

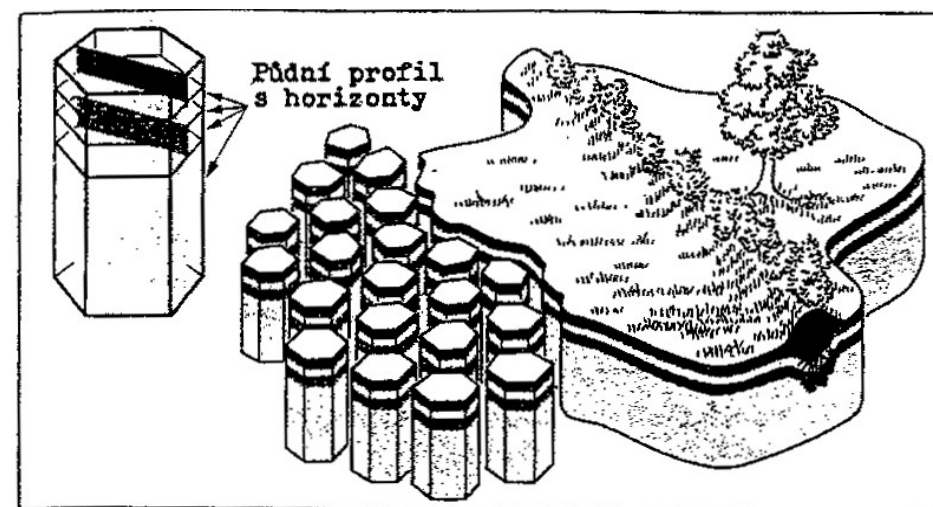
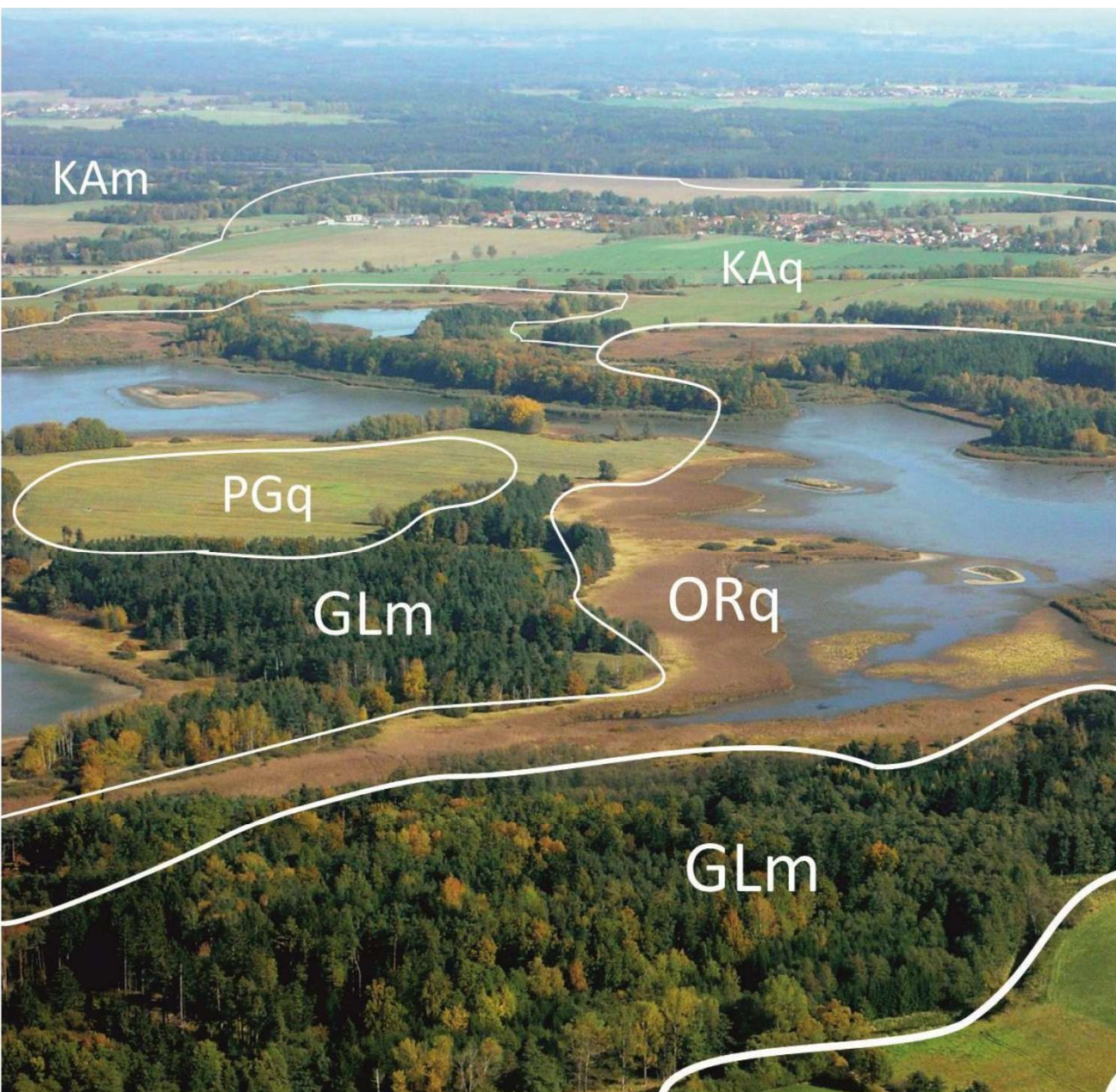
Základy půdoznalství a mikrobiologie K

cvičení/přednáška

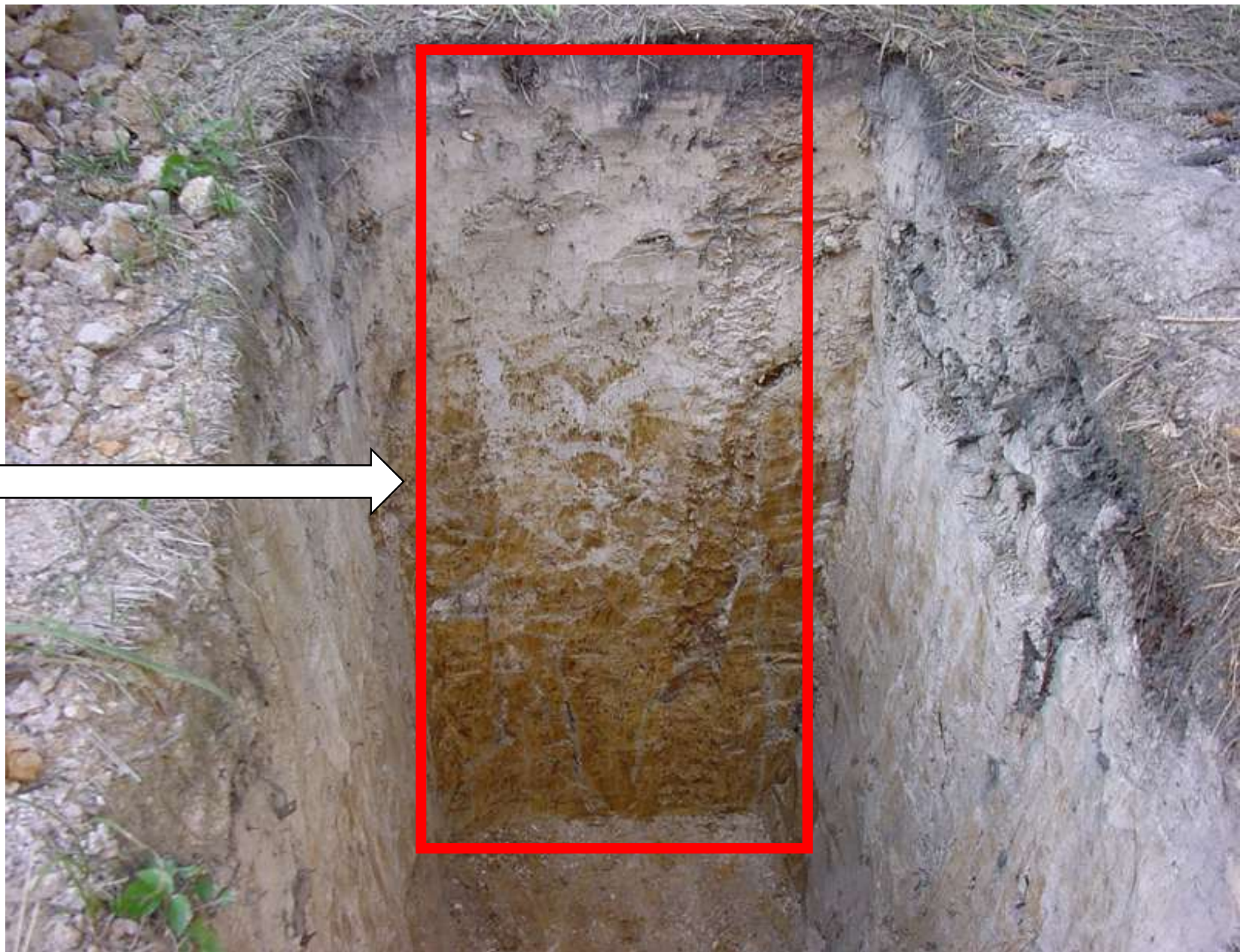
Vítězslav Vlček, Ph.D.

ústav 221

Pod pojmem půda budeme rozumět složitý, mnoha vazbami propojený systém živých a neživých součástí, který umožňuje růst rostlin a život mnoha půdních organismů. Půda se účastní globálních cyklů látek a ovlivňuje stav atmosféry i dostupnost vody...



**tzv. čelo sondy,
které
popisujeme**



Pedologické sondy odkrývají v čele sondy vertikální **půdní profil** celého sledu **půdních horizontů** a svrchní části **půdotvorného substrátu**, případně **mateční horniny** nebo i **podložní horniny**.





Půdní horizont je definován souborem **vizuálních** morfologických a **analytických znaků** s hraničními měřitelnými parametry.

Půdotvorný substrát je zvětrávacími procesy mechanicky a chemicky narušená mateční hornina.

Mateční hornina je hornina, nedotčená zvětrávacími pochody, narušená pouze fyzikálně na svém povrchu, je rozhodujícím materiálním zdrojem pro vznik a evoluci půdy.

Podložní hornina se svým materiálem nezúčastnila tvorby půdy, má odlišné vlastnosti než půdotvorný substrát, ze kterého vznikla půda.

Půda je nezastupitelná v plnění těchto funkcí:

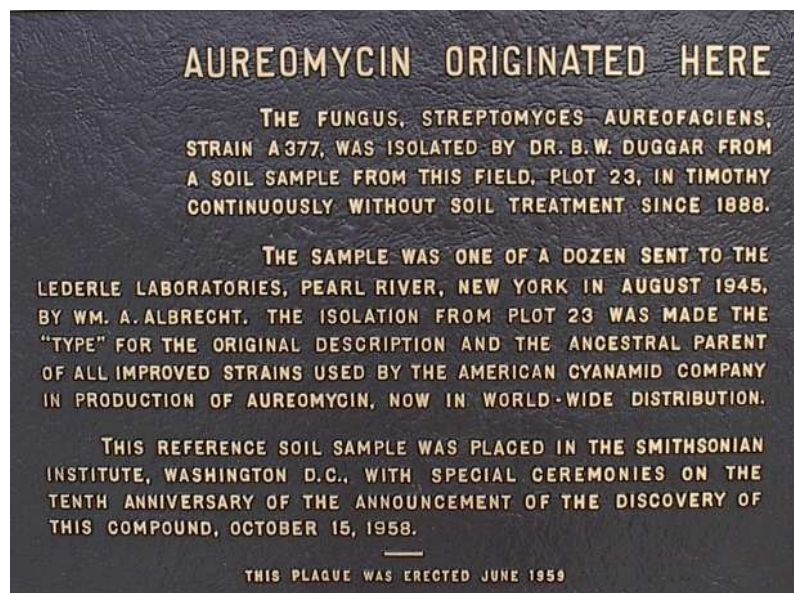
Půda je základním článkem potravního řetězce a současně substrátem pro růst rostlin.

Půda je životně důležitou zásobárnou vody pro suchozemské rostliny a mikroorganismy a je filtračním čistícím prostředím, přes které voda prochází.



Mikroorganismy žijící v půdě jsou obrovskou a nedoceněnou zásobárnou genetické informace a umožňují průběh důležitých procesů v ekosystémech.

Cyklus vody, uhlíku, dusíku, fosforu, a síry probíhá v půdě prostřednictvím interakcí mikrobiální složky s fyzikálními a chemickými vlastnostmi.



Půdní organická hmota je hlavní suchozemskou zásobárnou uhlíku, dusíku, fosforu a síry; bilance a přístupnost těchto prvků je neustále ovlivňována mikrobiální mineralizací a imobilizací.



Půda hraje zcela zásadní a nezastupitelnou roli ve stabilitě ekosystémů a v ovlivňování bilancí látek a energií.

Působí jako environmentální pufrální medium, jež mimo jiné zadržuje, degraduje, ale za určitých podmínek i uvolňuje potenciálně rizikové látky.

- Z půdy pochází mnoho základních složek stavebních materiálů a surovin, současně půda poskytuje prostor pro umísťování staveb, pro rekreační činnost a další aktivity člověka.
- Půda je prostředím, v němž probíhá archeologický a paleontologický výzkum.

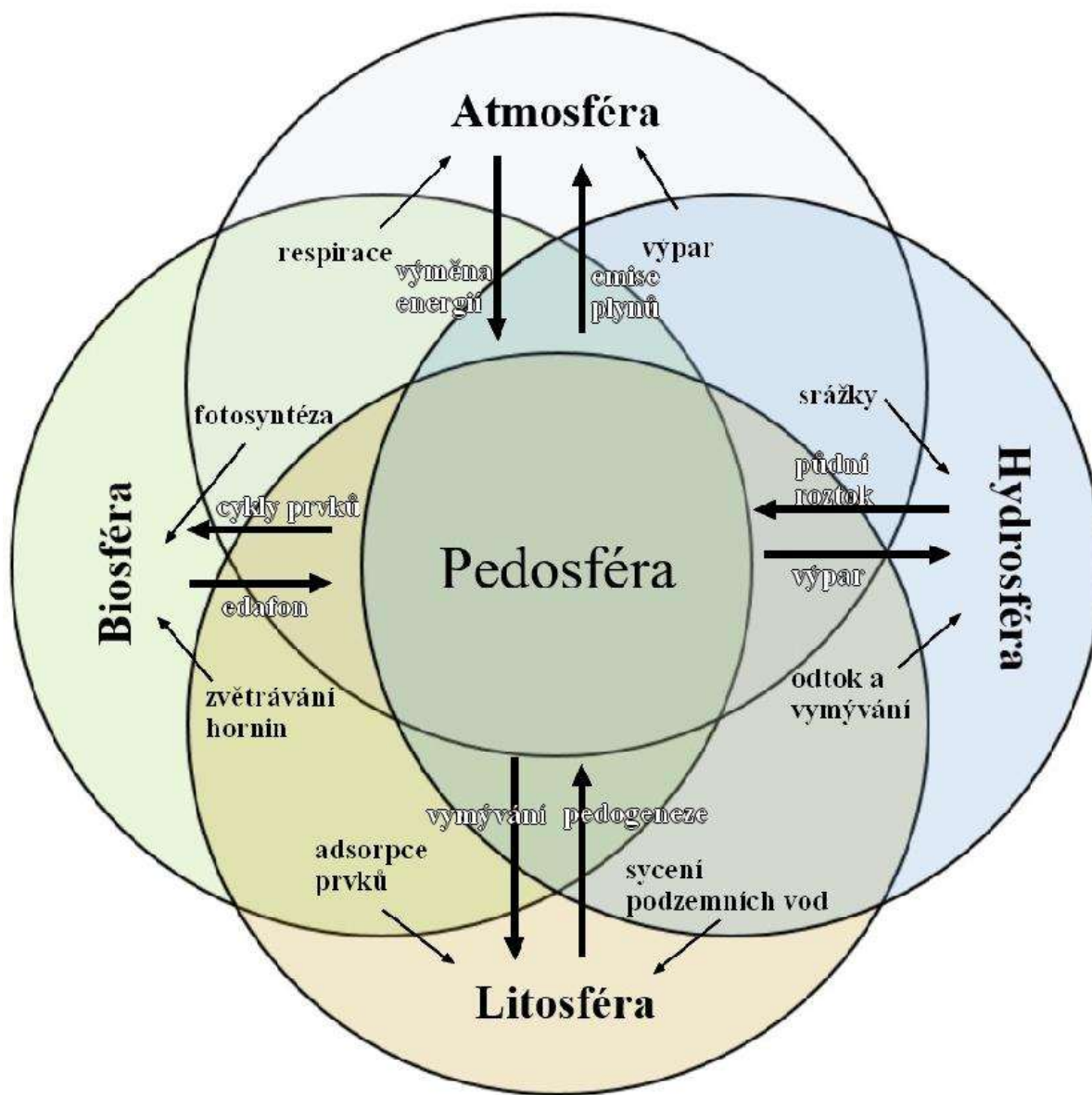




Půda a životní prostředí

Půda (pedosféra) spolu s **atmosférou**, **hydrosférou** a **biocenózou** (soubor všech rostlinných, živočišných a bakteriálních populací žijících v daném prostředí) tvoří funkční ekologický systém zvaný **ekosystém**.

Ekosystém je tedy funkční celek, zahrnující komunitu živých organismů a jejich prostředí.



Obdobně jako ostatní složky životního prostředí ovlivňují půdu, tak také zpětně půda působí na ostatní složky.

Tento vzájemný vliv znamená, že zásah do jedné složky ekosystému je zásahem do ekosystému jako celku.

