

# Tektonika a říční systém

---

- Odras tektonických procesů v říčním systému, následná zvýšená eroze a akumulace, asymetrie povodí, tvar údolní sítě
- Analýza fluviálních tvarů reliéfu porušených tektonickými pohyby - říční terasy, analýza podélných a příčných profilů vodních toků
- Analýza okrajových zlomových svahů pohoří
- Zlomové svahy, jejich vývoj, degradace, možnosti jejich datování

# Morfostrukturní analýza

- Tektonická geomorfologie používá metody **morfostrukturní analýzy**:
- Analýza vztahu mezi **geologickou strukturou** (litologie, struktura - zlomy, vrásy) a **reliéfem** => vliv podloží

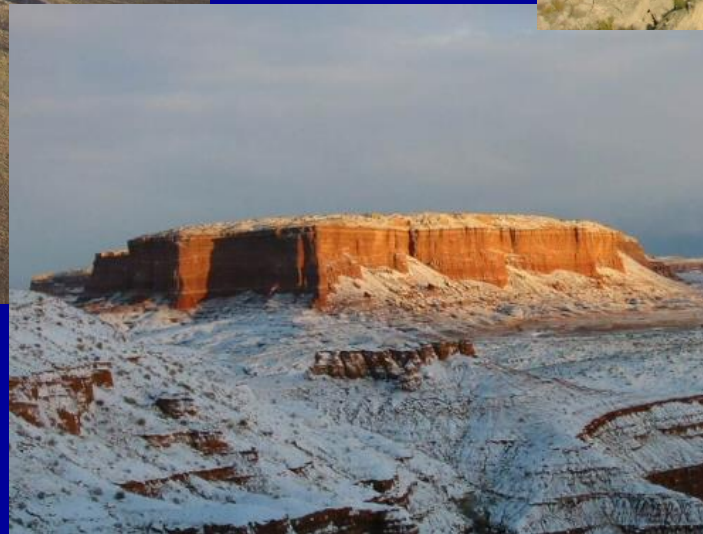
**Strukturní reliéf** podmíněný úložnými poměry a selektivním zvětráváním a erozí



strukturní hřbet,  
skalní stěna



skalní římsy a převisy

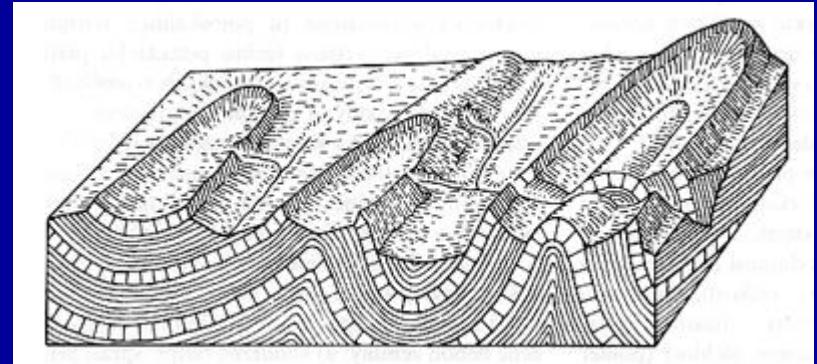


strukturní plošiny a  
stolové hory - mesa (šp.  
stůl)

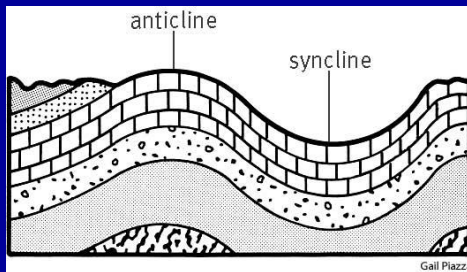
kuesty, litologicky podmíněné....

# Morfostrukturní analýza

- **Strukturní reliéf** podmíněný tektonickými pohyby – tektonický reliéf (tectonic landforms) – tlakově deformovaný
- Konformní vrásový reliéf – synklinální údolí, antiklinální hřbety



Inverzní reliéf



- Tektonický reliéf - zlomový - kerná pohoří, zlomové svahy, aj.

## morfostrukturní analýza reliéfu

---

= celkové zhodnocení vztahů mezi geologickými strukturami a reliéfem

- **Morfostruktura** - část horninového prostředí s jednotným vývojem a strukturními vlastnostmi, maximálně homogenní uvnitř a odlišná od okolí (např. část pohoří se stejnou rychlostí výzdvihu.....)
  
  - **pasivní morfostruktura** - horninová stavba a starší tektonika
  
  - **aktivní morfostruktura** - mladá a současná tektonika všeho druhu, současné vulkány
-

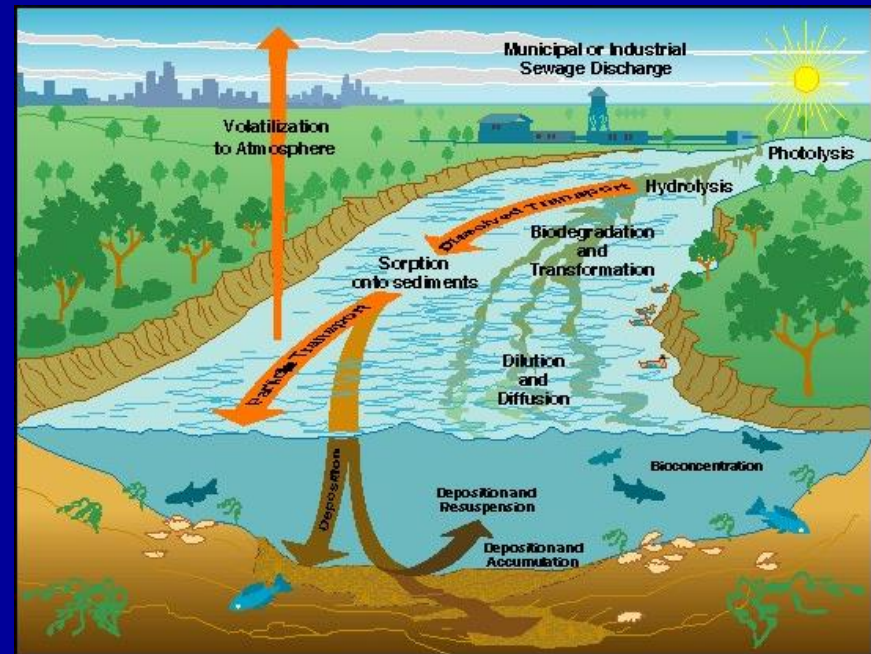
# Tektonické tvary reliéfu X tvary tektonikou ovlivněné

⇒ Odras tektonických procesů v **říčním systému**

⇒ Údolní systém **reaguje citlivě** na procesy jak **endogenního**, tak **exogenního** původu - jeho analýza může obsahovat užitečné informace o neotektonické aktivitě (vertikální pohyby) – začátek analýzy

⇒ Vodní toky - šířka a hloubka koryta, množství transportovaného materiálu, plaveniny v suspenzi, dnové splaveniny, sklon koryta, sinuosita (křivolakost) koryta, rychlost proudění atd.

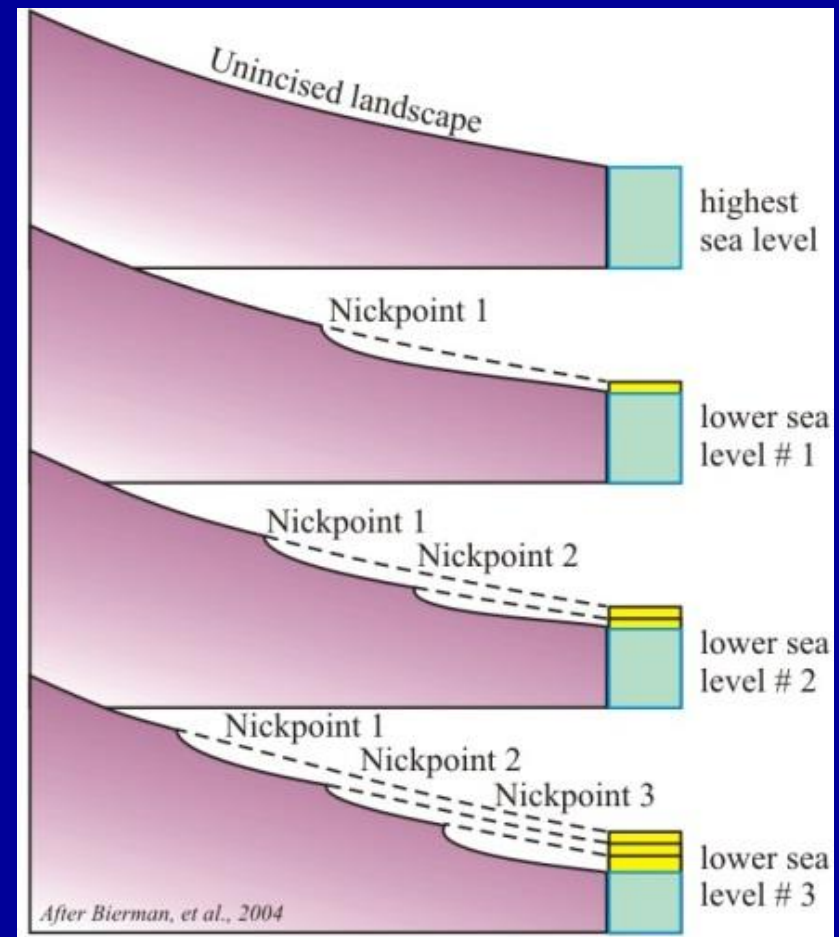
– tyto parametry jsou v rovnováze v říčním systému – citlivé na jakoukoliv změnu



# Odraz tektonických procesů v říčním systému

⇒ Klimatické změny v kvartéru (2,6 mil let) – hluboký efekt na říční systém – globální změny hladiny světového oceánu způsobily ve velkém měřítku cykly agradace (akumulace) a degradace (eroze)

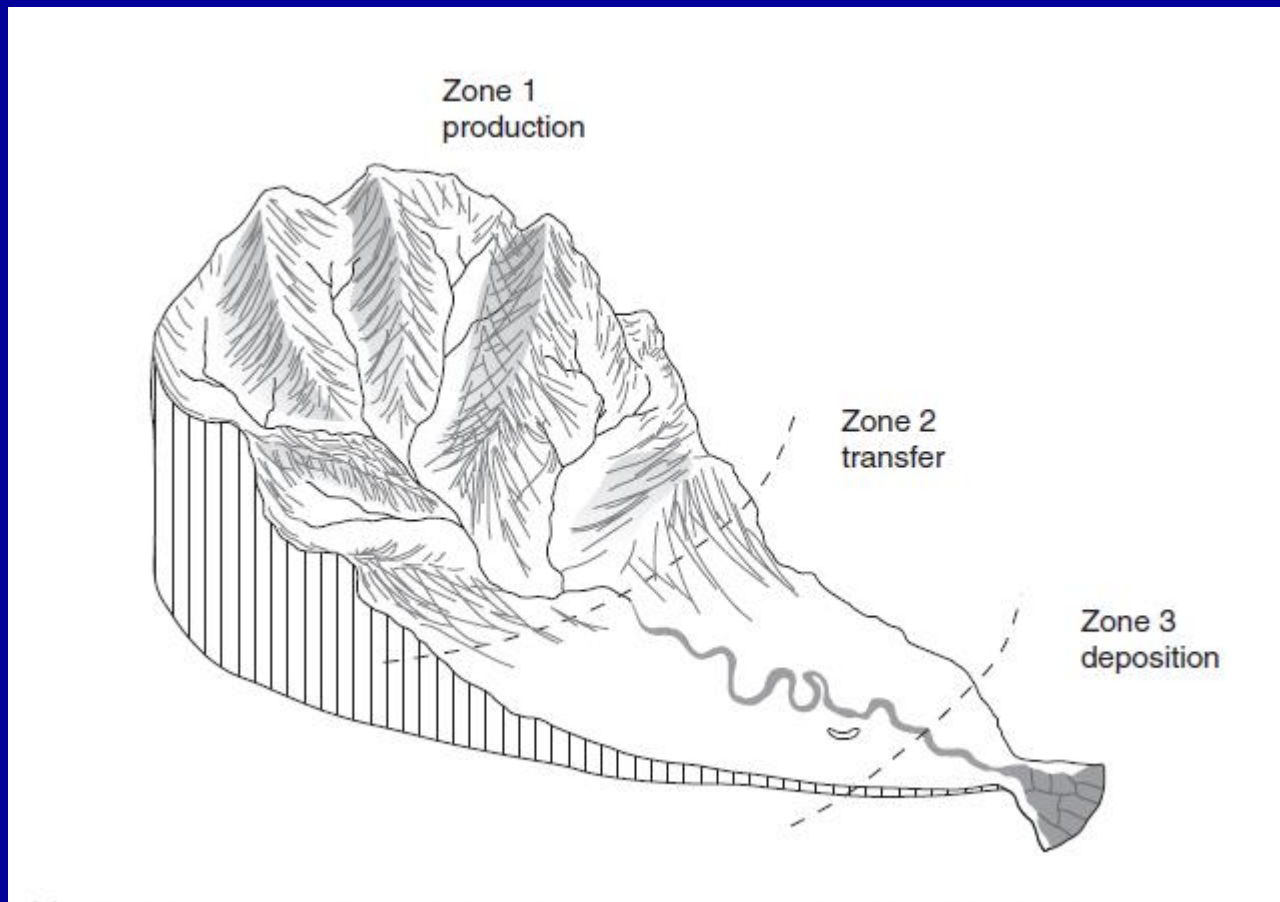
⇒ = změna erozní báze – nejnižší bod říčního toku, pod kterým již řeka nemůže erodovat (lokální erozní báze – na toku; mořská hladina)



# Odraz tektonických procesů v říčním systému



Fluviální procesy: eroze, transport, akumulace



# Odraz tektonických procesů v říčním systému

---

## Typy řek podle množství unášeného materiálu

- ⇒ **Alluvial rivers** – parametry jako drsnost koryta, viskozita, tření, sklon koryta atd. nedovolují odnášet materiál, řeky tečou ve svých náplavech
  - citlivější k tektonickým pohybům
  
- ⇒ **Bedrock rivers** – materiál je transportován pryč, řeky tečou v obnaženém skalním podkladu
  - méně citlivé na tektoniku, trvá to dlouho než se takový tok přizpůsobí, projevy tektoniky jsou maskovány lokálními rozdíly v odolnosti hornin a struktuře
  
- ⇒ **Graded river** (řeka s vyrovnanou spádovou křivkou) – ve stavu dynamické rovnováhy, pouze transportuje materiál, neeroduje ani neakumuluje

Alluvial rivers – citlivé na jakoukoliv změnu parametrů a reagují rychle, může v nich být zaznamenána aktivní tektonika z nedávné minulosti



# Odraz tektonických procesů v říčním systému

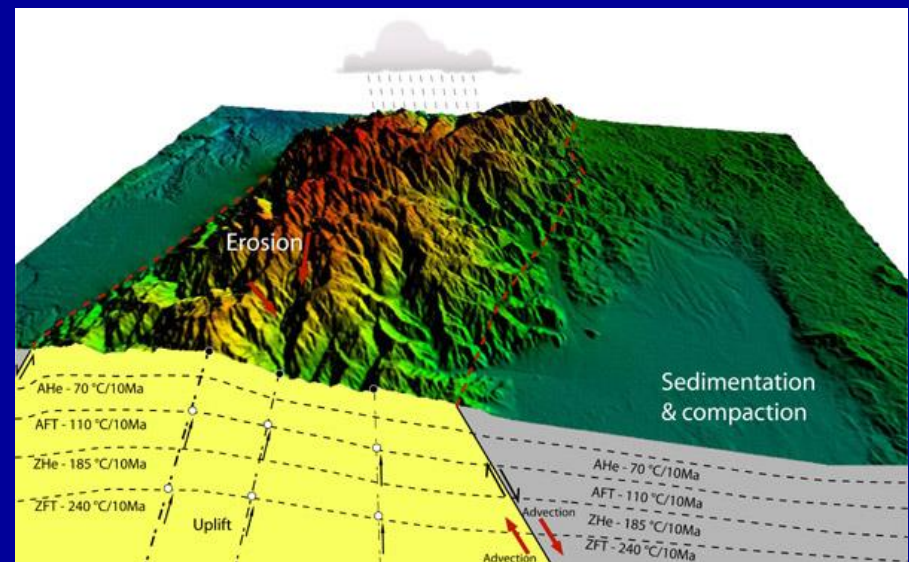
## Akumulace a eroze

⇒ **Tektonický výzdvih** – vyvolává zvýšenou erozi, nebo redukce ukládání

- vyšší eroze = větší množství dostupného materiálu, náhlé zhrubnutí sedimentů v sekvencích náplavových kuželů

V oblastech s vysokou topografií (hory) – přínos materiálu je největší

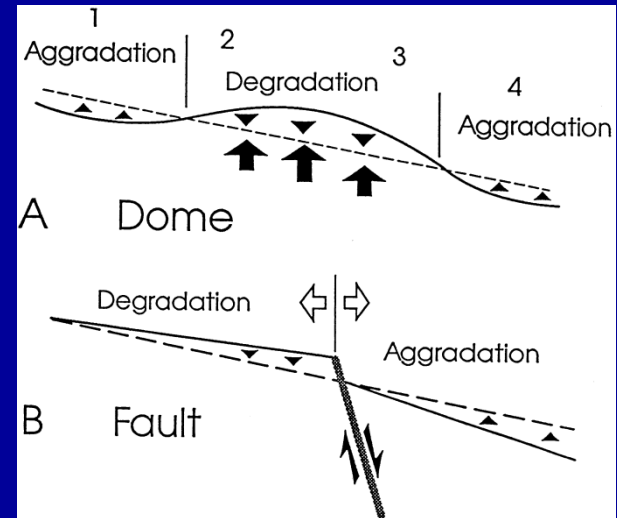
V částech s normálními úložnými poměry – ztenčování mocnosti sedimentů poukazuje na výzdvih



# Odraz tektonických procesů v říčním systému

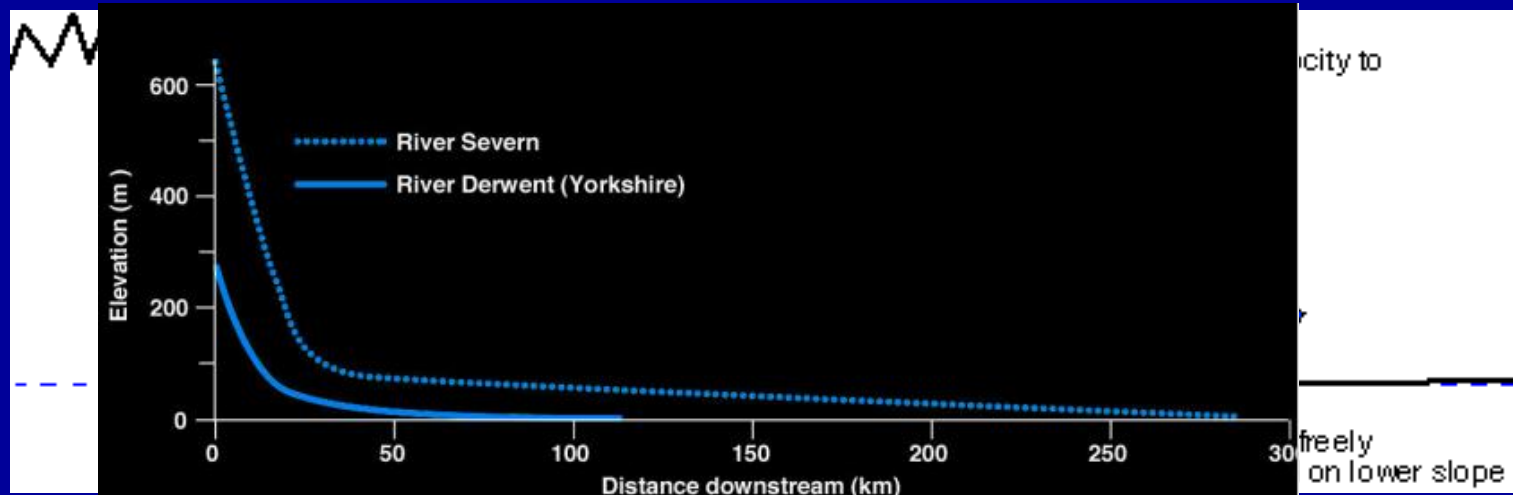


**Subsidence, pokles** – podporuje sedimentaci nebo přinejmenším již zvyšuje existující akumulaci



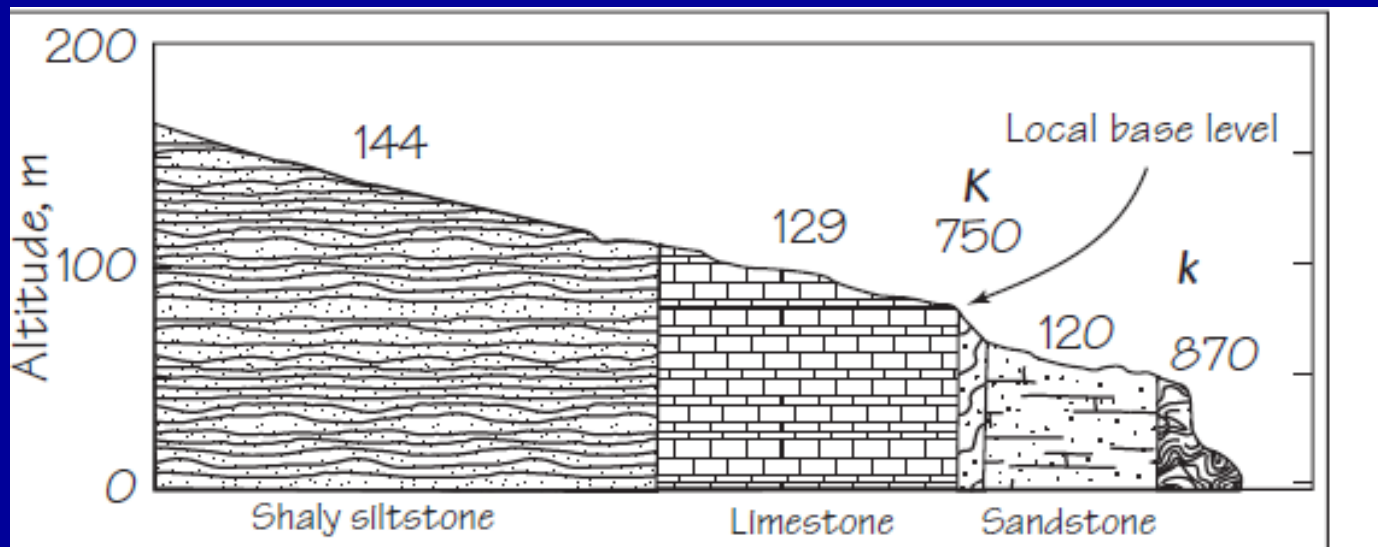
Změny se projeví obvykle v podélném profilu toku – **spádové křivce**  
Tektonika v regionálním měřítku - tvar křivky  
lokální měřítko – anomálie, lomy ve spádu

Graded river –  
konkávní tvar



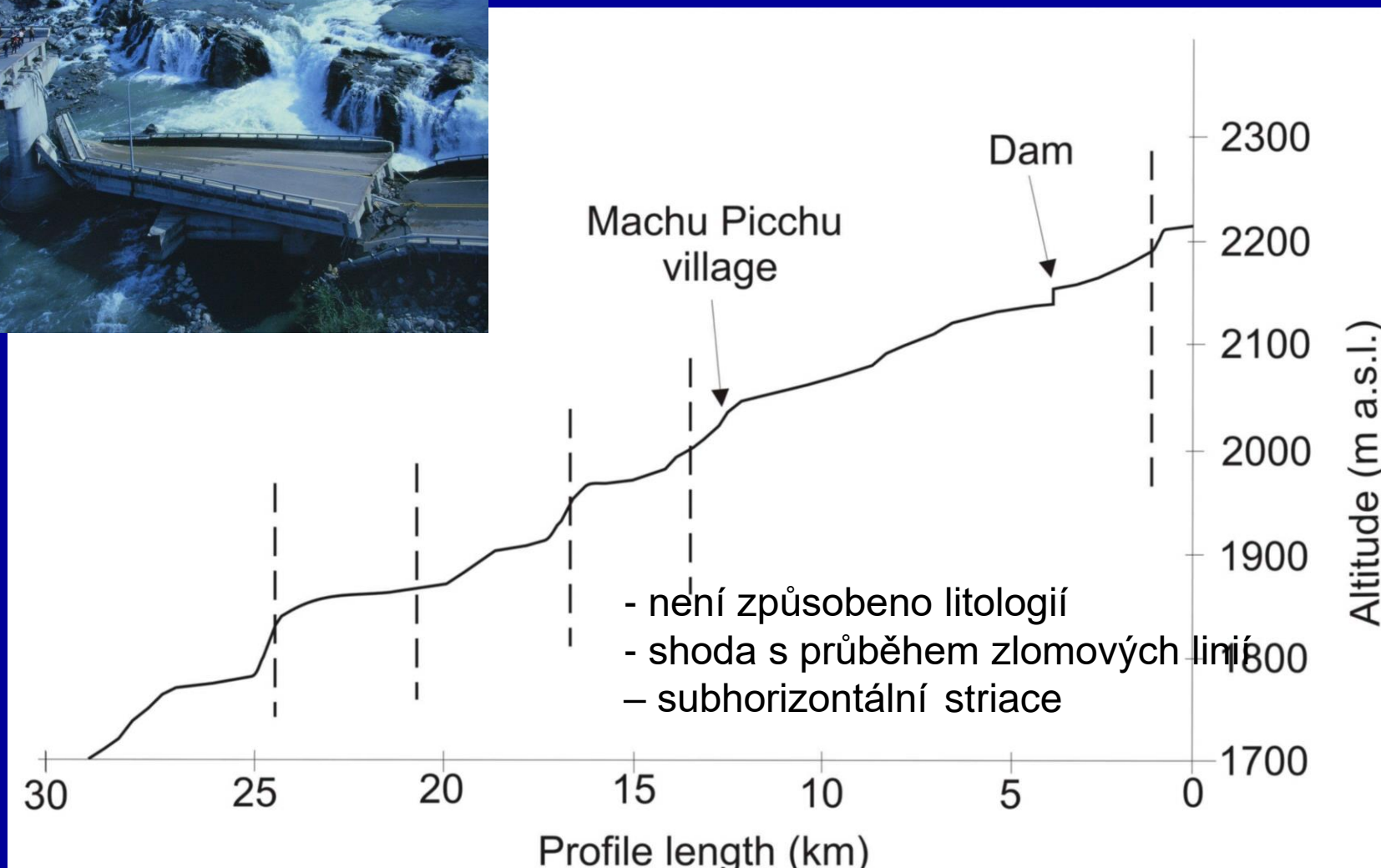
# Odraz tektonických procesů v říčním systému

- ⇒ !! příčiny anomálií (**knickpoint**) na spádové křivce různého původu:
  - odolnější souvrství / hornina
  - zahlubování hlavního toku (až zavěšené údolí)
- ⇒
  - dosah zpětné eroze
  - tektonické pohyby
  - změna vodnosti (např. přítok)
  - změna množství unášeného materiálu (sesuv, břehová eroze)
  - antropogenní vlivy



Lom ve spádu litologicky podmíněný

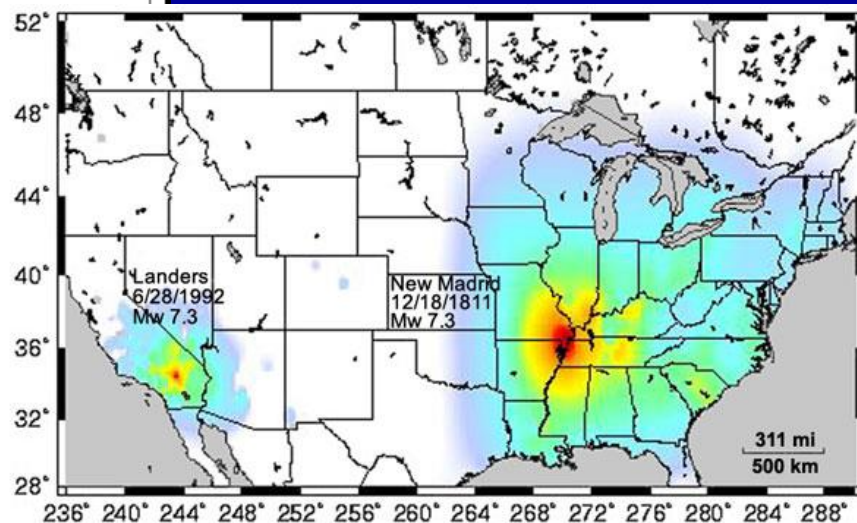
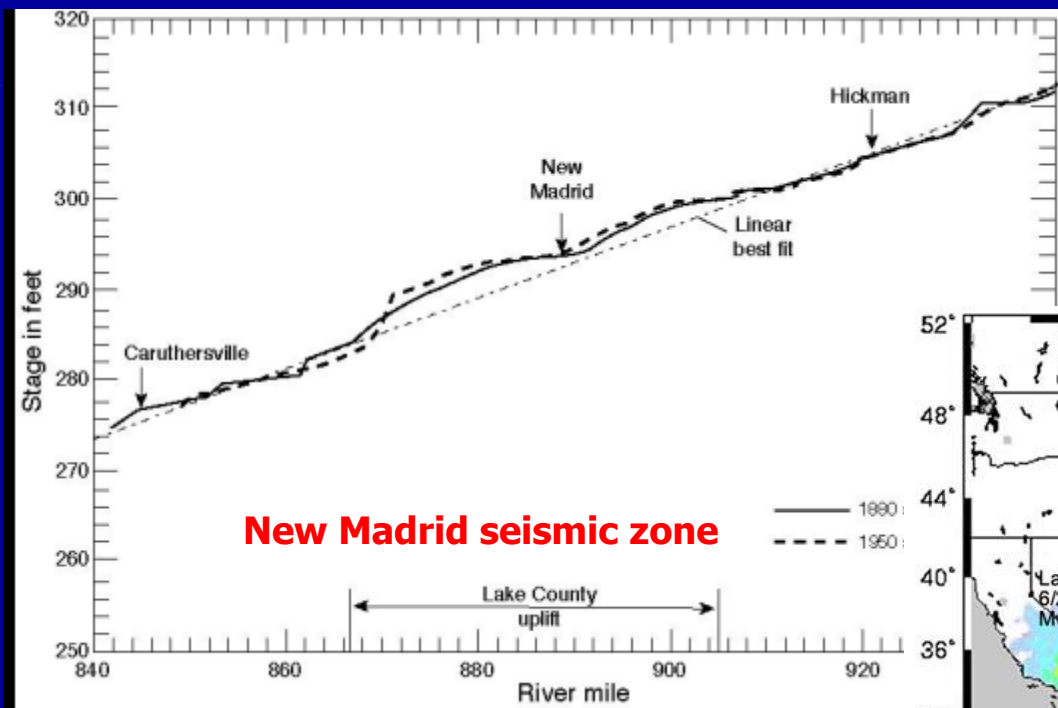
# Odraz tektonických procesů v říčním systému



