



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek  
Mineraloško-petrografski zavod

---



# FELDSPATI

**Mikroskopska istraživanja minerala i stijena**

# FELDSPATI

- $2/m$  ili  $\bar{1}$

- dvije serije:

1. alkalijski feldspati: mikroklin

ortoklas

sanidin



2. plagioklasi: albit       $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$

anortit       $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

## SVOJSTVA:

- triklinski i monoklinski feldspati vrlo slični
- kratkoprizmatskog habitusa, uglavnom izduženi duž osi  $c$ , rjeđe duž osi  $a$
- obično pločasti po  $(010)$
- najčešća kombinacija  $(001)$ ,  $(010)$ ,  $(110)$ ,  $(110)$ ,  $(101)$ ,  $(201)$
- najčešće bezbojni, zbog primjesa ponekad ružičasti, crveni, zeleni ili žuti do smeđi
- dobra kalavost po  $(001)$  i  $(010)$

- ta dva sustava kalavosti sijeku se kod monoklinskih feldspata pod  $90^\circ$ , dok kod triklinskih pod  $89,5-90^\circ$  (plagioklasi  $\approx 86^\circ$ ) (presjeci okomito na os  $a$ )
- postoji i slabije izražena kalavost po  $(110)$  i  $(\bar{1}\bar{1}0)$ , no ona se obično ne vidi u presjecima

## **MONOKLINSKI FELDSPATI**

- optički negativni
- oštra raspolovnica (X) malo odstupa od (001)
- ravnina optičkih osi obično okomita na (010)

## **TRIKLINSKI FELDSPATI**

- mikroklin optički negativan, kod plagioklasa se karakter mijenja prema sastavu

- indeksi loma kod alkalijskih feldspata su manji od indeksa loma kanadskog balzama
- kod plagioklasa s porastom anortitne komponente postaju veći (do 1,590)
- dvolom je kod svih feldspata malen  
→ interferiraju u sivoj, bijeloj do žutoj boji  
1. reda
- bezbojni su, ne pokazuju pleokroizam

- **monoklinski feldspati** u svim presjecima paralelnim s  $b$  potamne paralelno s pukotinama kalavosti po (010) ili (001)
- **triklinski feldspati** u svim presjecima potamne koso
- svojstva feldspata ne ovisi samo o kemizmu, već i o uvjetima kristalizacije (temperatura!)

## **SRASLACI su vrlo česti kod feldspata**

### 1. okomični sraslački zakoni:

albitni s.o.  $\perp$  (010) (trikl.)

manebaški s.o.  $\perp$  (001) (monokl. + trikl.)

bavenski s.o.  $\perp$  (021) (monokl. + trikl.)

### 2. bridni sraslački zakoni:

karlovarski s.o. [001] (monokl. + trikl.)

periklinski s.o. [010] (triklinski s.)

(s.o. = sraslačka os)



# Alkalijski feldspati

## **SANIDIN**

- $(K,Na)AlSi_3O_8$
- $2/m$
- pločasti po (010) i slabo izduženi duž osi  $c$
- bezbojni, staklasto prozirni

# MIKROSKOPSKA SVOJSTVA

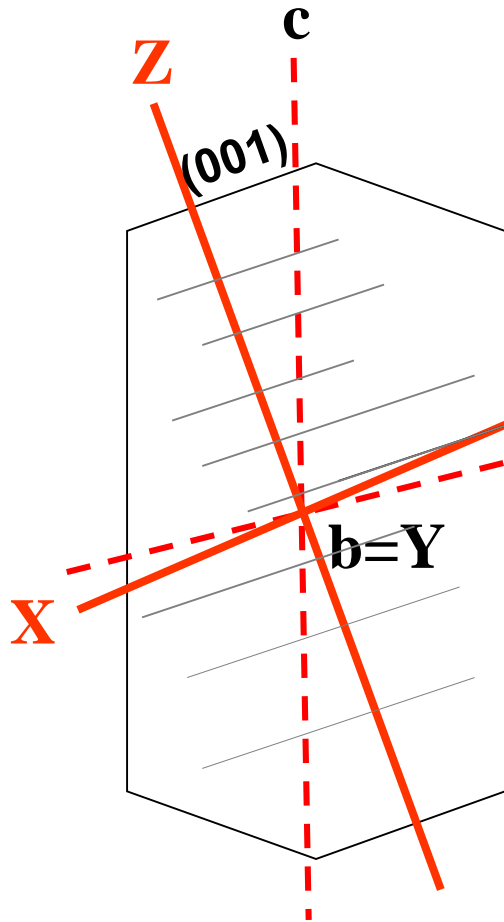
- bezbojan, bistar
- česti su stupićasti presjeci
- pukotine kalavosti po (001) i (010) često su lijepo izražene
- česti su karlovarski sraslaci
- slab negativan reljef:

$$n_x=1,517-1,520 \quad n_y=1,523-1,525 \quad n_z=1,524-1,526$$

- dvolom je nizak:

$$n_z - n_x = 0,006 - 0,007 \rightarrow \text{siva, sivo-bijela boja 1.reda}$$

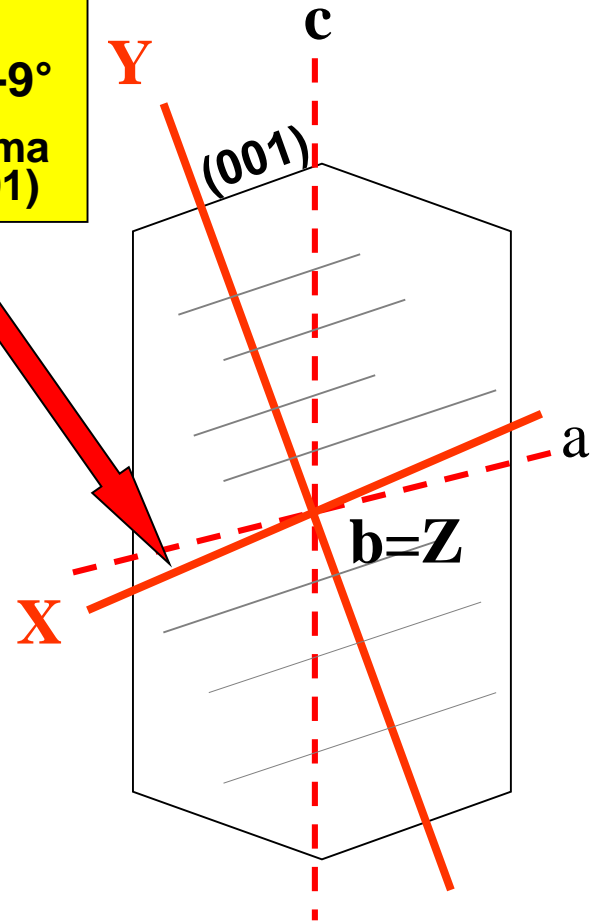
presjeci || (010)



ravnina optičkih osi  
paralelna s (010)

višetemperaturni sanidin

kut kosog  
potamnjenja 0-9°  
prema pukotinama  
kalavosti po (001)

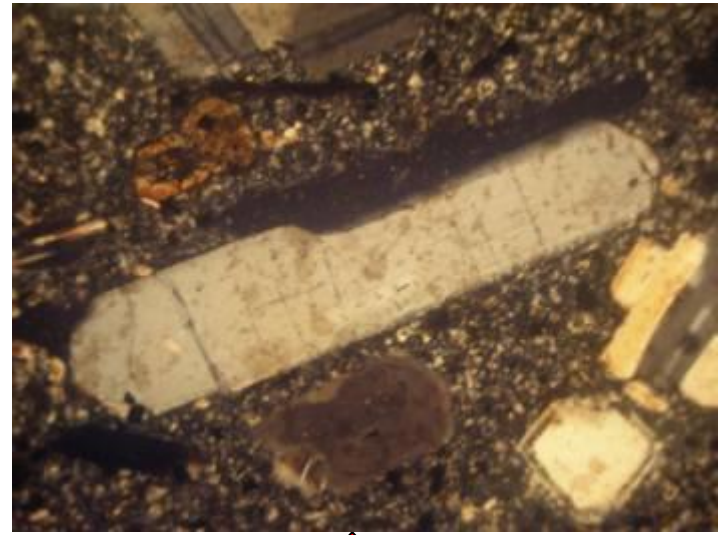
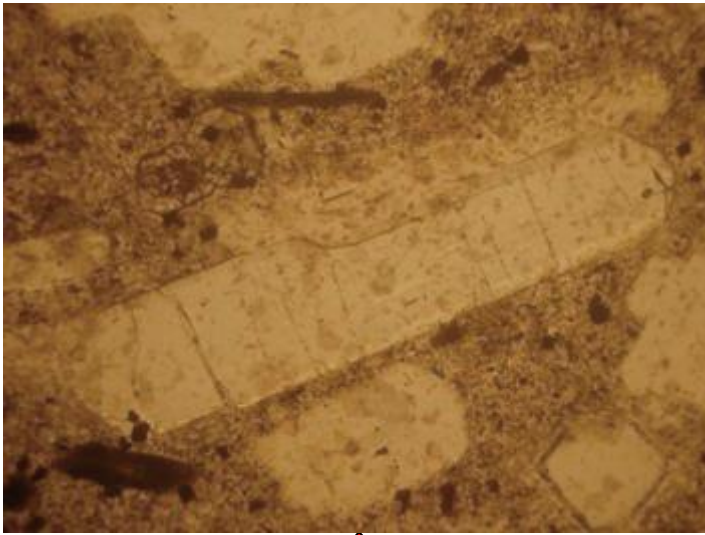


ravnina optičkih osi  
okomita na (010)

nižetemperaturni sanidin  
(ortoklas, mikroklin)

