
PŘEDNÁŠKY O PŮDĚ

Zdeněk Máčka

Lekce 3

Půdní vlastnosti

1. Přehled půdních vlastností

- Fyzikální vlastnosti
 - Zrnitost (textura)
 - Měrná a objemová hmotnost
 - Pórovitost
 - Stavba (struktura)
 - Tepelné vlastnosti
 - Konzistence
 - Barva
 - Fyzikálně-chemické vlastnosti
 - Sorpce a výměna iontů
 - Reakce
 - Pufrovitost
 - Oxidačně-redukční vlastnosti
-

2. Zrnitostní složení půd (textura)

- Zrnitost = procentuální (váhová %) zastoupení velikostních frakcí zrn v půdě.
- Základní zrnitostní frakce:
 - Jemnozem (< 2 mm)
 - Písek (2,0 – 0,02 mm)
 - Prach (0,02 – 0,002 mm)
 - Jíl (< 0,002 mm)
 - Skelet (> 2 mm)



40 nm – 2,5 mm

Fritsch, Cilas

Zrnitostní frakce podle NOVÁKA

Průměr zrn (mm)	Označení		
	jednotlivé	skupinové	hromadné
<0,0001	koloidní jíł	-fyzikální jíł (<0,002) -hrubý jíł (<0,01) -prach (0,002 - 0,05)	-jemnozern
0,0001 – 0,002	velmi jemný jíł		
0,002 – 0,01	velmi jemný prach		
0,01 – 0,05	hrubý prach		
0,05 – 0,1	práškový písek		
0,1 – 2	písek		
2 – 5	krupkovitý písek		-skelet
5 – 10	drobný štěrk		
10 – 50	hrubý štěrk		
50 – 500	kameny		
>500	balvany		

Novákova klasifikace půdních druhů

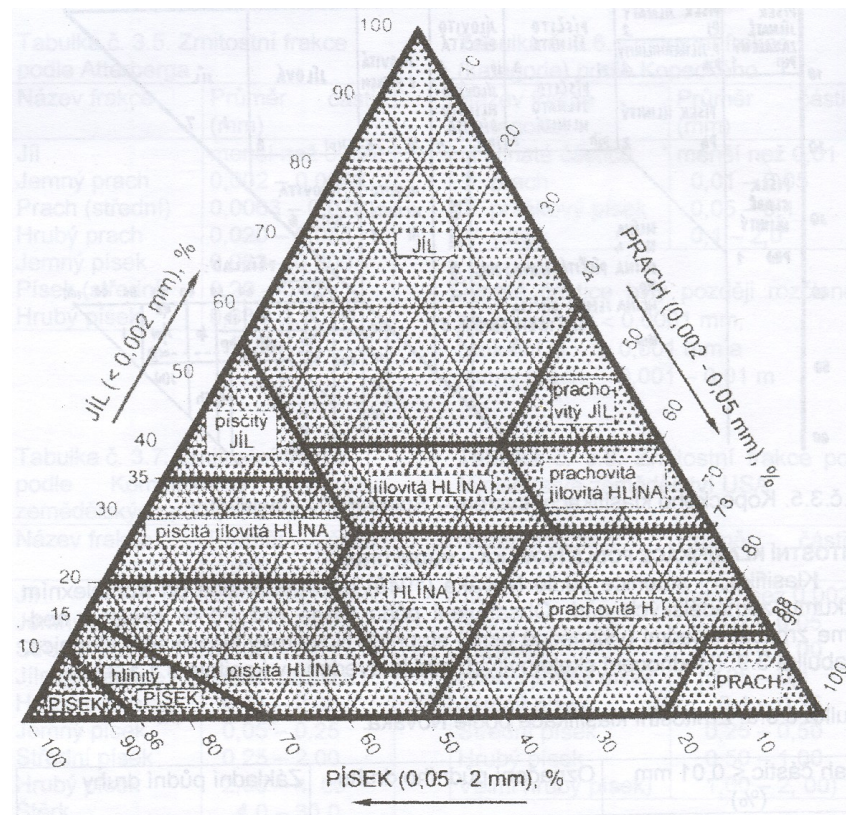
Označení půd – půdní druhy		Obsah hrubého jílu % částice <0,01 mm
skupinové	jednotlivé	
Lehké (lehko obdělávatelné)	Písčité	0 – 10
	Hlinitopísčité	10 – 20
Střední (středně obdělávatelné)	Písčitohlinité	20 – 30
	Hlinité	30 – 45
Těžké (těžko obdělávatelné)	Jílovitohlinité	45 – 60
	Jílovité	60 – 75
	Jíly	>75

