

# OKOLJSKA MINERALOGIJA

10 UR

dr. META DOBNIKAR,  
[meta.dobnikar@gmail.si](mailto:meta.dobnikar@gmail.si)  
[meta.dobnikar@gov.si](mailto:meta.dobnikar@gov.si)

Obveznosti – domače naloge ali izpit

Literatura:

Vaughan, D.J. & Wogelius, R.A.: Environmental mineralogy,  
EMU notes in mineralogy 2, Budapest

# OKOLJSKA MINERALOGIJA

**Mineralogija in okolje:**

**Okoljska mineralogija = relativno nova veda**

**Pomen mineralogije in mineralogov za znanost o okolju:**

**-tehnike in principi mineralogije - ugotavljanje sestave trdne snovi in njene relacije in interakcije s tekočinami in plini**

**-razumevanje procesov na molekularni ravni - bistvo sodobne mineralogije in okoljske znanosti,**

**Le z razumevanjem osnov bomo sposobni predvideti in modelirati obnašanje sistemov, ki vsebujejo minerale. Ključni napredek predstavlja kombinacija in povezovanje naravnih sistemov z izbranimi laboratorijskimi in modeliranje od molekularne do makroskopske ravni.**

1. Mineralogija ključnih okoljskih sistemov
2. Mineralogija industrijskih odpadkov in remediacija.
3. Mineralogija geoloških pregrad, zasipov in tesnil.
4. Pomen mineralogije pri obravnavi jedrskih odpadkov.
5. Organske molekule v naravi - organski onesnaževalci  
(vir, širjenje, remediacija).

# OKOLJSKA MINERALOGIJA

## Analitske metode v mineralogiji:

Poznavanje snovi na molekularnem/atomarnem nivoju;

Spremljanje procesov/reakcij faznih sprememb in prehodov;

Modeliranje reakcijskih poti.

optična mikroskopija

elektronska mikroskopija

elektronska mikrosonda (SEM, TEM, EDS)

praškovna rentgenska difrakcija

rentgenska fluorescencija

# **Mineralogija ključnih okoljskih sistemov**

**(tla, recentni sedimenti, aerosoli v troposferi,  
vpliv mikroorganizmov)**

**OKOLJE-** sistemi blizu zemeljskega površja, povezani s hidrosfero, atmosfero in biosfero = okolje, ki vpliva na človeka in na katerega ima človek vpliv s svojo aktivnostjo (rudarjenje, onesnaževanje, vpliv mineralogije/sestave gradbenih materialov)

Najpomembnejša (ključna) okolja, ki vsebujejo minerale:  
**tla, sedimenti (sodobni), atmosferski aerosoli,**  
**delci (zunanji ali notranji) določenih mikro- in makro-organizmov.**

# Mineralogija ključnih okoljskih sistemov

## TLA (soil)

Tla predstavljajo nekonsolidiran material na površju Zemlje, ki podpira/omogoča življenje rastlin in živali

Tip tal =

= f {izvorni material,klima,biološka aktivnost,oblika površja,čas}

Vpliv naštetih faktorjev je posreden, skozi kemične, biološke in fizikalne procese, ki se dogajajo v tleh.