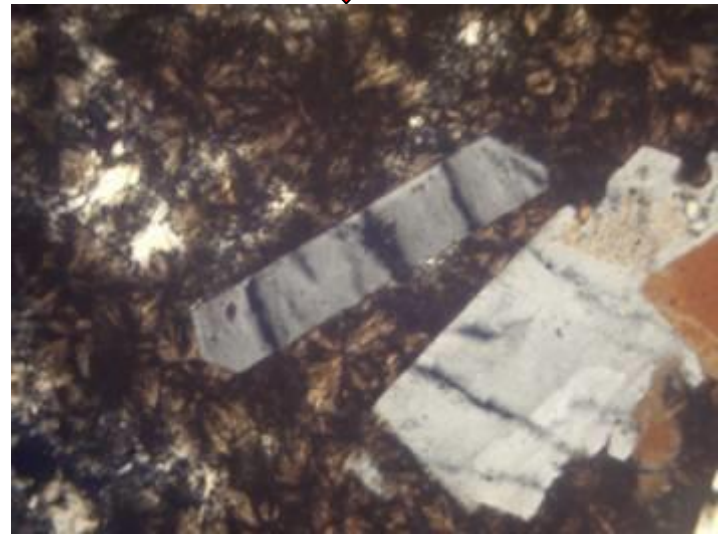
## Potamnjenje:

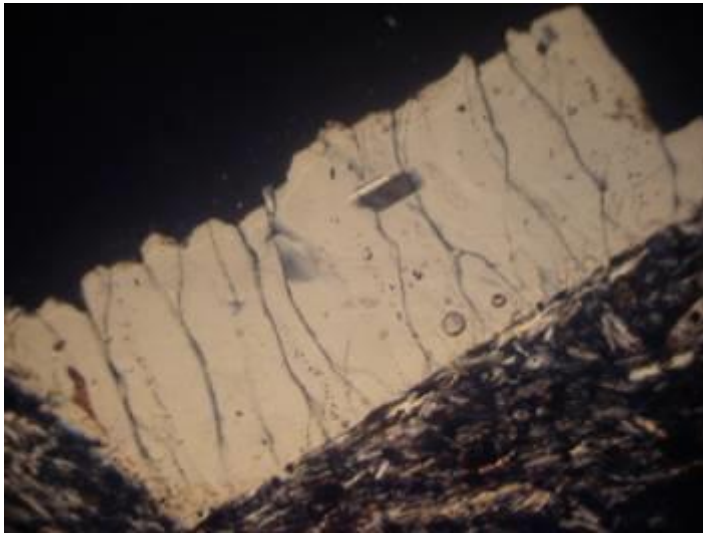
1. presjeci paralelno s (010):  
0-9° prema pukotinama po (001)  
(kut raste s povećanjem Na-komponente!)
  2. u svim presjecima paralelno s *b*  
potamni paralelno prema pukotinama  
po (010)
- optički negativan,  $-2V=0-20^\circ$



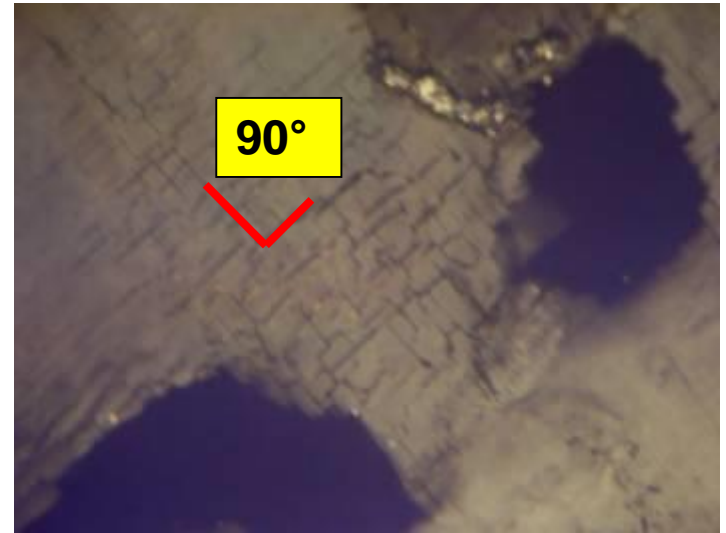
**utrasci sanidina u efuzivu (bez A)**

**utrasci sanidina u efuzivu (s A)**

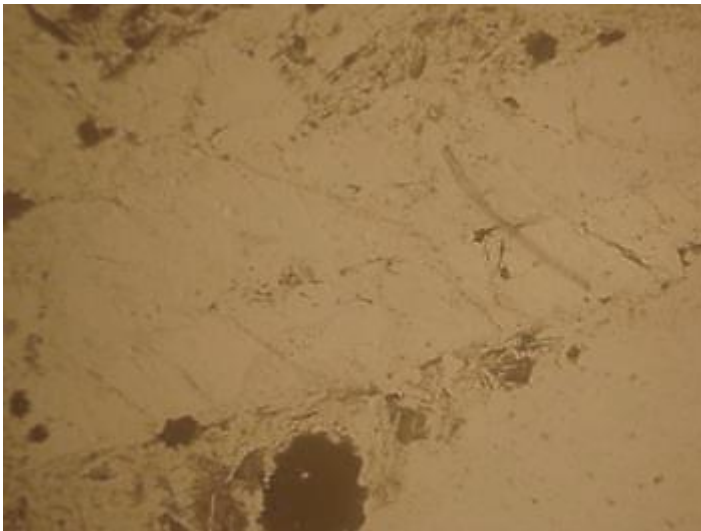




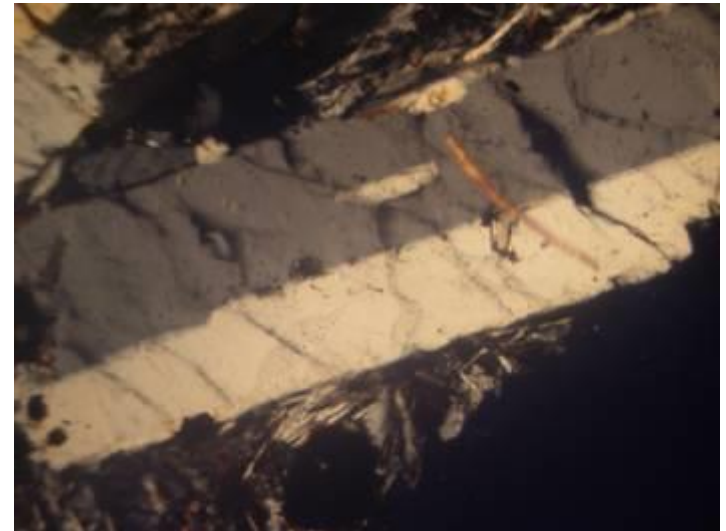
sanidin u efuzivu (s A)



sustavi kalavosti po (001) i (010) (s A)



sraslac dvojac sanidina (bez A)



sraslac dvojac sanidina (s A)

## **Izmjene:**

- sanidin je obično svjež

## **Pojavljivanje:**

- u eruptivima (riolit, trahit, dacit), kao lijepi fenokristali (utrusci)
  - može sadržavati uklopke stakla
  - česti zonarno poredani uklopoci augita, biotita i kvarca

# ORTOKLAS

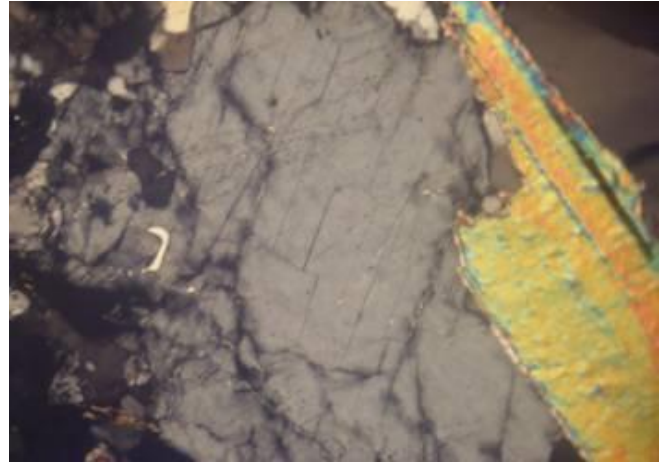
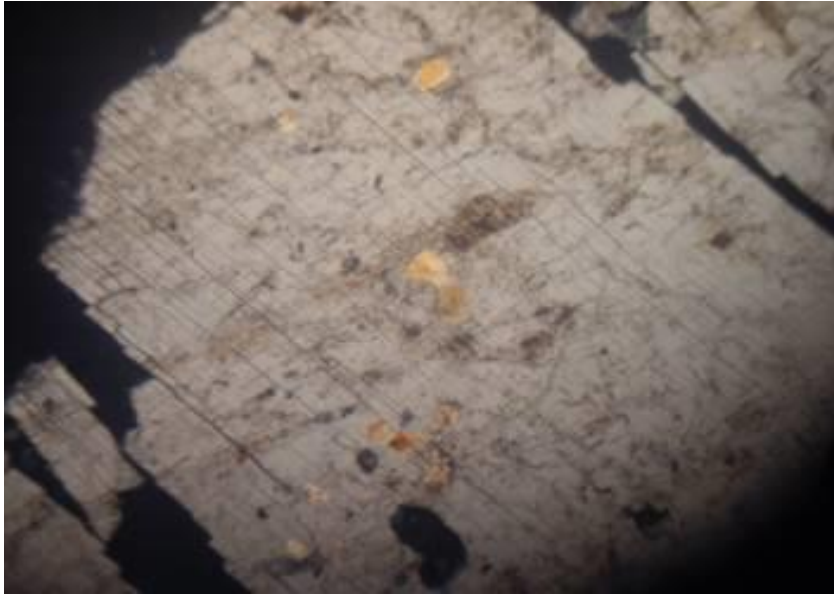
- $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$
- $2/m$
- debelo pločasti po (010) i izduženi smjerom osi  $c$ , ali i  $a \rightarrow$  često kao četverostrani stupovi
- mogu biti kao vrlo sitni kristali, nepravilna zrna
- bijeli, ružičasti, smeđasti



