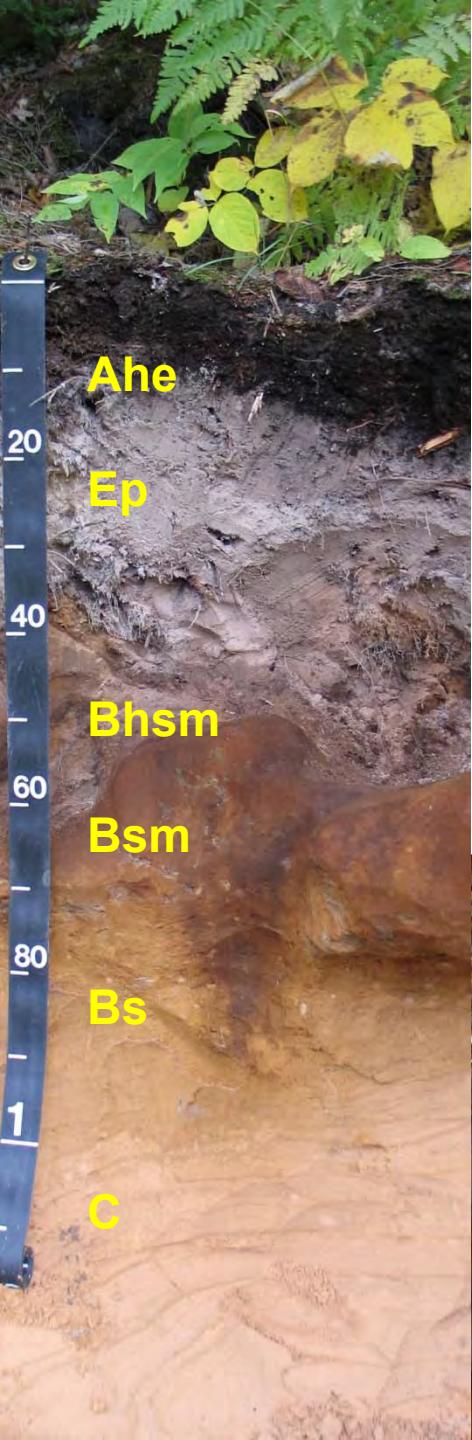
Tvorba spodického horizontu ve vyzdviženém substrátovém horizontu
Trvání > 1700 let



Real age 1882 AD



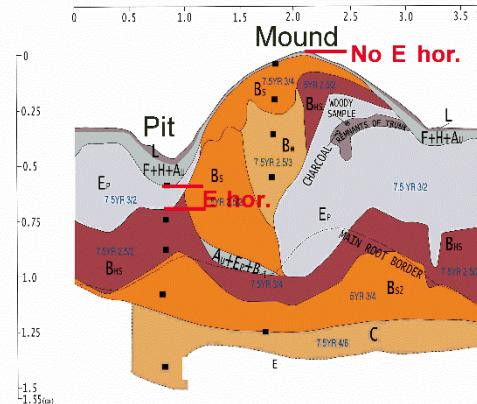
Šamonil P., Daněk P., Schaetzl R.J., Vašíčková I., Valter M. 2015. Soil mixing and evolution as affected by tree uprooting in three temperate forests. *Eur. J. Soil Sci.* 66: 589-603.



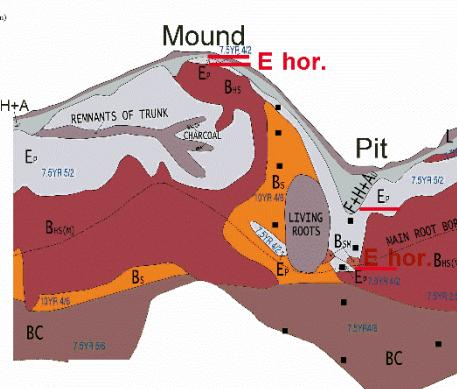
Podzoly na outwash, (Michigan)

Trvání > 6000 let, různé cesty vývoje půd, rozbíhavá (divergentní) evoluce

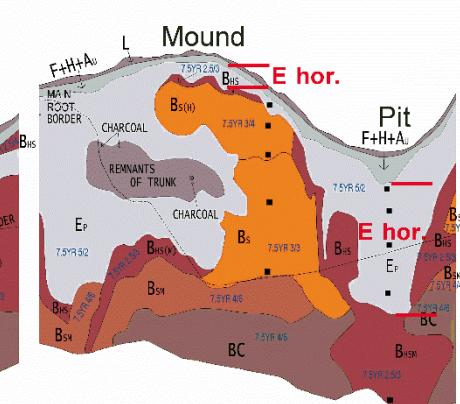
a) Age 170 years



b) Age 910 years



c) Age 5230 years



Terén po zarovnání vývratu

Stará vývratová deprese?

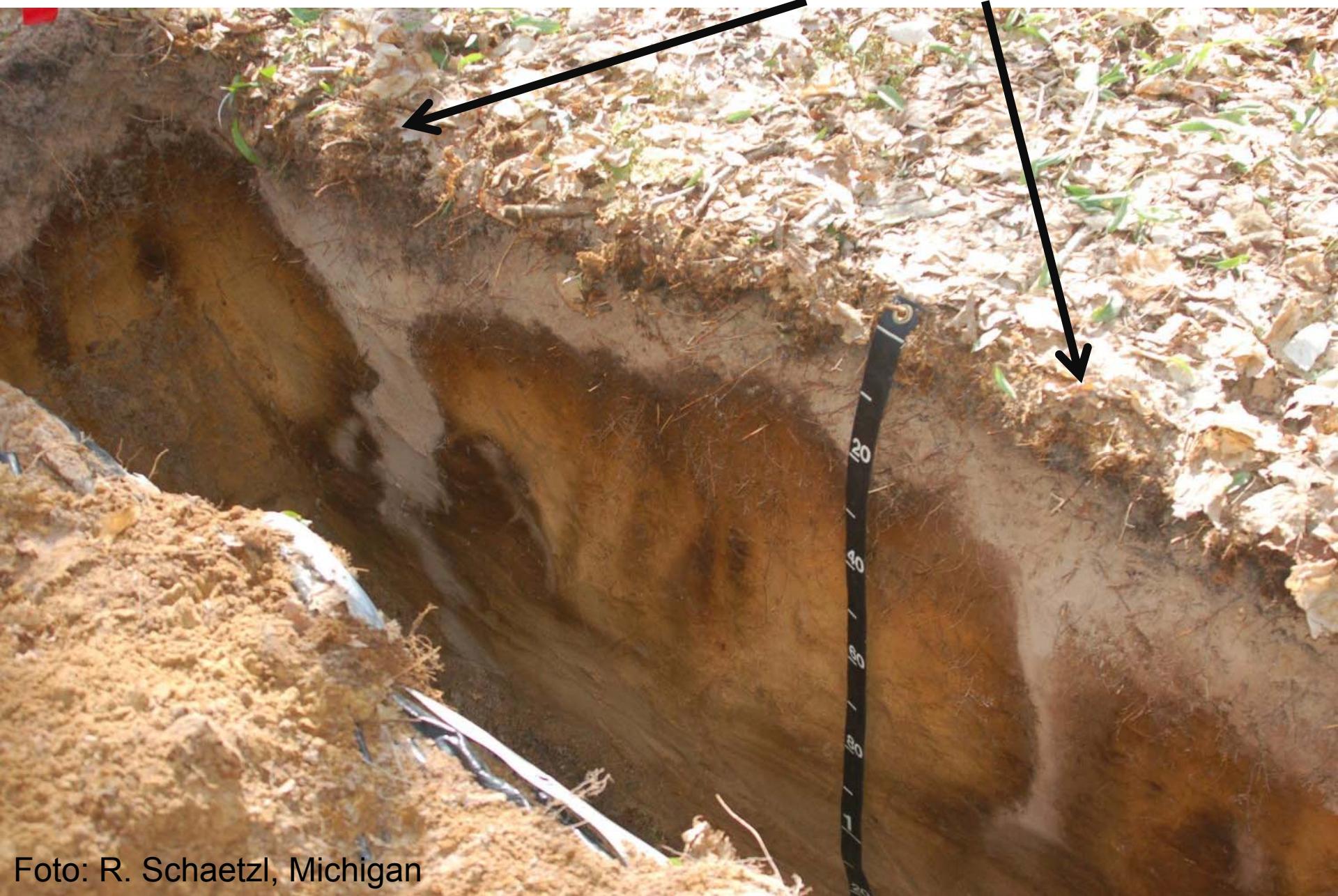
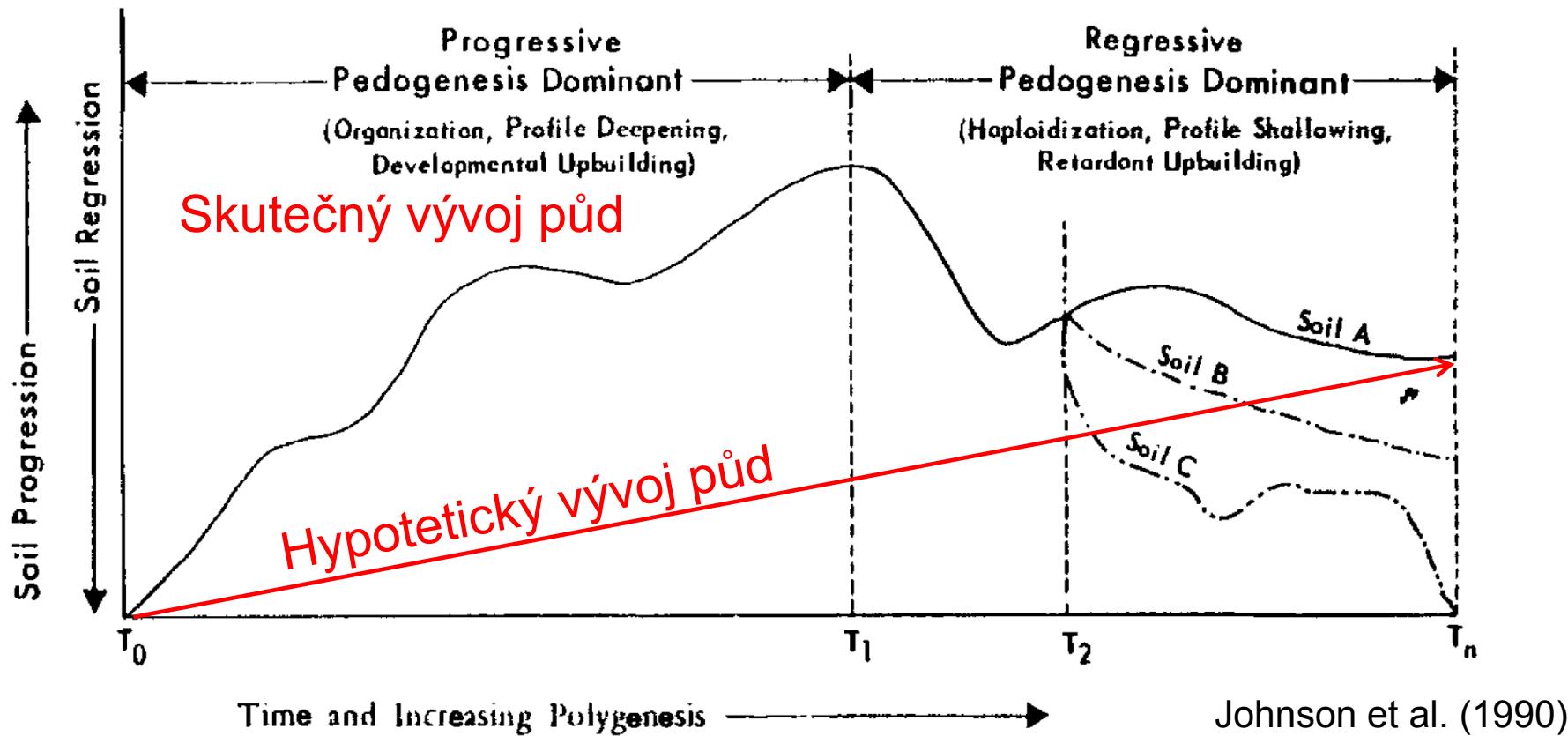


