

# Půdní struktura - významný faktor pro funkční půdní systém

význam půdní struktury

metody stanovení stability půdní struktury

typy půdní struktury a její dělení

- postup odběru/analýzy/vyhodnocení vzorku

- 

- 

- 

Ing. Tomáš Khel



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



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



# Proč půdu chránit?

- ✓ **Neobnovitelný přírodní zdroj (tvorba půdy je extrémně pomalá) x degradace půdy a její destrukce (velmi rychlá a nezvratná)**
- ✓ **Půda plní mnoho funkcí – kromě produkční narůstají na významu i funkce mimoprodukční (ekologické)**
- ✓ **Byť to tak nevypadá, půdy máme omezené množství**
- ✓ **Nevíme, co bude v budoucnosti...**

# Funkce půdy

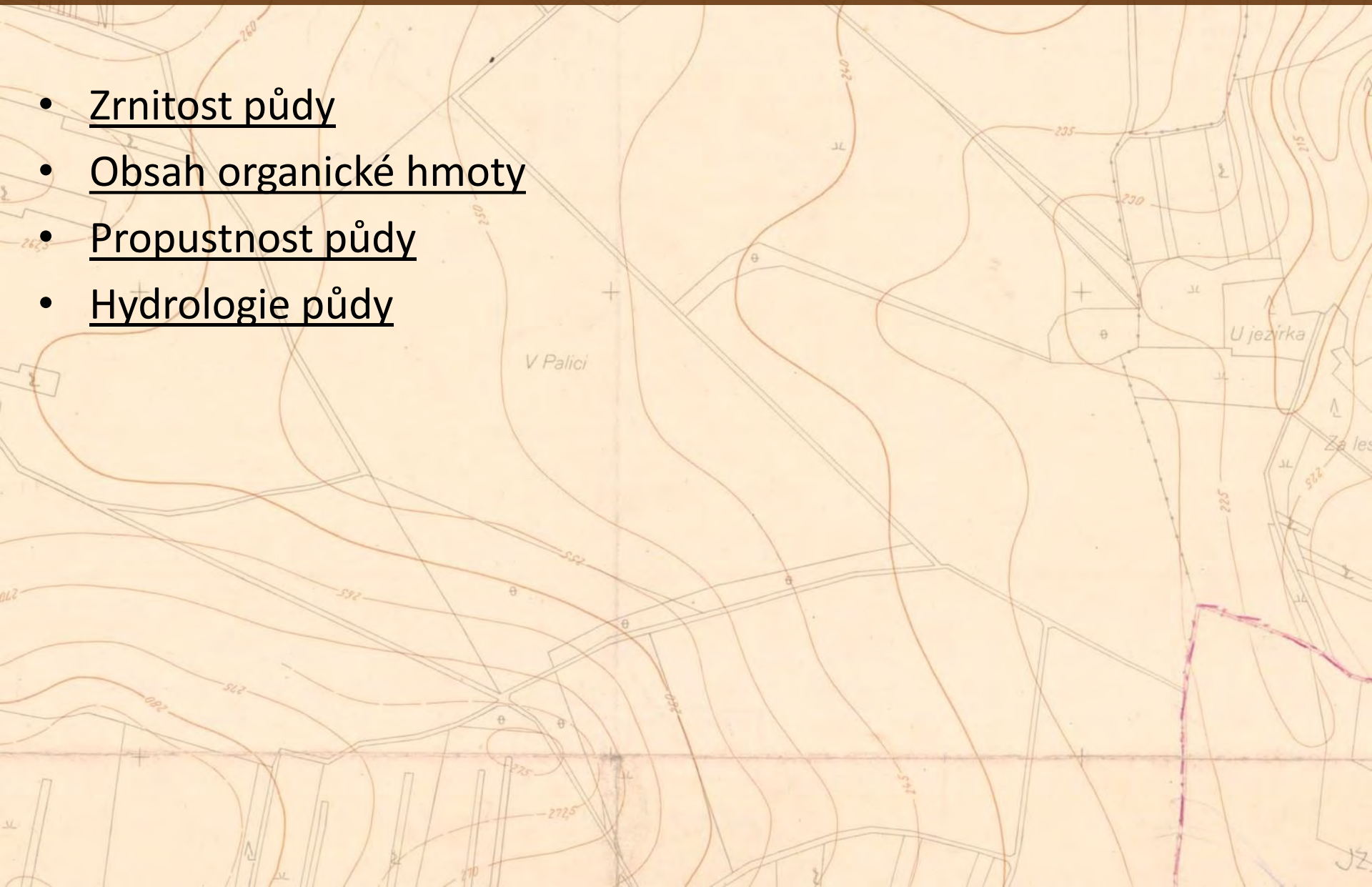
## Mimoprodukční (ekologické) funkce půdy

- infiltrace vody do půdy  
(doplňování zásob podzemní vody, zpomalení povrchového odtoku)
- zadržování a akumulace vody  
(1 ha hluboké černozemě může akumulovat až 3500 m<sup>3</sup> vody)
- filtrace vody  
(obohacení vody o min. látky, úprava pH, zachycení kontaminantů)
- ukládání živin (např. N, P, K, Mg...)  
(zásoba pro rostliny, ochrana vodních toků před eutrofizací)
- transformační a asanační funkce půdy  
(umožňuje přeměnu látek – rozklad, mineralizace, syntéza...)
- transportní funkce  
(migrace látek v půdě, krajině i mezi pedo-, hydro- a atmosférou)
- pufrační schopnost půdy (tlumení změn pH, teploty...)