Anomálie tektonicky podmíněné

# Odraz tektonických procesů v říčním systému

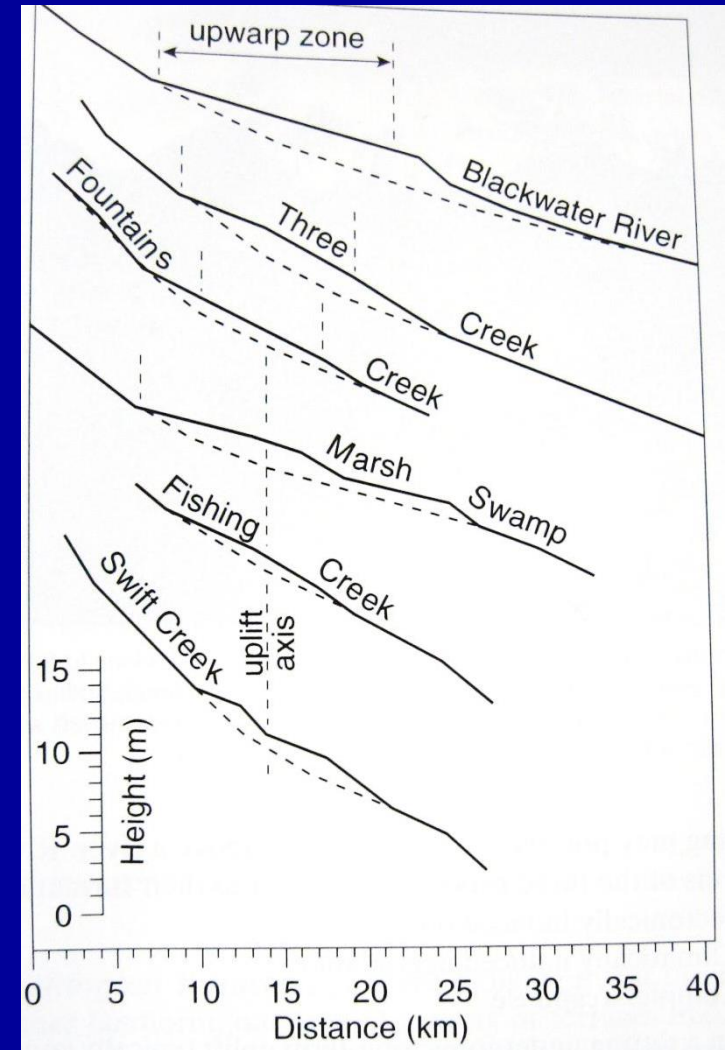
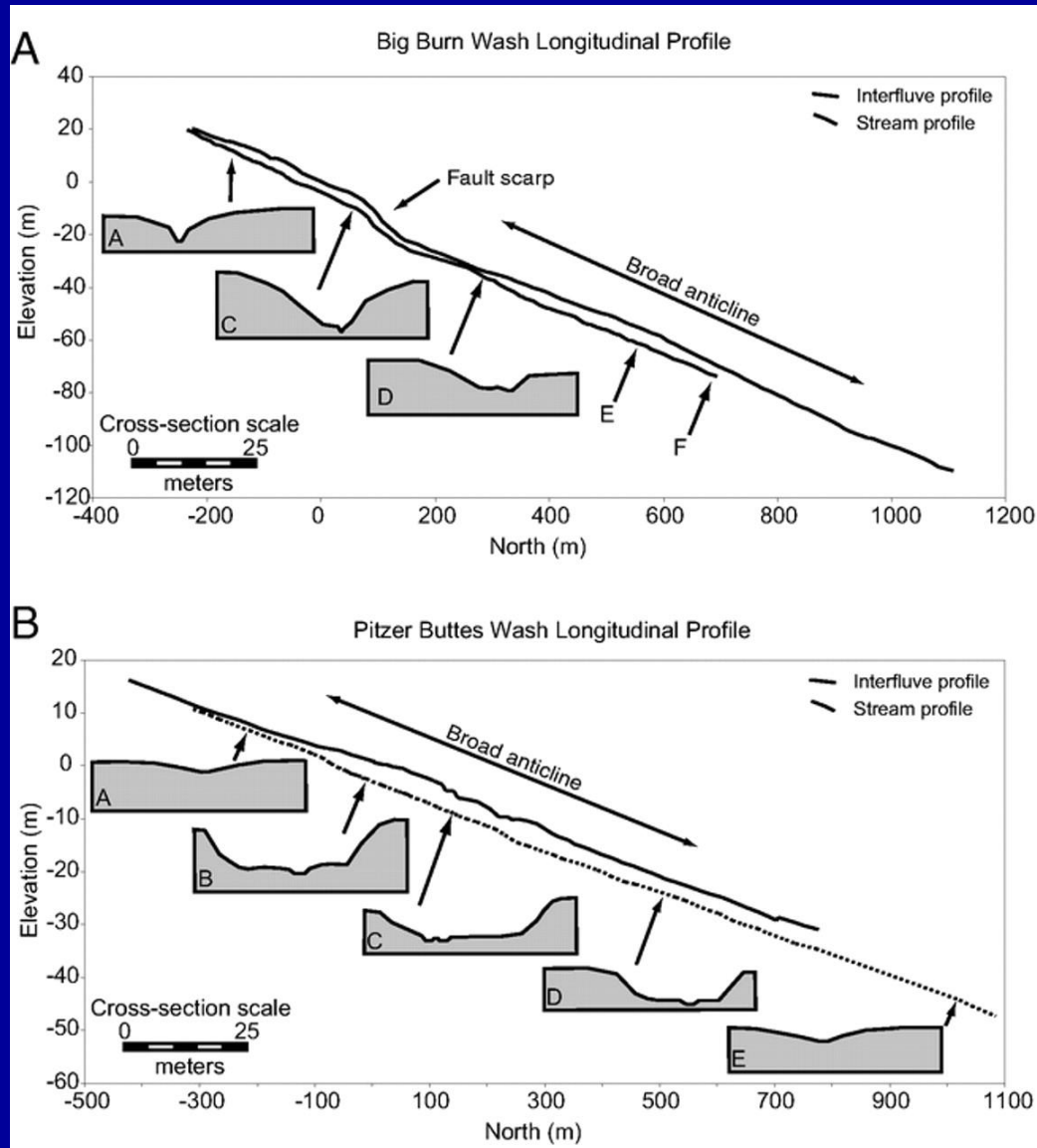
- New Madrid 1811-1812 – během měsíce 4 velká zemětřesení  $M = 7-8$   
Velké regionální změny v reliéfu – poklesy a výzdvihy území, trhliny, sesuvy...



Současný podélný profil – jako odpověď na výzdvih

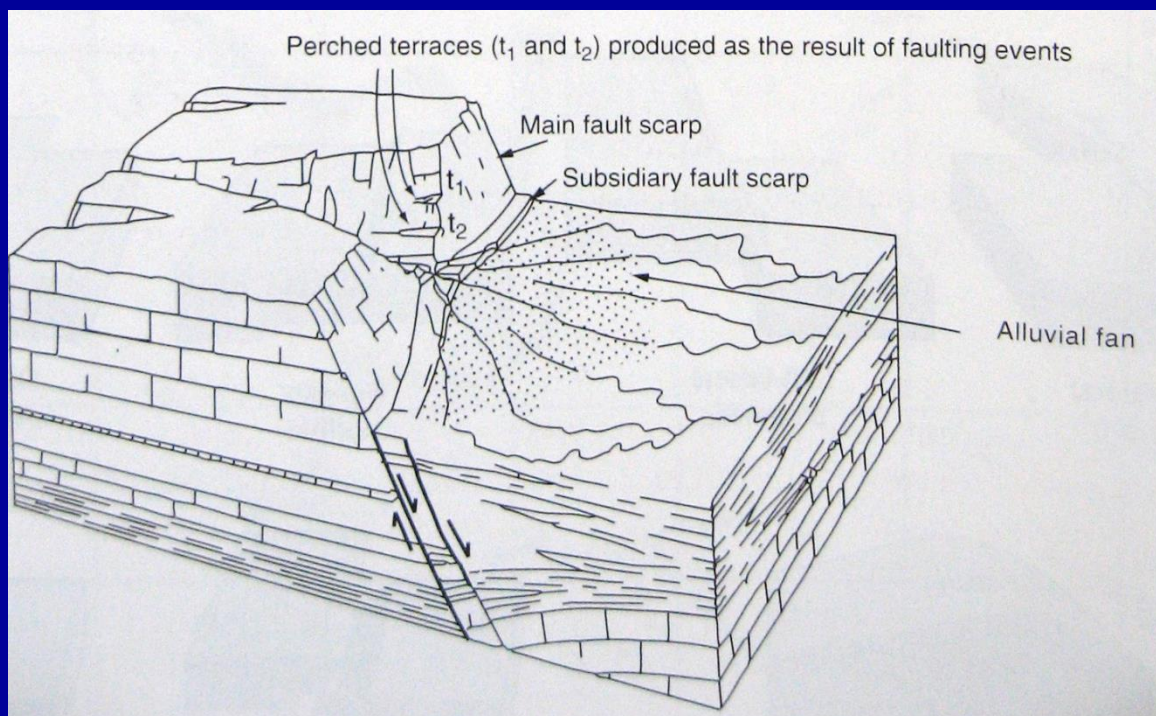
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	None	None	None	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VELOCITY	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

# Odraz tektonických procesů v říčním systému



Série toků na US atlantickém pobřeží ukazující vyklenování

## Změny v příčných profilech



# Odraz tektonických procesů v říčním systému



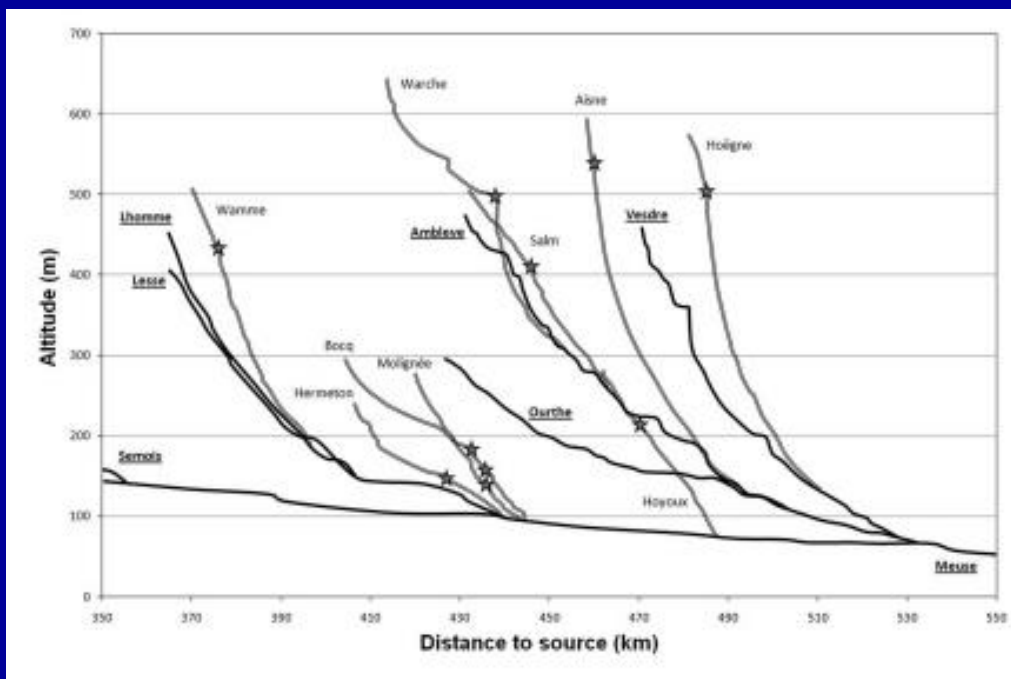
Tvar spádové křivky – odráží regionální tektoniku

Konvexita profilu

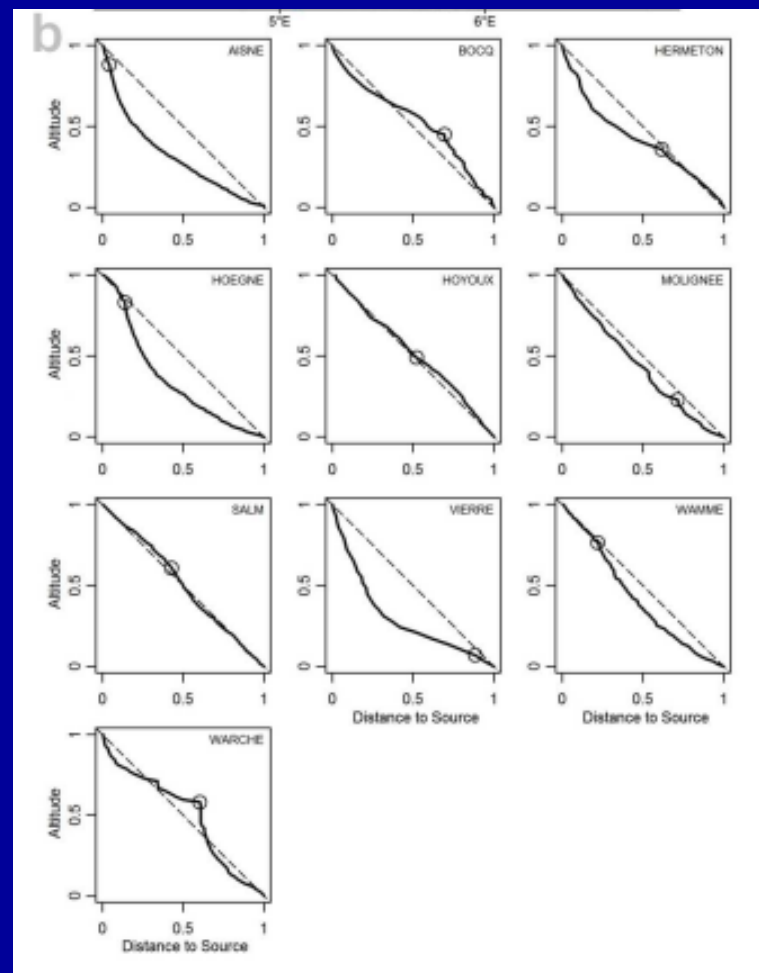


Řeky tektonicky neovlivňované mají konkávní profil

- odchylky: litologie říčního dna, odlišná rychlost výzdvihu



Index konkavity



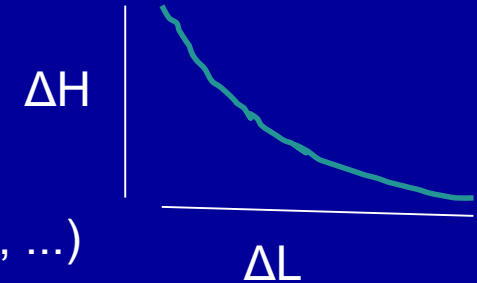
Normalizované podélné profily



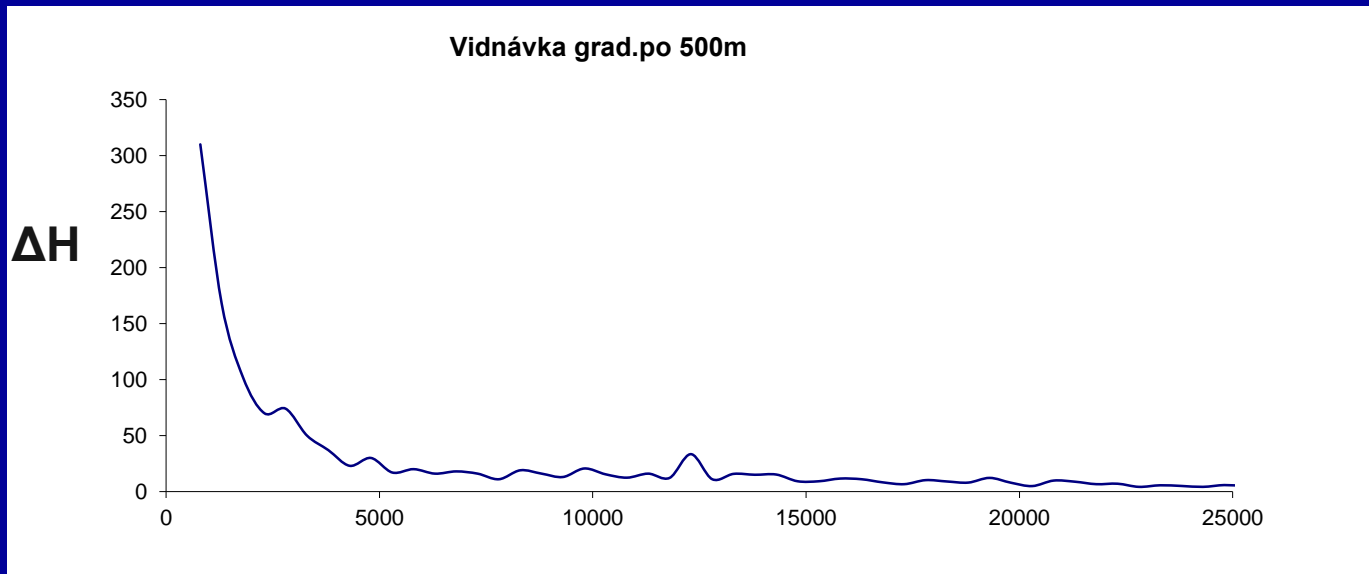
# Odraz tektonických procesů v říčním systému

➤ Analýza toků – několik metod – sestavení podélného profilu, gradient, SL gradient, konvexita

➤ **Gradient** – m/km  $= (\Delta H / \Delta L)$



$\Delta L$  ... délka úseku (zvoleno konstantně např. 100 m, 500m, ...)



vzdálenost od pramene

# Odraz tektonických procesů v říčním systému

## ➤ SL-index (stream-length gradient) (Hack (1973))

indikátor anomálií v podélném profilu

$$SL = (\Delta H / \Delta L) * L$$

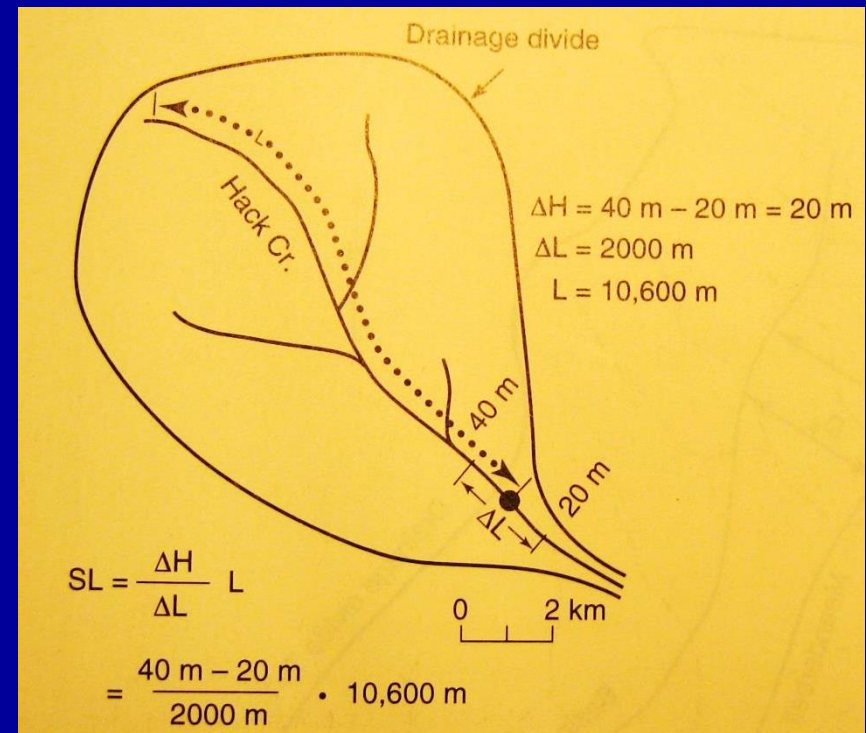
$\Delta H$  ... převýšení v rámci jednoho úseku,

$\Delta L$  ... délka úseku (zvoleno konstantně např. 100 m)

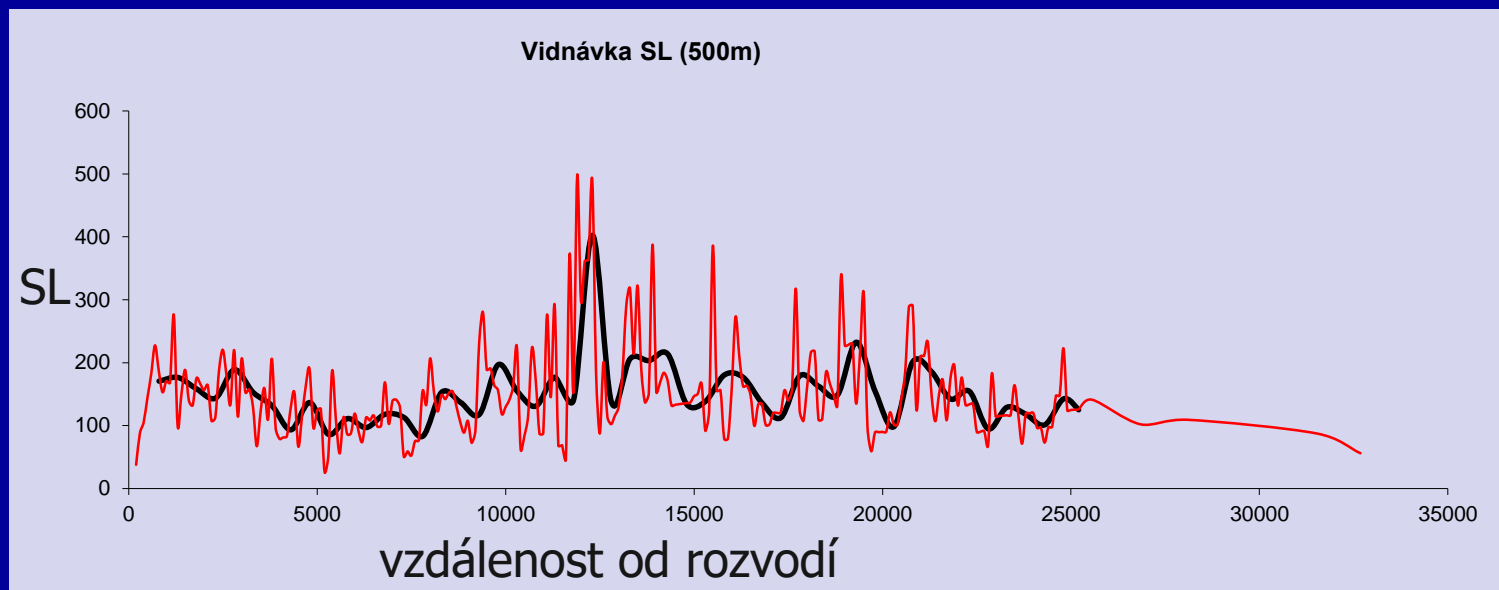
$L$  ... vzdálenost středu úseku od rozvodí

Existuje vztah mezi průtokem, plochou povodí a délkou toku.

Dál od pramene – menší gradient, větší průtok – u SL – zohledněna vzdálenost od pramene



# Odraz tektonických procesů v říčním systému



U řek s vyrovnanou spádovou křivkou SL index podél toku téměř konstantní

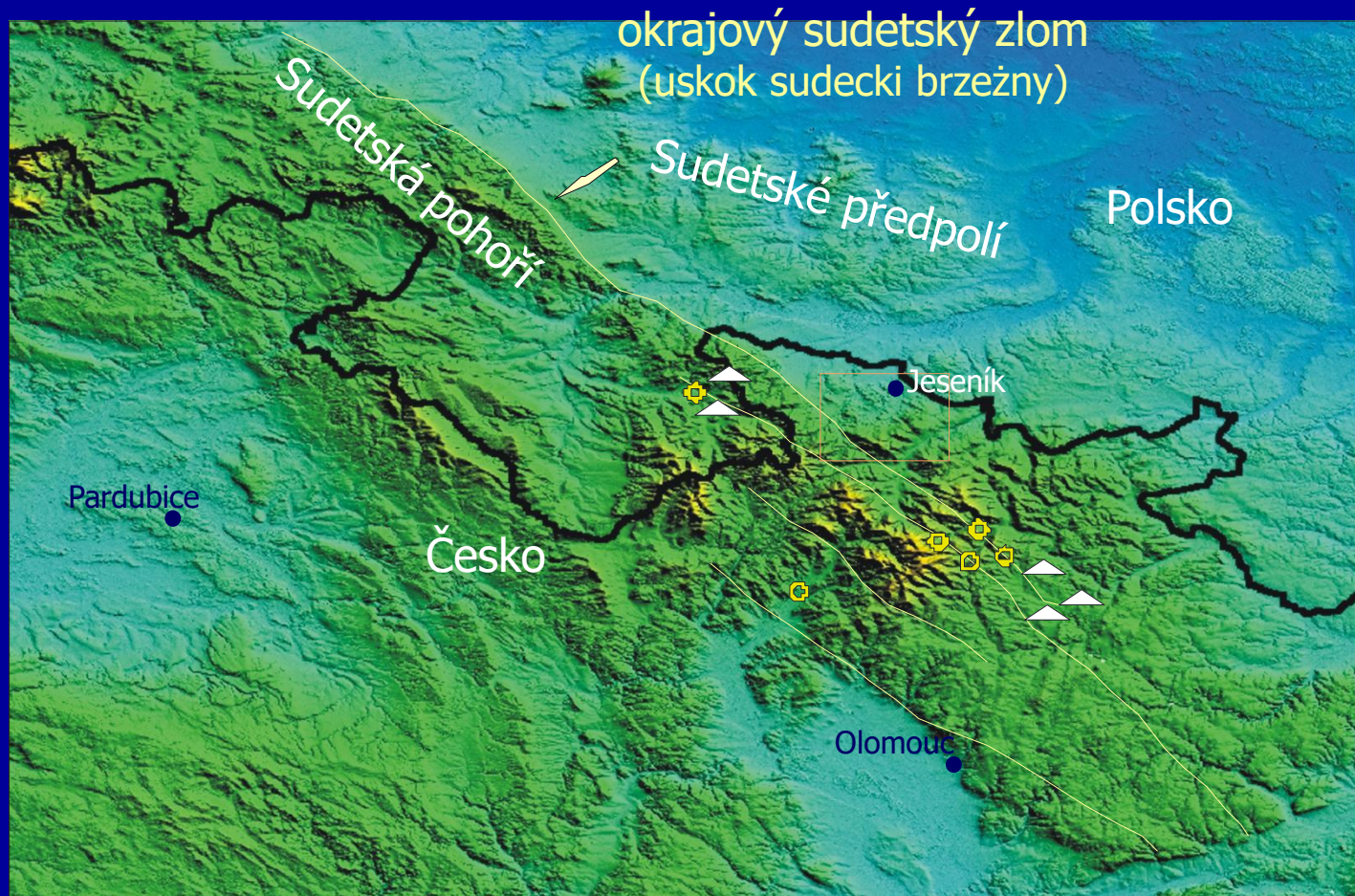


Změny v hodnotách mohou odrážet:

- litologický přechod
- tektonickou aktivitu
- lokální změny - dosah zpětné eroze,
  - soutok podobně vodných toků
  - antropogenní ovlivnění

Citlivost SL indexu na změny ve spádu toku umožňují hodnotit vztah mezi tektonickou aktivitou, odolností podloží a topografií

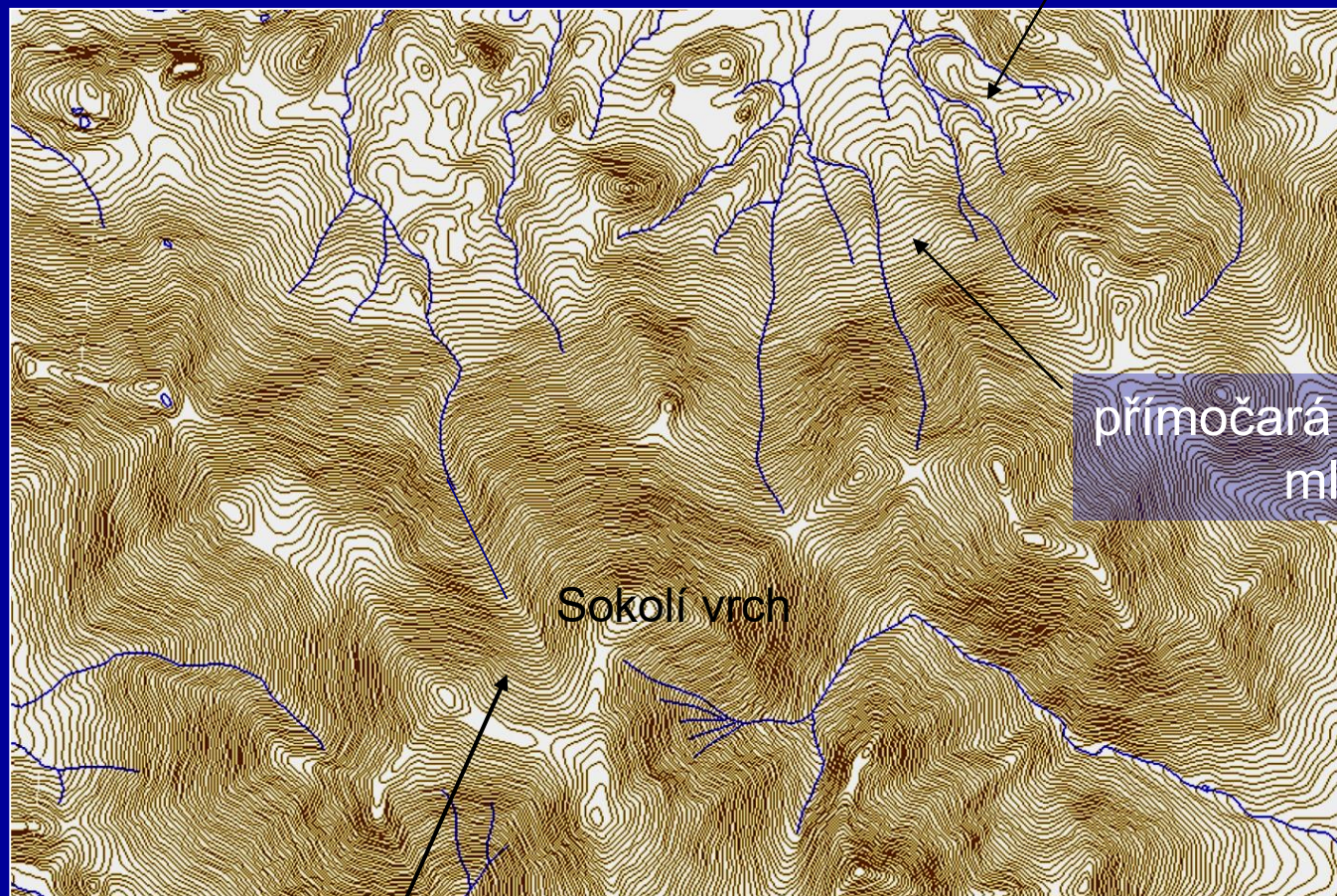
# Odraz tektonických procesů v říčním systému