Foto: R. Schaetzl, Michigan

Obecně platí



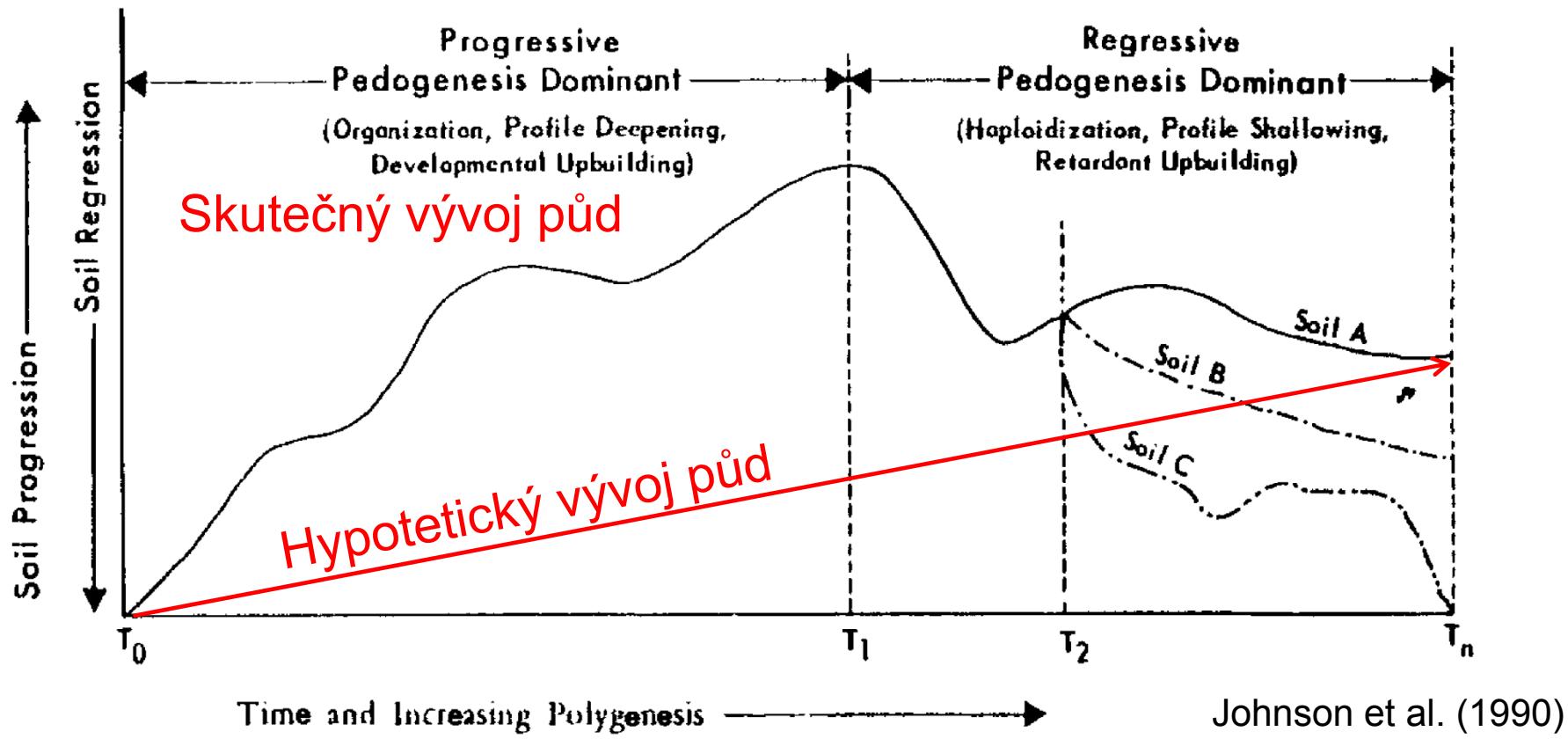
Překvapivě intenzivní procesy

Jaké příklady polygeneze znáte?

Polygeneze (včetně zpětného vývoje)

Stupeň vývoje půd \neq stáří půd

Obecně platí



Jaké příklady polygeneze znáte?

Chaotický vs. nechaotický mód vývoje půd

Vývojový linie vs. evoluční pojetí pedogeneze

Luvizem modální



Foto: D. Vavříček

Pseudoglej luvický



Foto: P. Šamonil



(Para)rendzina kambická

Melanizace+dekacifikace
-> br(a)unifikace

sekvence horizontů

O

Am

(Bv)

C



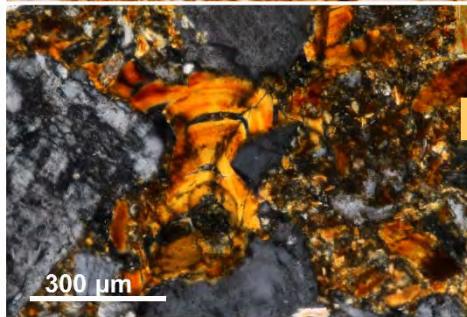
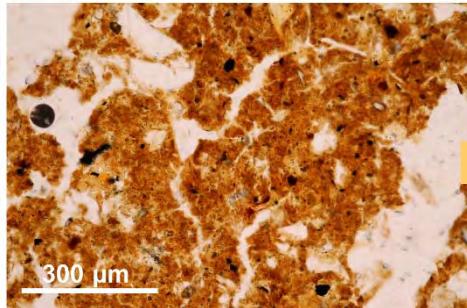
Bisequal soils

„dvousekvenční půdy“?

Michigan, USA

Sekvence
horizontů

O
A
Ep
Bhs
Bs
C=E
Bt
C



Boubínský
prales





Bisequal soils

? „dvousekvenční půdy“?

Michigan, USA

Dekalcifikace ->
Illimerizace ->
Podzolizace



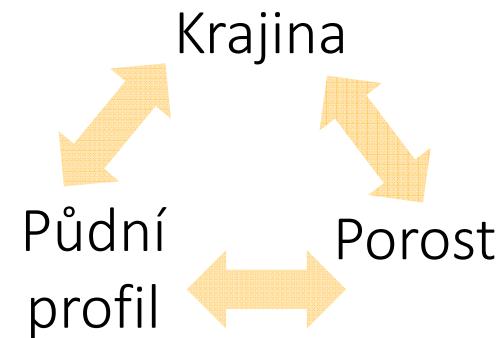
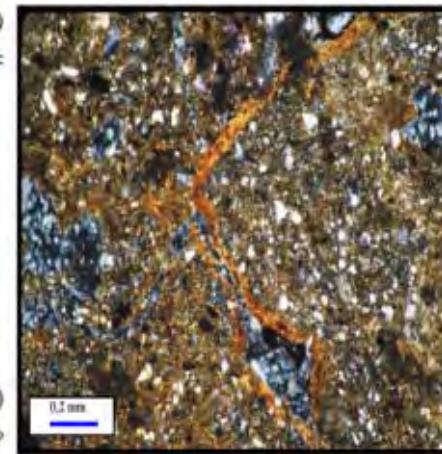


?





Změny v krajině po odlesnění



Retrográdní vývoj v nížinách
Hnědozem → pseudočernozem

L. Smolíková, R. Schaetzl



Stopy po kořenech stromů pod travinnou vegetací

2010/06/08

Foto: J. Phillips

Posun horní hranice lesa

- vývoj klimatu
- impakt člověka (pastva aj.)
- přirozené disturbance



Podzoly



Umbrisoly



Posun horní hranice lesa

- vývoj klimatu
- **impakt člověka (pastva aj.)**
- přirozené disturbance



Posun horní hranice lesa

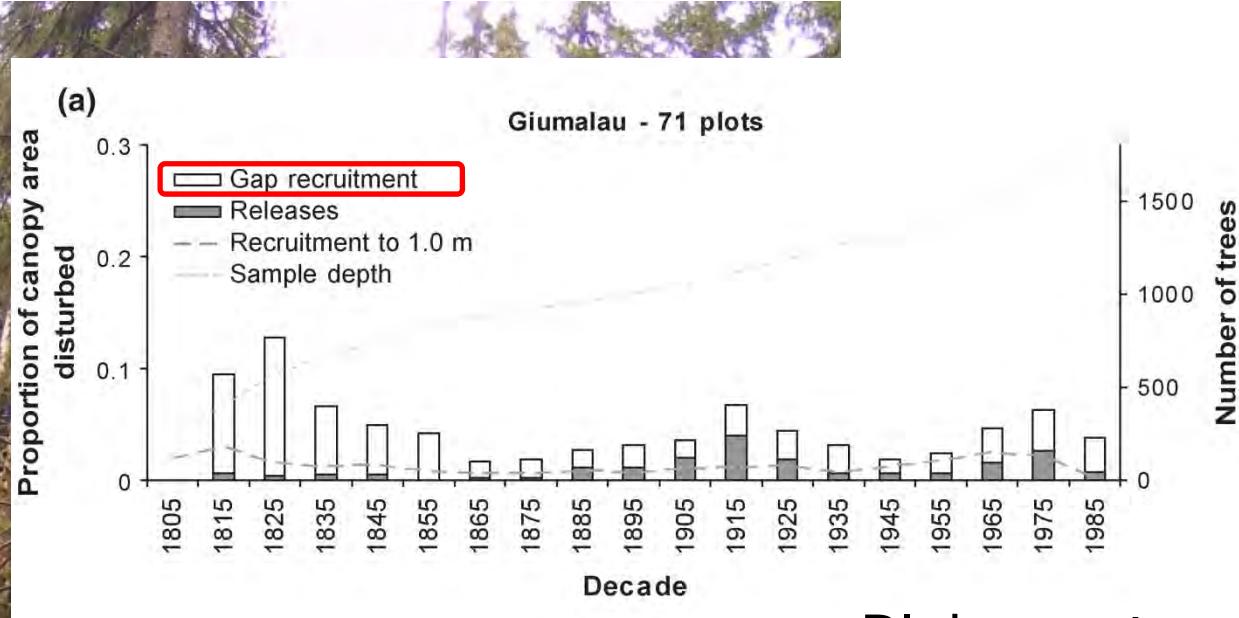
- vývoj klimatu
- impakt člověka (pastva aj.)
- přirozené disturbance