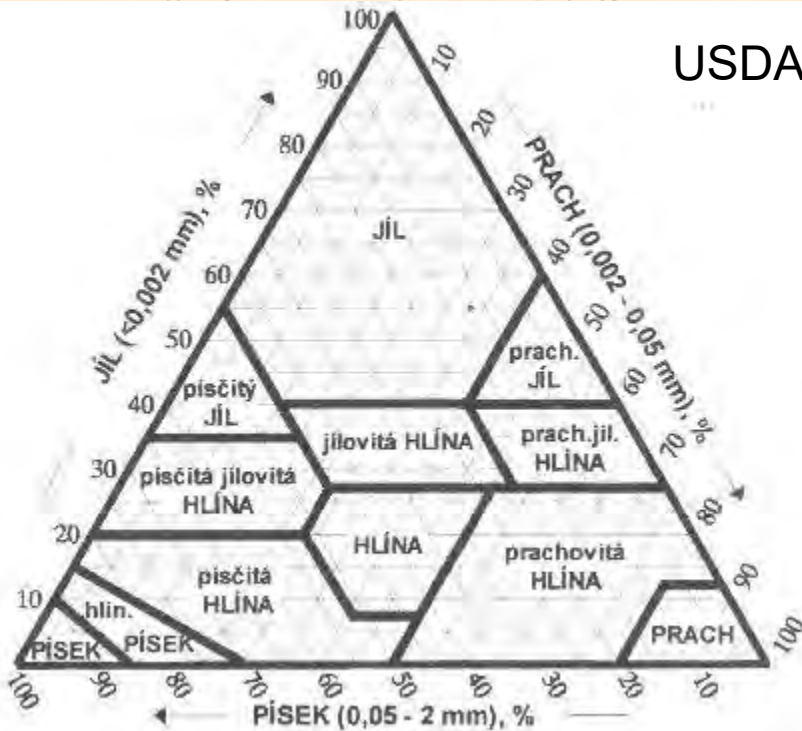
# Půda vs struktura – vzájemné ovlivnění