# MIKROSKOPSKA SVOJSTVA

- bezbojan
  - zbog produkata trošenja često mutan, ponekad slabo providan sa crvenkastom ili smeđastom nijansom
  - najbolje se uočava kalavost po (001), slabije po (010) i (110)
  - često se opaža tzv. murčisonitna kalavost (lučenje po (801))
- na presjecima paralelno s (010) zatvaraju kut s pukotinama kalavosti po (001) od  $73^\circ$

**RAZLIČITI PRESJECI ORTOKLASA (s analizatorom)**

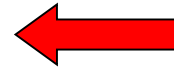


- slab negativan reljef:

$$n_x=1,519 \quad n_y=1,524 \quad n_z=1,526$$

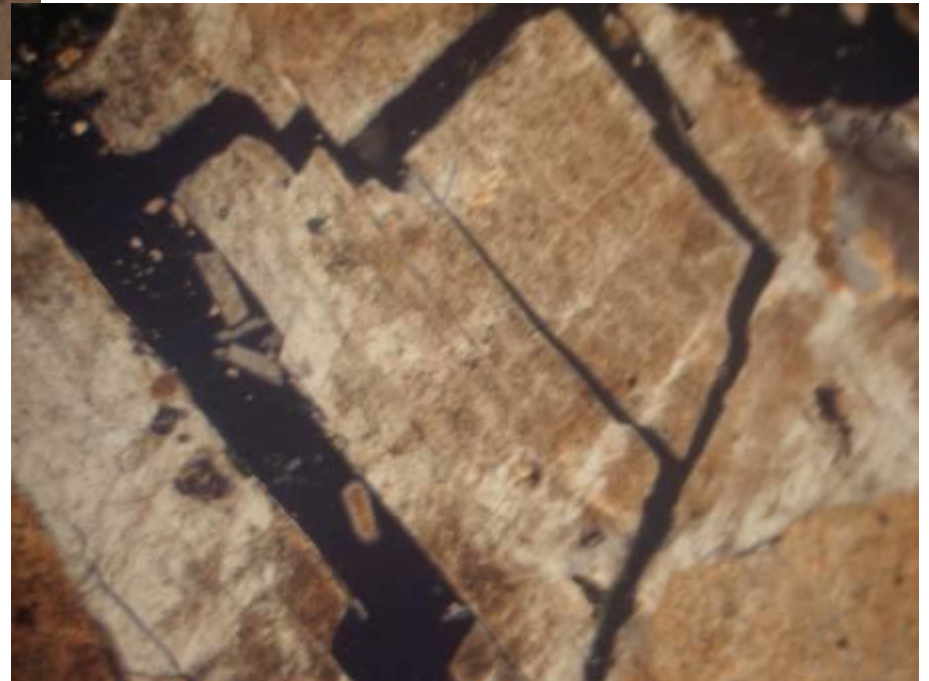
- slab dvolom:  $n_z - n_x = 0,007$   
→interferira u sivoj do sivobijeloj boji 1. reda
- ravnina optičkih osi okomita na (010)
- vibracijski smjer Y gotovo okomit na (001), a oštra raspolovnica X ne odstupa jako od  $a$
- kut potamnjenja prema pukotinama po (001) u presjecima paralelnim s (010) iznosi 5-12° (veći kutevi ako je više Na)
- u svim presjecima paralelnim s osi  $b$  potamni paralelno prema pukotinama po (010)
- optički negativan,  $-2V=69-72^\circ$

**KAOLINITIZACIJA**



**bez analizatora**

**s analizatorom**



# SERICITIZACIJA



kalavost

- česti su karlovarski sraslaci
- kod kristala izduženih po  $a$  česti su sraslaci po bavenskom zakonu (šav po (021))

## Izmjene:

- alterira pod djelovanjem trošenja i hidrotermalnih otopina u kaolinit ili sericit
  - pretvorba započinje iz središta zrna:
    - sericit pokazuje visok dvolom, a kaolinit izgleda zemljasto i interferira u sivoj boji
- zrna ortoklasa su zamućena

## Pojavljivanje:

- kisele i neutralne intruzivne magmatske stijene (granit, sijenit)
- kao žile u granitima i gnajsevima - prorašten s kvarcom (granofirska struktura, klinasto pismo)
- pertit – izdvajanje Na-komponente u ortoklasu u obliku tankih slojeva albita smjerom (010)

# MIKROKLIN

- $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$
- kristalizira triklinski  $\bar{1}$
- kristalni oblici podsjećaju na ortoklas (zbog sličnih kristalografskih odnosa)
- bijel zelenkast, svijetlocrven do smeđastocrven

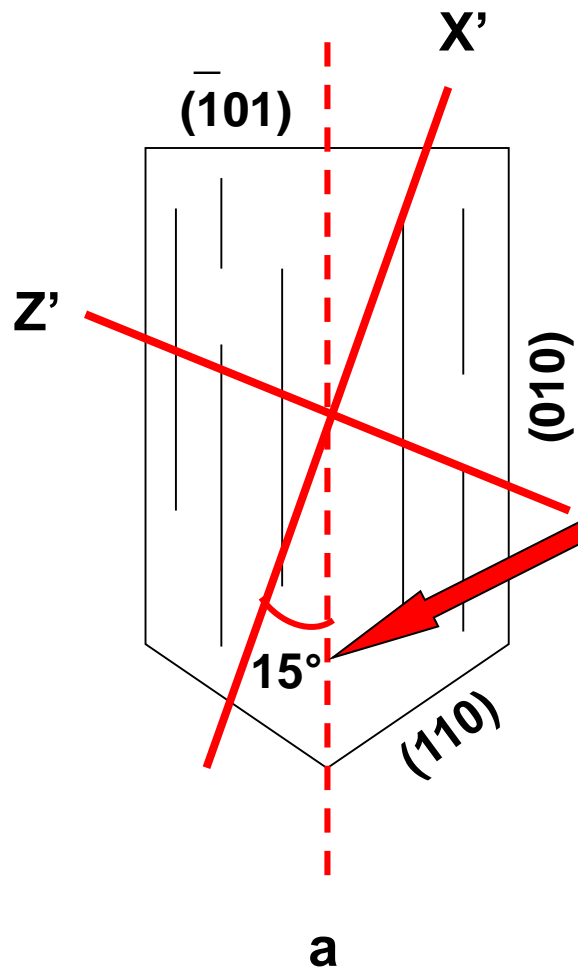


# MIKROSKOPSKA SVOJSTVA

- bezbojan, zbog alteracija može biti mutan
- kalavost po (001) izražena, slabije po (010), slabo po (110)
- pokazuje murčisonitno lučenje kao i ortoklas
- nizak negativan reljef:  
 $n_x=1,518-1,522$     $n_y=1,522-1,526$     $n_z=1,525-1,530$
- slab dvolom:  $n_z-n_x=0,007$   
→interferira u sivoj do bijeloj boji 1. reda
- ravnina optičkih osi slična kao kod ortoklasa

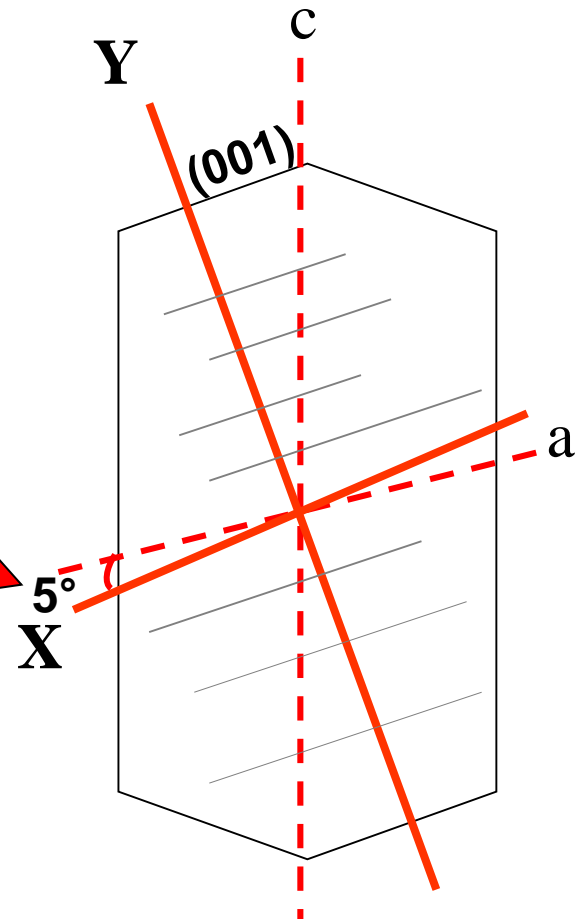
- kut potamnjenja u presjecima paralelnim s (001) prema osi  $a$ , odnosno pukotinama kalavosti po (010) ili lamelama po albitnom zakonu iznosi  $15^\circ$
- u presjecima paralelnim s (010) potamnjenje prema pukotinama kalavosti po (001) iznosi  $5^\circ$  (kao kod ortoklasa)
- karakteristična je tzv. rešetkasta struktura:
  - na presjecima paralelnim s (001) vide se srastanja po albitnom i periklinskom zakonu; lamele tih sraslaca međusobno su gotovo okomite
  - na presjecima paralelnim s (100) i (010) vidi se samo jedan sustav srastanja

presjeci || (001)



kut kosog potamnjenja

presjeci || (010)