Úroveň krajiny



Úroveň porostu
Lokální úroveň





Blokovaná obnova lesa graminoidy a kapradinami v horské smrčině po disturbanci

Anomálie -> součást „cyklu“ lesa

Mikrostanoviště
mají jedinečné
mikroklimatické
podmínky

Jedinečná
pedogeneze

Diverzita stanoviště =
Druhová diverzita



Vývraty signifikantně
ovlivňují mocnost
regolitu a pohyb
svahovin

Vliv na rychlosť
zvětrávání





Čas

Bodové procesy

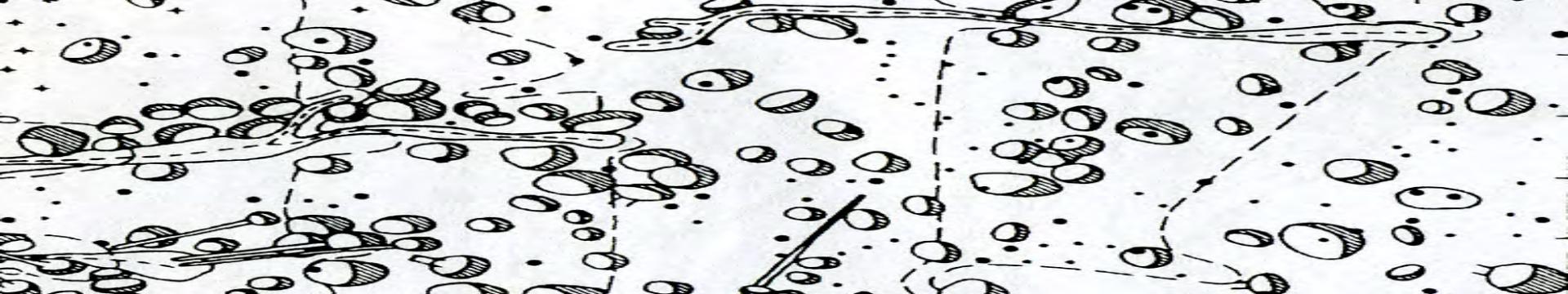
Stáří stromu přesahuje i 500 let

Rozklad kmene přesahuje i 200 let

Trvání vývratu přesahuje i 6000 let

Interakce stromy-půda





Rotační perioda

North America

Bowers (1987)	Alaska	8,000-10,000 yrs
Bormann et al. (1995)	Alaska	200-400 yrs
Phillips and Marion (2006)	Arkansas	11,235 yrs
Brewer and Merritt (1978)	Michigan	3,751-5,000 yrs
Schaetzl and Follmer (1990)	Michigan	< 1,000 yrs
Denny and Goodlett (1956)	Pennsylvania	300-500 yrs

Eurasia

Šamonil et al. (2009)	Czech Rep.	1,250 yrs
Šamonil et al. (under review)	Czech Rep.	1,370 yrs
Naka (1982)	Japan	treefall rate 0.84 tree/ha·year (overstory trees)
Falinski (1978)	Poland	2.0-4.5 tree/ha·year is uprooted
Skvorcova and Ulanova (1977)	Russia	2,000-3,000 (5,000) years
Vassenev and Targuilian (1995)	Russia	Each point of nature ecosystems has been 10-20-times uprooted during the Holocene. Rotation period is in the case of pits 500-1,000 years; 2,000-3,000 years for organo-mineral mounds and 5,000 years for organic mounds.
Karpachevskiy et al. (1980)	Russia	1,000-2,000 years

Australia (and Oceania)

Burns et al. (1984)	600-1,700 years
---------------------	-----------------



North America

- Bowers (1987)
- Bormann et al. (1995)**
- Phillips and Marion (2006)**
- Brewer and Merritt (1978)
- Schaetzl and Follmer (1995)
- Denny and Goodlett (1956)

Eurasia

- Šamonil et al. (2009)
- Šamonil et al. (under review)
- Naka (1982)
- Falinski (1978)
- Skvorcova and Ulanova (1977)
- Vassenev and Targuilian (1995)

		ALE, pravděpodobnost zmlazení stromu a nové disturbance není všude stejná !!!
	Alaska	
	Alaska	
	Arkansas	
	Michigan	3,75 yrs
		< 1,000 yrs
		300-500 yrs
	Czech Rep.	
	Czech Rep.	
	Japan	1 ha/year (overstory tree)
	Poland	2.0-4.0 yrs noted
	Russia	2,000-3,000 yrs
	Russia	Each point of natural Holocene. Rotation per for organo-mineral mounds

ALE, pravděpodobnost zmlazení stromu a nové disturbance není všude stejná !!!

Vnitřní struktura rezumu uvnitř lokality

režimu uvnitř lokality

ha·year (overstory tree)

been 10-20-times up.

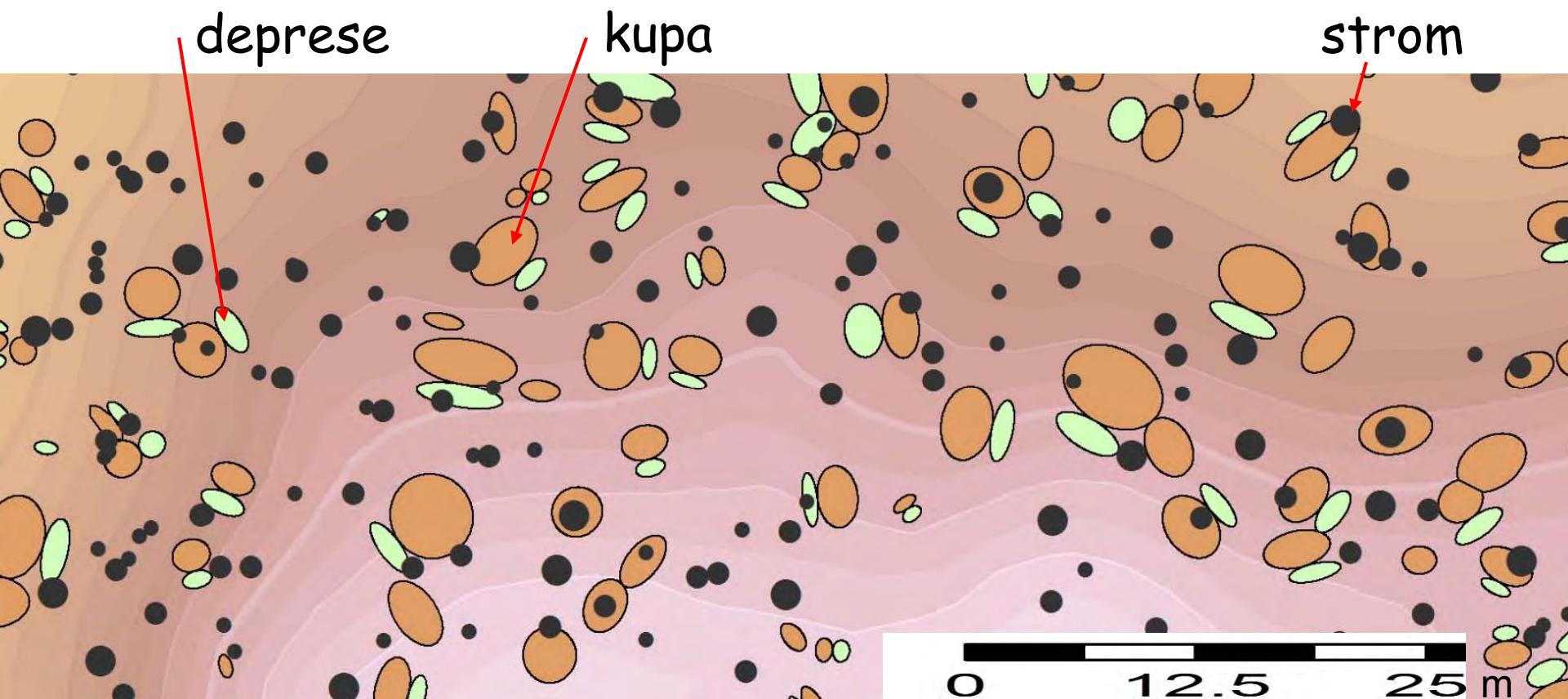
bits 500-1,000 years.