Fyzikální charakteristiky půdy

**Zrnitostní složení půdy,
půdní druh,
zrnitostní třída**

Význam zrnitosti

jedna z hlavních charakteristik půdy

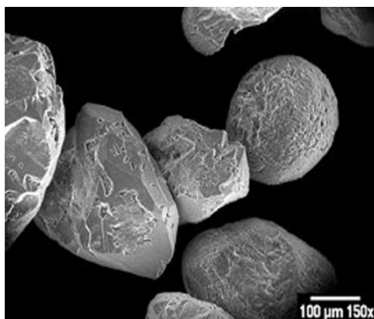
ovlivňuje půdotvorné procesy

ovlivňuje tvorbu sorpčního komplexu

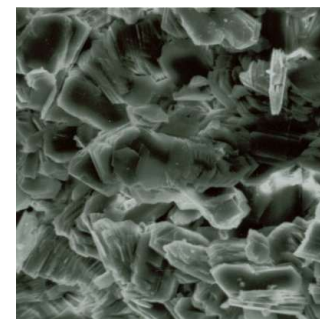
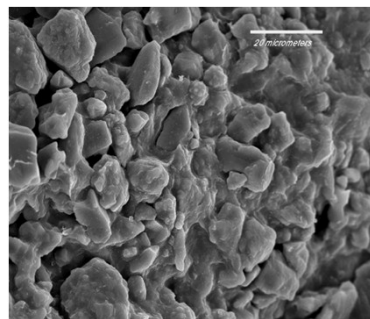
ovlivňuje pohyb vody v půdě

ovlivňuje další fyzikální, chemické a biologické vlastnosti

ovlivňuje rostlinná společenstva na ní rostoucí: viz psamofyty, xerofyty atd.



Images from Wikipedia
Commons

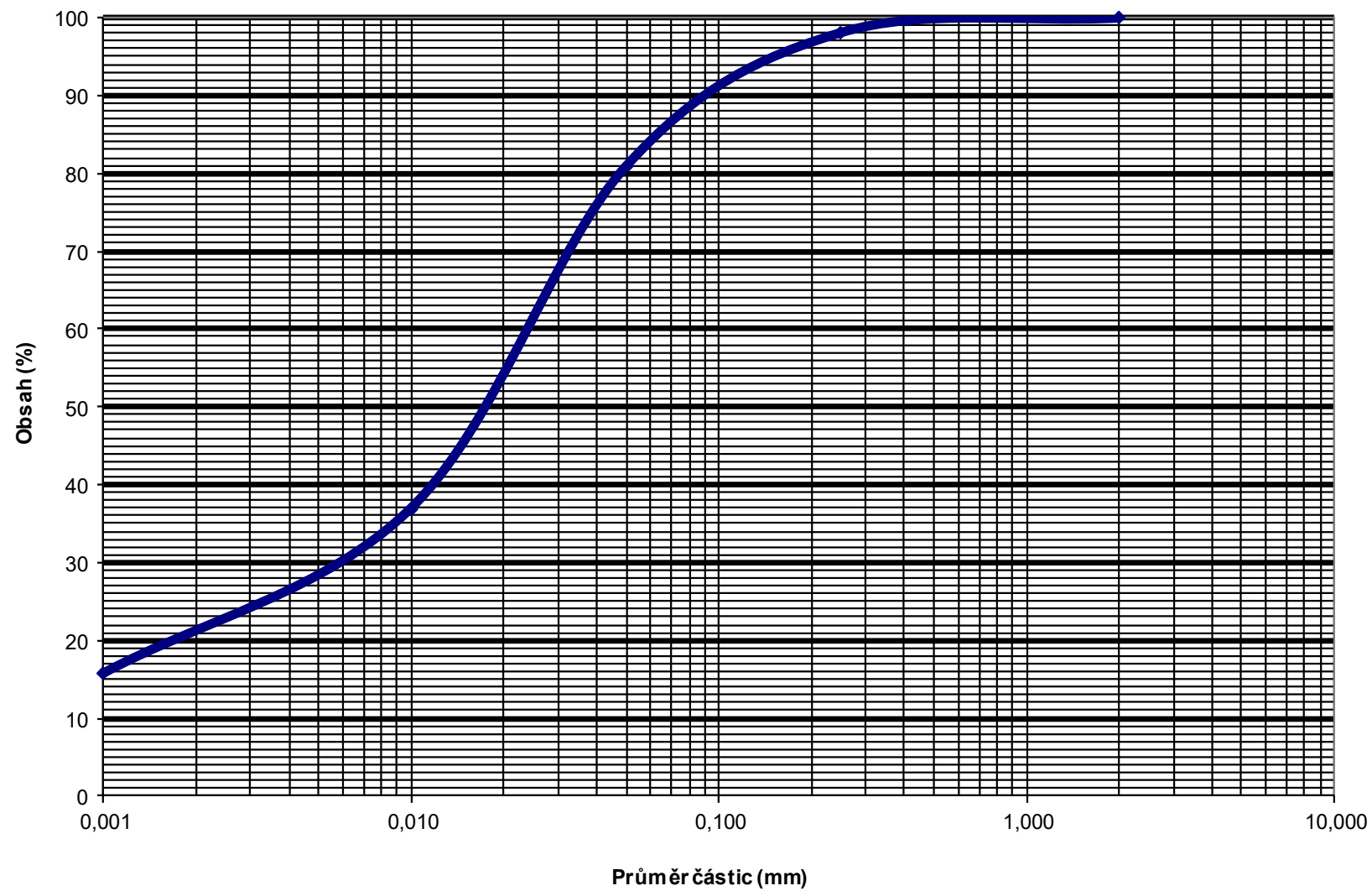


U.S. Geological Survey

Zrnitostní frakce podle KPZP

Velikost zrn (mm)	Označení frakcí	Půdní druh určují
< 0,001	jíl	jílnaté částice
0,001 – 0,005	jemný prach	
0,005 – 0,01	střední prach	
0,01 – 0,05	hrubý prach	
0,05 – 0,25	jemný písek	
0,25 – 2,00	střední písek	
2,00 – 4,00	hrubý písek	skelet
4,00 – 30,00	štěrk	
> 30,00	kámen	

Zrnitostní křivka



Půdní druh podle Nováka

Obsah částic < 0,01 mm	Označení půdního druhu	Základní půdní druhy
0 0,1–10 10–20	písek písčítá hlinitopísčítá	lehká půda
20–30 30–45	písčitohlinitá hlinitá	
45–60 60–75 > 75	jílovitohlinitá jílovitá jíl	těžká půda

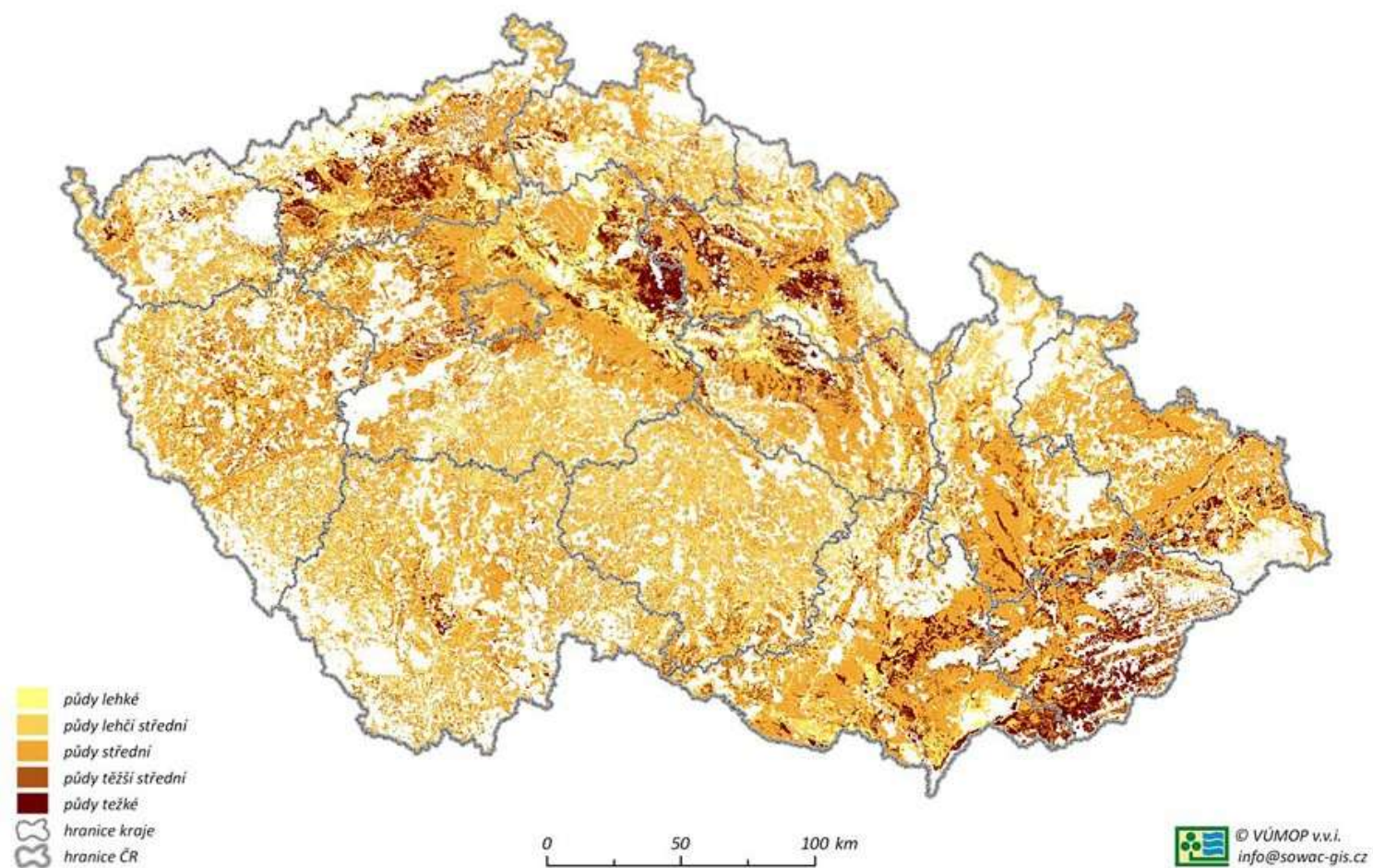
Lehké půdy

Vlastnost půdy	Hlavní znaky jednotlivých vlastností
Struktura	Sypká, netvoří agregáty
Soudržnost	Malá, půda je za sucha prašná, snadná zpracovatelnost
Smrštitelnost	Nepatrná, nepuká, netvoří škraloup
Pórovitost	V rozmezí 40-45 %, ve zhutnělé zóně 33 – 35 % nekapilárních pórů
Propustnost pro vodu	Velká, jedná se o půdy promyvné
Vodní jímavost	Malá, snadná vysýchavost
Vzlínavost	Nízká,, nepřímo závislá na průměru zrn
Provzdušněnost	Velká, nadbytek půdního vzduchu
Teplotní režim	Velká záhřevnost, avšak rychlé ochlazování
Chemická reakce	Podle povahy substrátu kyselá nebo zásaditá
Obsah humusu	Malý, pod 1 %, výjimečně 1,5%
Sorpční schopnost	Nízká, půdy chudé živinami
Mikrobiální činnost	Intenzivní, rychlý rozklad organické hmoty

Těžké půdy

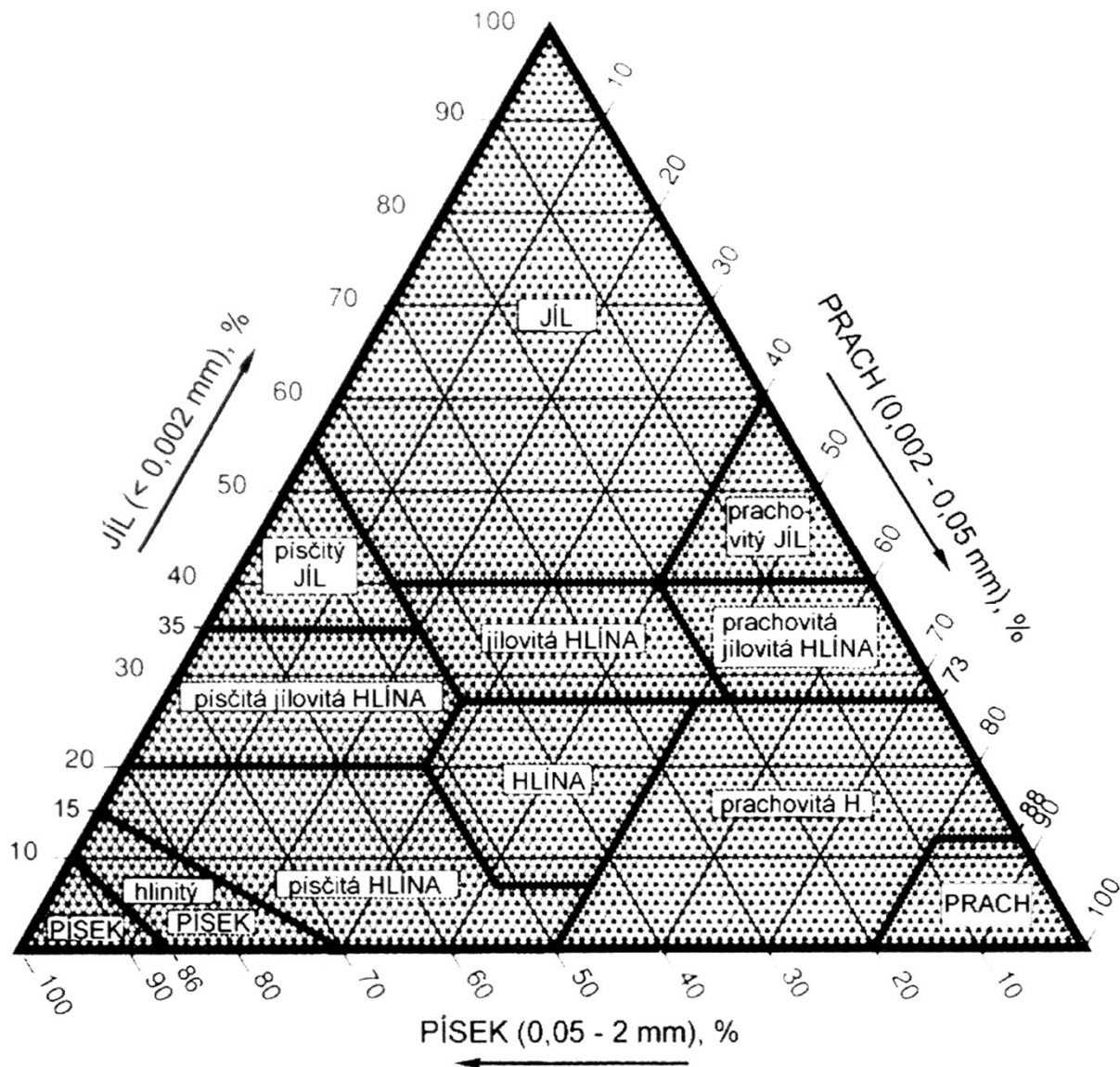
Vlastnost půdy	Hlavní znaky jednotlivých vlastností
Struktura	Celistvá, za sucha hrudovitá, po rozpadu agregátová, po deštích slitá
Soudržnost	Velmi značná, půda za sucha ulehlá, tvrdá, v mokrému stavu rozbředavá, mazlavá
Smrštitelnost	Velká, za sucha pukavá, po dešti tvoří škraloup
Pórovitost	Podle stavu vlhkosti 35 – 55 %, vždy s převahou kapilárních pórů
Propustnost pro vodu	Velmi malá
Vodní jímavost	Velká, snadná zamokřenost
Vzlínavost	Pomalá, výše výstupu velká
Provzdušněnost	Malá, nedostatek půdního vzduchu
Teplotní režim	Nezáhřevná, studená
Chemická reakce	Mírně kyselá, převážně neutrální
Obsah humusu	Poměrně vysoký 2,5 – 3,5 %
Sorpční schopnost	Vysoká, avšak pohyblivost živin a jejich přístupnost je nízká
Mikrobiální činnost	Slabá a pomalá

Skupiny zrnitosti



Zrnitost ZPF ČR

Půdní druhy	% ZPF
písčité až hlinitopísčité (půdy lehké)	19
písčitohlinité až hlinité (půdy středně těžké)	59
jílovitohlinité až jíly (půdy těžké)	17
silně štěrkovité až kamenité	5