# REŠETKASTA STRUKTURA KOD MIKROKLINA



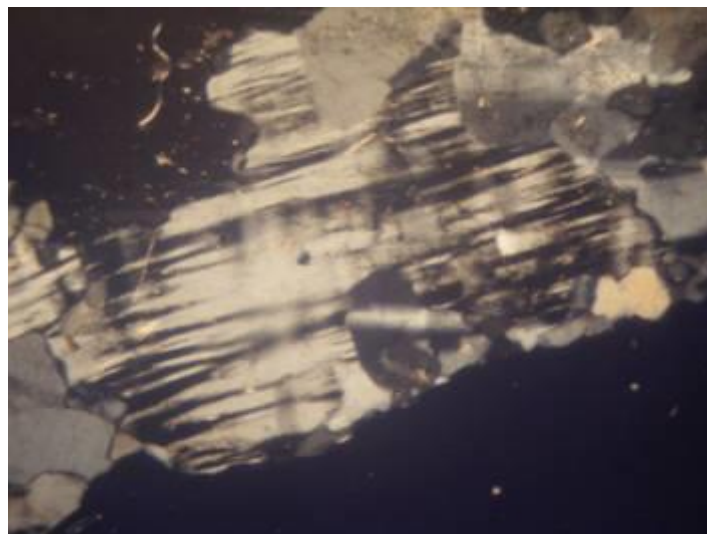
bez analizatora



s analizatorom: potamni 1. sustav sraslaca



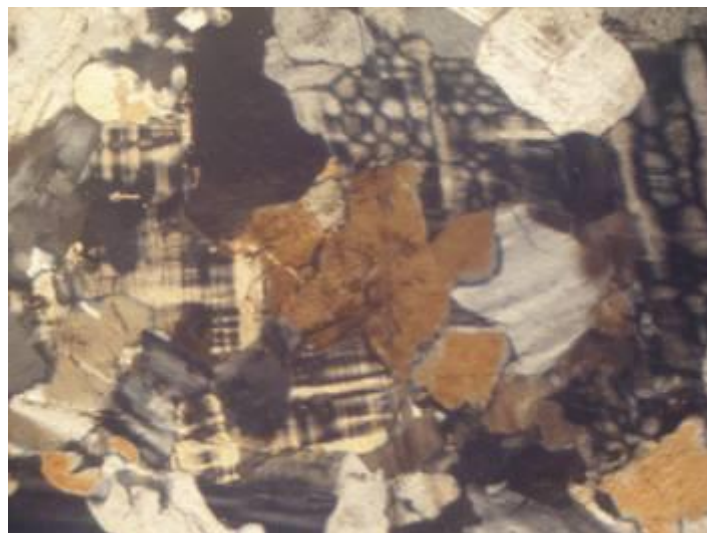
s analizatorom: potamni 2. sustav sraslaca



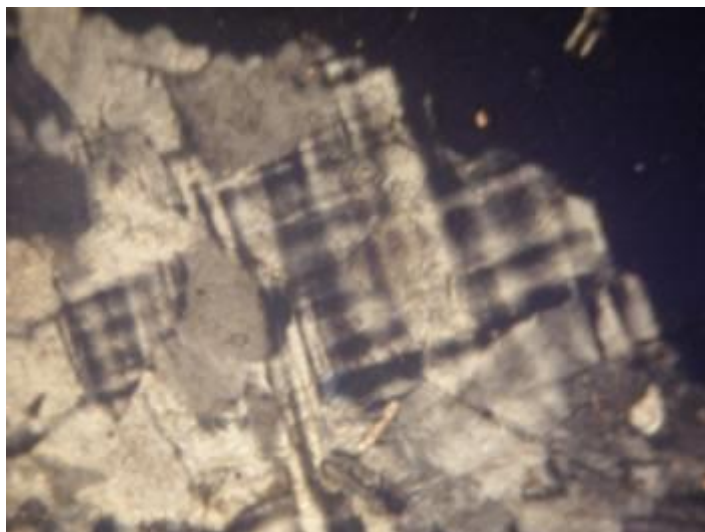
s analizatorom: presjek s jednim sust. sraslaca



**bez analizatora**



**s analizatorom**



**s analizatorom**

## **Izmjene:**

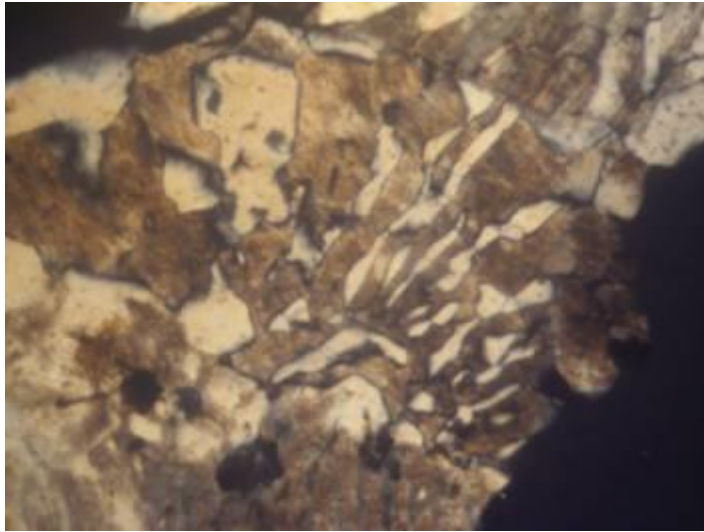
- alterira u kaolinit i sericit (kao ortoklas)

## **Pojavljivanje:**

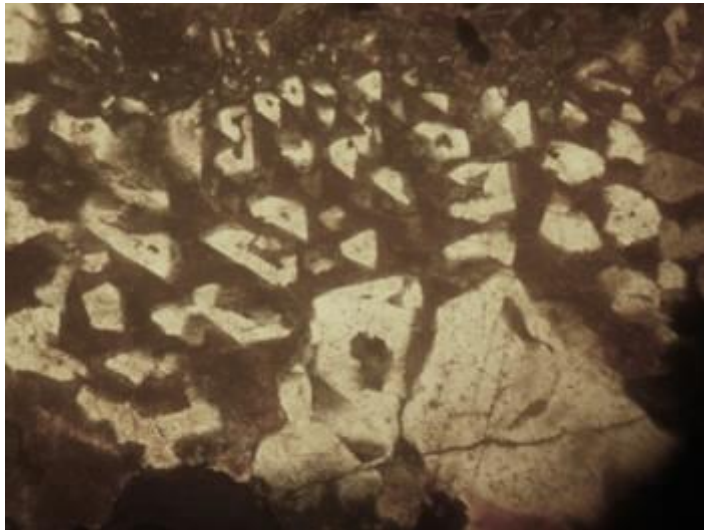
- granitni pegmatiti
- intruzivne kisele i neutralne stijene (granit, sijenit)
- u kristalnim škriljavcima
- u pješčenjacima, arkozama



## PRORASTANJA FELDSPATA I KVARCA



**mirmekitska struktura = crvoliko prorastanje kiselog plagioklasa i Q**



**mikrografska struktura (granofirska) = prorastanje alkalijskog feldspata i Q**

# Plagioklasi

- $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

albit do 10% An

*oligoklas* 10-30% An

*andezin* 30-50% An

*labradorit* 50-70% An

*bitovnit* 70-90% An

anortit preko 90% An

**An<sub>0-30</sub> kiseli plagioklasi**

**An<sub>30-70</sub> neutralni plagioklasi**

**An<sub>70-100</sub> bazični plagioklasi**

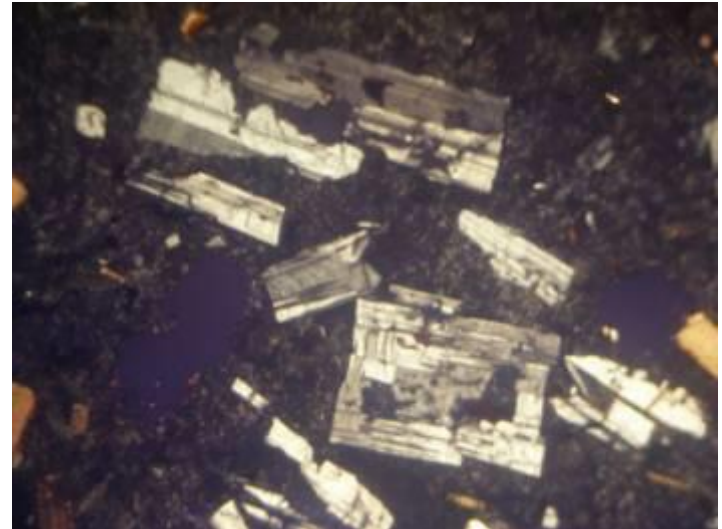
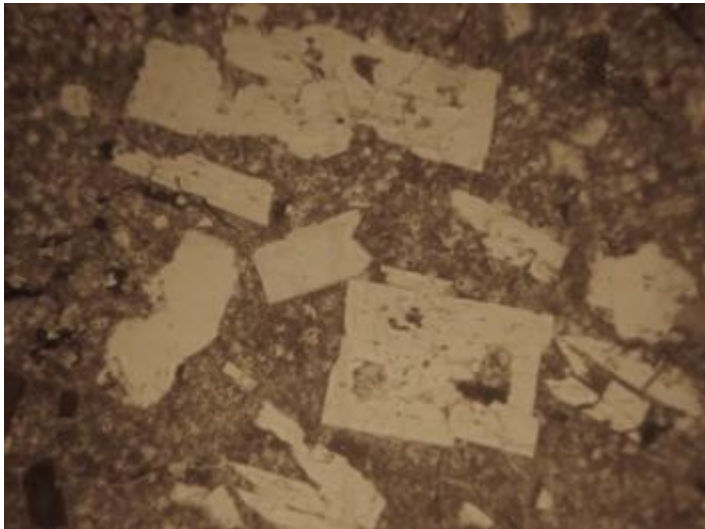
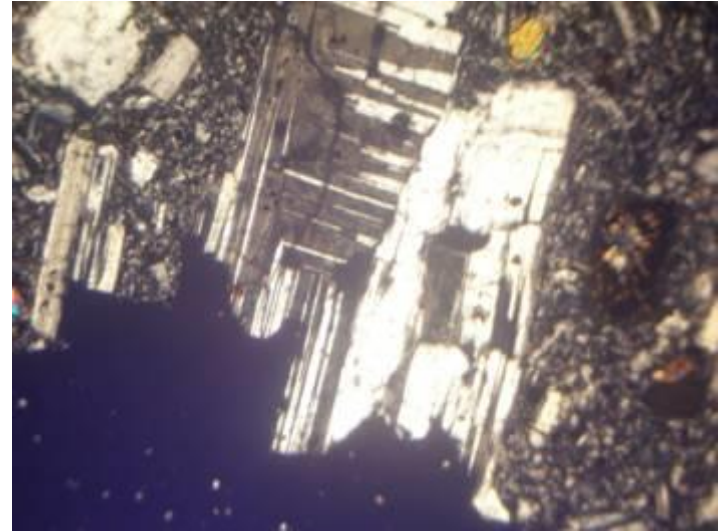
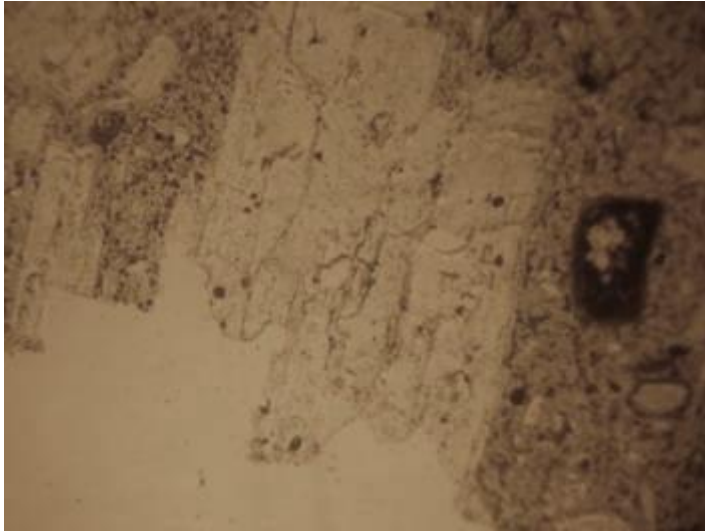
- $\bar{1}$
- debelo pločasti smjerom (010) i izduženi duž osi c
- bezbojni, bijeli, zelenkastosivi
- vrlo dobra kalavost po (001), nešto slabija po (010) te slaba po (110) i (110)