300-3,000 years

organic mounds



Vývraty působí na regeneraci stromů





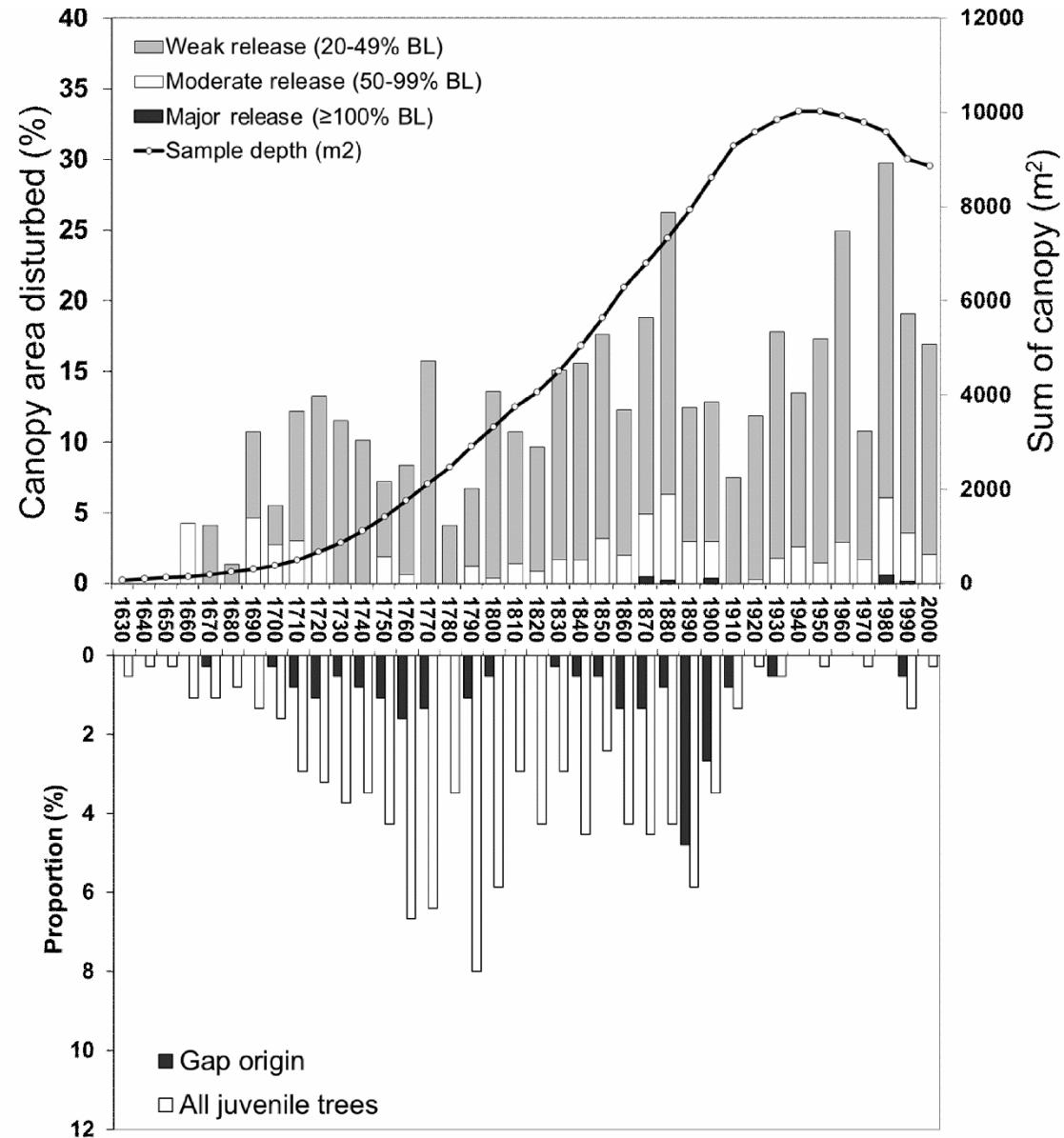
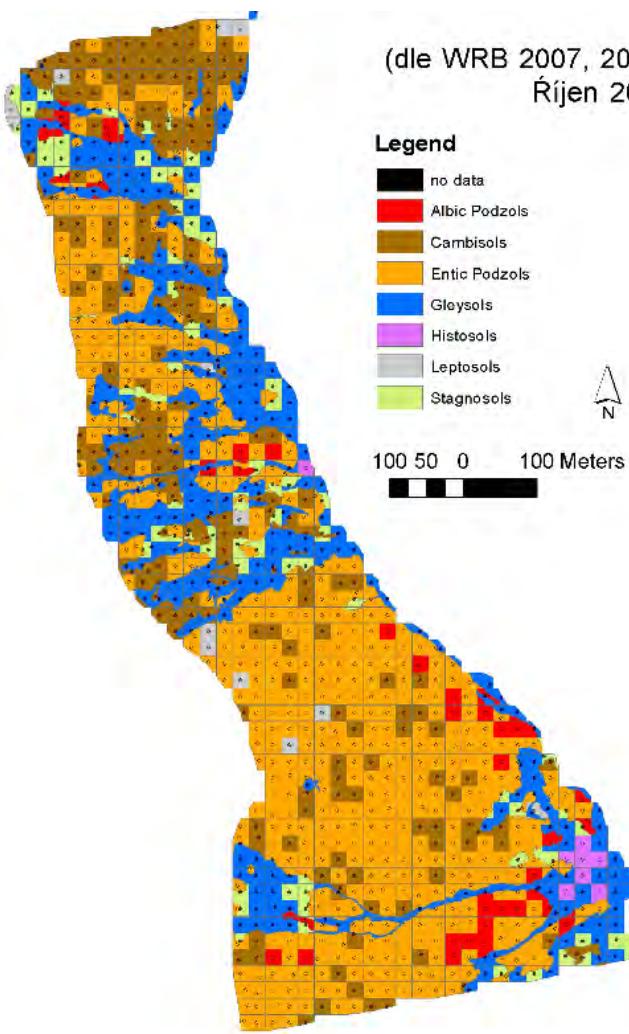
Buk X smrk