- Zrnitost půdy
- Obsah organické hmoty
- Propustnost půdy
- Hydrologie půdy

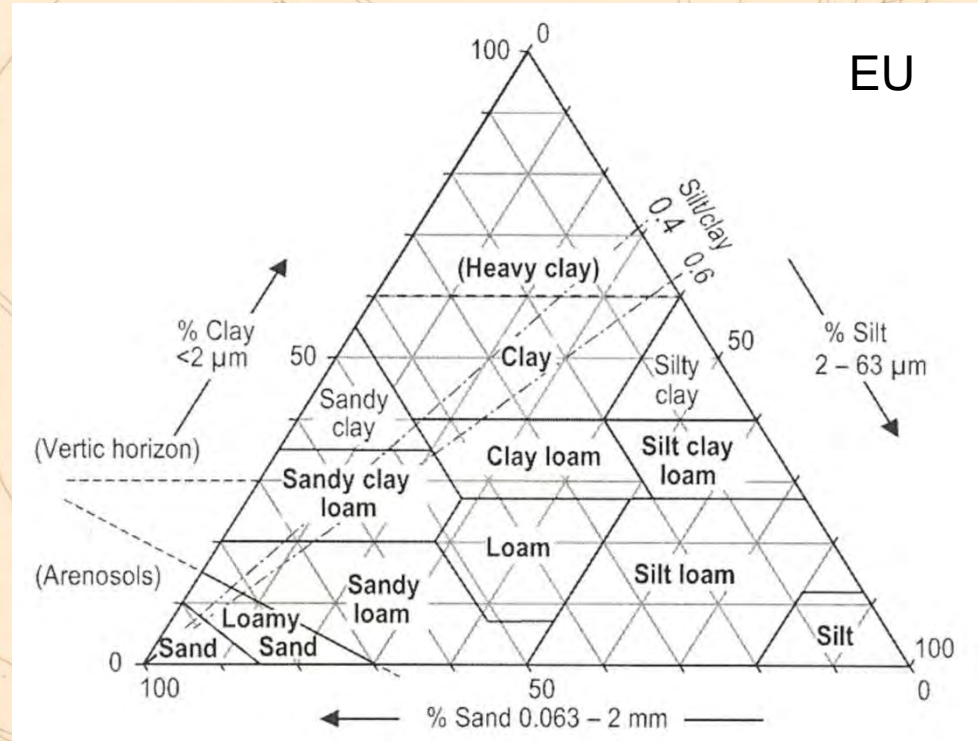


# Zrnitost půdy

USDA



EU



ČR – modifikované Kopeckého zatřídění půd

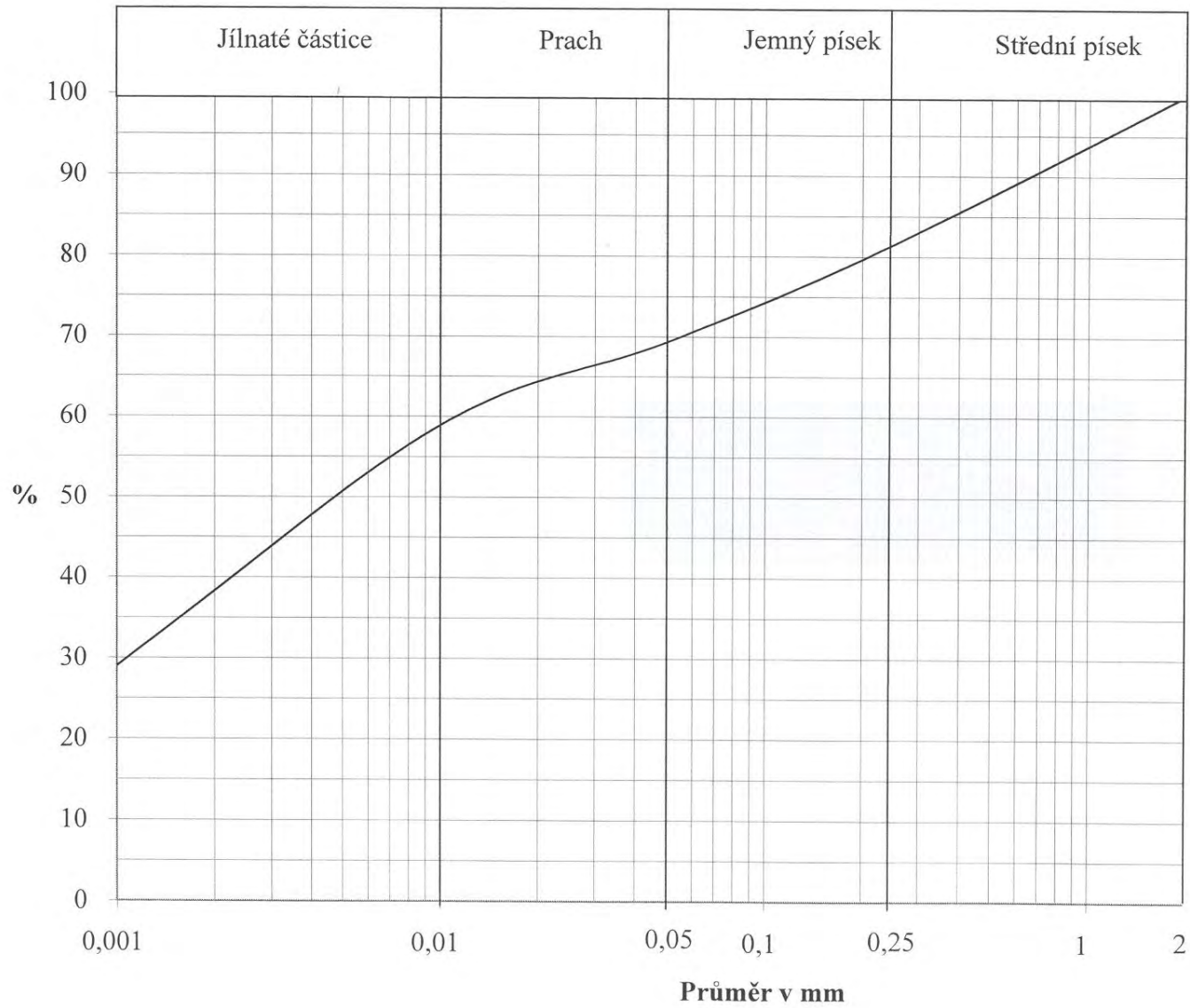
hranice (mm)	<0,001	0,001-0,005	0,005-0,01	0,01-0,05	0,05-0,25	0,25-2
frakce	jíl	jemný prach	střední prach	hrubý prach	jemný písek	střední písek
zrnitostní kategorie	I. Kategorie (jílnaté částice)			II. Kategorie	III. Kategorie	IV. Kategorie

# Novákova stupnice:

Kategorie	Charakteristika	Označení	Obsah částic < 0.01 mm (I. zrnitostní kategorie)	Půdy
1.	písčítá zemina	p	0-10%	Lehké
2.	hlinitopísčítá	hp	10-20%	Lehké
3.	písčitohlinitá	ph	20-30%	Střední
4.	hlinitá	h	30-45%	Střední
5.	jílovitohlinitá	jh	45-60%	Těžké
6.	jílovitá	jv	60-75%	Těžké
7.	jíl	j	>75%	těžké



# Zrnitostní křivka





Úkol: odhadnete zrnitost presentovaných půdních typů (lehká/střední/těžká)?



regozem



černozem



smonice



# Organická hmota

- ✓ % organické hmoty (Cox)
- ✓ procentrický obsah humusu se získá přenásobením celkového oxidovatelného uhlíku (Cox).
- ✓  $a = \text{Cox} \times 1,724$ , což je Welteho koeficient vycházející z 58% obsahu uhlíku v humusu (Valla et al., 2000).



# Úkol: obsah humusu versus kvalita? (nízký kvalitní/vysoký kvalitní/vysoký nekvalitní)



hnědozem



černice



pseudoglej



# Struktura vs propustnost půdy

Třída propustnosti	Propustnost	Poznámky
1	Velmi vysoká, $> 2,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; hluboké, dobře odvodněné písky, některé černozemě ze spraší.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká pouze několik hodin.
2	Vysoká, $0,83 - 2,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; strukturní písčité hlína až hlinitý písek, černozemě a hnědozemě ze spraší.	
3	Střední, $0,25 - 0,83 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; podorníčí s výraznou strukturou nebo tvořené hlinou.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká několik dnů.
4	Mírná, $0,08 - 0,25 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; středně propustná svrchní vrstva půdy je uložena na jílovité hlině se slabě vyvinutou kostkovitou nebo polyedrickou strukturou.	
5	Nízká, $0,025 - 0,08 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; pod svrchní propustnější vrstvou je kompaktní jíl nebo jílovitá hlína.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká déle než týden.
6	Velmi nízká $< 0,025 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; tvrdé kompaktní jíly.	