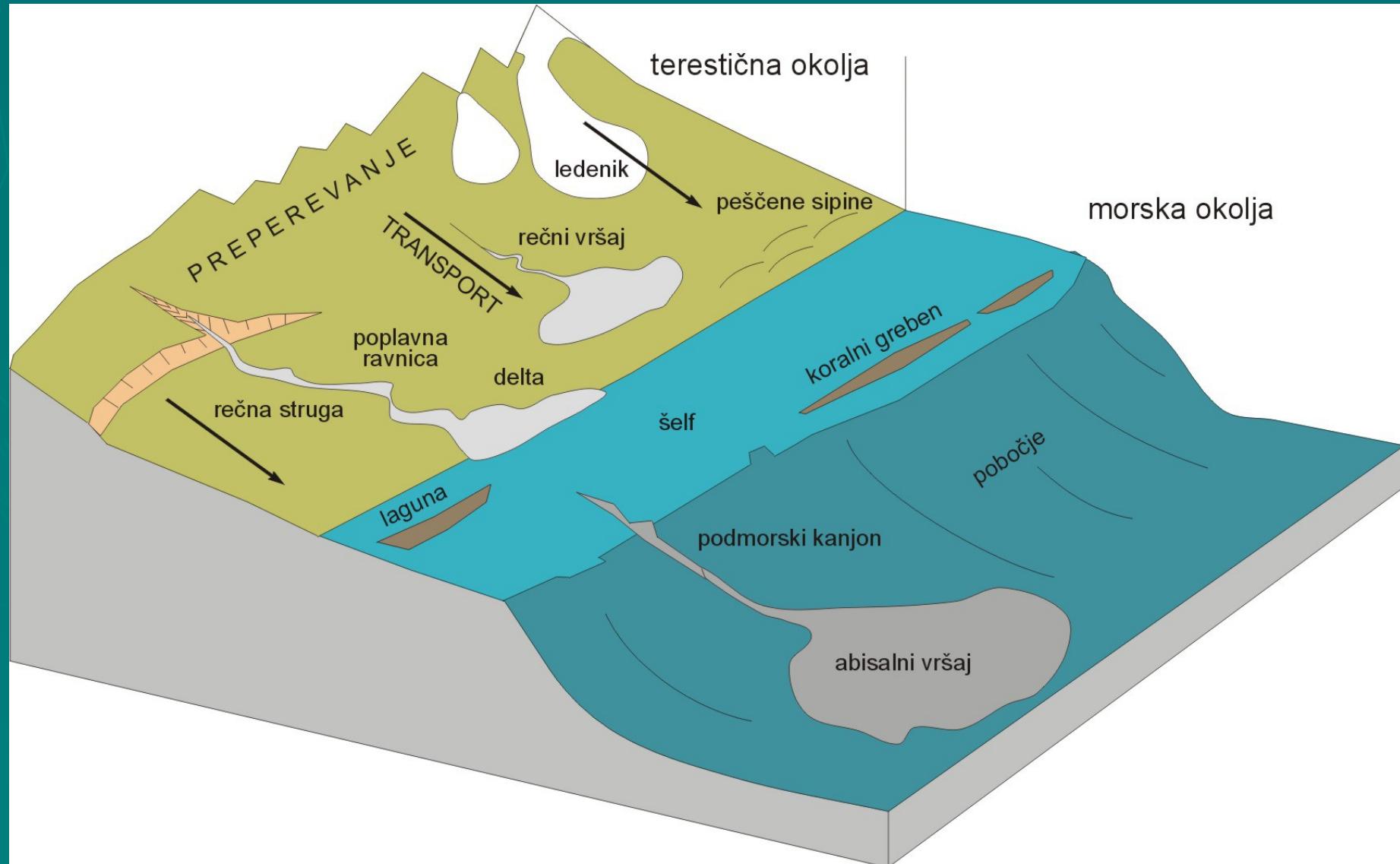
## Razvoj tal in diferenciacija horizontov



A-zgornji  
mineralno-  
organski

B-srednji  
spremenjen

C-spodnji  
nespremenjen  
izvorni material



## Površinsko preperevanje

- razpad kamnine pod vplivom

- atmosfere
- vode
- ledu
- nihanja temperature
- delovanja organizmov

- prilagajanje kamnine (mineralov) fizikalno-kemijskim pogojem na površju

- oksidacija
- hidratacija

## Površinsko preperevanje

1)

mehanično preperevanje - razpad kamnine v manjše drobce, mineralna sestava se ne spremeni

2)

kemično preperevanje - nastanek novih mineralov zaradi hidratacije, oksidacije in izluževanja prvin

## Nastanek tal - preperevanje

Razvoj tal: 100-1000 let (paleotla)

Nastanek tal - preperevanje

Faktorji vpliva na preperevanje svežega mineralnega zrna:

- kemijska sestava
- struktturna enovitost (prisotnost mikrorazpok)
- kristaliničnost
- kemijske značilnosti okolja



## Mehanično preperevanje

- nihanje temperature -> nastanek mikrorazpok -> voda -> led (+9%)  
-> kristali soli
- različni termični razteznostni koeficienti mineralov
- neenakomerno segrevanje (temni, svetli minerali)
- anizotropnost kristalov
- vpliv rasti rastlinskih korenin ( $10-15 \text{ kg/cm}^2$ )
- rušilno delovanje morja in rek