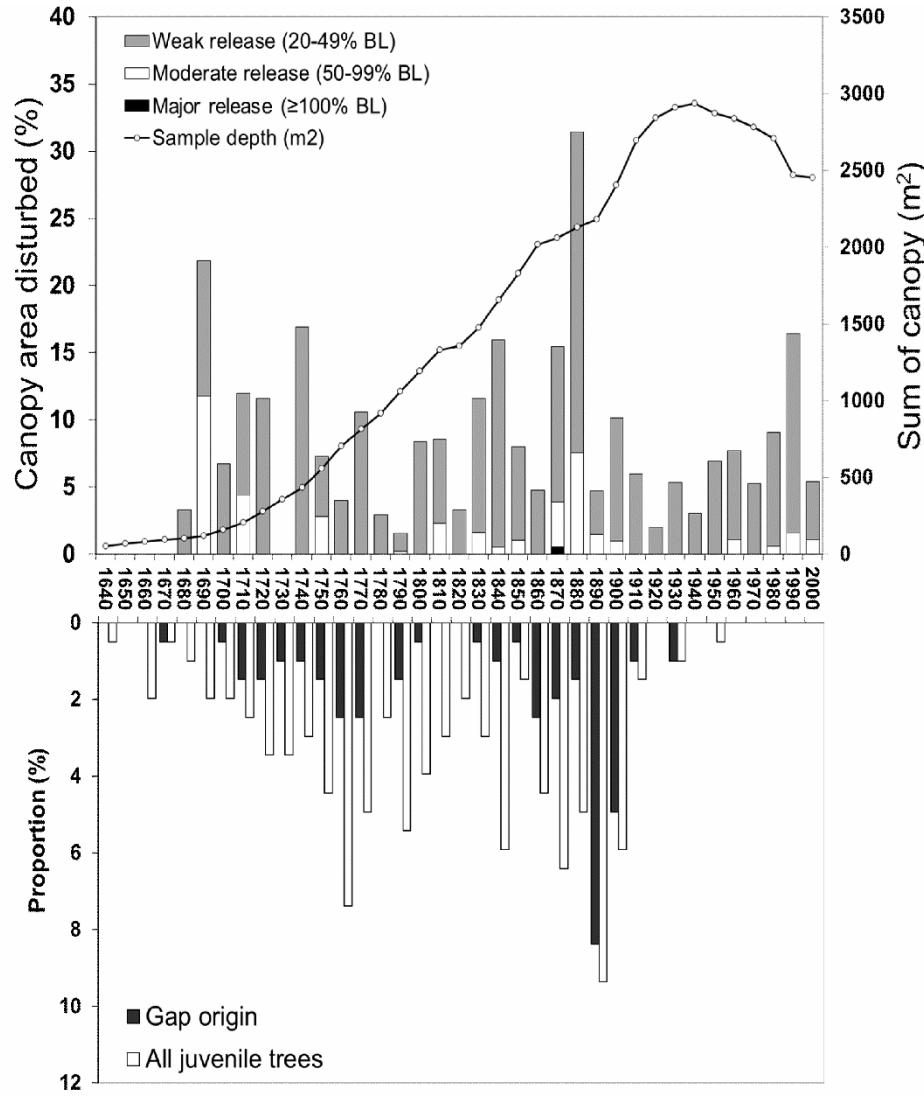
strategie

Boubínský prales

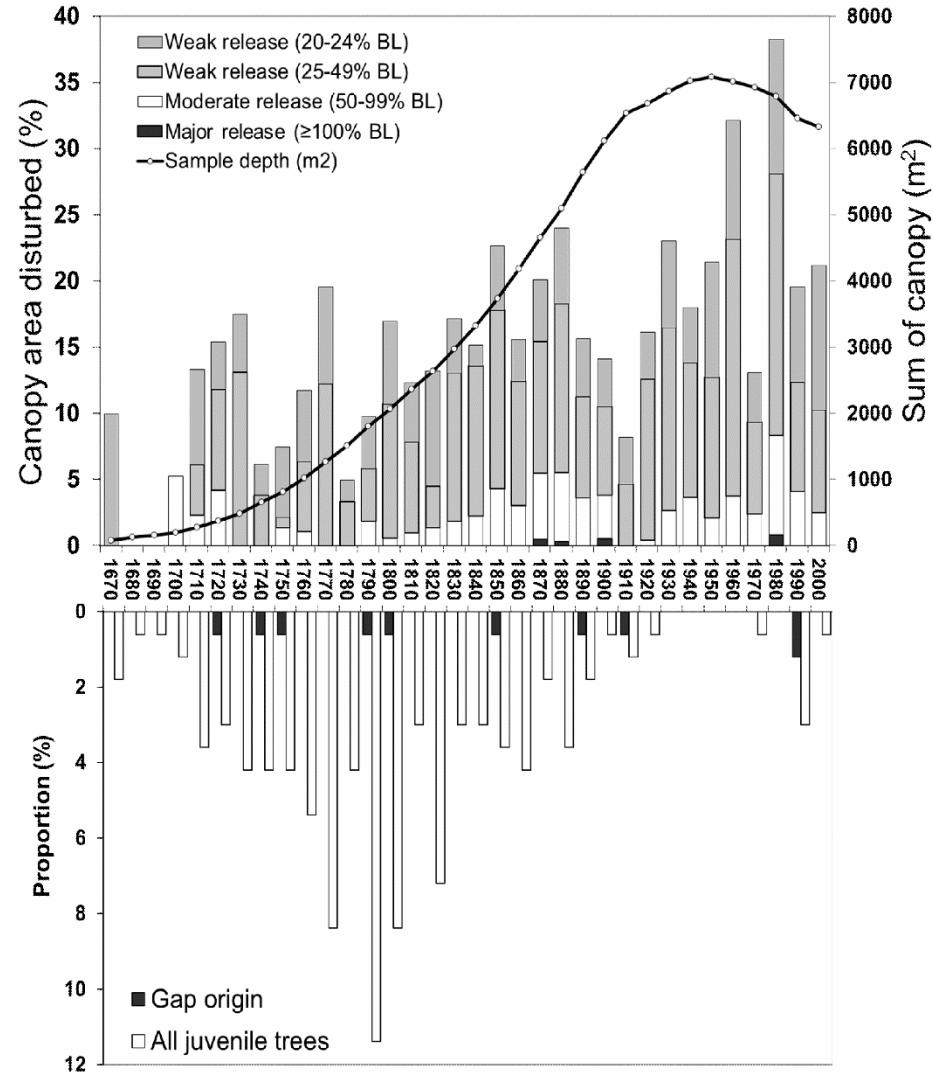
Sumární disturbanční historie



Smrk

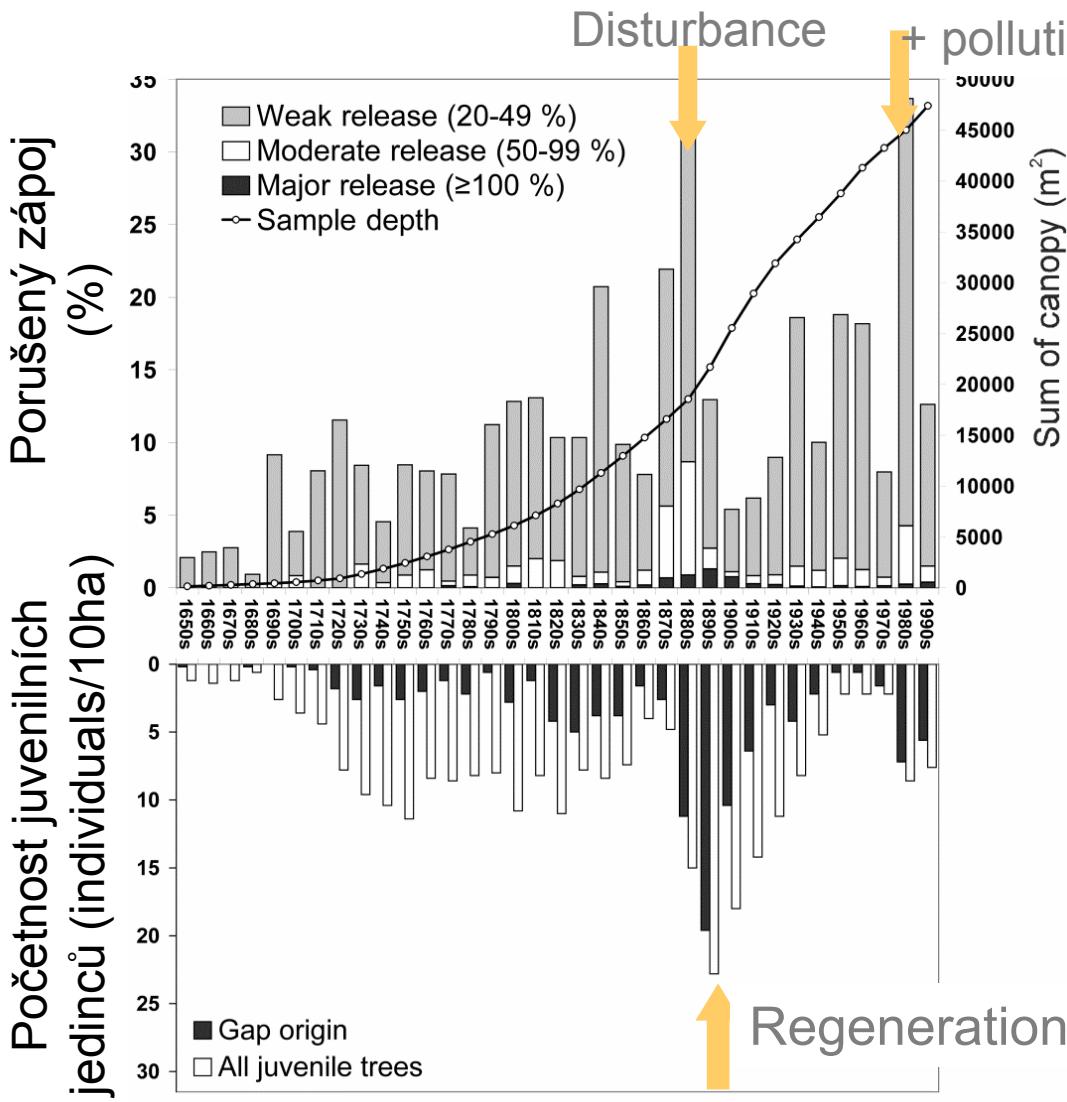


Buk

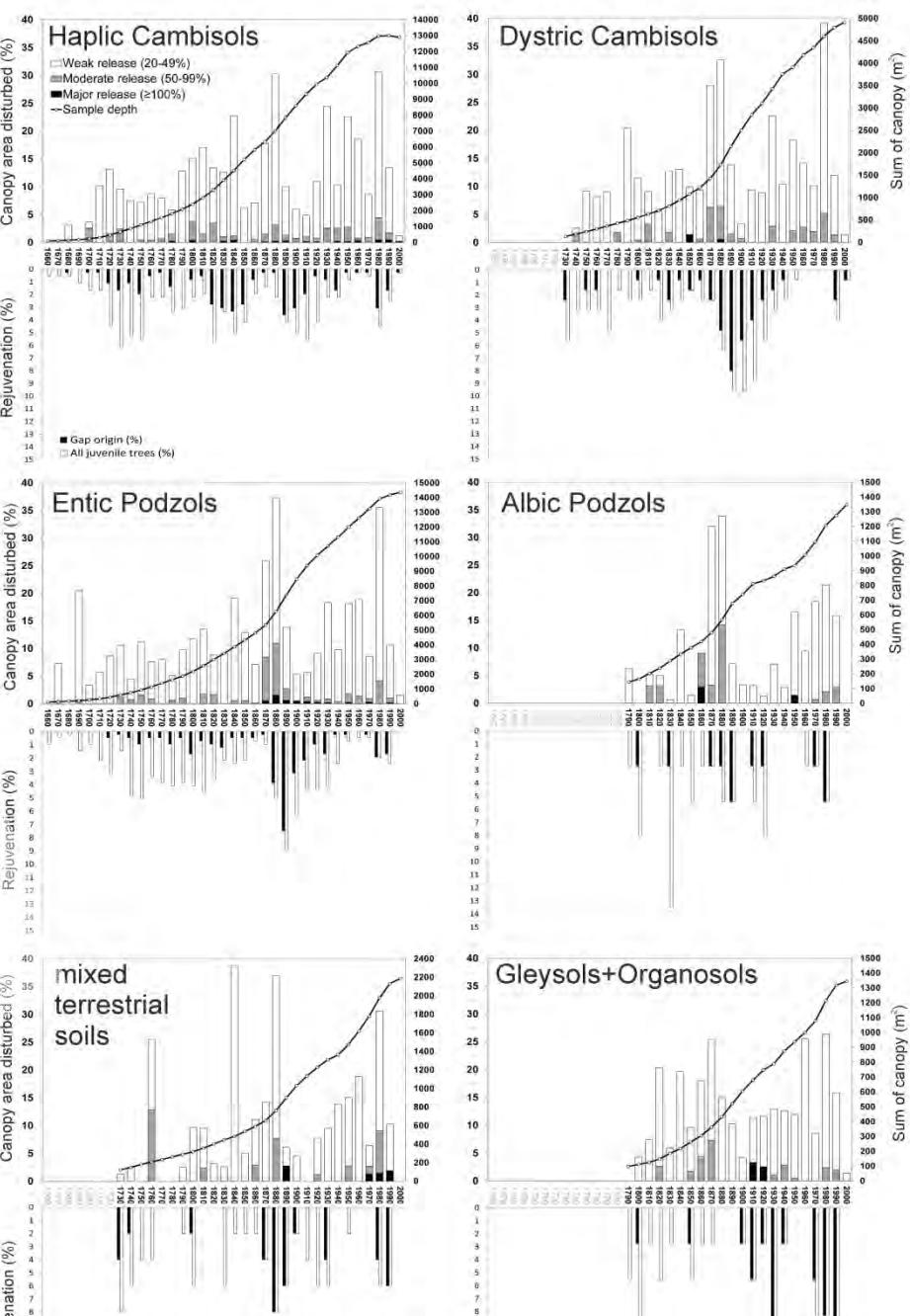


Žofínský prales

Sumární disturbanční historie



Dilčí disturbanční minulost



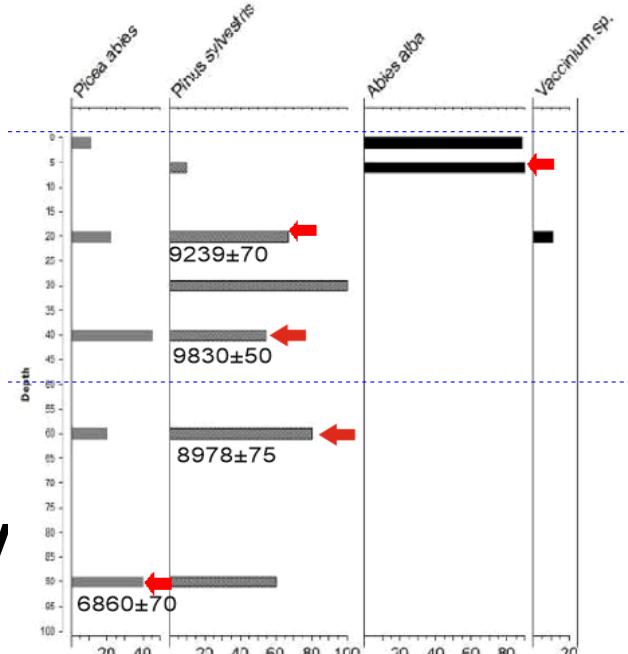
Borovice-smrk-jedle-buk

Druhové složení a stáří uhlíků

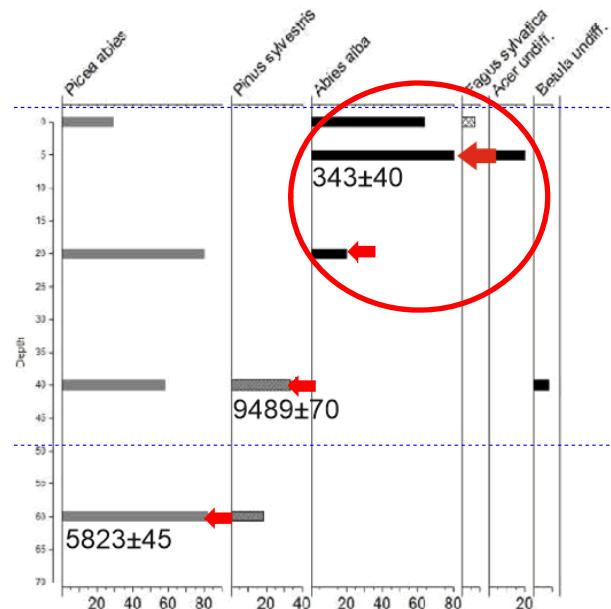
Potvrzeno prostorovou statistikou, radarem a pedoanthrakologií

