

A photograph of a forest in autumn. The trees have vibrant orange, red, and yellow leaves. The ground is covered in fallen leaves. The scene is slightly blurred, giving it a soft, atmospheric feel.

Vybrané metody morfostrukturní analýzy

Morfostruktura

- část horninového prostředí
- jednotný vývoj
- jednotné strukturní vlastnosti,
homogenní uvnitř a odlišné od okolí
(např. část pohoří se stejnou
rychlostí výzdvihu.....)

Morfostrukturní analýza

- soubor metodických postupů
 - » objasnění vztahu geologické struktury (litologické a strukturní poměry) a reliéfu na daném území
- porovnání dílčích analýz - analýza údolní sítě, říčních teras, zarovnaných povrchů, zlomová a puklinová analýza

▭ výsledky morfostrukturní analýzy:

- zjištění vlastností morfostruktur
převládající strukturní směry, horniny, faktory ovlivňující reliéf
- zjištění vlivů na vznik současného reliéfu
reliéf x predispozice
- poznání morfostrukturní stability zkoumaného území
potenciál změn - aktivní tektonika, aj.

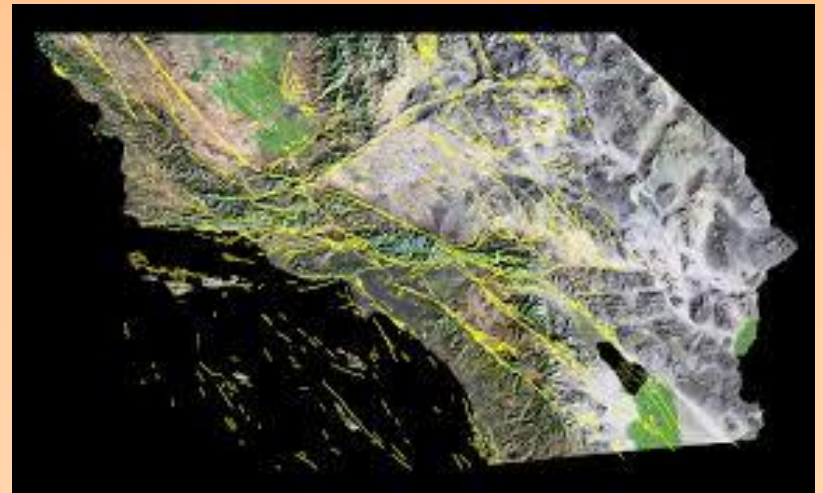
Morfostrukturní syntéza

- regionalizace (vymezení jednotlivých morfostrukturních celků),
komplexní informace o vztahu zkoumané morfostruktury
k ostatním výše postaveným morfostrukturám a o její vnitřní
diferenciaci (Lacika 1997)
 - stanovení geomorfologického vývoje území
-

Metody dílčích analýz

- Metody založené převážně na terénním výzkumu
(terénní část výzkumu)
 - geomorfologické mapování vybraných tvarů reliéfu
 - strukturní měření
 - analýza vybraných typů sedimentů

- Morfometrické metody
(kamerální část výzkumu)
 - mapové podklady (analogové, digitální - DMR)
 - data DPZ (letecké, satelitní, radarové snímky)



➤ Terénní fáze morfostrukturní analýzy

- **strukturně** či **strukturně-litologicky podmíněných tvarů** a jevů, přímá vazba na neotektonické pohyby či litologii a starší tektoniku
(křehké porušení)
- skupina vybraných **tvarů různé geneze**, genetický, popř. prostorový vztah k neotektonickým pohybům
- Strukturní tvary - lineární svahy - zlomové svahy
- Fluviální tvary (strže, erozní rýhy)
- Zarovnané povrchy

❖ Analýza strukturních tvarů

strukturní svahy - svahy vázané na zlomy (zlomové svahy, svahy na zlomové čáře) (souhrnně in Demek 1987)

- svahy podmíněné strukturou hornin (úložné poměry, foliace, puklinatost)