Kopecského klasifikace půdních druhů

Číslo	Obsah částic <0,01 mm (%)	Obsah částic 0,01-0,05 (%)	Označení	
			jednotlivé	skupinové
1	>75	-	jíl	jílovité zeminy
2	60-75	<20	jílovitá zemina	
3	60-75	>20	jílovitá zemina	
4	50-60	<20	jílovitá zemina s pískem	
5	50-60	>20	jílovitohlinitá zemina	
6	40-50	<10	jílovitopísčítá zemina	
7	40-50	10-20	jílovitohlinitopísčítá zemina	
8	45-50	>20	jílovitá hlína	hlinité zeminy
9	10-45	>20	hlína	
10	10-45	>20	písčítá hlína	
11	10-45	>20	jemně písčítá hlína	
12	25-40	<10	písčitojílovitá zemina	písčité zeminy
13	25-40	10-20	písčitíjílovitohlinitá zemina	
14	10-25	<5	jílovitý písek	
15	10-25	5-10	jílovitohlinitý písek	
16	10-25	10-35	hlinitý písek	
17	<10	<10	jílovitý zakalený písek	
18	<10	>10	slabě hlinitý písek	

Třídění půd podle zrnitosti

- Trojúhelníkový diagram (NRCS USDA)
- Zrnitostní frakce:
 - písková zrna ($>0,05$ mm)
 - prachové částice ($0,002-0,05$)
 - jílovité částice ($<0,002$)



Označení půd podle obsahu skeletu

Obsah skeletu	Označení
<20%	slabě štěrkovité, kamenité, balvanité
20 – 50%	středně štěrkovité, kamenité, balvanité
>50%	silně štěrkovité, kamenité, balvanité

slabě, středně, silně skeletnaté půdy

Vztah mezi zrnitostí půdy a půdními vlastnostmi

textura	infiltrace	schopnost vázat vodu	schopnost vázat živiny	provzdušnění	obrobitelnost
PÍSEK	dobrá	špatná	špatná	dobré	dobrá
PRACH	střední	střední	střední	střední	střední
JÍL	špatná	dobrá	dobrá	špatné	špatná
HLÍNA	střední	střední	střední	střední	střední

3. Pórovitost

- Pórovitost = celkový objem pórů, jejich tvar, velikost a rozmístění.
- $P = \frac{H_s - H_o}{H_s} \cdot 100$ [%]
 - P ... pórovitost
 - H_s ... měrná hmotnost (váha objemové jednotky pevné části půdy bez pórů)
 - H_o ... objemová hmotnost (váha objemové jednotky nevysušené/vysušené půdy v přirozeném uložení = včetně pórů)
- Klasifikace pórů podle průměru
 - Kapilární póry (<0,2 mm)
 - Nekapilární póry (>0,2 mm)

4. Stavba (struktura) půdy

- Půdní *agregáty* = strukturní elementy vytvořené seskupením jednotlivých půdních částic.
- Rozdělení agregátů podle velikosti:
 - mikroagregáty (<0,25 mm)
 - makroagregáty (>0,25 mm)
- Tmelící látky agregátů: jílové minerály, sesquioxidy, humusové látky, organominerální sloučeniny, vápník, ...
- Procesy tvorby agregátů:
 - fyzikálně-chemické
 - biologické
 - fyzikální

Typy půdních struktur

- Elementární (sypká)
 - Koherentní
 - Agregátová (agregáty)
 - Segregátová (segregáty)
-