- ▲ neogenní – kvartérní vulkanismus
- minerální prameny s CO<sub>2</sub>

# Odraz tektonických procesů v říčním systému

- analýza údolních tvarů v Sokolském hřbetu rozčleněné úpatí



přímočará část svahu –  
mladší fáze výzdvihu

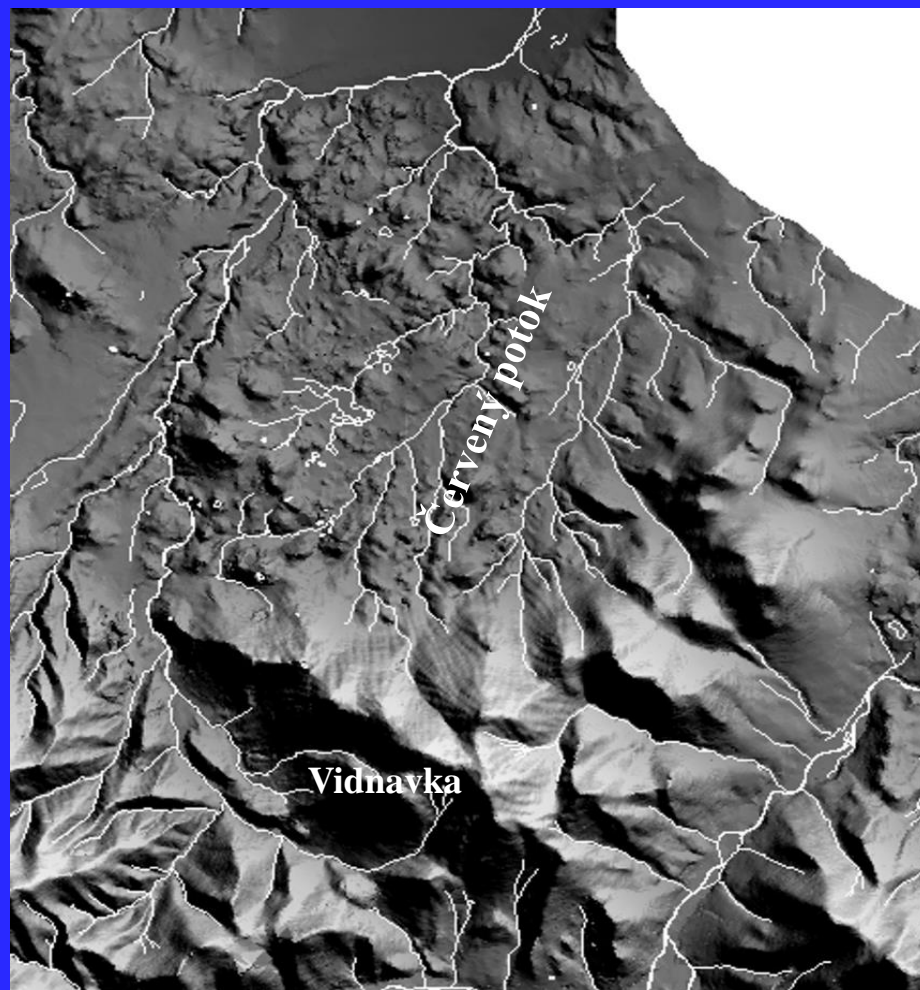
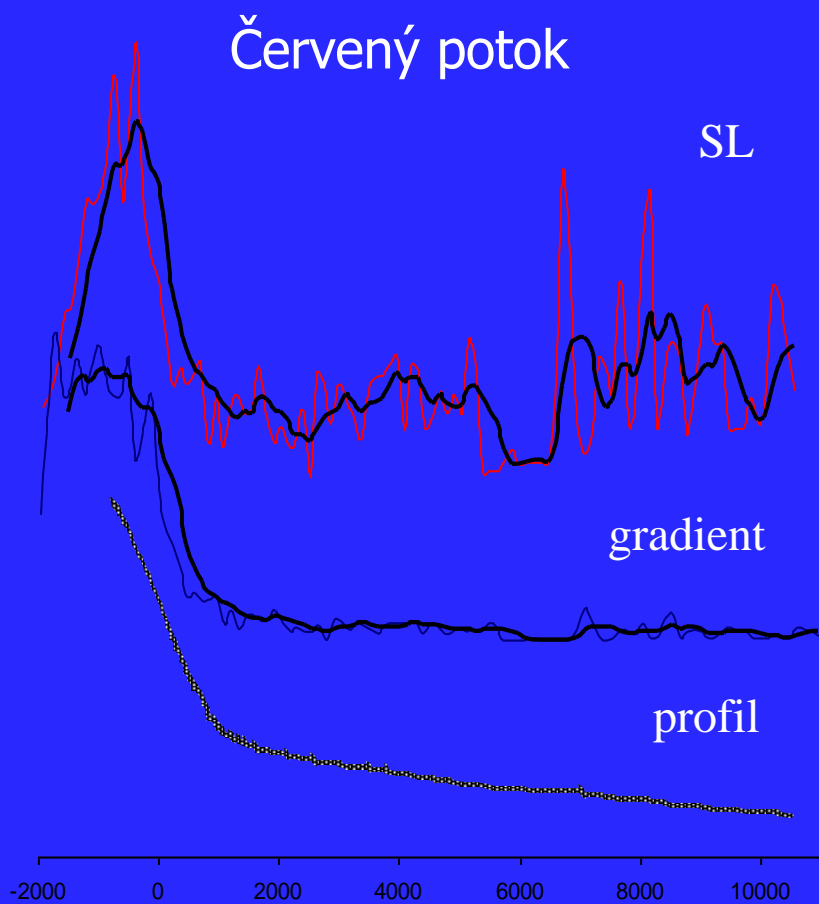
Hlubší údolí  
– vázána na zlomy

široké závěry údolí – starší fáze vývoje údolí

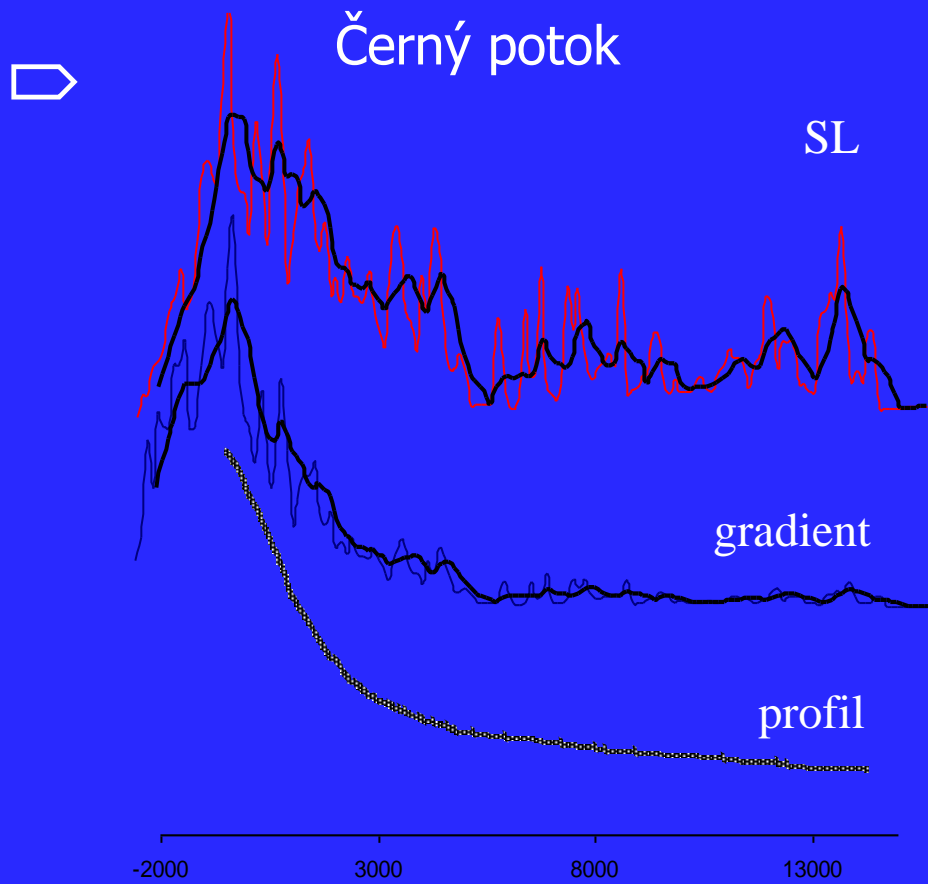
# Odraz tektonických procesů v říčním systému

⇒ podélné profily toků, spádové křivky, SL index

Červený potok



# Odraz tektonických procesů v říčním systému

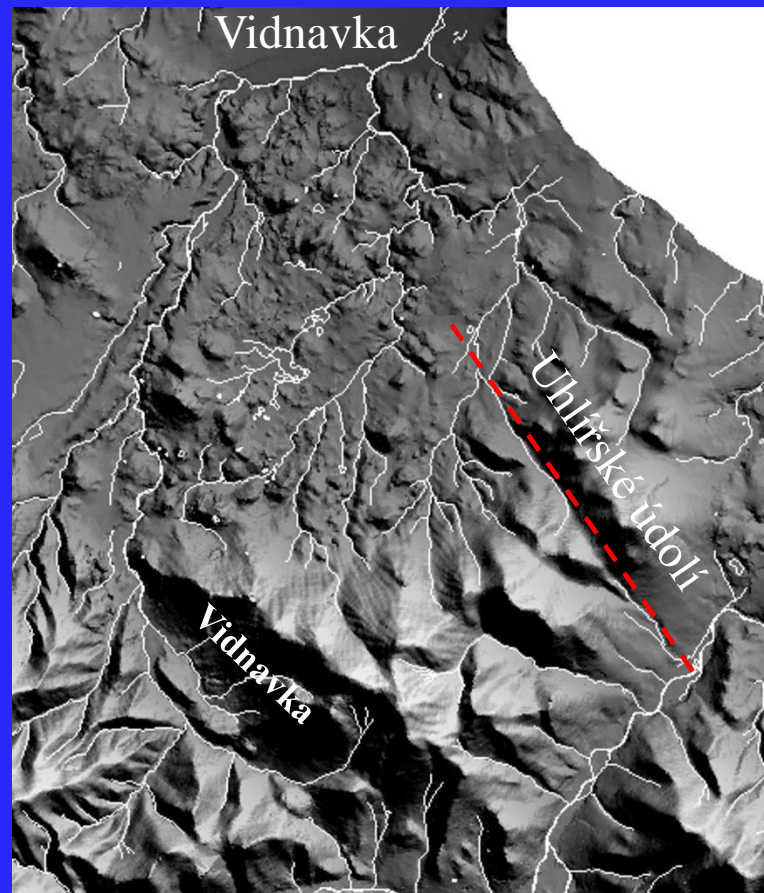
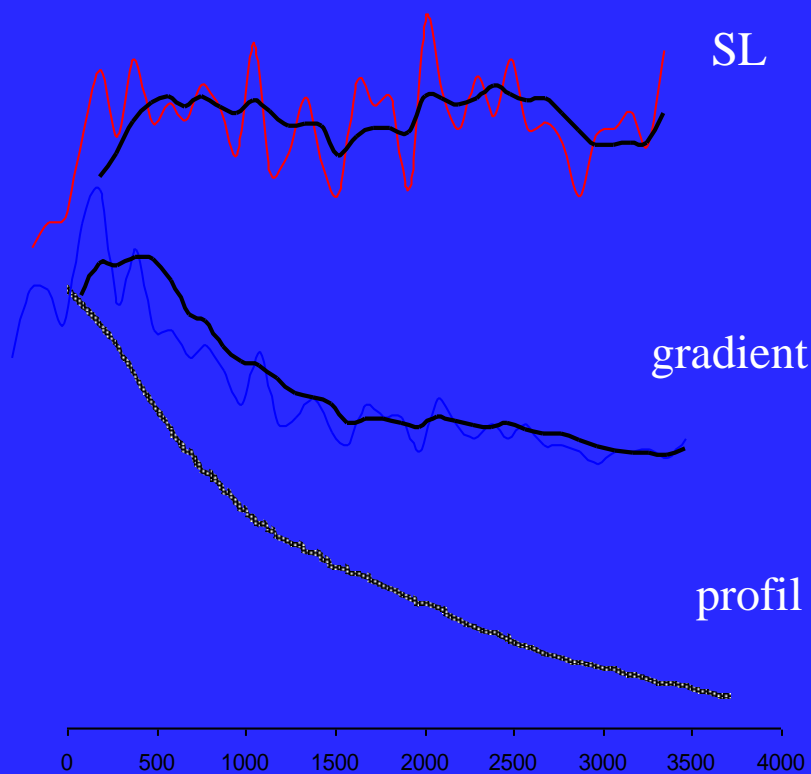


# Odraz tektonických procesů v říčním systému



x výjimka

## Uhlířské údolí

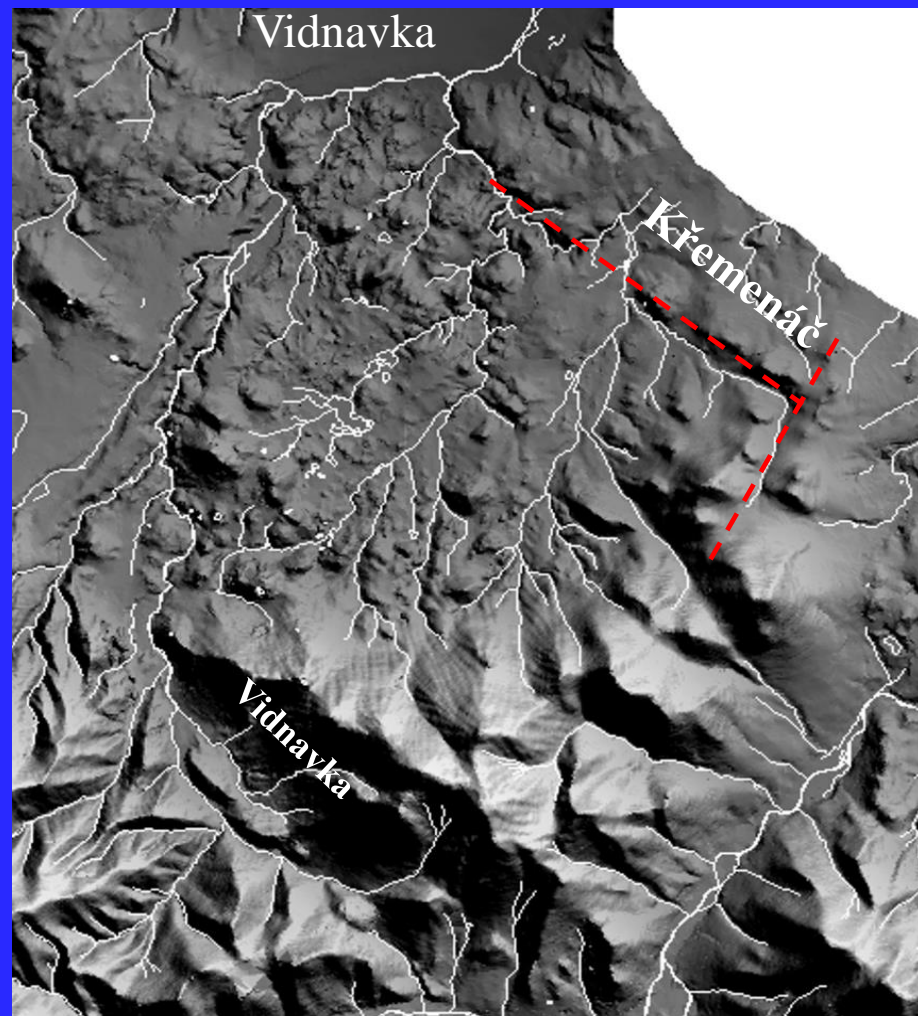
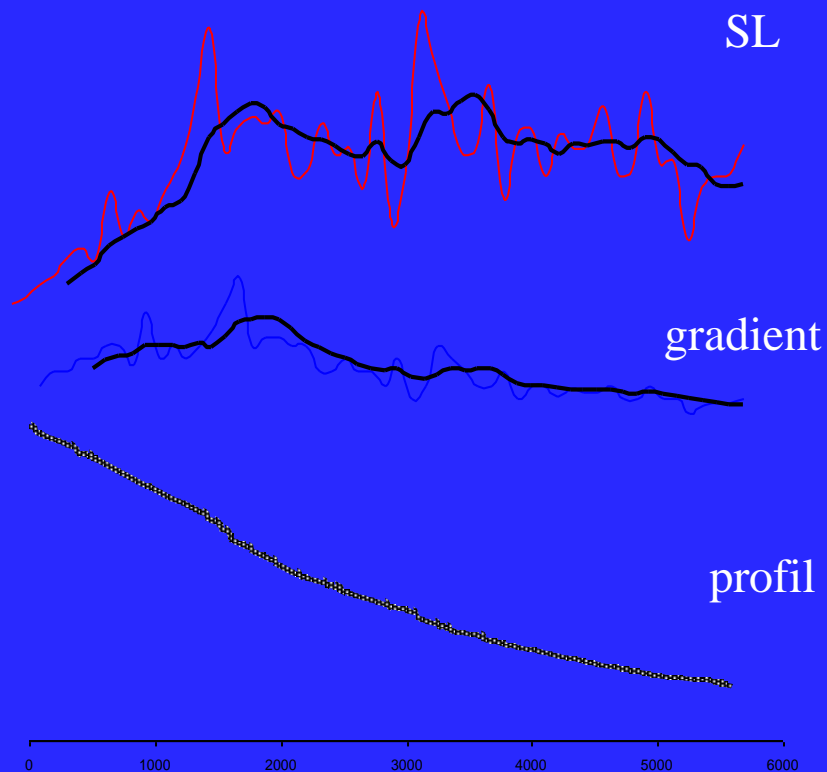




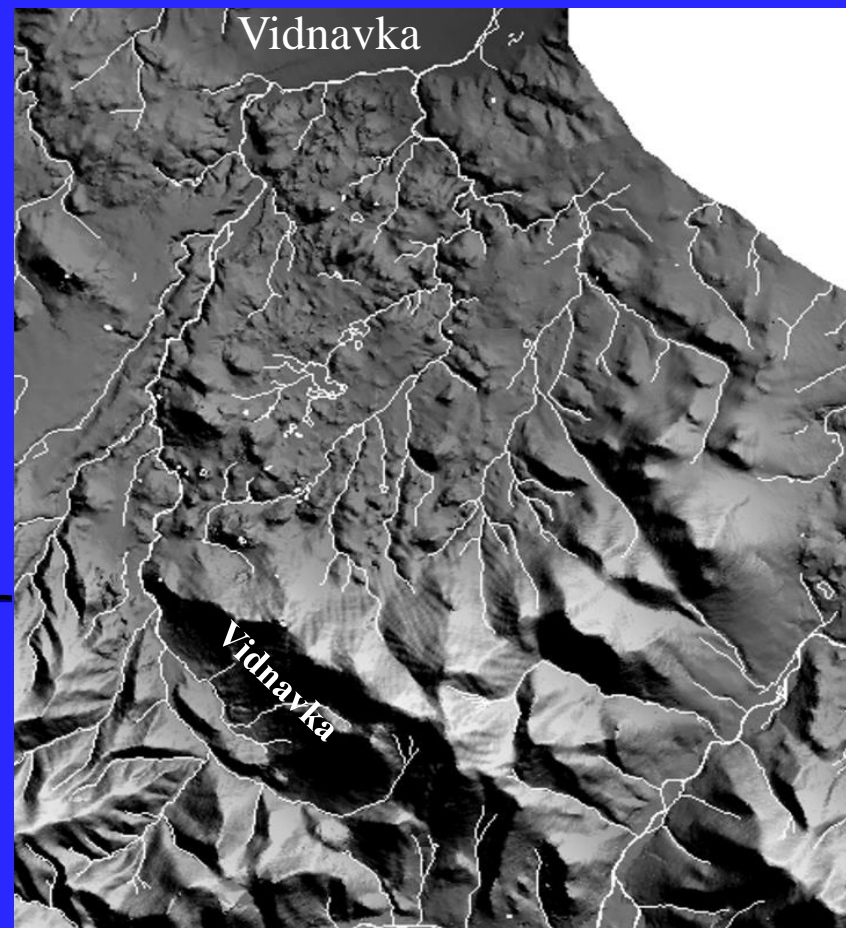
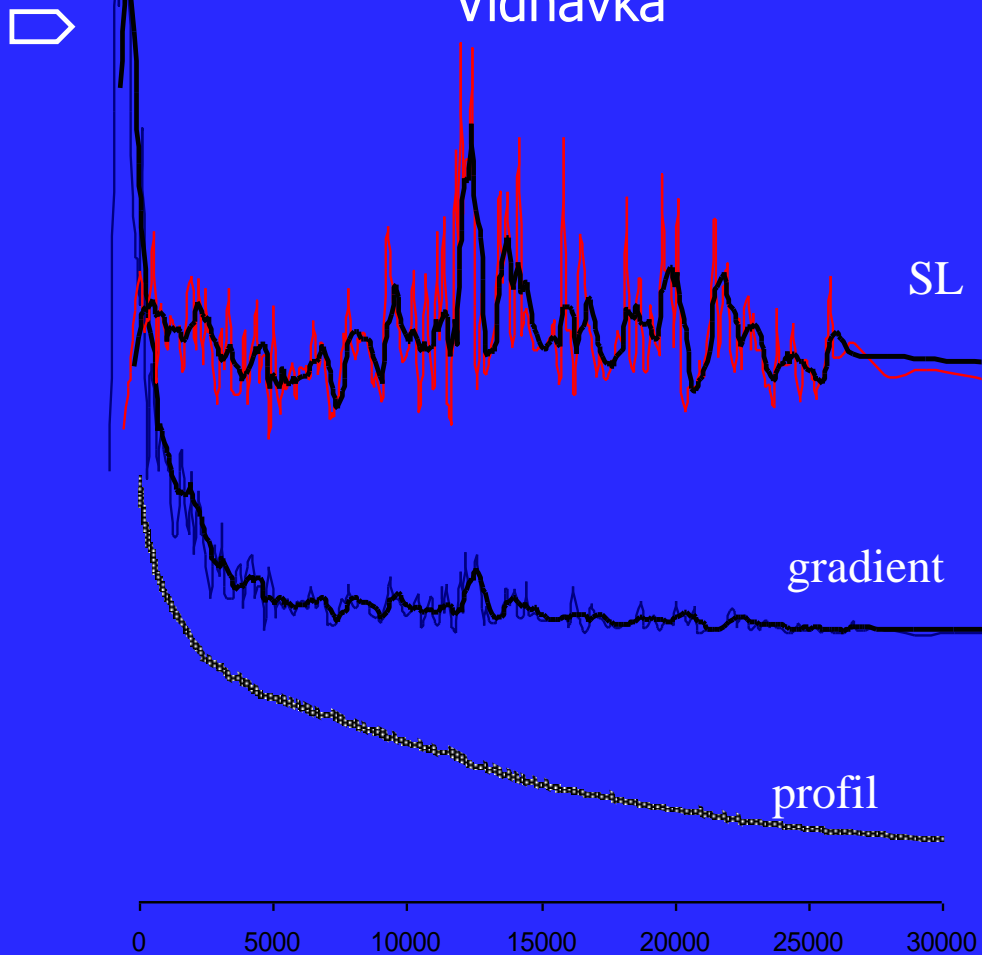
# Odraz tektonických procesů v říčním systému



Křemenáč

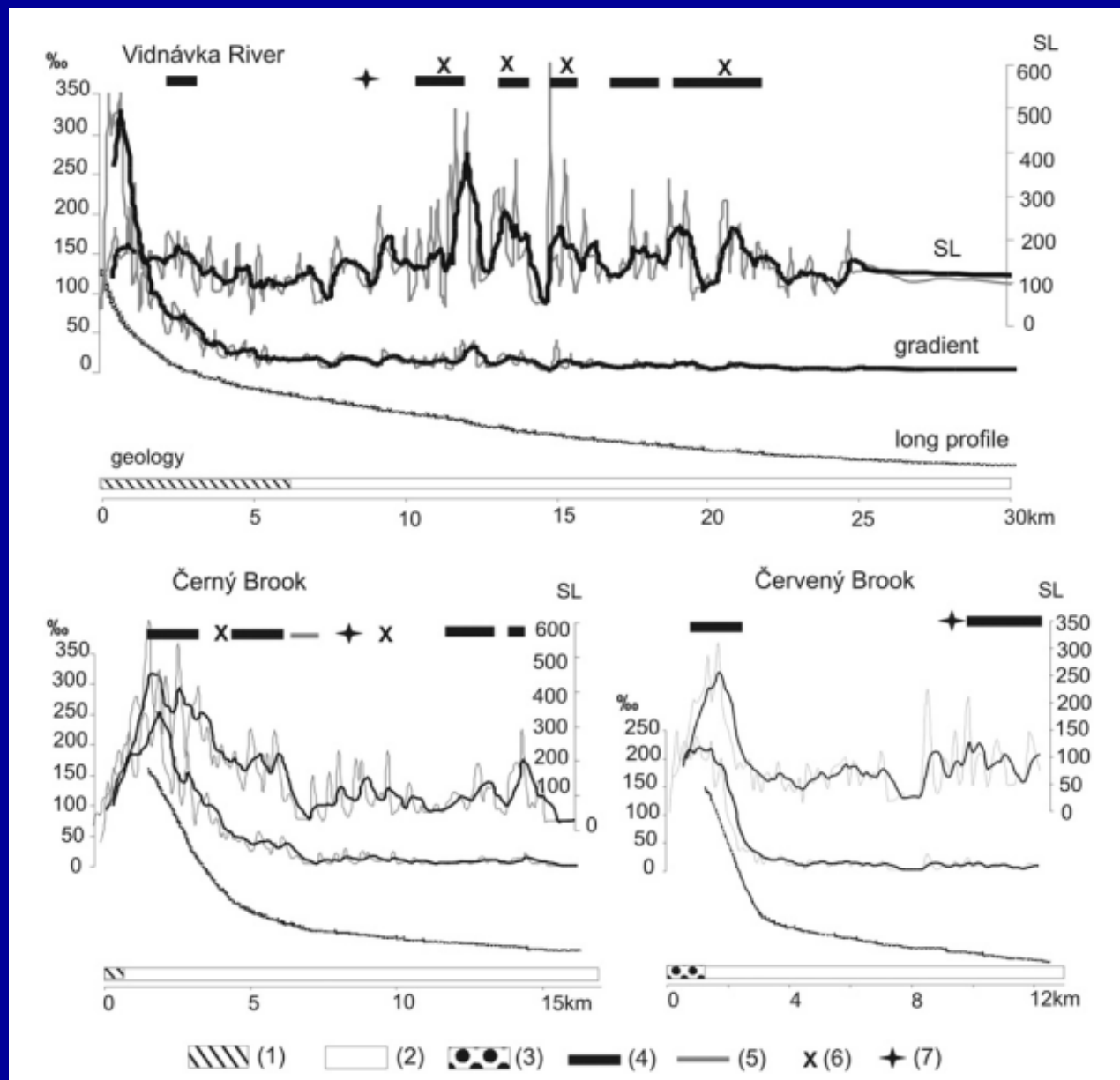


# Odraz tektonických procesů v říčním systému



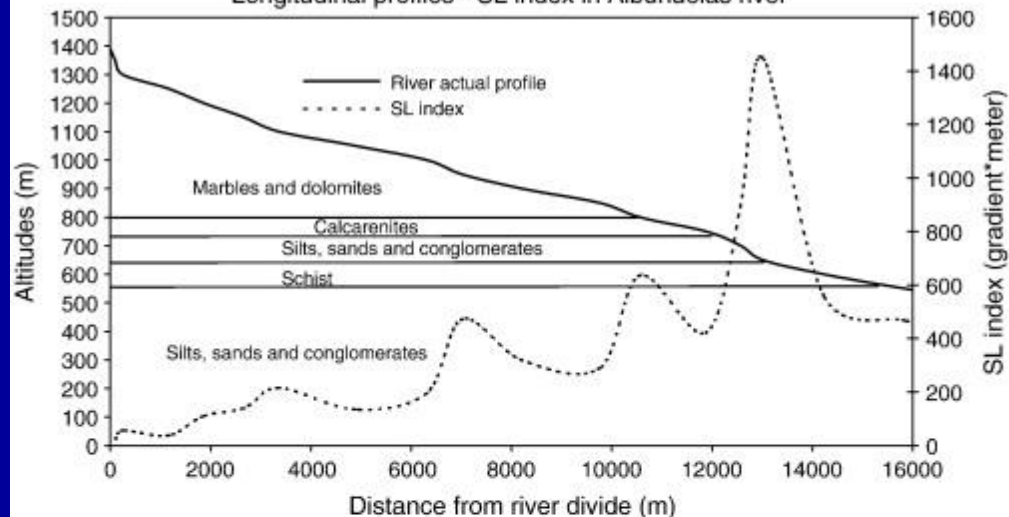
# Odraz tektonických procesů v říčním systému

- (1) — metamorphic rocks (gneisses, marbles, phyllites, amphibolites),
- (2) — granitoids,
- (3) — segment of stream flowing along the lithological boundary;
- (4) — stream follows a morpholineament/fault,
- (5) — river crosses a morpholineament/fault,
- (6) — beginning of the deepened valley,
- (7) — river flows into the planation surface (etchplain).

