

RAZPOKE

Natezne razpoke ("joints")

so bolj ali manj zvezne, od nekaj cm do nekaj 100 m dolge razpoke, ob katerih se je kamnina "razprla". Premik je izredno majhen (praktično nezaznaven) in praviloma usmerjen pravokotno na stene razpoke, lahko pa je deloma tudi strižen (usmerjen vzdolž sten razpoke).



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

3

Natezne razpoke

Natezne razpoke nastajajo v lomnem režimu pri prekoračitvi natezne trdnosti kamnine. Ponavadi nastanejo, da bi omogočile majhne, spremljajoče deformacije pri regionalnih deformacijah: pogrezanju in kompaktaciji, dvigu kamnin na površje, ohlajanju in krčenju, ali pri tektonskih obremenitvah.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

4

Natezne razpoke

Pogosto se v razpokah iz raztopin izločajo minerali \Rightarrow žile.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

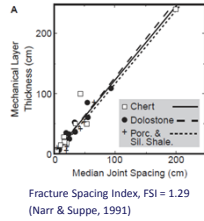
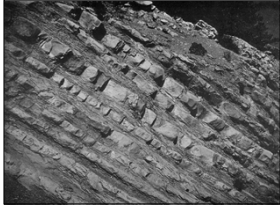
5

Natezne razpoke

Natezne razpoke so ena najpogostejše prisotnih struktur v kamninah. Dolžina razpoke in razdalja med njimi je odvisna od debeline in togosti kamnine, v kateri se pojavljajo:

- tanke plasti, šibka kamnina \Rightarrow goste razpoke
- debele plasti \Rightarrow redkeje razporejene razpoke

\Rightarrow povprečna razdalja med nateznimi razpokami je približno enaka debelini plasti, v kateri se pojavljajo.



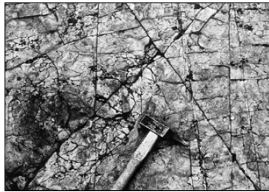
Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

6

Strižne razpoke ("shear fractures")

Nastanejo s strigom in premikom vzdolž ploskve razpoke (kot prelomi), vendar je premik tako majhen, da ga v merilu izdanka ali celo vzorca ponavadi ne opazimo. Nastanejo lahko tudi s strižno reaktivacijo prvotno nateznih razpok. Na površini strižne razpoke zaradi premika pogosto nastanejo značilne **tektonske drse**.

Po geometriji, medsebojni razdalji in orientaciji so strižne razpoke povsem podobne nateznim; tudi njihova gostota je odvisna od mehanskih lastnosti kamnine in od vpliva večjih struktur (npr. prelomov, gub).



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

7

Sistemi razpok

Sistematične razpoke: planarne, vzporedne in enako oddaljene razpoke.

Družina razpok: razpoke enakega značaja in približno enake geometrije.

Razpoklinski sistem: dve ali več družin razpok.



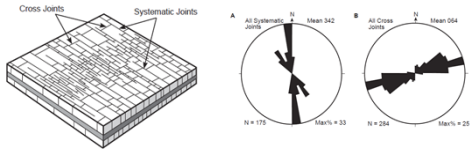
Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

8

Sistemi razpok

Razložiti nastanek in izvor prav vsake od razpok na izdanku ali na ozemlju je nemogoče; običajno poizkušamo interpretirati prevladujoče družine razpok. Te lahko določimo s statistično analizo vpadov.

Preučevano območje, ki je ponavadi heterogeno (v različnih predelih se pojavljajo različni razpoklinski sistemi) razdelimo v homogene **strukturne domene**. Ločitev na strukturne domene lahko denimo izvedemo na podlagi geografskih ali strukturnih kriterijev, po litologiji ali po starosti kamnin - odvisno tudi od cilja raziskav.

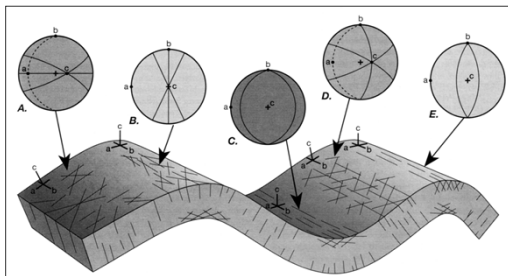


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

9

Razpoke in večje geološke strukture

Razpoke pogosto nastajajo v pravilni orientaciji glede na večje strukture (npr. prelome ali gube).



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

10

Sistemi razpok

Nesistematične razpoke: skupina razpok brez pravih geometrijskih odnosov. V prelomnih conah je kamnina ponavadi **pretrta** z gostimi sistemi razpok brez sistematičnih odnosov.



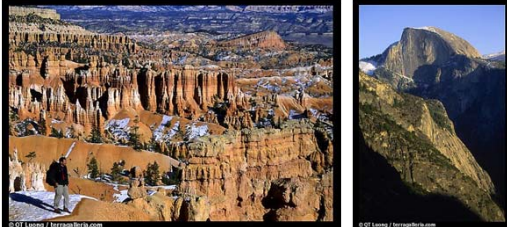
Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

11

Sistemi razpok

Pomen razpok:

- pridobivanje kamnin v kamnolomih
- vpliv na erozijo in oblikovanje površja in kraških pojavov
- prevajajo fluide (vodo, nafto, mineralne raztopine, onesnaženja)
- vpliv na stabilnost površja in izkopov (inženirska geologija, rudarstvo)

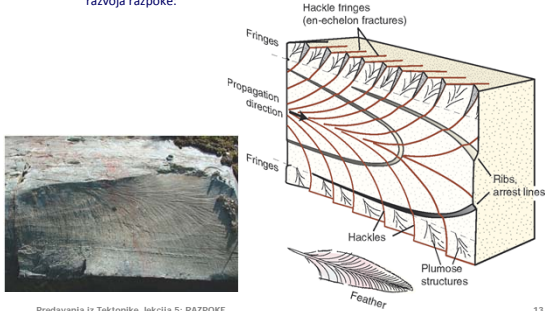


Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

12

Površinska morfologija nateznih razpok

Glavna ploskev razpoke ni povsem gladka. Na njej moremo pogosto razločiti morfološke elemente, s pomočjo katerih je mogoče interpretirati kinematiko razvoja razpoke:

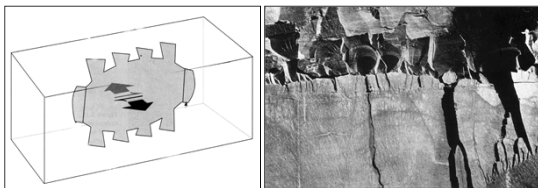


Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

13

Površinska morfologija nateznih razpok

Idealna razpoka ima gladko **glavno ploskev**, ki je obrobljena z "nasekanim" robom. Na robu se razpoka zaključuje; tam razpoka ni imela več dovolj energije za nadaljno rast. Vzduž robov so običajno razporejene majhne **ešalonirane razpoke**, katerih smer je okoli 20° zamaknjena glede na smer glavne razpoke.

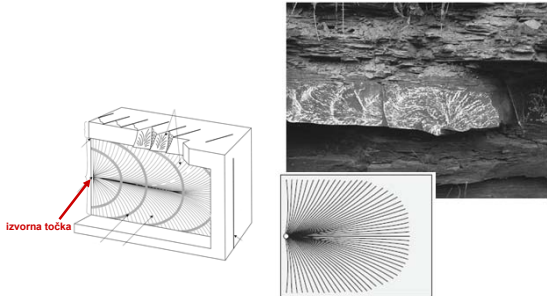


Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

14

Površinska morfologija nateznih razpok

- **izvorna točka** je točka, kjer je razpoka nastala in začela rasti; ponavadi se to zgodi na mehansko šibkem mestu v kamnini (votlina, fosil, vključek, itd.)

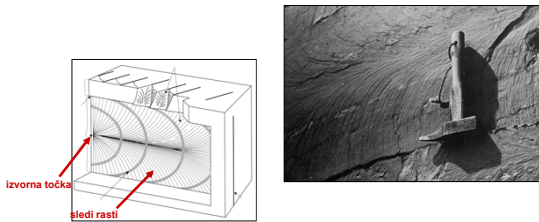


Predavanja iz Tektonike, Ilekcija 5: RAZPOKE

15

Površinska morfologija nateznih razpok

- **sledi rasti** ("hackles") so linearne ali ukrivljene neravnosti na ploskvi razpoke, ki konvergirajo v izvorni točki. Kažejo na smer napredovanja razpoke pri rasti iz izvorne točke.

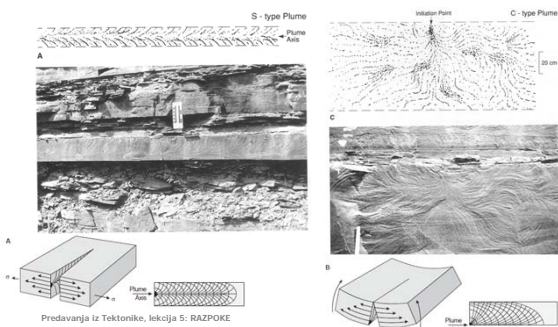


Predavanja iz Tektonike, Ilekcija 5: RAZPOKE

16

Površinska morfologija nateznih razpok

Sledi rasti tvorijo **peresaste (plumozne) strukture**. Os peresaste strukture je lahko zvezna in ravna, ter poteka vzporedno s plastnatostjo, ali pa je ukrivljena in razvejana.



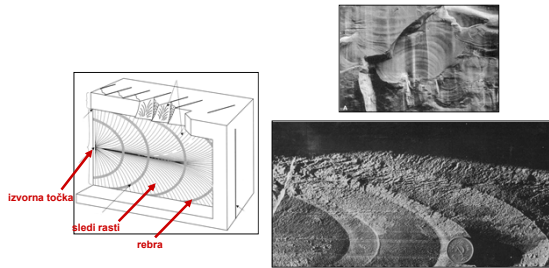
Predavanja iz Tektonike, Ilekcija 5: RAZPOKE

Površinska morfologija nateznih razpok

Prisotnost peresastih struktur na ploskvi natezne razpoke kaže na izredno hitro ("eksplozivno") porušitev kamnine (hitrost napredovanja je enaka približno polovici hitrosti zvoka).

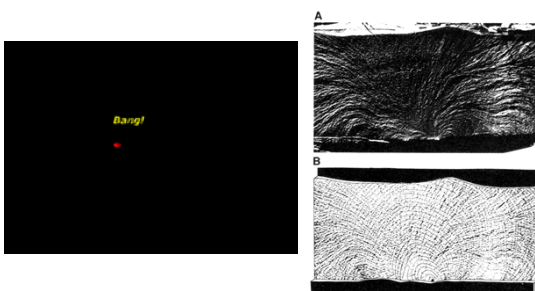
Površinska morfologija nateznih razpok

- **rebra** na ploskvi razpoke kažejo na mesta, kjer se je rast razpoke začasno zaustavila ali vsaj močno upočasnila. Rebra so parabolčno ukrivljena okoli izvorne točke razpoke in so pravokotna na sledi rasti. Rebra tvorijo majhne preskoke ali prevoje na ploskvi razpoke.