# MIKROSKOPSKA SVOJSTVA

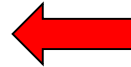
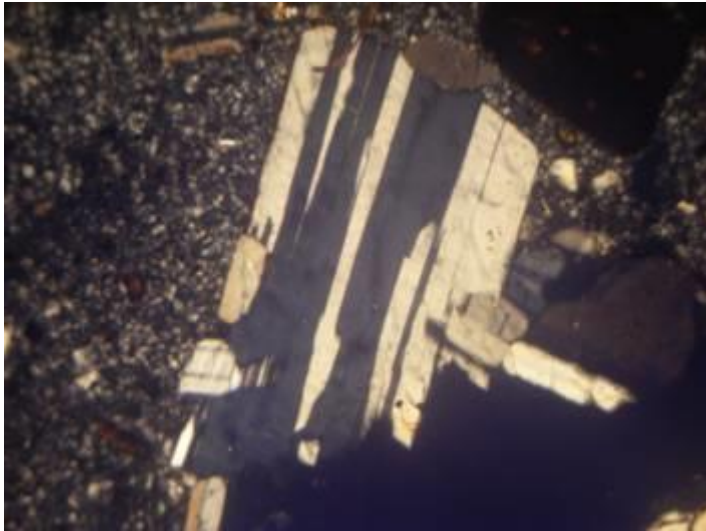
- ako su svježiji, onda su bezbojni, lijepo se vide pukotine kalavosti po (001) i (010)
- ako su zahvaćena procesima izmjene, zrna plagioklasa su замуćena i slabo providna
- rijetki kristali pojedinci; česti su polisintetski sraslaci
- često se opaža zonarna građa, osobito kod plagioklasa u eruptivnim stijenama
- presjeci plagioklasa u eruptivima su često stupićasti ili prutićasti

# različiti presjeci plagioklasa

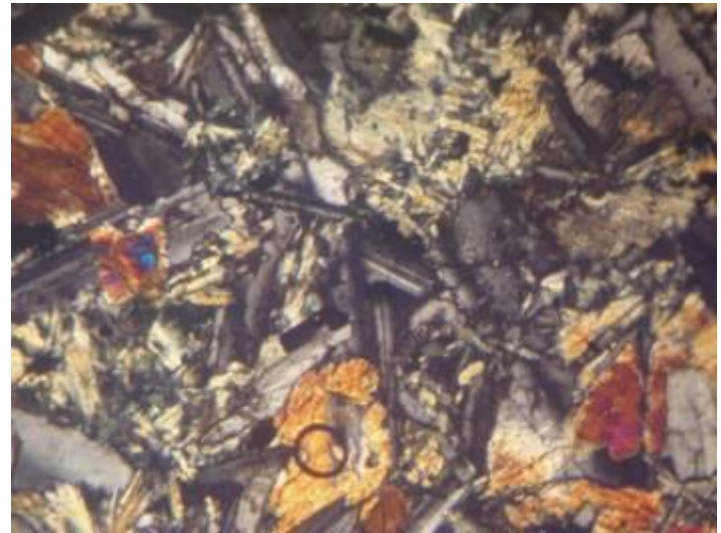
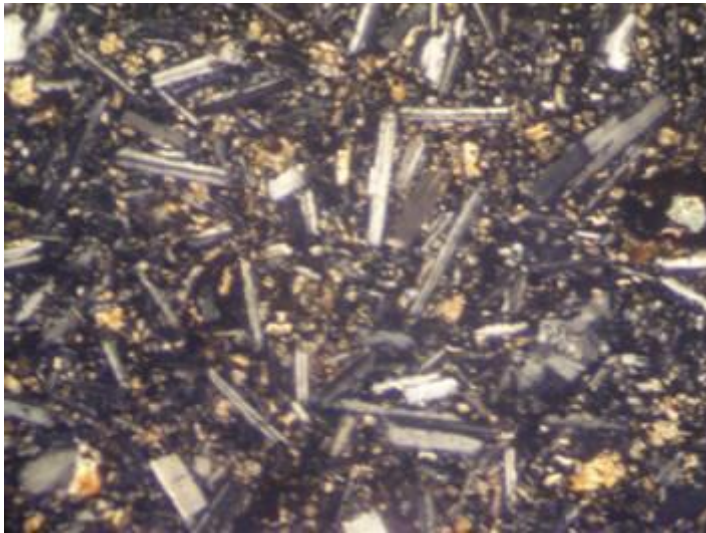


bez analizatora

s analizatorom

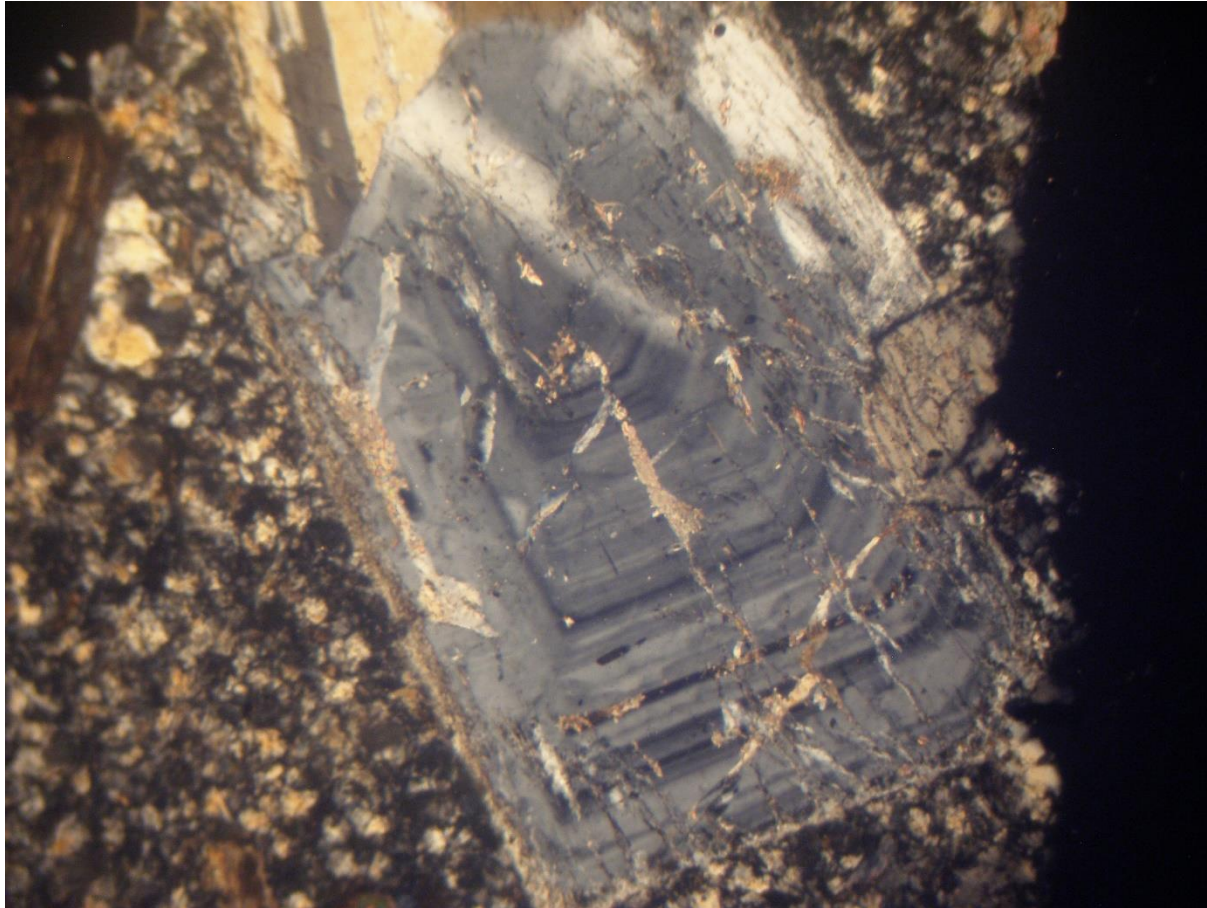


**polisintetske sraslačke lamele**



**različito orijentirani štapići plagioklasa – ofitska struktura  
(bazalt, dijabaz)**





zonarni plagioklas

- indeksi loma rastu od albita prema anortitu

	<i>albit</i>	<i>anortit</i>
$n_x =$	1,529	– 1,575
$n_y =$	1,533	– 1,583
$n_z =$	1,539	– 1,588

