

NORMALNI PRELOMI



- ⇒ kaj so normalni prelomi (kinematska definicija)?
- ⇒ kakšno deformacijo skorje omogočajo normalni prelomi?
- ⇒ v kakšnih napetostnih razmerah nastajajo normalni prelomi?
- ⇒ kakšen je tipičen vpad normalnih prelomov?

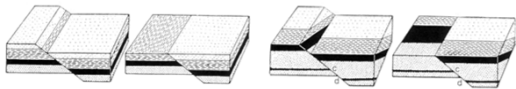
Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

2

Geometrijske značilnosti

Premik krovinskega bloka po prelomu navzdol povzroči naslednje značilne pojave:

- "mlajše na starejšem" - vzdolž prelomne ploskve praviloma leže mlajše plasti na starejših; podobno leže slabo- do nemetamorfizirane kamnine neposredno na visokometamornih
- v tlorisu se stratigrafsko zaporedje ponavadi "podvoji"
- v profilu (vrtine...) ponavadi v zaporedju "manjkajo" plasti
- spomnimo se: razmik ni enak premiku; tudi pri normalnih premikih so navidezni premiki na površju lahko zmični.



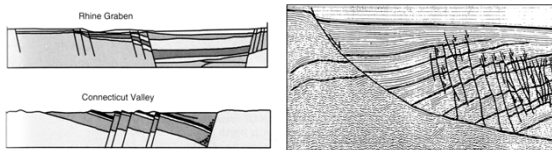
Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

3

Geometrijske značilnosti

Oblika prelomne ploskve

Po klasičnem naziranju so normalni prelomi strme in planarne ploskve. Novejše raziskave so pokazale, da se mnogo normalnih prelomov z globino položi in so tako konkavno ukrivljeni - **listrični prelomi** ("listron" - žilica). Še več, praktično vsi globlji normalni prelomi so ponavadi vezani na globok položen prelom - **ločilno ploskev** ("detachment").



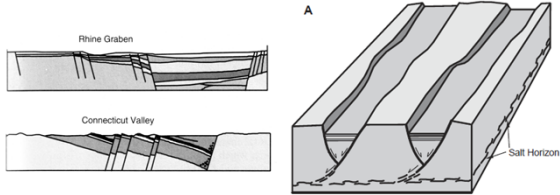
Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

4

Geometrijske značilnosti

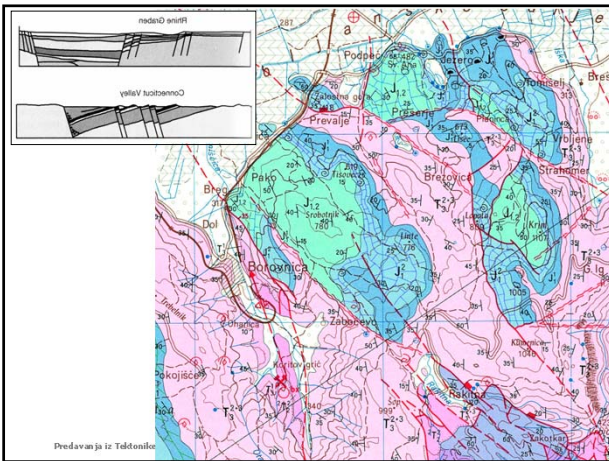
Oblika prelomne ploskve

Po klasičnem naziranju so normalni prelomi strme in planarne ploskve. Novejša raziskava so pokazale, da se mnogo normalnih prelomov z globino položi in so tako konkavno ukrivljeni - **listrični prelomi** ("listron" - žlica). Še več; praktično vsi globlji normalni prelomi so ponavadi vezani na globok položen prelom - **ločilno ploskev** ("detachment").



Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

5

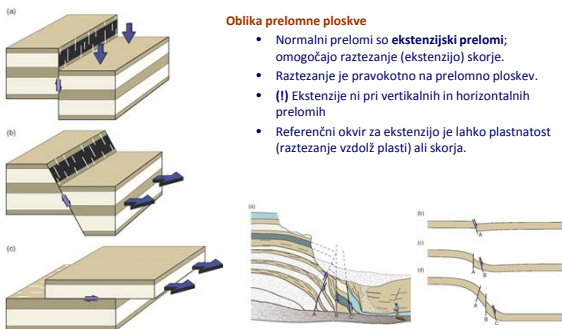


Predavanja iz Tektonike

Geometrijske značilnosti

Oblika prelomne ploskve

- Normalni prelomi so **ekstenzijski prelomi**; omogočajo raztezanje (ekstenzijo) skorje.
- Raztezanje je pravokotno na prelomno ploskev.
- **(!)** Ekstenzije ni pri vertikalnih in horizontalnih prelomih
- Referenčni okvir za ekstenzijo je lahko plastnatost (raztezanje vzdolž plasti) ali skorja.



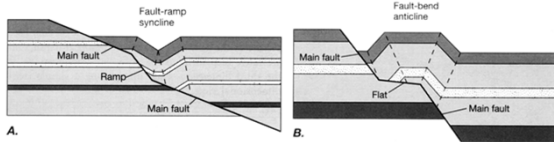
Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

7

Geometrijske značilnosti

Oblika prelomne ploskve

V profilu lahko prelomna ploskev *povija*; položnejše dele imenujemo "ravnine" ("flats"), strmeje pa "strmine" ("ramps"). Pri premikanju se mora oblika krovinskega bloka prilagajati geometriji ravnin in strmin
⇒ v krovlini nastanejo značilne gube.



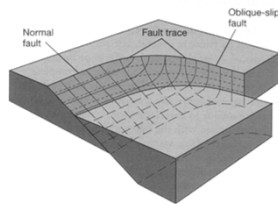
Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

8

Geometrijske značilnosti

Oblika prelomne ploskve

Razen v profilu so normalni prelomi pogosto **ukrivljeni** ali **vijugasti** tudi v tlorisu.
⇒ Zaradi geometrijske konsistentnosti se tako vzdolž prelomne ploskve spreminja smer premika!



Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

9

Spremljajoče strukture

Ob prelomni ploskvi lahko nastanejo **obprelomne gube**, ki kažejo smer premika. Obprelomne gube so praviloma majhne in omejene na neposredno bližino prelomne ploskve.

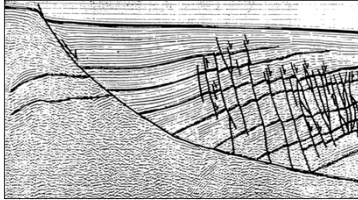


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

10

Spremljajoče strukture

Pri listričnih prelomih nastajajo značilne, od obprelomnih nasprotno usmerjene antiformalne "reverznovalčne gube", ko se zaradi premikanja ob prelomni ploskvi krovina "prevrne" na prelomno ploskev in s tem zapolni prazen prostor ("rollover"). Take gube so mnogo večje od obprelomnih.

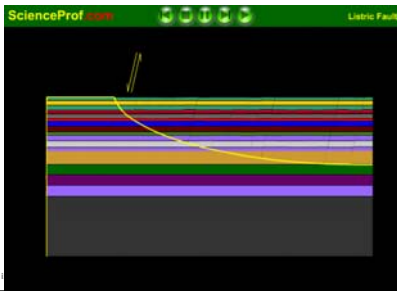


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

11

Spremljajoče strukture

Pri listričnih prelomih nastajajo značilne, od obprelomnih nasprotno usmerjene antiformalne "reverznovalčne gube", ko se zaradi premikanja ob prelomni ploskvi krovina "prevrne" na prelomno ploskev in s tem zapolni prazen prostor ("rollover"). Take gube so mnogo večje od obprelomnih.

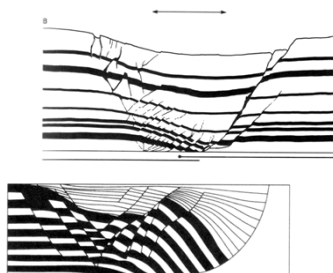


Predavanja iz

12

Spremljajoče strukture

Spremljajoči prelomi so lahko sintetični (vpad in smer premika se skladata z glavnim prelomom) ali antitetični (ki so konjugirani sintetičnim).