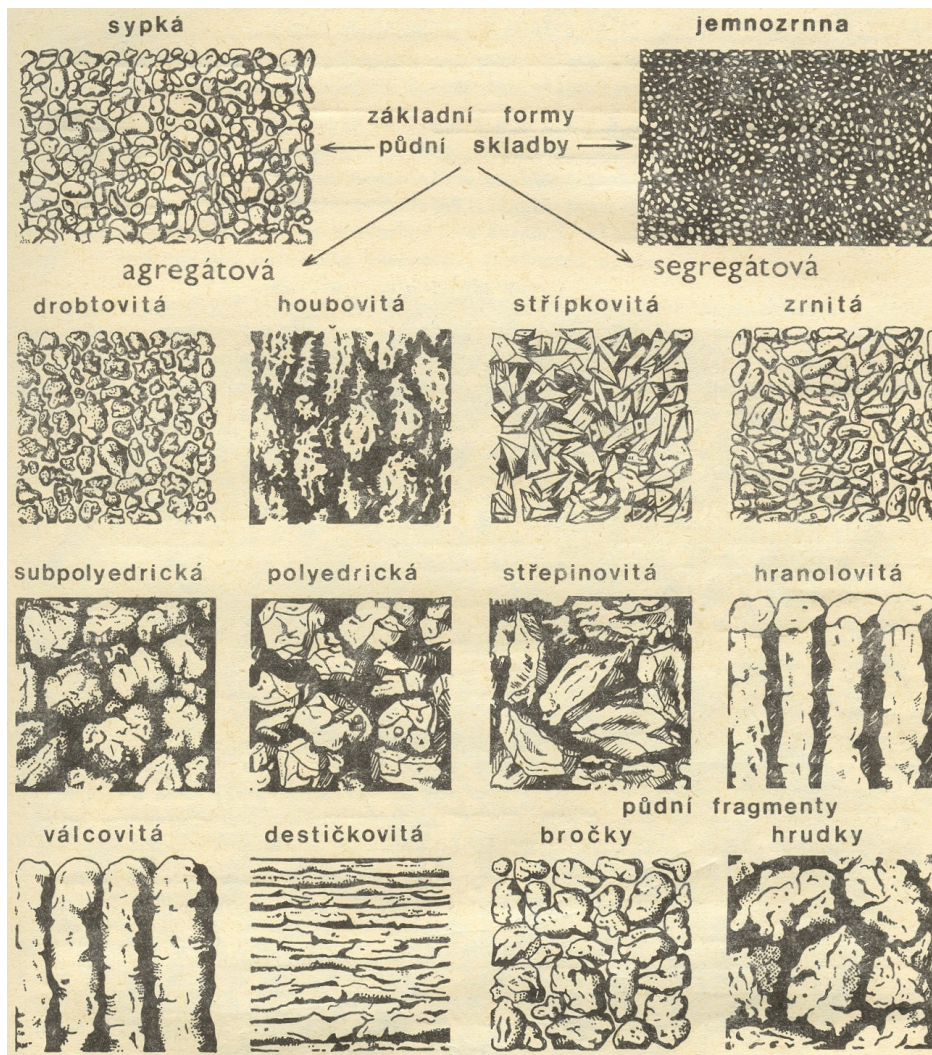
Typy agregátových struktur

- kulovitá (práškovitá, jemně drobtovitá, **drobtovitá [5-10 mm]**, hrudkovitá, hrudovitá)
- houbovitá

Typy segregátových struktur

- střípkovitá (-- prizmatická)
 - polyedrická
 - hranolovitá (-- prizmatická)
 - válcovitá (-- sloupkovitá)
 - destičkovitá
-

Příklady půdních struktur



5. Tepelné vlastnosti půd

- Tepelný režim = souhrn jevů, které souvisí s přijímáním, pohybem a odevzdáváním tepla v půdě.
 - Zdroje tepla:
 - sluneční záření
 - teplo z atmosférického vzduchu
 - teplo uvolněné při rozkladu organických látek a činnosti organismů
 - vnitřní teplo Země
-