## Kemično preperevanje

- vpliv delovanja kisika, ogljikove kisline, vode, organskih kislin in produktov delovanja organizmov

**KISIK – oksidacija => sprememba barve, poroznosti, kristaliničnosti  
oksidacijski pas je najobsežnejši ob nizkem stanju talne vode,  
razčlenjenem reliefu in vroči klimi.**

## REDOKS potencial – oksidacijska sposobnost vode:



ali  
ali  
ali



Sprememba oksidacijskega stanja → porušitev kristalne mreže  
→ olajšano izluževanje

Prirodne vode → menjava redoks potenciala

## OGLJIKOVA KISLINA



Na površini močnejša od kremenične → izriva katione iz silikatov  
→ tvorba lažje topnih karbonatov → migracija iz pasu preperevanja

Karbonatizacija – ena najpomembnejših reakcij v naravi



### Tvorba ogljikove kisline



### Disociacija ogljikove kisline



### Tvorba karbonata



### Raztpljanje karbonata



## VODA – bistveni faktor kemičnega preperevanja

- kislost – vpliva na aktivnost vode
  - sposobnost nadomeščanja kationov
- vsebnost ogljikove in organskih kislin
- vsebnost kisika, klora,...

Pomembno: površina in topnost mineralov

### Kislost vode – pH

negativni logaritem koncentracije H<sup>+</sup> ionov

$$K = \frac{(H^+)(OH^-)}{H_2O}$$

Nevtralne vode pH = 7

Kisle vode pH > 7

Bazične vode pH < 7

## Vrednosti pH nekaterih naravnih voda

Vrsta vode	pH
Kislí termalni vrelci	1.5-4
Močvirske vode	4-6.5
Izviri	6-7
Rečne in jezerske vode na nekarbonatni podlagi	6.5-7
Rečne in jezerske vode na karbonatni podlagi	8-8.4
Morska voda - površina	8-8.4
Morska voda – bogata z rastlinstvom	8.6-9.6
Morska voda – globoki deli zaprtih morij	7.26
Alkalne termalne vode	~ 9
Voda iz alkalnih tal	~ 10