# HSP (USDA)

- 4 ks, napojení na CN
- Půdy s podobnými fyzikálními parametry a parametry povrchového odtoku
- Jednoduše lze půdu do skupiny zařadit podle hodnoty  $K_{sat}$  nejméně propustné vrstvy a podle hloubky profilu
- Nepropustná vrstva má  $K_{sat}$  od 0-do  $0,9 \mu\text{m/s}$



**Skupina A:** nízký povrchový odtok, jsou to půdy s obsahem jílu <10% a >90% hrubších frakcí (půdy: loamy sand, sandy loam, loam nebo silt loam sem mohou patřit, pakliže jsou dobře agregované, mají nízkou objemovou hmotnost a obsahují >35% kousků hornin)

- Ksat >40  $\mu\text{m/s}$
- Nepropustná vrstva >50 cm od povrchu
- HPV >60 cm
- Patří sem i půdy hluboké s nepropustnou vrstvou a HPV >100 cm od povrchu, kdy Ksat všech horizontů >10  $\mu\text{m/s}$

**Skupina B:** střední povrchový odtok, pohyb vody profilem není přerušovaný, obsahují mezi 10-20% jílu a mezi 50-90% písku; mají loamy sand a sandy loam zrnitost; mohou sem patřit i půdy loam, silt loam, silt, sandy clay loam, pakliže jsou dobře agregované a mají nízkou objemovou hmotnost a >35% kousků skeletu

- Ksat 10-40  $\mu\text{m/s}$  ve svrchních 50 cm
- Nepropustná vrstva >50 cm od povrchu
- HPV >60 cm
- Patří sem i půdy hluboké >100 cm, které mají v celém profilu Ksat mezi 4-10  $\mu\text{m/s}$

**Skupina C:** Mírný povrchový odtok, pohyb vody v profilu je někde omezen, půdy obsahují mezi 20 a 40% jílu a <50% písku a jsou klasifikovány jako loam, silt loam, sandy clay loam, clay loam, silty clay loam. Půdy clay, silty clay, nebo sandy clay sem patří pakliže jsou dobře agregované, mají nízkou hodnotu objemové hmotnosti a obsahu >35% kousků horniny

- Ksat nejhůře propustné vrstvy ve svrchních 50 cm je mezi 1-10  $\mu\text{m/s}$
- Nepropustná vrstva >50 cm
- HPV >60 cm
- Patří sem i půdy hluboké >100 cm (>100 cm je nepropustná vrstva i HPV), které mají Ksat mezi 0,4-4  $\mu\text{m/s}$

**Skupina D:** vysoký povrchový odtok, pohyb vody je výrazně v profilu omezen, půdy mají >40% jílu a <50% písku, mají jílovitou strukturu a někde bobtnají; patří sem půdy s nepropustnou vrstvou <50 cm od povrchu a HPV <60 cm, ale některé mohou mít dvojí klasifikaci, pakliže jsou adekvátně odvodněné

- pro půdy s nepropustnou vrstvou mezi 50 a 100 cm je Ksat nejméně propustné vrstvy  $\leq 1 \mu\text{m/s}$
- pro půdy mající nepropustnou vrstvu či HPV hlubší >100 cm, ale které mají v celém profilu Ksat  $\leq 0,4 \mu\text{m/s}$

# Význam a metody stanovení půdní struktury

✓ třída struktury ornice (pro K faktor)

Třída struktury ornice	Struktura ornice
1	Zrnitá
2	Drobtovitá
3	Hrudkovitá
4	Deskovitá, slitá



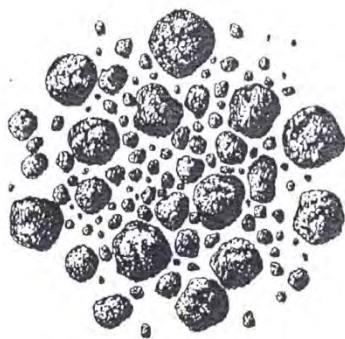
# Tvorba půdní struktury

- Hierarchický model (tvorba mikroagregátů, ze kterých se tvoří makroagregáty)
- Organominerální komplex
- Ovlivněno intenzitou kultivace (intenzita rozrušování vazeb mezi agregáty)
- Parametr „stabilita půdní struktury“ je považován za kvalitativní ukazatel degradace půdy

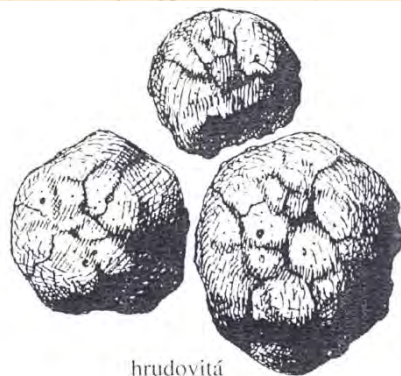


# Struktura půdy

= prostorové uspořádání půdních částic i agregátů



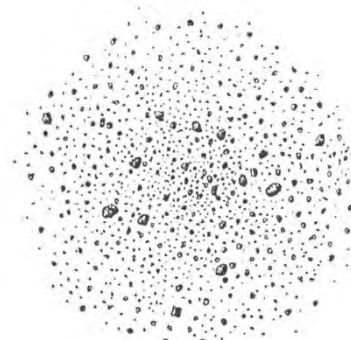
drobtová (zrnitá)