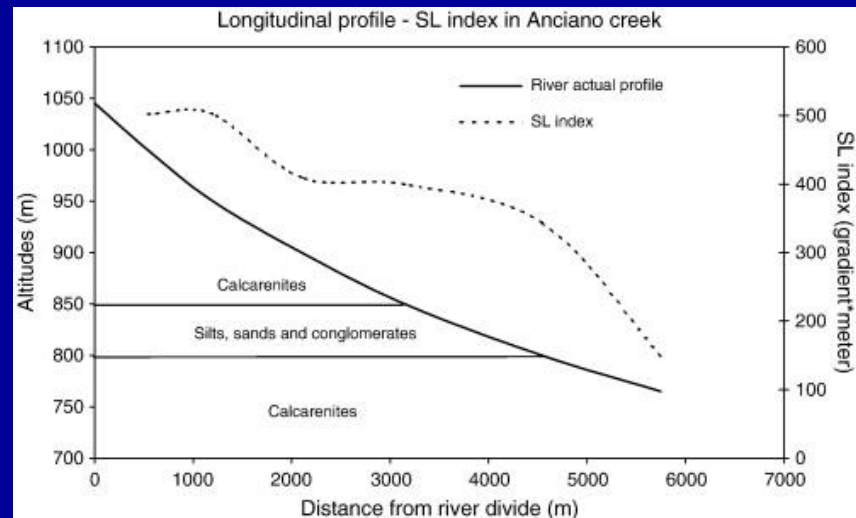


# Odraz tektonických procesů v říčním systému

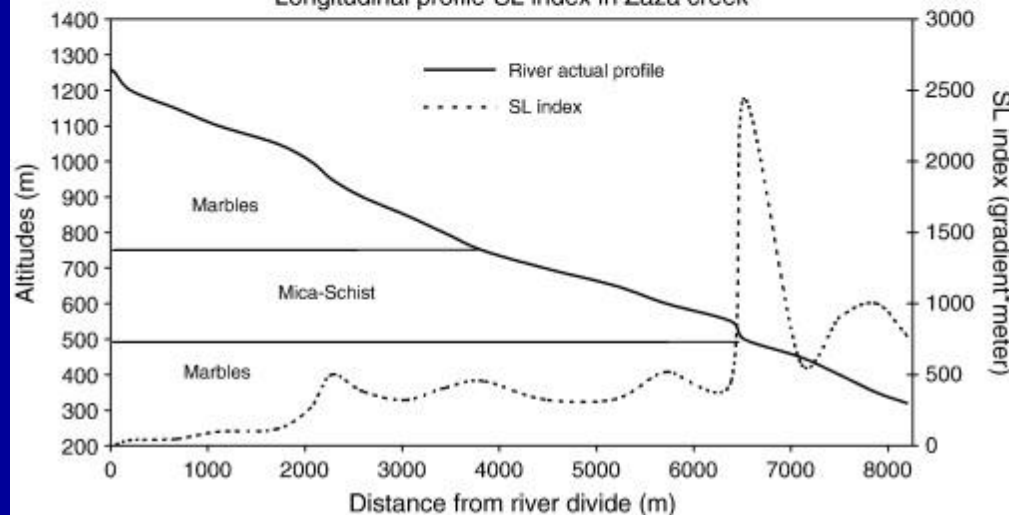
Longitudinal profiles - SL index in Albuñuelas river



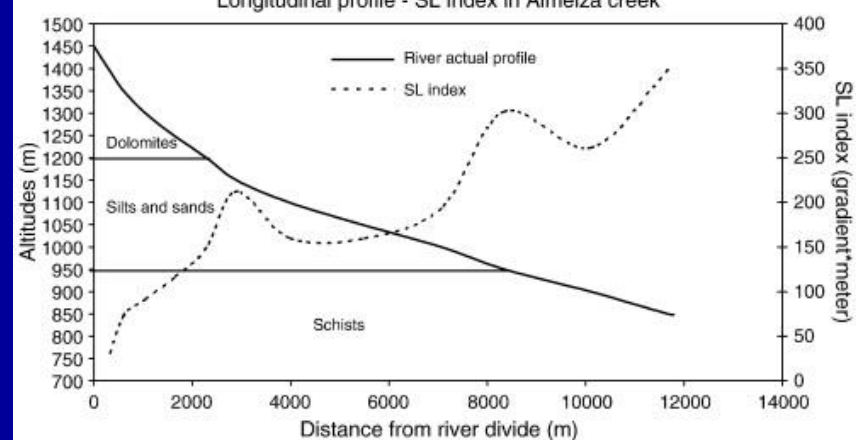
Longitudinal profile - SL index in Anciano creek



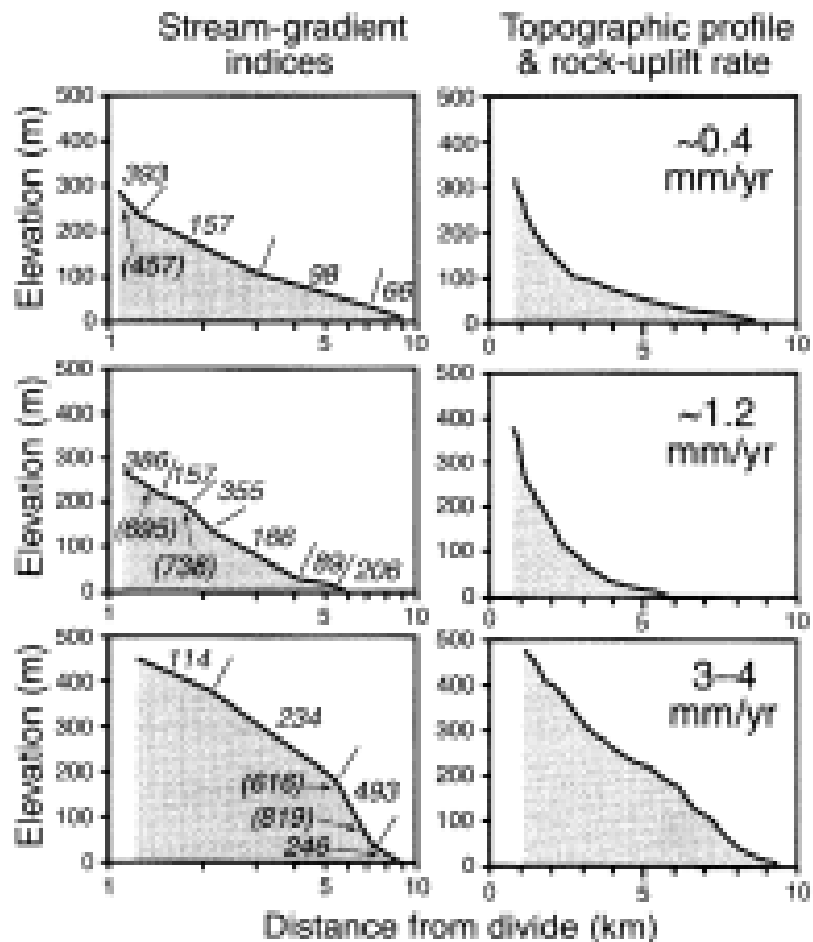
Longitudinal profile-SL index in Zaza creek



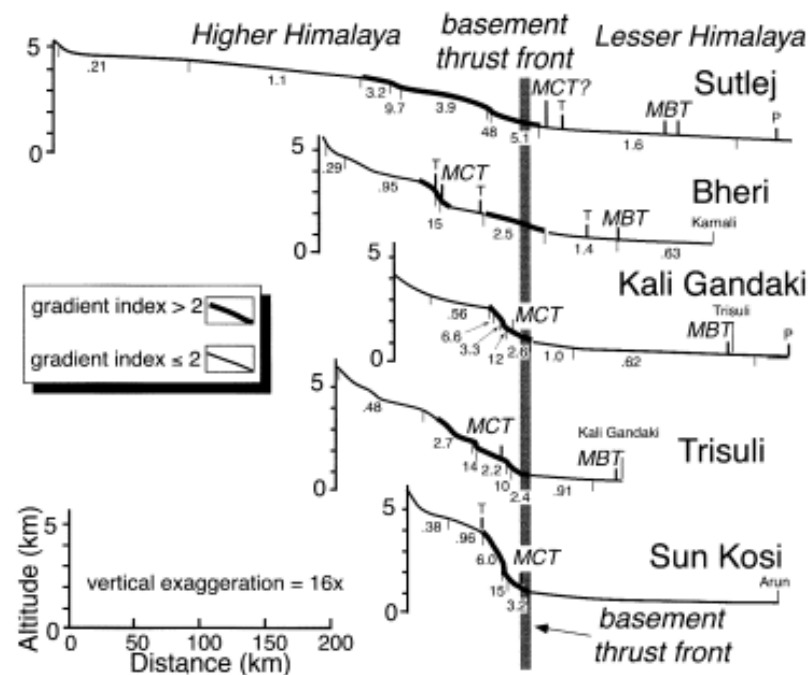
Longitudinal profile - SL index in Almeiza creek



# Odraz tektonických procesů v říčním systému



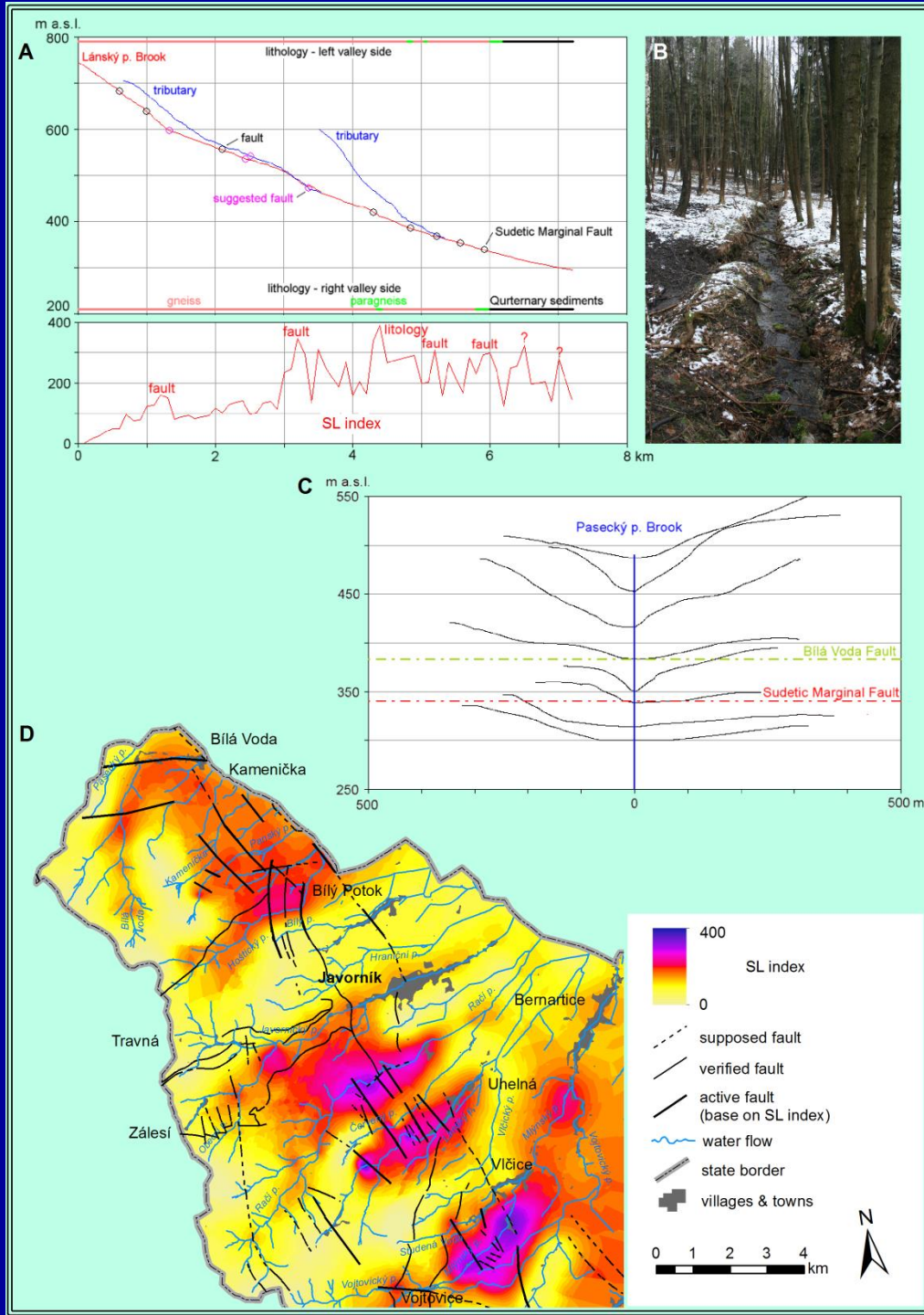
Note that the zone of rapid rock uplift has a steeper gradient, higher relief, and higher gradient indices.  
Modified after Merritts and Vincent (1989)



Thicker segments of the profile indicate reaches where the local gradient index (SL) is more than twice the index (k) for the entire profile:  $SL/k > 2$ . The steepest gradients are not associated with the Main Boundary thrust or active deformation to the south. Rather they occur near the Main Central thrust and appear to result from upward ramping of the overthrusting Himalayas above a deep-seated basement thrust. Modified after Seeber and Gornitz (1983).

Interpolace SL – indexů

poukazuje na místa pro další podrobnější výzkum



# Odraz tektonických procesů v říčním systému

---

- ⇒ Příčné profily toků
- ⇒ Anomálie v podélných profilech => změny v příčných údolních profilech
- ⇒ Sklonová asymetrie údolních svahů – litologicky,
  - klimaticky (různá velikost denudace na různě orientovaných svazích)
- ⇒ Výšková asymetrie údolních svahů – litologicky, tektonicky, celkovým vývojem lokality
- ⇒ Typy údolí – různé erozní fáze, intenzita eroze –
  - podmíněna - tektonickou aktivitou
  - strukturně litologickými podmínkami,
  - spádovými a hydrologickými poměry

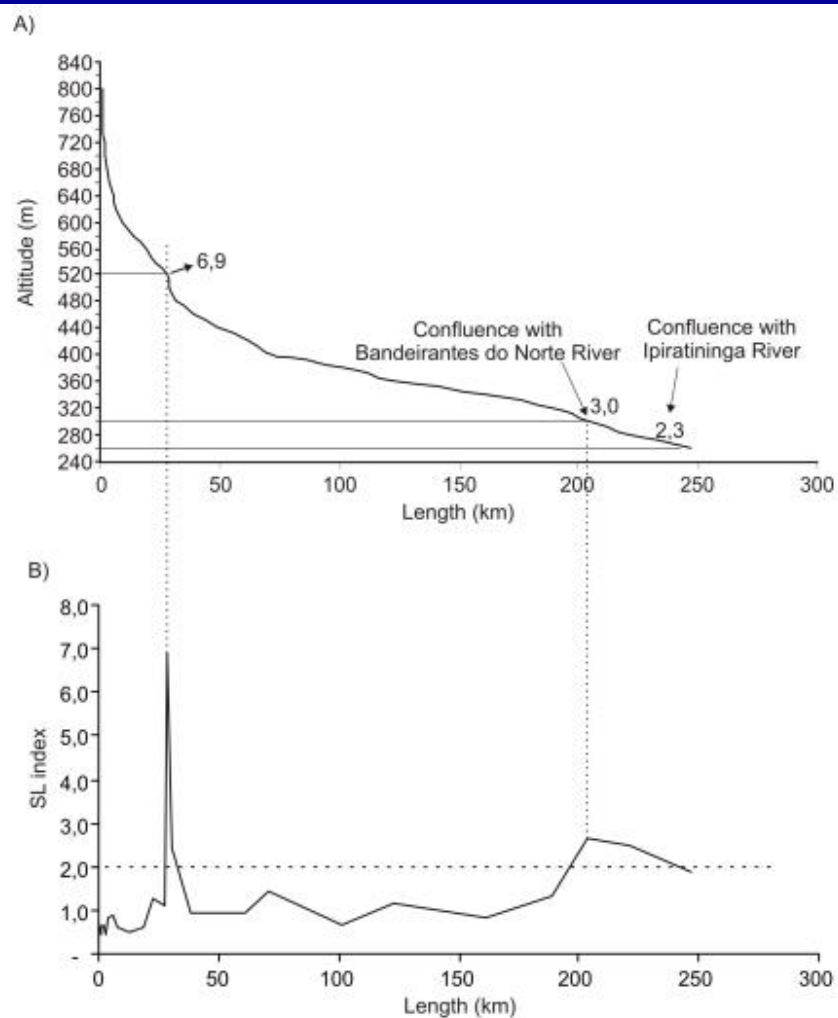


FIGURE 4. Longitudinal profile (A) and SL index of the Pirapó River (B).

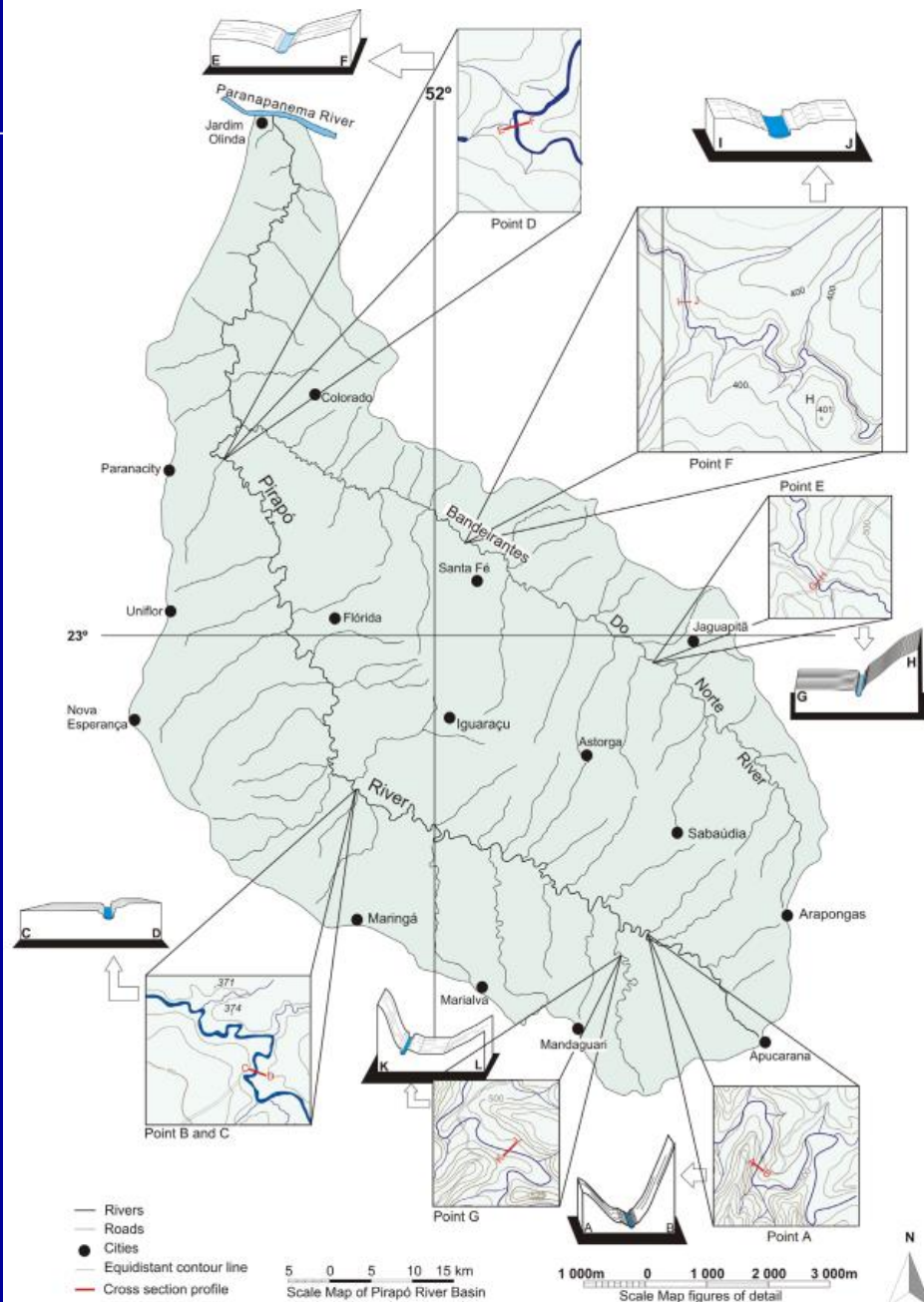
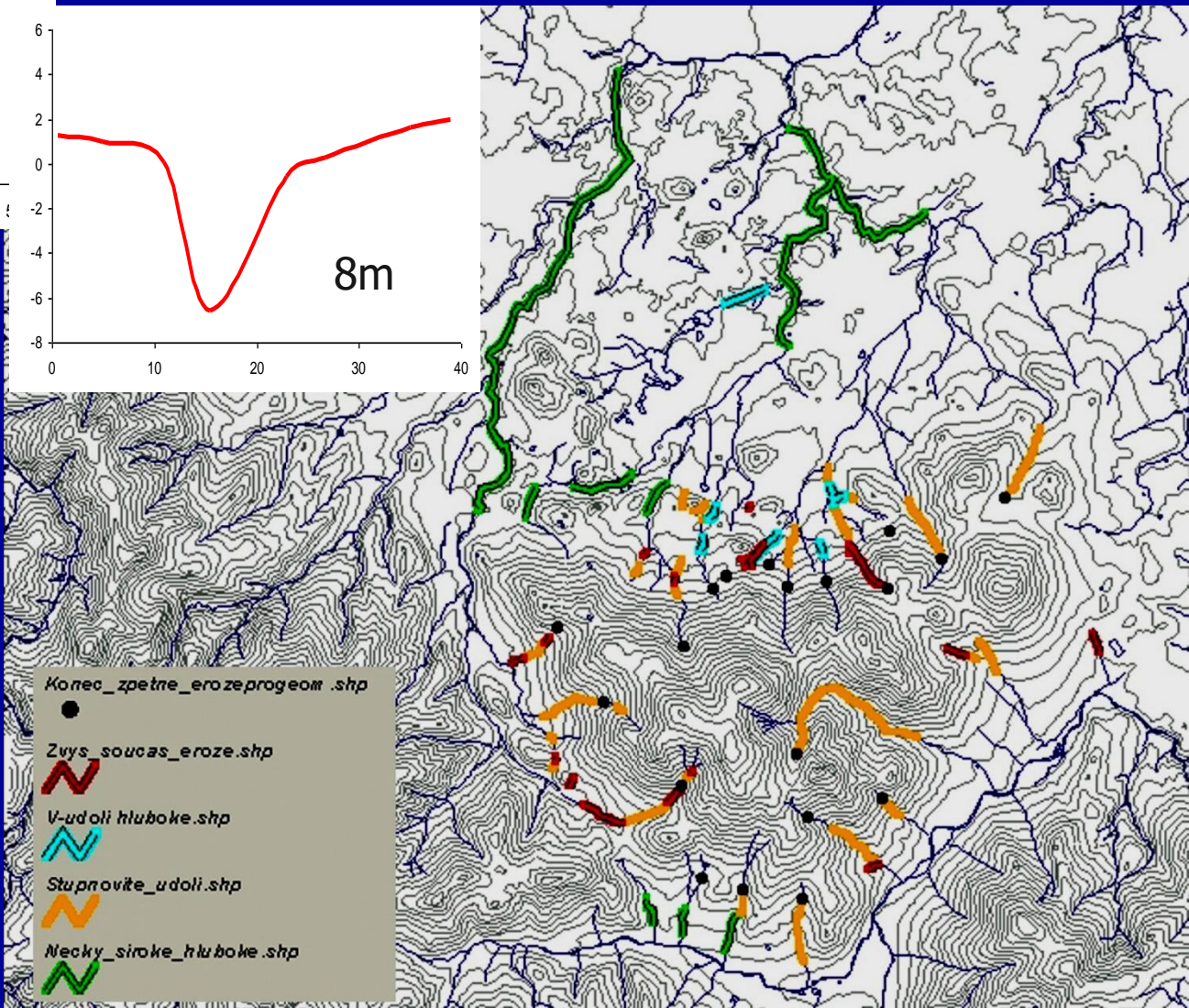
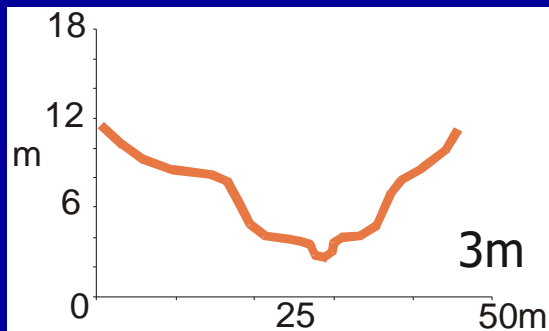
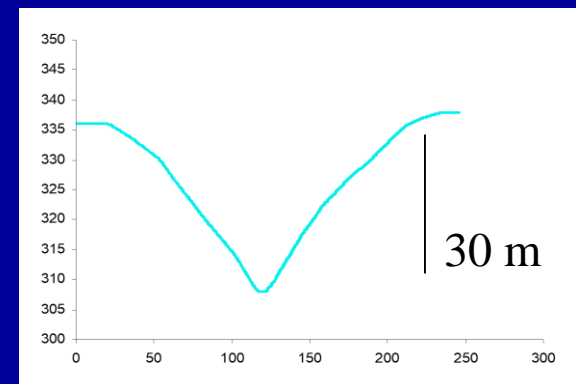
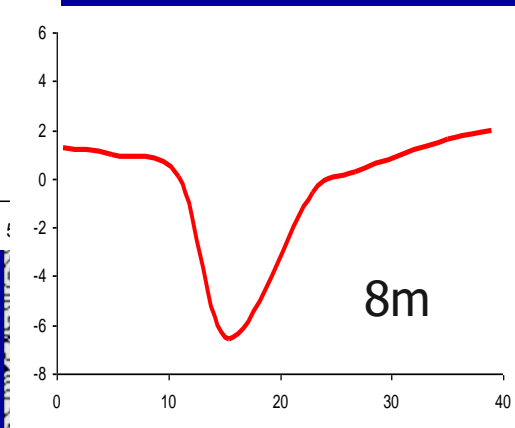
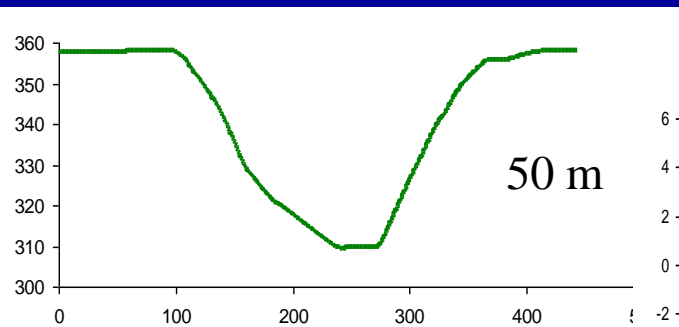


FIGURE 7. Hydrographic basin of the Pirapó River with anomalous points and valley cross sections.



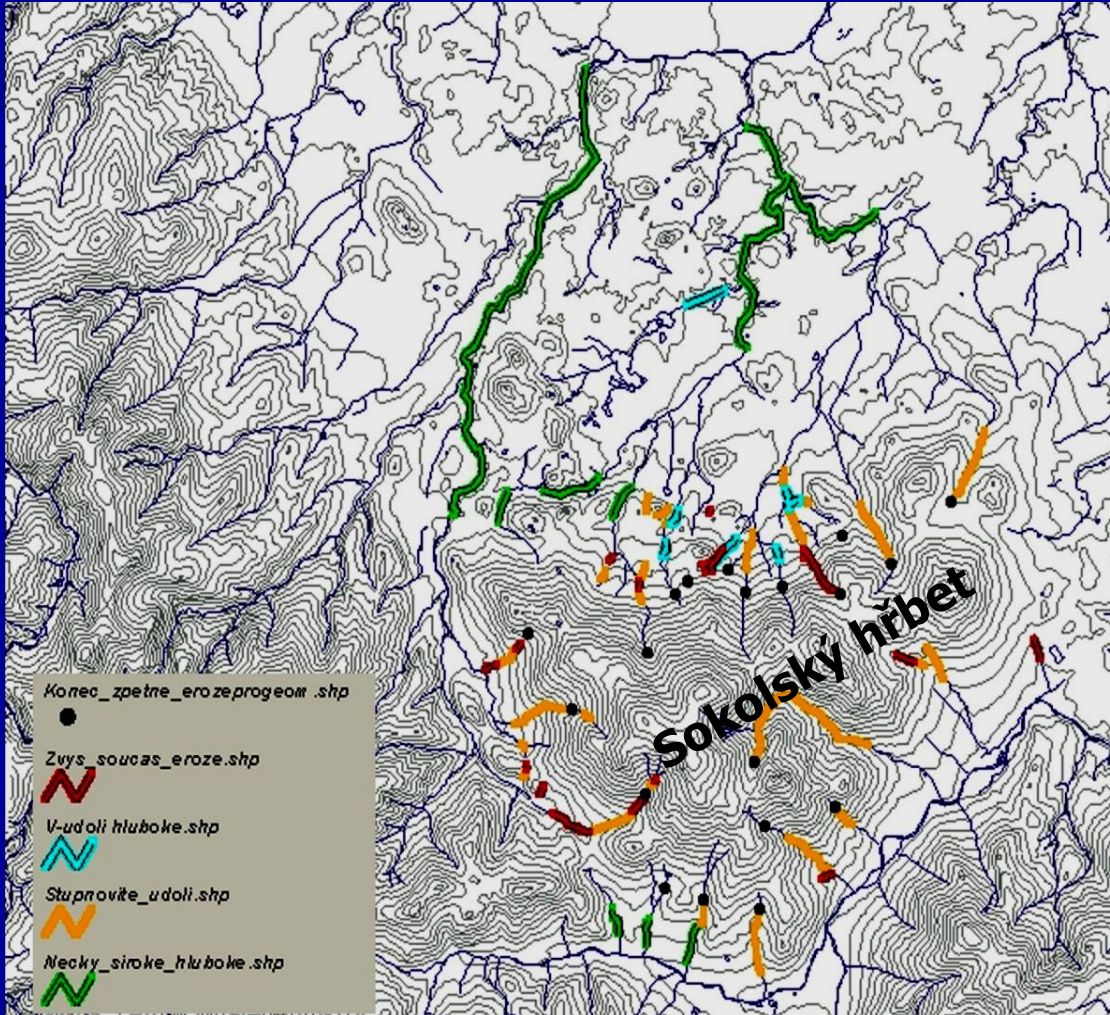
# Odraz tektonických procesů v říčním systému