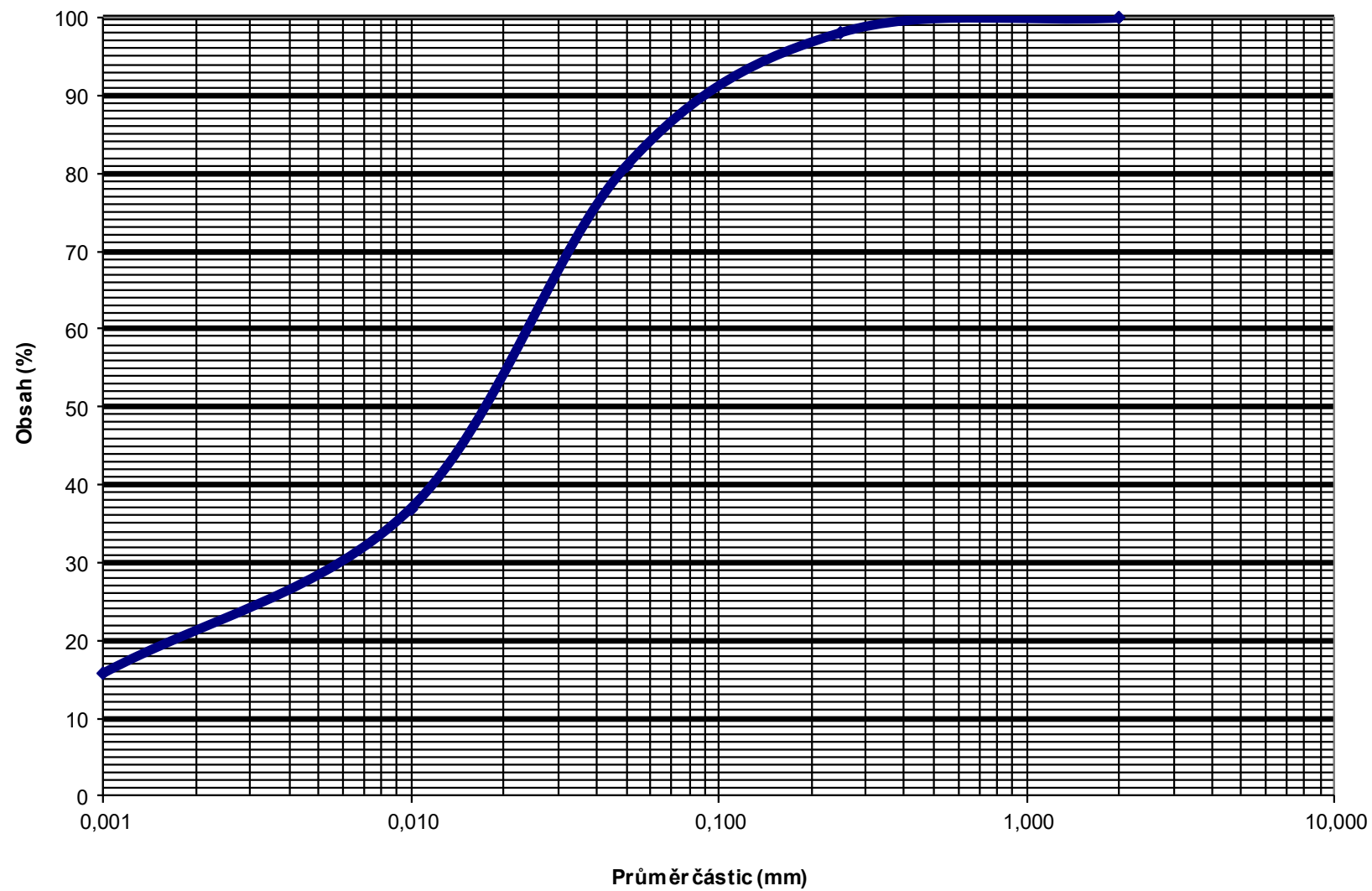


V průzkumech při detailním hodnocení podle **12 zrnitostních tříd** uvedených v diagramu při zobecnění výsledků užíváme

5 seskupených tříd:

- písek, hlinitý písek- **lehká zemina** 1
- písčité hlína - **lehčí střední zemina** 2
- hlína, prachovitá hlína, prach - **střední zemina** 3
- písčité jílovité hlína, jílovité hlína, prachovitá jílovité hlína – **těžká zemina** 4
- písčité jíl, prachovitý jíl, jíl – **velmi těžká zemina** 5

Zrnitostní křivka





Co skelet?



Do obsahu 30 % obj. zpravidla není problém, závisí však na velikosti a minerální síle

Problém už 20-25% frakce nad 4mm, ale i řídký výskyt skeletu na 150 mm.

V ČR ornice středně až silně kamenité (tzn. nad 25 % skeletu): 198 000 ha, pokud vezmeme i půdy slabě skeletovité (10-25% skeletu) tak 30 % ZPF

Největší skelet mají krystalické horniny s všesměrnou texturou v oblastech s členitým terénem

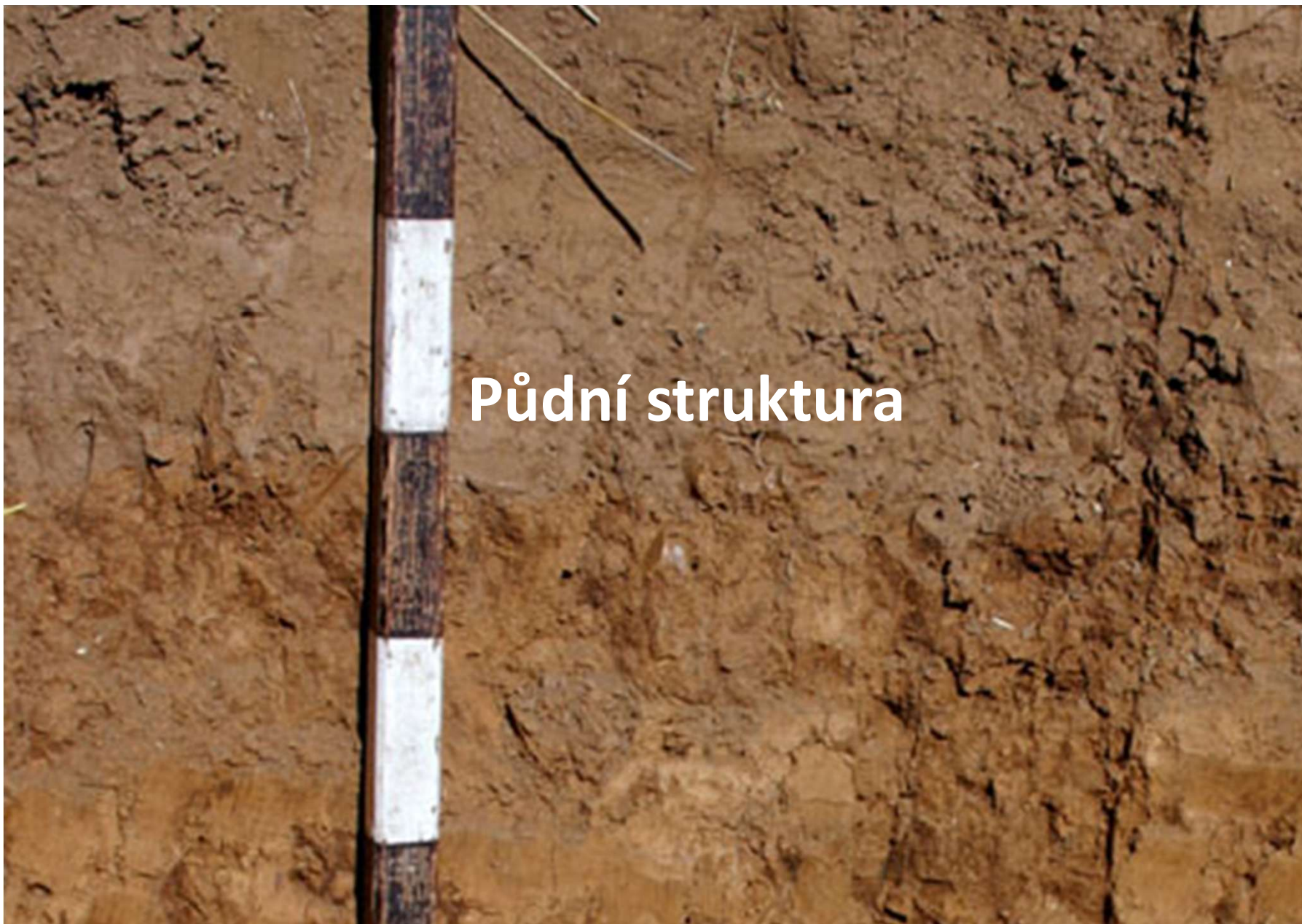
Častá akumulace problémů (pH, úrodnost, ...)



ale není skelet jako skelet...



Půdní struktura



Půdní struktura je prostorové uspořádání agregátů v půdě.

Zemina daného horizontu se rozpadá do agregátů majících určité zákonité tvary.

Faktory ovlivňující vznik makroagregátů:

Vliv rostlin.

Kořenový systém rostlin rozdrobuje kompaktní půdní hmotu a vzniklé útvary působením tlaku mírně zhutňuje. Tlak je vyvoláván především **rostoucími kořínky**, částečně bobtnáním organické hmoty odumřelých kořínků.

Agregační účinek kořenových systémů **trvalých i dočasných travních porostů** je výrazně vyšší než v případě kořenových systémů jednoletých polních plodin.

Vliv živočichů.

Na agregaci mají největší vliv **bezobratlí**, především **dešťovky**. Jejich exkrementy jsou obohaceny o organickou hmotu a výměnné bazické kationty, především Ca^{2+} . Vyznačují se vyšší stabilitou a vyšší pórovitostí.

	vápník	hořčík	draslík	fosfor	dusík	uhlík	pH/KCl	V
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%		%
exkrement	2790	492	358	67	0,35	5,17	7,0	93
zemina	1990	162	32	9	0,25	3,35	6,4	74

Vliv mikroorganismů

Z mikroorganismů vykazují největší vliv na agregaci a stabilitu struktury **houby**. Jejich hyfy působí jako síť držící mikroagregáty pohromadě.

Houby a bakterie také produkují mikrobiální slizy usnadňující agregaci.

Vliv půdní organické hmoty

Meziprodukty rozkladu a syntézy půdní organické hmoty jsou tvořeny převážně **polysacharidy**. Ty se podílí na tvorbě mikroagregátů, ale jejich působení je krátkodobé, zpravidla kratší než 2 měsíce.

Huminové kyseliny

(hlavní součást organických koloidů půdy)

se významně podílí na tvorbě mikro a makroagregátů tím, že tvoří stálé vazby s minerálními koloidy (sekundárními alumosilikáty a polymerními oxidy Fe, Mn a Al).

Objemové změny při vysychání půdy

orientují paralelně jílové minerály (sekundární aluminosilikáty) a usměrňují mikrobiální aktivitu.

Mrázové efekty

Několikanásobné opakování cyklu mrznutí-tání zvyšuje stabilitu struktury stimulováním koagulace půdních koloidů.

Třídění struktury podle tvaru, vývinu hran a velikosti

Strukturní elementy vyvinuty stejně ve 3 směrech		Strukturní elementy vertikálně protažené		Strukturní elementy horizontálně protažené
I. KULOVITÁ	II. POLYEDRICKÁ	III. HRANOLOVITÁ		IV. DESKOVITÁ
Plochy a hrany vy- vinuty nezřetelně	Plochy a hrany vyvinuty zřetelně (výrazně)	Bez zaoblení ve svrchní části PRIZMATICKÁ	Se zaoblenou svrchní částí SLOUPKOVITÁ	
Hrudovitá nad 50 mm Hrudkovitá 50-10 mm Drobtová 10 - 5 mm Jemně drobtová 5 – 1 mm	Hrubě polyedrická nad 20 mm Polyedrická (středně) 20 – 10 mm Drobně polyedrická pod 10 mm	Hrubě prizmatická nad 50 mm Prizmatická (středně) 50 – 20 mm Drobně prizmatická pod 20 mm	Hrubě sloupkovitá nad 50 mm Sloupkovitá (středně) 50 – 20 mm Drobně sloupkovitá pod 20 mm	Hrubě deskovitá nad 10 mm Deskovitá 10 – 5 mm Destičkovitá 5 – 2 mm Lístkovitá pod 2 mm tloušťky
Plochy a hrany patrné ale ne výrazně				
Zrnitá 10 – 5 mm Jemně zrnitá 5 – 1 mm		v příčném řezu	v příčném řezu	

Rozrušování půdní struktury

Mechanické

- **dešťové kapky** dopadají na agregáty povrchu půdy a mechanicky je rozrušují
- **náhlé zvlhčení vyprahlých agregátů** povrchu půdy způsobuje jejich rozpad
- **pojízdním strojů** a každým kultivačním zásahem se rozrušují agregáty povrchové vrstvy
- mechanizmy s vysokými hodnotami měrného tlaku na půdu způsobují za vyšších vlhkostí rozrušování půdní struktury a tím **zhutnění půd až do hloubky 60 cm**

Chemické

- hnojením minerálními hnojivy s vysokým obsahem jednomocných kationtů Na^+ a K^+ se snižuje koagulace půdních koloidů a tím i stabilita půdní struktury.

Zlepšení (stabilizace) půdní struktury

- osevní postupy
- osevní postupy s pěstováním víceletých píceň (jetel, vojtěška)
- osevní postupy s pravidelným hnojením organickými hnojivy, nejlépe chlévským hnojem



Základní charakteristiky prostorového uspořádání půdních částic

S – půda jako celek:

V_s, m_s

Z – tuhá fáze (pevné částice):

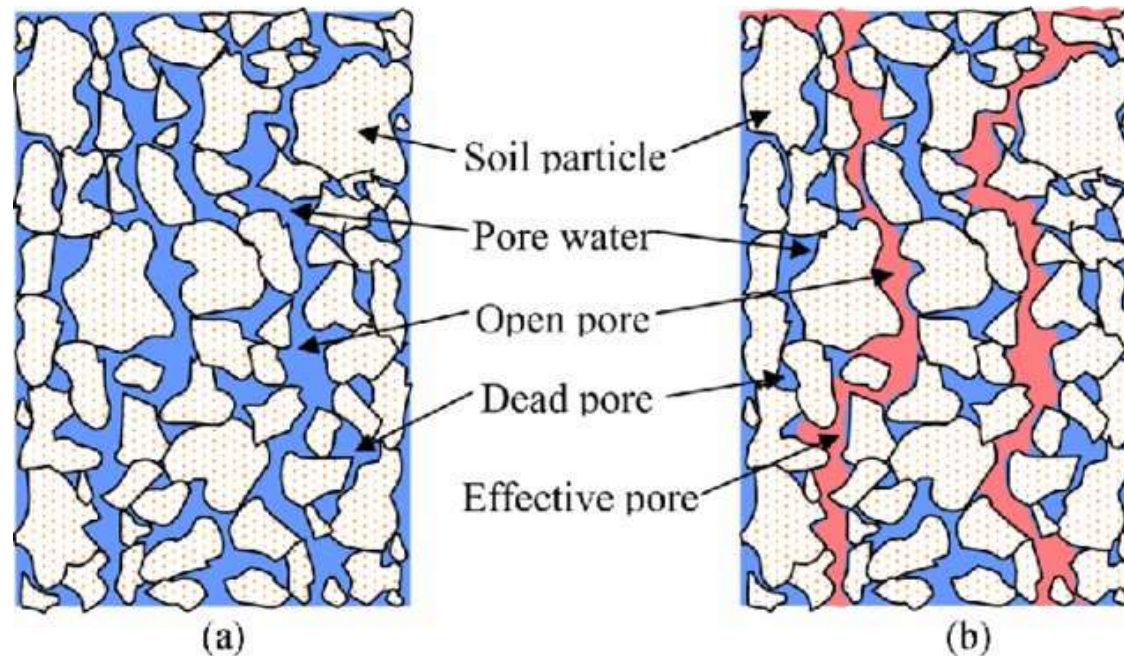
V_z, m_z

W – kapalná fáze (půdní roztok):

V_w, m_w

A – plynná fáze (půdní vzduch):

V_A, m_A



Objemová hmotnost redukována (objemová hmotnost zeminy po vysušení)

je hmotnost objemové jednotky (hustota) půdy v neporušeném stavu, po vysušení do konstantní hmotnosti.

Její hodnota je závislá na měrné hmotnosti a na podílu pórů v půdě.

$$\rho_d = m_z / V_s \text{ (kg.m}^{-3}\text{; g.cm}^{-3}\text{)}$$

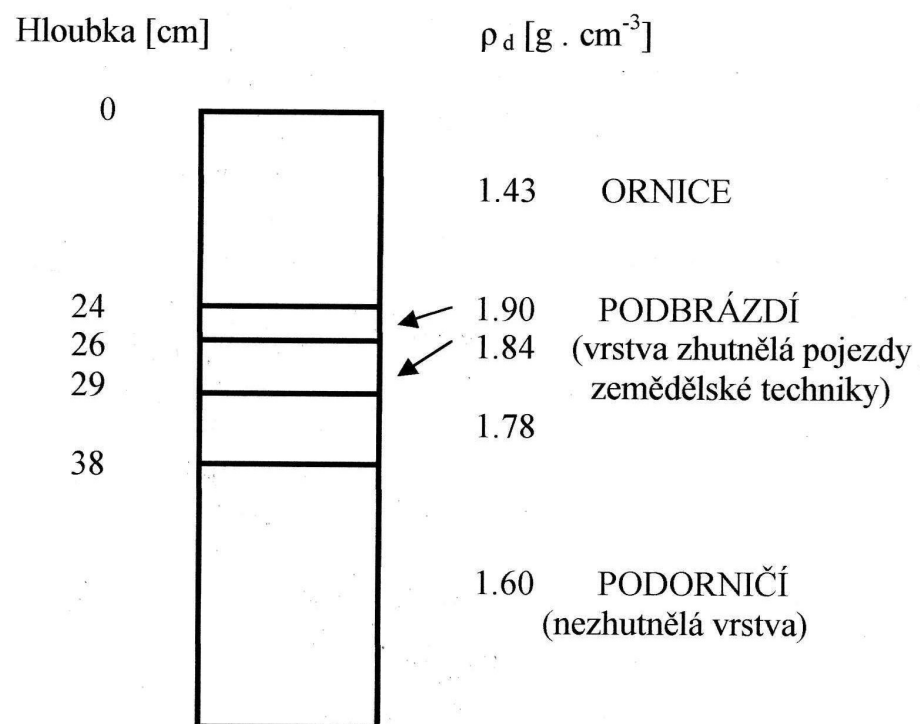
V humózním horizontu se nejčastěji pohybuje v rozmezí 1200 – 1600 kg.m⁻³, v podpovrchových horizontech tato hodnota zpravidla vzrůstá na 1600 – 1800 kg.m⁻³.

Objemová hmotnost redukovaná indikuje kyprost či ulehlost půdy.