- mali maksimalni dvolom, interferiraju u bijeloj do žutoj boji 1. reda
- kut optičkih osi velik za većinu plagioklasa
- optički karakter kod nekih pozitivan a kod nekih negativan
- promjenom kemijskog sastava plagioklasa mijenja se:
  1. vrijednosti indeksa loma i položaj vibracijskih smjerova prema krist. elementima
  2. kut optičkih osi
  3. optički karakter

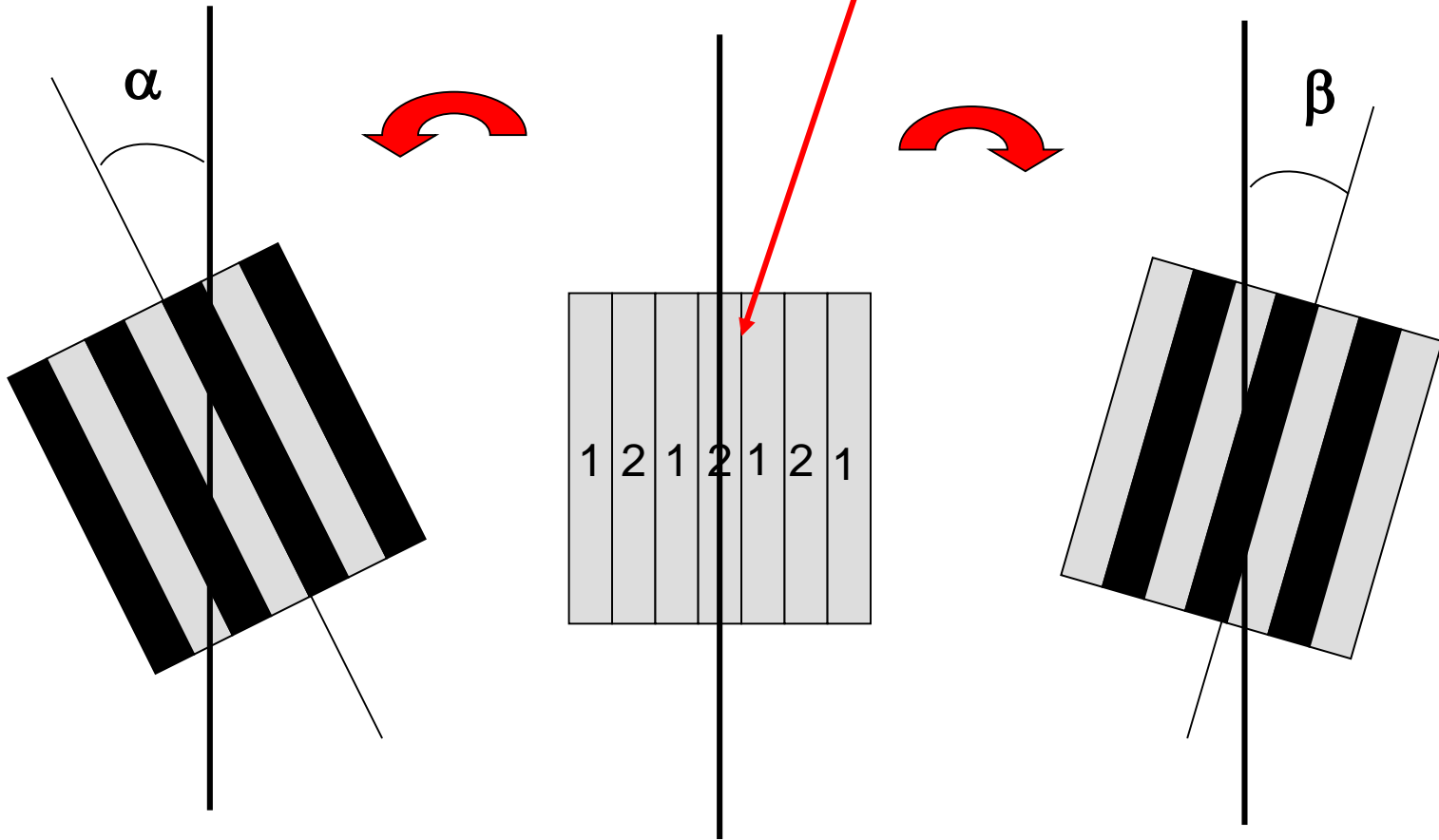
- iz kutova potamnjenja na prikladnim presjecima plagioklasa moguće je odrediti njihov sastav
- prikladni su presjeci iz tzv. **zone simetrijskog potamnjenja**

### Zona simetrijskog potamnjenja kod plagioklasa

- kod plagioklasa najčešći su sraslaci po albitnom, karlovarskom i kompleksnom albitnokarlovarskom
- **najčešći je albitni zakon:**
  - u presjecima okomitim na sraslački šav (010) oba sustava lamela moraju potamniti pod istim kutom prema tom istom šavu (ili pukotinama kalavosti po (010)), tj. kažemo da potamne simetrijski → to su presjeci iz zone sim. potamnjenja, a taj kut potamnjenja služi za određivanje sastava plagioklasa

**Presjeci okomiti na sraslački šav kod sraslaca po albitnom zakonu**

**sraslački šav = (010)**



**$\alpha = \beta$   
simetrijsko potamnjenje!**

## **Kako se prepoznaju presjeci iz zone simetrijskog potamnjenja (=presjeci okomiti na sraslački šav (010)) ?**

1. sraslački šav se vidi kao oštra granica između sraslačkih lamela, te pri izoštravanju (fokusiranju) se ne pomiče značajno lijevo-desno (gore-dolje)(koristiti veće povećanje!)
2. sraslaci po albitnom zakonu u takvom presjeku prepoznaju se po tome što oba sustava lamela kada su orijentirana sjever-jug pokazuju istu interferencijsku boju