Površinska morfologija nateznih razpok

Iz sledi rasti in reber na ploskvah razpok torej vidimo, da rast razpok ni enkraten in zvezen proces, ampak zaporedje napredovanj in zaustavitvev ter cepitev.



Oblika razpoke

Razpoke so planarne ali ukrivljene ploskve; na površini kamnine jih običajno vidimo kot črte (trase), včasih pa je delno razgaljena tudi ploskev razpoke.

Po obliki ploskve se delijo razpoke na dve veliki skupini:

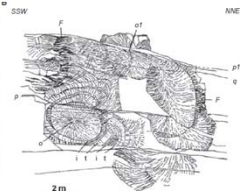
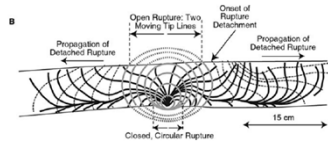
- razpoke eliptične oblike: ponavadi nastopajo v masivnih kamninah (magmatske kamnine)
- razpoke pravokotne oblike: ponavadi nastopajo v plastnatih sedimentnih kamninah



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

21

Oblika razpoke



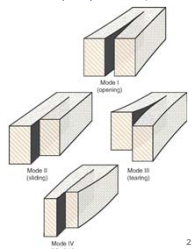
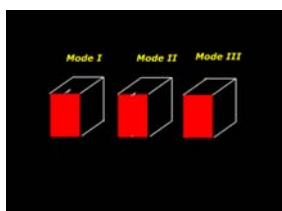
Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

22

Načini rasti razpok

Ločimo tri osnovne tipe odpiranja razpok, s katerimi lahko opišemo kakršnokoli kombinacijo premikov pri nastanku in rasti nateznih in strižnih razpok:

- **odpiranje (tip I)** - premikanje pravokotno na stene razpok
- **drsenje (tip II)** - premikanje vzdolž razpoke, pravokotno na čelo razpoke
- **strižno odpiranje (tip III)** - premikanje vzdolž razpoke, v smeri čela razpoke
- (+ zapiranje (tip IV) – krčenje pravokotno na stene razpo, npr. stiloiliti)



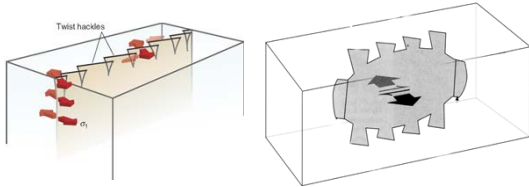
Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

23

Načini rasti razpok

Natezne razpoke rastejo pravokotno na smer najmanjše glavne napetosti, torej v eni od glavnih ravnin, v kateri ni strižnih napetosti. Med rastjo lahko razpoka pride v območje nekoliko drugače usmerjenih napetosti, zato mora spremeniti orientacijo - razpoka povije.

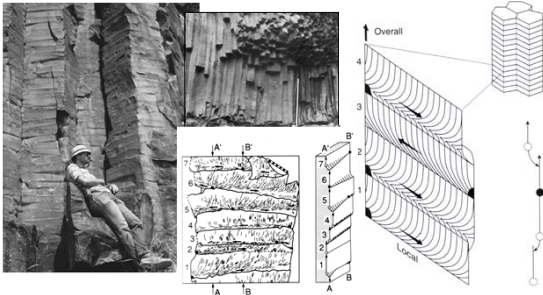
⇒ tako nastanejo rebra, sledi napredovanja in ešalonirane sekundarne razpoke na robju glavne razpoke.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

Rast in medsebojni odnosi med razpokami

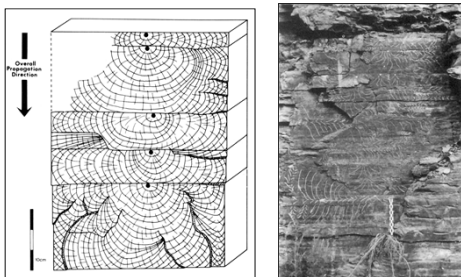
- primer stebričaste kroitve bazalta (razpoke, ki nastajajo zaradi ohlajanja) - DeGraff in Aydin (1987)



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

Rast in medsebojni odnosi med razpokami

- primer napredovanja razpok v stratigrafskem zaporedju plasti meljevca - Helgeson in Aydin (1991)

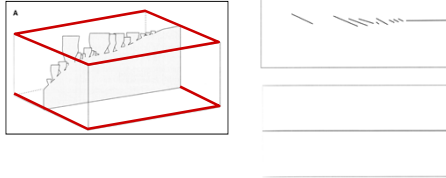


Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

Rast in medsebojni odnosi med razpokami

Medsebojno sekanje razpok

N.B.: površinski odraz razpoke je odvisen od tega, kateri del razpoke je odkrit (rob z ešaloniranimi razpokami ali glavna ploskev)!



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

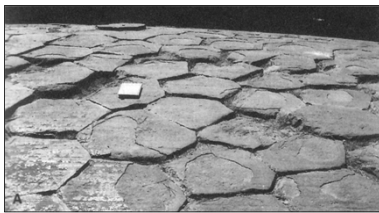
27

Rast in medsebojni odnosi med razpokami

Medsebojno sekanje razpok

Tipične konfiguracije medsebojnega sekanja razpok so:

- **Y presečišča**, ki nastajajo pri kontrakciji kamnine (konfiguracija robov pod kotom 120° ima najmanjšo možno energijo)



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

28

Rast in medsebojni odnosi med razpokami

Medsebojno sekanje razpok

- **X presečišča**, ki nastajajo, kadar se pod ostrim kotom sekata dve družini sistematskih razpok



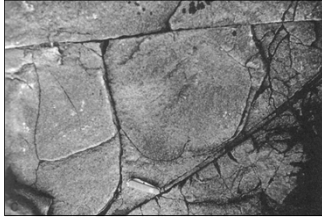
Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

29

Rast in medsebojni odnosi med razpokami

Medsebojno sekanje razpok

- **T presečišča** nastanejo pri sekanju pravokotnih družin razpok. Pozor: "presekana" razpoka je mlajša!!



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

30

Rast in medsebojni odnosi med razpokami

Kakšni so starostni odnosi med družinami razpok na sliki?

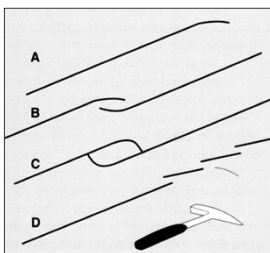


Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

31

Rast in medsebojni odnosi med razpokami

Zaključki razpok



Razpoka se lahko zaključí normalno (zaključek ne odstopa od poteka glavne razpoke), lahko pa se zaključí tudi z:

- manjšimi ešaloniranimi razpokami
- s kljukastim zaključkom
- s kljuko in T presečiščem s sosednjo razpoko

Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

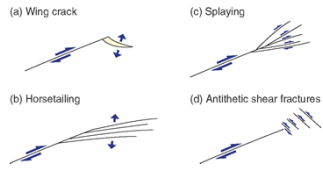
32

Rast in medsebojni odnosi med razpokami

Zaključki razpok



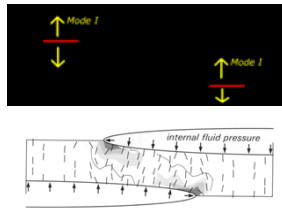
Razpoka se lahko zaključči tudi s snopom manjših razpok, ki je lahko simetričen ali asimetričen („konjski rep“)



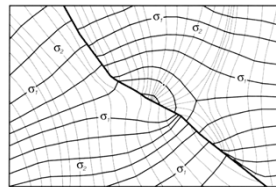
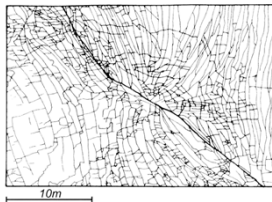
Rast in medsebojni odnosi med razpokami

Zaključki razpok

Običajno razpoka pri rasti nekoliko "popači" napetostno polje. Posebno opazno je to na stiku dveh sosednjih razpok. Ker je natezna razpoka tudi glavna napetostna ploskev, vsaka nova (mlajša) natezna razpoka teži k pravokotnosti nanjo.



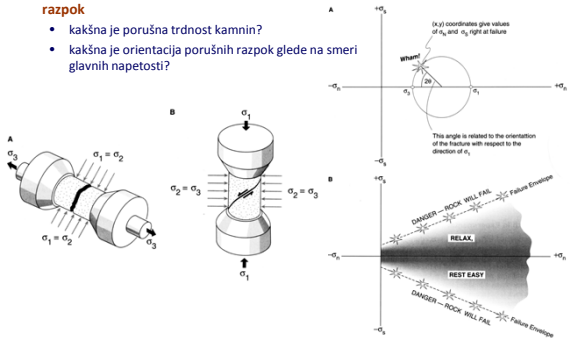
Rast in medsebojni odnosi med razpokami



Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Eksperimentalno preučevanje pogojev nastanka razpok

- kakšna je porušna trdnost kamnin?
- kakšna je orientacija porušnih razpok glede na smeri glavnih napetosti?



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

36

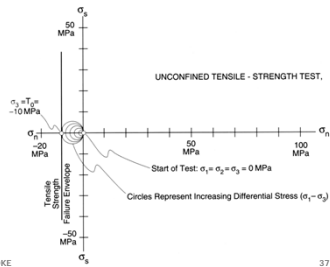
Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost kamnine v tenziji

Natezna trdnost kamnin je mnogo manjša od tlačne (njuno razmerje znaša od 2:1 do 30:1). Kamnina se poruši, ko natezna napetost preseže natezno trdnost T_0 ; porušitvena razpoka (tip I) je pravokotna na smer σ_3 . Porušna krivulja je premica, vzporedna osi y Mohrovega diagrama.