Fyzikální veličiny ovlivňující tepelný režim půdy

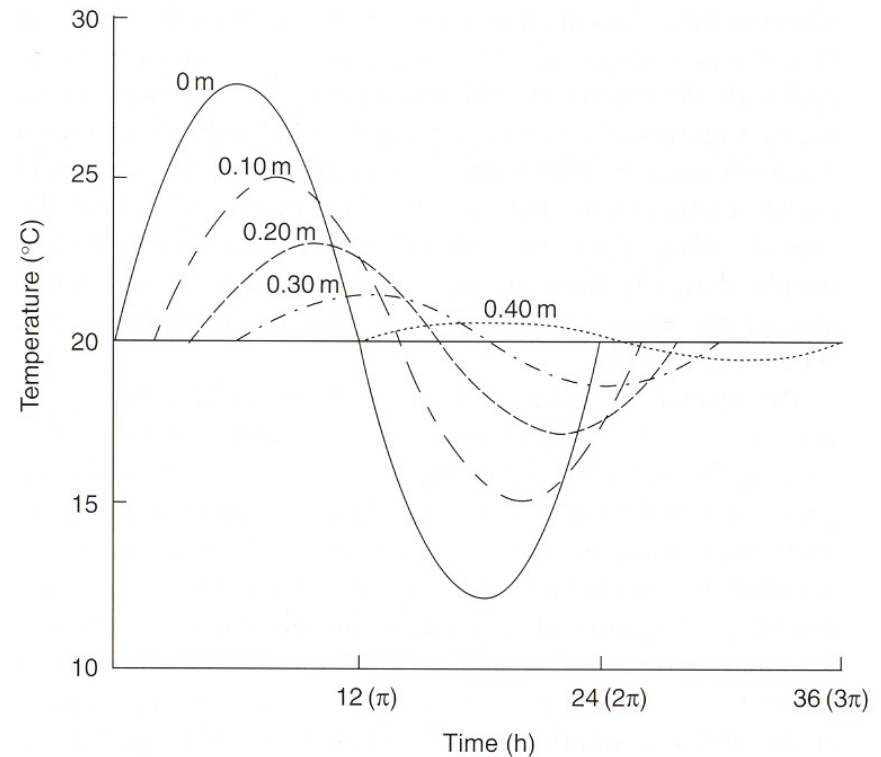
- Měrné (specifické) teplo
 - Množství tepla potřebného na zahřátí váhové nebo objemové jednotky půdy o 1°C .
- Tepelná vodivost
 - Množství tepla které projde za 1 s průřezem půdy o ploše 1 cm^2 o délce 1 cm , když tepelný rozdíl mezi oběma konci je 1°C .

Faktory ovlivňující tepelný režim půdy

- Geografická poloha (zeměpisná šířka, nadmořská výška, expozice, sklonitost)
- Zrnitost půdy
 - Písčité půdy – rychlý ohřev i vychládání; špatně vedou teplo
 - Jílovité půdy – pomalý ohřev i vychládání; dobře vedou teplo, akumulují teplo ve spodině
- Barva
- Tvar povrchu terénu
- Pokrývka (vegetační kryt)

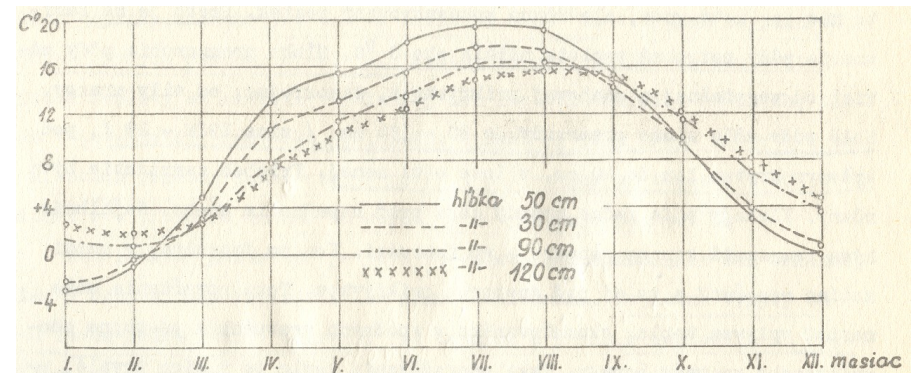
Denní chod teploty půdy

- Zpoždování maxima a minima teploty směrem do hloubky.
- Zmenšování teplotní amplitudy směrem do hloubky.



Roční chod teploty půdy

- Zpoždování maxima a minima teploty a zmenšování teplotní amplitudy s hloubkou.
- Duben – rychlé zahřívání po roztátí sněhu; červenec – teplotní maximum; srpen-leden – postupné ochlazování.
- Roční výkyvy teploty zasahují do hloubky 15 m.



6. Konzistence půdy

- Konzistence = stav soudržnosti půd vyvolaný silami koheze a adheze.
- Koheze – vzájemné poutání půdních částic působením vnitřních sil.
- Adheze – výsledek působení přitažlivých sil mezi půdními částicemi a povrchem tělesa vnikajícího do půdy.
- Konzistenční kategorie půdy:
 - velmi tuhé
 - tuhé půdy
 - kypré (drobivé)
 - sypké

7. Barva půdy

- Barva = diagnostický znak půdních typů – např. černozem, hnědozem, kaštanová půda, červenozem, ...
- Látky ovlivňující barevnost půdy:
 - humus (černá, hnědočerná, šedá)
 - sloučeniny Fe (Fe^{3+} : žlutá, hnědá, rezivá – goethit a amorfní Fe^{3+} oxidy, červená – hematit; Fe^{2+} : zelenavé, modravé zbarvení)
 - sloučeniny Mn (hnědočerné, nafialovělé zbarvení – amorfní a krystalický MnO_2)
 - CaCO_3 , kaolinit (bělavé, šedavé, žlutavé zbarvení)
 - křemen, jíly (světlé zbarvení)
- Faktory ovlivňující zbarvení půdy:
 - zrnitost
 - vlhkost
 - rozdělení barviv (skvrny, šmouhy, mramorování, ...)



