

# EXOGENNÍ GEOLOGICKÉ PROCESY

Tendence zarovnat zemský povrch

- Zdroje energie: sluneční záření  
zemská gravitace

Exogenní činitelé: voda, led, vítr, dopad meteorického tělesa, gravitace, činnost člověka

## **Exogenní procesy**

**Zvětrávání**

**Krasové jevy**

**Fluviální pochody**

**Eolické pochody**

**Glaciální pochody**

**Fluvioglaciální činnost**

**Periglaciální pochody**

**Svahové pochody**

# Role zvětrávání

- Snižuje soudržnost hornin a zvyšuje permeabilitu
- Vytváří geomorfologii oblasti a krajiny
- Uvolňuje do roztoku minerály (oxidy Fe, Si, karbonáty)
- První krok pro tvorbu půdy

# Fyzikální (mechanické) zvětrávání

1. Vytváří menší fragmenty, snadnější transport
2. Mnohonásobně zvětšuje plochu pro další fyzikální a chemické zvětrávání

## Mrazové zvětrávání

- horniny obsahují póry a trhliny
- zmrazování a tavení (+9 % změna objemu u zmrzlé vody)

**Exfoliace** – vlivem odlehčení tlaku nadložních hornin

## Insolace

- horniny nejsou homogenní
- změny teploty

# Biologické zvětrávání

- chemické a mechanické
  - rozpad hornin vlivem růstu rostlin
  - vrtavá a hrabavá činnost živočichů
- 
- Působnost mikroorganismů převládá
  - Bakterie – rozklad odumřelých těl - vzniku kyselých roztoků
  - Nitrifikační bakterie
  - Železité bakterie
  - rozpad hornin a minerálů vlivem lišejníků, mechy, řasy a houby

# Chemické zvětrávání

- řídící je přítomnost vody
- rozklad původní horniny na složky stabilní za povrchových podmínek
- změna primárních minerálů (křemen, živce) na sekundární (jílové minerály, oxidy Fe, Al)

**Hlavní reakce:** rozpouštění, hydratace,  
oxidace/redukce, karbonatizace, hydrolýza

## Primární minerály

Křemen



Živce



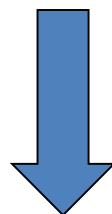
Biotit



Albit



Muskovit



chemické  
zvětrávání

**Sekundární minerály**

**Fylosilikáty**

dominují Al, Si, O

# Vlastnosti prvků důležité v nízko teplotní geochemii

**Iont** - elektricky nabité částice atomární velikosti (atomy, molekuly, někdy také skupiny atomů či molekul)

**Kationty**       **$\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$**

**Anionty**               **$\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{I}^-$**

**Oxianionty**               **$\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$**

**Náboj iontu** – **Z** počet kladných/ záporných e nábojů nesených iontem

**Iontový poloměr** – ***r***, velikost iontu v krystalové mřížce

**Iontový potenciál** –  **$Z/r$**  míra pohyblivosti iontu v podmínkách zemského povrchu

# Oxidace

- ztráta elektronů
- mění poloměr iontu, mocenství, chemické vlastnosti
- Fe je nejčastěji oxidovaný prvek minerálů
- způsobuje charakteristické zbarvení zvětralého materiálu
- lehce oxidovatelné prvky minerálů: Mn, As, V, Cr, S



# Redukce

- V přírodě méně hojná
  - Pod hladinou vody, při nepřítomnosti kyslíku
  - Při rozkladu organické hmoty – rašeliniště, slatiny
  - Sloučeniny Fe a Mn
  - Vznik organo-komplexů
- 
- pH Eh diagramy
  - pH pE diagramy

# Hydrolýza

- disociace vody ( $H^+$ ,  $OH^-$ )
- koncentrace  $H^+$  roste s teplotou a s množstvím ostatních látek
- důležitý mechanismus rozkladu silikátů
- silikát se rozštěpí na
  - kationty +  $OH^-$  = hydrooxydy
  - anionty +  $H^+$  = sekundární silikáty
- většina uvolněných kationtů je rozpustná v přírodních vodách
- podle klimatu se uvolní různé množství kyseliny křemičité, ta se vyloučí nebo odplaví

# Rozpouštění

- klíčový proces zvětrávání
- V geologickém čase jsou rozpustné všechny minerály
- rozpouštění kalcitu ve vodě (kys. uhličitě) v půdách:
- rozpouštění vápenců je zásadní pro tvorbu topografie krasu
- rozpouštění hydroxidů závisí na pH