Porušni zakon:

$$\sigma_3 = T_0$$



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

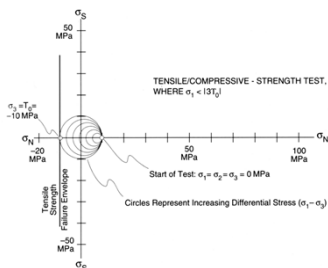
37

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost pri tenziji s sočasno kompresijo

Primer: obnašanje peščenjaka pri tlačni napetosti, ki je 3-5 krat večja od natezne trdnosti:

- Če je σ_1 manjša od $3T_0 \Rightarrow$ natezna porušitev, razpoke tipa I



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

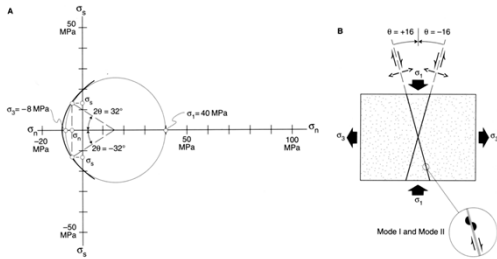
38

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost pri tenziji s sočasno kompresijo

Primer: obnašanje peščenjaka pri tlačni napetosti, ki je 3-5 krat večja od natezne trdnosti:

- Če je σ_1 med 3 in $5T_0 \Rightarrow$ hibridne razpoke (tip I + II), orientirane pod kotom na smer σ_1



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

39

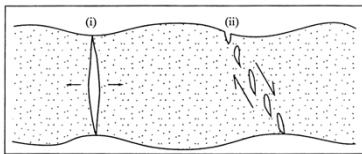
Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost pri tenziji s sočasno kompresijo

Primer: obnašanje peščenjaka pri tlačni napetosti, ki je 3-5 krat večja od natezne trdnosti:

- Če je σ_1 med 3 in $5T_0 \Rightarrow$ hibridne razpoke (tip I + II), orientirane pod kotom na smer σ_1

Primer hibridne porušitve v mejnem področju:



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

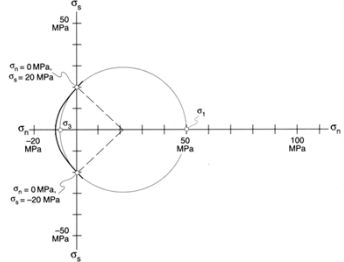
40

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost pri tenziji s sočasno kompresijo

Primer: obnašanje peščenjaka pri tlačni napetosti, ki je 3-5 krat večja od natezne trdnosti:

- \Rightarrow porušitev ob ploskvi, na katero ne deluje normalna komponenta napetosti \Rightarrow koheziivna trdnost kamnine σ_0
- σ_0 znaša približno $2T_0$



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

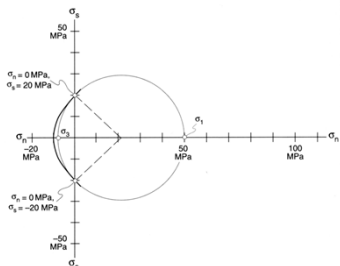
41

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost pri tenziji s sočasno kompresijo

⇒ porušna krivulja v tem območju je parabola.

Porušni zakon (Griffithov zakon): $\sigma_{krit} = \sqrt{4T_0 \sigma_N - 4T_0^2}$



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZI ...

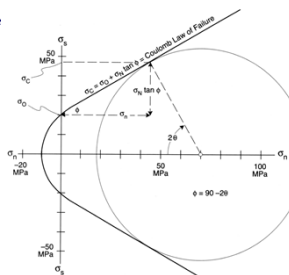
Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Tlačna trdnost kamnin

- porušitvene razpoke nastajajo po kotom 25°-35° na σ_1
- razpoke so tipa II
- porušitvena krivulja je poševna pre

Porušni zakon (Coulombov zakon):

$$\sigma_{krit} = \sigma_0 + \tan \phi \cdot \sigma_N$$



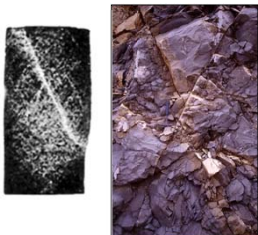
Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Tlačna trdnost kamnin

Iz geometrije Mohrovega diagrama sledi, da je kot med porušnimi razpokami in σ_1

enač: $\theta = 45 - \frac{\phi}{2}$, kar v povprečju za kamnine znaša okoli 30°.

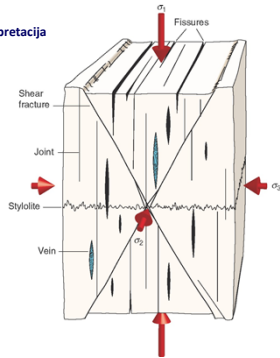


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

44

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Paleonapetostna interpretacija različnih razpok.



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

45

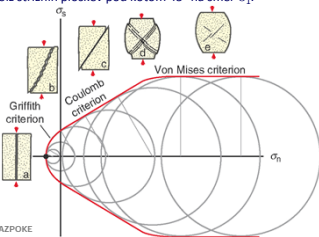
Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Tlačna trdnost kamnin pri visokih okoliških pritiskih

Spomnimo se: pri povišanju okoliškega pritiska se kamnina začne vesti duktilno. Kamnina postane šibkejša ⇒ porušna premica postane bolj položna ⇒ za porušitev je potrebna manjša diferencialna napetost, porušitve pa nastajajo pod večjim kotom na σ_1 .

Obnašanje kamnin v tem območju opisuje von Misesov kriterij.

Pri še večjem okoliškem pritisku postane porušna krivulja vzporedna osi x, kamnina pa se duktilno "poruši" vzdolž strižnih ploskev pod kotom 45° na smer σ_1 .

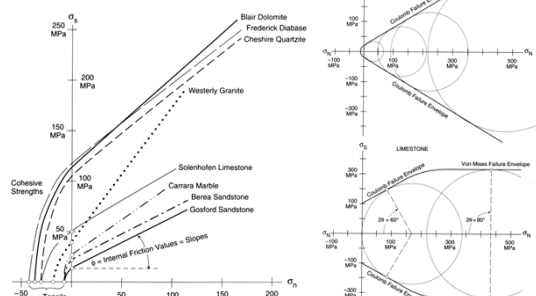


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

46

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Porušne krivulje nekaterih glavnih tipov kamnin



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

47

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

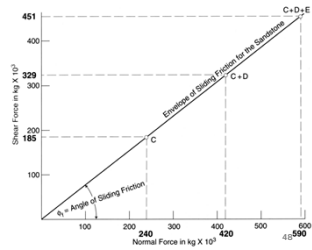
Trdnost predhodno porušene kamnine

Že razpokana kamnina nima nikakršne natezne niti kohezivne trdnosti. "Porušitev" se zgodi s premikom ob starejših razpokah. Kritična strižna napetost za porušitev mora premagati le trenje ob starejših razpokah.

Na velikost kritične strižne napetosti vplivajo normalna napetost na ploskev razpoke, gladkost površine in tip kamnine \Rightarrow **koeficient trenjskega drsenja**.

Porušitveni zakon
(Byerleejev zakon):

$$\sigma_{krit} = \tan \varphi_{tr} \cdot \sigma_N$$

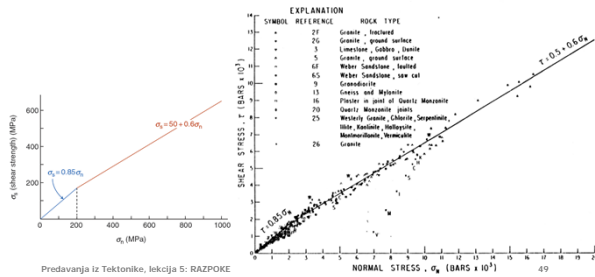


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost predhodno porušene kamnine

Koeficient trenjskega drsenja je pri nizkih do srednjevelikih okoliških pritiskih praktično enak za vse kamnine! Pri višjih okoliških pritiskih na prelomni ploskvi nastaneta **prelomni zdrob** in **tektonska gлина**, zaradi česar se trenje zmanjša.

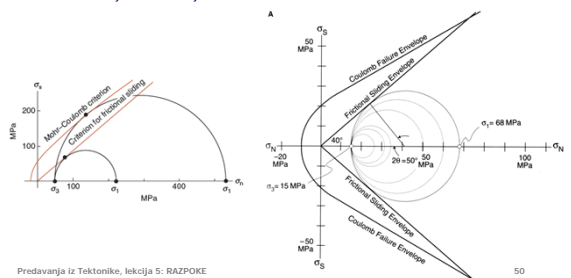


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost predhodno porušene kamnine

Porušna premica za trenjsko drsenje leži pod Coulombovo premico \Rightarrow v splošnem se bo kamnina lažje deformirala z zdrsi ob starejših razpokah, kot z nastajanjem novih razpok. Nove razpoke bodo nastale le, kadar so starejše razpoke v neugodni orientaciji za reaktivacijo.

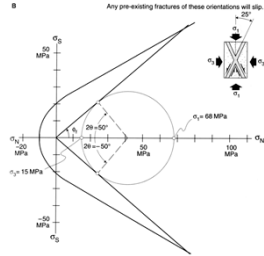


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost predhodno porušene kamnine

Porušna premica za trenjsko drsenje leži pod Coulombovo premico \Rightarrow v splošnem se bo kamnina lažje deformirala z zdrsi ob starejših razpokah, kot z nastajanjem novih razpok. Nove razpoke bodo nastale le, kadar so starejše razpoke v neugodni orientaciji za reaktivacijo.



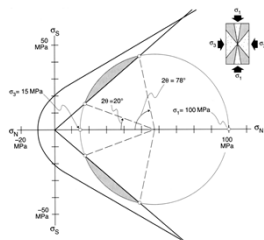
Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

51

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost predhodno porušene kamnine

Porušna premica za trenjsko drsenje leži pod Coulombovo premico \Rightarrow v splošnem se bo kamnina lažje deformirala z zdrsi ob starejših razpokah, kot z nastajanjem novih razpok. Nove razpoke bodo nastale le, kadar so starejše razpoke v neugodni orientaciji za reaktivacijo.



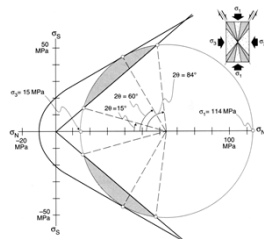
Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

52

Mehanika nateznih in tlačnih porušitev

Trdnost predhodno porušene kamnine

Porušna premica za trenjsko drsenje leži pod Coulombovo premico \Rightarrow v splošnem se bo kamnina lažje deformirala z zdrsi ob starejših razpokah, kot z nastajanjem novih razpok. Nove razpoke bodo nastale le, kadar so starejše razpoke v neugodni orientaciji za reaktivacijo.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

53

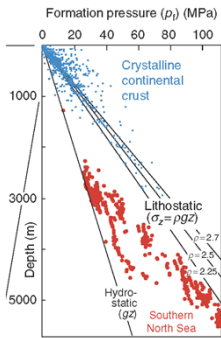
Vpliv pornege tlaka

Hidrostatski pritisek je pritisek fluida zaradi lastne teže. Porni fluid ima hidrostatski pritisek, dokler se pritisek s pomočjo tečenja lahko izenačuje s površjem (ponavadi plitveje kot 3 km v skorji).