**Kritické hodnoty objemové hmotnosti redukované
podle Lhotského (1984) v kg/m³**

půdní druh	J	JV, JH	H	PH	HP	P
ρ_d kritické	>1350	>1400	>1450	>1550	>1600	>1700

Příklad změn objemové hmotnosti redukované v profilu orné půdy.





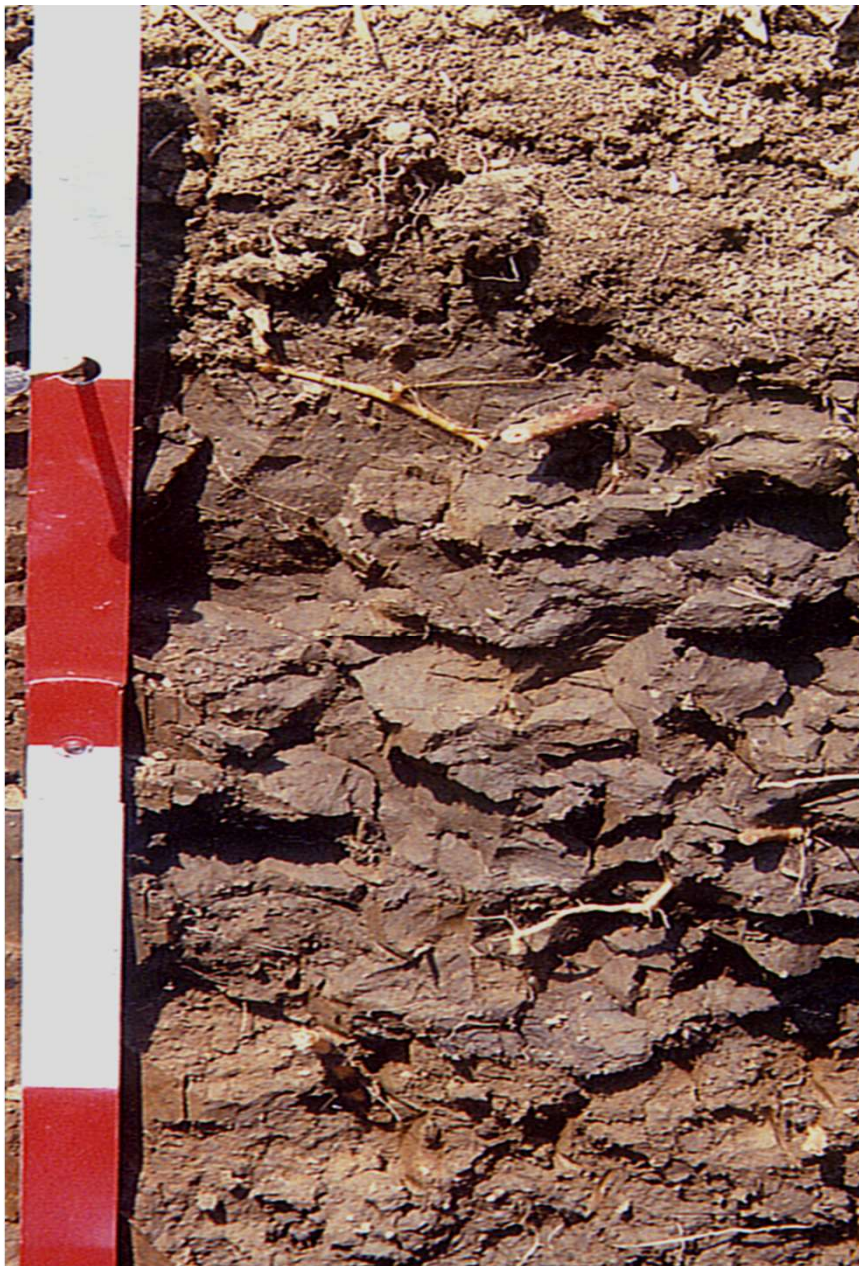


Foto E. Pokorný

Půdní pórovitost.

Prostory půdy nezaplněné tuhou fází nazýváme půdní póry. Poměr objemu pórů V_p k celkovému objemu půdy V_s v přirozeném uložení se nazývá **pórovitost půdy**:

$$P = V_p / V_s \cdot 100 (\%)$$

Můžeme ji vypočítat z měrné hmotnosti a objemové hmotnosti redukované:

$$P = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s \cdot 100 (\%)$$

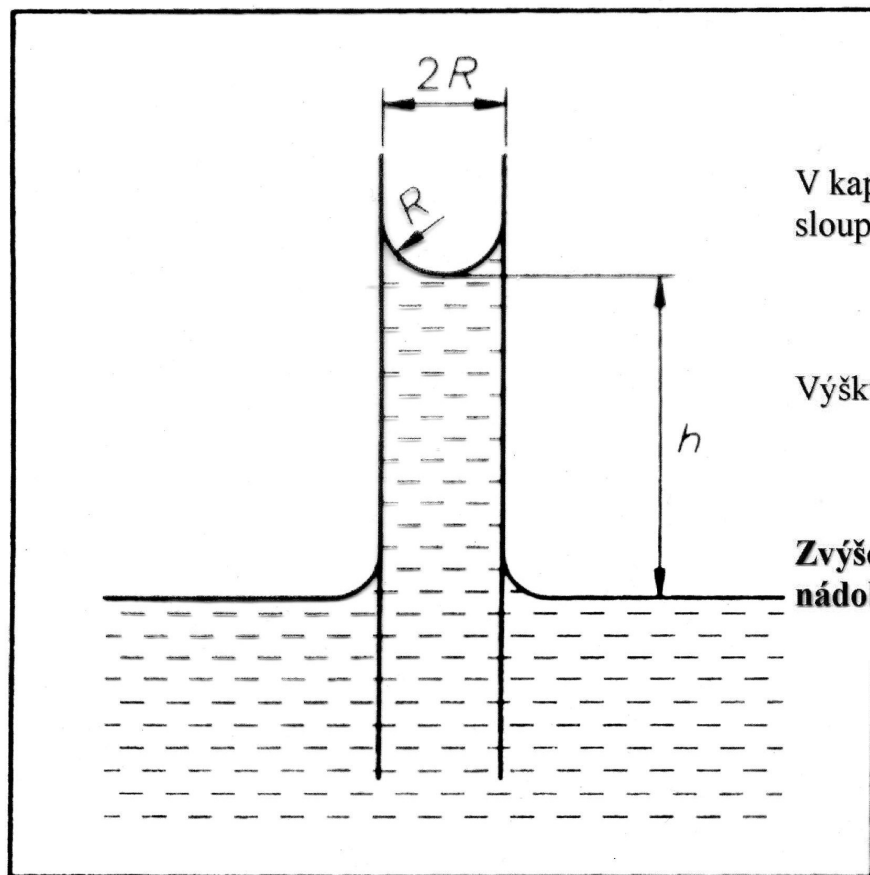
Celková pórovitost, podobně jako objemová hmotnost reduková, vyjadřuje míru kyprosti či ulehlosti půdy.

Kritické hodnoty pórovitosti (%) podle Lhotského (1984)

půdní druh	J	JV, JH	H	PH	HP	P
P kritické	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38

Pro funkci pórů je významná jejich velikost. Póry se třídí zpravidla podle druhu a velikosti sil, které působí na vodu v nich obsaženou.

Kapilární póry jsou ty, v nichž je voda ovládána kapilárními silami. Ty vodu zadržují v dané hloubce a umožňují její pohyb z hladiny podzemní vody proti působení gravitace. V těchto pórech probíhají chemické, fyzikálně-chemické a biologické pochody. Ve strukturních půdách se nachází téměř výhradně **uvnitř agregátů**.



V kapiláře vystoupí kapalina do takové výšky **h** , při které hydrostatický tlak odpovídající sloupci kapaliny výšky **h** je stejný jako kapilární tlak. Má-li kapalina hustotu **ρ** , pak platí:

$$h\rho g = 2\sigma / R. \quad (\sigma - \text{povrchové napětí})$$

Výšku **h** při kapilární elevaci vypočítáme podle vztahu:

$$h = 2\sigma / \rho g R.$$

Zvýšení volné hladiny v kapiláře vzhledem k volnému povrchu kapaliny ve vnější nádobě je nepřímo úměrné poloměru kapiláry.

Nekapilární póry charakterizuje neomezené působení gravitace na vodu, která se v nich volně pohybuje směrem do nižších vrstev a na její místo se dostává vzduch. Významně se podílejí na výměně plynné fáze mezi půdou a ovzduším.

Ve strukturních půdách se nachází především **mezi agregáty**.



Technologické vlastnosti půdy

Uléhavost (sléhavost) je přirozený proces, při kterém kyprá půda (např. po kultivačním zásahu) postupně usedá, až dosáhne přibližně rovnovážného stavu.

Tento proces je vyvolaný především hmotností půdy a gravitací.

Průběh uléhavosti je ovlivněn zrnitostním složením, strukturou, obsahem (a kvalitou) půdní organické hmoty a vlhkostí půdy.

Výsledkem uléhavosti je **hutnost půdy**, která vyjadřuje hustotu přirozeného uložení půdních částic. Uléhavost a hutnost se projevují zvýšením objemové hmotnosti suché zeminy (redukované) půdy a snížením pórovitosti, především nekapilární.

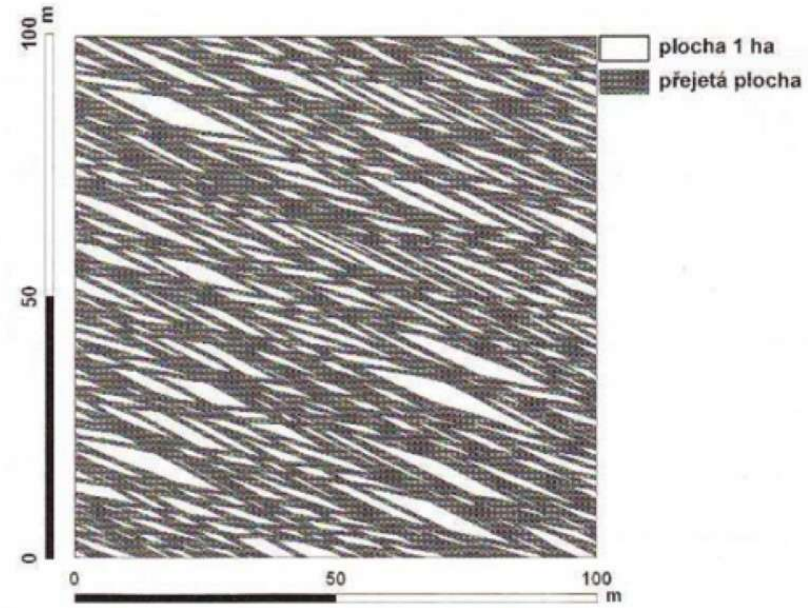
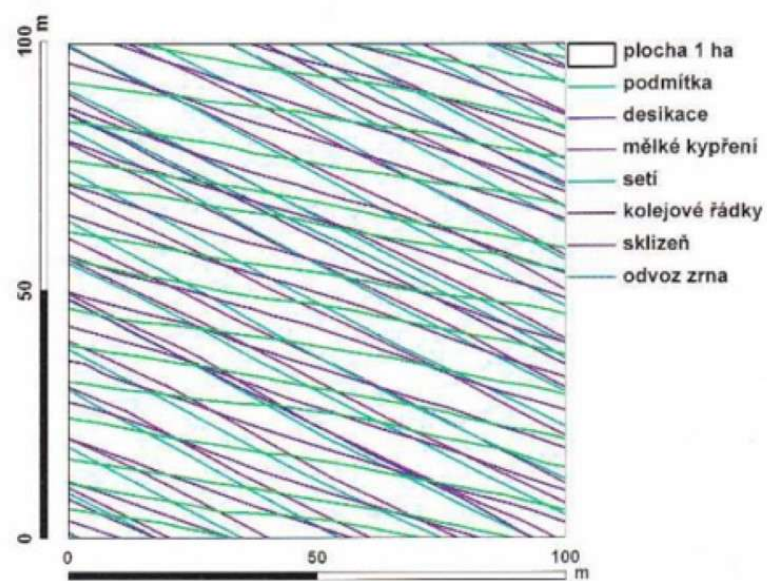
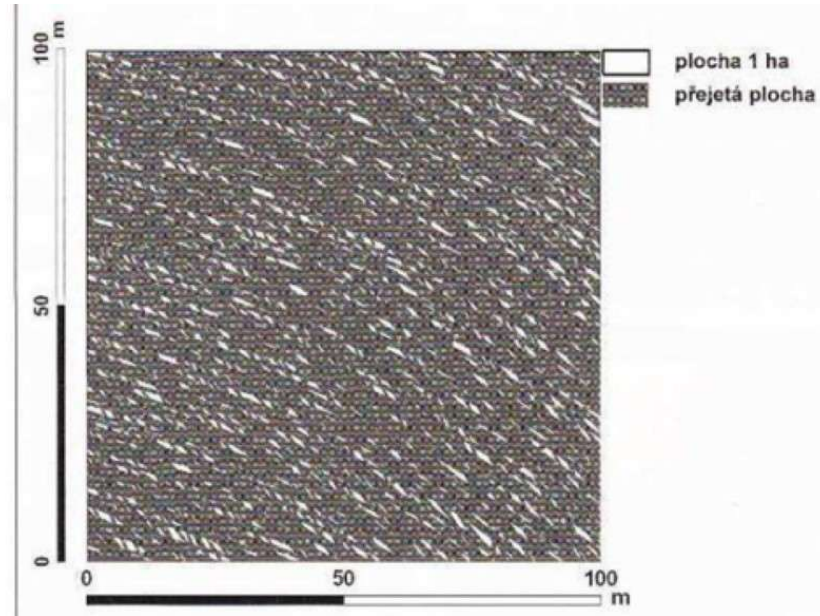
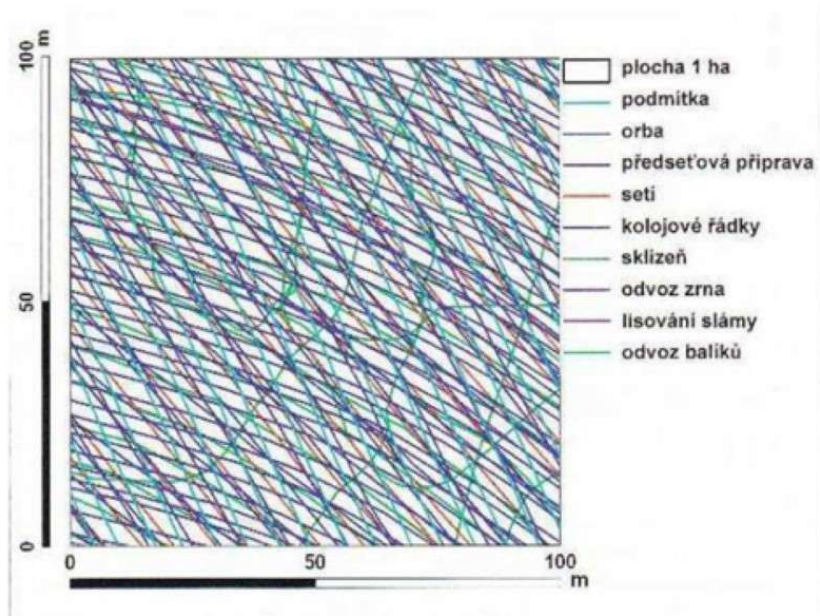
Mění se během ročních období, působením porostu, působením výraznějších dešťových srážek a zejména obděláváním (tlakem nářadí a naopak kypřením).

