

# Půdní struktura – indikátor kvality a degradace půdy

Doc. Ing. Jan Vopravil, Ph.D.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

STUVIN – Studium, výzkum a inovace – rozvoj přírodovědných a technických doktorských programů na Univerzitě J. E. Purkyně v Ústí n., reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/16\_018/0002735

# Degradace půdy – obecný úvod

= ztráta či omezení schopnosti půdy plnit své přirozené funkce.

## Hlavní degradační procesy v ČR

- okyselování půd (acidifikace)
- úbytek organické hmoty (dehumifikace)
- utužení půd (pedokompakce)
- znečištění půd (kontaminace)
- vodní a větrná eroze
- zastavování území (soil sealing)





# Degradace půdy



Každý jednotlivý degrační proces vyvolává obvykle řetězovou reakci → projevy dalších degračních procesů poškozujících půdu...

# Degradační faktor: Acidifikace půdy

= okyselování půd a jejich debazifikace (snížení obsahu bazických kationtů  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  v půdním sorpčním komplexu).

## Přírodní:

- humidní klima, rozklad organické hmoty, zvětrávání minerálů...

## Antropogenní:

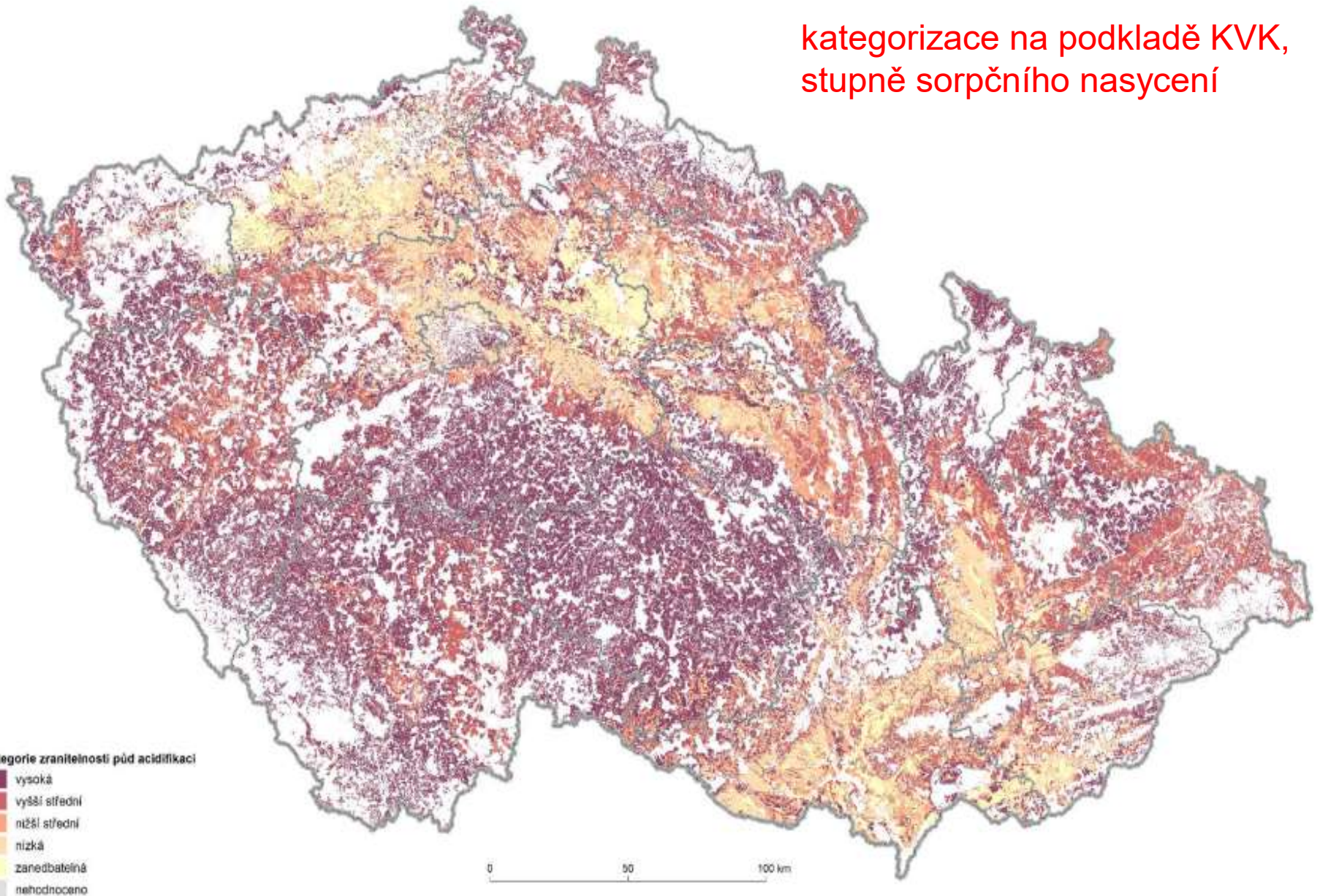
- spalování fosilních paliv, doprava – emise oxidů S a N
- kyselá působící hnojiva (síran amonný, draselný...)
- odběr bazických prvků (Ca) sklizní
- intenzivní závlaha
- vysoké zastoupení obilovin a málo víceletých píceň v OP





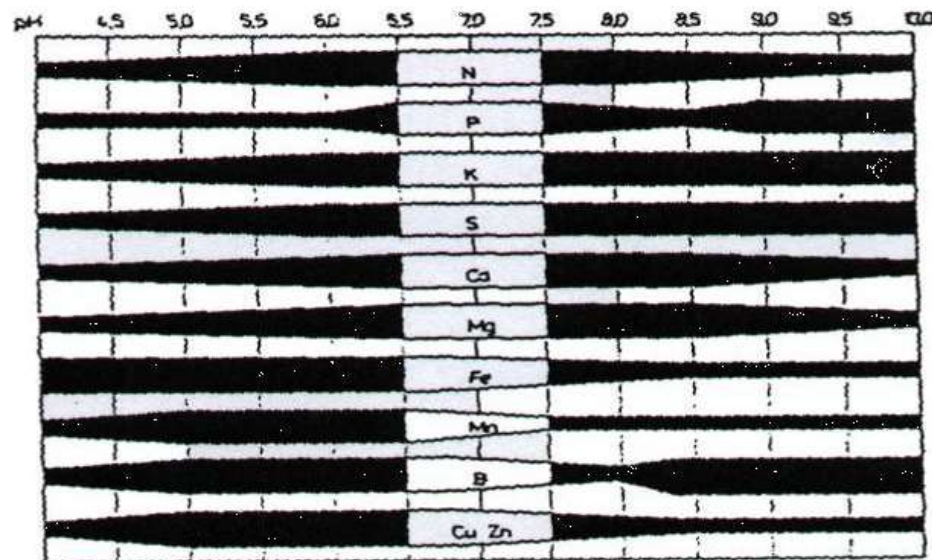


kategorizace na podkladě KVK,  
stupně sorpčního nasycení



# Acidifikace půdy – důsledky (i na erozi?)

- pokles pH půd – snížení výnosu plodin
- nedostatek některých živin (Ca, Mg)
- zvýšení rozpustnosti rizikových prvků
- destrukce půdní struktury – zvýšení náchylnosti k erozi
- petrifikace fosforu do těžko přístupných sloučenin
- omezení mikrobiální činnosti (zpomalení mineralizace...)



# Acidifikace půdy – jak se stanovuje?

## Analyticky

- pH (KCl)/pH (CaCl<sub>2</sub>), pH (H<sub>2</sub>O)

## Nepřímé stanovení

- Identifikace kyselých/alkalických podmínek podle výskytu rostlinných druhů
- Odhad podle geologického substrátu
- Přítomnost karbonátů pomocí zředěné HCl



# Degradační faktor: Dehumifikace

= ztráta obsahu organické složky v půdě

*„Půdní organickou hmotou rozumíme soubor všech neživých organických látek nacházejících se v půdě nebo na jejím povrchu. Tyto látky jsou v různém stupni rozkladu či syntézy.“*

## Pevná fáze půdy

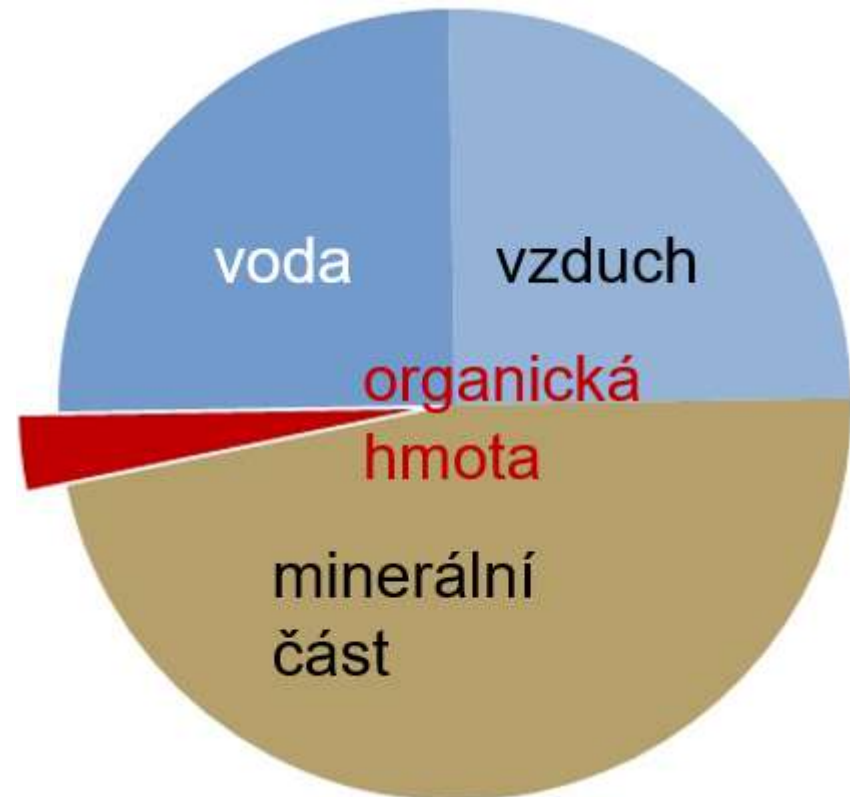
minerální podíl

organická hmota (2-3 %)

## Půdní póry

vzduch

voda



# půdní organická hmota - význam

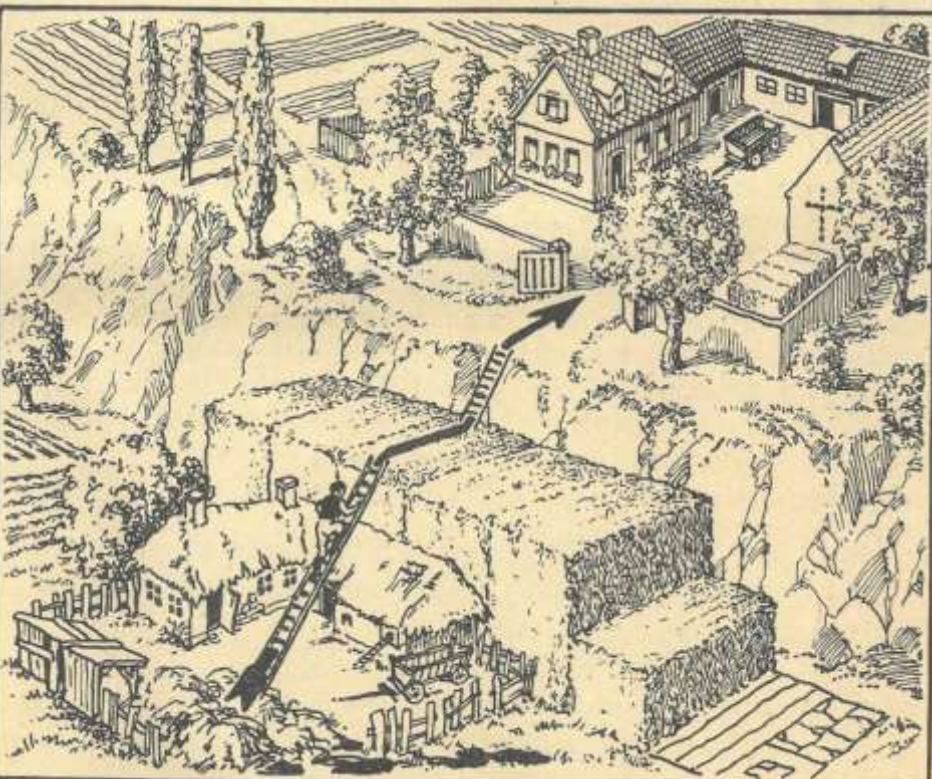
## Význam primární organické hmoty

- zdroj živin a energie pro mikroorganismy
- primární zdroj látek pro tvorbu humusových látek
- zlepšuje fyzikální vlastnosti půd