V večjih globinah se zaradi kompakcije, segrevanja in blokiranega pretakanja tlak pornege fluida močno poveča nad hidrostatsično vrednost in se celo približa litostatičnemu tlaku. Količnik pornege pritiska je razmerje med pornim tlakom in litostatičnim pritiskom:

$$\lambda = \frac{P_f}{\rho_{kam}gh}$$

Običajno (v hidrostatskih razmerah) znaša λ , med 0.37 in 0.47. Porne tlake pri λ od 0.5 do 0.9 označujemo kot "abnormalne porne tlake".



Vpliv pornege tlaka

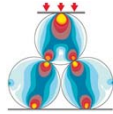
Pri povečanih pornih tlakih porni fluid "nosi" del obtežbe na kamnino in tako zmanjša dejansko normalno napetost na zrna kamnine.

Efektivni tlak:

$$\sigma^e = (\sigma_N - P_f)$$

Coulombov porušitveni kriterij tako postane:

$$\sigma_{krit} = \sigma_0 + \tan \varphi \cdot (\sigma_N - P_f)$$



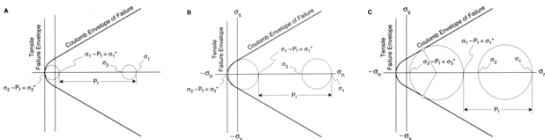
; če porni tlak postane enak normalni napetosti, je trdnost kamnine odvisna samo še od kohezije!

(Če pa je kamnina že prelomljena nima niti kohezije!!)

Vpliv pornege tlaka

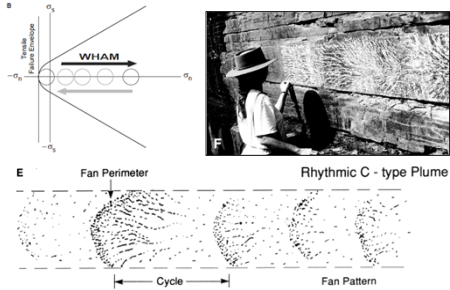
Z vplivom pornege tlaka lahko pojasnimo nastanek nateznih razpok pri velikih okoliških pritiskih v globinah 5-10 km in več.

→ pri dovolj nizkem diferencialnem pritisku porni tlak "premakne" Mohrov krog toliko v levo, da se kamnina poruši natezno (**Secorjev model**).



Vpliv pomega tlaka

Hipna natezna porušitev ponavadi naenkrat zmanjša porni tlak. Ko le-ta ponovno naraste, pride do naslednje porušitve ⇒ ritmična rast nateznih razpok.



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

57

Vpliv pomega tlaka

Porni tlaki in razvoj žil

Zapis o učinkovanju pomega tlaka je včasih ohranjen v žilah, zlasti tistih z vlaknatim cementom. Pozor: žila ni pravzaprav nikoli odprta, ampak jo cement zapolnjuje sproti. Rast vlaknatih kristalov v žili torej neposredno kaže, kako so se stene žile premikale med deformacijo.

Orientacija mineralnih vlaken je neposredno odvisna od načina odpiranja razpoke (tip I, tip II, itd.).



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

58

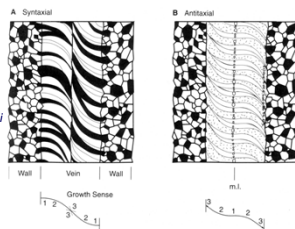
Vpliv pomega tlaka

Porni tlaki in razvoj žil

Po načinu rasti ločimo:

- **sintaksialna vlakna** - rastejo v isti optični orientaciji kot kristali v prikamnini v stenah razpoke (vlakna morajo biti seveda iz istega minerala kot prikamnina!); vlakna rastejo od sredine razpoke (medialne linije)
- **antitaksialna vlakna** - rastejo ob stenah razpoke; ponavadi so drugačne mineralne sestave kot prikamnina.

Sintaksialna in antitaksialna vlakna rastejo v nasprotni smeri - pozor pri interpretaciji poteka odpiranja razpoke!



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

9

Vpliv pomega tlaka

Porni tlaki in razvoj žil

Po načinu rasti ločimo:

- **sintaksialna vlakna** - rastejo v isti optični orientaciji kot kristali v prikamini v stenah razpoke (vlakna morajo biti seveda iz istega minerala kot prikamina!); vlakna rastejo od sredine razpoke (medialne linije)
- **antitaksialna vlakna** - rastejo ob stenah razpoke; ponavadi so drugačne mineralne sestave kot prikamina.

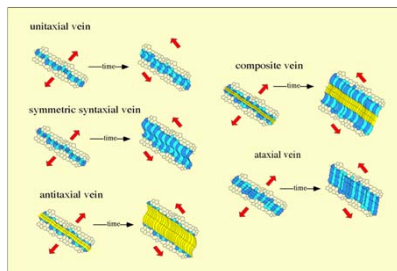
Sintaksialna in antitaksialna vlakna rastejo v nasprotni smeri - pozor pri interpretaciji poteka odpiranja razpoke!



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

Vpliv pomega tlaka

Porni tlaki in razvoj žil

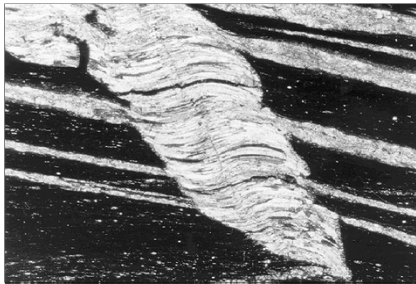


Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

61

Vpliv pomega tlaka

Porni tlaki in razvoj žil

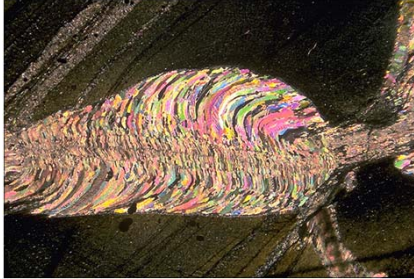


Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

62

Vpliv pornega tlaka

Porni tlaki in razvoj žil



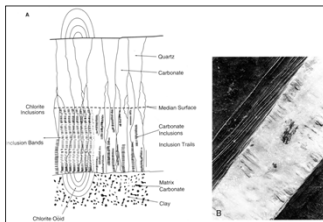
Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

63

Vpliv pornega tlaka

Porni tlaki in razvoj žil

"Crack-seal" mehanizem: drobni, planarno orientirani vključki v vlaknih dokazujejo kontinuirano "pokanje" in "zaceljevanje" razpoke med deformacijo
⇒ hidravlični lom zaradi povišanja pornega tlaka, ki mu sledi hipen padec pornega tlaka... (glej prejšnji razdelek!)

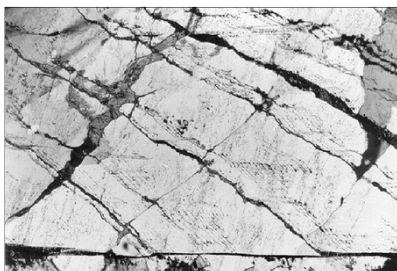


Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

64

Vpliv pornega tlaka

Porni tlaki in razvoj žil



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

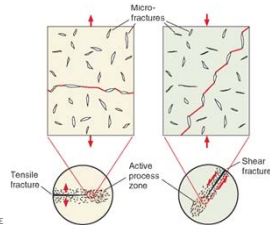
65

Mikrorazpoke in mehanika razpok

Dejanska trdnost kamnine je mnogo manjša od teoretične zaradi prisotnosti **mikrorazpok**, ki delujejo kot **"koncentratorji napetosti"**.

Obliko mikrorazpoke lahko aproksimiramo z elipso, ki ima daljšo os veliko daljšo od krajše (100-1000 mikrometrov proti 1 mikrometru) – **Griffithove mikrorazpoke**.

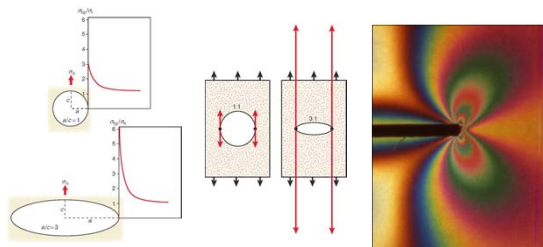
Lomna trdnost kamnine je pogojena z naključno porazdeljenimi in orientiranimi mikrorazpokami. Pri obremenitvi najhitreje rastejo mikrorazpoke v ugodni orientaciji na glavne napetostne osi (maksimalne strižne napetosti!) in se povezujejo v makrorazpoke.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

Mikrorazpoke in mehanika razpok

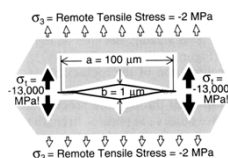
Lokalne napetosti na krajiščih razpok so močno povečane in so lahko mnogo večje kot **zunanja napetost** (s katero je obremenjen volumen kamnine).



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

Mikrorazpoke in mehanika razpok

Primer: natezno napetostno stanje, mikrorazpoka je pravokotna na os natezne napetosti
 ⇒ 2MPa zunanje napetosti povzročijo napetost 13.000 MPa na koncih mikrorazpoke ⇒ precej prekoračena natezna trdnost kamnine (še toliko bolj, če sodeluje tudi porni tlak).



$$\sigma_i = \frac{2}{3} \sigma_3 \left(\frac{a^2}{b} \right)$$

$$\sigma_i = \frac{2}{3} (-2MPa) \times \frac{100^2}{1} = -13000MPa$$

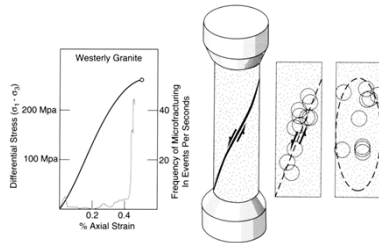
Najugodnejša orientacija mikrorazpok glede na glavne napetosti: $\cos 2\theta = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2(\sigma_1 + \sigma_3)}$
 (iz česar denimo sledi, da v natezih razmerah ($\sigma_2 = T_0$, $\sigma_1 = 3T_0$) nastanejo natezne razpoke pravokotno na σ_3).

Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

Mikrorazpoke in mehanika razpok

Mikrorazpoke in nastanek "pravih" razpok (Scholz, 1968)

Tlačna porušitev vzorca z akustičnim merjenjem "mikropotesov" - nastajanja mikrorazpok v vzorcu. Glej in komentiraj računalniško simulacijo eksperimenta!