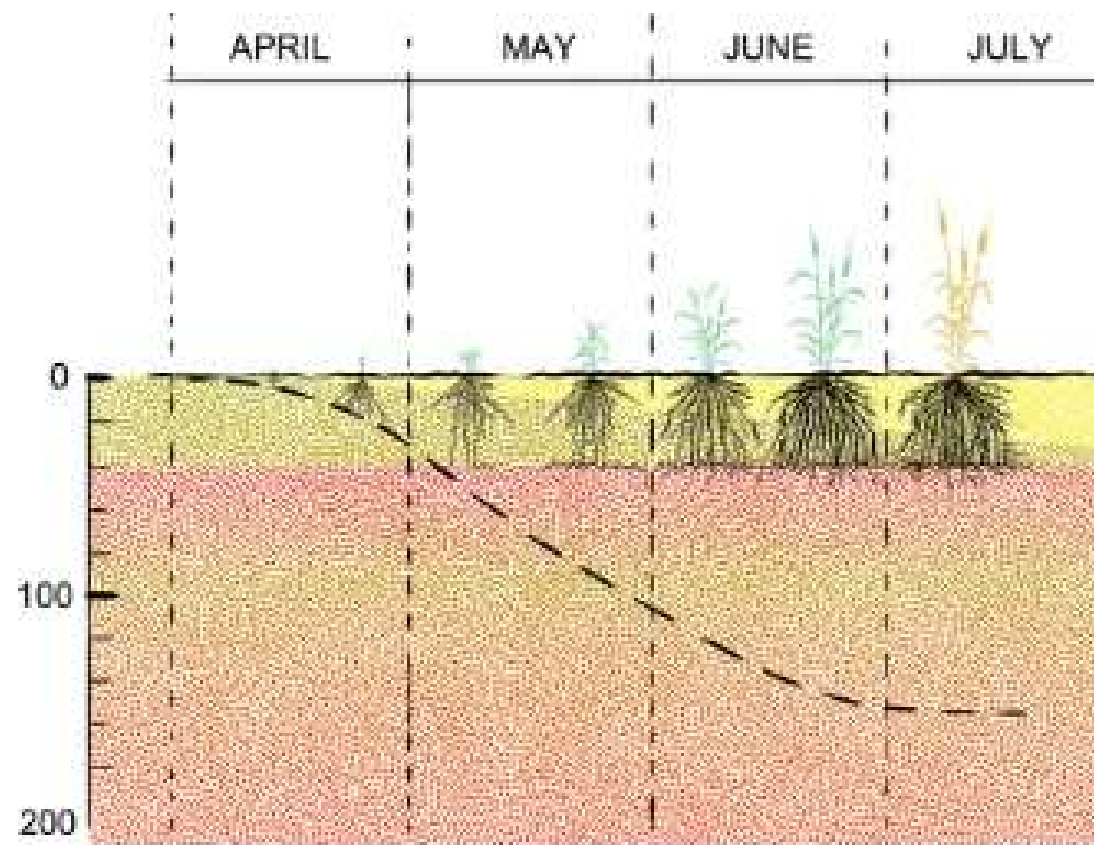
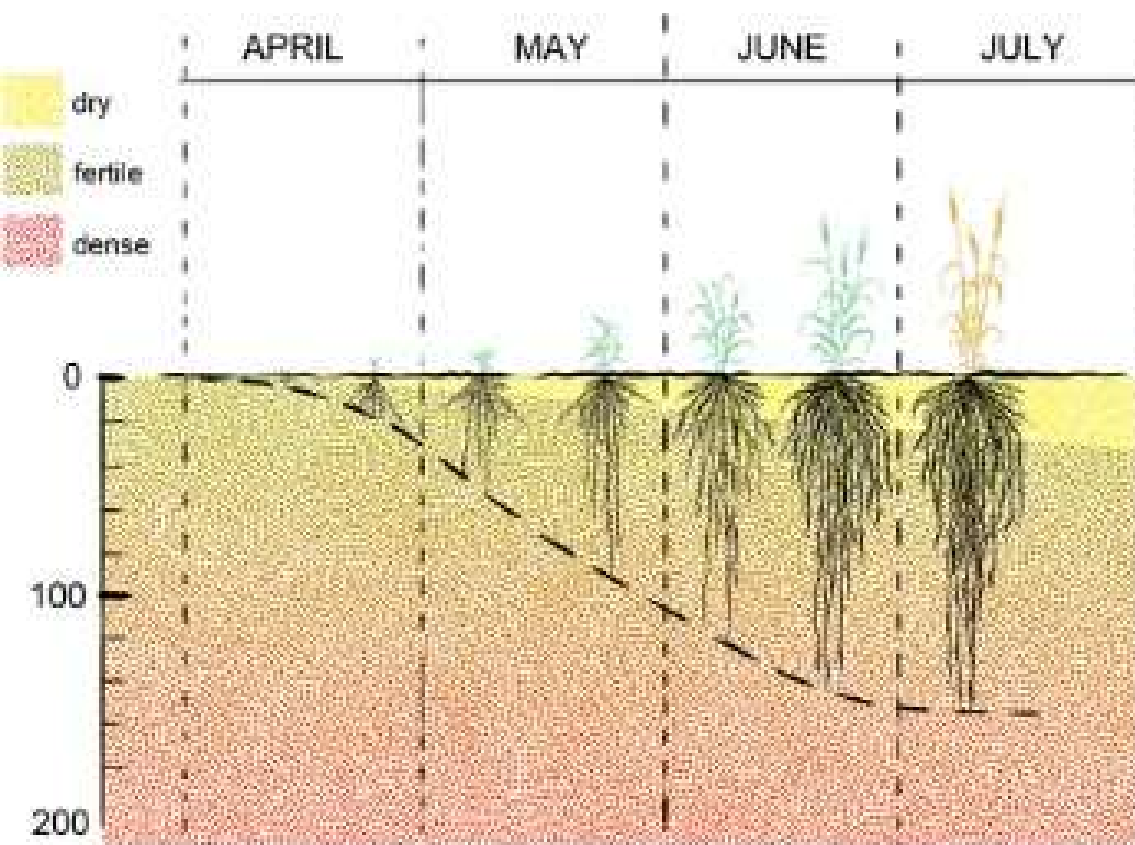
Přípustná a riziková objemová hmotnost půdy (g.cm⁻³) pro některé plodiny (u středně těžkých půd)

	přípustná	riziková
Pšenice ozimá	1,45 – 1,50	1,60
Žito ozimé	1,35 – 1,40	1,55
Ječmen jarní	1,35 – 1,45	1,50
Oves	1,50 – 1,55	1,60
Kukuřice	1,50 – 1,55	1,60
Luskoviny	1,15 – 1,20	1,30
Cukrovka	1,00 – 1,10	1,35
Brambory	1,00 – 1,15	1,25

Hlavním způsobem ochrany půd proti tomuto degradačnímu procesu je prevence. Musí být dodržovány následující zásady:

První je nepřekročení přípustných kontaktních tlaků na půdu a snížení počtu přejezdů po poli.





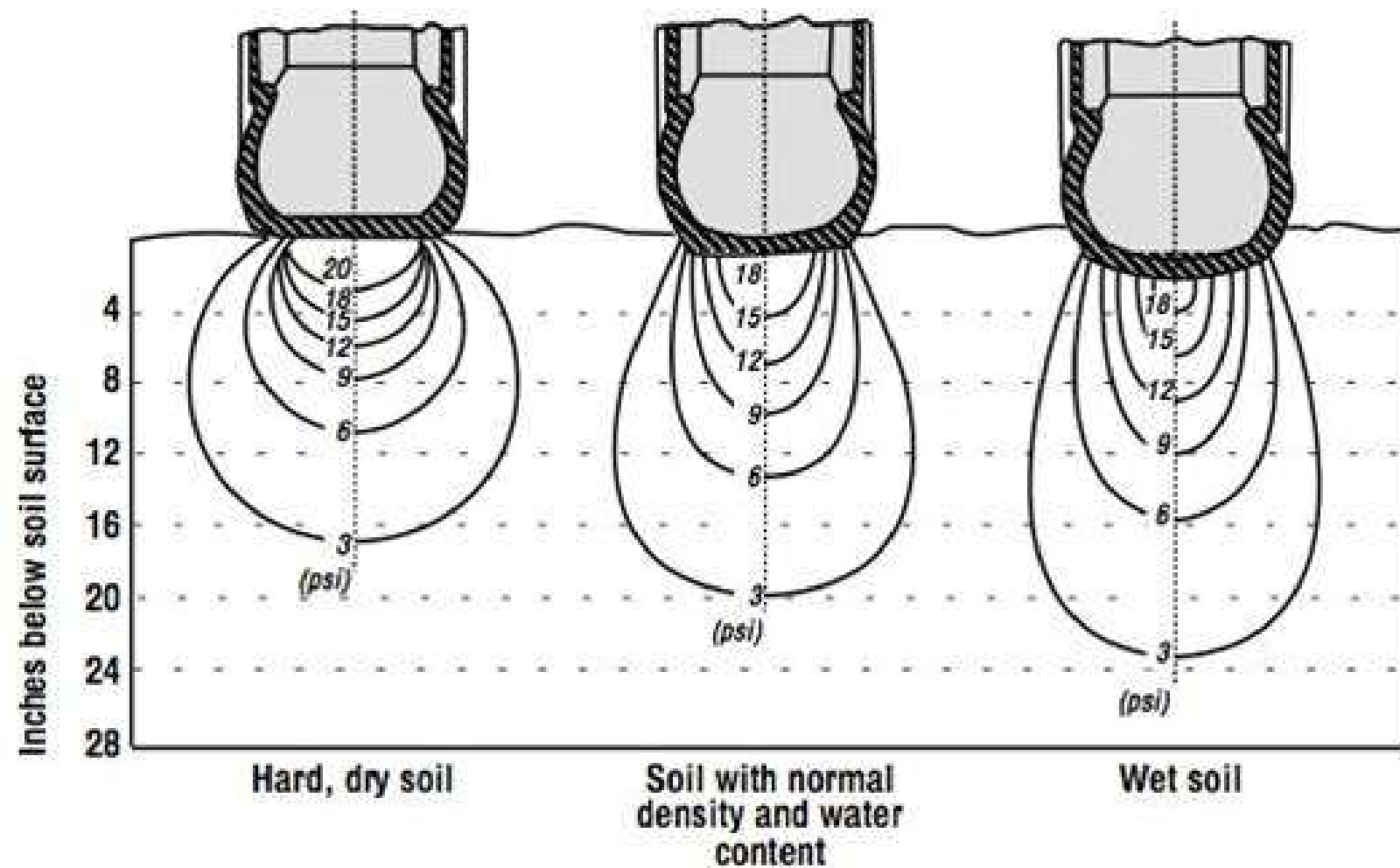
ilustrace růstu kořenů v průběhu času ve zdravé půdě a utužené půdě. Pšenice (kořeny) si například sahá pro živiny až do hloubky 120 cm, kde kořeny nacházejí důležité stopové živiny a kde je voda k dispozici i po vyschnutí horních vrstev půdy. Vpravo vidíte efekt zhutnění půdy. Kořeny rostou ploché a v suchých obdobích nemají přístup k vodě. (<https://www.sedewa.com/tech.html>)

Celkové zatížení náprav

zařízení	t/náprava
4WD traktor	7–13
sklízecí mlátička (prázdná)	9
sklízecí mlátička (plná + žací lišta)	13
cisterna s kejdou (15 500 l)	10–12
dálniční povrch (projektované zatížení)	10–13

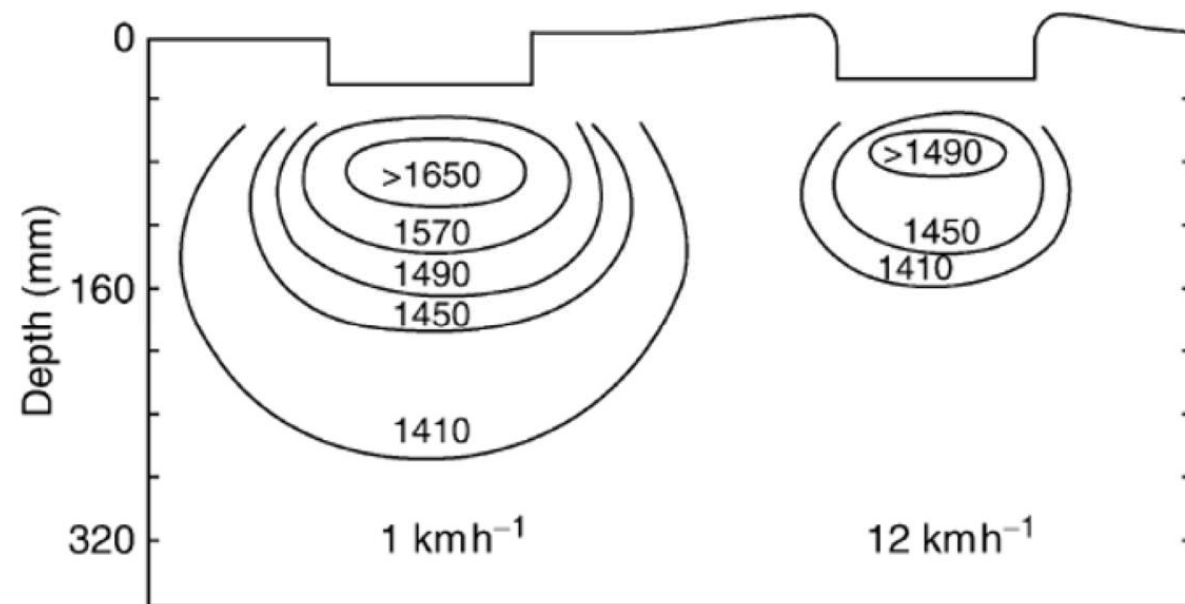
VOORHEES, 2002

Effect of soil moisture on load penetration under a tractor tire. (Tire size 11-28 inches; load 1,650 lb; inflation pressure 12 psi.)



Source: USDA, adapted from Soehne 1958.

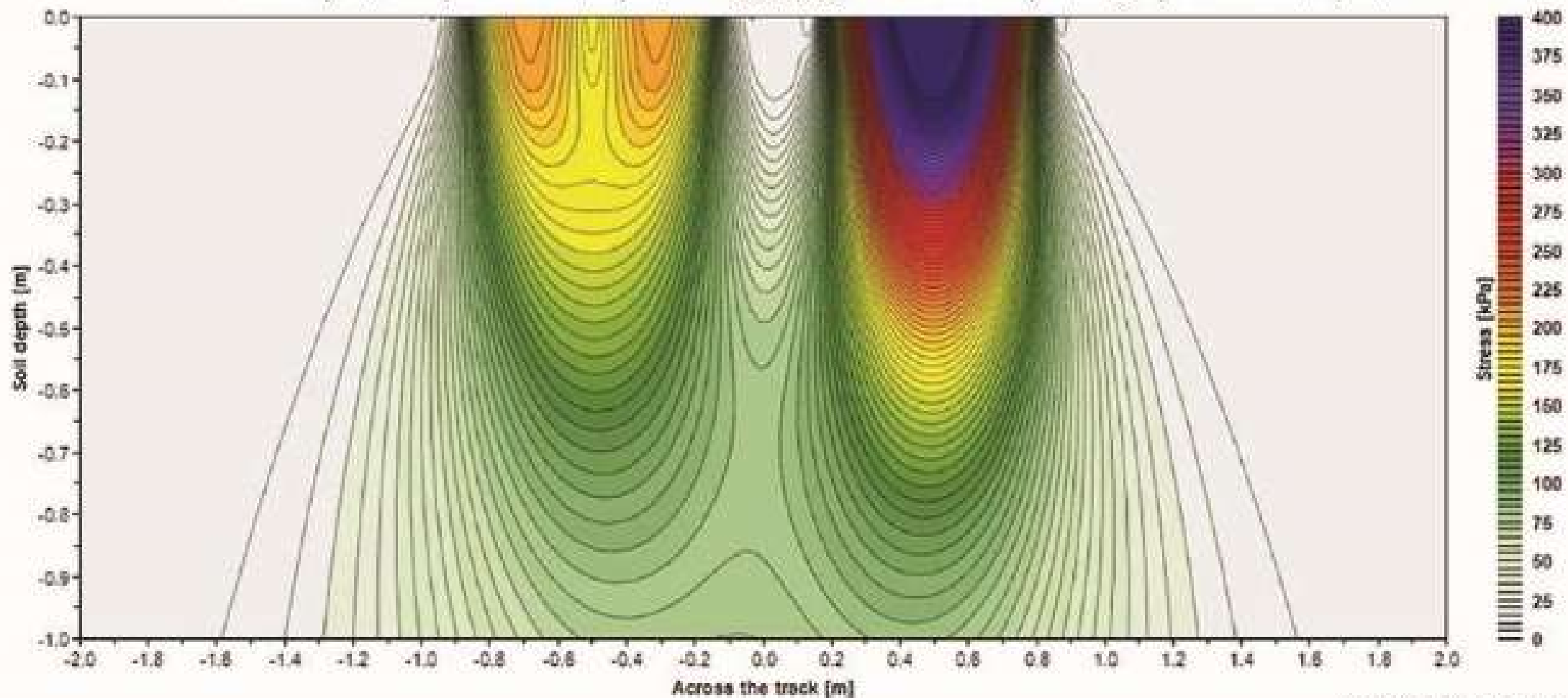
Vliv pojezdové rychlosti na objemovou hmotnost pod koly traktoru
(Karczewski, 1978, In: Chesworth, 2008)



Wide tyre, low pressure (20psi)

Soil stress

Narrow tyre, high pressure (60psi)



SOURCE Dr Peter Fisher

<https://groundcover.grdc.com.au/agronomy/soil-and-nutrition/rules-of-thumb-provide-insight-into-soil-compaction>

Měrný tlak (přenášený na půdu koly mechanizačních prostředků):

- nepoužívat těžké tažné prostředky,
- pro náročnější práce používat traktory s pohonem všech kol nebo pásové
- všechny stroje a nářadí by měly mít stejnou stopu jako traktor,
- při orbě jezdit všemi koly po záhonu, pokud možno se vyhnout jízdě v brázdě,



Druhou je dodržení vhodné vlhkosti půdy při zpracování půdy v celé mocnosti zpracovávané půdy!!

Konzistenční stavy (vlhkost)



Při zpracování půdy se vyžaduje vlhkost půdy, za které je **v celé orniční vrstvě drobivá**, což odpovídá **konzistenčnímu stavu pevnému**.

Je-li půda sušší, dochází k vylamování velkých, tvrdých hrud a odpor půdy je veliký.

Je-li vlhčí, pak nedochází k drobení, ale k plastické deformaci půdy.



Rozprašování půdy

spočívá v rozpadu strukturních elementů na jednotlivé částice (elementy zrnitosti), hlavně prachu a jemného písku.

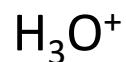


Stupeň rozprašování je podmíněn vyschnutím půdy a závisí na zrnitosti půdy, stabilitě struktury a obsahu humusu. Vyvolává je časté vláčení a smykování přeschlého povrchu půdy. Ochranou proti rozprašování jsou všechna opatření k zvyšování stability struktury a opatrnost při zpracování suchých půd vláčením a smykováním.