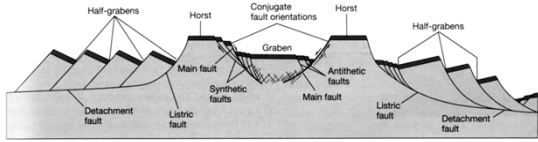


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

13

Spremljajoče strukture

Sistemi normalnih prelomov razdelijo ozemlje na značilne ugreznitve - **grabne** (tektonske jarke) in **polgrabne**, ter relativno vzdignjene dele - **horste**.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

Spremljajoče strukture

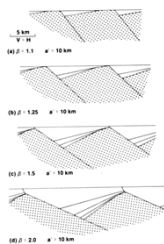
Sistemi normalnih prelomov razdelijo ozemlje na značilne ugreznitve - **grabne** (tektonske jarke) in **polgrabne**, ter relativno vzdignjene dele - **horste**.



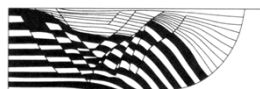
Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

Spremljajoče strukture

V aktivnih ekstenzijskih območjih se v grabnih in polgrabnih usedajo sedimenti, erozija dvignjenih horstov pa predstavlja vir materiala. Taki **sintektonski sedimenti** omogočajo podrobno časovno opredelitev tektonskih procesov.



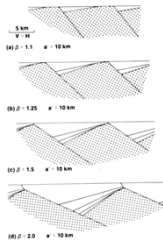
Plasti, odložene pred začetkom tektonske aktivnosti, so enakomerno debele po vsem ozemlju ("pre-rift" ali predtektonski sedimenti).



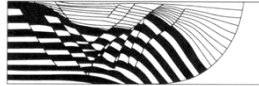
Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

Spremljajoče strukture

V aktivnih ekstenzijskih območjih se v grabnih in polgrabnih usedajo sedimenti, erozija dvignjenih horstov pa predstavlja vir materiala. Taki **sintektonski sedimenti** omogočajo podrobno časovno opredelitev tektonskih procesov.



Plasti, ki se odlagajo v času aktivnosti normalnih prelomov ("**syn-rift**" ali **sintektonski sedimenti**), se preko prelomov močno odebelijo (\Rightarrow hitro ugrezanje grabna ali polgrabna). Pogosto se plasti stran od preloma spet počasi tanjšajo in izklinjajo (\Rightarrow rotacija krovninskega bloka pri ugrezanju ali reverznovalično gubanje).

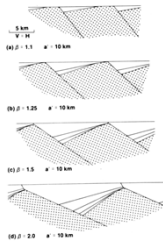


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

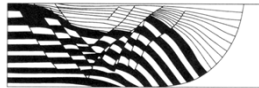
17

Spremljajoče strukture

V aktivnih ekstenzijskih območjih se v grabnih in polgrabnih usedajo sedimenti, erozija dvignjenih horstov pa predstavlja vir materiala. Taki **sintektonski sedimenti** omogočajo podrobno časovno opredelitev tektonskih procesov.



V polgrabnih imajo starejše plasti značilno strmější vpad od mlajših, čeprav meje *niso erozijsko-diskordantne* (\Rightarrow **progresivna rotacija**).

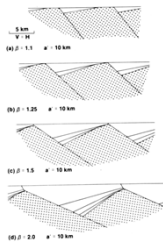


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

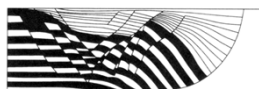
18

Spremljajoče strukture

V aktivnih ekstenzijskih območjih se v grabnih in polgrabnih usedajo sedimenti, erozija dvignjenih horstov pa predstavlja vir materiala. Taki **sintektonski sedimenti** omogočajo podrobno časovno opredelitev tektonskih procesov.



Plasti, ki se odložijo po končani tektonski aktivnosti ("**post-rift**" ali **potektonski sedimenti**) so spet enakomerno debele, po vpadu pa se močno razlikujejo od večine sintektonskih plasti.