- Hypotézy:
- (i) Na Žofíně existuje komplexní disturbanční režim.
 - (ii) Půdy mají vlastní specifickou disturbanční minulost

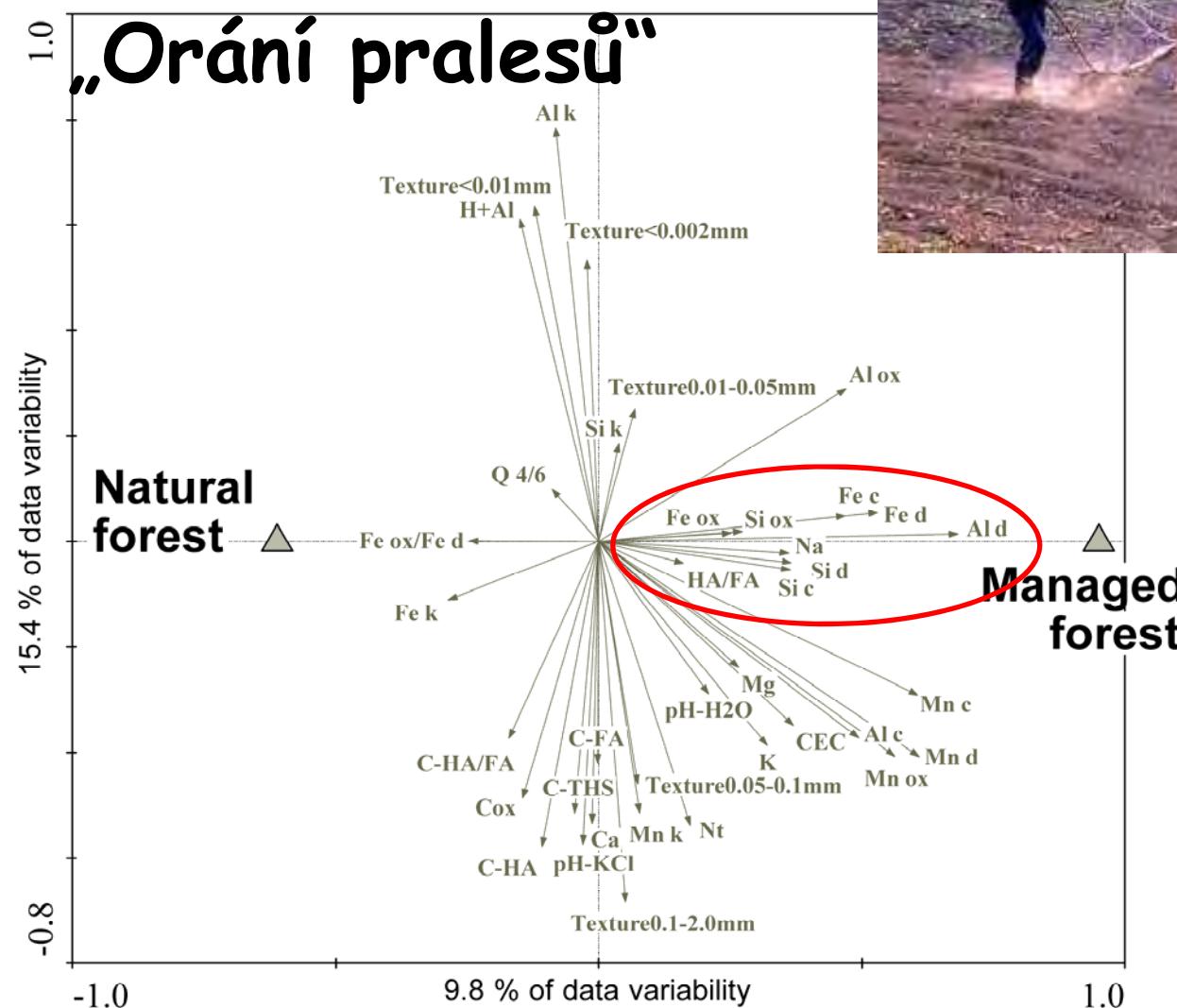
Podzoly



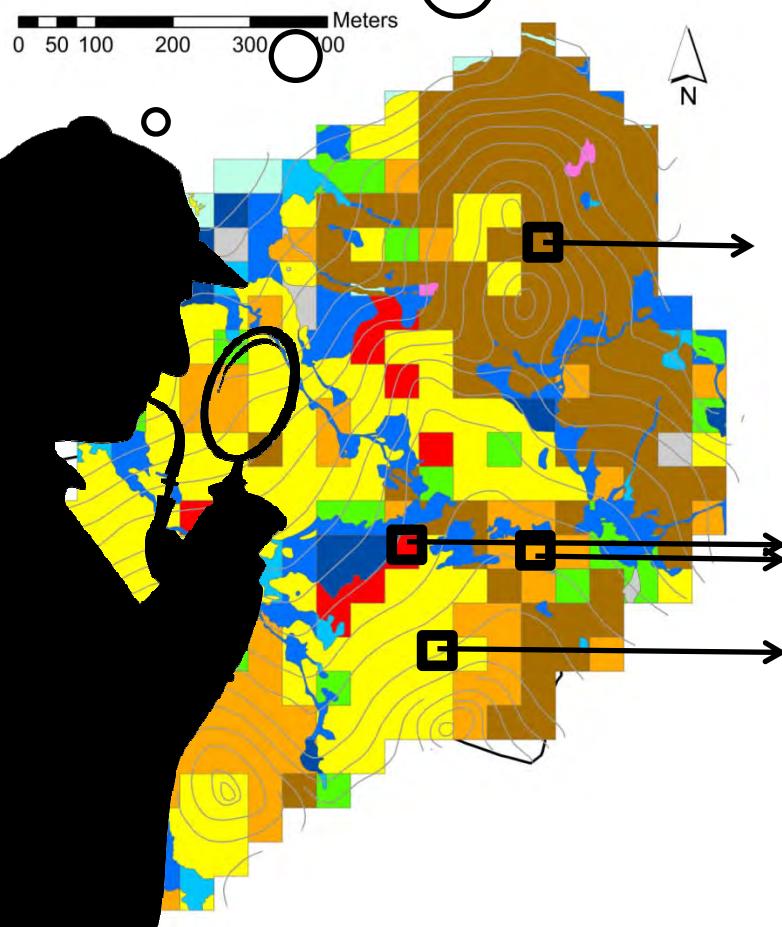
Kambizemě



Impakt člověka



Přímý důkaz o biomechanickém a biochemickém vlivu stromů dodá geofyzika a pedoantrakologie, ha, ha, ha