## Význam humusových látek

- sorpce kationtů (živin)
- povrchová koncentrace polutantů, které jsou následně snáze rozkládány mikroorganismy
- příznivý vliv na utváření a stabilitu půdní struktury
- zlepšují fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti půdy
- vytváří s anorganickou složkou půdy organominerální komplexy
- přímý stimulační vliv na rostliny (rozpuštěné humusové látky)





# Procesy přeměny půdní organické hmoty

---

## Mineralizace

Rozklad organické hmoty v aerobním prostředí na základní sloučeniny ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ), přičemž dochází k uvolňování energie.

## Karbonizace (uhelnatění), ulmifikace (rašelinění)

Produkce a hromadění energeticky bohatých sloučenin v anaerobním prostředí.

## Humifikace

Proces probíhající v podmínkách střídání aerobního a anaerobního prostředí, při němž dochází jak k rozkladu, tak k syntéze a jehož produktem jsou specifické humusové látky.

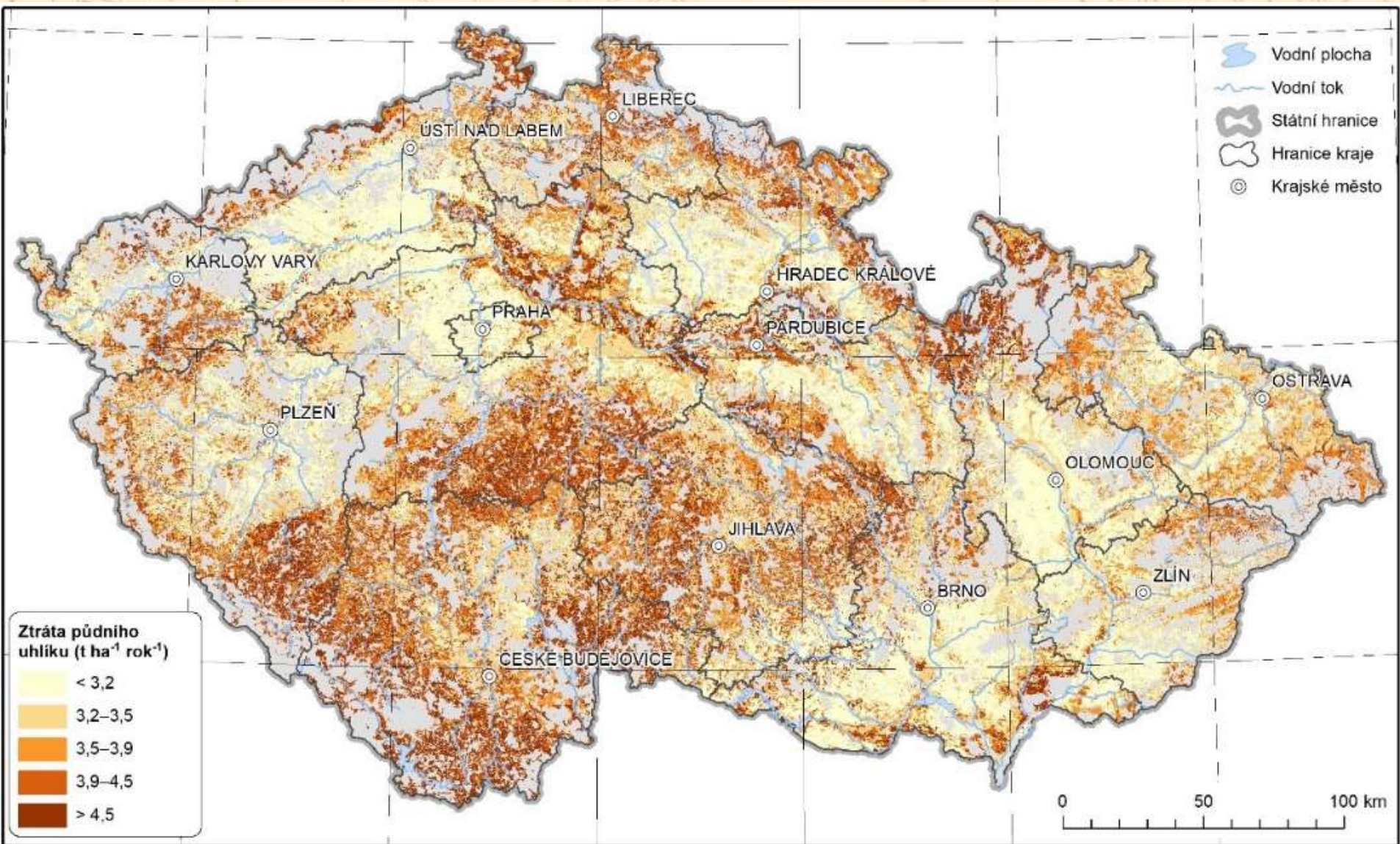


# Vliv přidavku organické hmoty na aktivitu půdní mikroflóry (pokusná lokalita Třebsín)

Varianta	Bazální respirace mg CO <sub>2</sub> /kg.hod
bez org. hnojení	3,70
zelené hnojení	4,06
chlévký hnůj	5,46

- podpora aktivity mikroorganismů
- stabilizace půdní struktury
- podpora humifikace
- podpora infiltrace a retence vody



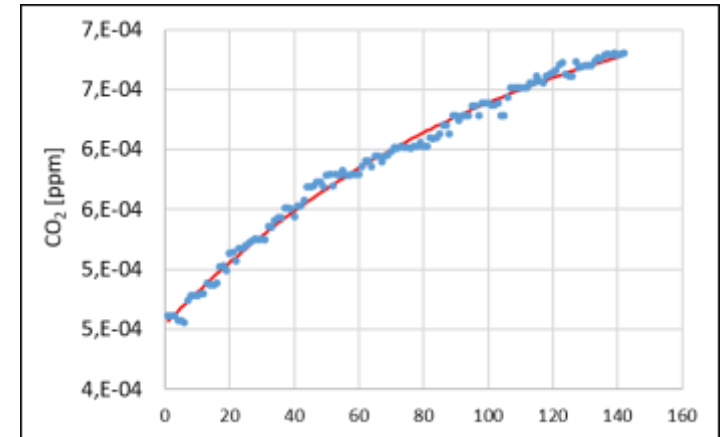


**balance uhlíku = vstupy - ztráty**

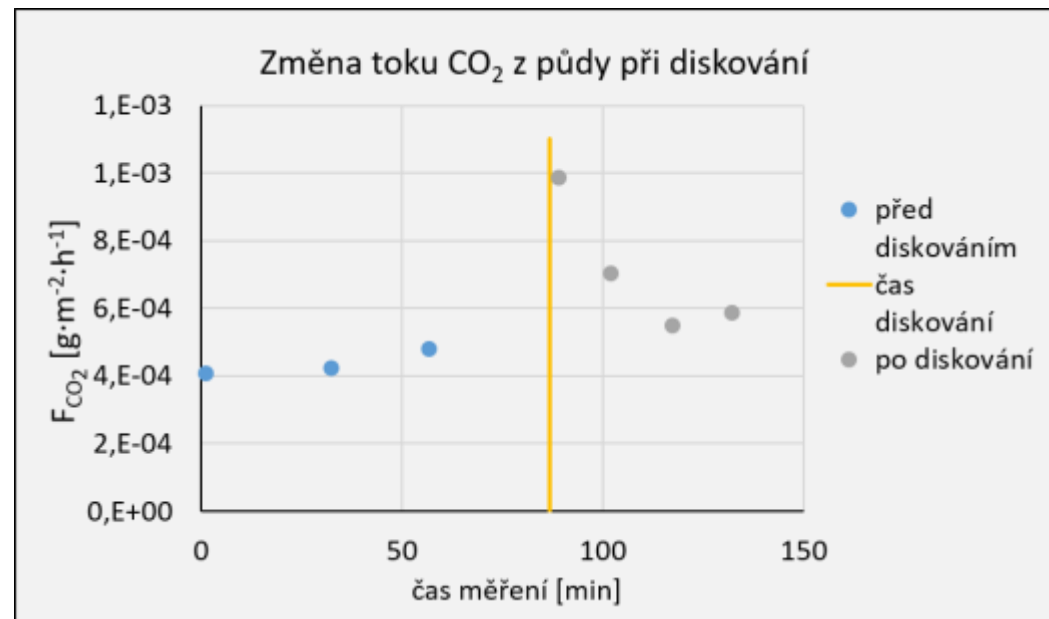




# Vliv zpracování půdy na mineralizaci C



- Měření toku CO<sub>2</sub> z půdy senzorem typu NDIR
- Mechanický zásah způsobuje zrychlenou difuzi CO<sub>2</sub> z půdy.



what's underneath

healthy soil has amazing water-retention capacity.



Every

1%

increase in organic matter results in as much as

25,000

gal of available soil water per acre.