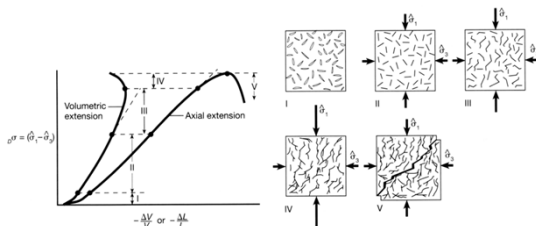
Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

69

Mikrorazpoke in mehanika razpok

Mikrorazpoke in nastanek "pravih" razpok (Scholz, 1968)

Pred porušitvijo se volumen vzorca začne povečevati - pospešeno nastajanje mikrorazpok v „procesni coni“ na krajiščih makrorazpoke.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

70

Tektonski mehanizmi nastajanja razpok

Demonstracija: kaj se godi plasti peska po odložitvi

- debelo zaporedje peska se odloži v priobalnem sedimentacijskem okolju. Zaradi kontinuirane sedimentacije ga prekrivajo mlajše plasti \Rightarrow pogrezanje, pri 1.5 km litifikacija; segrevanje
- porni tlak: λ znaša okoli 0.4 do 3 km globine, globlje naraste na 0.7
- ob pogrezanju kamnina teži k raztezanju zaradi Poissonovega efekta (zaradi litostatičnega pritiska) in zaradi višanja temperature. Ker raztezanje ni mogoče, nastanejo horizontalne napetosti. Nasprotno pri dviganju kamnina teži k krčenju.
- ko bo peščenjak v globini 5 km, dodajmo horizontalno tektonsko napetost 20 MPa

Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

71

Tektonski mehanizmi nastajanja razpok

Demonstracija: kaj se godi plasti peska po odložitvi

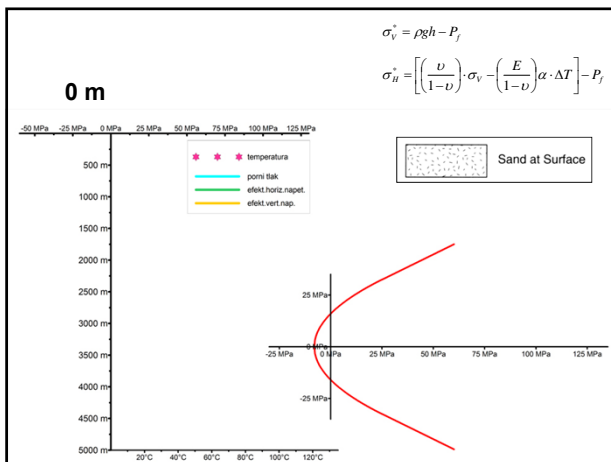
Efektivna vertikalna in horizontalna napetost:

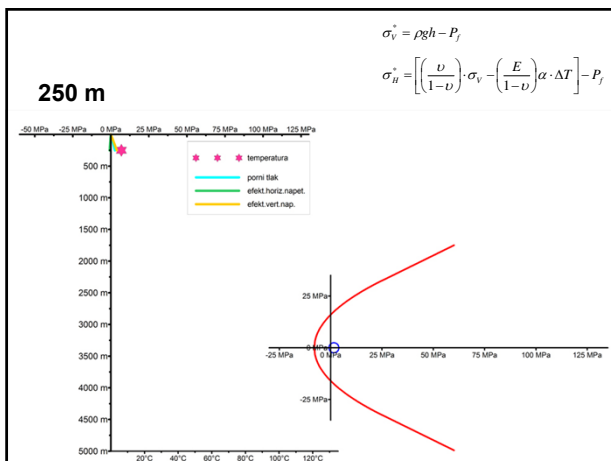
$$\sigma_v^* = \rho gh - P_f$$

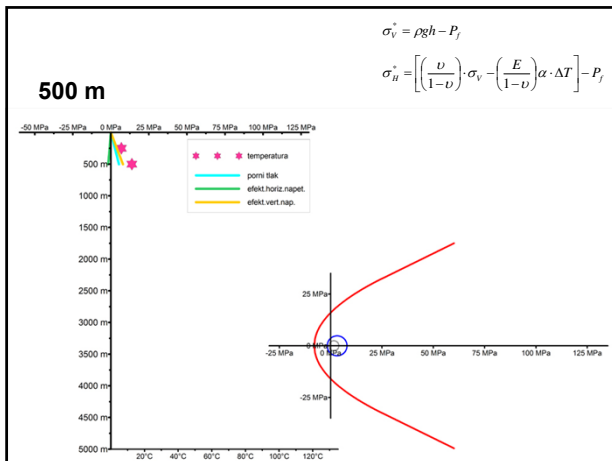
$$\sigma_H^* = \left[\left(\frac{\nu}{1-\nu} \right) \cdot \sigma_v^* - \left(\frac{E}{1-\nu} \right) \alpha \cdot \Delta T \right] - P_f$$

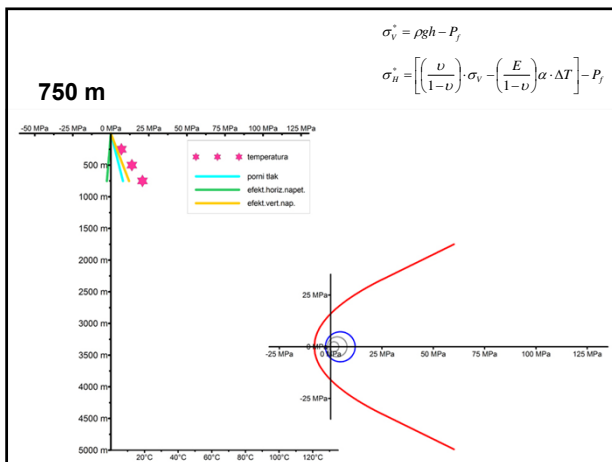
Predavanja iz Tektonike, Ikcija 5: RAZPOKE