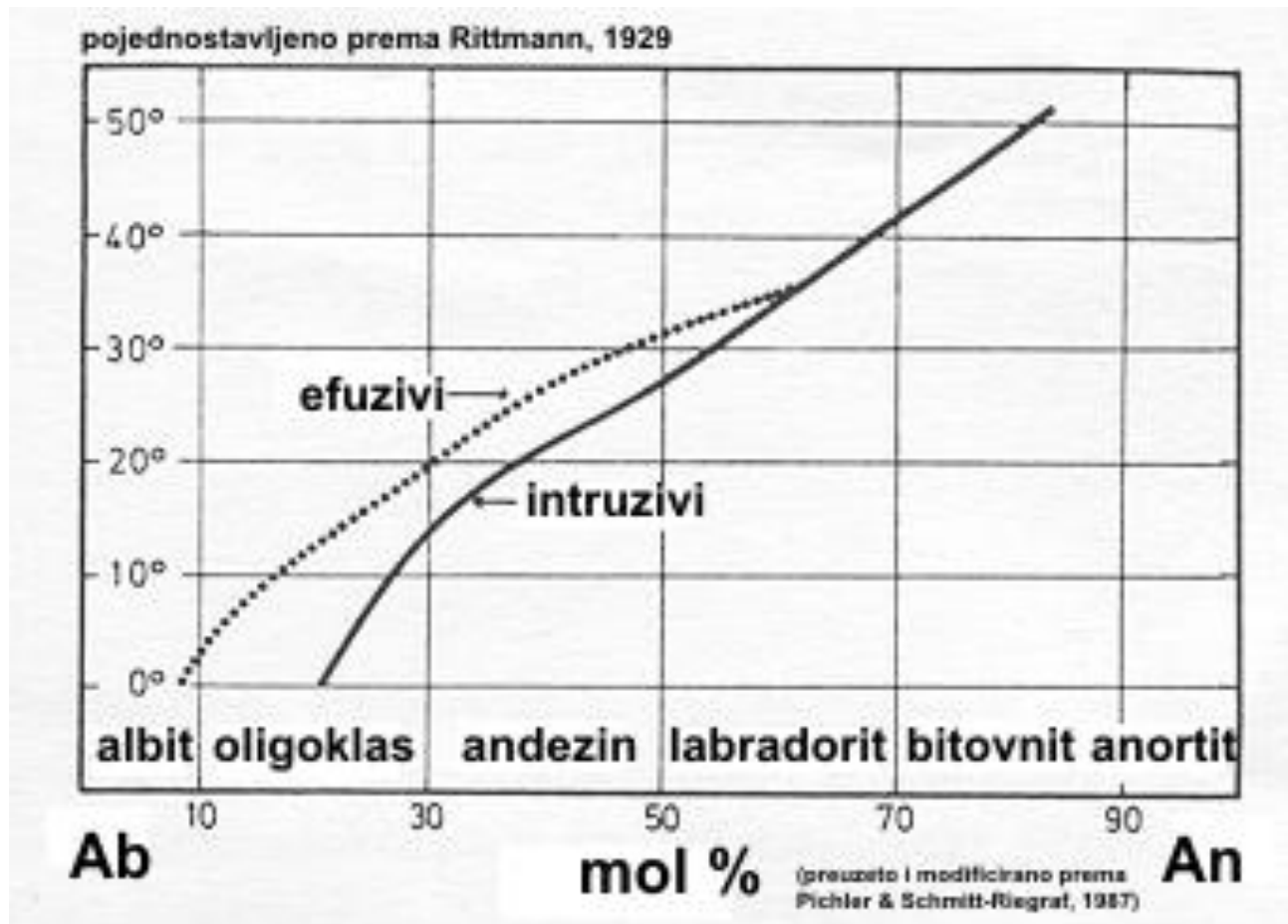


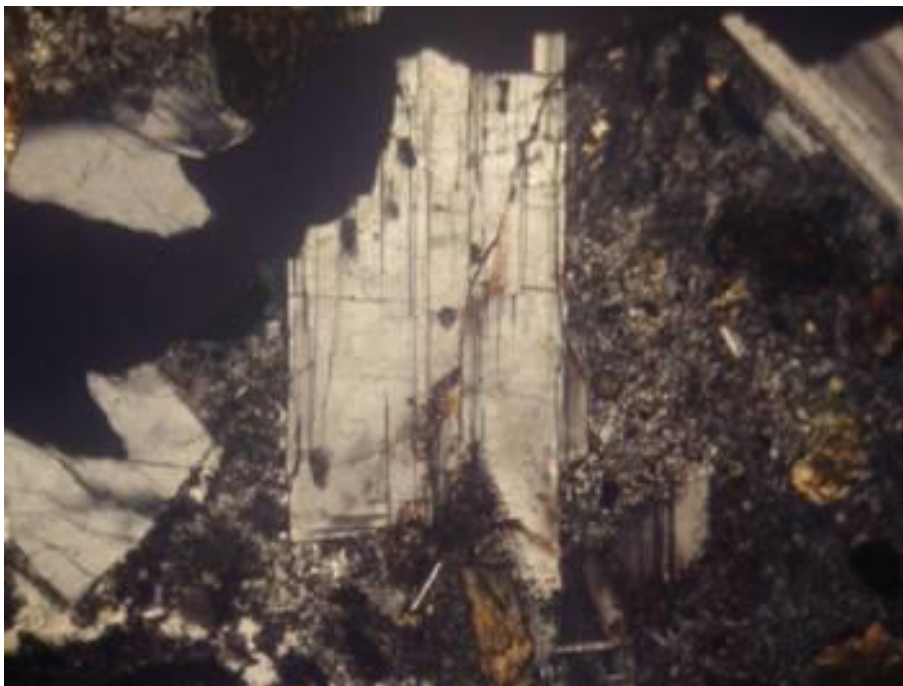
## **Nakon što smo pronašli presjek iz zone simetrijskog potamnjenja:**

1. Dovedemo sraslački šav u položaj paralelan s vertikalnom niti nitnog križa  
→ očitamo kut
2. Zakrenemo stolić u lijevo, dok jedan sustav sraslačkih lamela ne potamni  
→ očitamo kut, izračunamo kut kosog potamnjenja
3. Vratimo stolić u početni položaj (vidi pod 1.), te ga zatim zakrenemo u desno dok drugi sustav sraslačkih lamela ne potamni  
→ očitamo kut, izračunamo kut kosog potamnjenja

4. Izmjereni kutovi kosog potamnjenja za oba sustava sraslačkih lamela trebali bi biti isti, ili približno isti ( $\rightarrow$  simetrijsko potamnjenje); **ne smiju se razlikovati za više od  $5^\circ$**
5. Potrebno je izmjeriti što više presjeka iz zone simetrijskog potamnjenja (barem 10), te zatim iskoristiti najvišu izmjerenu vrijednosti kuta kosog potamnjenja za očitavanje udjela anortitne komponente. Očitavanje se može načiniti u sljedećem dijagramu:

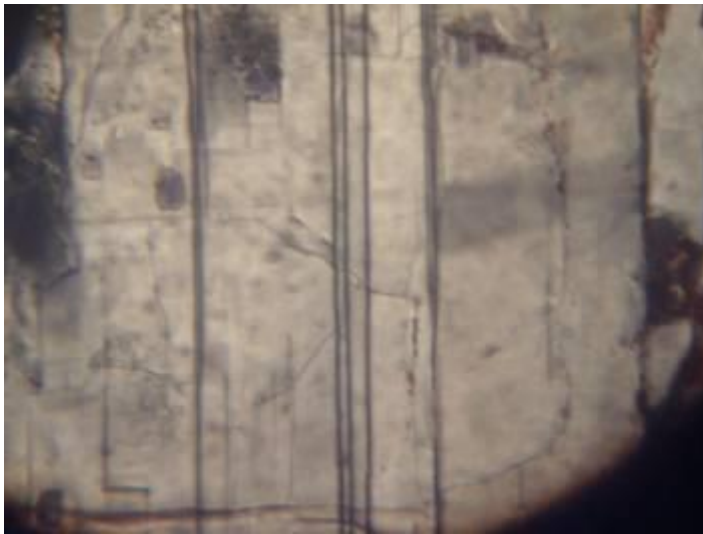
# Očitavanje udjela anortitne komponente



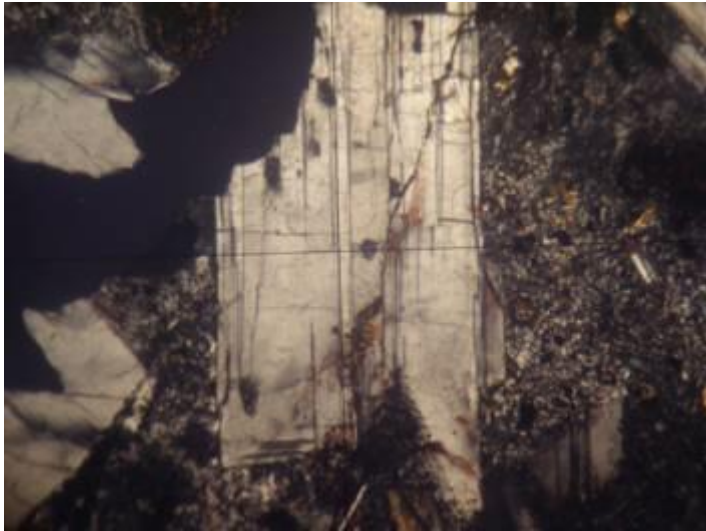


**1. tražimo pogodan presjek!**

**u orijentaciji sjever-jug (paralelno s vertikalnom niti nitnog križa)  
sraslačke lamele s uključenim analizatorom jednako interferiraju  
= *albitni sraslački zakon***



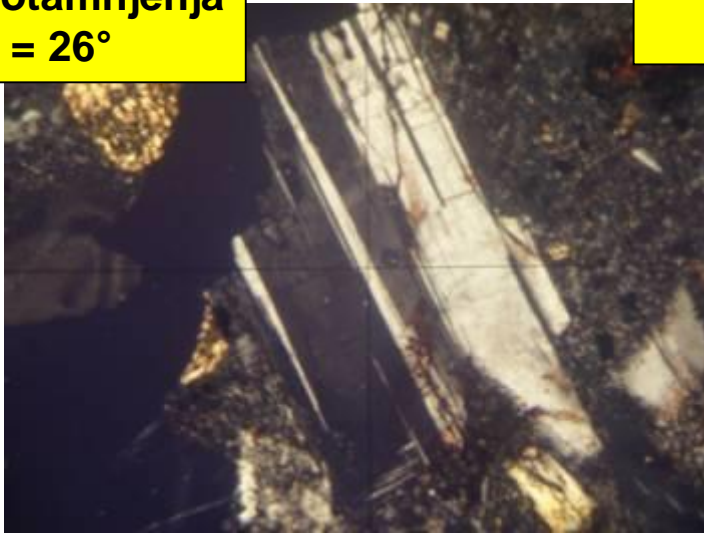
**sraslački šav se pri defokusiranju ne pomiče značajno lijevo-desno  
= presjek približno okomit na sraslački šav (010)**



**2. mjerimo kutove potamnjenja!**

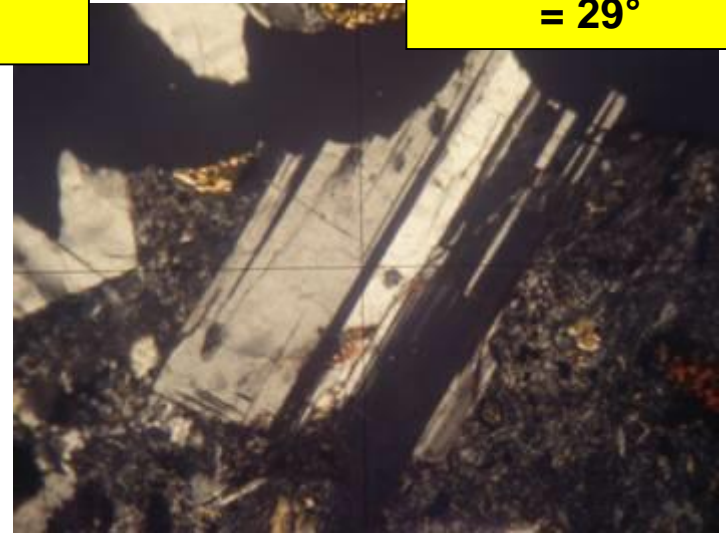
**a. početni položaj = sraslački šav ide paralelno s vertikalnom niti (lamelle jednako interferiraju!)**