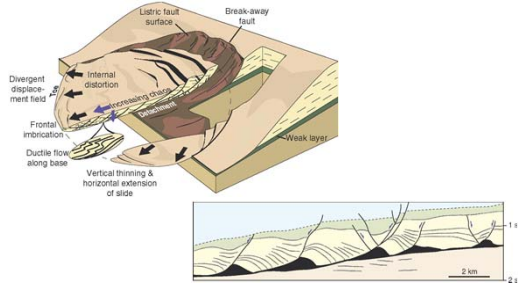


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

19

Sinsedimentni normalni prelomi

"Gravitacijski prelomi", "growth faults" nastajajo pri drsenju (plazenju) nekonsolidiranega sedimenta, imajo pa vse značilnosti običajnih normalnih prelomov



Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

20

Sinsedimentni normalni prelomi

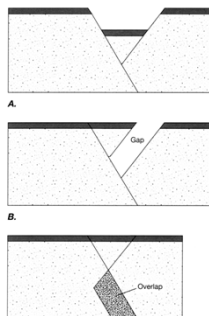
N.B.: Tipičen znak za sinsedimento aktivnost: prelom navzgor in navzdol v stratigrafskem zaporedju hitro zamre.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

21

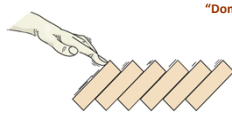
Kinematski modeli normalnih prelomov



Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

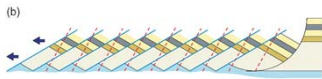
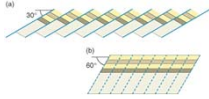
22

Kinematski modeli normalnih prelomov



"Domino prelomi"

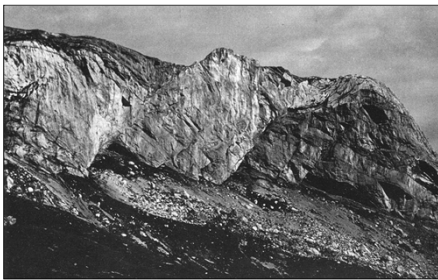
- ponavadi v globini vezani na listričen prelom ali kako drugo ločilno ploskev
- prelomni bloki so togi, brez internih deformacij
- bloki in prelomi rotirajo sočasno in enako hitro
- prelomi imajo enak naklon in enak premik
- prostorski problemi:
 - na robu domino sistema
 - talnina blokov



Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

23

Kinematski modeli normalnih prelomov



Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

24

Kinematski modeli normalnih prelomov

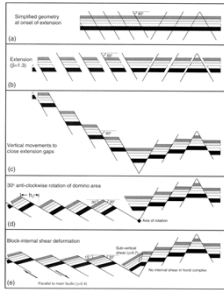


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

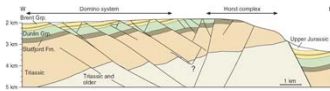
25

Kinematski modeli normalnih prelomov

"Soft domino" model

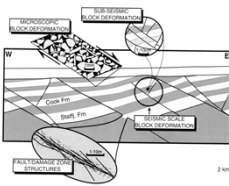


- seveda lahko pričakujemo, da se deformirajo tudi „domine“ same – npr. v nekonsolidiranih sedimentih
- interna deformacija domino blokov razreši večino prostorskih problemov tega domino modela
- interna deformacija je lahko sočasna v več merilih

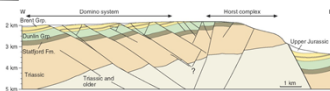


Kinematski modeli normalnih prelomov

"Soft domino" model

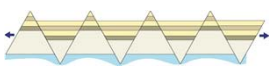


- seveda lahko pričakujemo, da se deformirajo tudi „domine“ same – npr. v nekonsolidiranih sedimentih
- interna deformacija domino blokov razreši večino prostorskih problemov tega domino modela
- interna deformacija je lahko sočasna v več merilih