## pH – vpliva na značaj produktov preperevanja:

hipersten → pH 6 → Fe hidroksidi

pH 7 → nontronit

Kislo okolje

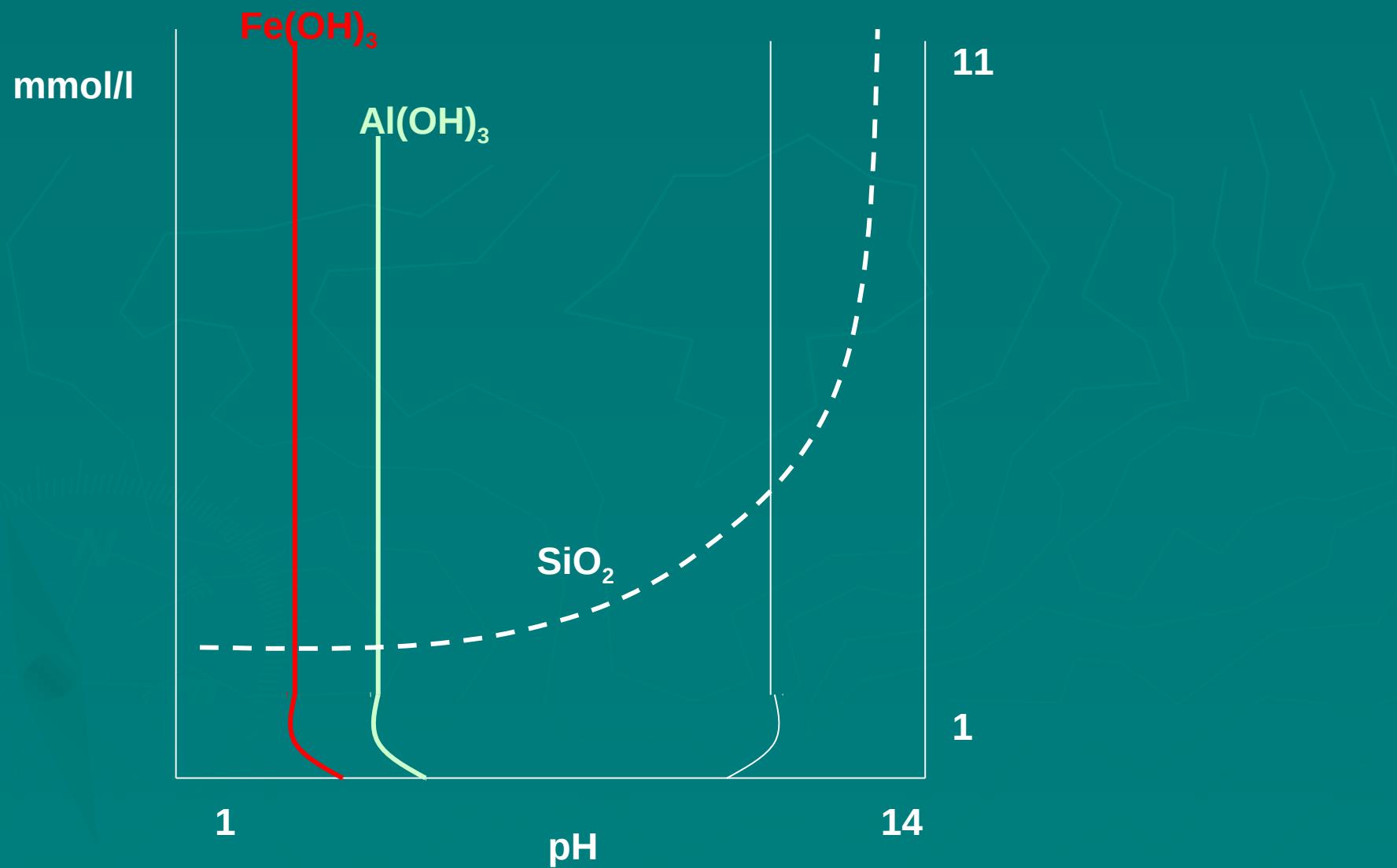
→ kaolinit

Alkalno okolje

→ montmorillonit

## Topnost nekaterih komponent v vodi v odvisnosti od pH

ion	Zelo topen do pH	Izločanje pri pH	Popolno izločanje pri pH	Oblika izločanja
Fe 3+	2	2	3 - 4	hidroksid
Al 3+	5 in nad 10	5, 10	6 - 8	hidroksid
Fe 2+	5	5	7 - 8	hidroksid
Mg 2+ CO <sub>2</sub>	~ 9	~ 9	~ 9	karbonat
Ca 2+ CO <sub>2</sub>	~ 10	~ 10	~ 10	karbonat
Mg 2+ -CO <sub>2</sub>	~ 7	~ 7	~ 8	hidroksid



### **Hidratacija = privzem vode**

- nestabilni alumosilikati → glineni minerali
- poteka skupaj s karbonatizacijo

### **Temperatura vode**

**tropi:**

- močan vpliv vode  
na kemično preperevanje

**hladne pokrajine:**

- šibak vpliv vode  
na kemično preperevanje

**Z naraščanjem temperature vode narašča njena sposobnost raztapljanja za vse komponente razen za CO<sub>2</sub> in še nekatere pline.**

## Stabilnost petrogenih mineralov pri preperevanju v površinskih pogojih:

najbolj stabilni



najmanj stabilni

muskovit, kremen  
albit

Na-Ca plagioklazi  
Ca-Na plagioklazi  
Ca-plagioklazi

K-glinenci  
biotit  
rogovača  
pirokseni  
olivin

### 4 stopnje preperevanja kristalnih kamnin:

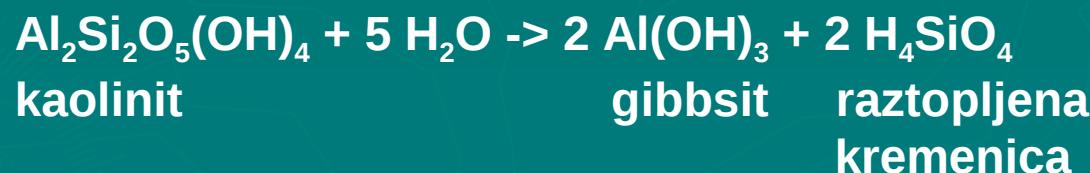
- 1 – izluževanje najbolj gibljivih spojin
- 2 – izluževanje gibljivih spojin
- 3 – izluževanje malo gibljivih spojin
- 4 – odstranjevanje železovih spojin