Source: Kansas State Extension Agronomy e-Updates, Number 357, July 6, 2012



United States  
Department of  
Agriculture

Want more soil secrets?  
Check out [www.nrcs.usda.gov](http://www.nrcs.usda.gov)





## DID YOU KNOW?

UNLOCK THE  
SECRETS  
OF SOIL

FOR EACH **1%** INCREASE  
IN *organic matter*  
U.S. CROPLAND COULD STORE THE  
AMOUNT OF *water* THAT  
FLOWS OVER NIAGARA FALLS  
IN **150** DAYS

# Dehumifikace – její příčiny

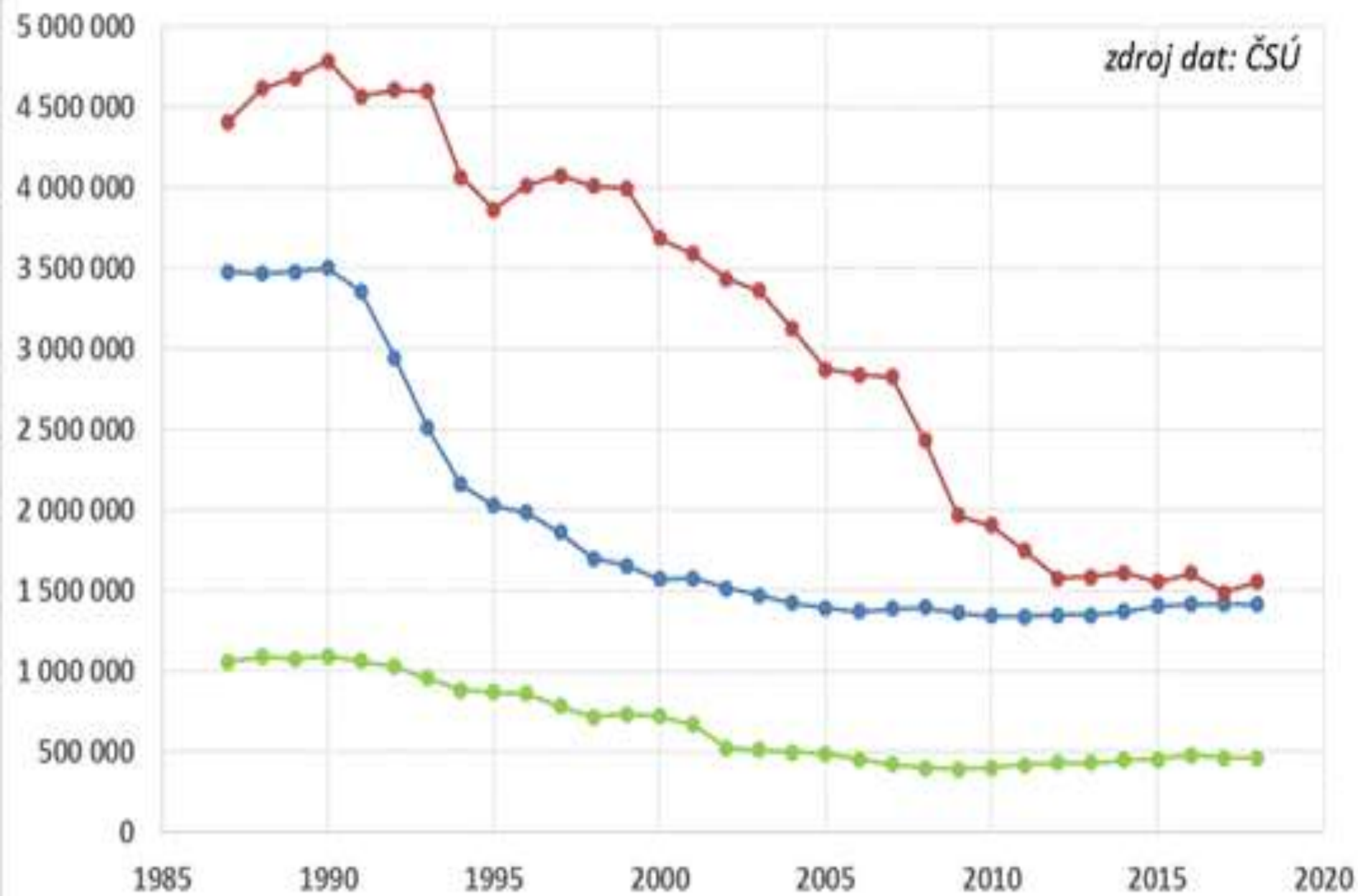
## Příčiny

- působení eroze vodní i větrné
- zvýšená mineralizace po odvodnění, závlahy
- zvýšená aerace po rozorání luk a pastvin
- nedodávání org. hmoty do půdy při intenzivním hospodaření
- nevyvážené osevní postupy, bez víceletých píceňin
- výrazný pokles živočišné produkce – nedostatek statkových hnojiv





zdroj dat: ČSÚ



— skot (ks) — prasata (ks) — pícniny (ha)

# Dehumifikace – její důsledky (i na erozi?)

- ztráta stability půdních agregátů – utužení půdy, eroze...
- snížení biologické aktivity půdy
- větší zranitelnost vodní a větrnou erozí
- snížení pufrační schopnosti půdy a vzrůst zranitelnosti acidifikací
- snížení filtrační schopnosti a snížení retenční kapacity
- snížení poutání kontaminujících látek a obecně zvýšení jejich mobility – riziko vstupu do potravního řetězce
- snížení schopnosti půdy poutat živiny
- zvýšení obsahu dusičnanů v půdě s časově omezeným vlivem na výživu rostlin a s negativním dopadem na hydrosféru
- špatné využití minerálních hnojiv
- snížení produkční schopnosti půdy v důsledku všech předchozích bodů



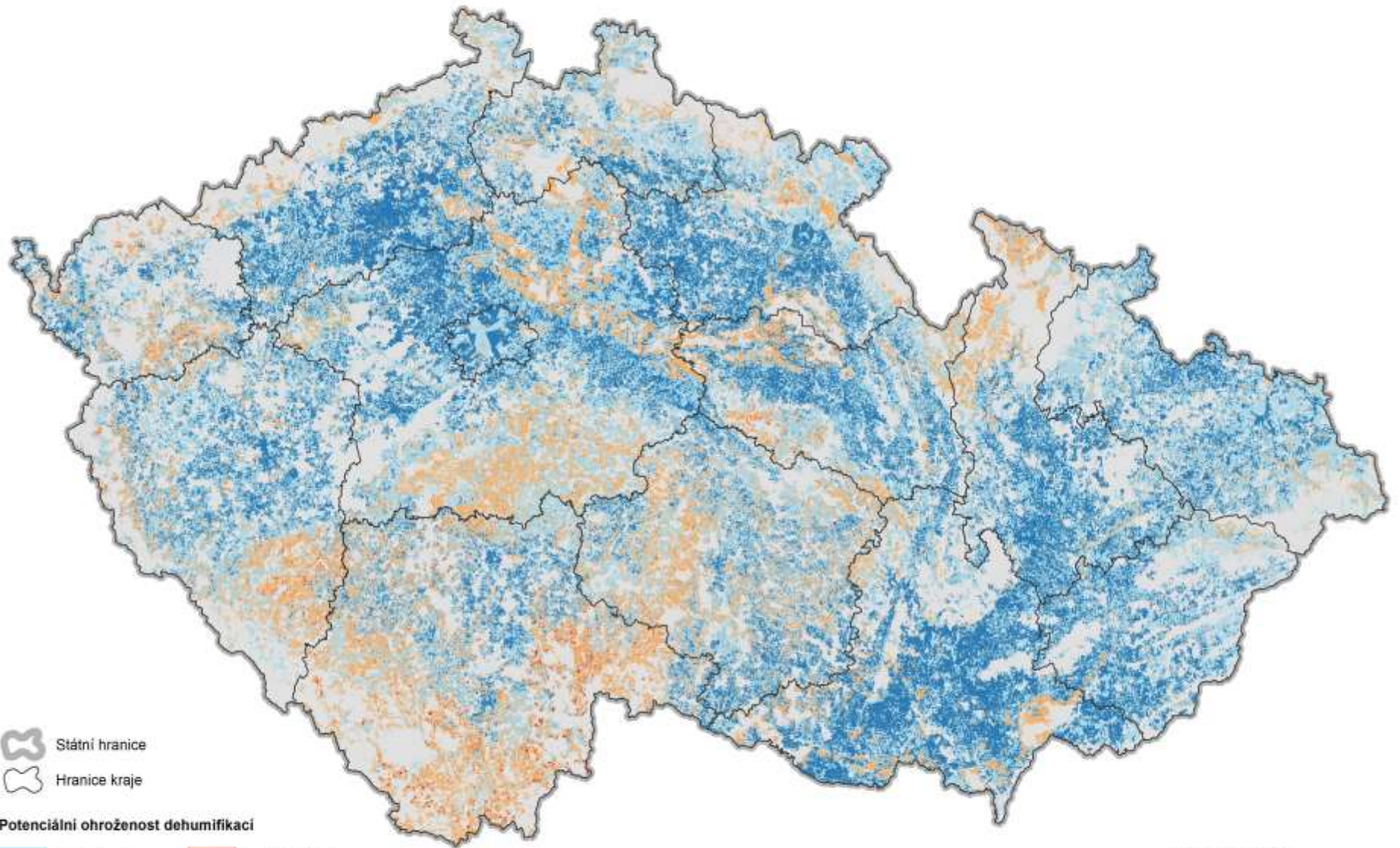
# Dehumifikace – mapování

FÚ MZe – identifikace ploch pro dotační podporu (podpora těch, kteří hospodaří špatně?)

Byly identifikovány faktory ovlivňující dehumifikaci – odvodnění zamokřených půd, snížení hodnoty pH, zrnitost (oba extrémny – mineralizace/nepřístupnost pro humifikační procesy), eroze půdy (na podkladě změn vymezení BPEJ – dřívě HPJ XY, nyní HPJ 08), faktor základní ztráty půdy (fyzikální stav půdy + taxonomie půdy)

Počet DPB	Výměra LPIS (ha)	potenciální ohroženost dehumifikací
3388	4 035	nebonitované
162947	1 088 191	půdy neohrožené
324515	1 817 552	půdy mírně ohrožené
134576	633 229	půdy středně ohrožené
3505	13 330	půdy nejvíce ohrožené

# Potenciál půd k dehumifikaci



- Státní hranice
- Hranice kraje

## Potenciální ohroženost dehumifikací

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| Neohrožené       | Silně ohrožené |
| Mírně ohrožené   | Nehodnoceno    |
| Středně ohrožené | Mimo ZPF       |

0 50 100 km

## Podkladová data:

BPEJ: © SPÚ  
LPIS: © MZe  
Administrativní členění: © ArcČR,  
ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ, 2016



# Bilancování organické hmoty

- [www.organickahmota.cz](http://www.organickahmota.cz)
- On-line výpočet bilance
- Základní informace o POH
- Nastavení ochrany půdy

# Utuzení půdy – význam fyzikálního stavu půdy

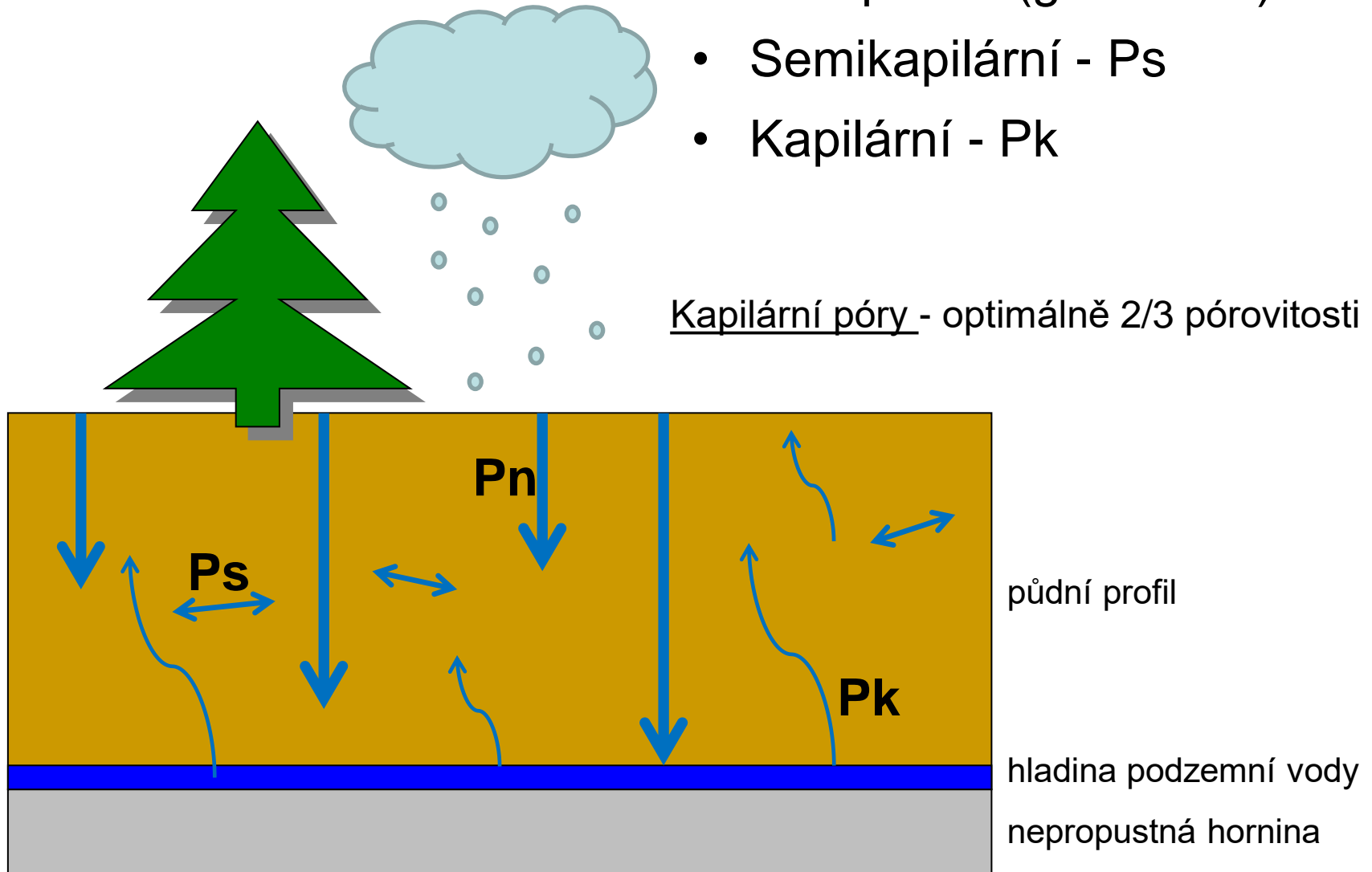




## Druhy půdních pórů:

- nekapilární (gravitační) -  $P_n$
- Semikapilární -  $P_s$
- Kapilární -  $P_k$