hrudovitá



kostková



práškovitá

drobtovitá

hrudovitá

kostková

práškovitá



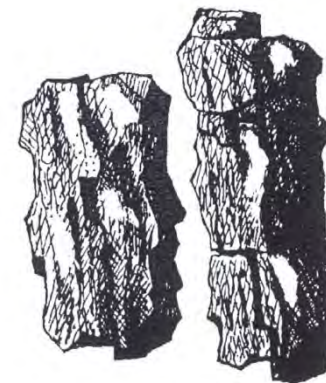
lístkovitá



deskovitá



polyedrická



prizmatická

lístkovitá

deskovitá

polyedrická

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

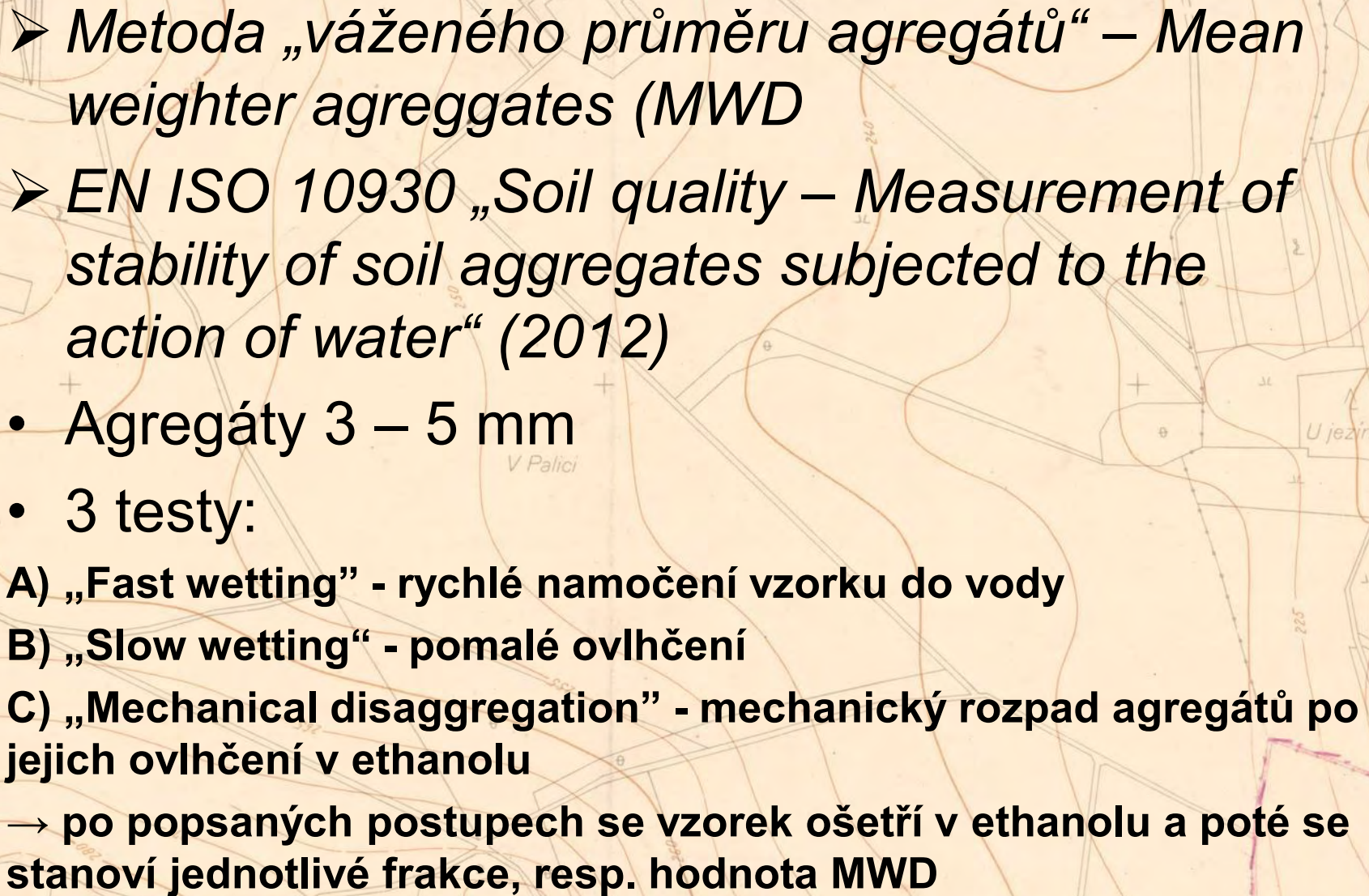


# Metody hodnocení stabilita půdní struktury

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



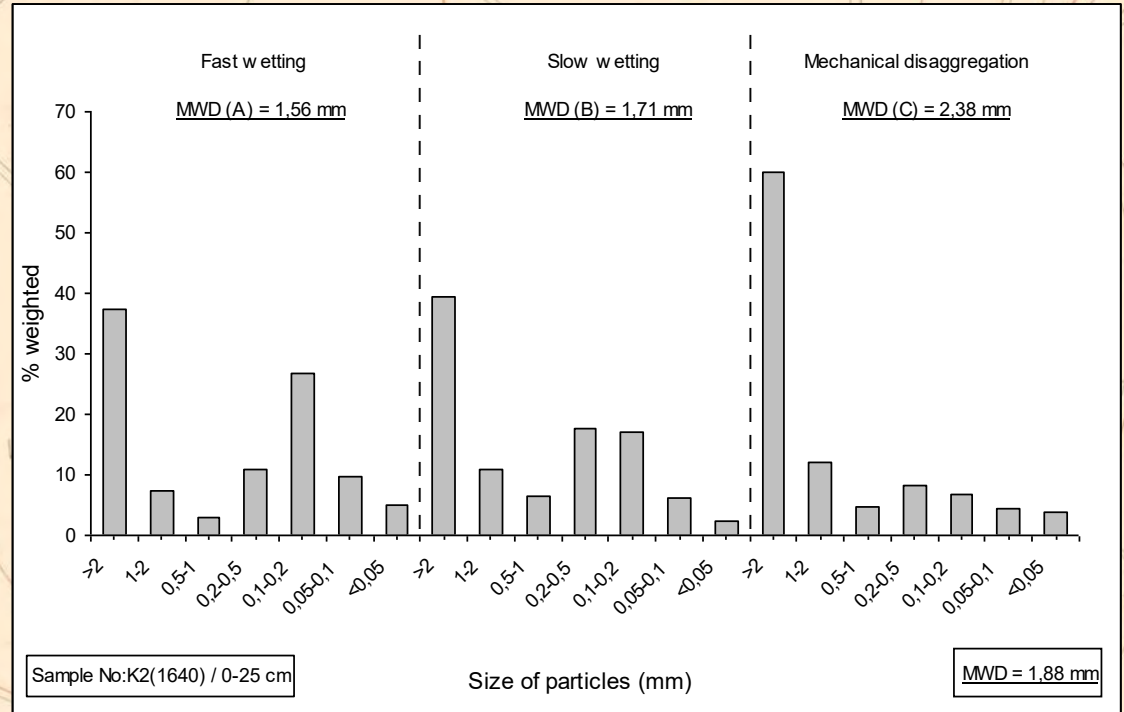


- 
- *Metoda „váženého průměru agregátů“ – Mean weighter aggregates (MWD*
  - *EN ISO 10930 „Soil quality – Measurement of stability of soil aggregates subjected to the action of water“ (2012)*
    - **Agregáty 3 – 5 mm**
    - **3 testy:**
      - A) „Fast wetting“ - rychlé namočení vzorku do vody**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