8. Sorpce a výměna iontů

- Půdní koloidy = nepravé roztoky; disperzní systémy s velikostí rozptýlených částic 10^{-7} až 10^{-9} m.
- Půdní sorpční komplex = soubor látek, které jsou zdrojem půdní sorpce.
 - aktivní část – sorbuje (jílové minerály, amorfní gely, humus, mikroorganizmy)
 - pasivní část – sorbovaná; výměnné ionty (kationty a anionty)

Formy půdní sorpce

- Formy sorpční schopnosti půdy:
 - mechanická
 - chemická
 - biologická
 - fyzikálně-chemická (výměnná)
- Výměnná sorpční kapacita (VSK) = celkové množství iontů, které jsou v půdě sorbované ve výměnné formě.
 - Jednotka: mekv · 100 g⁻¹; mol_c · kg⁻¹ (molů náboje na 1 kg půdy)

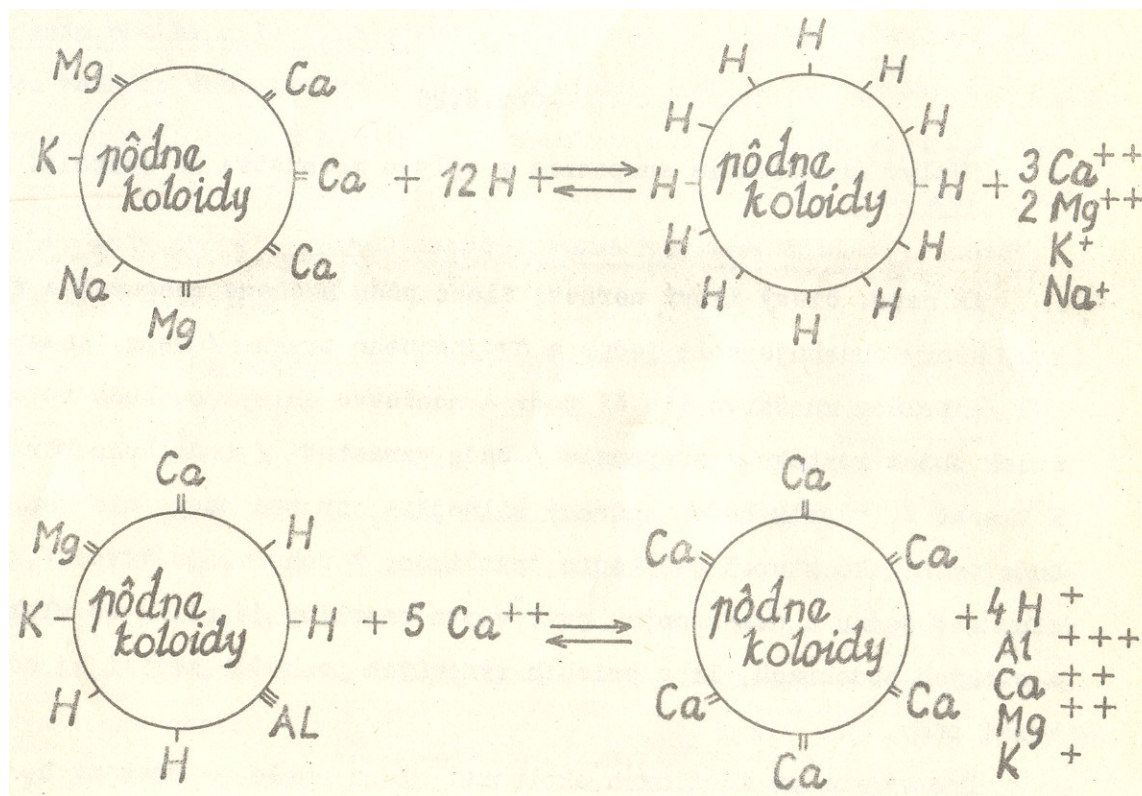
Povrchové vlastnosti vybraných půdních látek (včetně VSK) při pH 7