Kapilární póry - optimálně 2/3 pórovitosti



# Utžení půdy

- = snížení pórovitosti půdy
- = zvýšení objemové hmotnosti
- = zvýšení penetračního odporu

## Příčiny

### Genetické (ohroženo 15 % z.p.)

- zrnitost půdy (těžké půdy)
- struktura půdy, obsah Ca, Mg...

### Antropogenní (ohroženo 30 % z.p.)

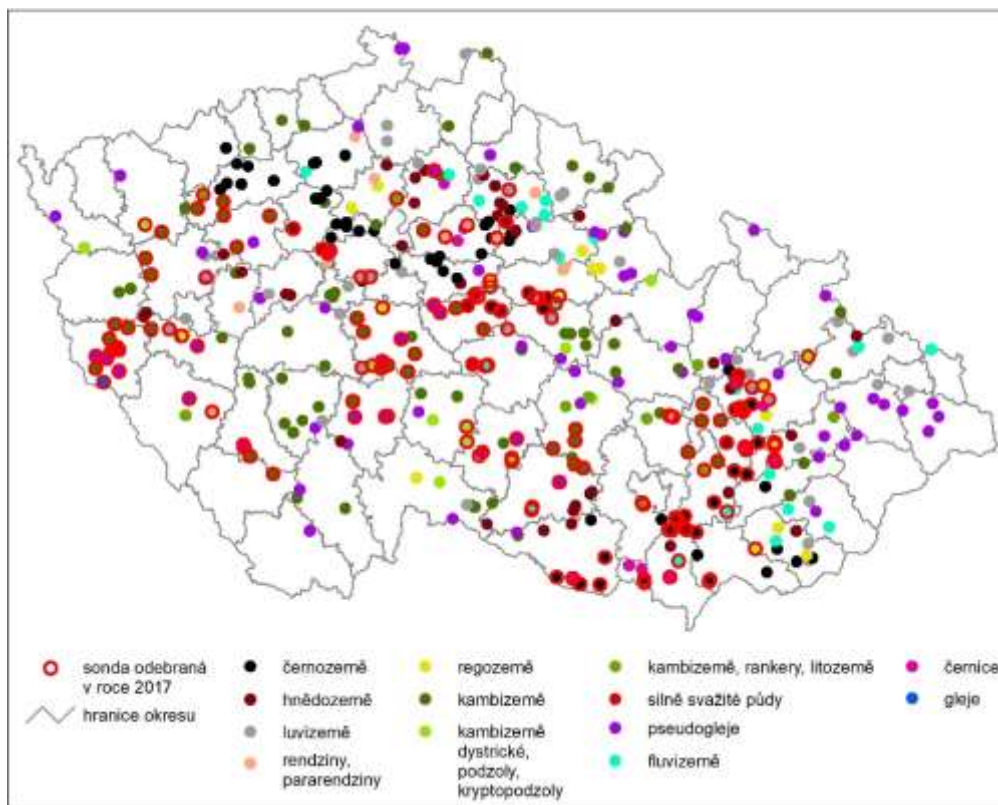
- pojezdy těžké mechanizace (za nevhodné vlhkosti půdy)
- orba do stále stejné hloubky
- nedostatek pícnin v osevním postupu

nedostatek železa, manganu, boru, zinku



# retrospektivní monitoring stavu zemědělských půd

**Princip retrospektivního monitoringu** = opětovné vyhloubení sond a **vyhodnocení změn** chemicko- fyzikálních vlastností půd na místech sond historických **za pomoci statistických programů**

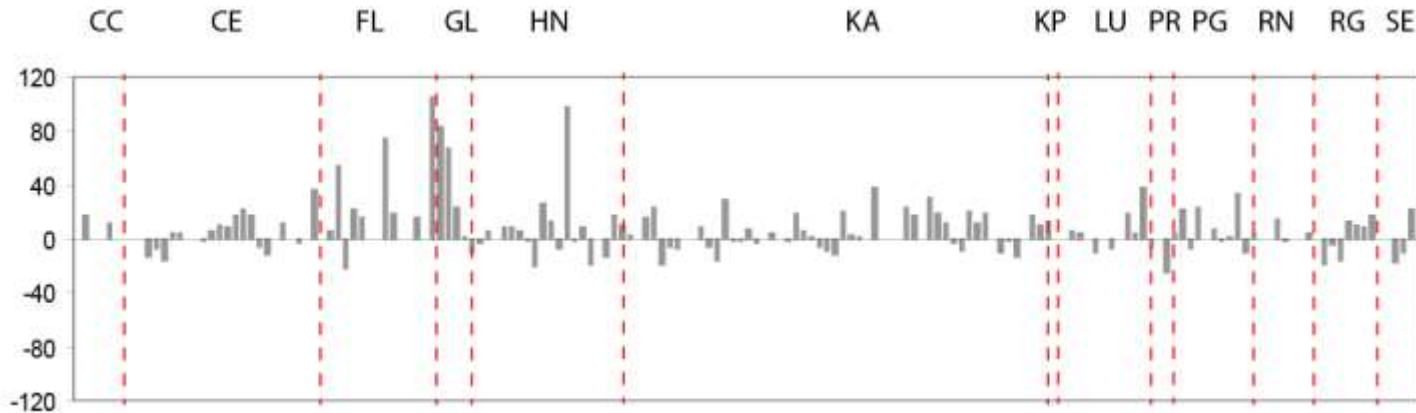


S-sondy splňující kritéria lokalizace (orná půda, LPIS) a tedy jsou vhodné k odběru v rámci řešení; červeně označené sondy byly v roce 2017 odebrány

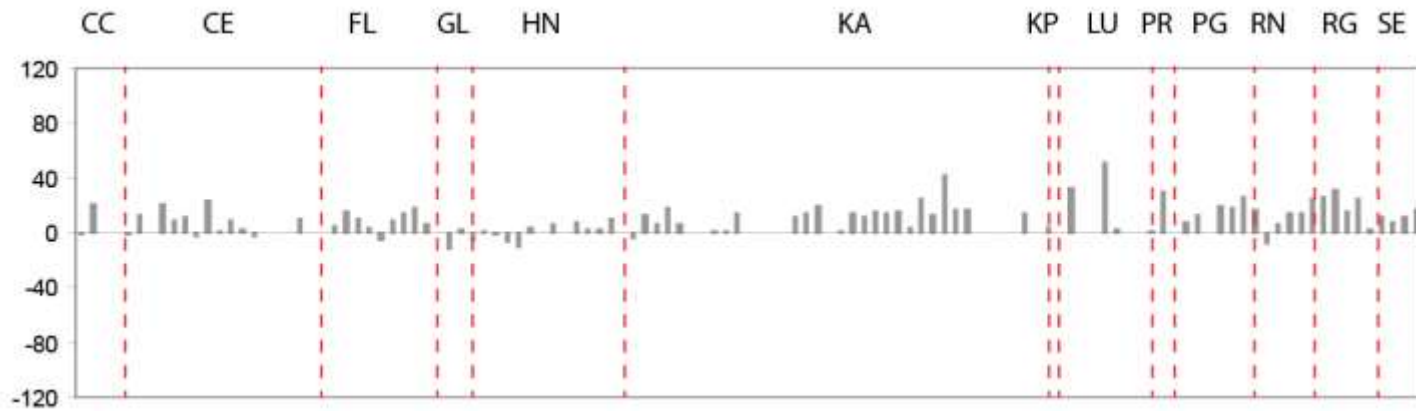
## Změna [%] objemové hmotnosti (OHR) rozdělená po půdních typech