PŮDNÍ REAKCE



Koncentrace H^+ iontů může být od 10^{-14} do 10^0 mol / l

pH = - log (H^+), kde

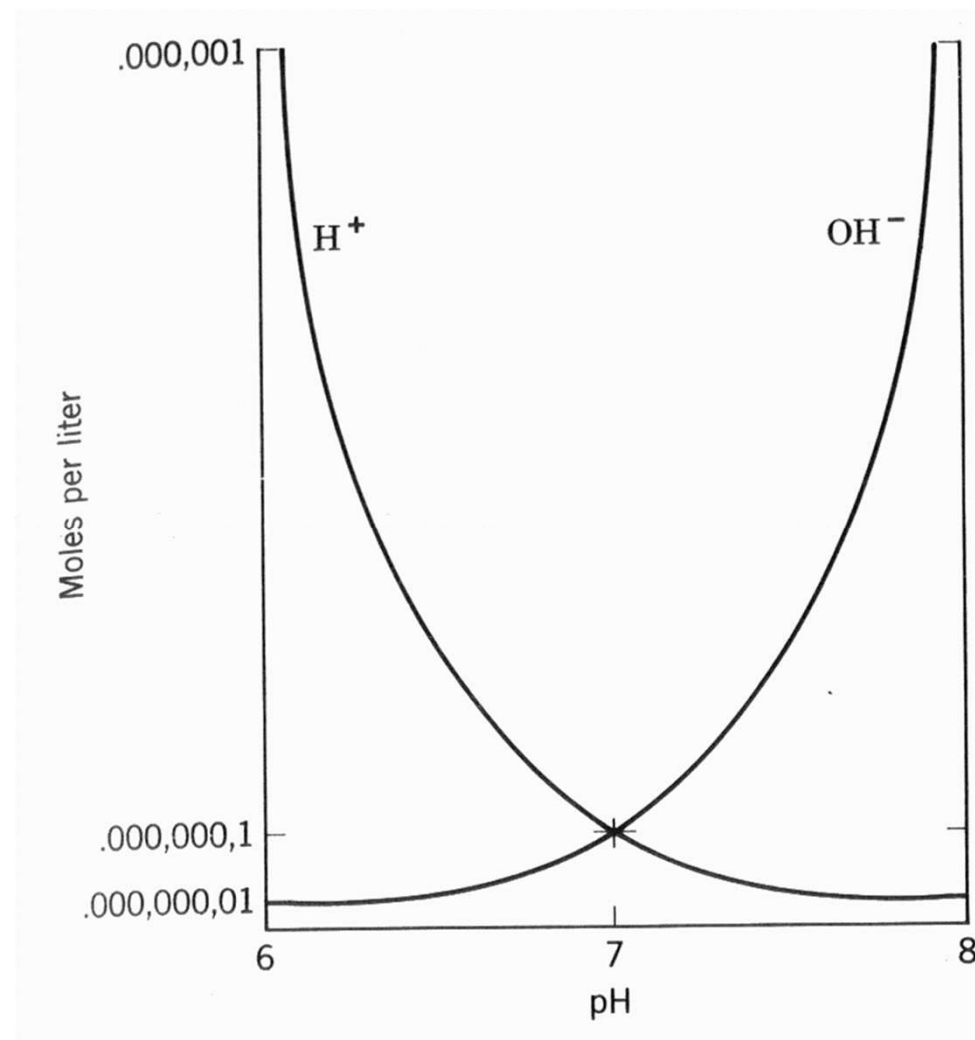
(H^+) – aktivita vodíkových iontů .

Termín pH pochází z francouzského „pouvoir hydrogene“, tj. síla vodíku.

Při 25 °C v čisté vodě je vztah mezi aktivitou (koncentrací) OH^- a H^+ iontů:

$$K_w = (\text{H}^+) (\text{OH}^-) = 1,0 \times 10^{-14}, \text{ kde}$$

K_w - iontový produkt disociace vody.



Formy (typy) půdní reakce

Aktuální forma $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$

aktivní reakce: aktivita (koncentrace) H_3O^+ v suspenzi půdy a vody

Potenciální forma pH_{KCl} , V_a

→ výměnná reakce

schopnost půdy měnit pH roztoků neutrálních solí

→ hydrolytická reakce H_a

schopnost půdy měnit reakci roztoků hydrolyticky štěpitelných solí

Kyselé půdy...

v ČR 1,6 milionu ha

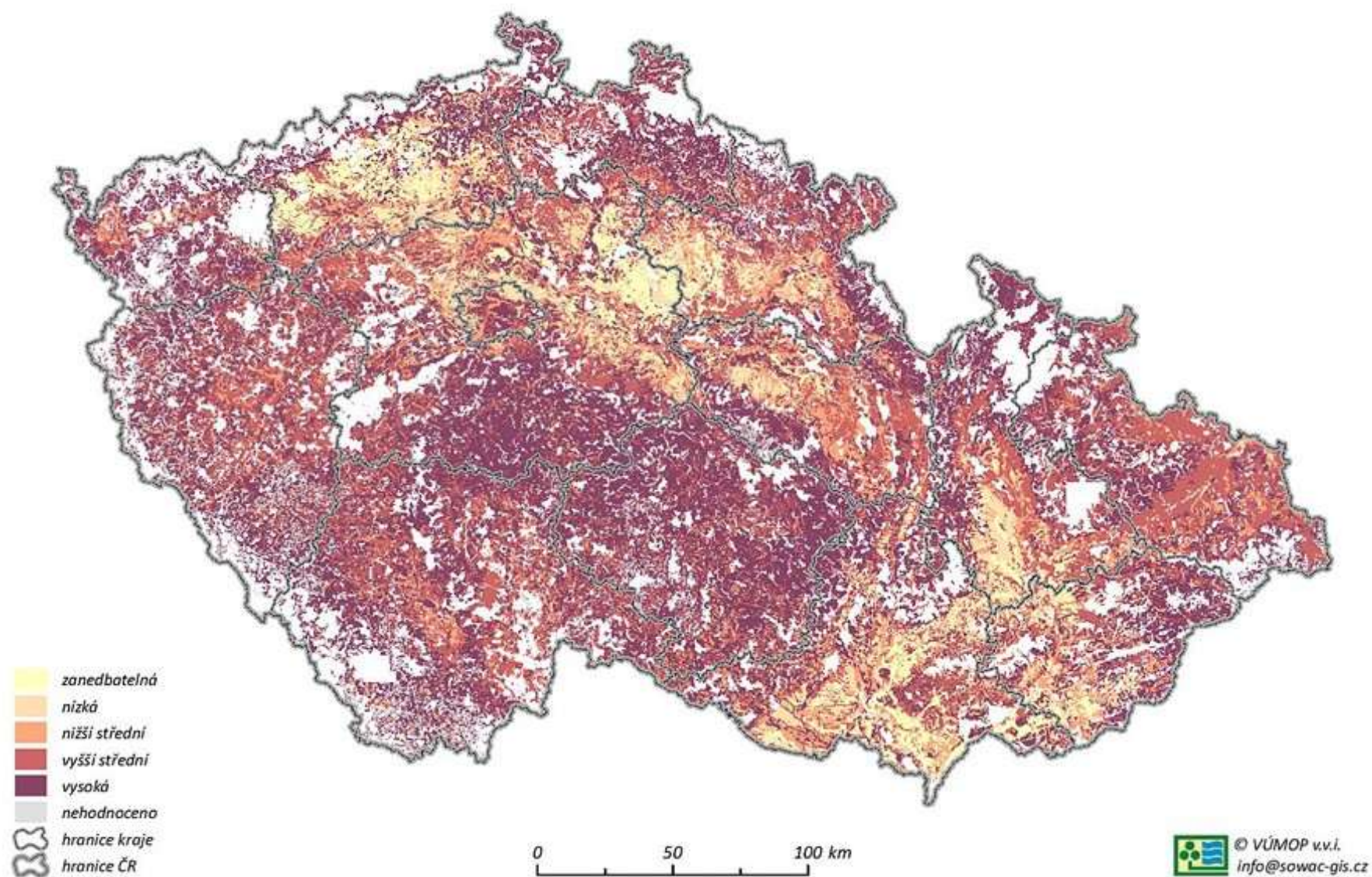
půdní reakce úzce souvisí s pedogenetickými procesy, podléhá změnám a mění se v průběhu roku

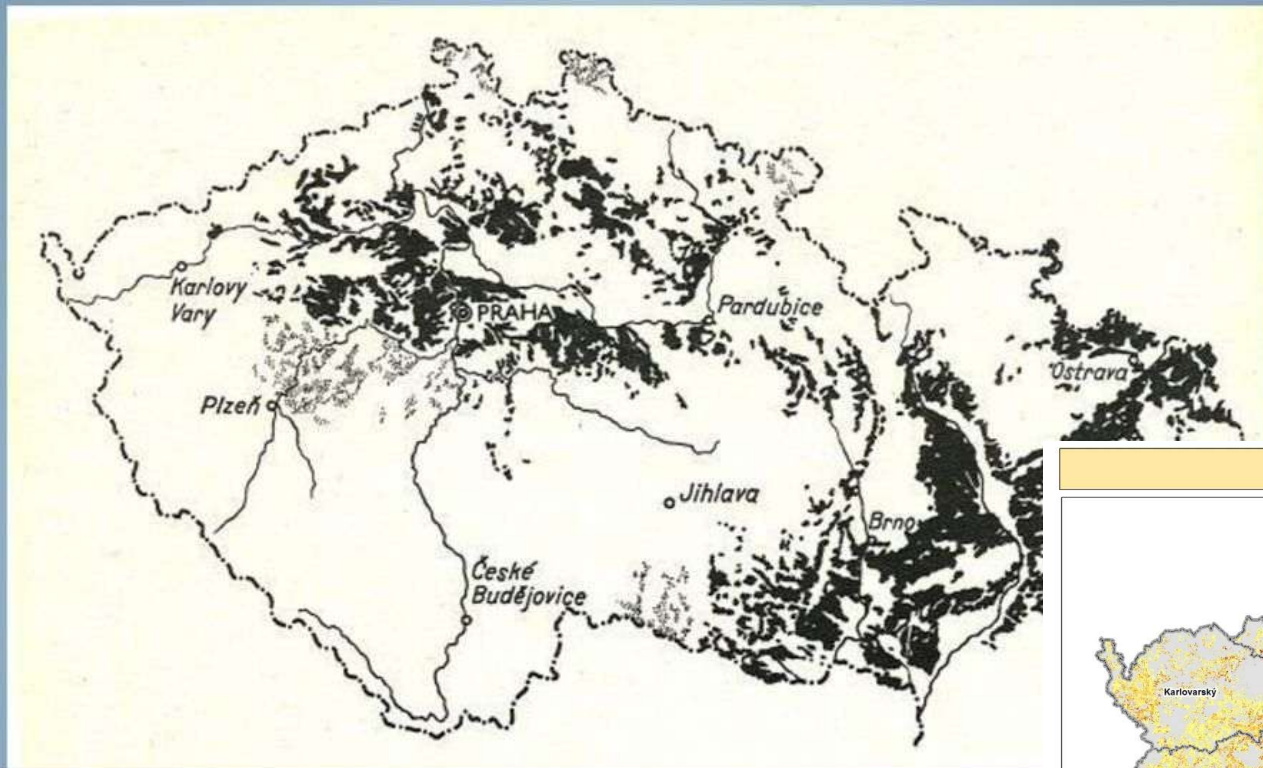
nejpříznivější neutrální reakce pH 6,5 – 7,2

Příčiny kyselosti

- nedostatek vápníku (hořčíku) zvyšuje se množství organických kyselin, a zastoupení solí železa a hliníku
- kyselé půdotvorné substráty (rula, svor, fylit, křemité horniny)
- sekundární okyselení půd (srážková voda)
- vysoké dávky průmyslových hnojiv (fyziologicky kyselá hnojiva)
- průmyslové emise

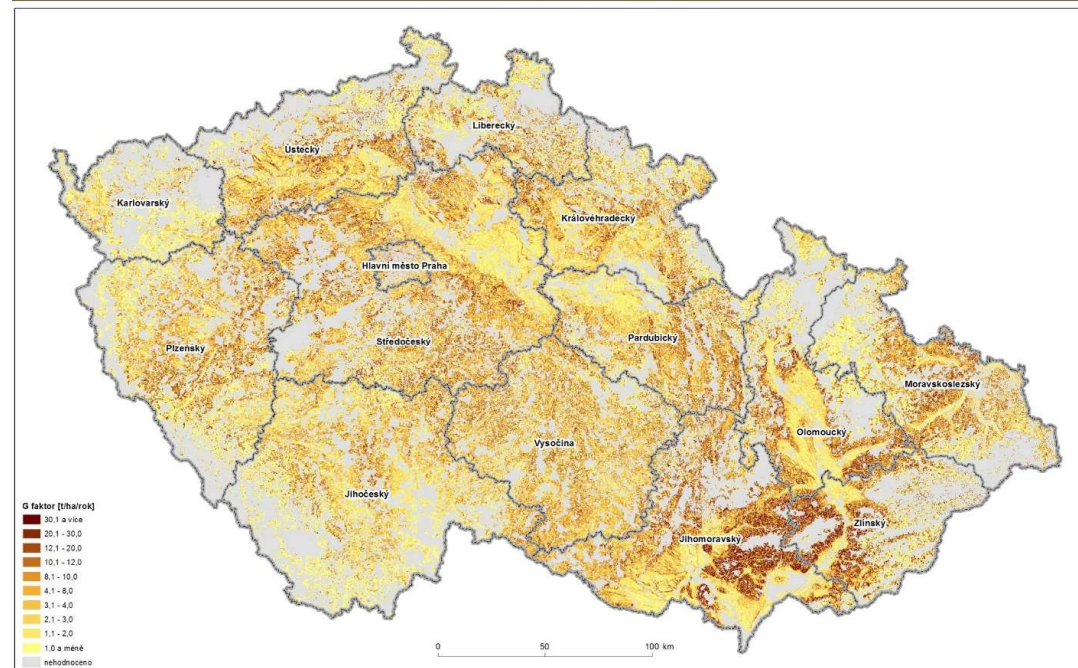
Potenciální zranitelnost půd acidifikací





Rozšíření spraší na území České republiky

Průměrná dlouhodobá zráta půdy (G)



hranice kraje hranice ČR

zdrojová data: G 2016 (© VÚMOP v.v.i.)
 správní hranice: © CUZP, 2016
 software: ArcGIS 10.4

© Vojtěch Václavík a kolektiv
<http://www.vumop.cz>
<http://www.geoportal.vumop.cz>
info@vumop.cz

Hodnocení půd dle výměnné půdní reakce

pH_{KCl}	Hodnocení
méně 4,5	silně kyselá
4,6 – 5,5	kyselá
5,6 – 6,5	slabě kyselá
6,6 – 7,2	neutrální
více než 7,2	alkalická

Příčiny a zdroje kyselosti půd

- a) **Mateční horniny** a půdotvorné substráty s nízkým obsahem bazických kationtů: kyselé vyvřelé a proměněné (metamorfované) horniny,
- b) **Oxid uhličitý**, produkovaný v biologicky činných půdách, který se rozpustí v půdním roztoku a reaguje s vodou za vzniku kyseliny uhličitě po jejíž disociaci se uvolňují H^+ ionty. Při obsahu 0,3% CO_2 v půdním vzduchu je pH jeho rovnovážného půdního roztoku 5,22 a při obsahu 1% CO_2 je pH roztoku 4,95 (při 18°C),
- c) **Organické kyseliny**. Vrstva nadložního surového humusu z opadu jehličnatých stromů se rozkládá za vzniku velkého množství organických kyselin, které se rozpouští v dešťové vodě, zasakují s ní do půdy a svou silnou kyselostí působí hydrolytickou destrukci alumosilikátů,

- d) **Oxidací sloučenin síry,**
- e) **Aplikací fyziologicky kyselých průmyslových hnojiv** dochází k okyselování v důsledku preference odběru některých iontů rostlinami,

Ekvivalenty v kg na 100 kg hnojiva

	CaO	CaCO₃
Ledek amonný s váp. (25 %)	- 10	- 17
Dam-390	- 29	- 52
Dusičan amonný	- 33	- 60
Močovina	- 46	- 82
Síran amonný	- 63	- 112
Amofos	- 35	- 62
Fostim (8-24)	- 17	- 30

- f) **Silně kyselé dešťové srážky.**

Úprava reakce půdy

Kyselost půdy se běžně odstraňuje vápněním, které sníží množství adsorbovaných vodíkových iontů, zvýší pH a sorpčně nasytí půdu vápníkem. Potřebu vápnění definujeme jako množství vápenaté hmoty, kterou musíme do půdy dodat, aby se její reakce upravila na optimální hodnotu.

Aktuální reakce není vhodným kritériem potřeby vápnění, protože se nebere v úvahu potenciální výměnná kyselost, ani ústojná schopnost půdy.

Ke stanovení potřeby vápnění je využívána metoda **titračního stanovení výměnné půdní reakce k požadované hodnotě pH** nebo **tabulkové údaje**, kde **příslušné hodnotě výměnné reakce odpovídá dávka korektiva**.

Používaná korektiva: mletý vápenec, dolomitický vápenec, saturační kaly, hašené vápno atd.

Význam reakce půdy

Reakce půdy silně ovlivňuje proces vzniku a vývoje půd.

Při zvětrávání minerálů hornin, tvořících půdní substrát, hrají významnou roli adsorpce a difúze H^+ dovnitř krystalových mřížek a vyvolávají hydrolytický rozklad minerálů.

Reakce tedy určuje intenzitu zvětrávání minerálního podílu.

U půdotvorných procesů jejichž součástí je destrukce jílu (např. podzolizace,) a při translokaci produktů destrukce v profilu půdy hraje nejvýznamnější roli vysoká koncentrace H^+ , které disociují ze silných humusových kyselin(fulvokyselin).

Reakce půdy ovlivňuje složení půdní mikroflóry, mikrofauny i rostlinného pokryvu a naopak, ovlivňuje tak půdotvorný proces.

Většina rostlin nemůže růst na půdách s pH pod 3,5 a nad 9.

Při slabě kyselé až neutrální reakci (pH v mezích 6 - 7) jsou rostlinné živiny maximálně přístupné rostlinám.