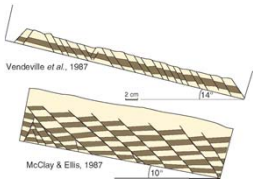


Kinematski modeli normalnih prelomov

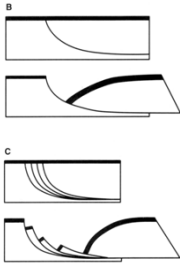
Simetrično raztezanje



- raztezanje nad ločilno ploskvijo je lahko tudi simetrično – struktura horstov in jarkov
- geometrijo normalnih prelomov pa določa tudi naklon ločilne ploskve



Kinematski modeli normalnih prelomov



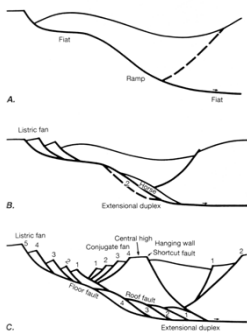
Listrični normalni prelomi

- listrični normalni prelomi, kjer se interna deformacija krovinskega bloka vrši z gubanjem ali ob antitetičnih prelomih
- listrični normalni prelomi z ekstenzijskim luskanjem

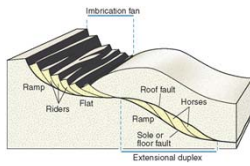
Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

29

Kinematski modeli normalnih prelomov



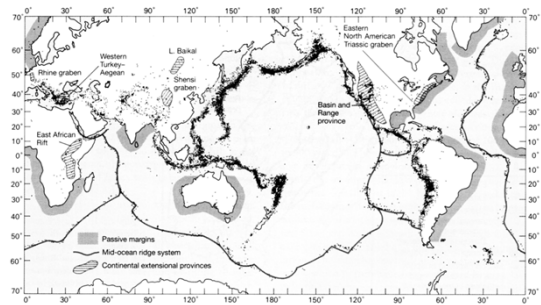
- realni primeri so seveda lahko precej kompleksnejši...



Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

30

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

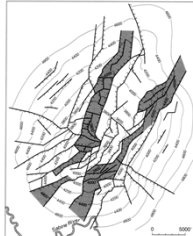
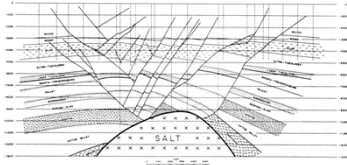


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

31

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

- **Prelomi, vezani na kupolaste strukture**
 - Intruzije magme ali dviganje solnih čokov povzročata kupolasto izbočenje in raztezanje skorje, ki se kompenzira z normalnimi prelomi. V takih primerih se normalni prelomi in grabni stikajo v "Y" konfiguracijah, ali pa tvorijo obročaste strukture (npr. kolaps vulkanske kaldere).

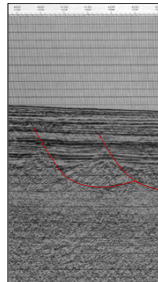
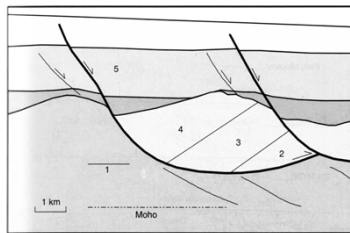


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

32

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

- **Sredoceanski hrbti in kontinentalni robovi**
 - Primeri: struktura šelfa ob Novi Škotski, Rdeče morje, Mehški zaliv.

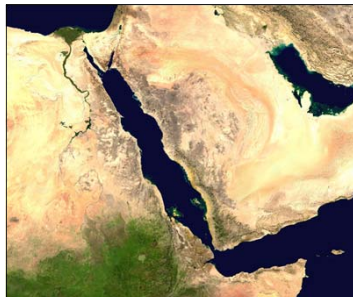
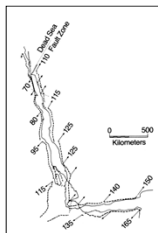