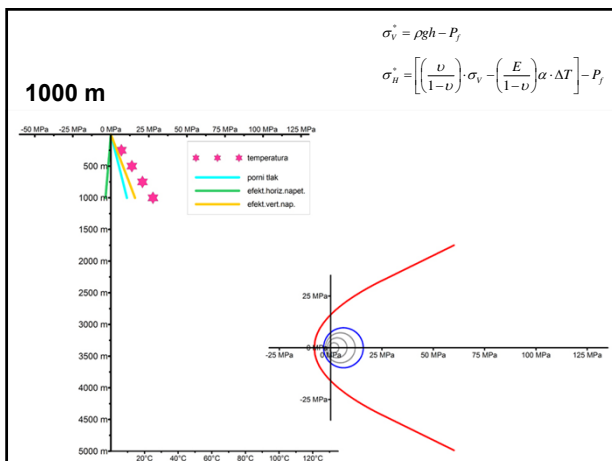
72

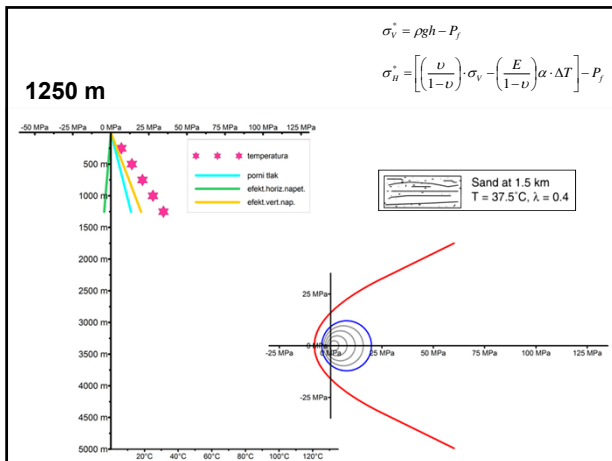


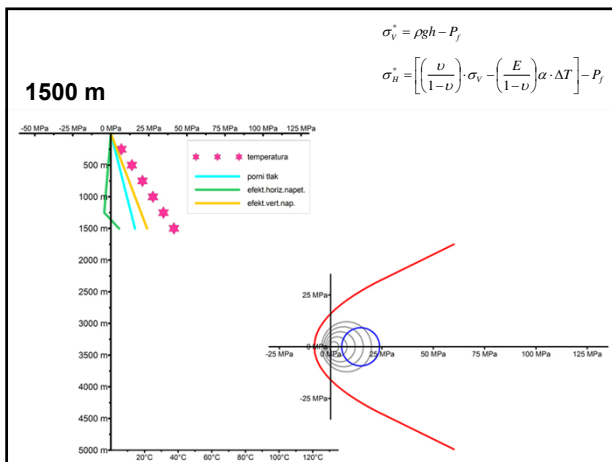


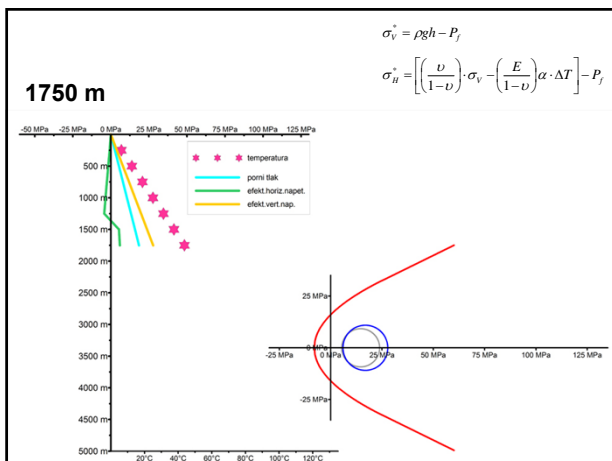


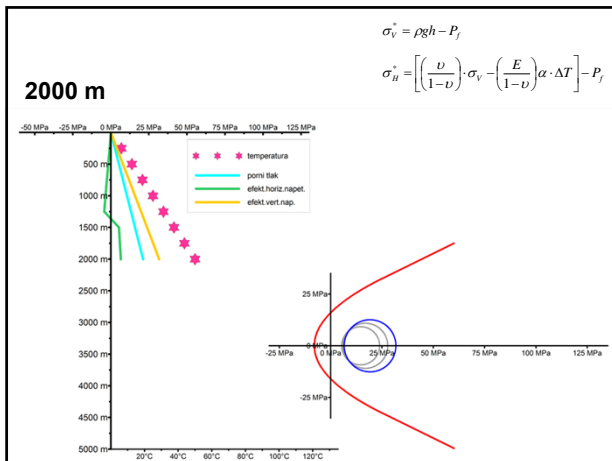


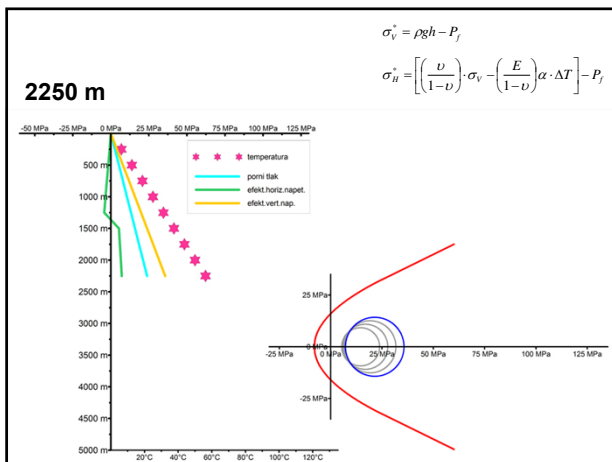


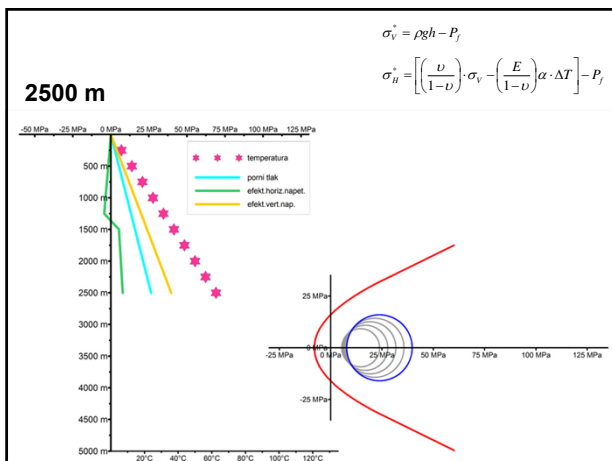


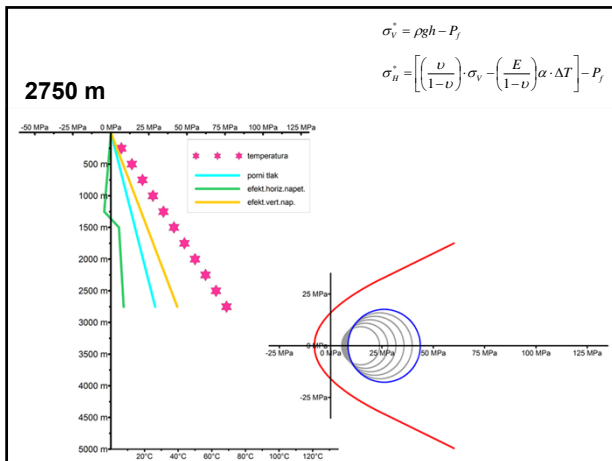


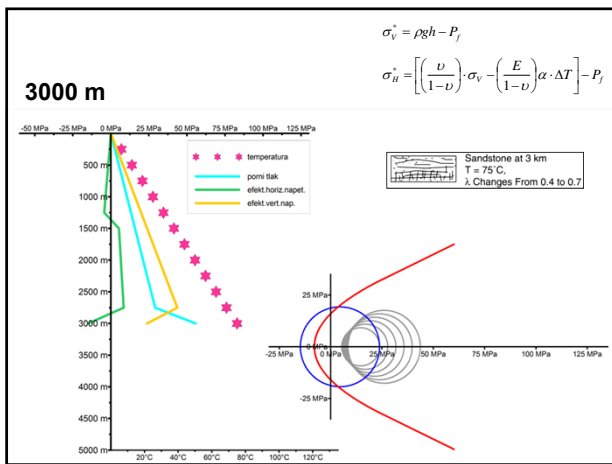


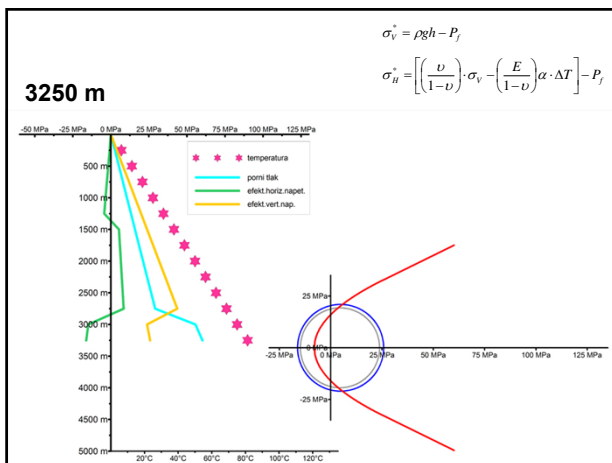


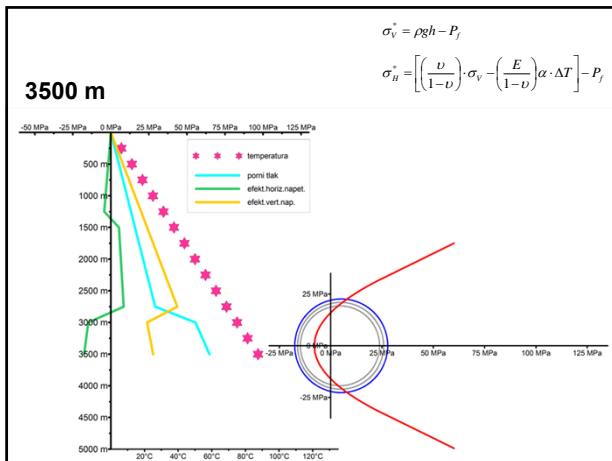


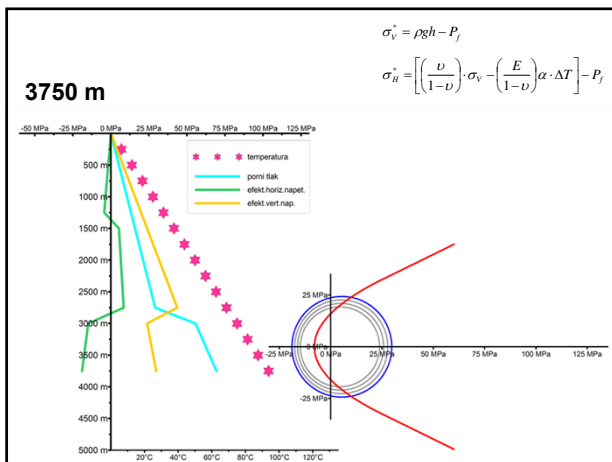


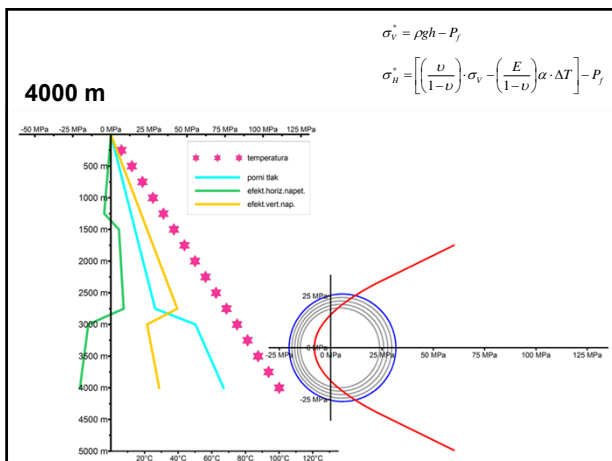


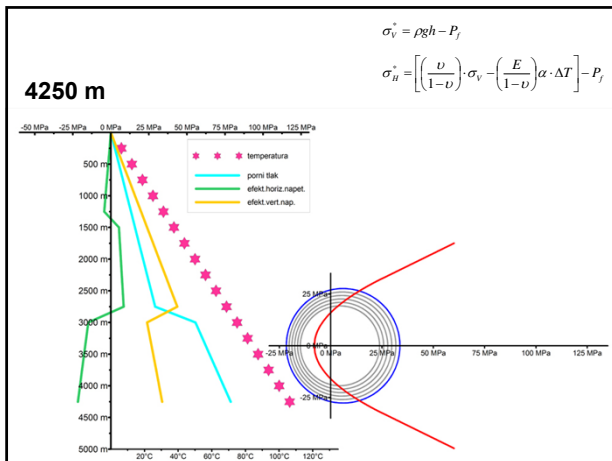


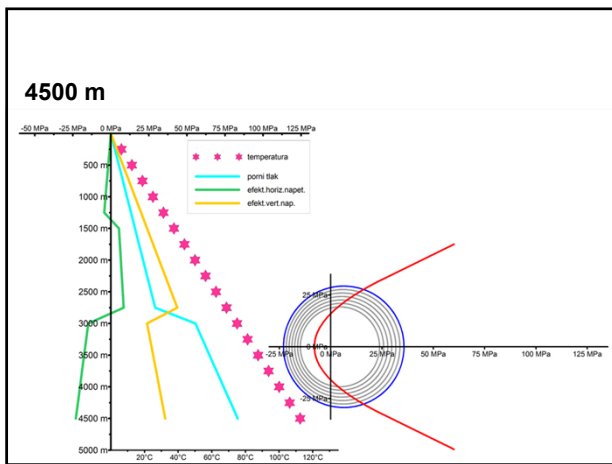


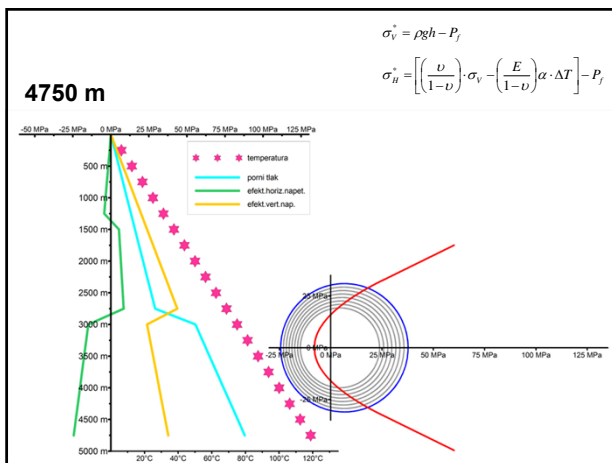


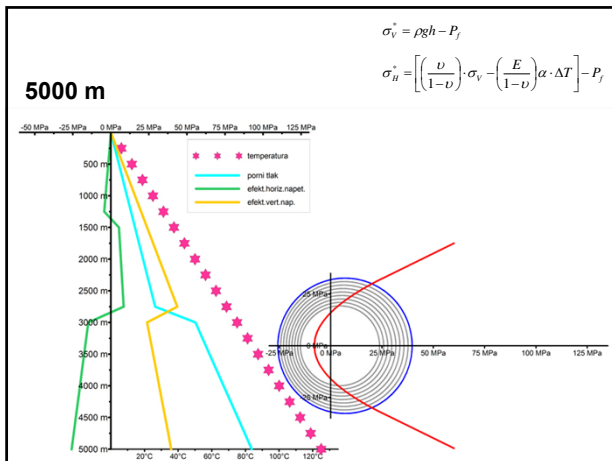


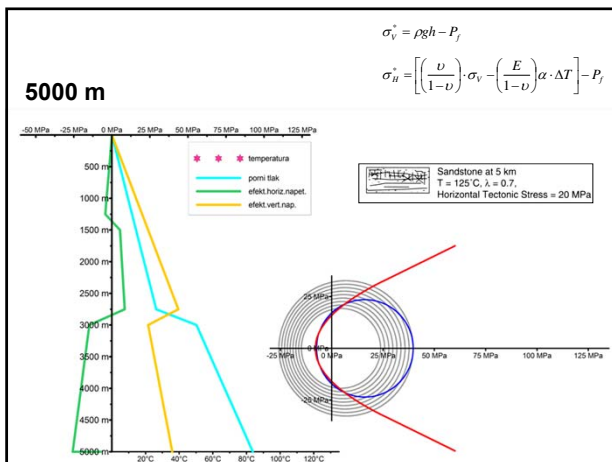


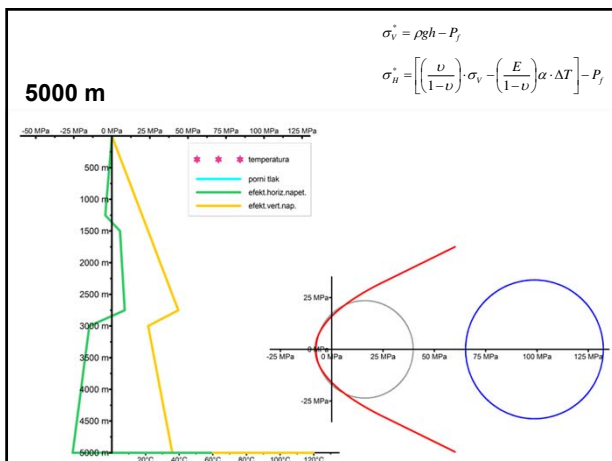


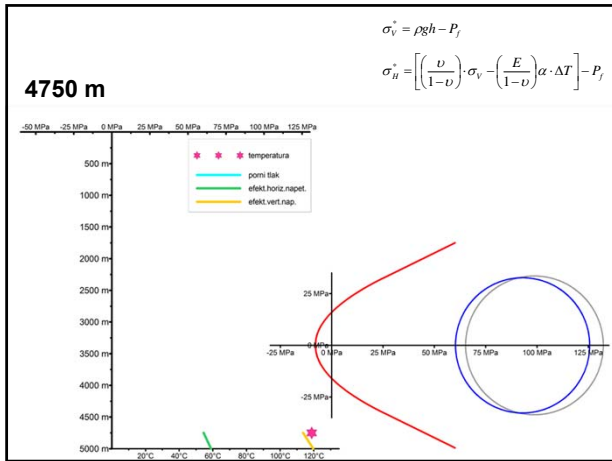


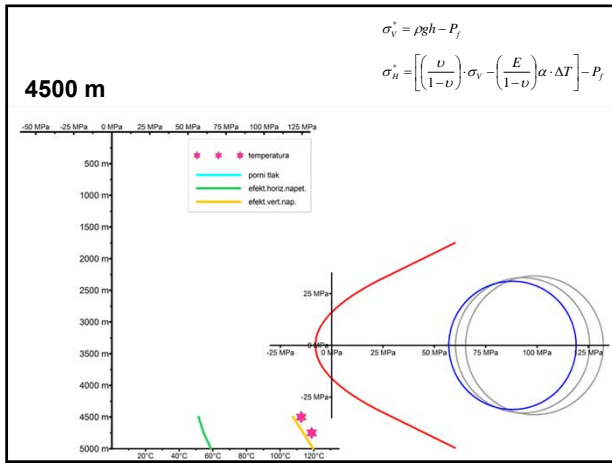


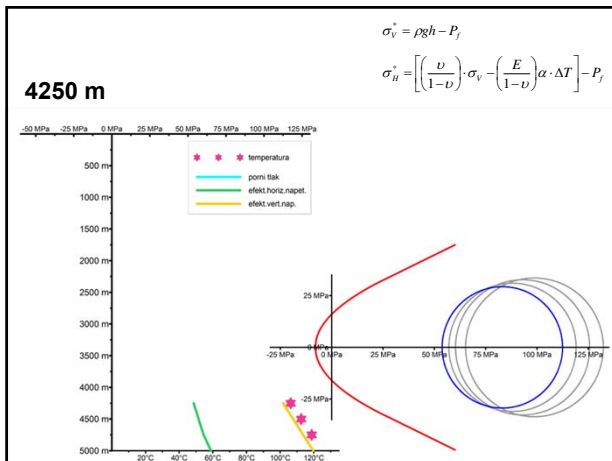


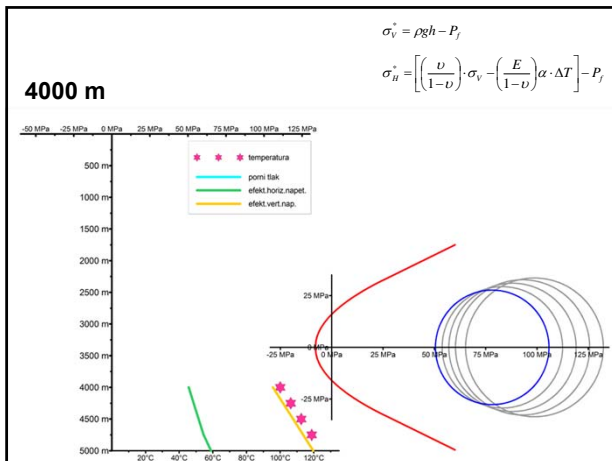


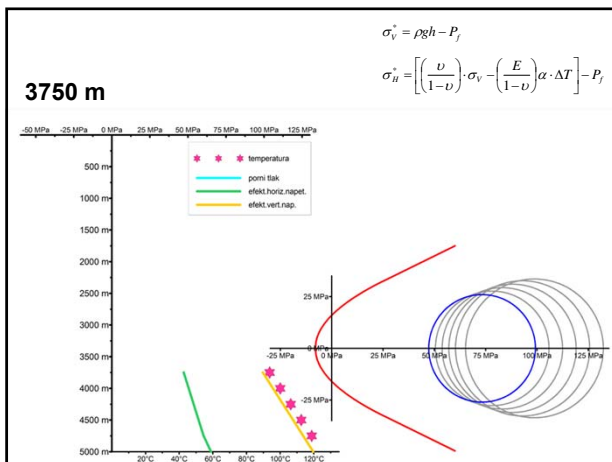