Kambizemě modální



Kambizemě dystrické



Gradient zvětrávání
a vyluhování
půd

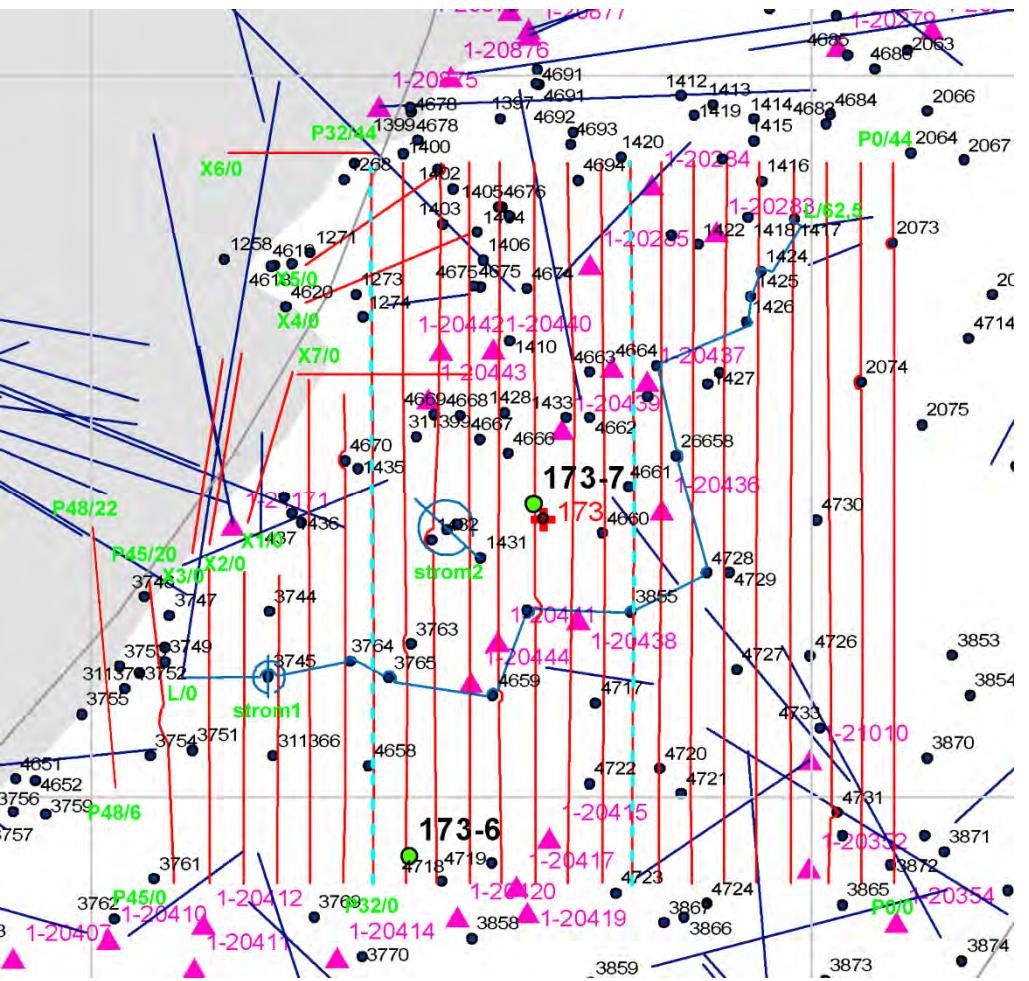
Kryptopodzoly



Podzoly

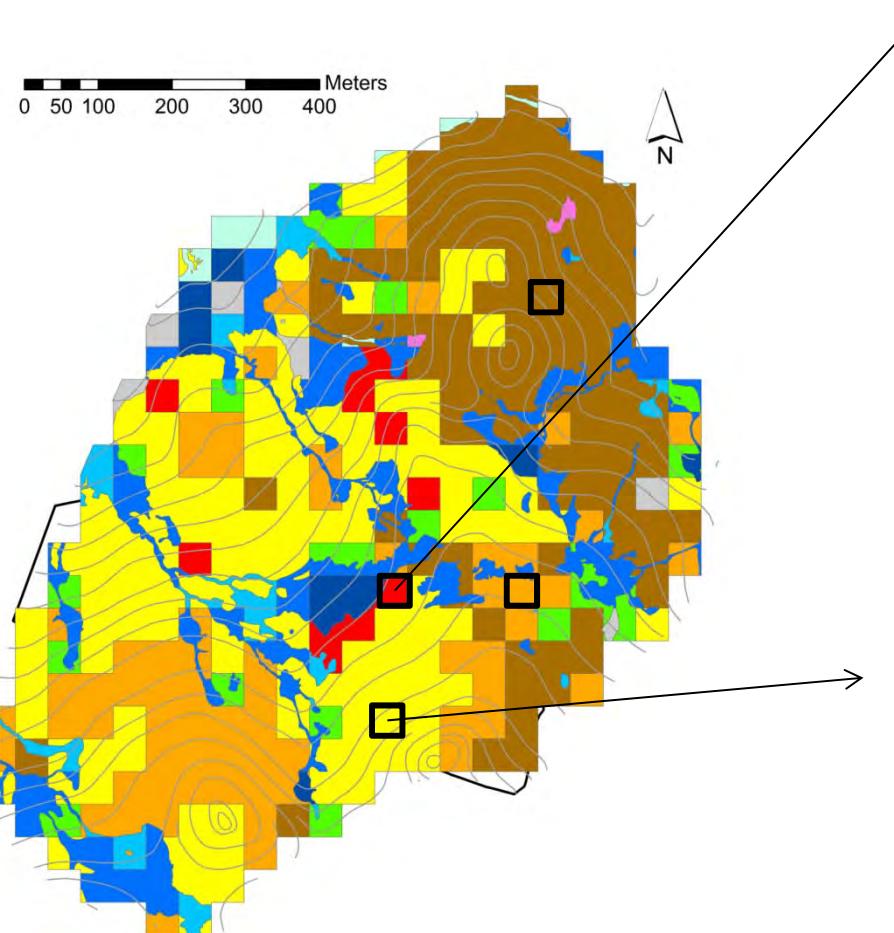


Sběra dat pomocí radaru (GPR) a seismické sondy

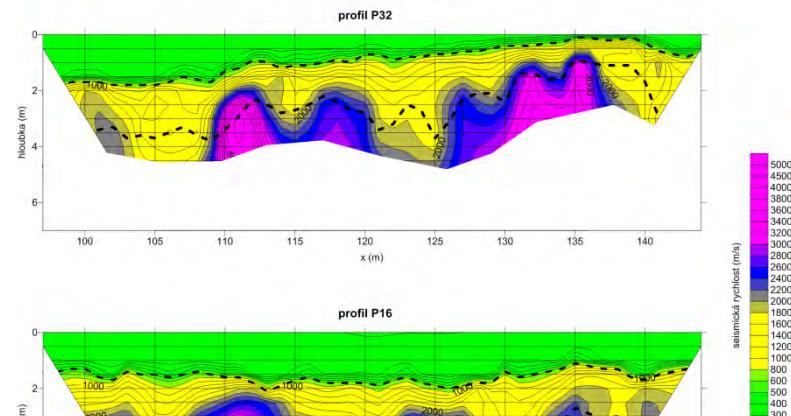


Seismická sonda

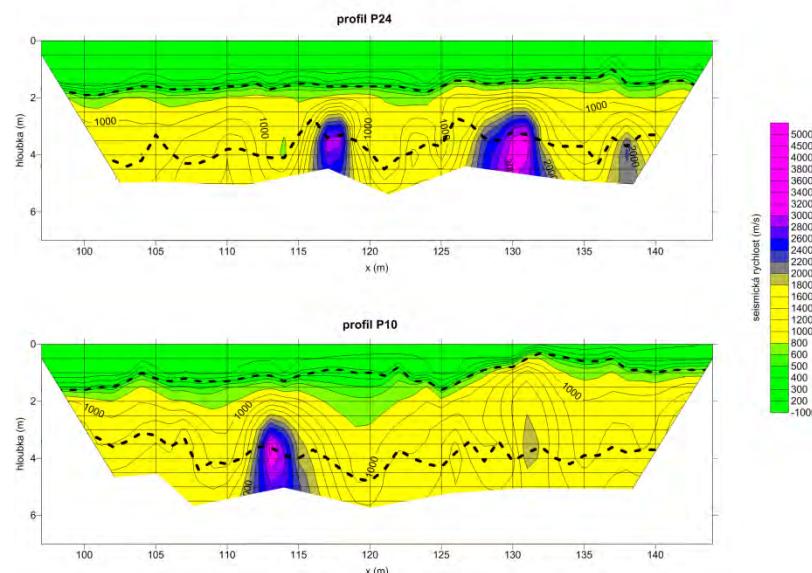
Hlubší půdy blízko vrcholu
Komplexní vývoj krajiny



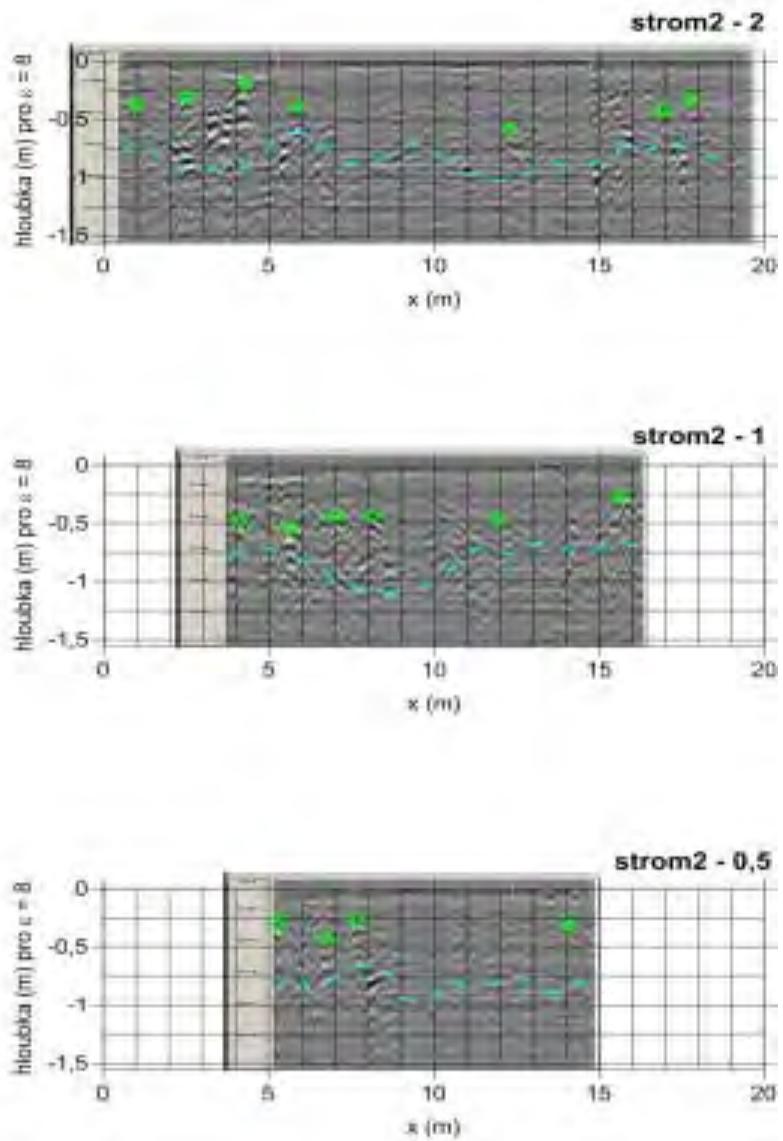
Žofinský prales - čtverec 173
Mělká refrakční seismika