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



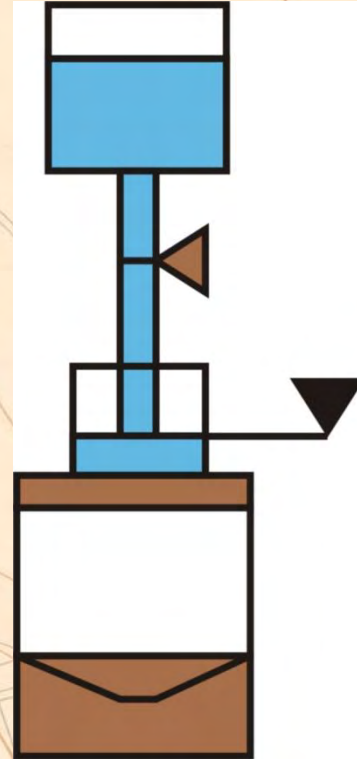
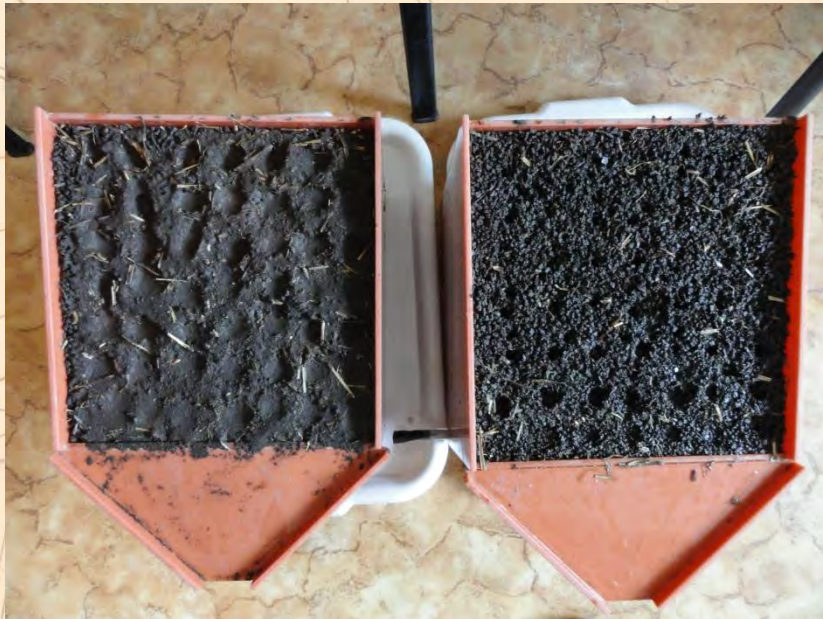
MWD	stabilita půdní struktury	tvorba povrchové krusty	odtok a mezirýhová eroze
< 0,4 mm	vysoce nestabilní	soustavná	trvalé vysoké riziko při všech topografických podmínkách
0,4 - 0,8 mm	nestabilní	velmi častá	časté riziko při všech situacích
0,8 - 1,3 mm	mírně nestabilní	častá	proměnné riziko závisející 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*



# povrch testované plochy po zadeštění



kapilárně nasycené agregáty



suché agregáty



# Polní simulátor deště





## Postup měření simulátorem deště

Měření probíhalo vždy dvakrát po sobě, tedy na půdě s přirozenou vlhkostí a na půdě nasycené po prvním zadešťování.

### Režim postřiku:

#### Úhor bez předdeště - varianta V1

- Tryska 30WSQ
- Tlak 0,5 bar
- Doba deště 15 min
- Úhrn srážky 19,20 mm
- Intenzita srážky 1,28 mm/min

#### Úhor s předdeštěm - varianta V2

- Tryska 6WSQ a 30WSQ
- Tlak 3,0 a 0,5 bar
- Doba deště 2 + 14 min
- Úhrn srážky 19,20 mm
- Intenzita srážky 1,28 mm/min

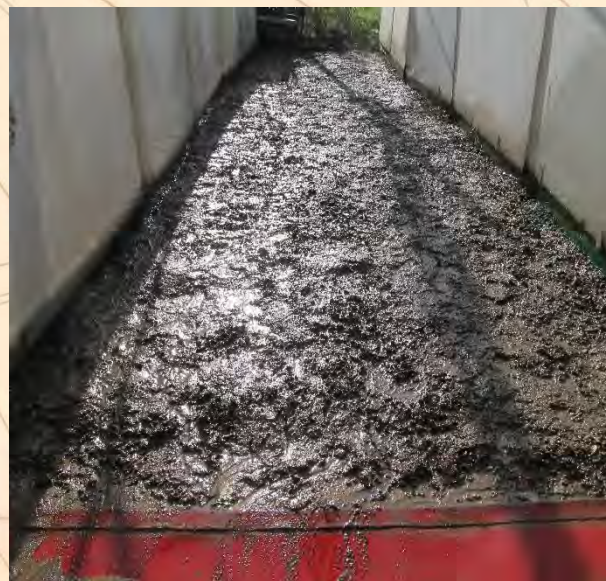




Lokalita  
**Třebsín**



**Obr. č. 3** Simulace srážek na jednotlivých variantách, vlevo varianta V1 (úhor bez předdeště) a vpravo varianta V2 (úhor s předdeštěm), **přirozený vlhkostní stav**