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

33

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

- **Rdeče morje**

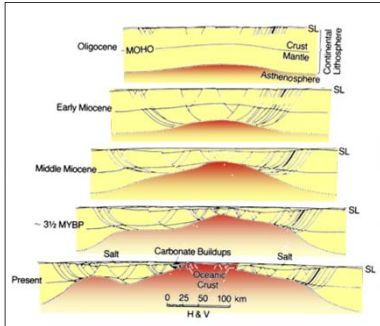


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

34

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

- Rdeče morje

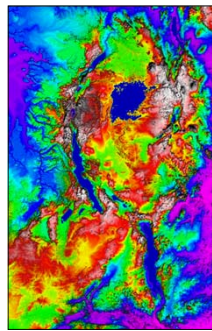
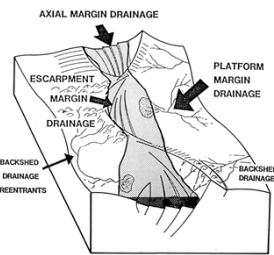


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 7: NORMALNI PRELOMI

35

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

- jezero Tanganjika

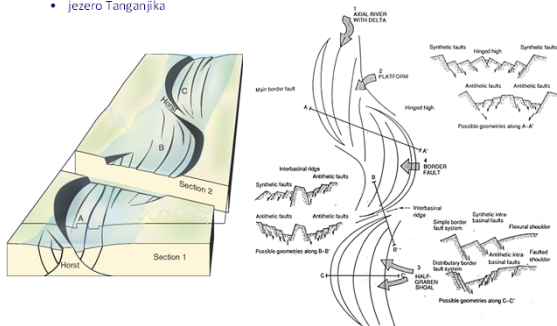


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 7: NORMALNI PRELOMI

36

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

- jezero Tanganjika

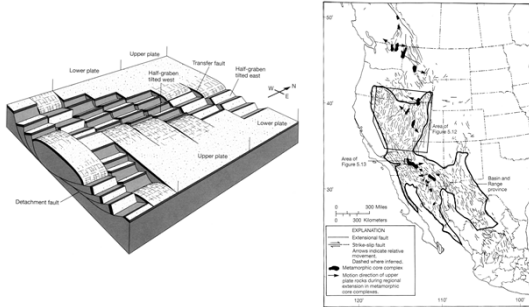


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 7: NORMALNI PRELOMI

37

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

- Kontinentalne ekstenzijske province: primer Basin and Range (ZDA)

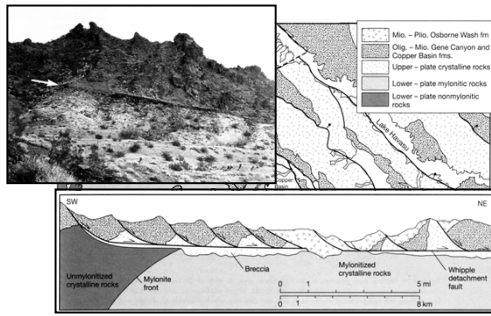


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 7: NORMALNI PRELOMI

38

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

- Kontinentalne ekstenzijske province: primer Basin and Range (ZDA)

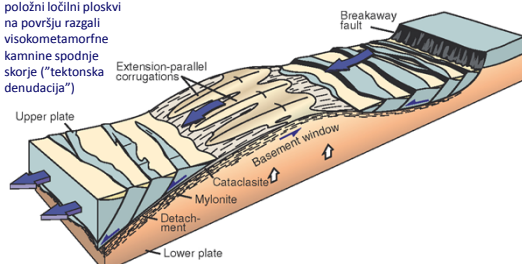


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 7: NORMALNI PRELOMI

39

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

- "metamorphic core complex" - ekstremna ekstenzija skorje ob položni ločini ploskvi na površju razgali visokometamorfne kamnine spodnje skorje ("tektonska denudacija")