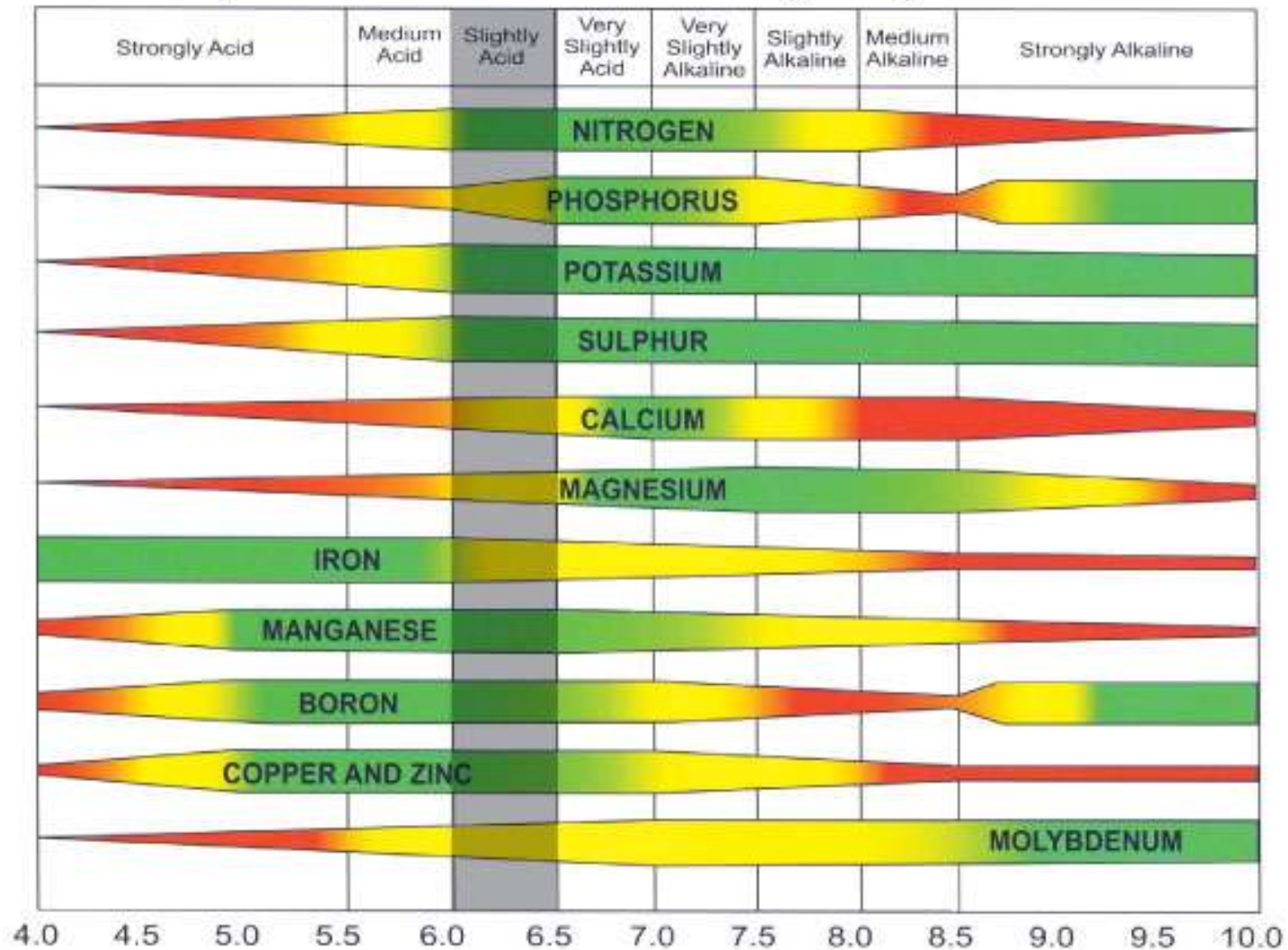
- Odběr rostlinami 140–400 kg Ca/ha
- Vyplavení 80–350 kg Ca/ha

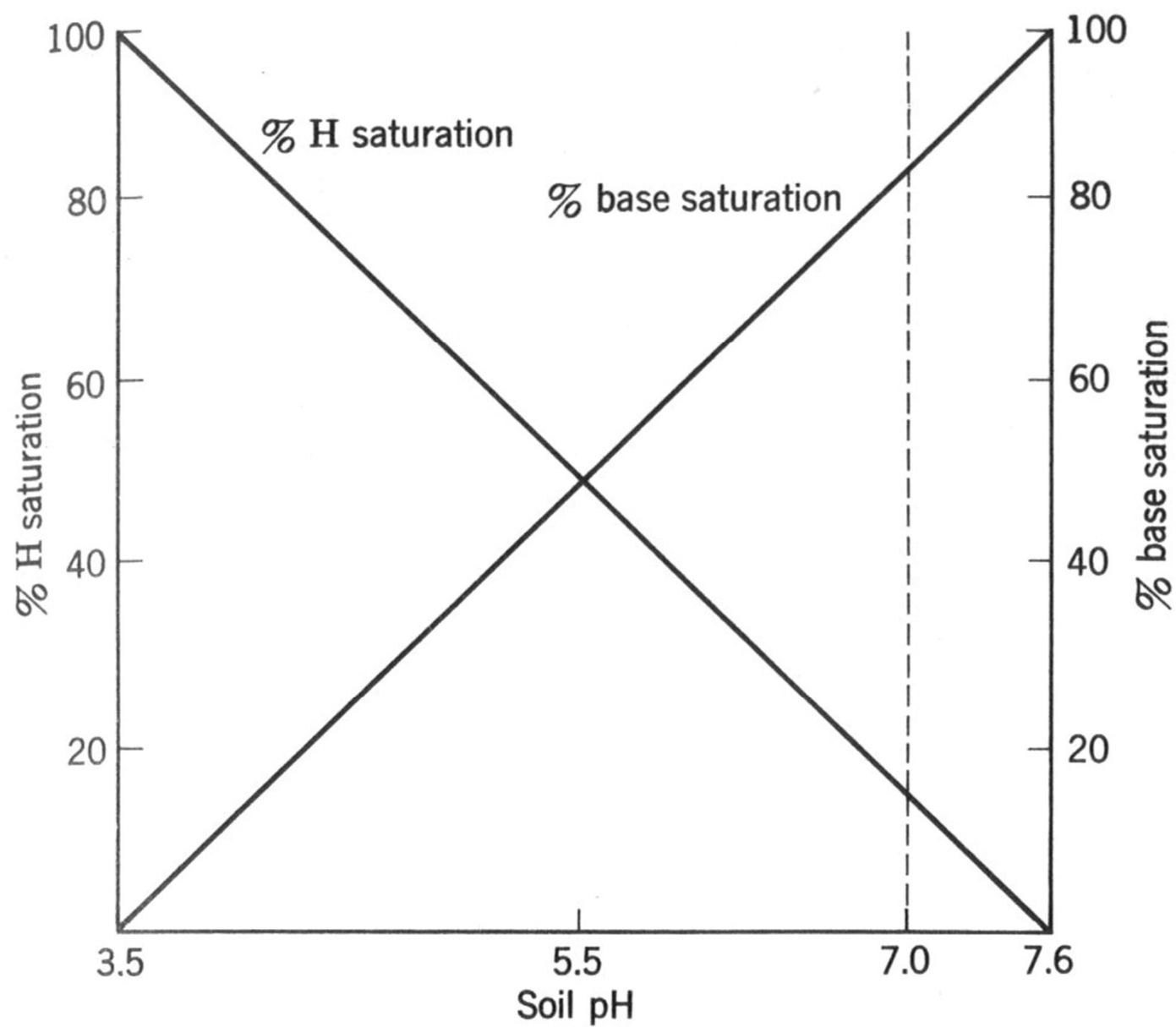
Citlivé plodiny (pH 6,5-8)	Vojtěška, ječmen, cukrovka, hořčice, řepka, hrách...
Plodiny snášející slabou kyselost (pH 5,5-6,5)	Pšenice, krmná řepa, jetel, bob, kukuřice
Rostliny mírně acidofilní (pH 5-6)	Oves, brambory, žito, pohanka
Rostliny acidofilní (pH 4-5)	Vlčí bob

U vojtěšek a jetele se snižuje výnos při pH pod 6 o 50 %, u většiny hospodářských plodin jako kukuřice a pšenice se výnos snižuje v průměru o 30-60 % při pH nižším než 5, u jarního ječmene je to až 80 %. Vápnění můžeme také doplnit o systémové věci: zvýšení sorpční schopnosti půdy aplikací organických hnojiv a pěstování na vápník náročných meziplovin pro jeho stabilizaci v půdním profilu. Jak naznačují vědecké studie, okyselování zpomaluje i omezené zpracování půdy.

Poškození půd okyselením

- zhoršení půdní struktury a provzdušněnosti tvorbou nekvalitního humusu
- pokles biologické aktivity
- snížení efektivnosti použitých hnojiv
- zhoršení úrodnosti
- snížení sorpční kapacity
- snížení pufrovitosti
- uvolnění kovů do prostředí





- má dvojí význam:
 - zlepšení kvality půdy
 - zlepšení výživy rostlin
- Kvalita půdy se po vápnění zlepšuje:
 - tvorbou drobtovité struktury
 - tvoří se kvalitní humus
 - zlepší se činnost mikroorganismů
 - zvýší se příjem kationtů (draslíku až o 92 % !!!)
 - zvýší se příjem fosforu (až o 30 %)
 - zvýší se výživa dusíkem (až o 21 %)

řídí se stupněm kyselosti a podle výsledků chemického rozboru

Nevyžadují jej půdy s obsahem uhličitánů nad 0,3 %

jsou dva typy vápnění

- meliorační (upravuje reakci zásadním způsobem, odstraňuje poruchy)
- udržovací (uchovává půdní reakci na požadované úrovni)

- vápnit v pozdním létě nebo na podzim (=před podmínkou nebo hlubokou orbou, aby se dobře promísilo)
- dodržet odstup mezi vápněním a organickým hnojením
- CaO nepoužívat z jara a u lehkých půd (stimuluje biologickou činnost, u lehkých půd by to znamenalo i zvýšenou mineralizaci...)
- pálené vápno rozmetat za suchého počasí
- slín rozhodit na podzim
- louky a pastviny vápnit po poslední seči/spasení
- na lehkých a středních půdách zapravit podmínkou a potom orbou
- na těžkých půdách rozdělit celkovou dávku na dvě – první zapravit podmínkou a druhou orbou

Optimální hodnota pH půdy u půd do 4 % humusu

Těžké půdy	6,2-6,8 (6-6,3 v BVO a PVO)
Středně těžké půdy	6,2-6,8 (6,0-6,3 v BVO a PVO)
Lehké půdy	5,7-6,0 (5,5-5,8 v BVO a PVO)

Při více než 4 % lze snížit dolní hranici pH o 0,2 – 0,4; pro citlivější plodiny se optimum udržuje mezi 6,8-7,2

Meliorační vápnění

tam kde je méně než 0,3 % CaCO_3 (jednorázová dávka 1,15 t CaO/ha a více)

Udržovací vápnění

pH 6-6,7 (k okopaninám a luskovinám), dávka 1,2 – 1,5 t CaO/ha jednou za 4-5 let v KVO a ŘVO a v kratším intervalu v BVO a PVO

Přesná dávka se vždy stanoví podle rozboru výměnné reakce (a upravuje se):

- sníží se o 25 % je-li v OP převaha žita, ovsa, brambor, jetele zvrhlého nebo slunečnice.
- sníží se o 30 % u jetele lučního, po němž následuje len
- zvýší se o 25 % následuje-li vojtěška nebo cukrovka
- vynechá se, pokud následuje lupina, tabák nebo mrkev

Půdní koloidy



Podle původu dělíme půdní koloidy na **minerální** a **organické**.

V našich půdách zpravidla převládají **minerální**. Ty jsou zastoupeny především **sekundárními aluminosilikáty** (druhotnými jílovými minerály). V menší míře **nerozpustnými fosfáty hliníku a železa, hydratovanými polymerními oxidy hliníku, železa a manganu, a jemně disperzními primárními minerály** (muskovit a křemen).

Organické koloidy půdy jsou tvořeny především **humínovými kyselinami a jejich solemi**. V menší míře se vyskytují **bílkoviny** a **lignin**.

Spolu s minerálními koloidy vytvářejí **organo-minerální koloidní komplex**.



Sorpční schopnost půd

Mechanismy sorpce

Podle způsobu poutání látek v půdě je možno vyčlenit tyto sorpční mechanismy:

- **mechanická sorpce** se uskutečňuje mechanickým zadržováním částic v jemných, zúžených či slepě končících pórech.
- **fyzikální sorpce** souvisí s povrchovými jevy na fázovém rozhraní. Projevuje se zvětšením koncentrace molekul na povrchu tuhé fáze a jejím poklesem v půdním roztoku při snížení volné povrchové energie.
- **fyzikálně chemická (výměnná) sorpce** se projevuje výměnou adsorbovaných kationtů za kationty z půdního roztoku v ekvivalentním poměru. Energie výměny kationtů je přímo úměrná jejich valenci a při stejné valenci jejich atomové hmotnosti.
- **chemická sorpce** váže ionty vytvářející za daných podmínek málo rozpustné sloučeniny zadržované v adsorpčních pórech tím více, čím nižší je produkt jejich rozpustnosti.

- **biologická sorpce** probíhá v důsledku životní činnosti edafonu a vegetace. Je selektivní (výběrová), protože jsou adsorbovány ty prvky které organismy potřebují k životu, dále je dynamická a pevná, tj. minerální látky a dusík jsou syntetizovány do organických sloučenin jejich těl a tak dokonale chráněny před rozpuštěním a migrací. Přístupné jsou až po mineralizaci odumřelých organismů.

Ukazatelé (parametry) sorpčních vlastností půd

1. **Obsah výměnných bází** je množství bází, které je právě sorpčním komplexem poutáno. Označuje se znakem "S" a jeho hodnoty jsou udávány milimolech chemického ekvivalentu (mmol) na 0.1kg zeminy. **Hodnoty** tohoto ukazatele **se mění během roku se změnami vlhkosti půdy a hnojením**. Pro určitý půdní typ má ustálenou hodnotu poměru mezi jednotlivými kationty.
2. **Výměnná sorpční kapacita** je označována znakem "T" nebo "KVK" - **kationtová výměnná kapacita**) a je udávána také v mmol/0.1kg zeminy. Je to celkové množství kationtů, které je sorpční komplex půdy schopen poutat na svém povrchu. Písčité půdy mají sorpční kapacitu 2 - 10, hlinité 20 - 30, jílovité 40 - 50 a organické půdy až 150 mmol na 0.1 kg půdy. Hodnota T se obvykle zvětšuje s vyšším podílem humusových koloidů v jádru sorpčního komplexu. (Všechny údaje jsou uváděny v milimolech chemického ekvivalentu na 0.1 kg půdy na vzduchu suché).

Hodnocení půd podle výměnné sorpční kapacity

Výměnná sorpční kapacita	T (KVK) (mmol / 0,1 kg)
Velmi vysoká	nad 30
Vysoká	25 – 30
Vyšší střední	18 – 25
Nižší střední	13 – 18
Nízká	8 – 13
Velmi nízká	pod 8

3. Stupeň sorpční nasycenosti (bazickými kationty) půdy je poměr okamžitého obsahu výměnných bází (S) k maximální výměnné sorpční kapacitě (maximálně možnému obsahu výměnných kationtů) (T). Tato hodnota je označována znakem "V" a je vyjadřována v procentech maximální výměnné sorpční kapacity:

$$V = \frac{S \cdot 100}{T} (\%)$$

Hodnoty V jsou určitým charakteristickým údajem pro jednotlivé půdní typy.

Hodnocení půd podle stupně sorpčního nasycení

Stupeň sorpčního nasycení	V (%)
Plně nasycená	90 – 100
Nasycená	75 – 90
Slabě nasycená	50 – 75
Nenasycená	30 – 50
Extrémně nenasycená	pod 30

Druhy sorpčního komplexu

1. Komplex sorpčně nenasycený
2. Komplex nasycený dvojmocnými kationty
3. Komplex s vysokým zastoupením jednomocných kationtů

Komplex sorpčně nenasycený

je charakterizován převahou sorbovaných vodíkových iontů. Půdy s tímto sorpčním komplexem označujeme jako **půdy sorpčně nenasycené**.

Reakce je v různém stupni kyselá, humus (půdní organická hmota) převážně ve formě pohyblivých sloučenin kyselého charakteru, fulvokyselin.

Nedostatek dvojmocných kationtů podmiňuje vznik nestabilní struktury, která je velmi snadno rozrušována.

Humidní klima a nedostatek Ca v půdotvorném substrátu a následně v půdě jsou předpokladem vzniku nenasyceného sorpčního komplexu.

Komplex nasycený dvojmocnými kationty

Půdy s tímto sorpčním komplexem označujeme jako **půdy sorpčně nasycené**. Vyznačují se převahou výměně poutaných iontů Ca^{2+} a Mg^{2+}

Reakce těchto půd se pohybuje kolem neutrální hodnoty, mají značnou pufrací schopnost, dobrou agregační schopnost a vodotěsnou strukturu.

Humus (půdní organická hmota) je tvořen převážně vysoce kondenzovanými humínovými kyselinami a jejich vápenatými solemi, v půdě nepohyblivými.

Fyzikální stav těchto půd je velmi příznivý. Půdy se sorpčním komplexem nasyceným se tvoří v sušším až mírně vlhkém klimatu na půdotvorných substrátech zásobených dvojmocnými kationty a poskytují velmi dobré podmínky pro růst a vývoj kulturních rostlin.

Komplex s vysokým zastoupením jednomocných kationtů

Je charakterizován vysokým zastoupením jednomocných kationtů, zejména sodíku (nad 15 % T) v sorpčním komplexu.

Vznik tohoto druhu sorpčního komplexu je podmíněn výrazně alkalickým prostředím a velkou zásobou alkalických solí (rozpustných) v půdotvorném substrátu, suchým klimatem, kde výpar převládá nad srážkami.