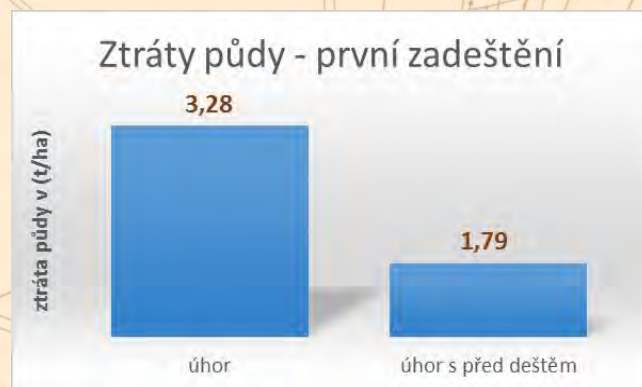
**Obr. č. 4** Simulace srážek na jednotlivých variantách, vlevo varianta V1 (úhor bez předdeště) a vpravo varianta V2 (úhor s předdeštěm), **po nasycení**



# Výsledky – lokalita Třebsín

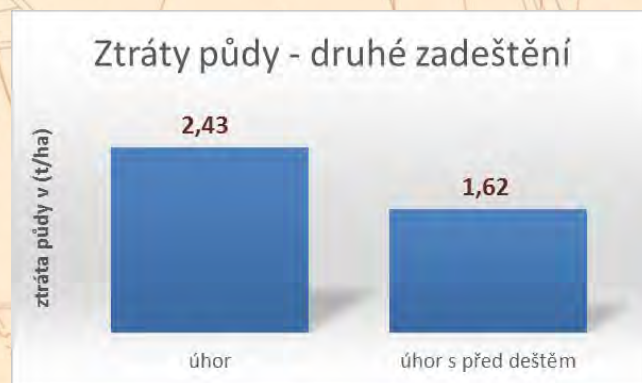
*Vliv různé intenzity deště na erozi půdy – první simulace (přirozený vlhkostní stav)*

varianta	vlhkost půdy % obj.		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
	před zadeštěním	po zadeštění	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
úhor	20,2	21,8	115	9,87	<b>9,14</b>	<b>3,28</b>
úhor s před deštěm	20,7	22,8	239	12,30	<b>7,14</b>	<b>1,79</b>



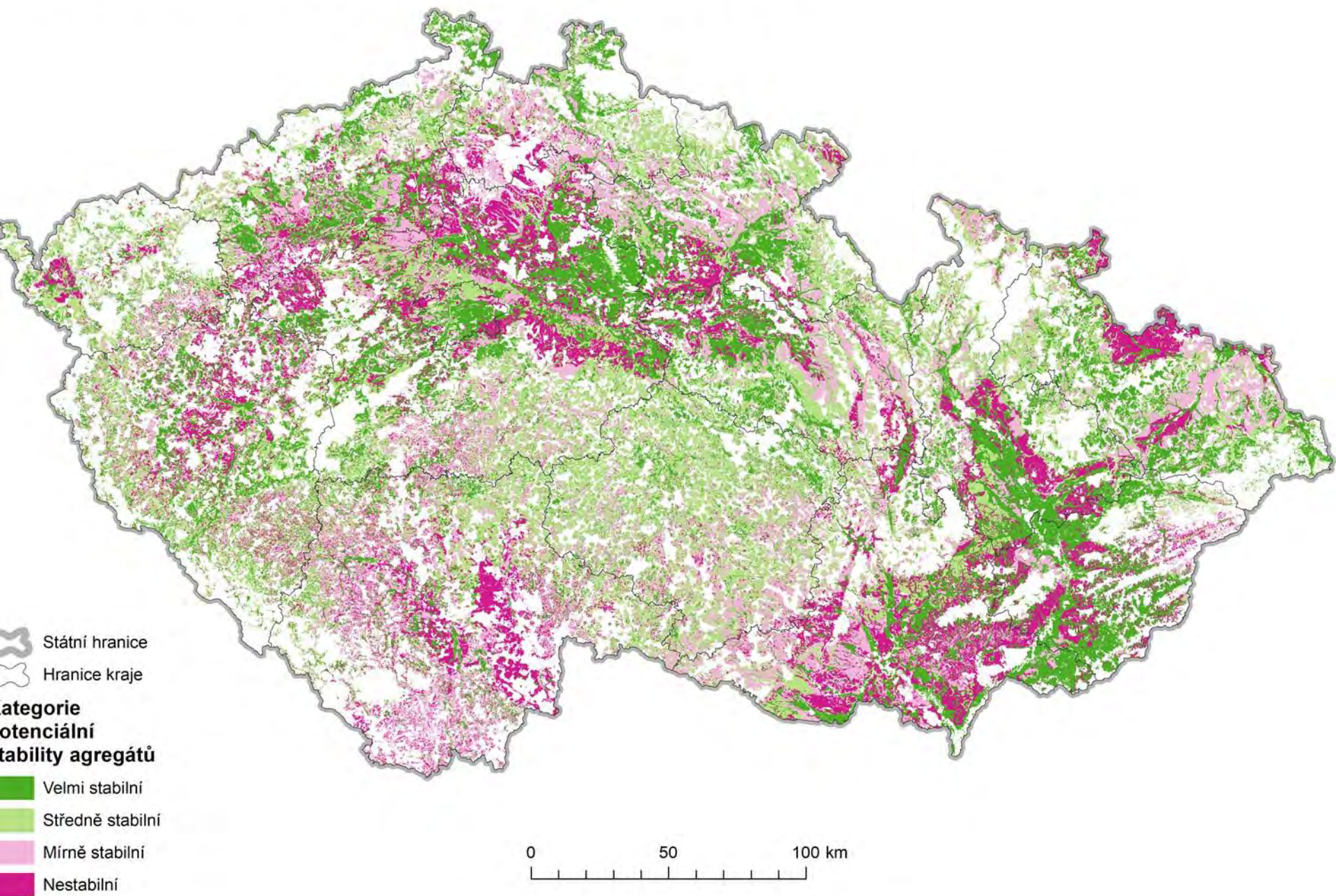
*Vliv různé intenzity deště na erozi půdy – druhá simulace (po nasycení)*

varianta	vlhkost půdy % obj.		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
	před zadeštěním	po zadeštění	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
úhor	21,8	22,9	33	6,27	<b>12,90</b>	<b>2,43</b>
úhor s před deštěm	22,8	24,1	32	7,38	<b>12,05</b>	<b>1,62</b>