**Grafy:** sloupec vyjadřuje rozdíl mezi hodnotou starou a novou – kladné hodnoty značí zvýšení, záporné snížení(%)

ORNICE



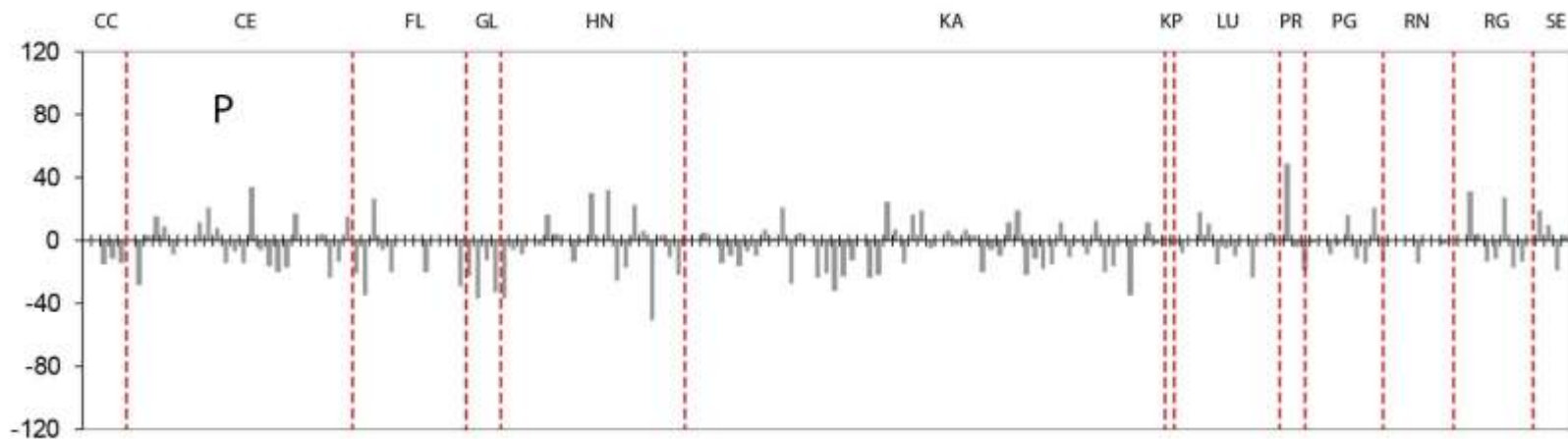
PODORNIČNÍ



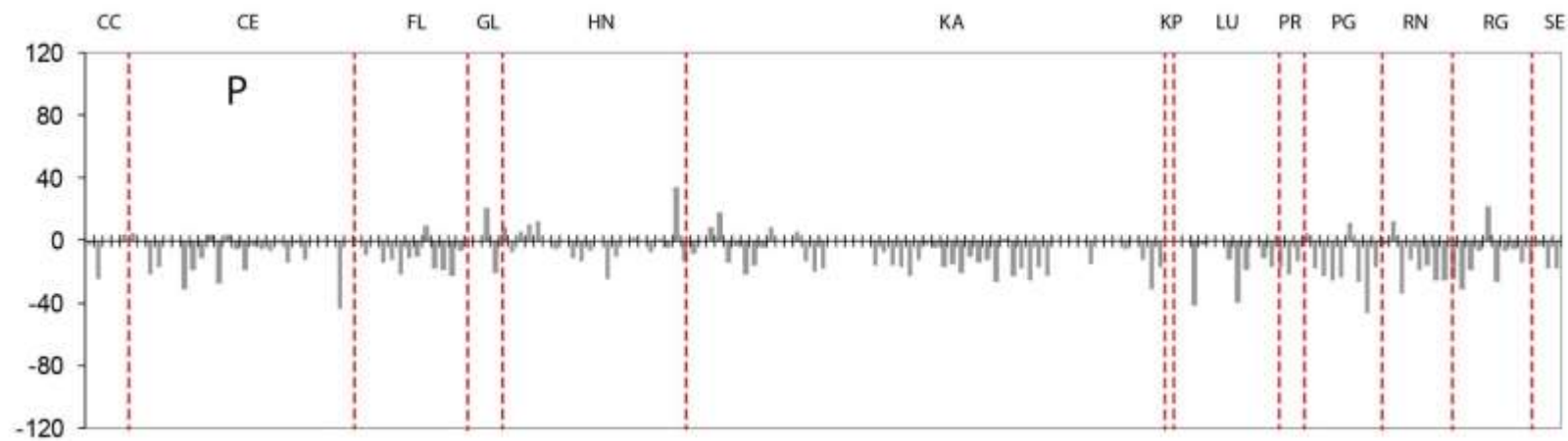
**Poznámka:** KP-kryptopodzol, PR –pararendzina, GL – glej, SE – šedozem, CC – černice, RA – ranker, PG – pseudoglej, RG –regozem, LU – luvizem, FL – fluvizem, HN – hnědozem, CE – černozem, KA - kambizem



ORNICE

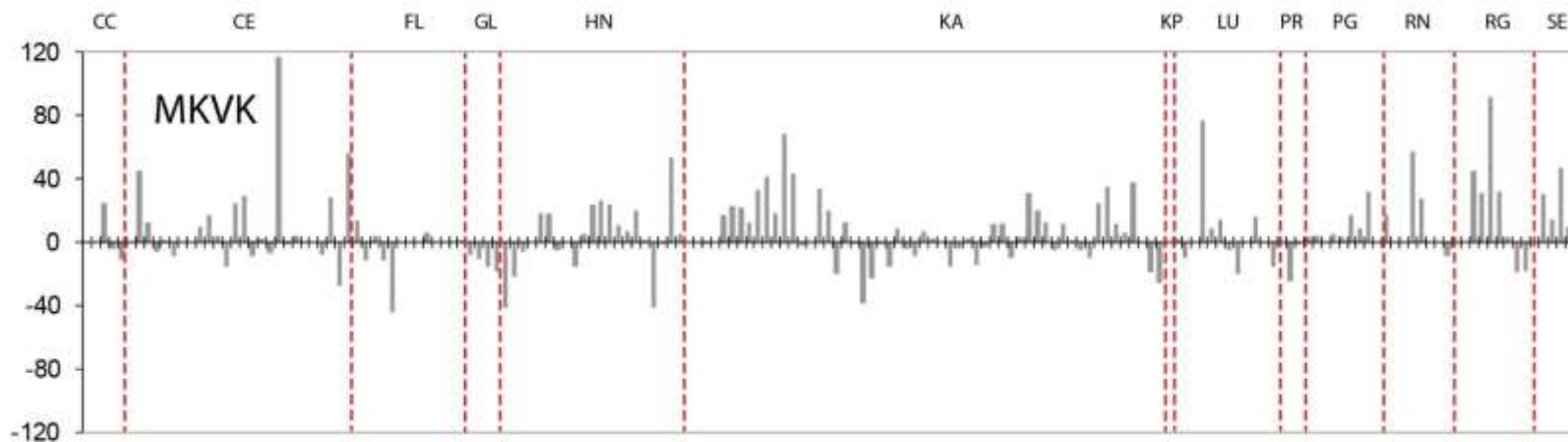


PODORNIČNÍ

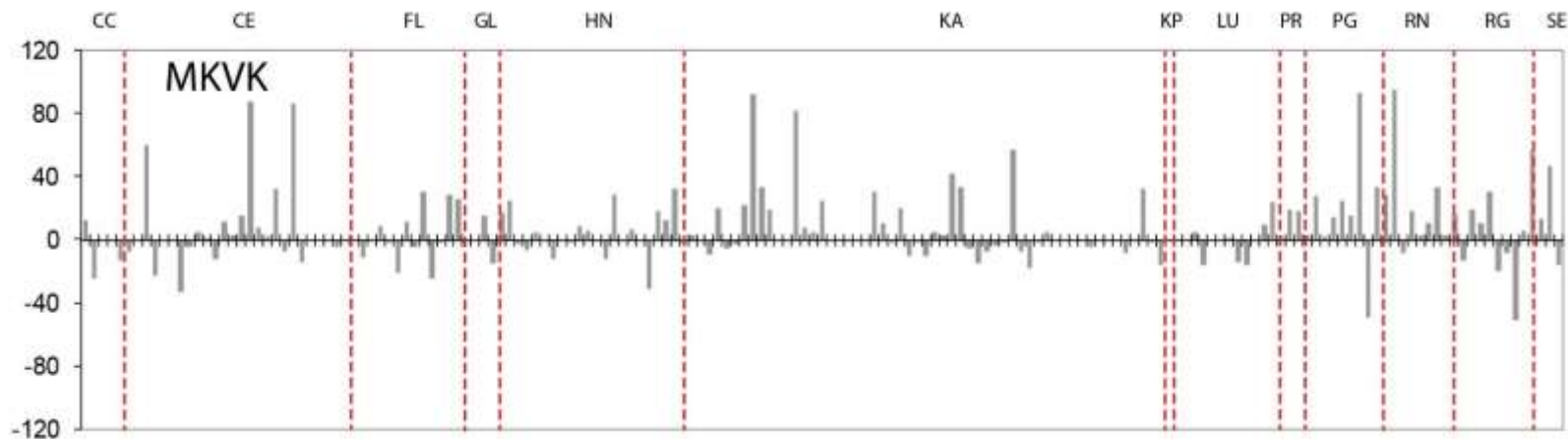


**Poznámka:** KP-kryptopodzol, PR –pararendzina, GL – glej, SE – šedozem, CC – černice, RA – ranker, PG – pseudoglej, RG –regozem, LU – luvizem, FL – fluvizem, HN – hnědozem, CE – černoze, KA - kambizem

ORNICE



PODORNIČNÍ



**Poznámka:** KP-kryptopodzol, PR –pararendzina, GL – glej, SE – šedozem, CC – černice, RA – ranker, PG – pseudoglej, RG –regozem, LU – luvizem, FL – fluvizem, HN – hnědozem, CE – černozem, KA - kambizem

# Utuzení půdy – důsledky

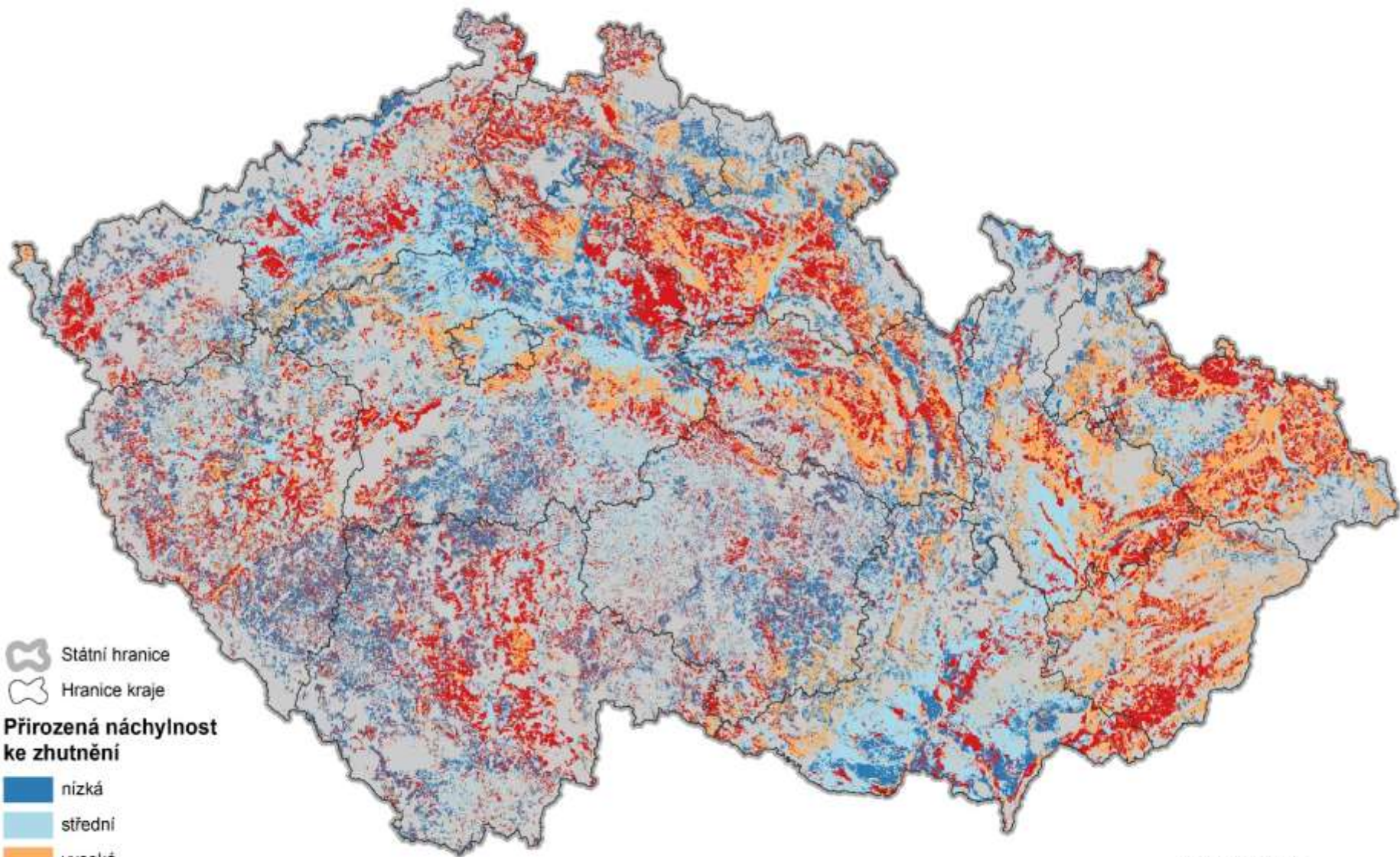
## Vliv na produkční schopnost půd

- snížení výše a jakosti produkce plodin
- zvýšení energetické náročnosti při zpracování půdy
- snížení účinnosti hnojení
- zhoršení vodního, vzdušného a termického režimu půdy...

## Vliv na ekologické funkce půd

- omezení infiltrace - urychlení povrchového odtoku
- potlačení mikrobiální aktivity půdy - nekvalitní humus...