# Iontová výměna

- Ionty z roztoku nahradí ionty ze struktury minerálu – nejčastěji v jílových minerálech.
- Isomorfní substituce = záměna iontů mřížky ( $\text{Si}^{4+}$  ,  $\text{Al}^{3+}$ ) jinými ionty bez její změny
- CEC
- AEC

*Kyselá půda –  $\text{H}^+$  nahradí kationt v minerálu*

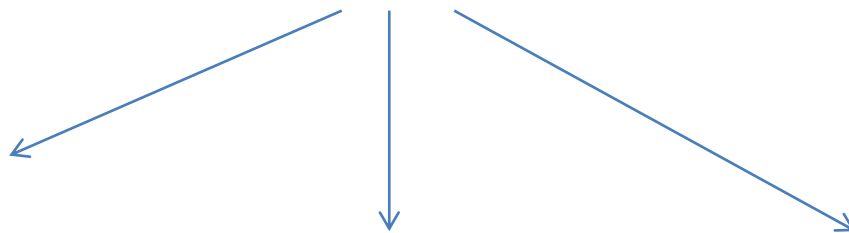
*Alkalická půda - kationt nahradí  $\text{H}^+$  v minerálu*

# Fylosilikáty      Jílové minerály

- důležitá součást zvětralin, půd a sedimentů
- sorpční schopnosti, výměna kationtů – měřítkem sorpce je CEC
- expandují
- zastoupení reprezentuje stupeň chemického zvětrávání a složení matečné horniny
- poměr  $\text{SiO}_2$ :  $\text{Al}_2\text{O}_3$  odráží míru odnosu kyseliny křemičité z prostředí
- velikost pod 1 mikron

# Vliv prostředí na typ vznikajícího jílového minerálu

**Živec**



Zásadité prostředí  
(Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)

Slabě kyselé prostředí  
(K<sup>+</sup>)

Kyselé prostředí  
(H<sup>+</sup>)

montmorilonit

illit

kaolinit  
(neexpanduje)

# Faktory ovlivňující zvětrávání - tvorbu půdy

**Podnebí**

***Množství srážek***

***Teplota***

- určuje zda bude chemické nebo mechanické zvětrávání, rychlost a hloubku zvětrávání, nejdůležitější parametr při tvorbě půdy

**Pedosféra** - půdní obal Země, který vznikl (zvětráváním).

- na kontaktu s litosférou, kryosférou, atmosférou, hydrosférou, biosférou a socioekonomickou sférou, tyto podmiňují pochody v pedosféře vedoucí k vertikální a horizontální diferenciaci.

**Pedologie** - cíl objasnit genezi půd a charakterizovat její vlastnosti, stanovit klasifikační systém, zpracovat rozšíření půdních jednotek na zemském povrchu a určit možnosti hospodářského využití půd.



**Regolit** – vrstva minerálů a hornin vzniklá mechanickým rozpadem hornin, jen nepatrný vliv chemického zvětrávání; jsou časté v oblastech s aridním nebo semiaridním klimatem.

**Půda** – akumulace sypkého materiálu vzniklého na zemském povrchu mechanickým i chemickým zvětráváním hornin (i přemístěných) obsahuje různě velkou příměs humusu – organické hmoty.  
- vzniká půdotvorným procesem vyvolaným půdotvornými činiteli.

## **Základní složky**

- pevná anorganická složka (minerály, horniny)
- pevná organická hmota (humus) - zdroj živin pro rostliny, zvyšuje schopnost půdy zadržovat vodu
- kapalná složka (půdní voda)
- plynná složka (kyslík, oxid uhličitý, dusík a ostatní plyny)
- živá složka (především mikrobiální, edafón = půdní organismy „krtek“)

# Hlavní půdotvorní činitelé

**Matečná hornina** - složením ovlivňuje zásobu živin a chemické složení půdy, vliv na barvu a zrnitost půdy. residuální půdy, vyvinuté na podloží, transportované půdy, vyvinuté na nezpevněném sedimentu

**Čas** – čím déle se půda tvoří tím je mocnější a nejsou rozlišitelné znaky matečné horniny

**Rostliny a živočichové** – určují množství organické hmoty vstupující do půdy

**Živé organismy** – mikroorganismy rozkládají organické látky

**Podzemní voda** – umožňuje redukční procesy a pohyb složek půdní hmoty

**Reliéf území** – nadmořská výška, sklon a expozice svahů ovlivňují vlhkost a teplotu půdy ----- erozi

**Člověk** – svými zásahy reguluje průběh půdotvorného procesu

# Půdní profil

vertikální řez půdou  
a jejím podložím,  
rozeznáváme polohy  
neboli půdní horizonty

Platí pro humidní oblasti

V semiaridních až  
aridních je nejvýše  
horizont iluviální a pod  
ním leží horizont  
eluviální, neboť v těchto  
podmínkách půdní  
roztoky stoupají vzhůru,  
k povrchu, kde ukládají  
vyloužený materiál  
(vznik různých kůr).