## Typy údolí podle tvaru zářezu



# Odraz tektonických procesů v říčním systému

## Pokračující výzdvih pohoří



úpatí zlomových svahů

- začátky

❖ zvýšené

současné eroze,

❖ nejmladší erozní fáze

• anomálie v podélných profilech

# Odraz tektonických procesů v říčním systému

## Říční terasy

- bývalé údolní dno

➤ Vznik teras – komplexní odezva

- mnoho příčin

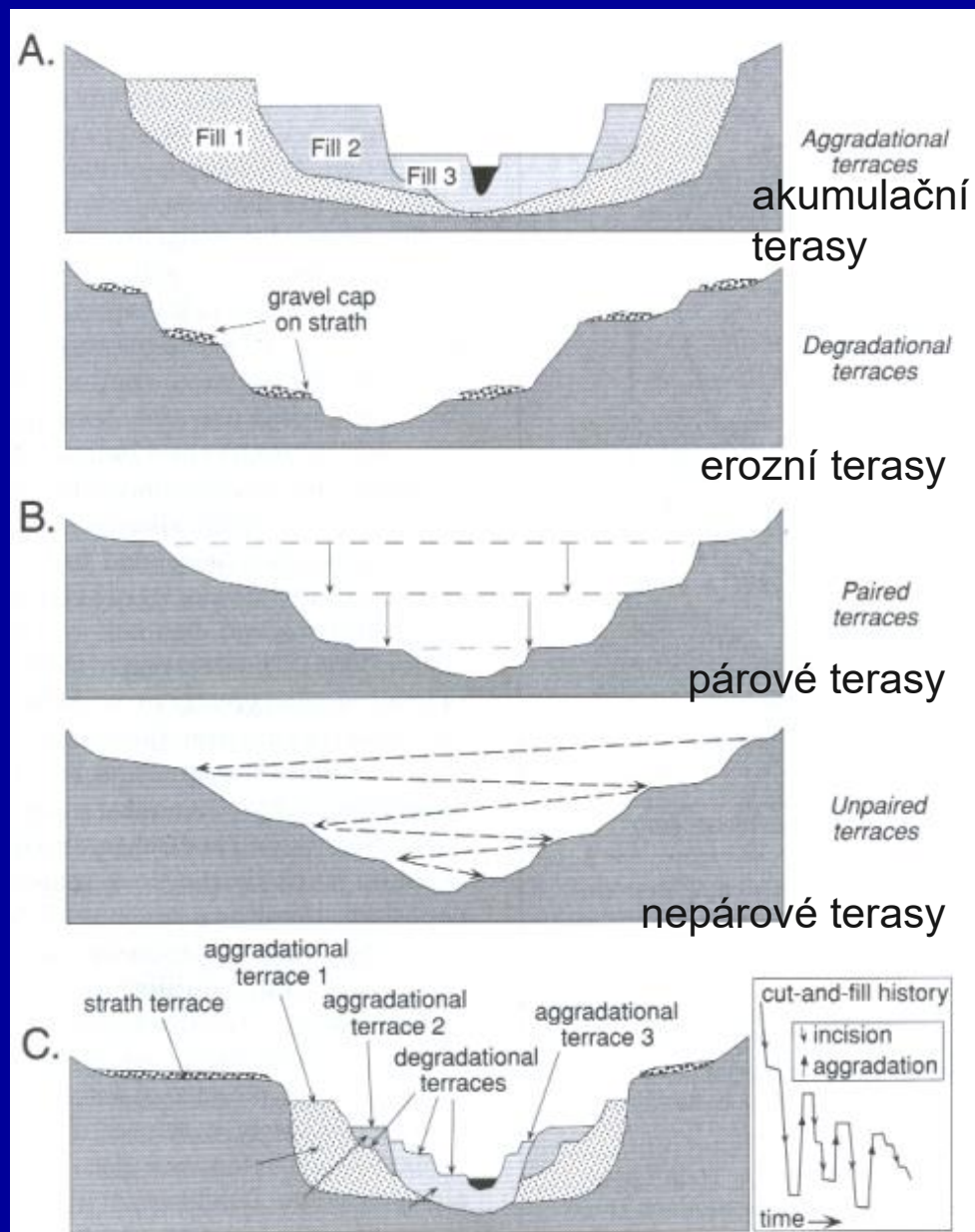
- opakovaný tektonický výzdvih

- pomalý stálý výzdvih se  
spolupůsobením střídání glaciálů a  
interglaciálů

- klimatický vliv -  $\neq$  plus pokles  
erozní báze

➤ Terasy – důležitý potenciální  
indikátor tektonické aktivity

- dále do minulosti



# Odraz tektonických procesů v říčním systému



Terasy řeky Mijar v Kyrgyzstánu –  
Trans Alai Range

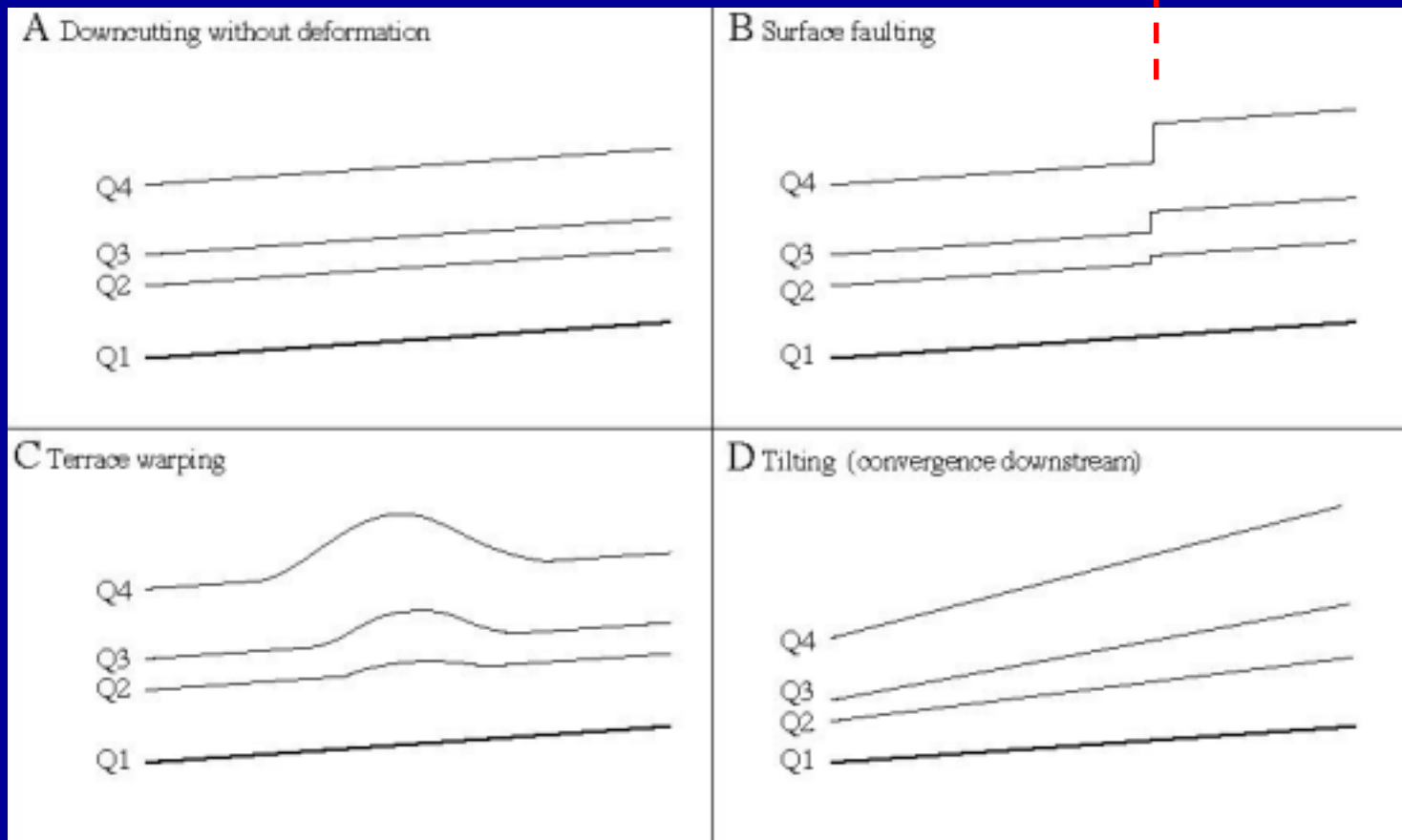
Terraces of the Owens River



# Odras tektonických procesů v říčním systému

3 typy tektonické deformace teras

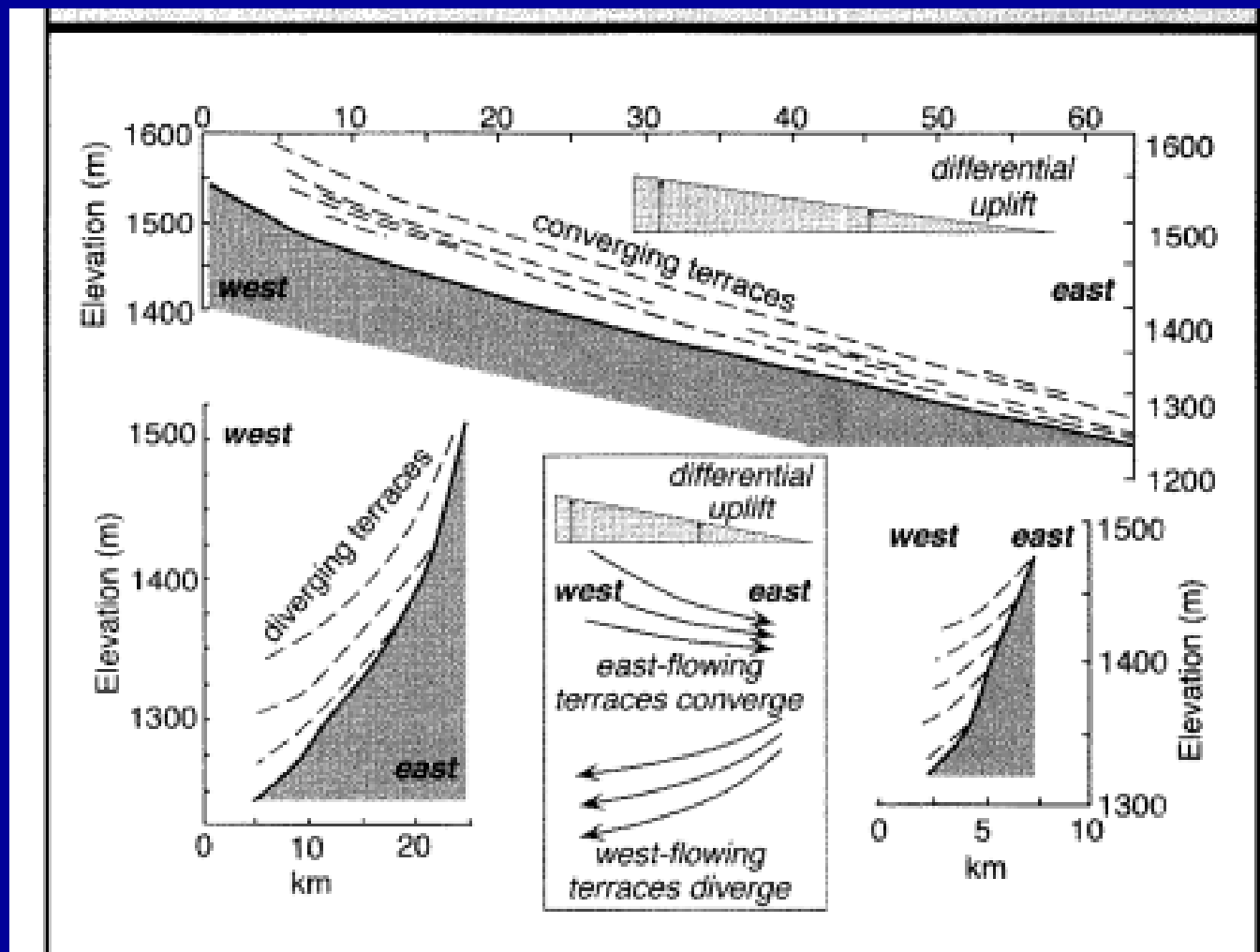
zlom



vyklenování

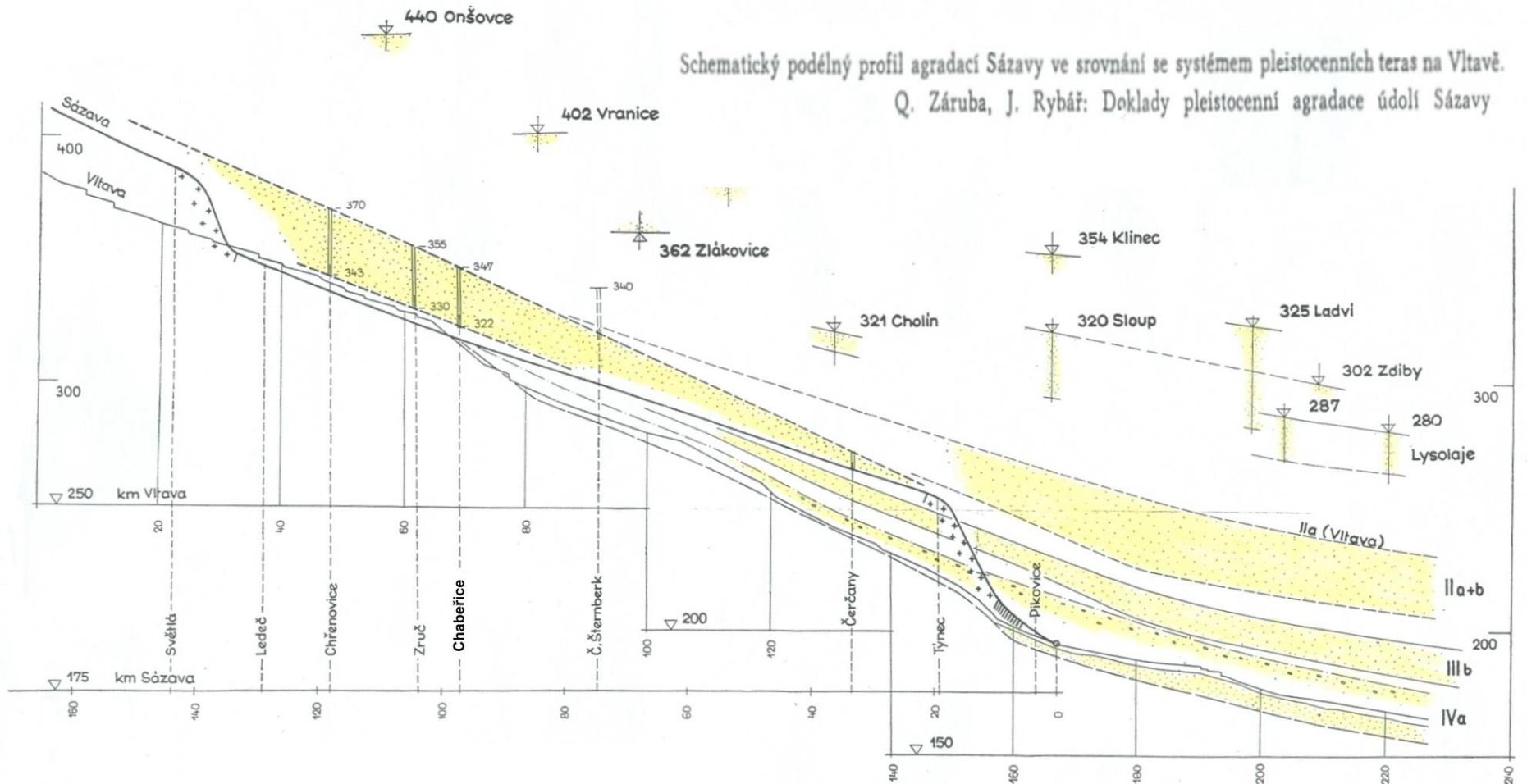
náklon terénu

# Odraz tektonických procesů v říčním systému



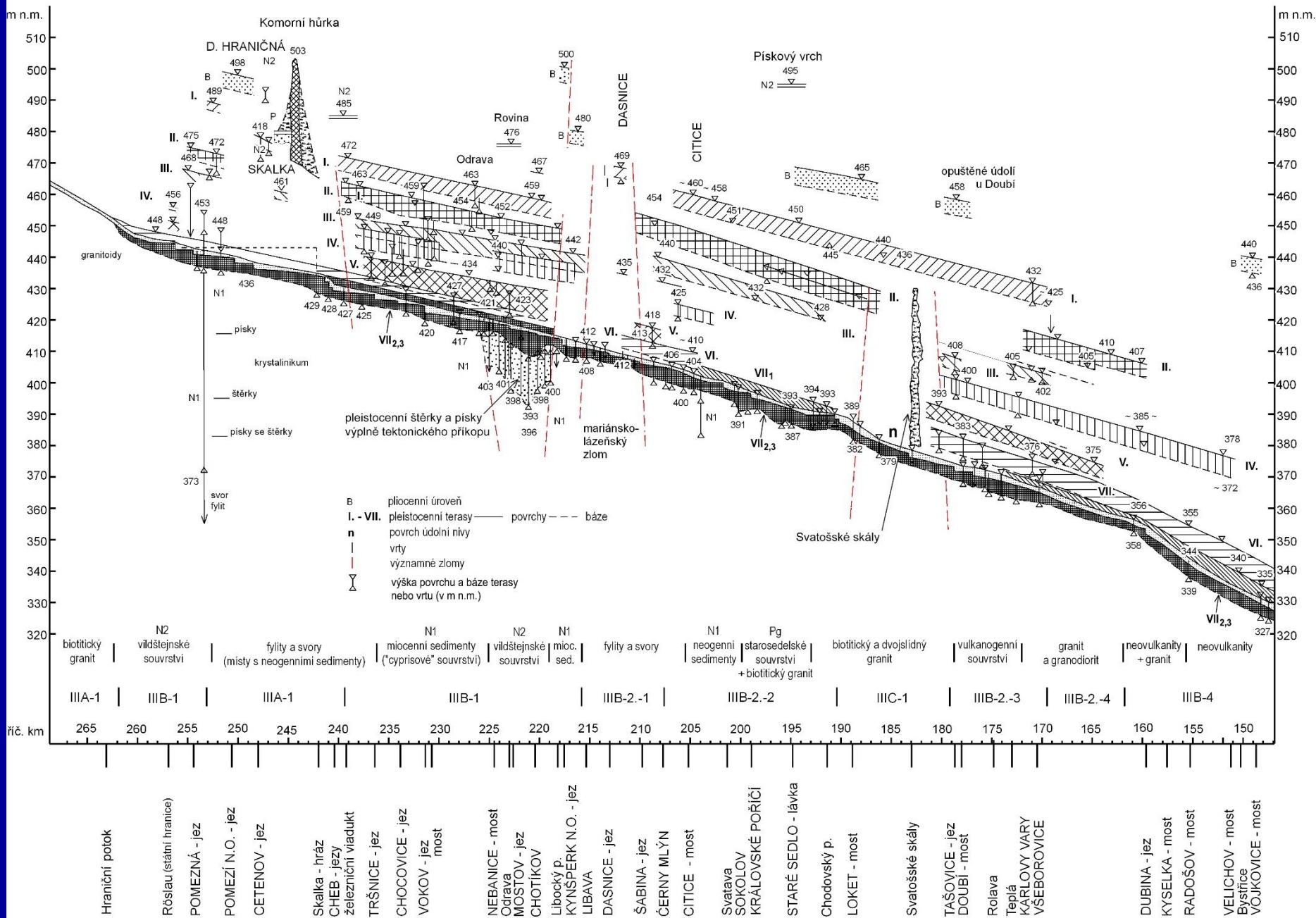
Východně „tekoucí“ terasy **konvergují po toku**,  
na západ tekoucí **divergují** směrem po toku

# Divergující terasy Sázavy



Dáno hlavním tokem – Vltavou a jejím zahlubováním

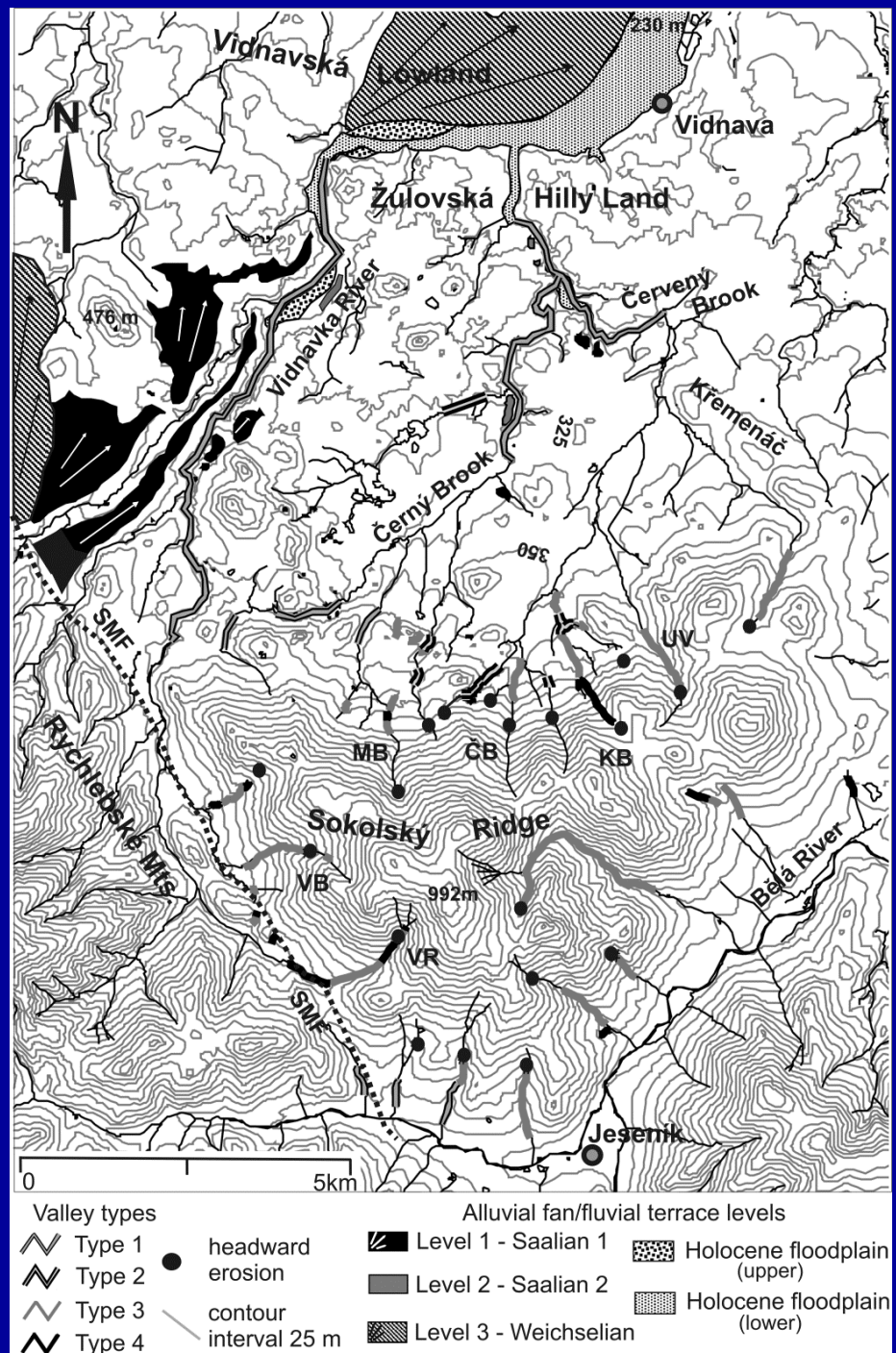
# Terasy Ohře





## Říční terasy Vidnavky

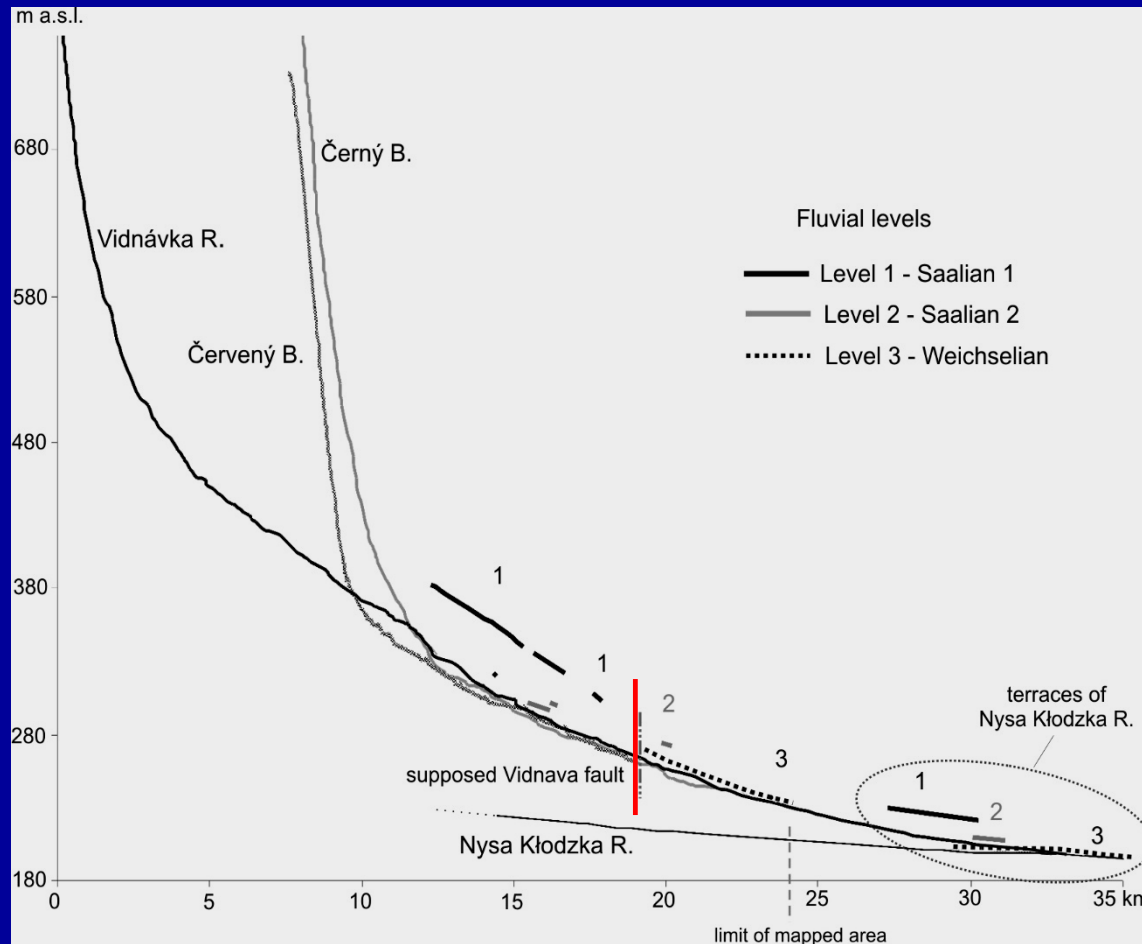
Terasy přítoků – normálně v menší relativní výšce nad tokem než terasy nad hlavním tokem v území



# Odraz tektonických procesů v říčním systému

## Výzdvih Žulovské pahorkatiny (?glacioizostaze)

Fluviální sedimenty-3 post-glaciální (po deglaciaci) pleistocenní úrovně teras a aluviálních kuželů



**Úroveň 1 – Saale 1 Upper Terrace**  
Vidnávka - 38 – 48m (relativní výšky)  
Černý potok - 20m  
Červený potok - 35 – 40m

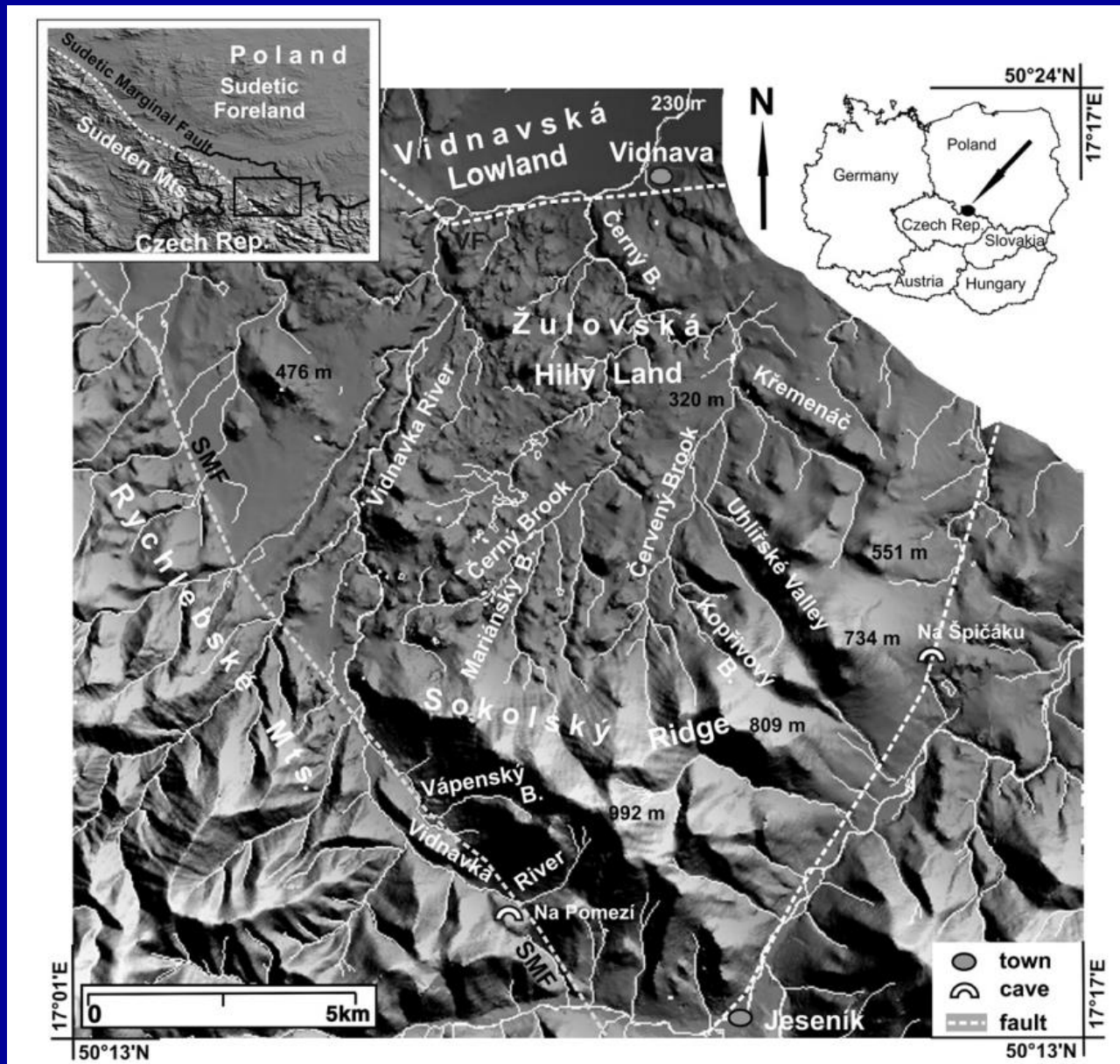
**Úroveň 2 – Saale 2 Middle Terrace**  
Černý potok - 13 – 22m

**Úroveň 3 – Weichselian Lower Terrace**  
Vidnávka - 4 – 8m

Anomálie v podélném profilu teras  
(Kladská Nysa)

úroveň 1 – rozdíl 20m  
úroveň 2 – rozdíl 8m  
úroveň 3 - rozdíl 2-3m

# Odraz tektonických procesů v říčním systému

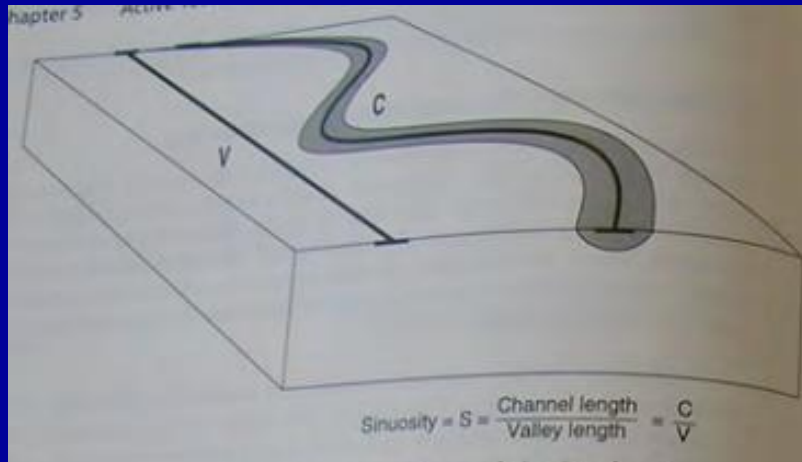


# Odraz tektonických procesů v říčním systému

## ➤ Sinuosita (křivolakost) toků

- Řeky meandrují, aby zachovaly rovnováhu sklonu koryta s průtokem a unášeným materiálem