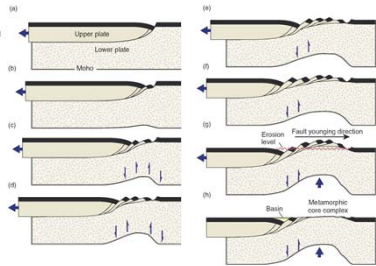


Predavanja iz Tektonike, Ikcija 7: NORMALNI PRELOMI

40

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

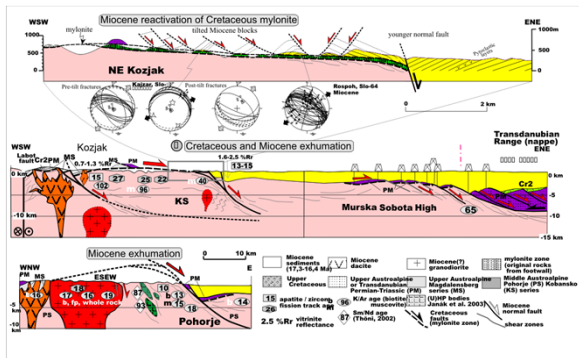
- "metamorphic core complex" - ekstremna ekstenzija skorje ob položni ločilni ploskvi na površju razgali visokometamorfne kamnine spodnje skorje ("tektonska denudacija")



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 7: NORMALNI PRELOMI

41

Primer: Pohorje - Kozjak



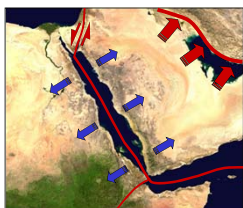
Predavanja iz Tektonike, Ikcija 7: NORMALNI PRELOMI

42

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

Kompenzacija ekstenzije v spodnjih predelih skorje

- Če se lomna ekstenzija v zgornji skorji ne kompenzira s krčenjem kje drugje, se mora hkrati duktilno raztezati tudi podlaga pod ločilno ploskvijo, raztezanje in zato tanjšanje litosfere pa spet kompenzira tok astenosfere iz plašča. Lateralno se mora raztezanje litosfere kompenzirati s krčenjem v coni subdukcije ali orogenskem pasu.



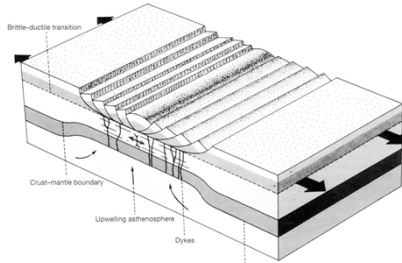
Predavanja iz Tektonike, Ikcija 7: NORMALNI PRELOMI

43

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

Kompenzacija ekstenzije v spodnjih predelih skorje

- **Simetrična litosferska ekstenzija:** ločilna ploskev sega do meje lomno-duktilno, skorja pod ločilno ploskvijo se razteza in tanjša duktilno, tanjšanje pa kompenzira dotok materiala iz plašča. Strukture na površju so simetrične.



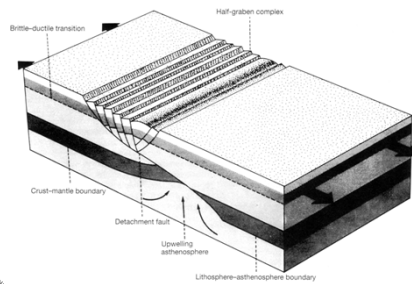
Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

44

Regionalna vloga sistemov normalnih prelomov

Kompenzacija ekstenzije v spodnjih predelih skorje

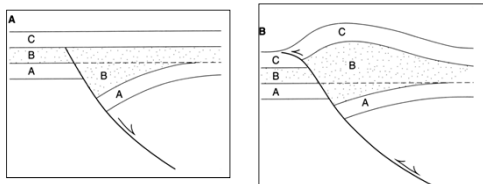
- **Asimetrična litosferska ekstenzija:** ločilna ploskev seka celotno litosfero in sega do meje plašča. Na površju prevladujejo sintetični prelomi.



Predavanja iz Tektonik . . .