**O<sub>i</sub>** – zbytky rostlin,  
většinou nerozložené

**O<sub>a</sub>** – částečně rozložená OH

**A** – eluviální horizont  
tmavě zbarvený horizont,  
minerály, humus až 30 %, vysoká biologická aktivita, hrubozrnější

**B** – iluviální horizont  
zóna akumulace jílových  
minerálů, navýšení obsahu  
vody

**C** – rozpadlá matečná  
hornina, minimum  
organické hmoty

**D** – nedotčená matečná  
hornina

## Fyzikální vlastnosti půdy

**Textura (zrnitost)** - velikost převládajících pevných částic, rozlišujeme půdní druhy:

- a) Jílovité – převaha částic pod 0,01 mm
- b) Hlinité – nejvhodnější pro zemědělství
- c) Písčité – částice 0,1 - 2 mm
- d) Kamenité – nad 2 mm (skelet)

**Struktura (sloh)** - schopnost půdních částic spojovat se v hrudky (agregáty) tmelivé látky (jílovité materiály, kalcit, humus), vliv na úrodnost

### **Pórovitost**

- závisí na zrnitosti a struktuře, (existence edafonu, proniká voda a vzduch)

### **Chemické složení - půdní reakce – pH půdy**

- dán chemickými vlastnostmi matečné horniny
  - půdy: kyselé (pH pod 7) - vlhčí oblasti
  - neutrální (pH kolem 7)
  - zásadité (pH nad 7)
- Daná přítomností a aktivitou  $H^+$  iontů

## Hlavní pufrční mechanismy půd:

- Uhličitan vápenatý (pH 8,6 – 6,2), rozpouštění  $\text{CaCO}_3$
- Silikáty (pH > 5), zvětrávání primárních silikátů
- Humus a jílová frakce (pH 5–4,2), kationtová výměna, snížení obsahu bazických kationtů ( $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) výměnou za kyselé kationty ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ )
- Obsah Al (pH 4,2-3,8), rozpouštění hydratovaných oxidů Al v půdě
- Obsah Al a Fe (pH 3,8–3,2)
- Obsah Fe (pH < 3,2)

# Hlavní skupiny půdních minerálů

## Oxidy Si:

Křemen, opál

## Al - hydroxidy a oxyhydroxidy:

Gibsit, bayerit, nordstranit –  $\text{Al}(\text{OH})_3$

Boemit, diaspor –  $\text{AlOOH}$

## Fe - hydroxidy a oxyhydroxidy

Gothit, lepidokrokit –  $\text{FeOOH}$

Hematit, magnetit –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Ferrihydrit

## Mn - hydroxidy a oxyhydroxidy

Birnesit, hollandit

## Fosforečnany

Apatity

## Uhličitany

Kalcit, dolomit, aragonit

Magnezit, natrit

## Sírany

## Halovce

## Sulfidy

## Alumosilikáty

Živce, slídy

Jílové minerály

**Půdní typy** - jednotka Morfogenetického klasifikačního systému půd ČSSR. podle stejných diagnostických horizontů. Československá klasifikace obsahuje 21 půdních typů.

- **Půdy iniciální** – malé stáří, pouze horizont A

Litozem, Regozem

- **Půdy melanické** – výrazný humusový horizont

Ranker – silikátová hornina, svahovina

Rendzina - karbonátová a silikátovo-karbonátová zvětralina

Pararendzina - silikátovo-karbonátové a karbonátovo-silikátové svahové zvětraliny

## **Půdní typy**

- **Půdy molické** - intenzivní hromadění OH – humifikace, vznik molického A-horizontu, v podmínkách neprosakuje až periodicky prosakuje

černozem, černice, smonice

- **Půdy hnědé** – proces hnědnutí, zvětrávání půdního materiálu in situ, uvolňování železa z primárních minerálů a k tvorbě sekundárních minerálů

kambizem, andozem



# Půdní typy

- **Půdy illimerické –**

šedozem, hnědozem, luvizem

**Půdy podzolové –** horské polohy, vlhké a chladné klima, substrát - žuly, ruly, svory, pískovce apod., extrémní podzolizace- vznik nepropustné stmelené vrstvy pískovce - tzv ortštejn

podzol

**ELUVIACE** - vyplavování, ochuzování, přemísťování do spodních částí půdního profilu, vznik **E-horizontů**

**illimerizace** – posun jílu

**podzolizace** – posun oxidů Al a Fe, organ. látek

- **Půdy hydromorfní** - dočasné nebo trvalé povrchové zamokření, zvýšená hladina podzemní vody, či úplné zatopení půdního profilu vodou.