	Povrchová plocha (m ² kg ⁻¹)	VSK (mol _c kg ⁻¹)	Intenzita povrchového náboje (μmol _c m ⁻²)	Převážně negativní náboj
Kaolinit	(1-2)x10 ⁴	0,02-0,06	1-6	závislý na pH
Illit	1x10 ⁵	0,3	3	permanentní
Smektit	8x10 ⁵	1,0	1	permanentní
Vermikulit	8x10 ⁵	1,4	2	permanentní
Oxidy Fe a Al	3x10 ⁴	0,005	0,2	závislý na pH
Alofan	(5-7)x10 ⁵	0,8	1,5	závislý na pH
Huminová kyselina	9x10 ⁵	3,0	3	závislý na pH

Složky půdního sorpčního komplexu

- Látky s hlavním podílem na půdní sorpci:
 - jílové minerály
 - organické koloidní sloučeniny
 - koloidní sloučeniny Al, Fe a kyseliny křemičité
- Sorbované ionty:
 - Kationtová sorpce
 - báze: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+
 - H^+ , Al^{3+}
 - další prvky: Pb, Cu, Co, Zn, Mn, Ba, Ni, ...
 - Aniontová sorpce

Schéma výměny kationtů v nasycené a nenasyčené půdě



Stupeň sorpčního nasycení

- $V = S/T \cdot 100$ [%]
 - V ... stupeň sorpčního nasycení půdy
 - S ... momentální obsah výměnných bazických kationtů
 - T ... maximální sorpční kapacita
- $V > 50\%$ = půda sorpčně nasycená



9. Půdní reakce

- Vyjádření reakce roztoku pomocí koncentrace H^+
 - $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$
 - $[H] > [OH]$ – kyselý roztok
 - $[OH] > [H]$ – zásaditý roztok
- Koncentrace H^+ v 1 l vody při $t = 22\text{ C}$ je 10^{-7}
g → vodíkové číslo
 - $pH = -\log[H^+]$
 - $pH = 7$

Třídění půd podle reakce

Výměnné pH (KCl)	Reakce
< 4	velmi silně kyselá
4,1 – 4,5	silně kyselá
4,6 – 5,2	kyselá
5,3 – 6,4	slabě kyselá
6,5 – 7,4	neutrální
7,5 – 8,3	zásaditá
> 8,4	silně zásaditá

Látky ovlivňující půdní reakci

■ Alkalická reakce

- přítomnost CaCO_3 (do pH 8,5)
- vysoký obsah Na \rightarrow pH $>$ 8,5
- $V = 100\%$

■ Neutrální reakce

- přítomnost CaCO_3
- $V = 80\%$

■ Kyselá reakce

- chybí karbonáty, sorpční komplex obsahuje H^+ a Al^{3+}
- $V < 50 - 60\%$

Procesy okyselování půdy

- Kyselina uhličitá
 - $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$
- Kyseliny z metabolismu organismů
- Akumulace humusu
- Oxidace dusíku (nitrifikace)
 - $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ + \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$
- Odebírání kationtů rostlinami
- Kyseliny v atmosférických srážkách – kyselý déšť
 - $\text{H}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$
 - $\text{HNO}_3 \leftrightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}^+$

Dopady kyselých dešťů na ekosystémy



10. Pufrovací schopnost půd

- Pufrovitost roztoku = schopnost odolávat změně reakce (pH) při přidávání kyseliny nebo zásady.
 - Větší obsah půdních koloidů → větší pufrovitost.
-

11. Redukční a oxidační vlastnosti půdy

- $\text{Fe}^{2+} = \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$
- $\text{Mn}^{2+} = \text{Mn}^{4+} + 2 \text{e}^-$

- $\text{Fe}^{3+} = \text{Fe}^{2+} - \text{e}^-$
- $\text{Mn}^{4+} = \text{Mn}^{2+} - 2 \text{e}^-$

- Redox potenciál
 - $E \sim$ od -300 mV do $+750$ mV
 - naše půdy: $100 - 400$ mV; spodní, trvale zamokřené horizonty i záporné hodnoty
- Význam změn v redox potenciálu:
 - činnost mikroorganismů
 - zásobování rostlin N a P
 - pedogeneze (pohyblivost sloučenin)