Státní hranice  
Hranice kraje

**Přirozená náchylnost ke zhutnění**

- nizká
- střední
- vysoká
- velmi vysoká
- mimo ZPF



**Podkladová data:**  
BPEJ: © SPÚ  
LPIS: © MZe  
Administrativní členění: © ArcČR,  
ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ, 2016

















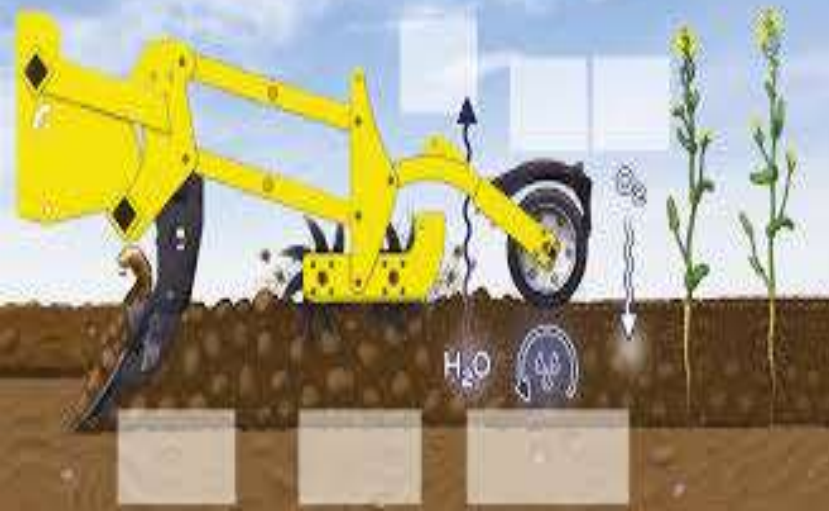


# Nápravná opatření k omezení eroze půdy

**Podrývání u  
cukrové  
řepy/od roku  
2019 i u řepky**



[www.bednar-machinery.cz](http://www.bednar-machinery.cz)

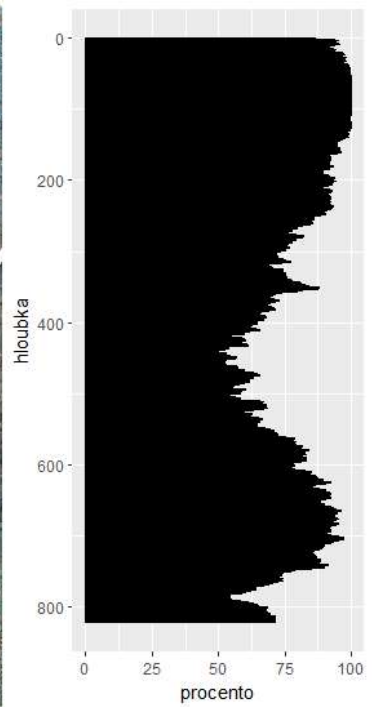
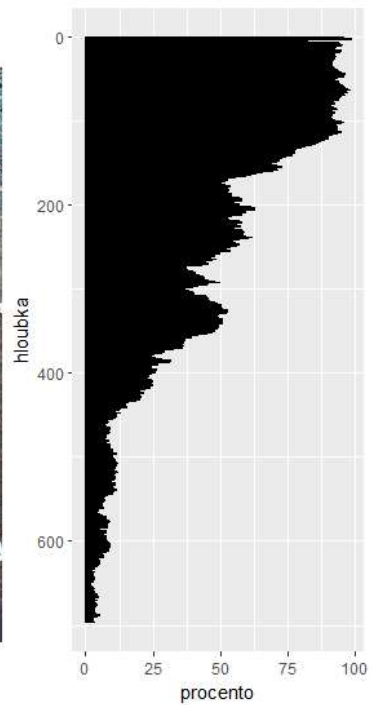




	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m
	VARIANTA 1			VARIANTA 2			VARIANTA 3				
	2019			2019			2019				
50 m	řepka ozimá		řepka ozimá	řepka ozimá		řepka ozimá	řepka ozimá		řepka ozimá		řepka ozimá
	2020			2020			2020				
50 m	pšenice ozimá		pšenice ozimá	pšenice ozimá		pšenice ozimá	meziplodina hořčice		pšenice ozimá		meziplodina svazenka + hořčice
	2021			2021			2021				
50 m	ječmen ozimý		ječmen ozimý	ječmen ozimý		ječmen ozimý	meziplodina svazenka		ječmen jarní		ječmen jarní
									meziplodina hořčice		meziplodina hořčice
	2022			2022			2022				
50 m	ječmen jarní		ječmen jarní	ječmen jarní		ječmen jarní			jetel nachový		jetel nachový
	2023			2023			2023				
50 m	řepka ozimá		řepka ozimá	řepka ozimá		řepka ozimá			řepka ozimá		řepka ozimá

vysvětluky:

podzim 2019 podryto
délka pokusné varianty
mezera mezi variantami







**Profil se zřetelnou pedokompakcí a nepříznivou strukturou**





# Eroze půdy

- ▶ jedna z nejzávažnějších forem degradací půd
- ▶ ochuzuje půdu o nejcennější část – ornici
- ▶ zvyšuje štěrkovitost, způsobuje ztráty živin, humusu, osiva, sadby, poškozují pěstované plodiny
- ▶ zhoršuje pohyb strojů
- ▶ působí velké škody v intravilánech měst a obcí
- ▶ v ČR ohroženo vodní erozí 50% ZPF, větrnou erozí 14% ZPF

# Základní příčiny eroze

- ▶ výskyt vydatných a intenzivních přivalových dešťů
- ▶ rozšířené pěstování širokořádkových plodin a kultur na svazích bez protierozních opatření
- ▶ vytváření příliš velkých oraných půdních celků
- ▶ používání konvenčních pěstebních technologií a strojů na pozemcích ohrožených erozí
- ▶ zrušení bývalých hydrografických prvků v krajině
- ▶ snížení vsaku vody do půdy
- ▶ nezpevněná koryta toků
- ▶ nedostatečná ochrana půdy na staveništích, skládkách apod.



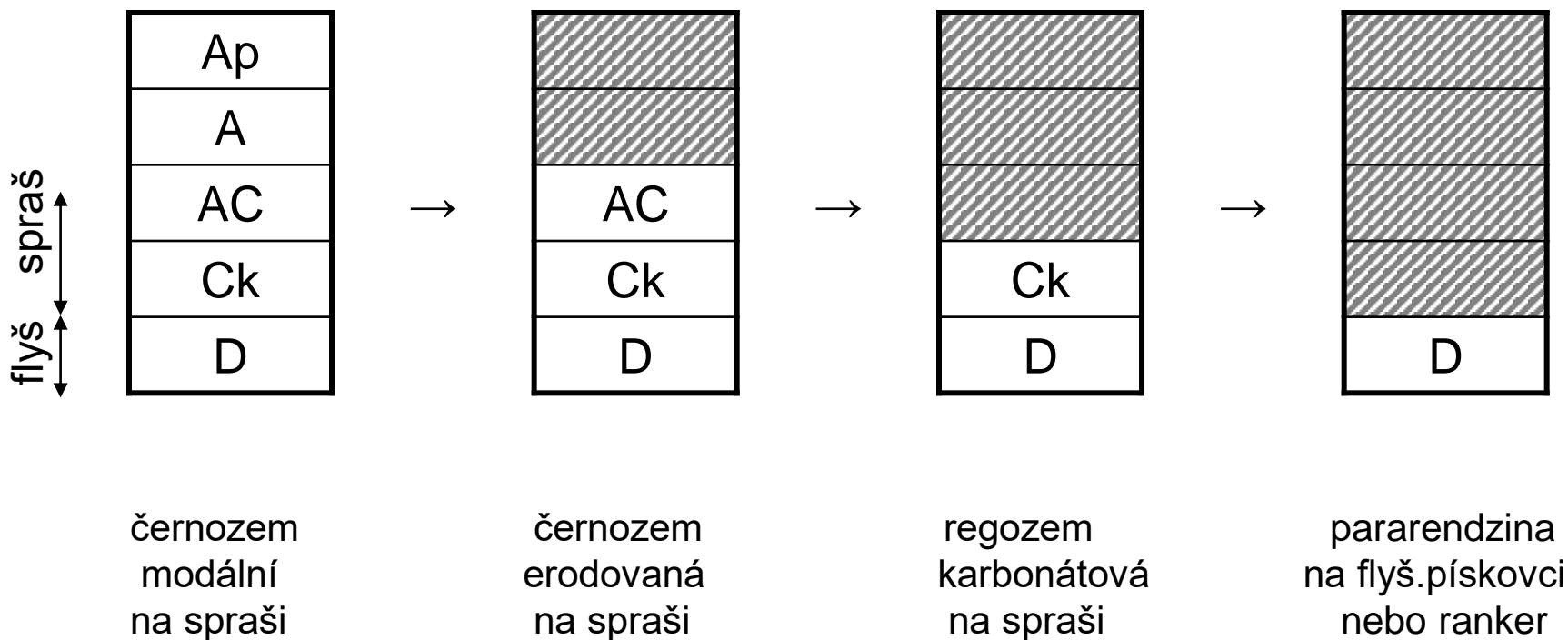


**Eroze půdy = ztráta půdy**

# Černozemní oblast JV Moravy (podhůří Ždánického lesa)

Na rozsáhlých plochách této členité oblasti došlo k zásadní změně půdního pokryvu.