# POTENCIÁL TVROBY VODOSTÁLÝCH AGREGÁTŮ

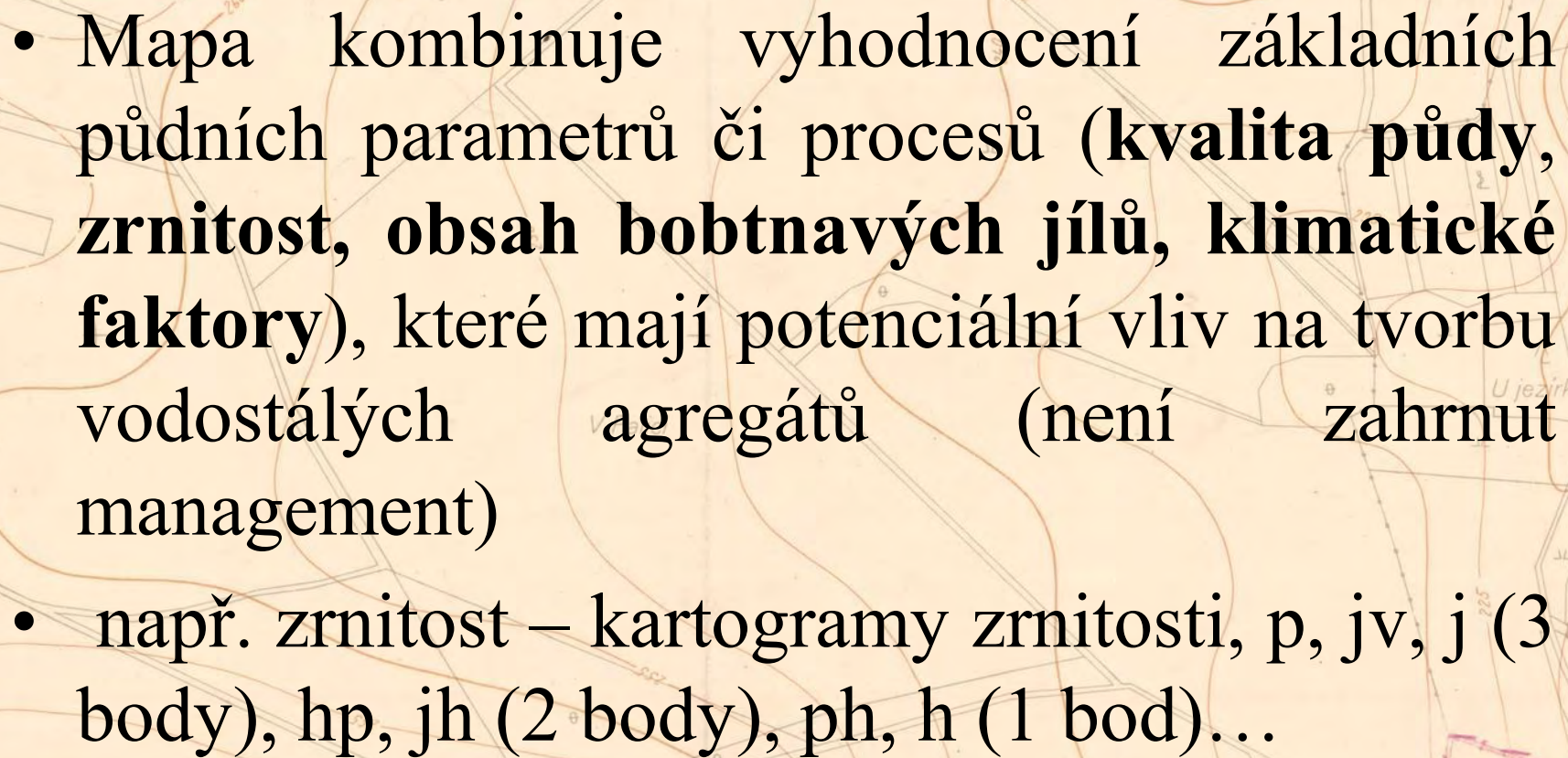




# Vstupní podklady

- Hydrogeologická charakteristika půdotvorných substrátů ČR (písek – dobře protéká, jíl – špatně...)
- Data BPEJ (hloubka půdy, kategorizace půdy – PG, SG...)
- Databáze fyzikálních rozborů (po horizontech, Ksat)
- Terénní měření infiltrace



- 
- Mapa kombinuje vyhodnocení základních půdních parametrů či procesů (**kvalita půdy, zrnitost, obsah bobtnavých jílu, klimatické faktory**), které mají potenciální vliv na tvorbu vodostálých agregátů (není zahrnut management)
  - např. zrnitost – kartogramy zrnitosti, p, jv, j (3 body), hp, jh (2 body), ph, h (1 bod)...



A photograph of a large field of young green plants, possibly a nursery or agricultural field. The plants are arranged in neat, parallel rows that recede into the distance. The plants are vibrant green and appear to be in the early stages of growth. The soil between the rows is dark brown. The overall scene is bright and orderly.

Děkuji Vám za pozornost.