Sinuosita = délky koryta : délka údolí

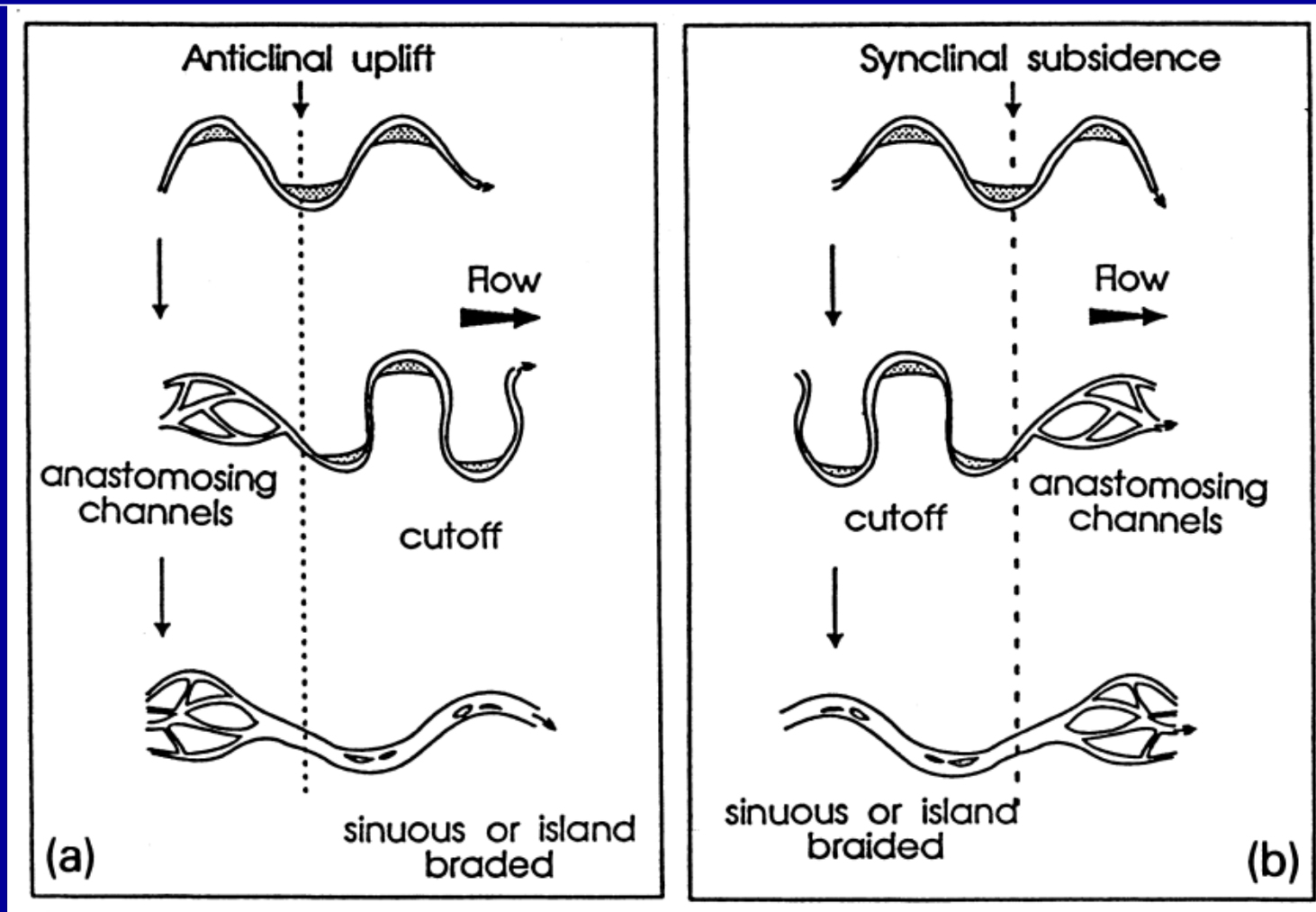


Řeka meandruje, když přímá spojnice údolního dna je příliš strmá pro udržení rovnováhy

- klikacení snižuje sklon koryta (prodlouží se tok – mírnější spádová křivka)

Při protékání vyklenujícího se území – na horním toku méně zakřivené, na dolním více

# Odraz tektonických procesů v říčním systému



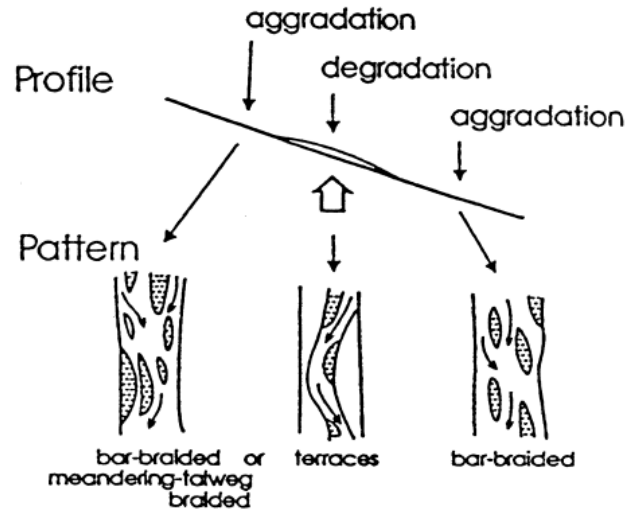
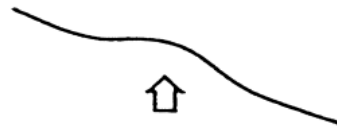
Odezva meandrujícího či přímého toku při protékání vyzdvihovým územím (A) nebo poklesovým (B) (mix-loaded)

# Braided (bed-load) river

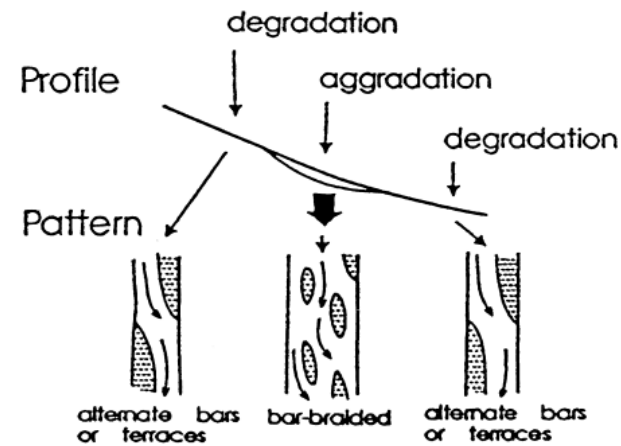
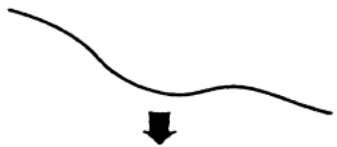
Slope deformation

River adjustment

A. Uplift



B. Subsidence



(c)

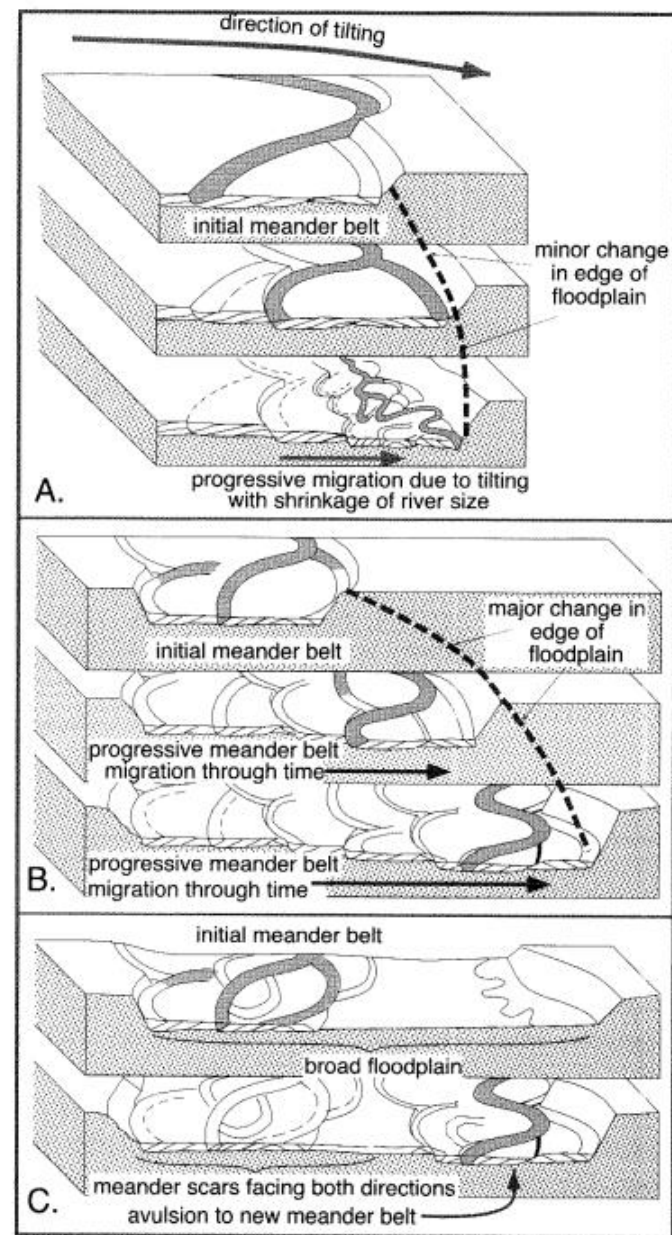
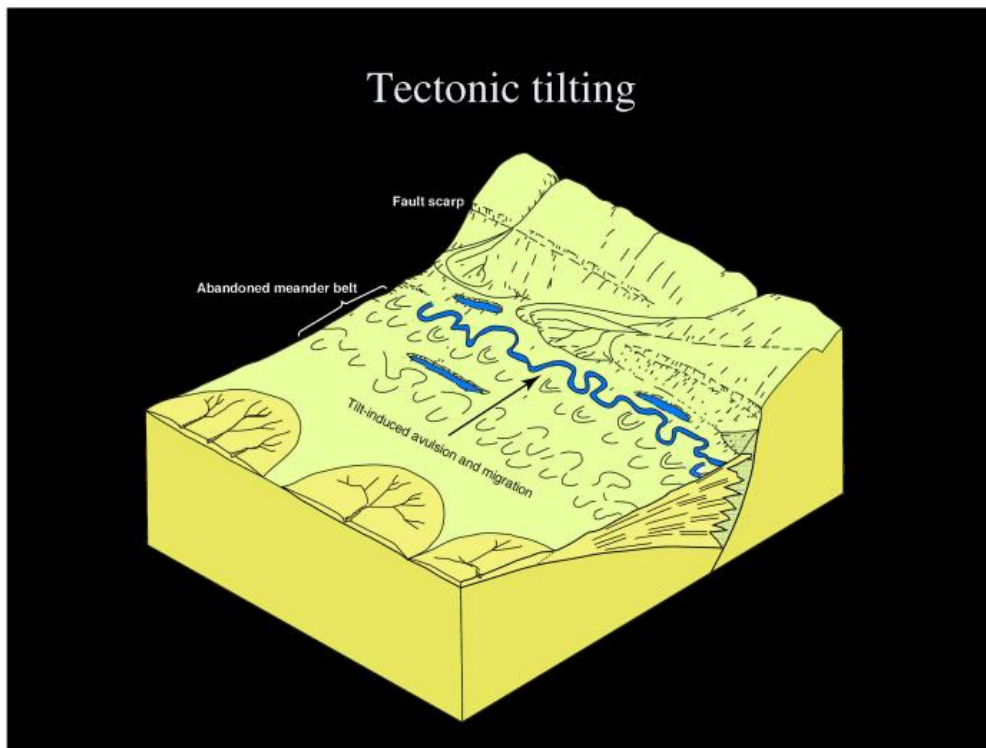
Odezva braided streams (C) (Ouchi, 1983)

# Odraz tektonických procesů v říčním systému

➤ Příčný úklon terénu – nepárové terasy



# Odras tektonických procesů v říční

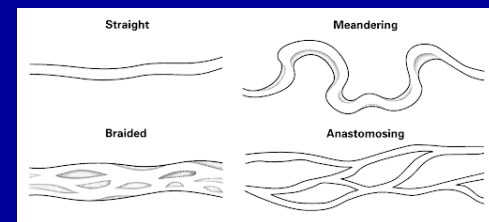
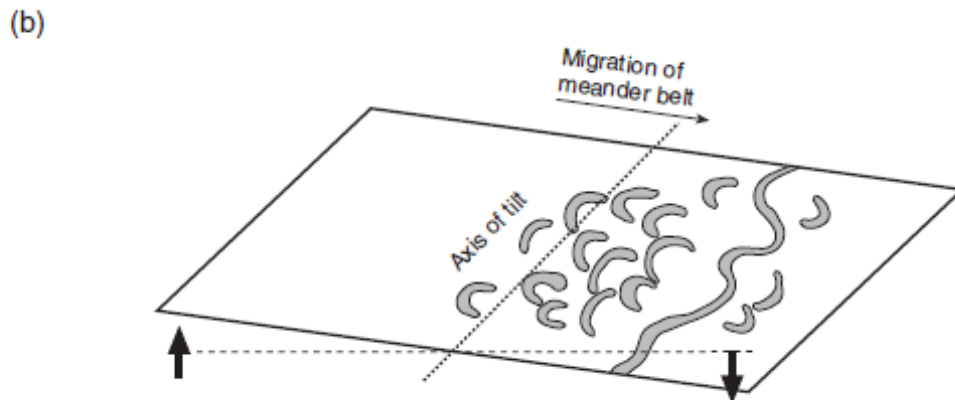
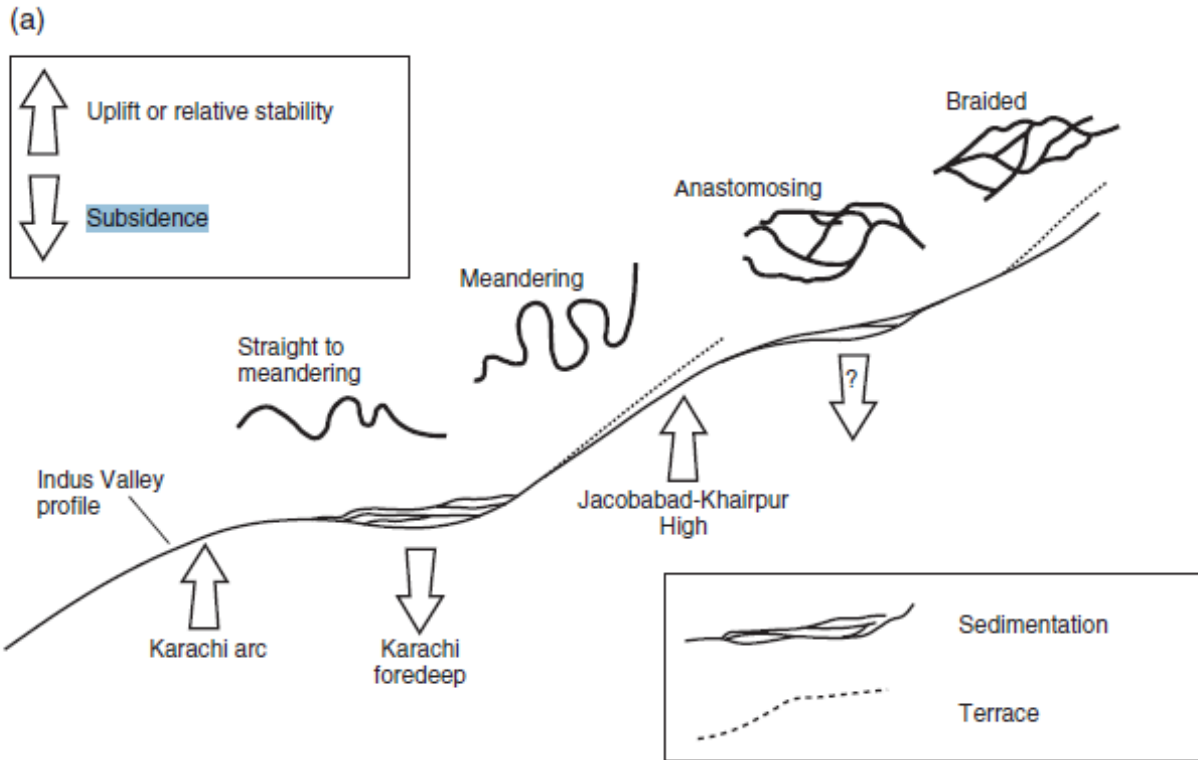


A. Steady tilting with shrinkage of river size.  
 B. Steady tilting and migration. C. Abrupt tilting and avulsion across a floodplain. Modified after Alexander et al. (1994).

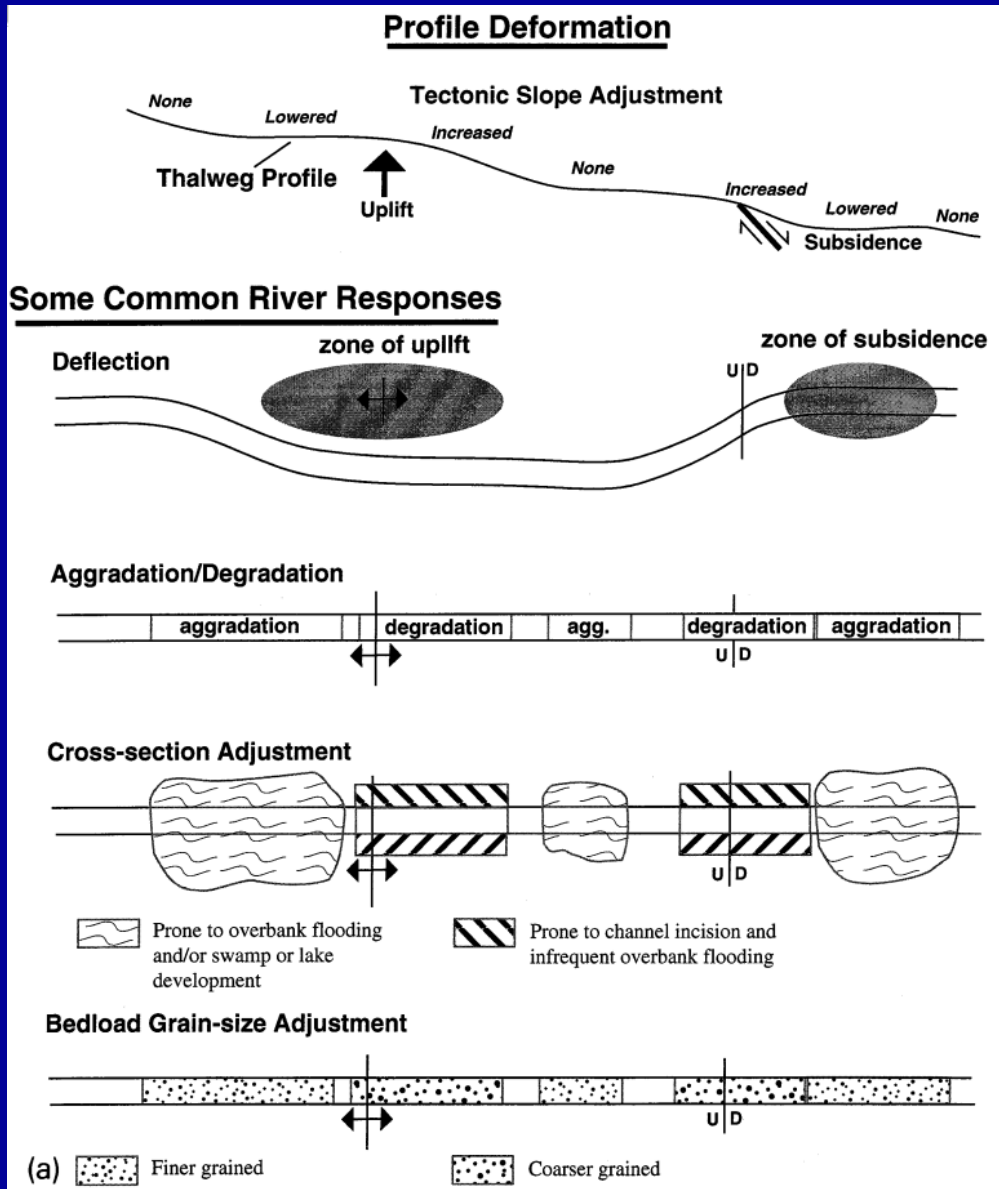


# Odraz tektonických procesů v říčním systému

## Tectonically deformed river



# Odras tektonických procesů v říčním systému

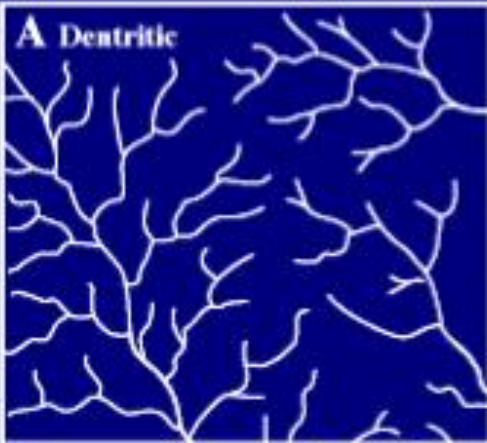
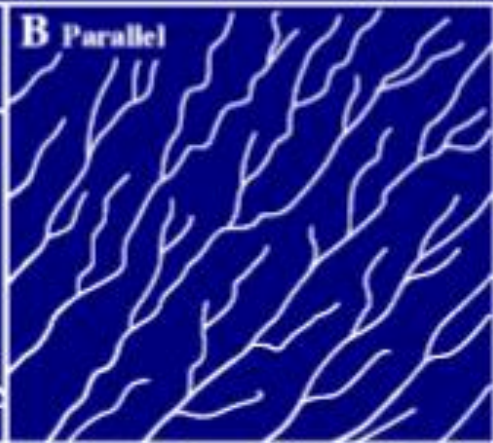
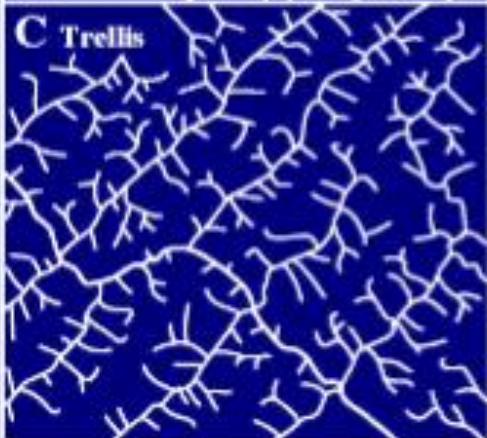
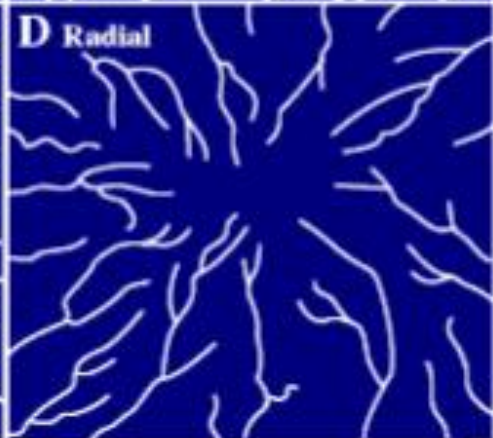


Odezvy toků na deformace v podélném profilu.

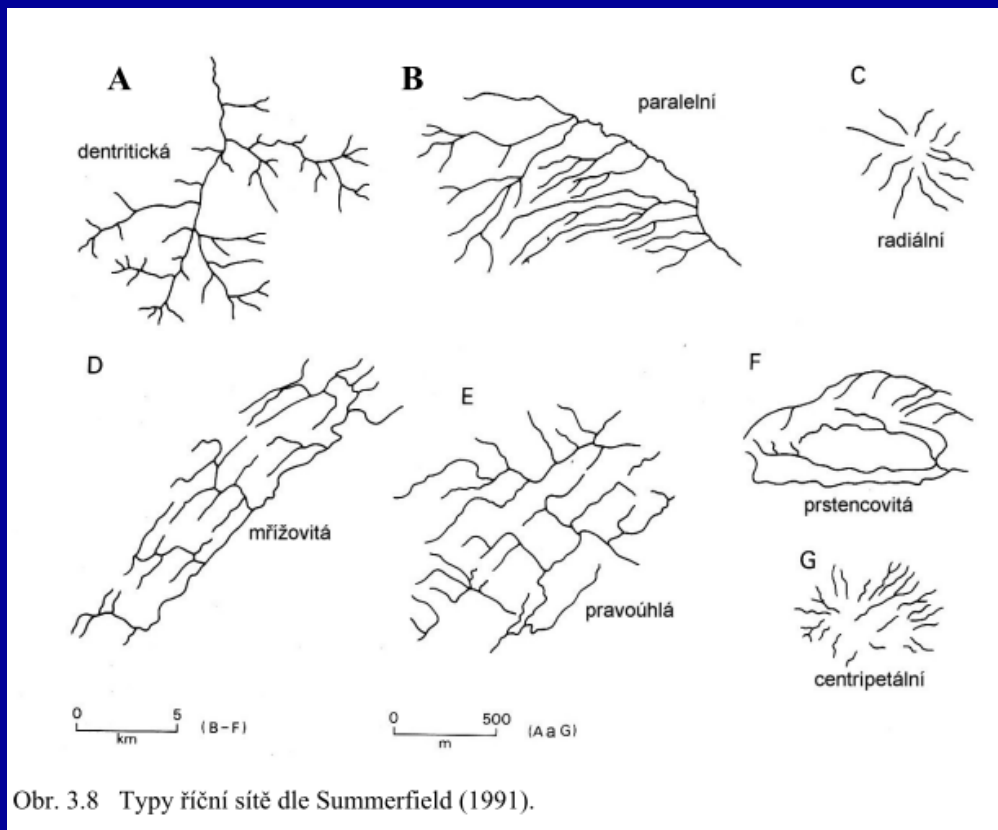
# Odraz tektonických procesů v říčním systému

## Říční síť

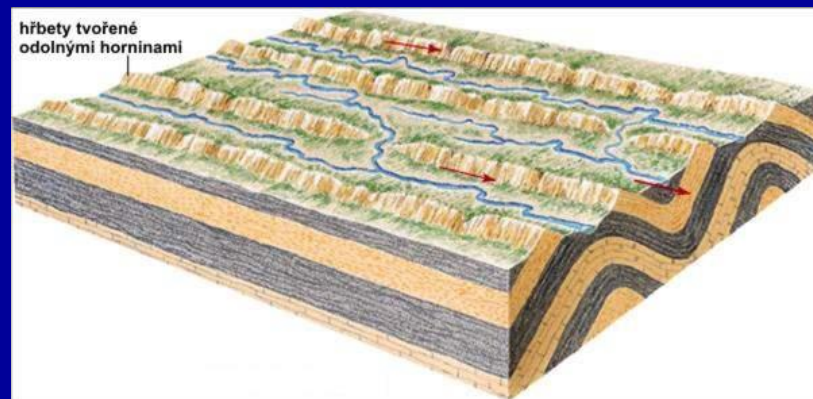
### Changes in drainage and stream pattern

<b>A Dendritic</b> 	<b>B Parallel</b> 	<b>Dendritic</b> This drainage pattern forms on homogeneous bedrock or loose sediments in areas with gentle regional slopes.
<b>C Trellis</b> 	<b>D Radial</b> 	<b>Parallel</b> Parallel drainage pattern forms on steep slopes and where bedrock or landforms trend parallel to the regional slope.
<b>Trellis</b> Pattern forms where underlying rock has one or more planes of weakness oblique to regional slope, such as on folded sedimentary rocks, or where linear landforms like beach ridges control drainage.		<b>Radial</b> Pattern forms around structural high points such as volcanoes, salt domes, or tectonic upwarps.