Pri površinskih pogojih so najslabše gibljive aluminijeve spojine

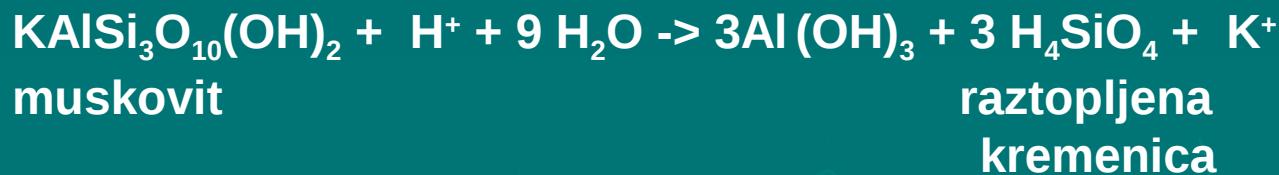
## Povprečna življenjska doba 1mm kristala različnih mineralov pri 25°C in pH 5

Mineral	Formula	Življenjska doba (leta)
Kremen	$\text{SiO}_2$	34.000.000
Muskovit	$\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}$	2.700.000
Ortoklaz	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	520.000
Albit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	80.000
Enstatit	$\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$	8.800
Diopsid	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	6.800
Anortit	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	112

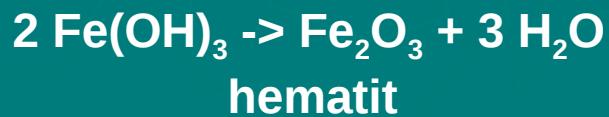
## Najpogostejše reakcije preperevanja silikatnih mineralov:



## Najpogostejše reakcije preperevanja silikatnih mineralov:



**feromagnejski minerali + H<sub>2</sub>O + H<sup>+</sup> -> Na-montmorillonit + H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> + Fe(OH)<sub>3</sub>**  
**amfiboli Ca-montmorillonit**  
**pirokseni muskovit**





[http://www.awi.de/fileadmin/user\\_upload/News/Press\\_Releases/2006/1\\_Quarter/Glacier2\\_p.jpg](http://www.awi.de/fileadmin/user_upload/News/Press_Releases/2006/1_Quarter/Glacier2_p.jpg)

## KLIMA

## LEDENIŠKA (nivalna ali borealna)

- povprečna letna temperatura  $< 5^{\circ}\text{C}$
- skupna količina padavin 100 – 600 m (sneg)
- tla – stalen leden pokrov
- ni tekoče vode

Preperevanje je predvsem mehanično, tudi slabo obstojni minerali dolgo ostanejo sveži.

## KLIMA

### HUMIDNA (tropi, zmerni pas, tajga)

- velika količina padavin
- potoki, reke
- intenzivno kemično preperevanje
- bujna vegetacija
  - ščiti pred mehanskim preperevanjem

Laterit – nastaja v tropskih tleh z visoko kislostjo in močno drenažo, kjer je izluževanje močno in ostanejo le minerali z visoko vsebnostjo Al (kaolinit, Al-hidroksidi) in Fe-hidroksidi.



## KLIMA

## ARIDNA

- visoke temperature
- slaba vegetacija
- intenzivno mehanično preperevanje
- količina padavin manjša od količine vode, ki bi lahko izhlapela
- ni površinskih voda
- kemično preperevanje slabše
- intenzivno delovanje vetra



<http://www.altabavaria.com/images/soralpina-picacho.JPG>

## KLIMA

### SEZONSKA

- zmerna, tropska ozemlja
- menjavanje (polletnih) obdobjij (obilo padavin / brez padavin)
  - deževna doba → obilo vegetacije
  - sušna doba → vegetacija odmre
  - vode imajo višjo temperaturo in so zalo aktivne

# Mineralogija tal

Tla sestavlja:

- minerali
- organska snov
- zrak
- voda

Razmerje med njimi je odvisno od tipa tal

Mineralni del tal – velikost delcev: 2mm -> nm

Primarni minerali – nespremenjeni iz izvorne kamnine

Glineni minerali

Ne-silikati

# Domača naloga

- ▶ Tipi glinenih mineralov in razlike med njimi
- ▶ Metode za določanje tipov glinenih mineralov
- ▶ Možnost ionske izmenjave/onesnaženje