Půdy s tímto druhem sorpčního komplexu označujeme jako **solonce**.

Převaha sodíkového iontu a vysoká alkalita prostředí způsobují výraznou peptizaci koloidů, jejich pohyblivost v půdním profilu, vytváření fyzikálně velmi nepříznivých vrstev a silné rozrušování půdní struktury.

Půdy se sorpčním komplexem alkalickým jsou pro kulturní plodiny prostředím nepříznivým.

Půdní organická hmota (dále POH) co to je

je tvořena jednak:

zbytky rostlinných a živočišných organizmů, které jsou v různém stupni rozkladu, nacházejících se na půdě nebo v půdě, jednak **půdními organismy** ale i **kořeny živých rostlin,** jednak **humusem vlastním,** tj. souborem tmavě zbarvených organických dusíkatých polyfunkčních látek kyselinové povahy, převážně koloidního charakteru, vysoké molekulové hmotnosti, relativně odolných vůči mikrobiálnímu rozkladu.

Do humusotvorného materiálu **v orné půdě** patří i chlévský hnůj, aplikovaný zpravidla jednou za osevní postup v dávce cca 30 t/ha.

V travních porostech jsou hlavním zdrojem humusotvorného materiálu podzemní části rostlin, v menší míře opadané zbytky nadzemní části rostlin, které se činností mezo- a mikroedafonu dostávají postupně do půdy. Roční množství činí 1 až 12 t/ha.

V lesních půdách, zvláště pod monokulturami bez bylinného patra, je **kořenové hmoty**, která tvoří humusotvorný materiál relativně **málo**. **Rozhodující množství je z opadu, který se hromadí na povrchu půdy** a pozvolna se mísí hlavně biologickou cestou s nejsvrchnější částí půdy. Roční množství humusotvorného materiálu činí 3 až 25 t/ha.

Nezávisle na stanovišti, tj. ve všech půdách, zanechává značná kvanta humusotvorného materiálu edafon.

Plodina	Hmota (t/ha)	Plodina	Hmota (t/ha)
Vojtěška	8,20	Pšenice ozimá	3,49
Jetel luční	5,23	Ječmen jarní	2,48
Jetel plazivý	3,29	Oves	2,86
Jílek malokvětý	3,65	Žito	3,22
Hořčice	1,42	Řepka ozimá	1,48
Svazenka	1,57	Brambory	0,91
Bob	3,14	Cukrovka	1,08

Mineralizace

probíhá především díky činnosti **aerobních bakterií**, které rozkládají organickou hmotu na jednoduché složky oxidy, amoniak a vodu. K nezbytným podmínkám patří především dostatečné provzdušení půdy.

Mineralizace probíhá vždy současně s humifikací.

Humifikace

je procesem **částečně aerobním, ale převážně anaerobním**.

V aerobní fázi dochází k rozkladu humusotvorného materiálu na jednodušší organické sloučeniny.

V anaerobní fázi dochází k syntéze makromolekul organických látek a následně polykondenzaci, jejím produktem jsou **humusové látky**.

Rašelinění

probíhá **za anaerobních podmínek**. Je to převážně enzymatický a biochemický proces.

Dochází k velmi nedokonalému rozkladu organických zbytků, produkt rašelina má při srovnání s humusotvorným materiálem výrazně vyšší obsah uhlíku.

Půdy	Lehké půdy	Středně těžké a těžké půdy
Bezhumózní	0 %	0 %
Slabě humózní	méně 1%	méně 2 %
Středně humózní	1 až 2 %	2 až 5 %
Silně humózní	více než 2 %	více než 5 %

Kvalita POH se posuzuje nejčastěji podle poměru obsahu humínových kyselin k obsahu fulvokyselin (HK:FK). S růstem podílu humínových kyselin roste kvalita POH.

Kvalita POH na nehnojených plochách může být posuzována podle **poměru oxidovatelného uhlíku k celkovému dusíku půdy (C:N)**. Poměr užší než 10:1 je výrazem vyšší kvality POH.

Funkce organických látek v půdě

1. Organické látky uvolňují při své mineralizaci nepřetržitě do půdy značná kvanta asimilovatelných rostlinných živin (např. při dávce 20 t chlévského hnoje na 1ha dodáváme do půdy až 100 kg N, 120 kg K₂O a až 40 kg P₂O₅). Organická hmota v půdě tedy působí jako zásobárna rostlinných živin, které jsou **plynule uvolňovány** pro potřebu rostlin.

2. Humus se svými složkami, **humínovými kyselinami**, aktivně spoluúčastní na **stavbě půdního sorpčního komplexu**. Zvýšení sorpční schopnosti půd se příznivě projevuje jednak v možnosti vytváření větší zásoby živin v půdě, jednak v omezení jejich ztrát, které mohou vzniknout vyplavením slabě poutaných živin do spodních vrstev půdy, mimo dosah kořenového systému rostlin.

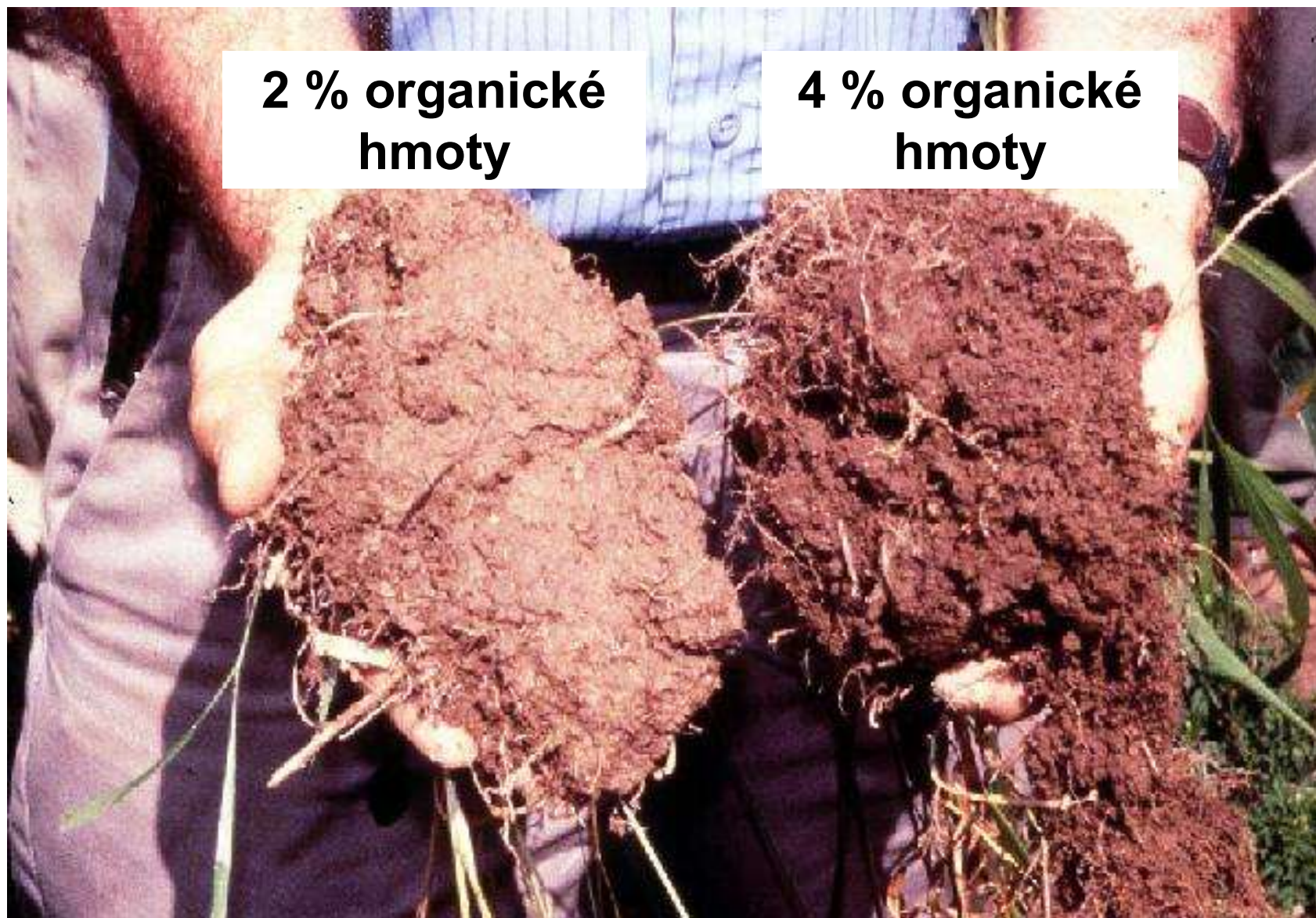
3. **Humínové kyseliny** podstatně ovlivňují **agregační schopnost půd**, čímž přímo ovlivňují jejich **strukturní stav**. To se projevuje v příznivějším vzdušném a vodním režimu, zvýšením vododržnosti u lehkých a zlepšením provětrávání a vedením vody u těžkých půd. Vytvořením drobtové struktury se zmenší neproduktivní výpar a tím zvýší zásoba vody v půdním profilu.

4. U extrémních druhů půd (písčitých a jílovitých) se působením humusu značně **zlepšují jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti**: snižuje se soudržnost těžkých půd a zvyšuje se naopak u půd lehkých.

5. Při rozkladu půdní organické hmoty se do půdního prostředí **uvolňuje značné množství CO_2** , organických kyselin a jiných látek, které **urychlují a zintenzivňují zvětrávání** minerální složky půdy a půda je tak obohacována o zásobu asimilovatelných živin.

6. Některé látkové skupiny POH, **nespecifické humusové látky**, slouží jako **energetický zdroj půdním mikroorganismům**. Množstvím a kvalitou těchto látek je značně ovlivňováno složení půdní mikroflóry, rozvoj a působení biochemických procesů, zejména translokace a transformace živin, které jsou velmi důležité pro úrodnost půdy.

7. Některé humínové látky mají **stimulační vliv na rozvoj kořenového systému rostlin** i na růst celé rostliny.



Efekt 20-letého rozdílného obdělávání půdy

Půdní vzorky z osevních postupů pokusů Eda Stricklinga.

25 let
konvenčního
pěstování
kukuřice

20 let pěstována
lipnice a následně 5
let konvenčně
kukuřice

LOW
O.M.

HIGH
O.M.

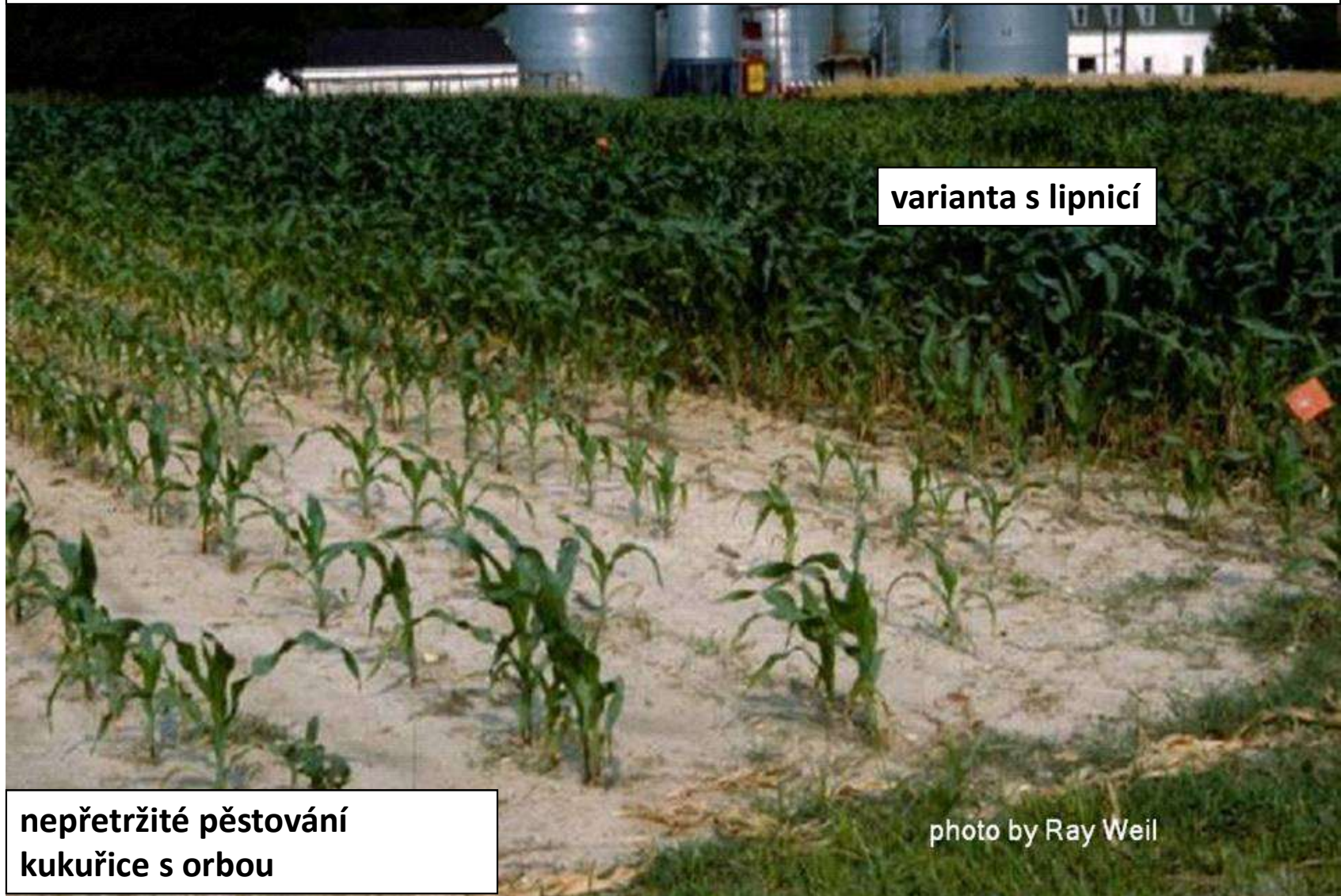
photo by Ray Weil

Ale když přidáme vodu.....



photo by Ray Weil

Efekt 20letého osevního postupu na SOM při pěstování kukuřice v Beltsville (silt loam)



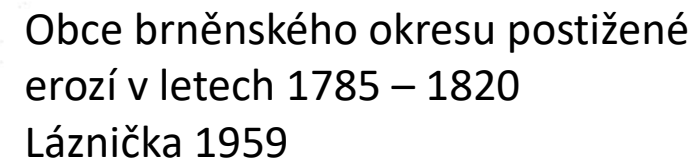
varianta s lipnicí

nepřetržité pěstování
kukuřice s orbou

photo by Ray Weil



INFORMAČNÍ SYSTÉMY O PŮDĚ



Komplexní průzkum zemědělských půd 1961-1970

Přes 700 000 sond,

Etapy:

- terénní průzkum,
- laboratorní zpracování vzorků,
- kancelářské zpracování výsledků,
- předání výsledků do praxe.

Pozitiva – zavedena ucelená klasifikace půdních jednotek na základě genetických horizontů.

- proveden podrobný pedologický (geologický, botanický) průzkum terénu
- mapy (půdní i geologické) a kartogramy
- návrhy opatření – zvýšení efektivity výroby
- rajonizace – vznikají produkčně ekologické skupiny

<https://geoportal.vumop.cz/>

Bonitace zemědělských půd

- cílevědomé hodnocení komplexu kvalitativních a kvantitativních vlastností půdy dle úrodnosti.
- zjištění kvality ZPF (úrodnost)

úrodnost – to čím se půda liší od horniny, dáno vývojem, dynamická vlastnost ovlivnitelná člověkem

- přirozená úrodnost – dána pedogenezí
- antropická úrodnost
- potenciální úrodnost = přirozená úrodnost + antropická úrodnost
- skutečná (efektivní) úrodnost = kvalita + množství pěstovaných plodin (E získaná ve fytomase)

Dělení půdy:

- orné půdy typické
- orné půdy podmíněné
- TTP

Výsledkem bonitace je kód BPEJ = specifické území s agroekologickými vlastnostmi (daný určitým produkčním potenciálem). Prozatím máme asi 2 200 BPEJ-ek

Jde o základní mapovací a oceňovací jednotku. Zaznačení probíhá do map 1:5 000.

Pětimístný kód tvoří hlavní půdně-klimatickou jednotku.

3.02.10

3- klimatický region (dán sumou ročních teplot nad 10 stupňů a průměrnou vláhovou jistotou) – hodnoty 0-9

02 – hlavní půdní jednotka (je jich 78)

1 – svažitost a expozice

0 – hloubka půdy a skeletovitost

LPIS (Land Parcel Identification System)

LPIS je geografický informační systém (GIS), který je tvořen primárně evidencí využití zemědělské půdy. Ke spuštění došlo v roce 2004.

Hlavním účelem je ověřování údajů v žádostech o dotace poskytovaných ve vazbě na zemědělskou půdu, a to bez ohledu na to, zda jde o dotace financované ze zdrojů EU nebo o národní dotační programy.

V průběhu jeho vývoje se však našla široká škála dalšího uplatnění (vedení zákonných evidencí o použití hnojiv, pastvy, přípravků na ochranu rostlin, dále je využíván jako podklad pro stanovení omezení hospodaření u nitrátové směrnice, erozní ohroženosti apod.).

Pro veřejnost jsou určeny 3 moduly LPIS, a to:

Registr půdy pro farmáře (iLPIS) – od roku 2005. Je určena registrovaným farmářům a kromě prezentace evidovaných dat obsahuje nástroje pro vedení osevních postupů.

Veřejný registr půdy (pLPIS) od roku 2009.

WMS/WFS služby tj. služby jsou určeny zejména pro uživatele používající komerčního SW a umožňují do externích aplikací načítat mapy z LPIS.