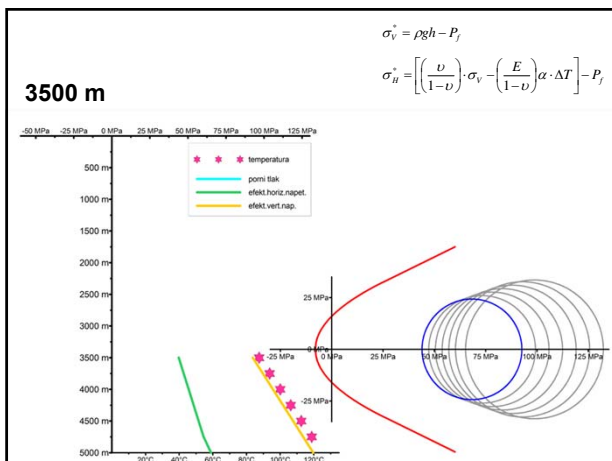


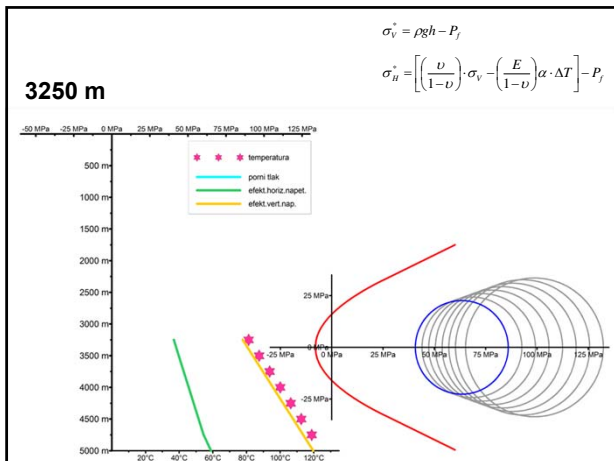


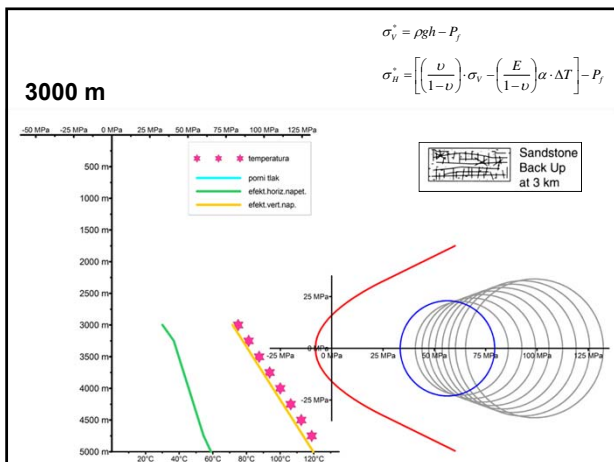


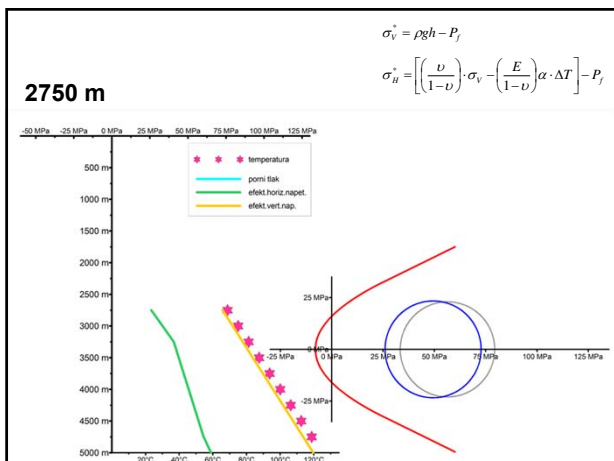


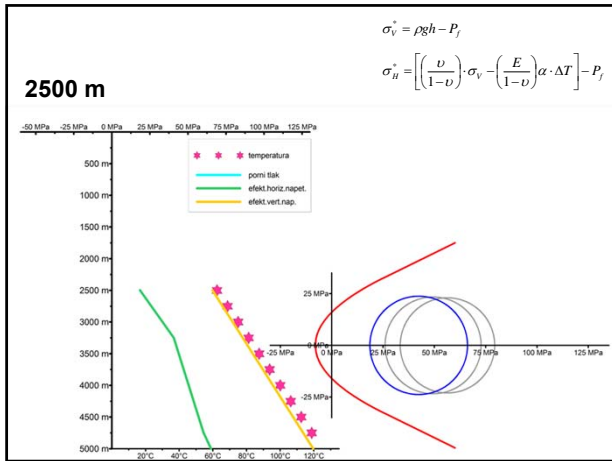


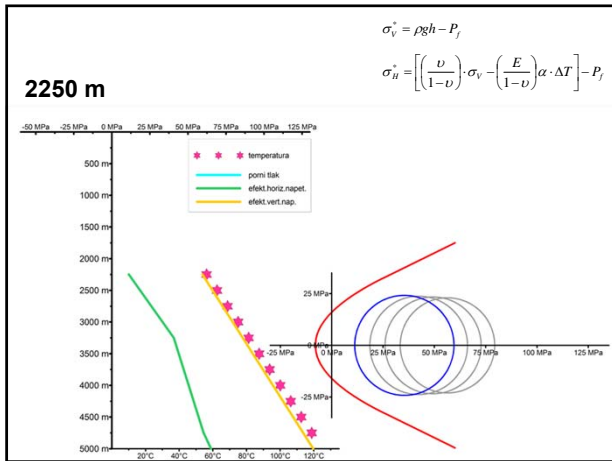


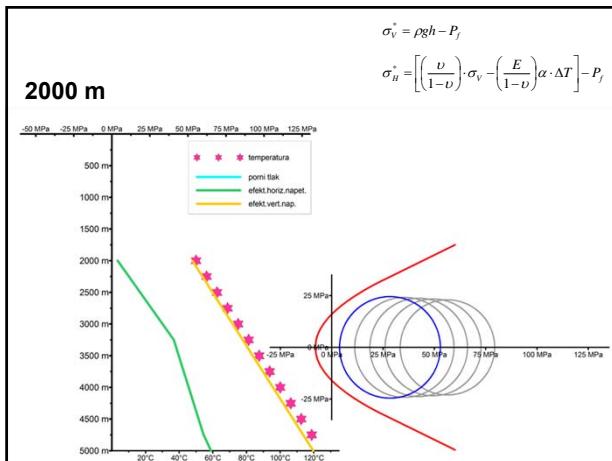


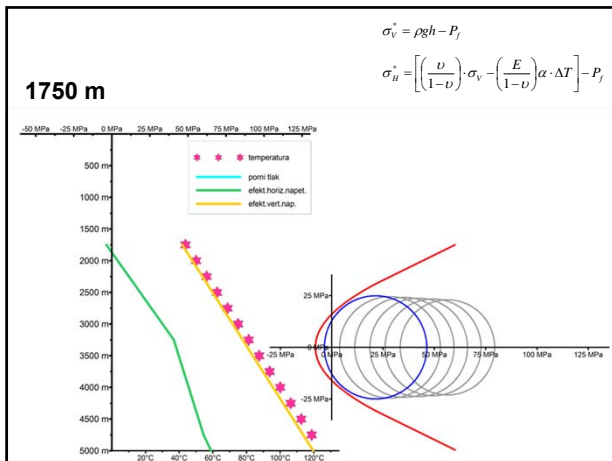


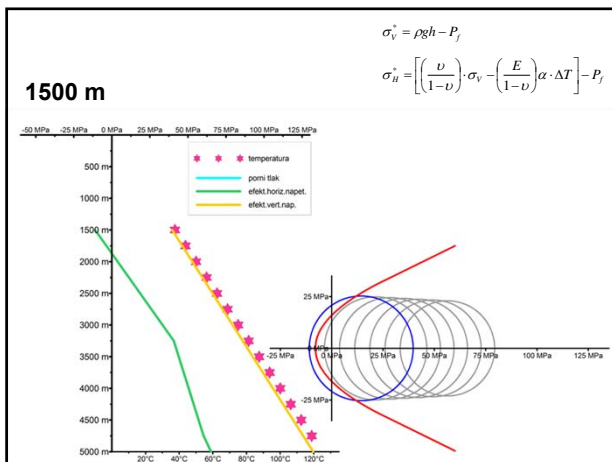


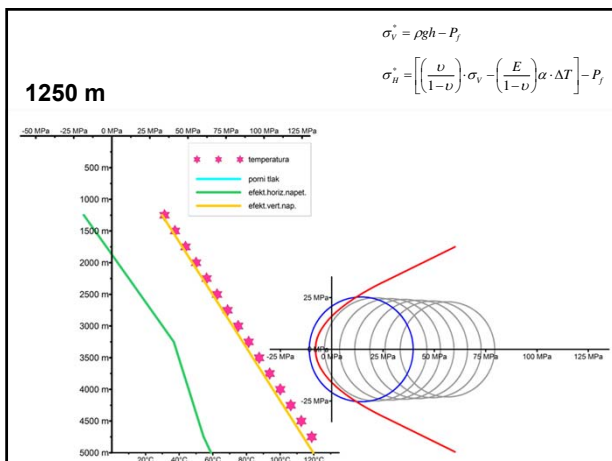


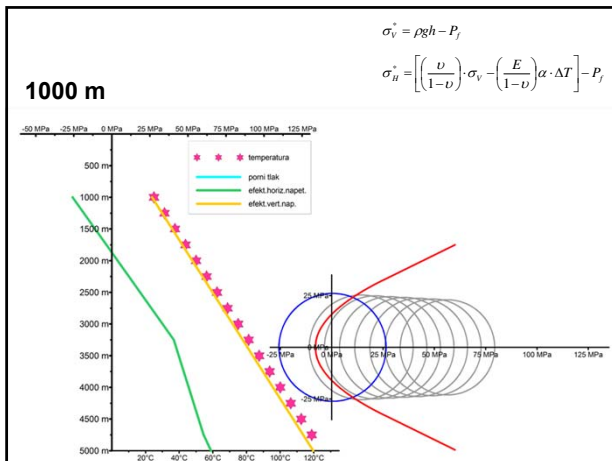


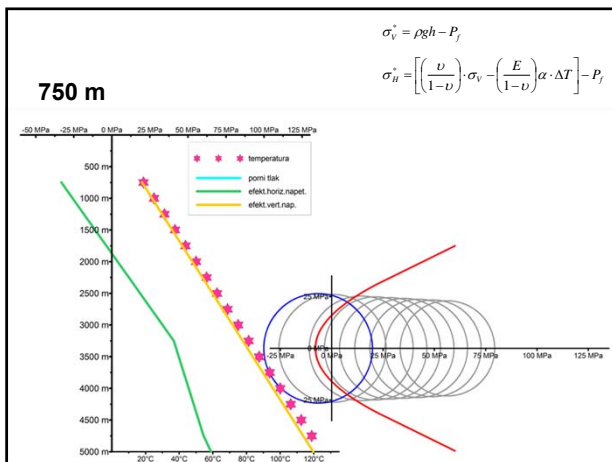


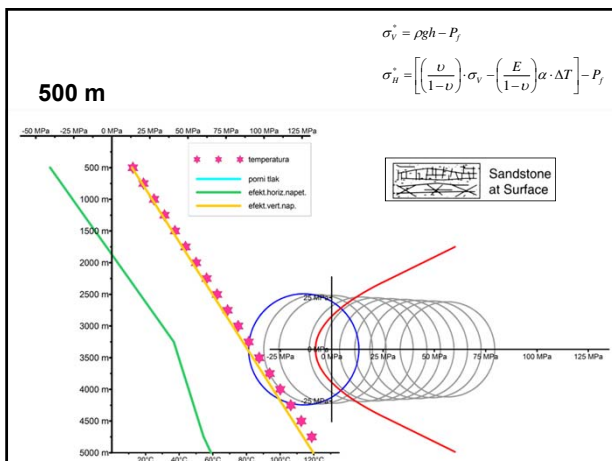












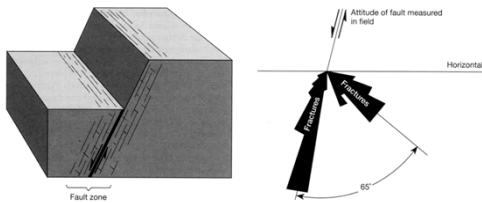
Tektonski mehanizmi nastajanja razpok

Opažanja in komentarji:

- ⇒ Do nastanka razpok pri pogrezanju enostavno *mora* priti. V relativno plitvem območju, še pred litifikacijo peska, nastajajo natezne (tip I) razpoke. Po povečanju pornega tlaka v globini 3 km nastanejo hibridne razpoke (tip I+II) po Griffithovem porušnem kriteriju.