Svahy: plošná eroze





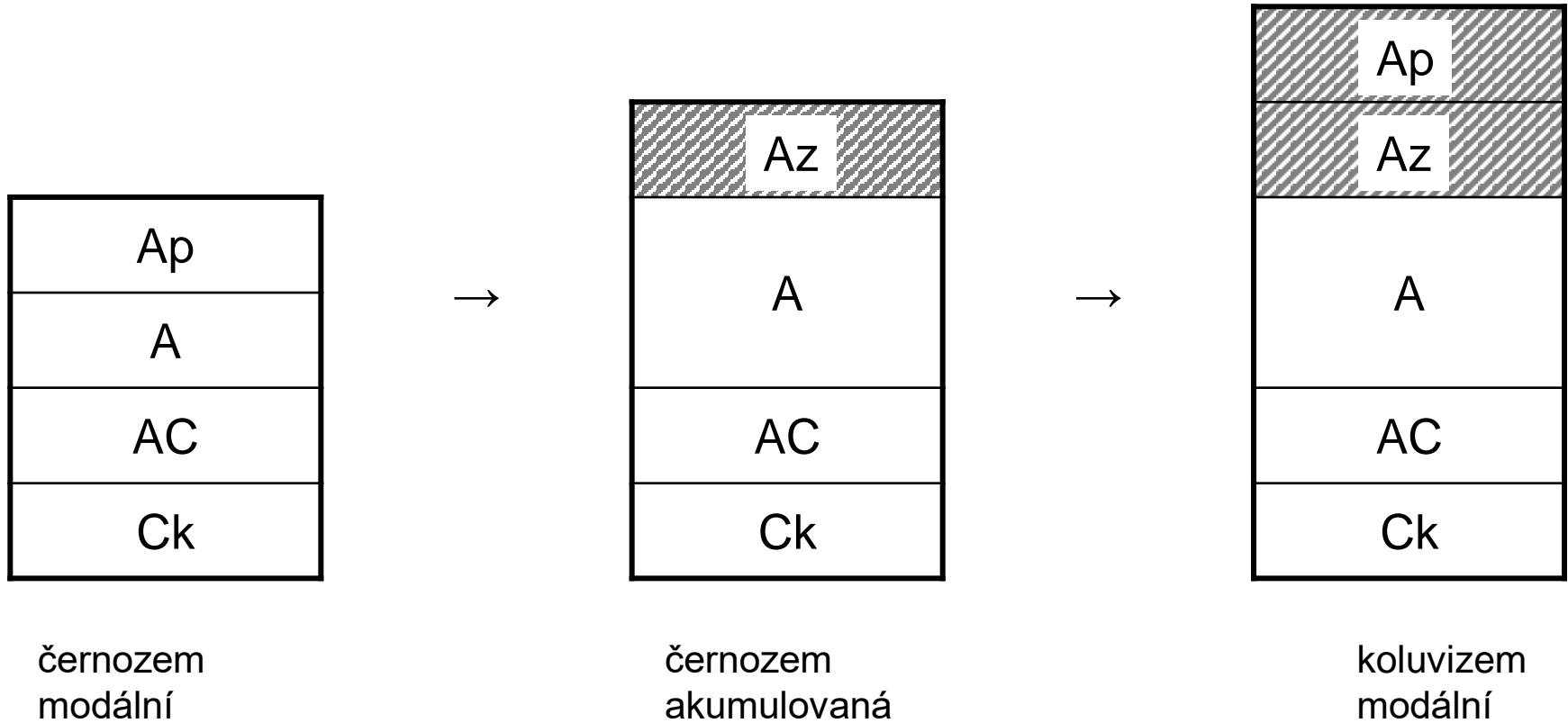
**Eroze půdy = akumulace smyté zeminy**





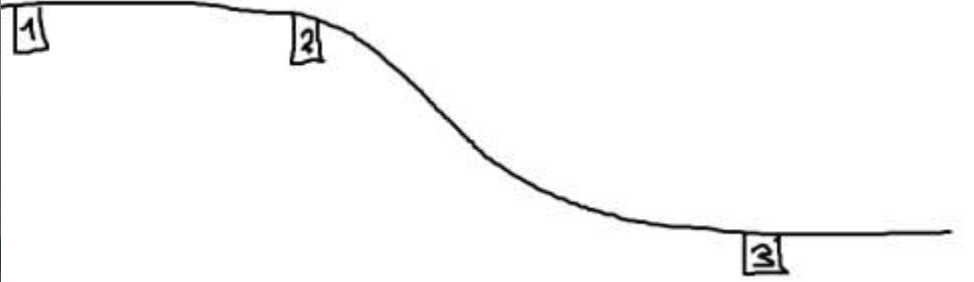
# Černozemní oblast JV Moravy

Depresní a podsvahové polohy – akumulace



Výsledek erozní degradace

- výrazné změny v půdách a struktuře půdního pokryvu celé oblasti



# Zábory půdy





**Rozšiřování zástavby podblíž dálnice  
D5 (k.ú. Ostrov u Tachova)**



*Zábor půdy v časovém horizontu 16 letk.ú. Klecany (okres Praha-východ)*





# Půdní struktura

- Vyloučení půd I. a II. třídy ochrany ze zástavby
- Využívání brownfields (složitě majetkové vztahy, ve městech jen pro rezidenční výstavbu)
- Platba za nepropustný povrch
- Nutnost likvidace srážkové vody na pozemku (ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod)

# Půdní struktura

= prostorové uspořádání půdních částic i agregátů



drobtová (zrnitá)

drobtovitá



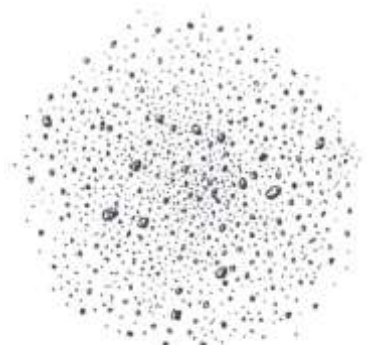
hrudovitá

hrudovitá



kostková

kostková



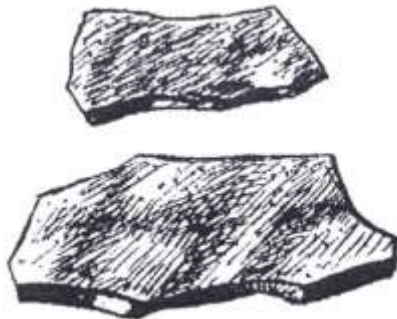
práškovitá

práškovitá



lístkovitá

lístkovitá



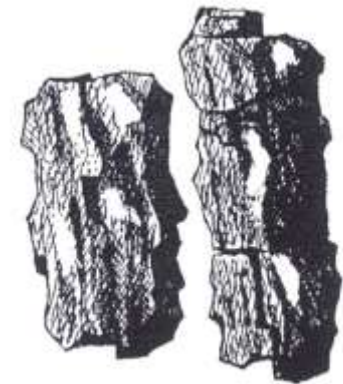
deskovitá

deskovitá



polyedrická

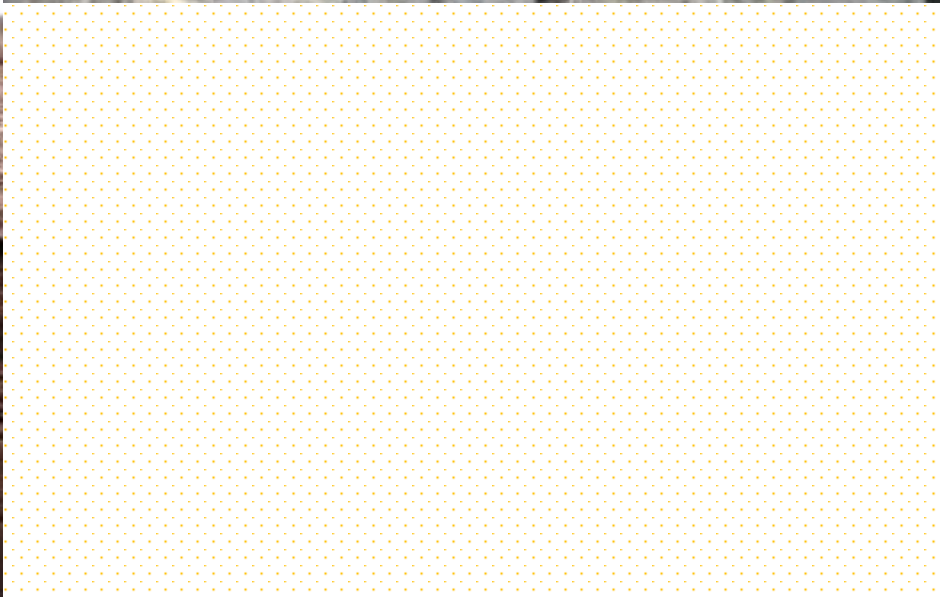
polyedrická



prizmatická

prizmatická













# Stabilita půdní struktury

- půdní struktura a její stabilita významně ovlivňují povrchový odtok a tedy i erozi půdy (rozpad agregátů a tvorba krusty na povrchu půdy)
- struktura a její stabilita je ovlivněna **vnitřními** (půdní typ, obsah a kvalita organických látek, zrnitost, pH) a **vnějšími faktory** (degradace=péče o půdu, agrotechnika)
- nutné uvažovat rozdílné chování půdy při různých vlhkostních stavech, resp. typech deště



# Metody hodnocení stabilita půdní struktury

- Stanovení Water Stable Agreggates (WSA) - *Kemper a Rosenau (1986)*
- Agregáty 1 – 2 mm
- Hodnocen poměr stabilních/nestabilním agregátům
- Hodnoty 0-1

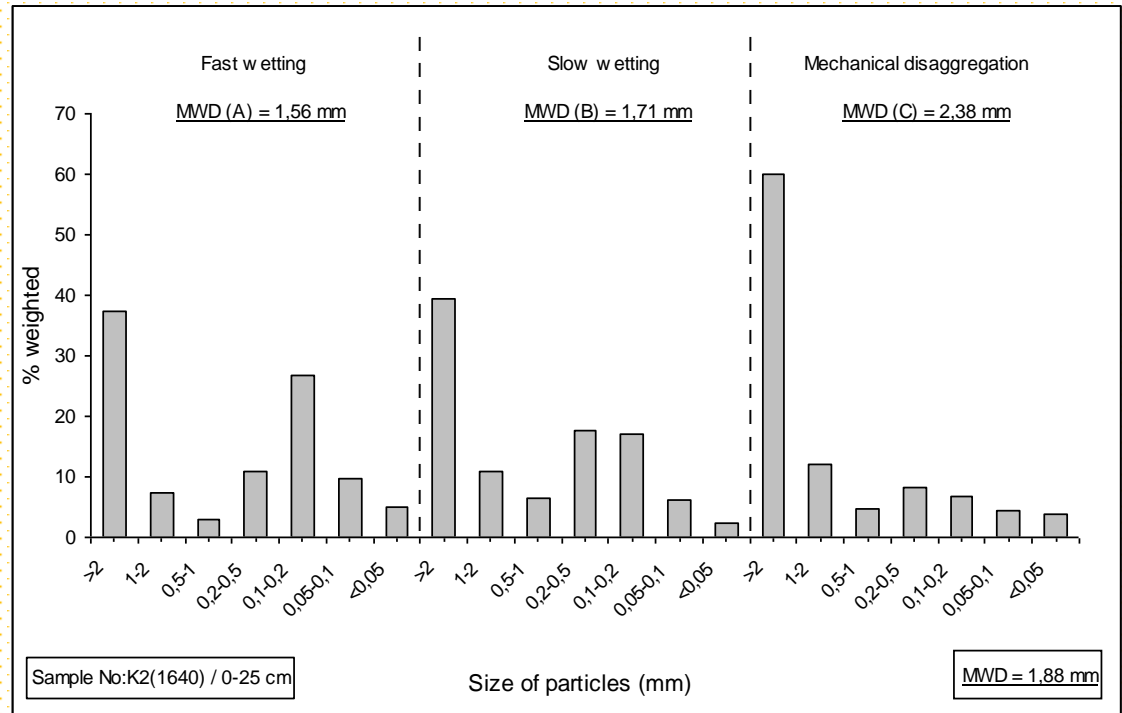


- *Metoda „váženého průměru agregátů“ – Mean weighter aggregates (MWD*
  - *EN ISO 10930 „Soil quality – Measurement of stability of soil aggregates subjected to the action of water“ (2012)*
    - Agregáty 3 – 5 mm
    - 3 testy:
      - A) „Fast wetting” - rychlé namočení vzorku do vody**
      - B) „Slow wetting“ - pomalé ovlhčení**
      - C) „Mechanical disaggregation” - mechanický rozpad agregátů po jejich ovlhčení v ethanolu**
- po popsáných postupech se vzorek ošetří v ethanolu a poté se stanoví jednotlivé frakce, resp. hodnota MWD





$$\text{MWD} = (3,5 * (\% > 2\text{mm})) + (1,5 * (\% 1-2\text{mm})) + (0,75 * (\% 0,5-1\text{mm})) + (0,35 * (\% 0,2-0,5\text{mm})) + (0,15 * (\% 0,1-0,2\text{mm})) + (0,075 * (\% 0,05-0,1\text{mm})) + (0,025 * (\% < 0,05\text{mm})) / 100$$

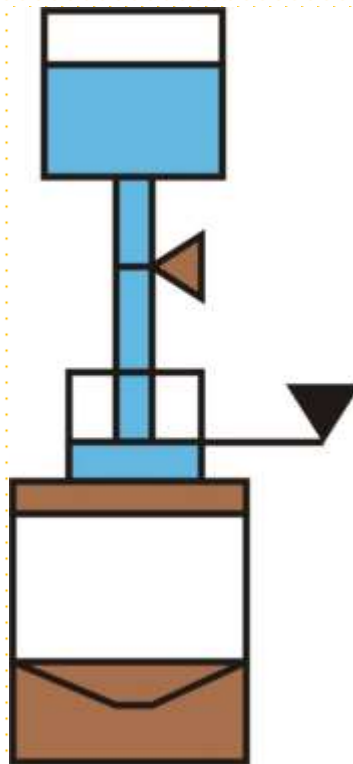


MWD	stabilita půdní struktury	tvorba povrchové krusty	odtok a mezirýhová eroze
< 0,4 mm	vysoce nestabilní	soustavná	trvalé vysoké riziko při všech topografických podmínkách
0,4 - 0,8 mm	nestabilní	velmi častá	časté riziko při všech situacích
0,8 - 1,3 mm	mírně nestabilní	častá	proměnné riziko závisující na klimatických a topografických parametrech
1,3 - 2,0 mm	stabilní	občasná	omezené riziko
> 2 mm	vysoce stabilní	velmi vzácná	velmi nízké riziko