# Odraz tektonických procesů v říčním systému



Obr. 3.8 Typy říční sítě dle Summerfield (1991).



paralelní

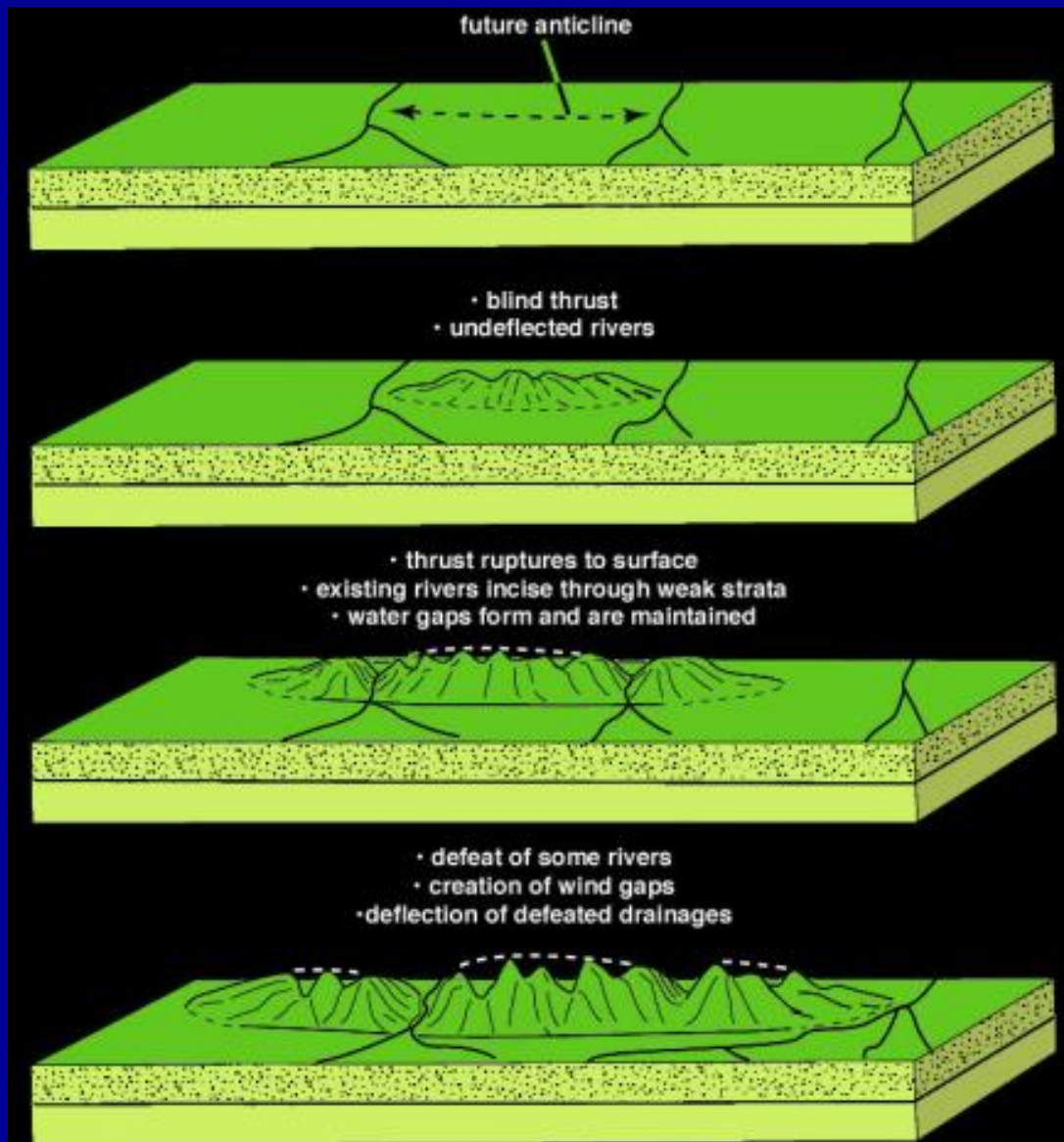
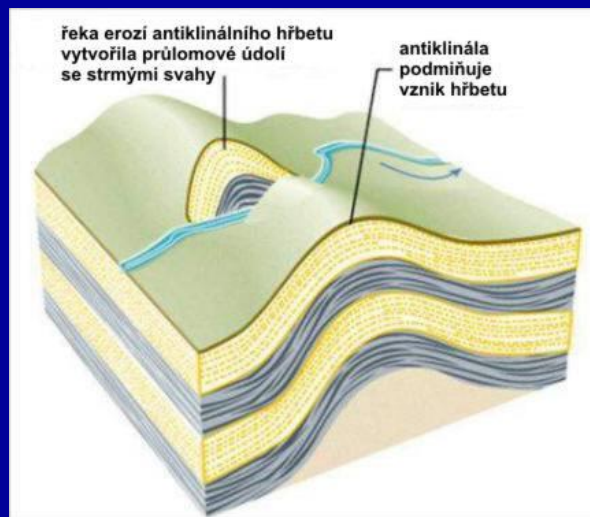


mřížkovitá

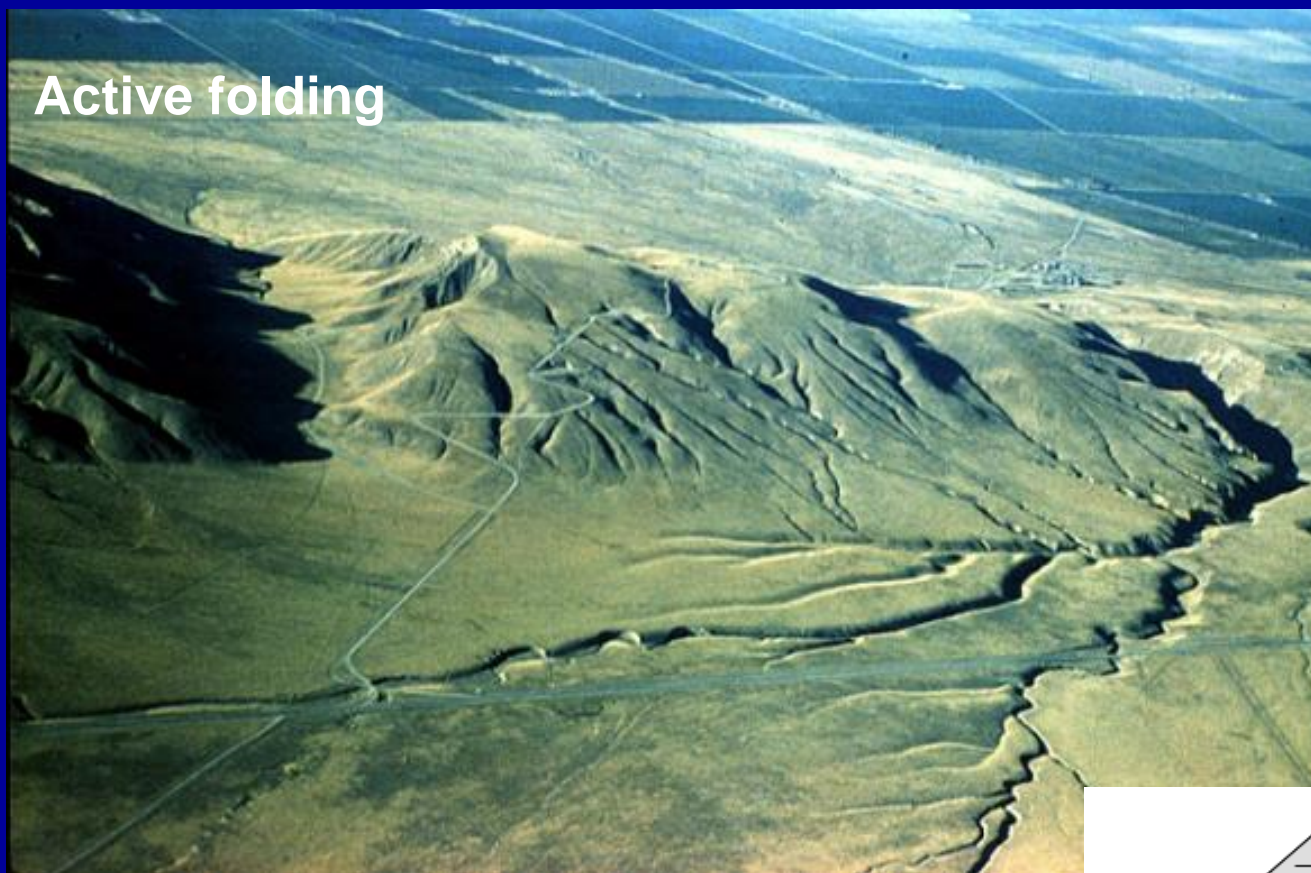
# Odraz tektonických procesů v říčním systému

Změna říční sítě - odpověď na výzdvih a erozní rozčlenění

- antecedentní údolí  
- water gap (průrva)
- opuštěná údolí  
- wind gap
- odklon toku (deflection)
- načepování – říční pirátství

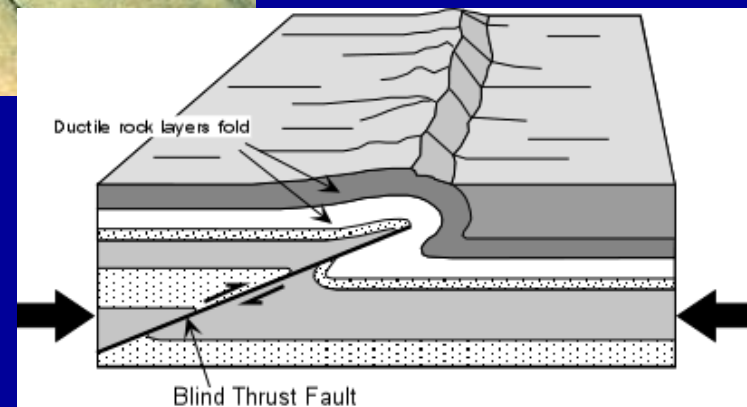


# Odraz tektonických procesů v říčním systému



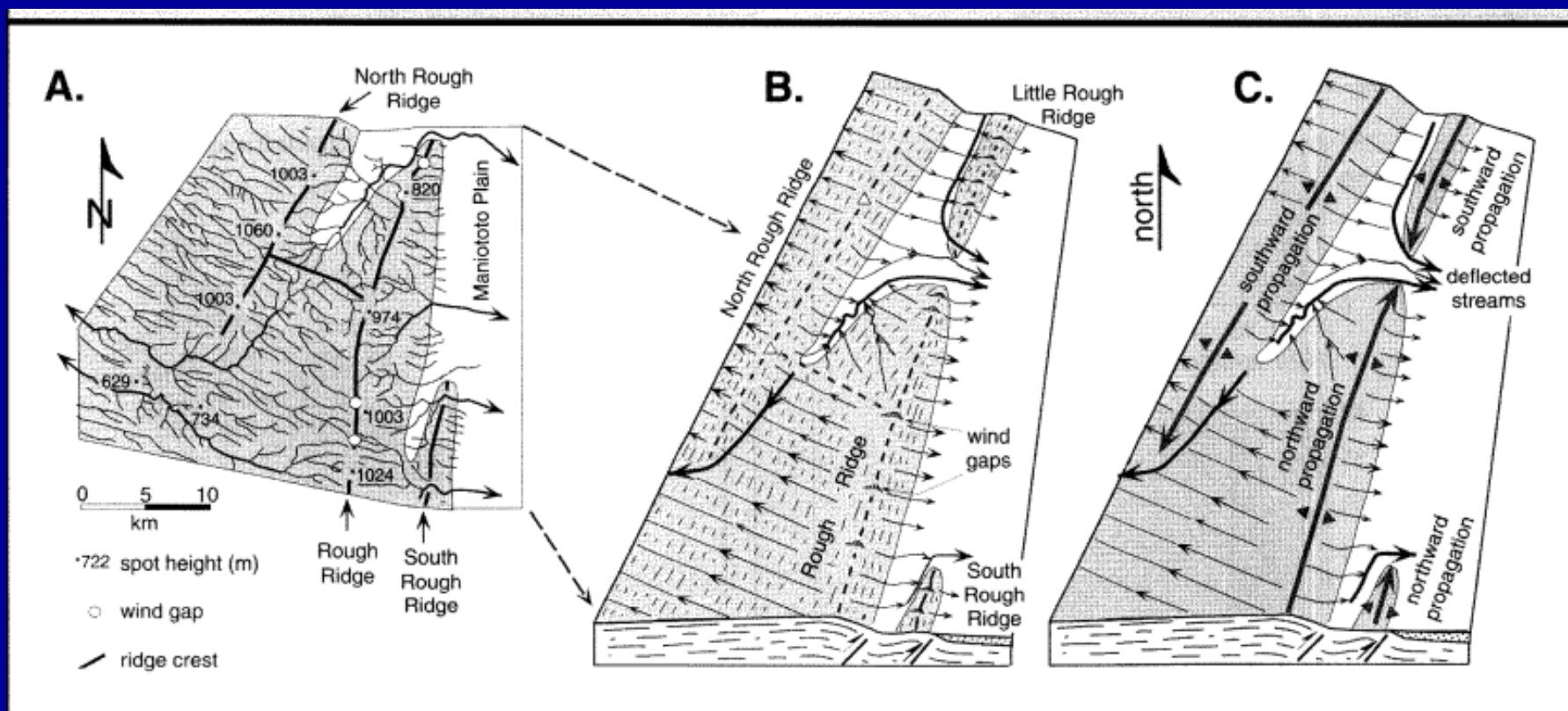
Fault-propagation fold  
- fault related fold

„**Blind thrust fault** that does not rupture all the way up to the surface so there is no evidence of it on the ground. It is "buried" under the uppermost layers of rock in the crust.  
„USGS



# Odras tektonických procesů v říčním systému

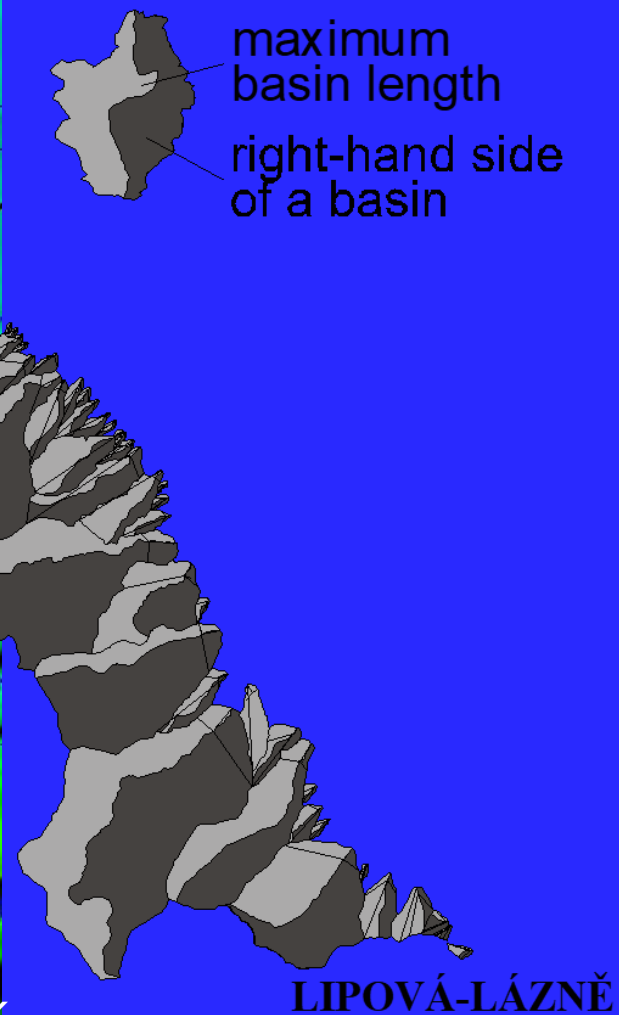
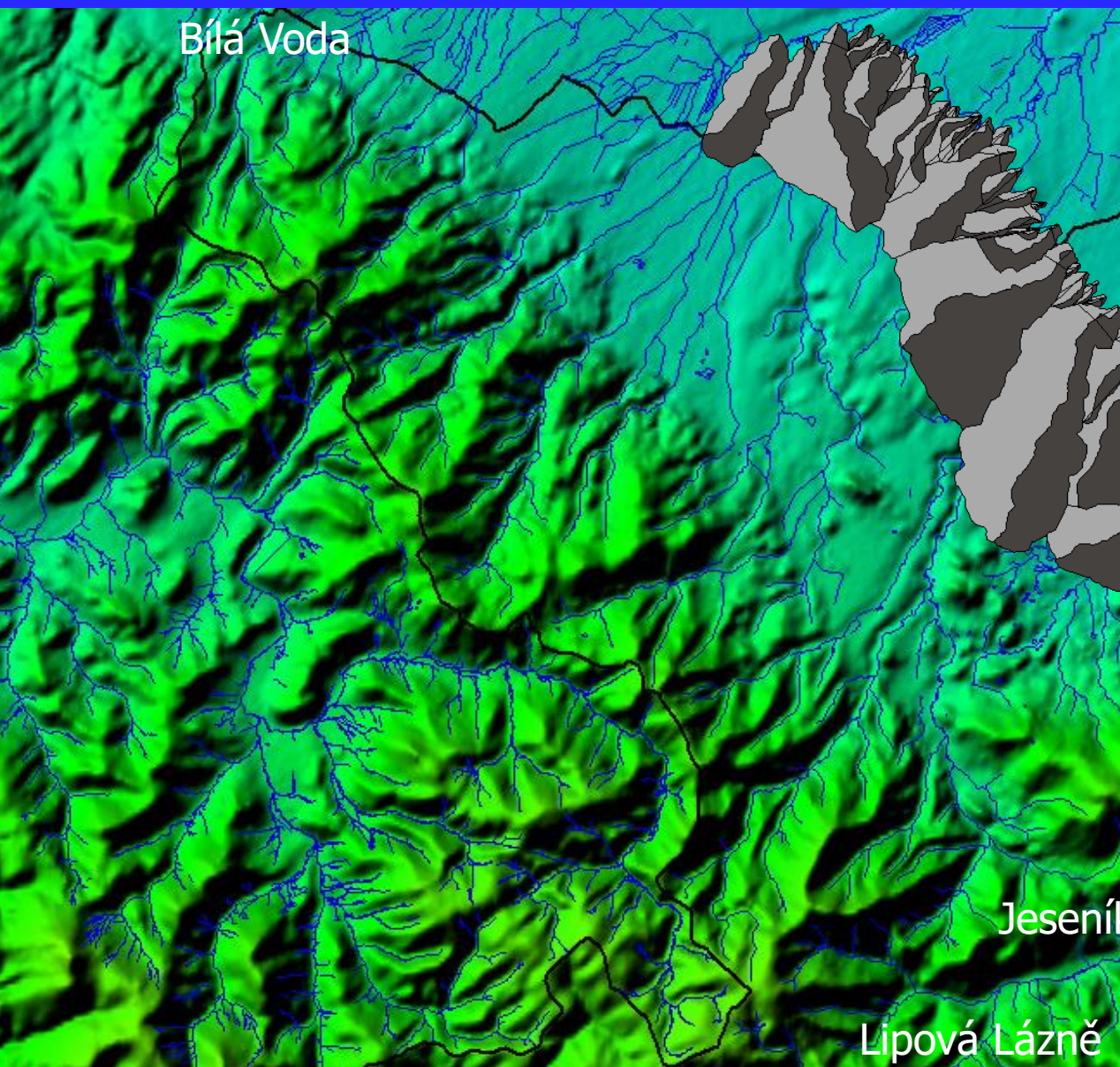
Asymetrie povodí v oblasti aktivní vrásno-zlomové tektoniky



Vrásná osa ukloněná – water gap snižuje se výška, odklonění toků u okraje vrásy

# Odraz tektonických procesů v říčním systému

Bílá Voda



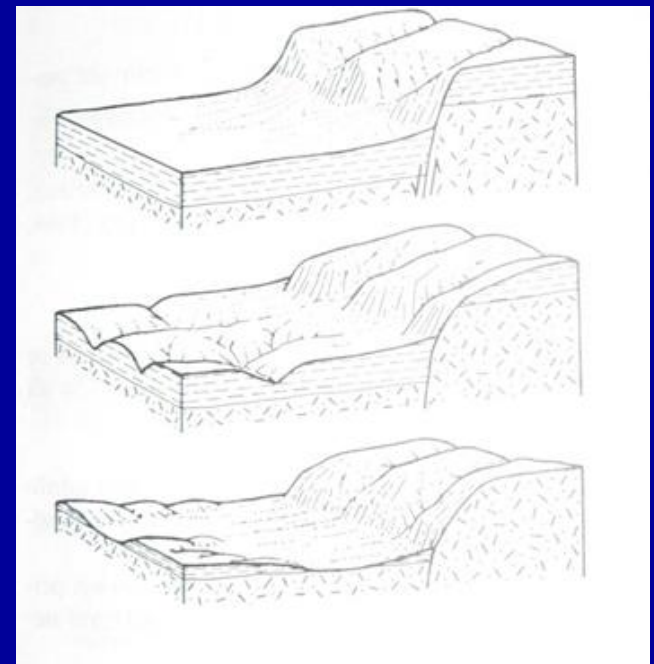


# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří

- Hlavní rysy **svahů vázaných na zlomy**:
  - velký sklon
  - přímý průběh
    - zlom při úpatí
    - lichoběžníkové nebo trojúhelníkové facety
    - hluboce zaříznutá údolí tvaru V porušující svah
    - zvětšení sklonu dna údolí poblíž zlomu
    - údolí, která nezasahují až k úpatí svahu – visutá údolí
  - řady pramenů při úpatí
    - výlevy lávy podél zlomu při úpatí

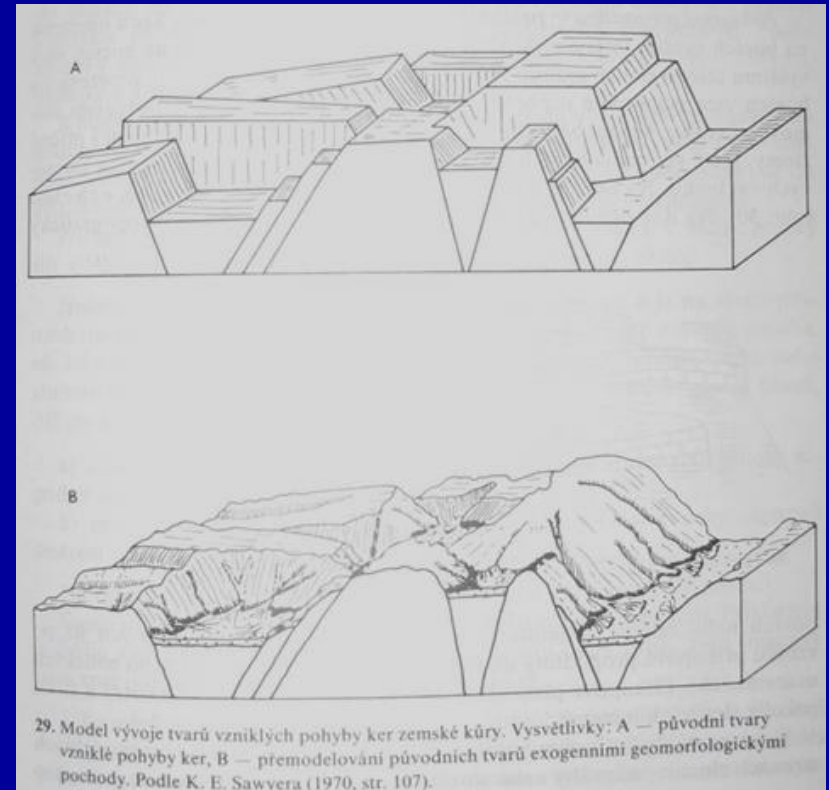
Další rysy, které se často vyskytují u **svahů vázaných na zlomy**,  
i když nejsou přímo dokladem zlomů:

- časté sesuvy
- výskyt výklenků, sedel a lomů ve spádu
- dlouhé, přímé a rovnoběžné úseky  
vodních toků, které probíhají přes  
horniny různé odolnosti
- pravoúhlé ohyby vodních toků



## Pouze u **zlomových svahů**

- nezávislost svahu na geomorfologické hodnotě hornin
- výskyt malých prolomů při úpatí svahů
- vznik hrazených jezer
- častá silná zemětřesení, seismická aktivita
- rozlámání staršího povrchu
- Rozlámání a deformace říčních teras



# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří



## ➤ Aktivní okraj pohoří (mountain front)

- lineární (poklesové zlomy) nebo zvlňené (přesmyky)
- triangulární facety (*faceted spurs, flatirons*)
  - výzdvih, vzniku zlomového svahu, následné erozní rozčlenění
  - jejich báze - paralelní s průběhem zlomu (Cotton 1950; Bloom 1978; Stewart, Hancock 1990)
  - sklon facet -  $25 - 35^\circ$  X sklon zlomu  $50 - 90^\circ$  (Wallace 1978)
  - prostorové rozmístění – záleží na vývoji údolní sítě
  - stupňovité uspořádání facetovaných výběžků - výsledek
    - a) epizodického výzdvihu (Hamblin 1976; Anderson 1977)
    - b) distribuovaných pohybů podél paralelních zlomů v zóně hlavního zlomu omezujícího pohoří (Menges 1988; Zuchiewicz, McCalpin 2000)

## Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří

---



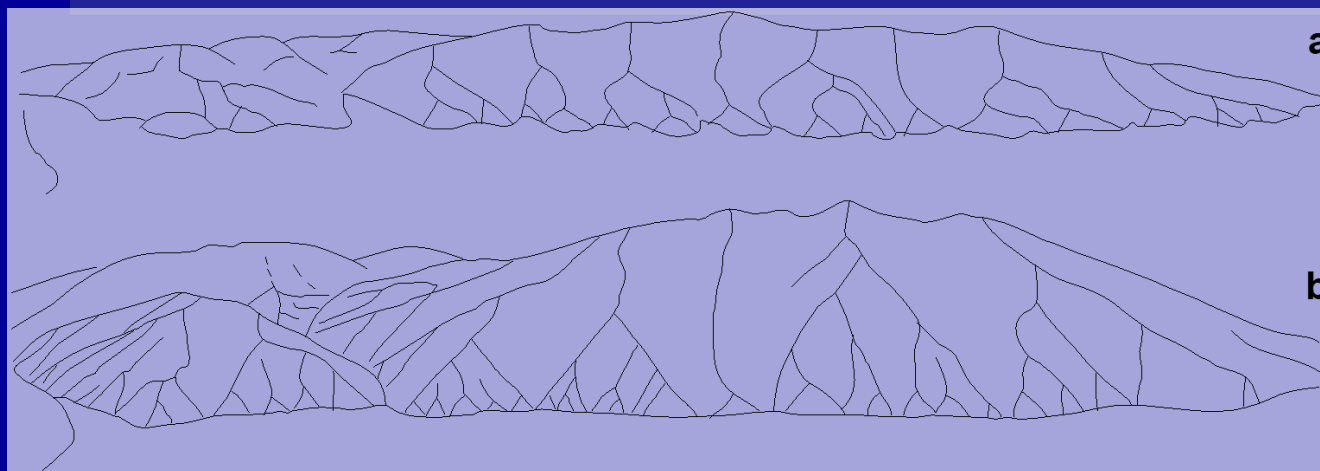
stupňovité uspořádání facet

# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří

Modelace facetovaných hřbetů - výsledek

a) fluviální eroze současně působící s výzdvihem úpatní fronty  
(Hamblin 1976; Wallace 1978)

b) zpětný ústup svahu, za přispění gravitačních svahových pohybů  
(Anderson 1977)



**Spanish Fork –  
segment zlomu  
Wasatch  
(Anderson 1977)**

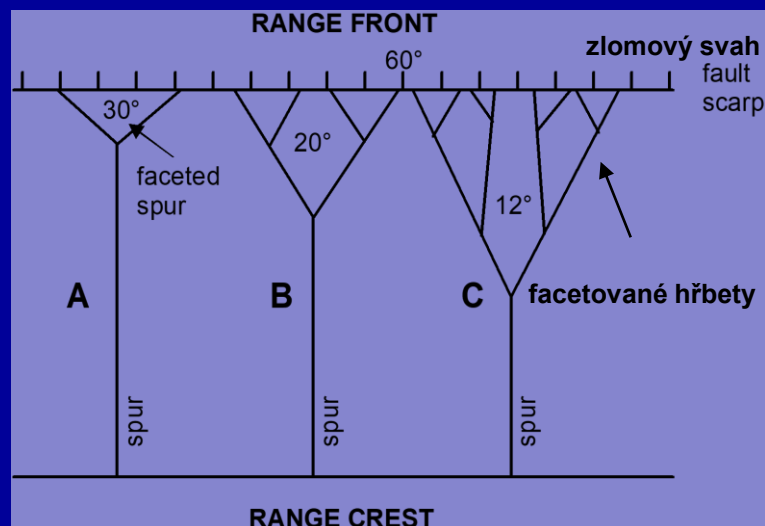
**a) paleogenní a  
neogenní planace**

**b) současnost**

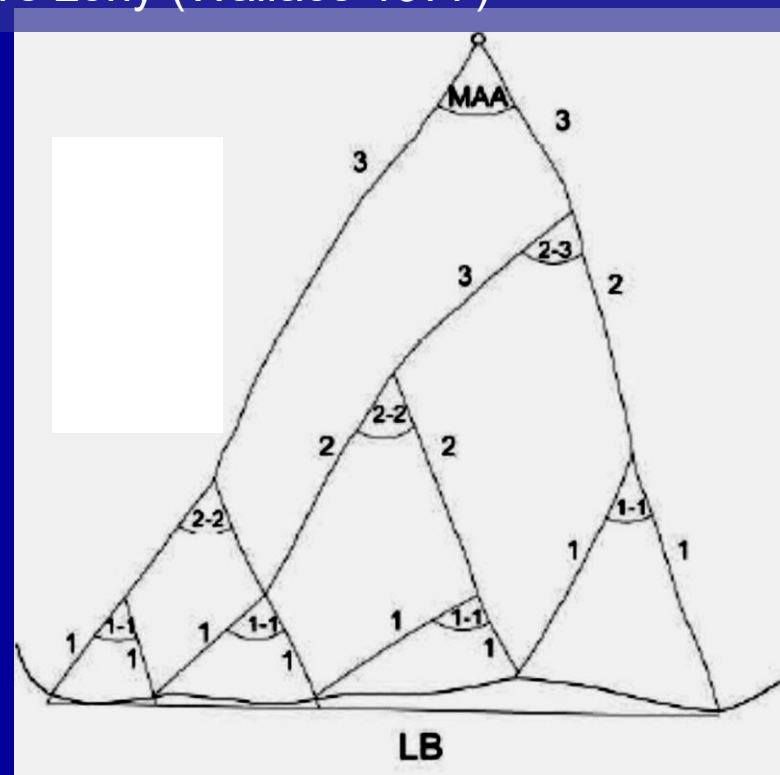
Velikost facetovaných výběžků hřbetů - funkce vzdálenosti mezi hlavními údolími rozčleňujícími úpatí pohoří a velikostí hřbetů mezi nimi

# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří

- Výška zlomového svahu, tzn. hřbetů zakončených facetou - funkce výzdvihu  
průměrný sklon facety - rychlost degradace svahu závislou na čase, různé  
odolnosti podloží vůči erozi, úhlu mezi původním vyzdviženým svahem  
a zlomovou plochou, šířce zlomové zóny (Wallace 1977)



vývoj facetovaných hřbetů s časem  
ústup, snižování sklonu, rozčlenění



rozčlenění složeného facetovaného hřbetu  
3 generace

# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří

---

## Facety Rychlebských hor

Studované segmenty – odlišná výška zlomového svahu (nadm. výška nejbližších elevací - zbytky facet)

Trojúhelníkové či lichoběžníkové facety - dvou až pětistupňové (2 – 5 generací), podobně jako v polské části zlomové zóny OSZ a jsou tedy v různém stavu zachování a stupni erozního přemodelování (Badura et al. 2007).