- ⇒ Tektonska napetost (horizontalna kompresija) bi zelo verjetno povzročila nastanek strižnih razpok in prelomov, slasti če bi se še nekoliko povečal porni tlak. Ker so razpoke nastale že prej, so zelo verjetni tudi zdrsi ob že formiranih diskontinuitetah.
- ⇒ Predvidevamo, da bo zaradi razpokanja kamnine porni tlak padel, zaradi česar se bodo efektivne napetosti povečale in se bo Mohrov krog "oddaljil" od Coulombove porušne premice.
- ⇒ Pri dvigavanju se napetosti linearno zmanjšujejo, vendar ni možnosti za porušitev. Če pa je med dviganjem mogoče lateralno raztezanje kamnine (*vprašanje: kako je to mogoče?*), nastanejo relativno visoke natezne napetosti in zato nove natezne ali hibridne razpoke. Najprej razpokajo toge kamnine z visokim Youngovim modulom.

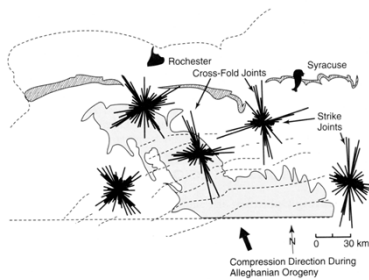
Razpoke in večje geološke strukture

Razpoke pogosto nastajajo v pravilni orientaciji glede na večje strukture (npr. prelome ali gube).



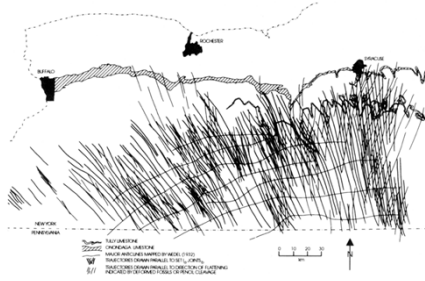
Regionalna razprostranjenost razpok

Primer iz Apalačev



Regionalna razprostranjenost razpok

Primer iz Apalačev



Predavanja iz Tektonike, lekcija 5: RAZPOKE

117