pseudoglej, glej, organozem

- **Půdy nivní** – vznikající v dočasně zaplavovaných údolních nivách

fluvizem

**OGLEJENÍ** - při periodickém převlhčení povrchovou vodou, střídání redukčních a oxidačních pochodů, tvorba Fe-Mn konkréci, znaků **oglejení do hloubky ubývá**

**GLEJOVÝ PROCES** - při trvale zvýšené hladině podzemní vody, redukce sloučenin Fe a Mn v anaerobních podmínkách (šedomodrá barva), zvýšení obsahu organických látek, rozklad primárních minerálů (zajílení), znaků **glejového procesu do hloubky přibývá**

- **Půdy salinické** – zasolování, slancovanie, solodizácia).

solončak, slanec

- **Půdy antropické** –přetvořené za účelem zlepšení půdních vlastností nebo za účelem jejich udržení, uměle vytvořené půdy

kultizem

**SALINIZACE** - vynášení lehce rozpustných solí ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , atd.) vzlínáním silně mineralizované podzemní vody v aridnějším klimatu

**SOLONCOVÁNÍ** - vymývání solí z povrchových vrstev a jejich akumulace ve spodní části profilu

## ***zonálnost půd***

**Zonální půdy** - půdy, jejichž geneze a dynamika je dána především působením bioklimatických činitelů. Zonální půdy vznikly na normálních, tj. zrnitostně a chemicky neextrémních substrátech, bez vlivu podzemní nebo povrchové vody způsobující nadbytečnou vlhkost půdy. Jedná se např. o černozemě, kambizemě či luvisoly.

**Intrazonálními půdami** rozumíme ty půdy, jejichž geneze a dynamika je podstatně ovlivněna jinými činiteli než bioklimatickými, tj. především extrémním charakterem substrátů (vápence, hadce) a nadměrnou vlhkostí. I přesto jsou intrazonální půdy do určité míry závislé na klimatu.

**Azonální půdy** jsou nevyvinuté nebo velmi málo vyvinuté půdy, které se vyskytují v různých bioklimatických zónách na mladých půdotvorných substrátech (např. holocenních fluviálních sedimentech, dunách, recentním materiálu suťových či murových kuželů). Takovéto půdy zveme souhrnně aluviony (patří sem např. fluvizemě, gleje a pseudogleje).

# Půdotvorné procesy

**HUMIFIKACE** - v různé míře probíhá ve všech půdách mikrobiální a chemické procesy přeměny organických zbytků v humus

**ILUVIACE** - obohacování (opak eluviace), dochází k hromadění eluviovaných látek

## *Stáří půd*

recentní (vyvinuly se působením přibližně stejné kombinace půdotvorných činitelů, kteří působí i v současnosti),

reliktní (vyvíjely se v klimatických podmínkách odlišných od současných, ale v současnosti nejsou izolovány od vlivů vnějších činitelů, tzn. že leží na povrchu a nejsou přikryty žádnými sedimenty)

fosilní neboli pohřbené (půdy překryté nejčastěji eolickými sedimenty, v důsledku čehož jsou izolovány od současných pedogenetických procesů probíhajících na povrchu);

# SPELEOGENEZE

## Krasové horniny

**Magmatické:** karbonatity

**Sedimentární:** karbonáty

*(vápence, dolomity, křída)*

síranové a chloridové evapority

*(sádrovec, kamenná sůl, anhydrit, síra aj.)*

*(křemenné pískovce)*

**Metamorfní:** mramory

*(kvarcity)*

# Rozpouštění kalcitu

Přítomnost cizích iontů ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  aj.) zřetelně sníží aktivitu  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$

= zvýší rozpustnost kalcitu.

Atkinsonův paradox

**Čím víc je voda nasycená, tím méně času je korozivní**

(Např. rozdíl halit/kalcit)

# Původ minerálů krasových hornin

Druhotné krasové minerály jsou minerály sedimentů v krasových depresích. Podle původu je dělíme na:

**Autochtonní:** vznikají z komponent libovolného původu v jeskynním prostředí (aragonit, sádrovec, opál)

**Paraautochtonní:** přesedimentované z původní hor. (sintr).  
kalcit, halit, ankerit. Žilný kalcit není krasový minerál.

**Alochtonní:** transportovány do krasového území z nekrasu.  
*Alochtonní je zde každý minerál, který je dostatečně odolný pro transport vodní nebo eolickou cestou.*