**kut potamnjenja  
=  $26^\circ$**



**srednja vrijednost  
=  $27,5^\circ$**

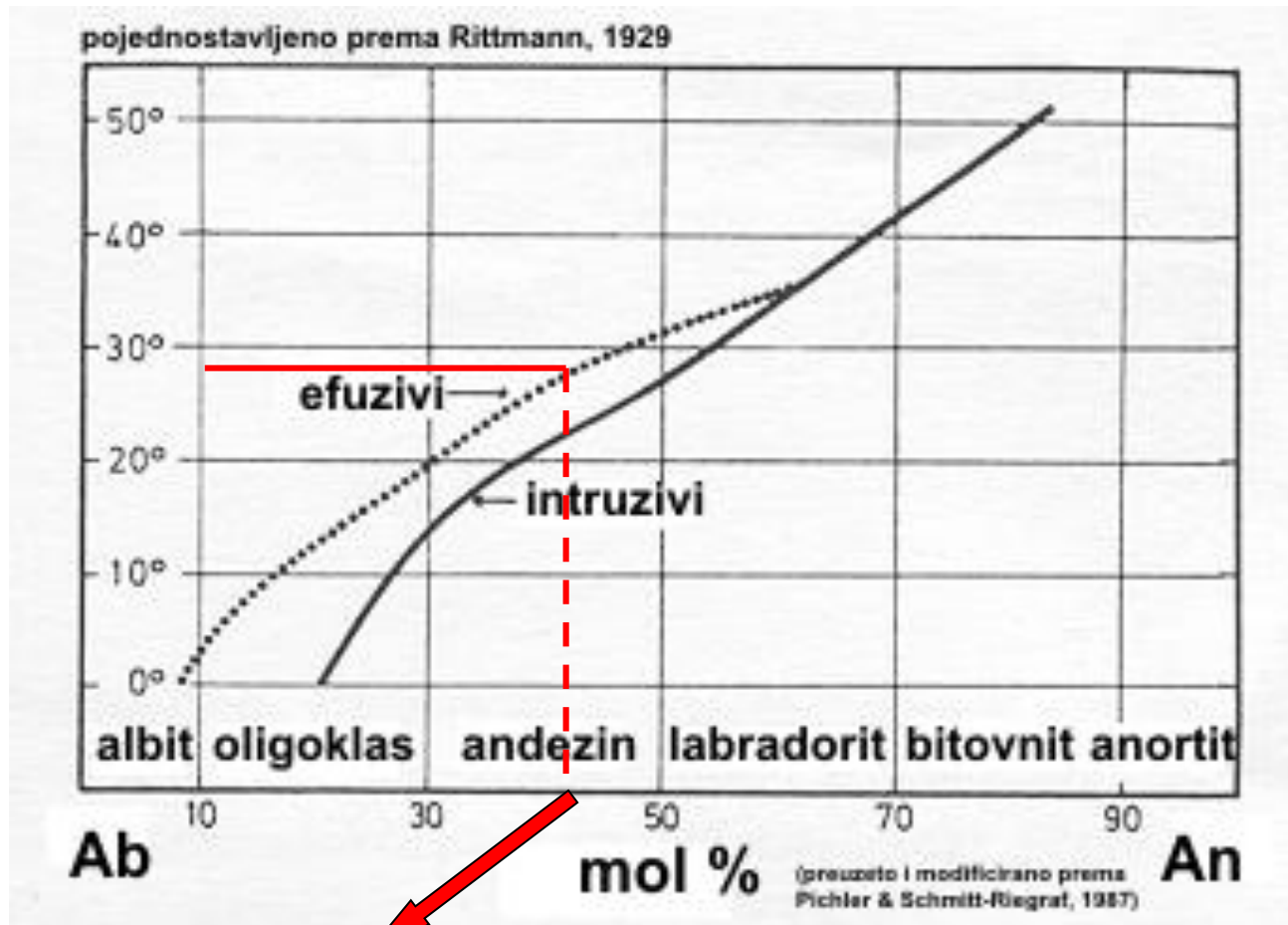
**kut potamnjenja  
=  $29^\circ$**



**b. zakret stolića u lijevo  
= potamni 1. sustav lamela**

**b. zakret stolića u desno  
= potamni 2. sustav lamela**

### 3. očitavamo udio anortitne komponente!



An = 42%

## **NAPOMENA:**

Postoji više metoda određivanja sastava plagioklasa.

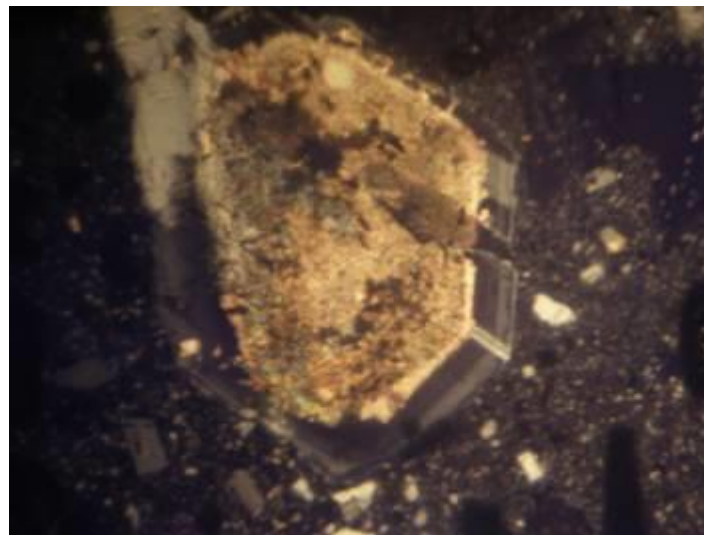
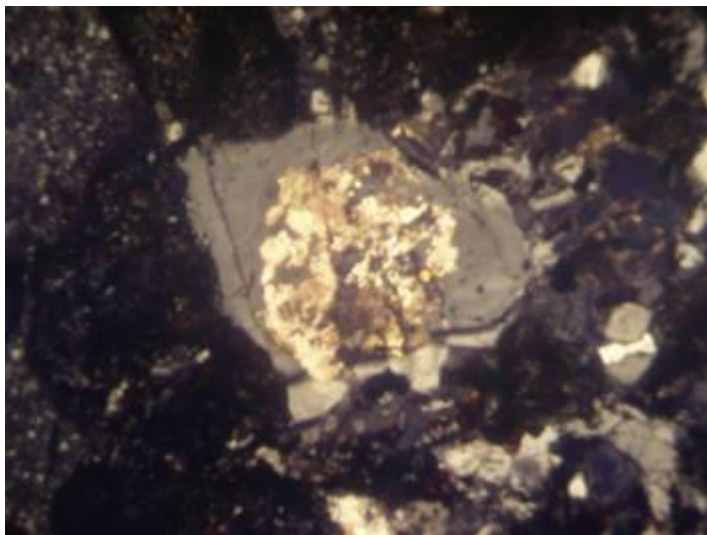
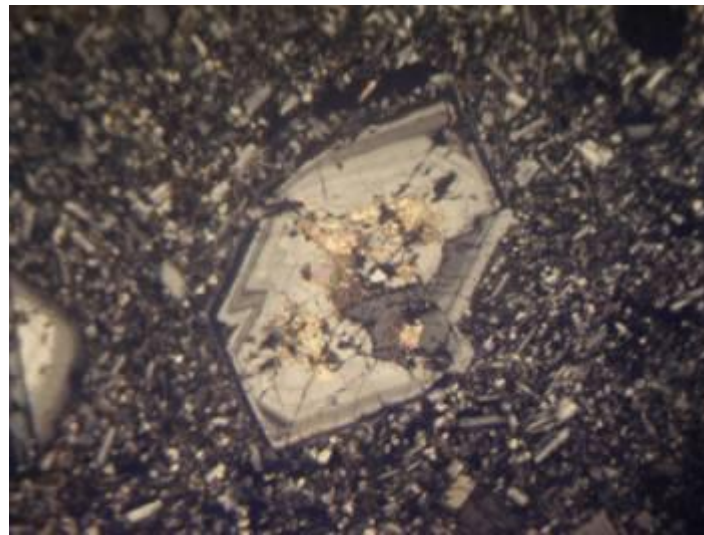
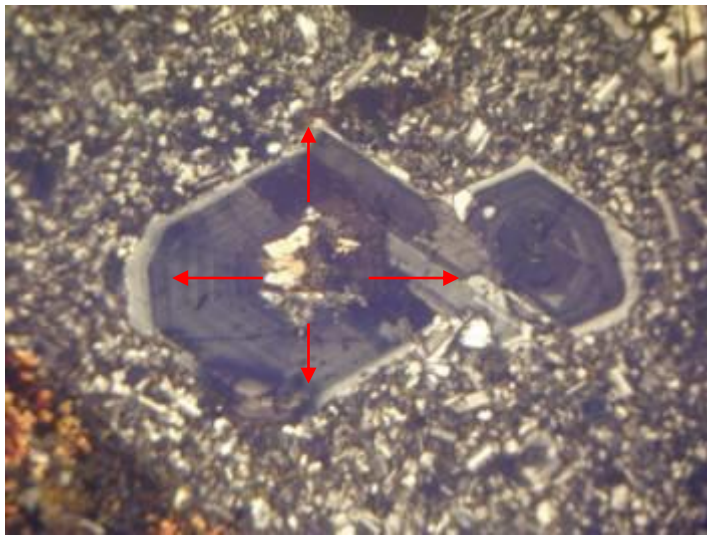
Prikazana je metoda po Michel-Lévyu.

## Izmjene:

- kiseli plagioklasi – sericit, kaolinit i drugi minerali glina; u zeolite
- bazični plagioklasi – u sosirit (nakupina sitnih zrna coisita, klinocoisita i albita);  
u albit (albitizacija) + kalcit, klinocoisit, epidot
- bazični plagioklasi su manje stabilni od kiselih



# SERICITIZACIJA



## Pojavljivanje:

- vrlo rašireni minerali
- kiseli plagioklasi: granit, sijenit, riolit, trahit, pegmatiti, u kristalnim škriljavcima, u sedimentima
- neutralni plagioklasi: diorit, sijenit, andezit, gnajs, nema ih u sedimentima
- bazični plagioklasi: gabro (+labradorit), bazalt, u mramorima, rijetko u kristalnim škriljavcima, nema ih u sedimentima