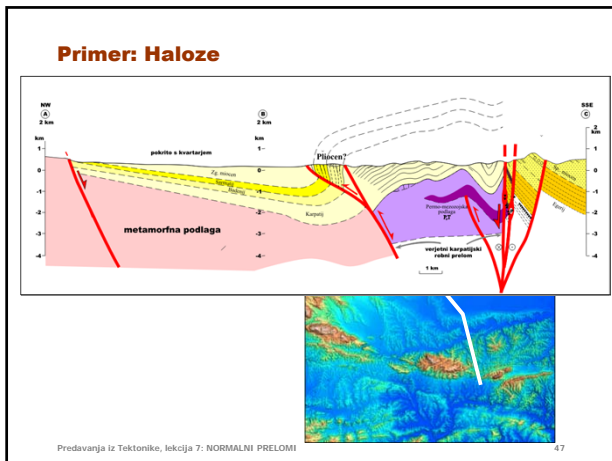
Inverzijska tektonika

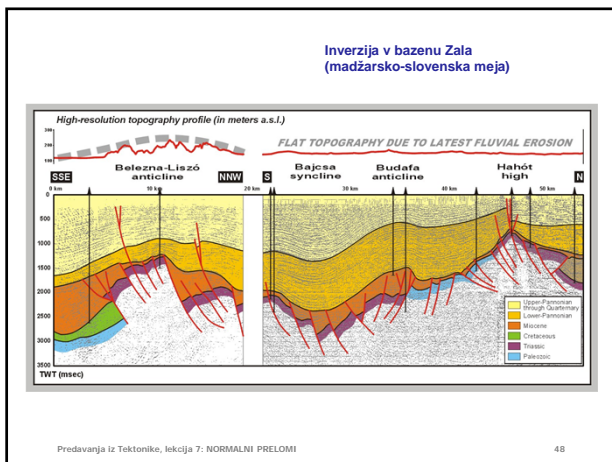
Sprememba regionalnih tektonskih razmer lahko povzroči prehod iz režima raztezanja v režim krčenja ozemlja. Pri tem se normalni prelomi iz ekstenzijske faze reaktivirajo kot reverzni prelomi in narivi, kar imenujemo **inverzija** ali **inverzijska tektonika**.

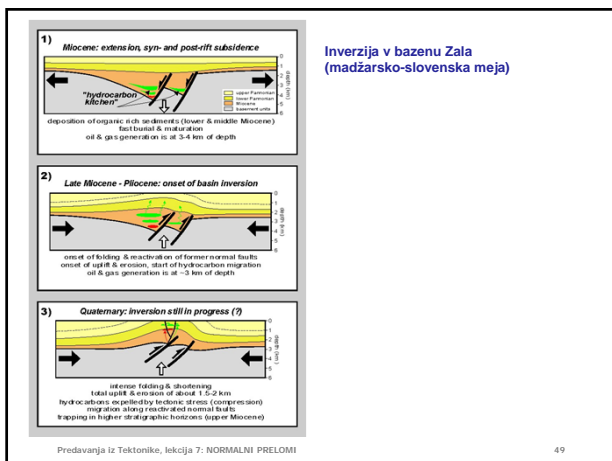


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

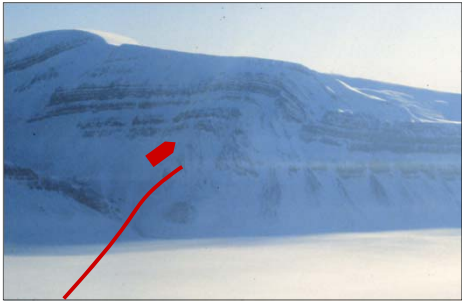
46







Primer: Billefjorden fault zone, Svalbard

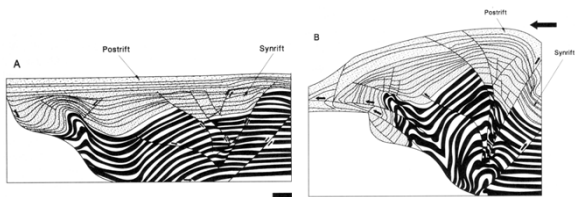


Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

50

Inverzijska tektonika

Analogno modeliranje inverzije ekstenzijskih struktur (McClay et al.)



Predavanja iz Tektonike, lekcija 7: NORMALNI PRELOMI

51