Žofinský prales - čtverec 177
Mělká refrakční seismika

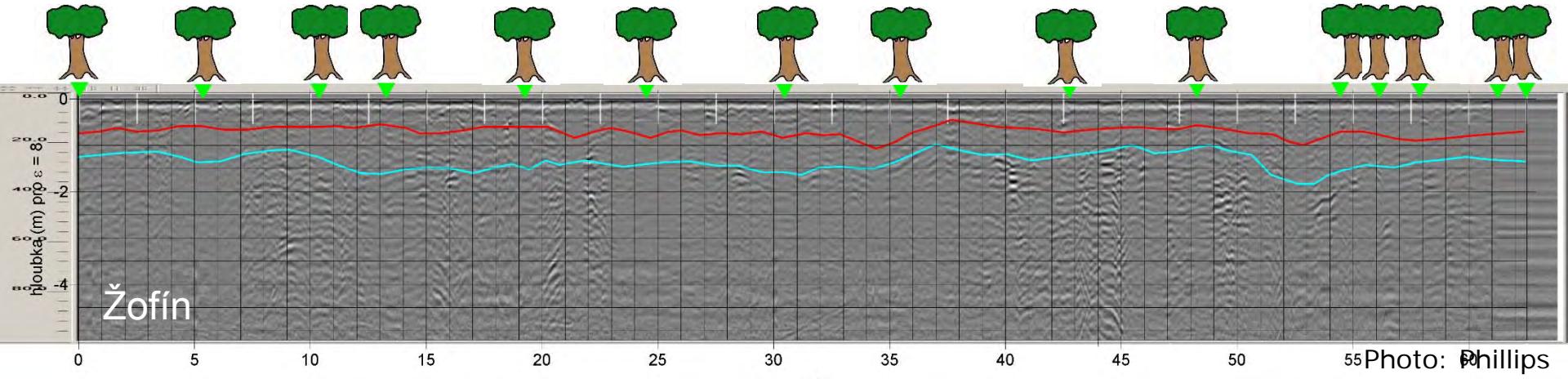
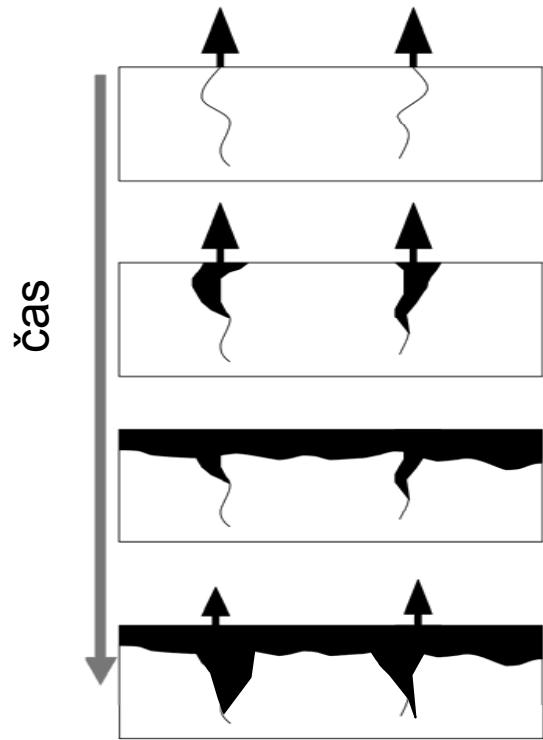


Porušení regolitu kořeny

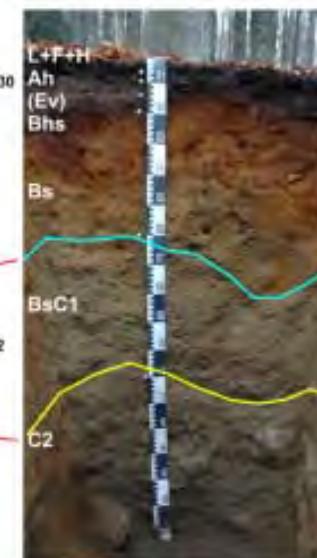
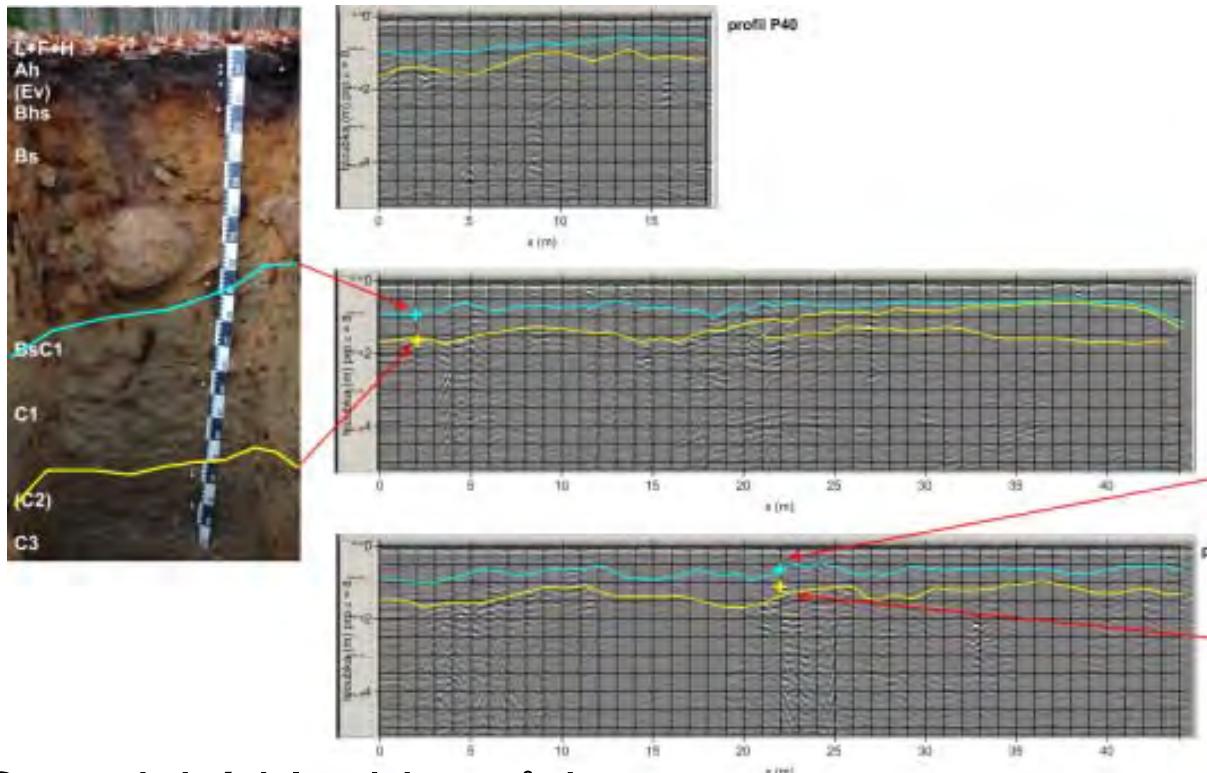


Předběžné výsledky

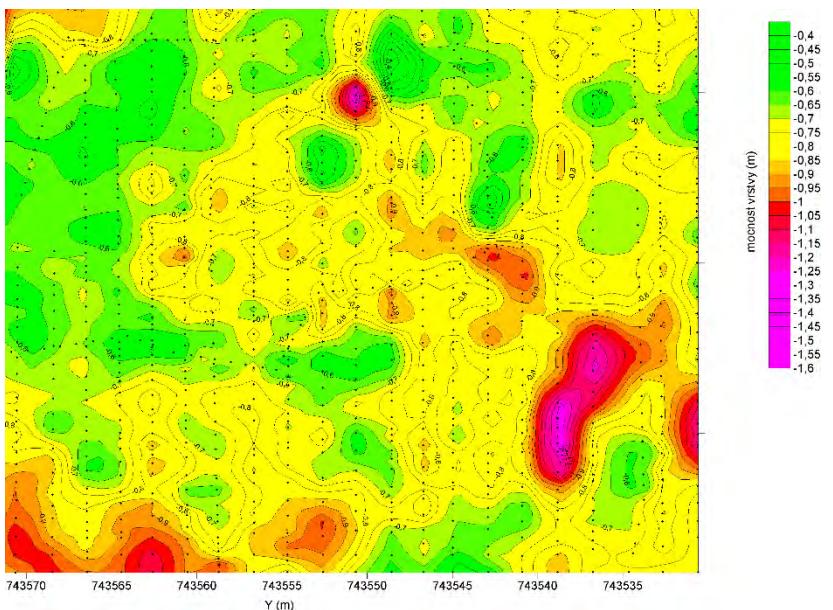
Patrně neplatná hypotéza o hlubší půdě pod stromy.
Půda je velmi hluboká -> ztrácí se vztah



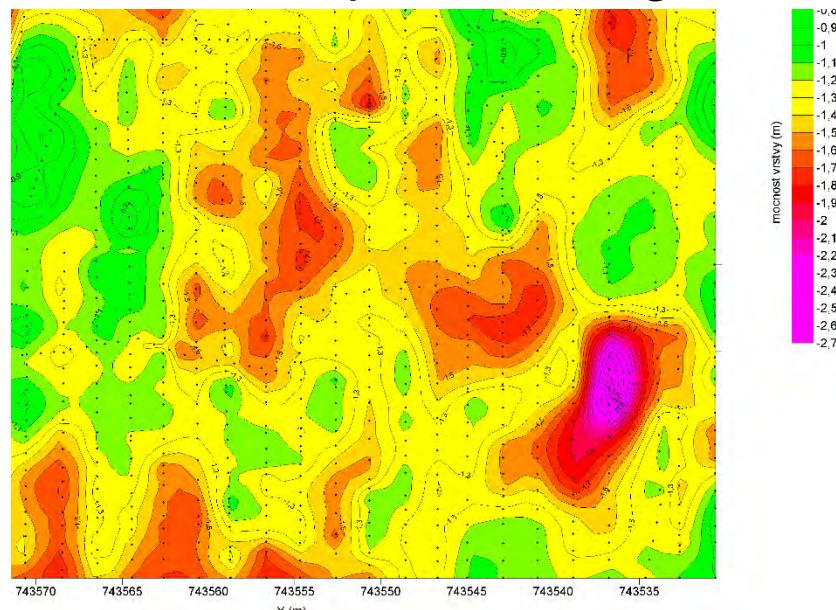
GPR záznam Albic Podzols



Genetická hloubka půdy



Hranice kompaktního regolitu



Závěry:

- Disturbance jsou přirozenou a nutnou součástí vývoje lesních půd
- Silné zpětné vazby mezi stromy a půdou
- Stromy urychlují nebo zpomalují podzolizaci
- Očekávaná ztráta komplexity půd v důsledku lesnického managementu nebo odlesnění
- Biomechanické a biochemické vlivy stromů omezují (skrze frekvenci, intenzitu a prostorovou ne-náhodnost) platnost tradičního konceptu pedogeneze
- Steady-state může být relativně vzácný
- Komplexní prostorový vztah mezi stromy a půdou
- Vliv stromů může působit na tvorbu ekologických nik

Spolupracovníci

Dušan Adam

Vojtěch Beneš

Přemysl Bobek

Pavel Daněk

Libor Hort

David Janík

Kamil Král

Pavel Unar

Ivana Vašíčková

Martin Valtera

Tomáš Vrška



www.pralesy.cz

GAČR 16-15319S

Děkuji
za p

o
z
o
r
n
o
s
t