Nejvyšší, tzn. nejvíce stupňové facety (5 generací) – Soví hory a Rychlebské hory (nejvýše vyzdvižené části okraj. sudet. zlomu)

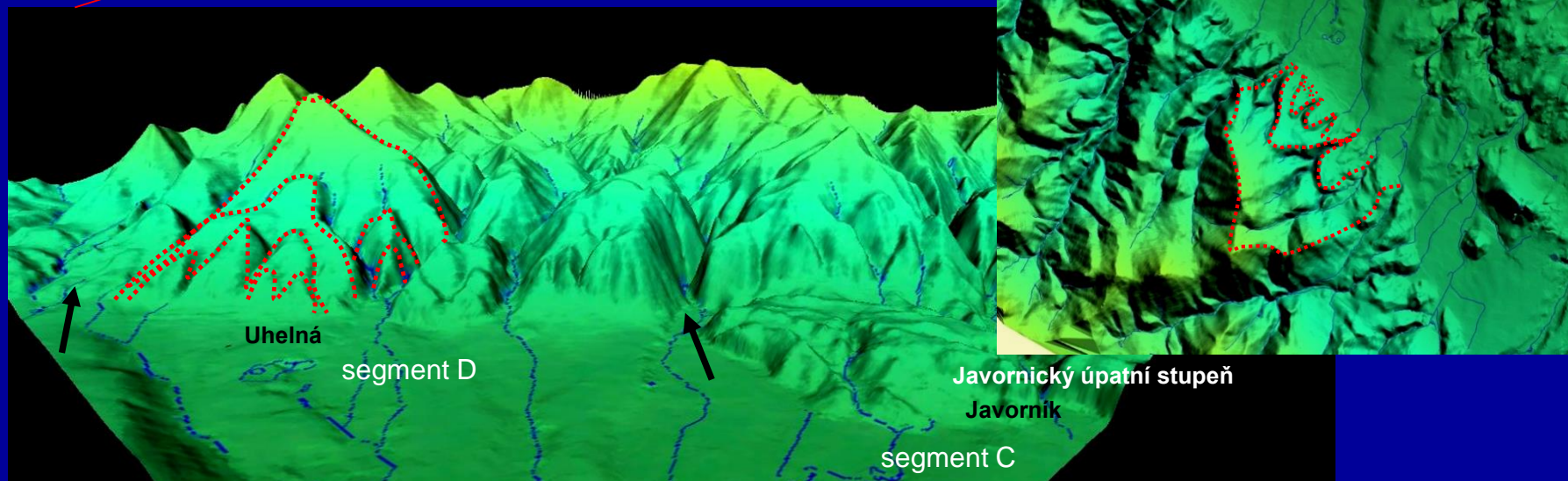
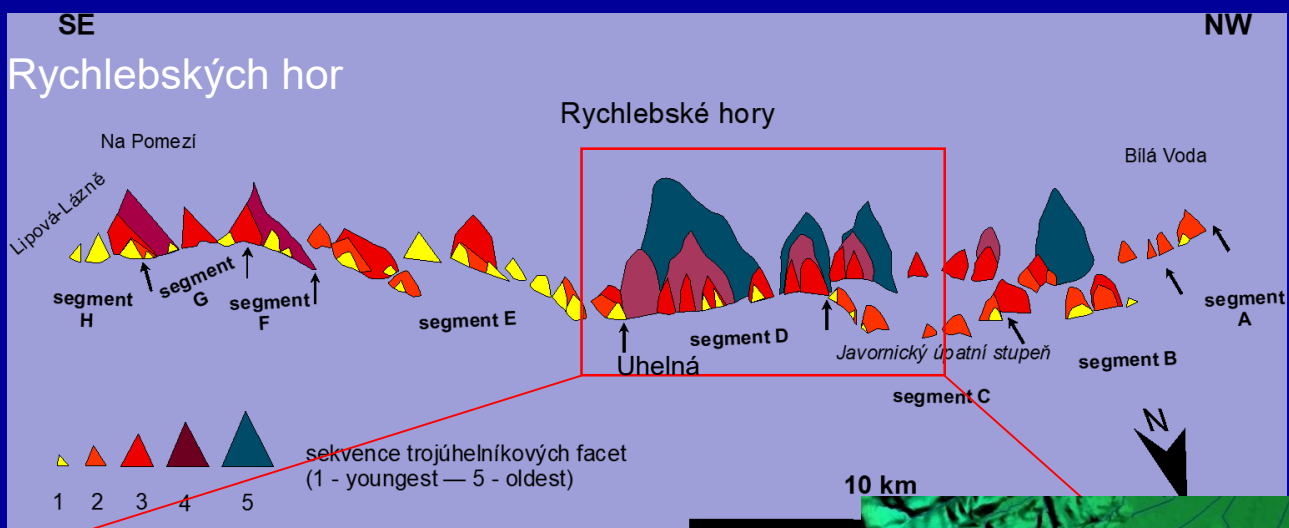
Rychlebské hory – okolí Uhelné

průměr. výška u facet – u 5 stupňových – 275m, 173m, 111m, 60m, 28m



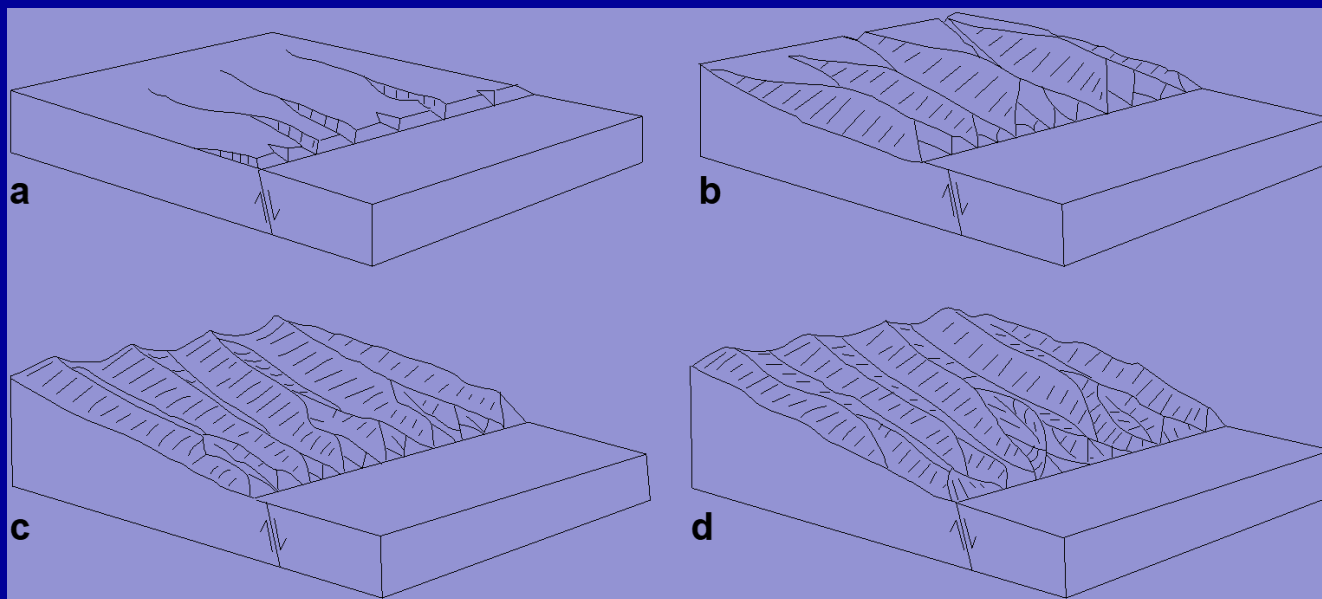
# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří

## Facety Rychlebských hor



# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří

## Vývojová stádia složených facetovaných hřbetů



Anderson (1977)

Opakované epizodické pohyby – vznik

- n–set m vysoký zlomový svah,
- zlomově podmíněné okraje pohoří – 100ky km dlouhé, až 1 km vysoké (Stewart, Hancock 1994)

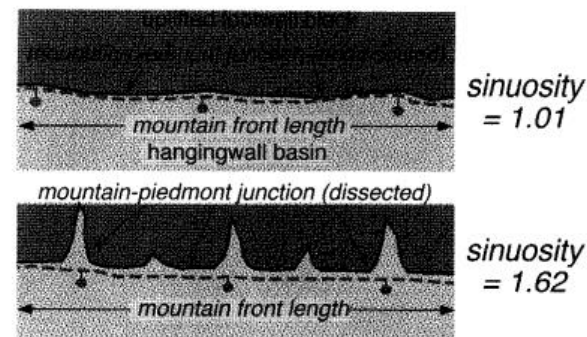
# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří

Mountain front sinuosity index  $S_{mf}$  (Bull, McFadden 1977)

$$S_{mf} = (L_{mf}) / (L_s)$$

$L_{mf}$  - length of mountain front

$L_s$  - straight-line length of mf



- stupeň rozčlenění dříve přímočarého úpatí vázaného na zlom

vyšší  $S_{mf}$  – menší aktivita, více rozčleněné úpatí

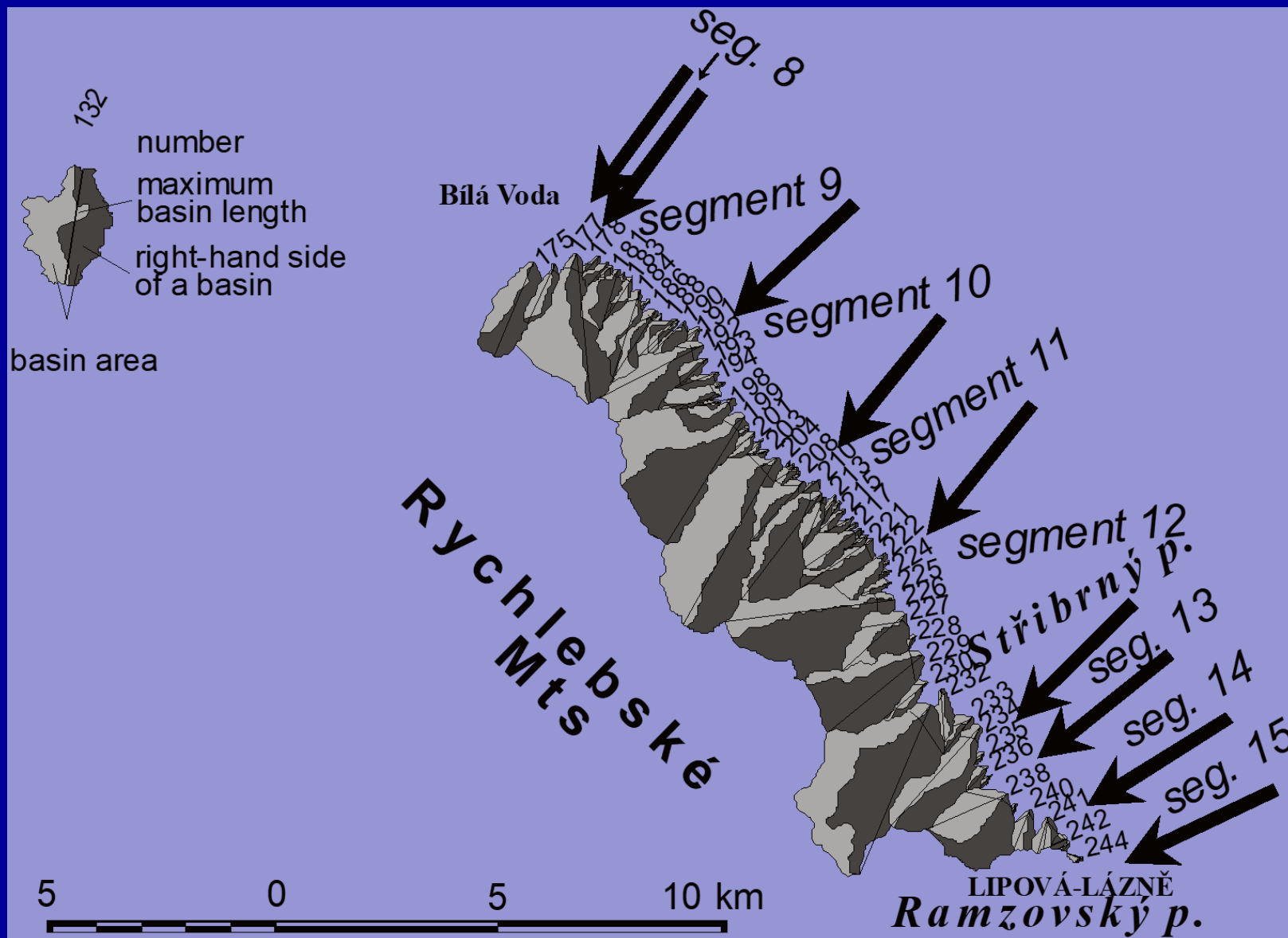
$S_{mf}$  index < 1,4 indikuje tektonicky aktivní okraj pohoří,

1,4 až 3 odrážejí menší aktivitu, avšak stále aktivní tektoniku,

> 3 již neaktivní okraj pohoří, svah erozí a denudací ustoupil min. 1km z původní pozice vázané na průběh zlomu (Keller, Pinter 2002)

$S_{mf}$  pro studované segmenty A – H: 1,013 až 1,11. Pro celý úsek OSZ včetně polské části průměr činí 1,051 což poukazuje na (!) relativně vysokou aktivitu a mladý výzdvih (viz Badura et al. 2007).

# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří



# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří

Parameter -

*valley floor width - valley height ratio Vf* (Bull, McFadden 1977)

$$Vf = 2Vfw / [(Eld - Esc) + (Erd - Esc)]$$

Vfw = valley width

Eld, Erd, Esc = výška rozvodnic nad dnem údolí (pravá, levá část povodí)

nízké hodnoty (<1,0) - hluboká údolí s aktivně zahlubujícími se toky

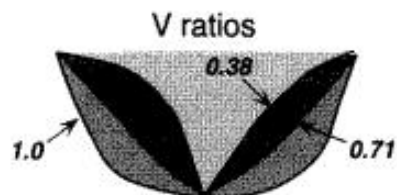
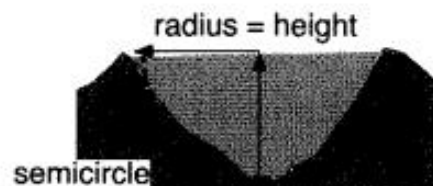
(obvykle spojováno s výzdvihem)

Ve studovaném úseku OSZ: Vf pohybuje průměrně v daných segmentech

mezi 0,06 - 0,97.

# Zlomové svahy, aktivní okraje pohoří

**FIGURE 10.6. Measurements of valley shapes in foot-wall blocks**



Top: Valley-floor width-to-height ratio. Middle: Parameters for calculating a "V ratio." Bottom: Examples of V ratios for several valley shapes.

# Morfologie zlomových svahů



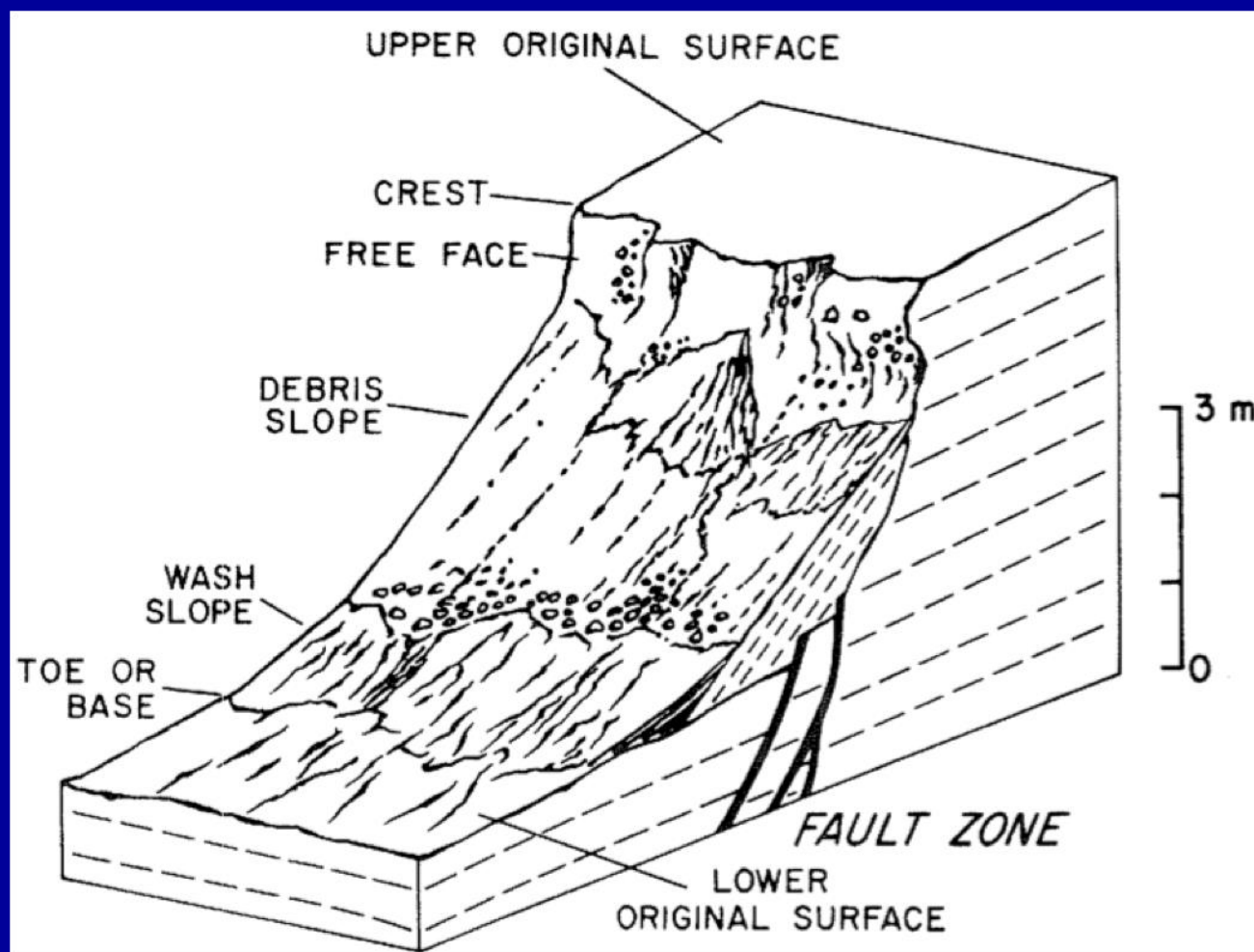
## Zlomový svah

- Tektonický tvar reliéfu – zhruba koinciduje s plochou zlomu, který porušil zemský povrch

# Zlomové svahy

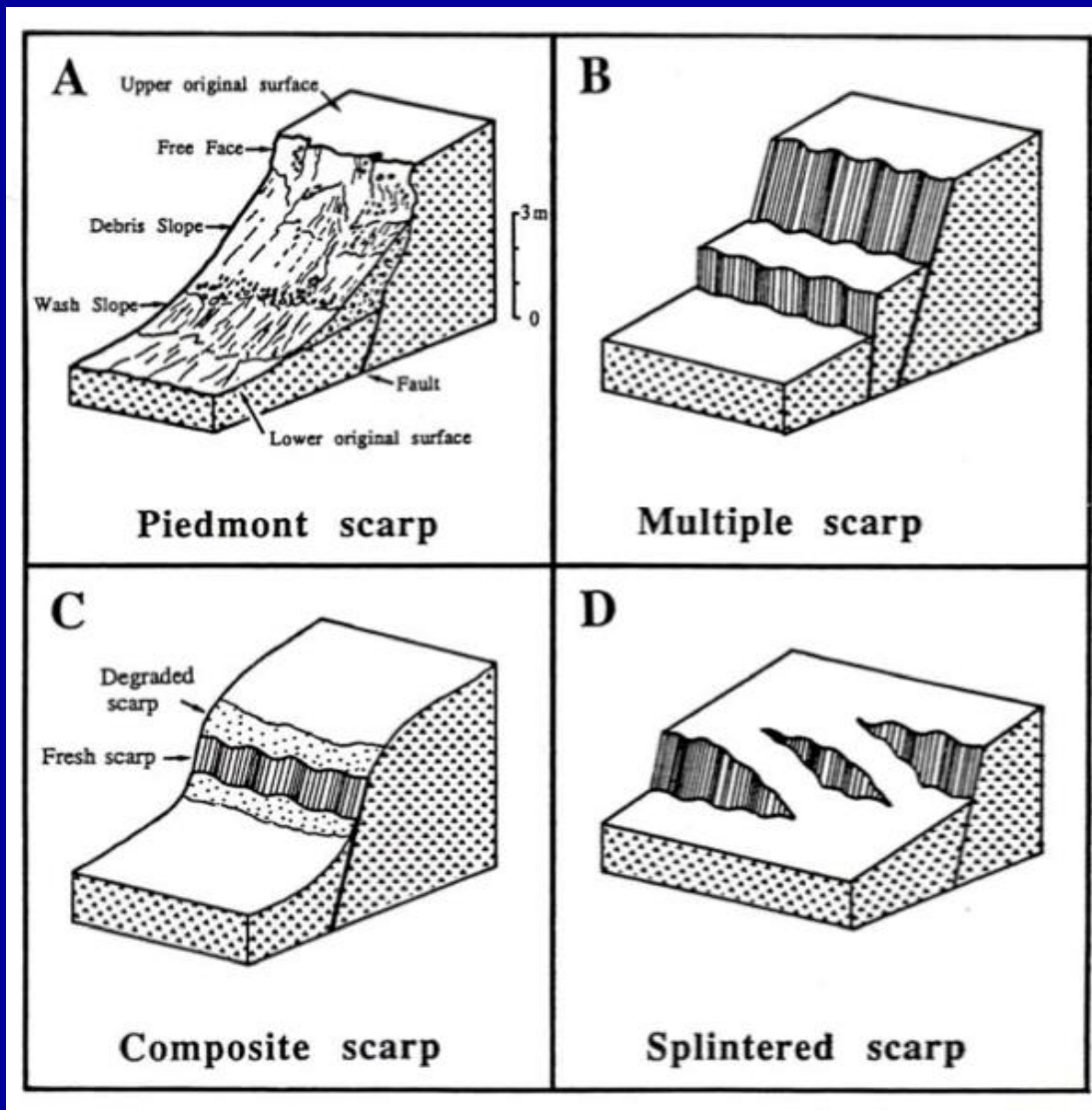
## Anatomie zlomového svahu

- *Toe* a *crest* - horní a spodní hrana zlomového svahu
- *Free face* - subvertikální část, obnažený zpevněný aluviální kužel nebo svahoviny, vytvořená pohybem – může držet tvar – 10-1000 let
- *Debris slope* – osypový kužel akumulovaný pod *free face* gravitací
- *Wash slope* - část svahu při úpatí řízena fluviální erozí nebo akumulací





# Zlomové svahy



Piedmont scarp (úpatní scarp)  
- vzniká v nezpevněných sedimentech jedním pohybem

Multiple scarp (n-násobný)  
- vzniká na paralelních zlomech či větvích jednoho zlomu při jednom pohybu

Composite scarp (složený)  
- vzniká obnovením pohybů pohybů a degradací předchozích free face

Splintered scarp (rozštěpený)  
- vzniká při pohybu rozloženém na en échelon segmentech zlomu



Ohlasy - striace

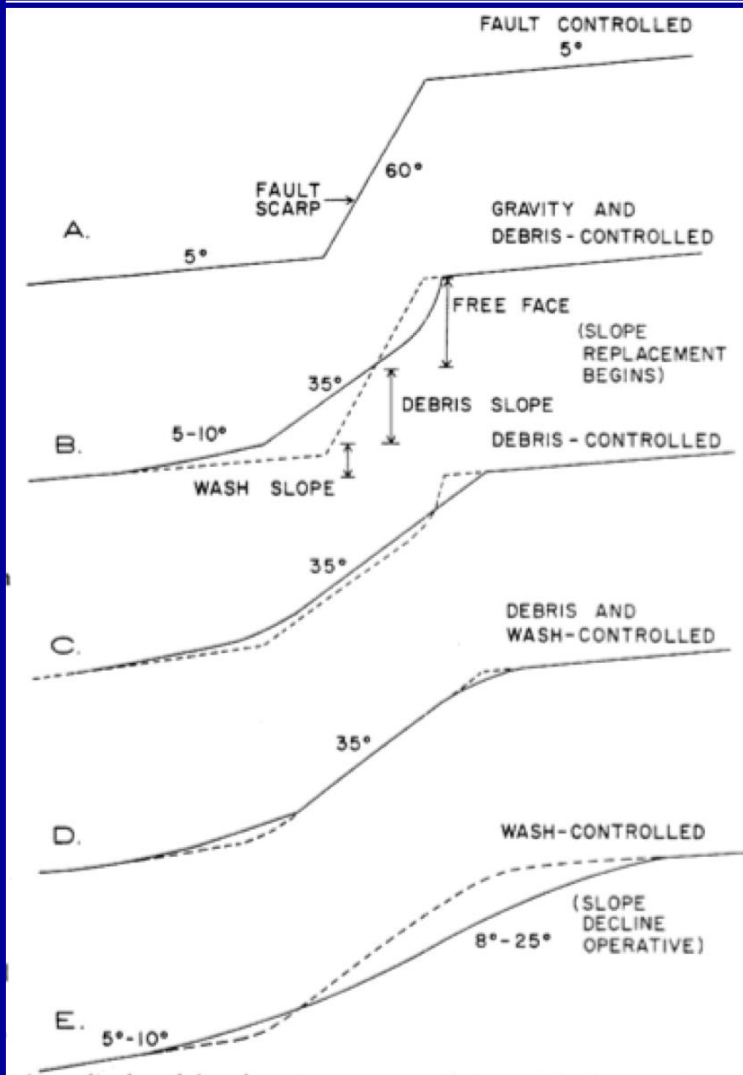


Piedmont scarp

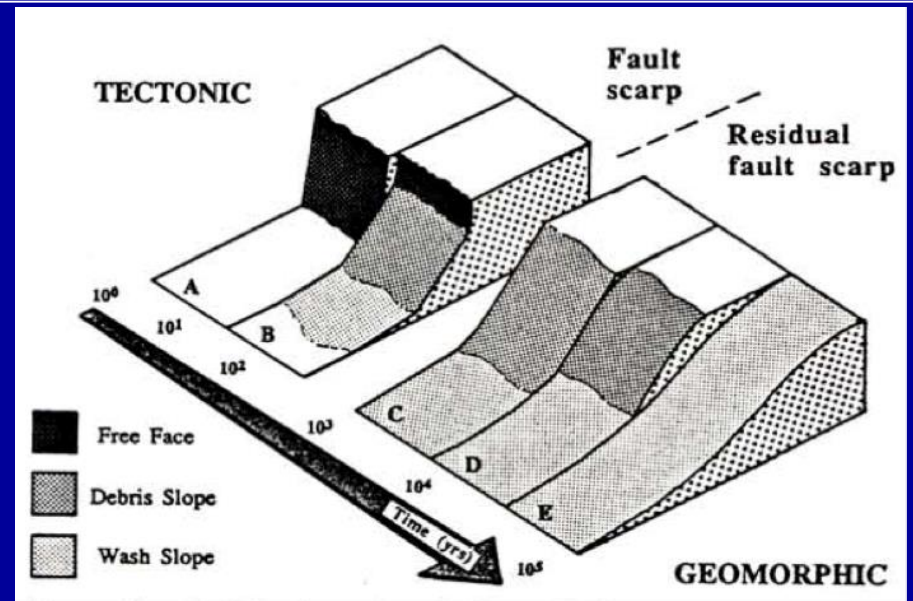


Composite scarp

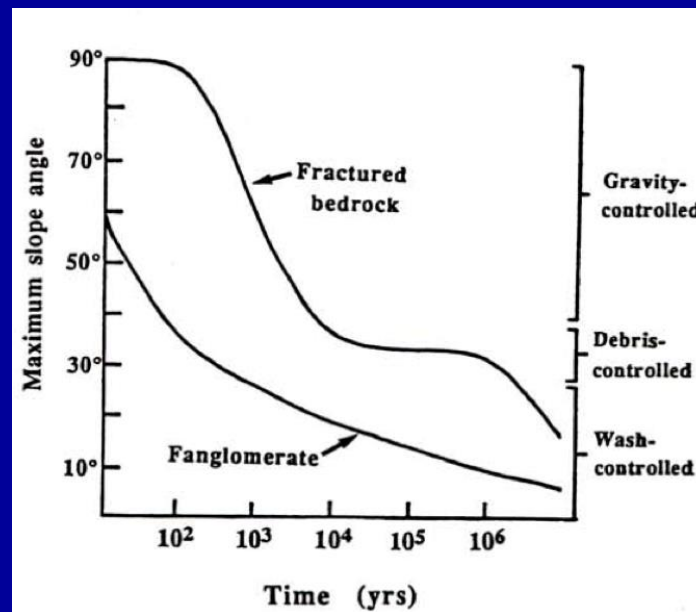
# Degradace zlomového svahu



Wallace, 1977



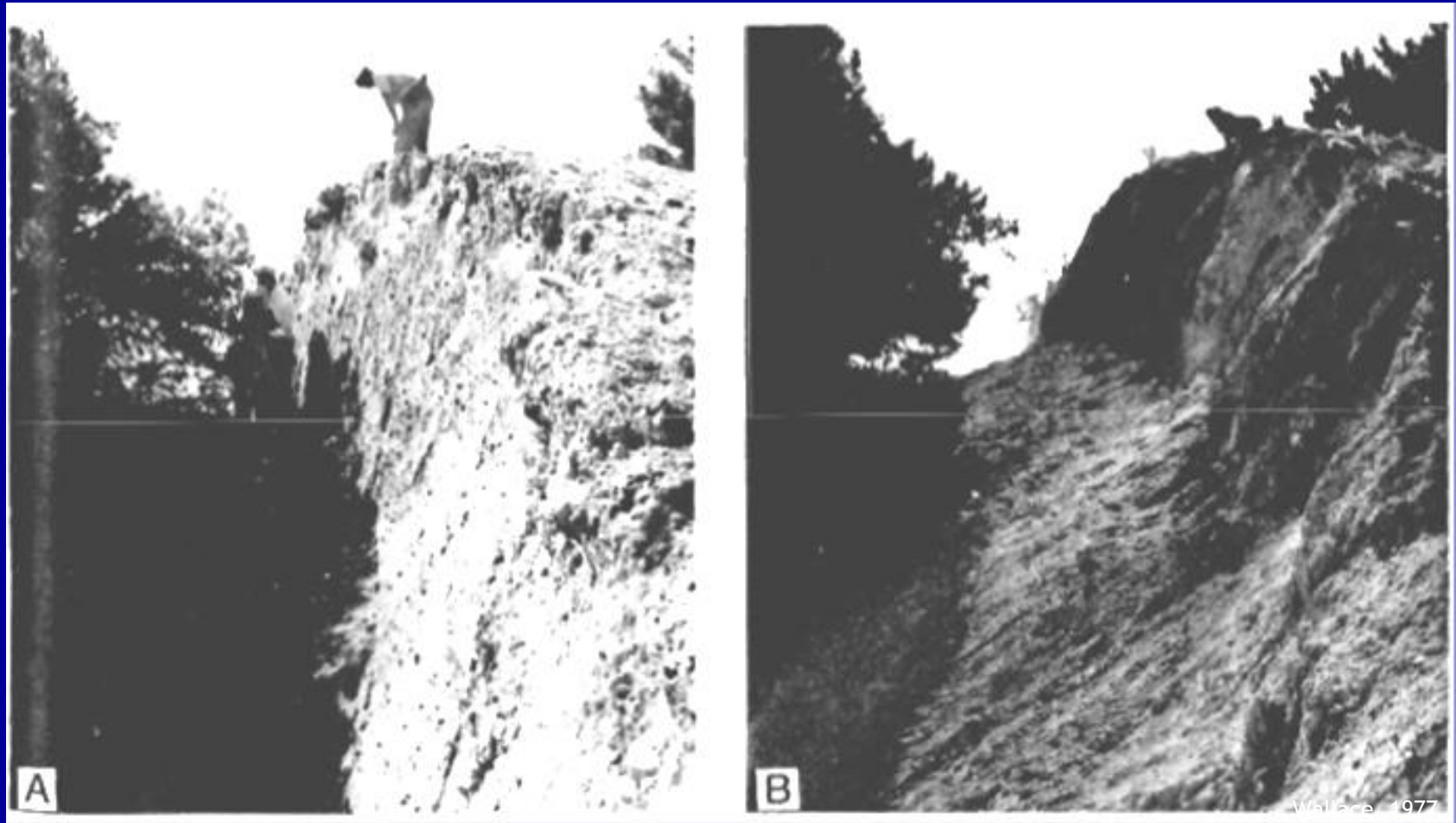
Stewart, Hancock, 1990



Wallace, 1977

## Zlomové svahy

Fallon-Stillwater earthquake, July 6<sup>th</sup>, 1954 M 6.6



Pictures taken from 1954 and 1974 show several meters of retreat from the free face, forming a debris-slope.

# Zlomové svahy

## Faktory ovlivňující rychlost degradace



- Klima
- Výška svahu
- Topografie – sklon svahu
- Litologie
- Vegetace
- Větrná eroze