# Laboratorní testování

## (vlhkost půdy vs. povrchový odtok)

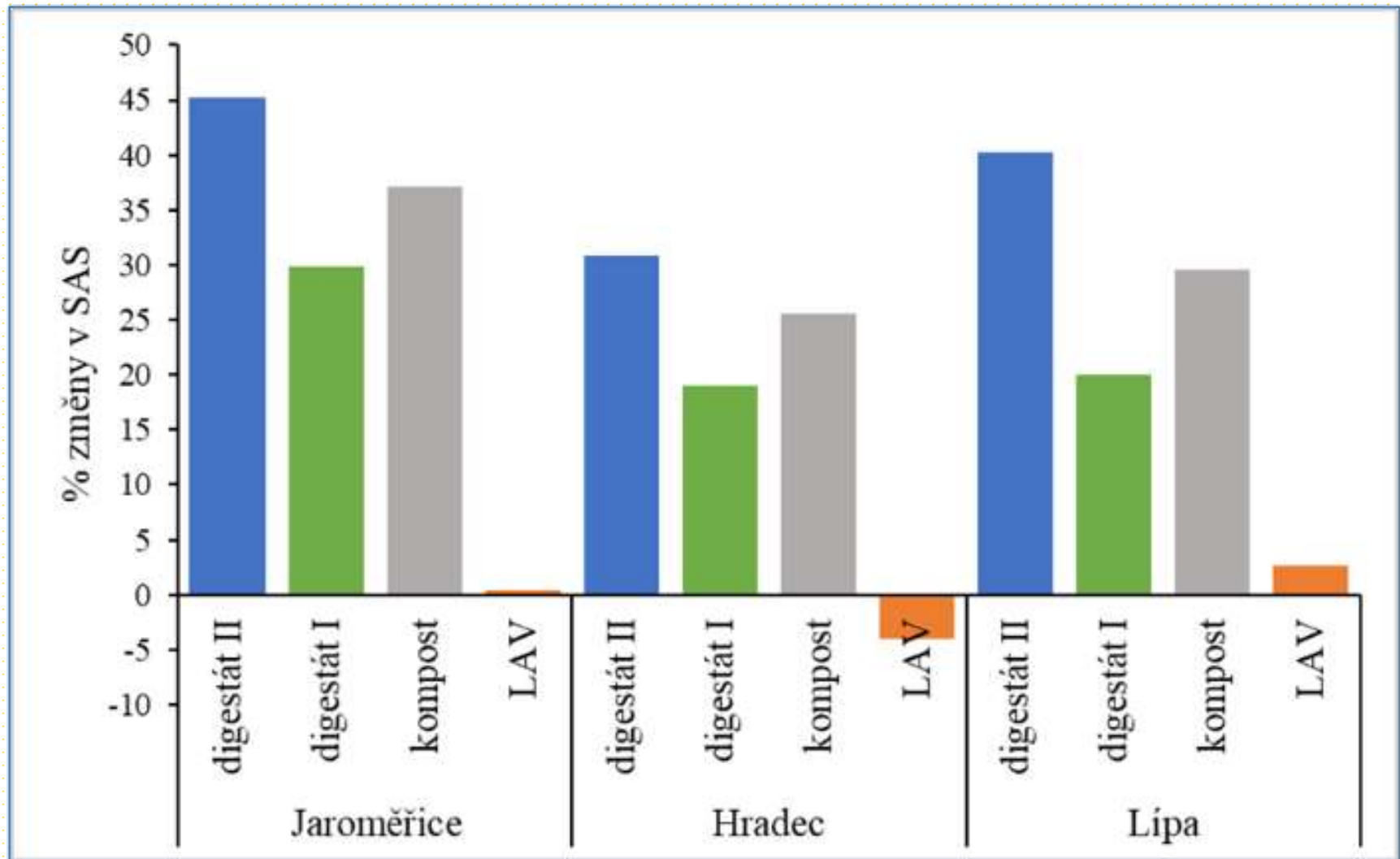
- laboratorní simulátor deště Kamphorst (Ekotechnika)
- intenzita zadeštění 6mm/min
- doba měření 4 minuty
- povrch tvořen agregáty 3-4 mm
- zadeštění probíhalo 2x



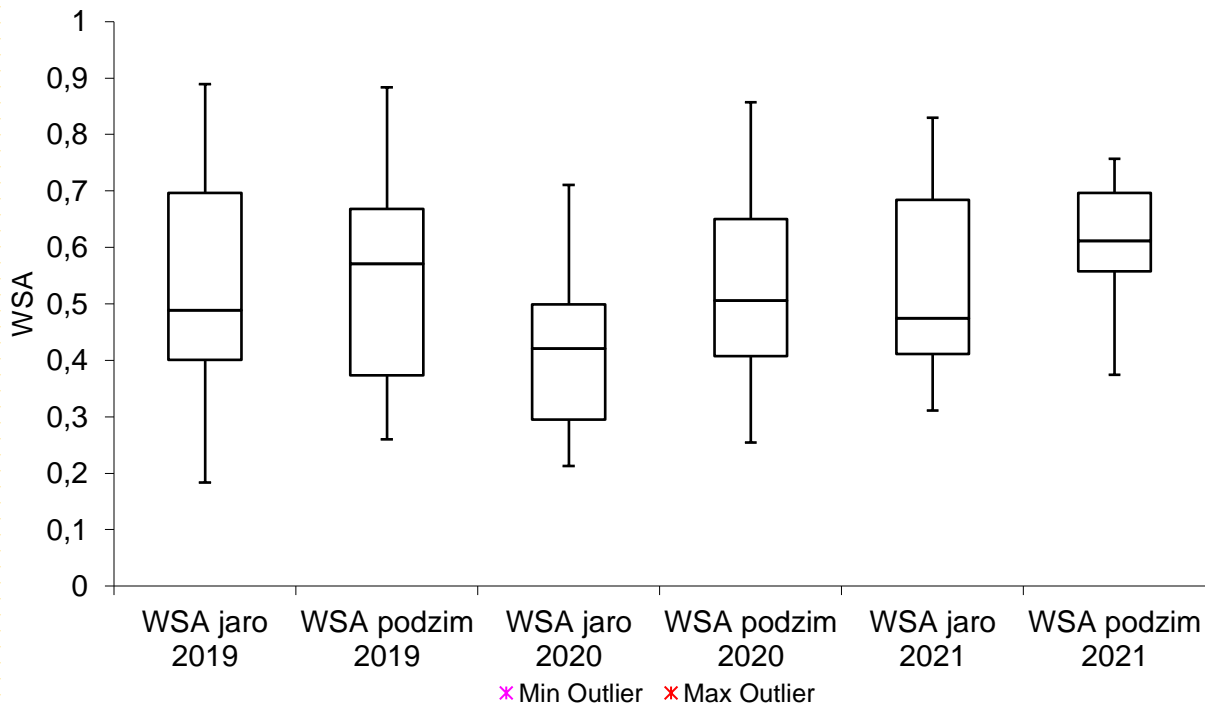
*testován půdní typ černozem a hnědozem*



# Vliv hnojení na stabilitu půdní struktury

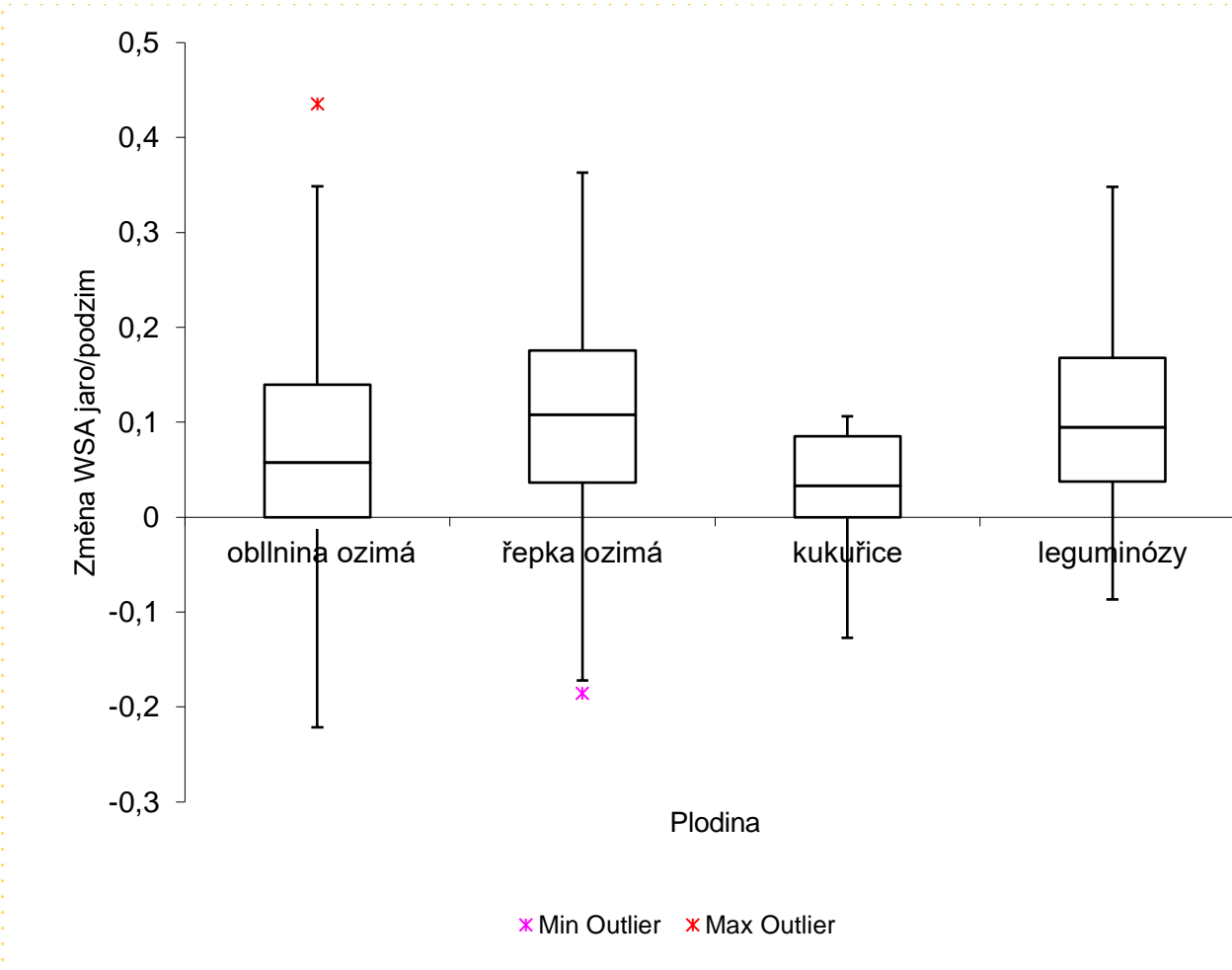


# Vývoj agregátové stability v průběhu roku





# Změna hodnoty WSA v závislosti na pěstované plodině



**Děkuji Vám za pozornost**