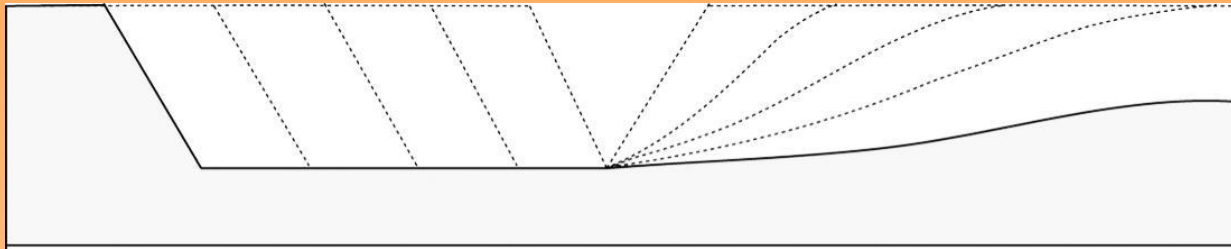
strukturní plošiny - strukturně podmíněné



strukturní hřbety, vrchy - litologicky podm., selektivní eroze a denudace

❖ Analýza zarovnaných povrchů (plochých tvarů reliéfu)

- sečný povrch - seče horniny různých úložných a litologických poměrů



pediplén

peneplén

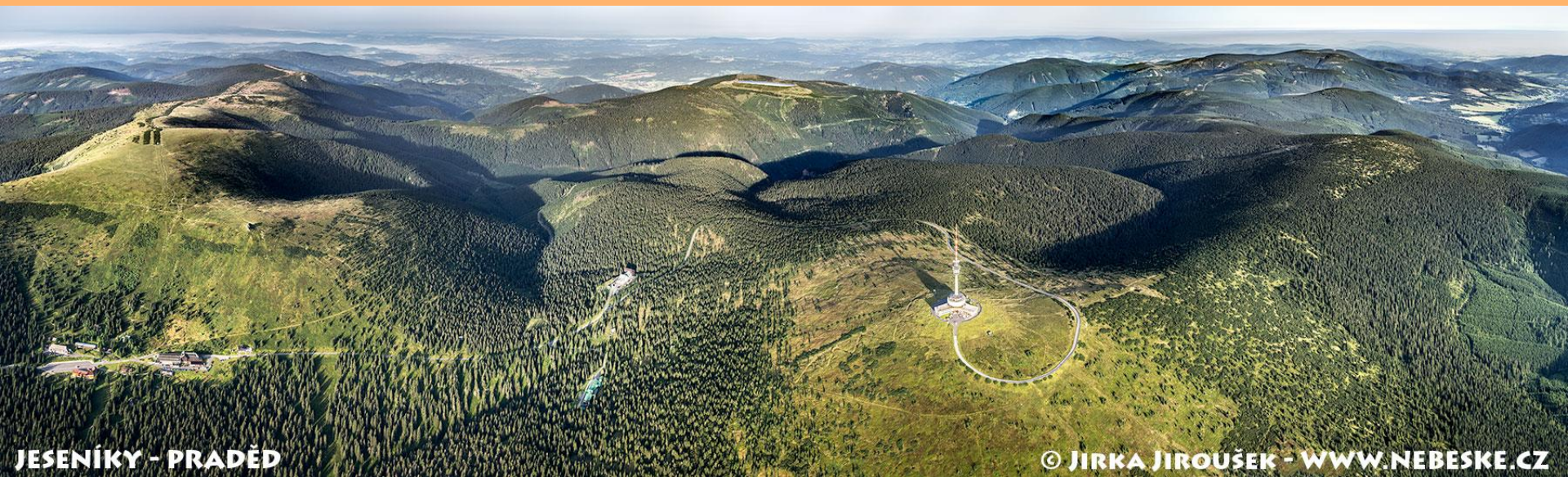
- morfografické poměry - ráz a intenzita mladších tektonických pohybů



- zarovnané povrchy - vznikají v podmínkách dlouhodobého tektonického klidu, mocné zvětraliny
- rozsáhlé povrchy - homogenní morfostrukturní jednotky se stejnými nebo podobnými projevy neotektonických pohybů



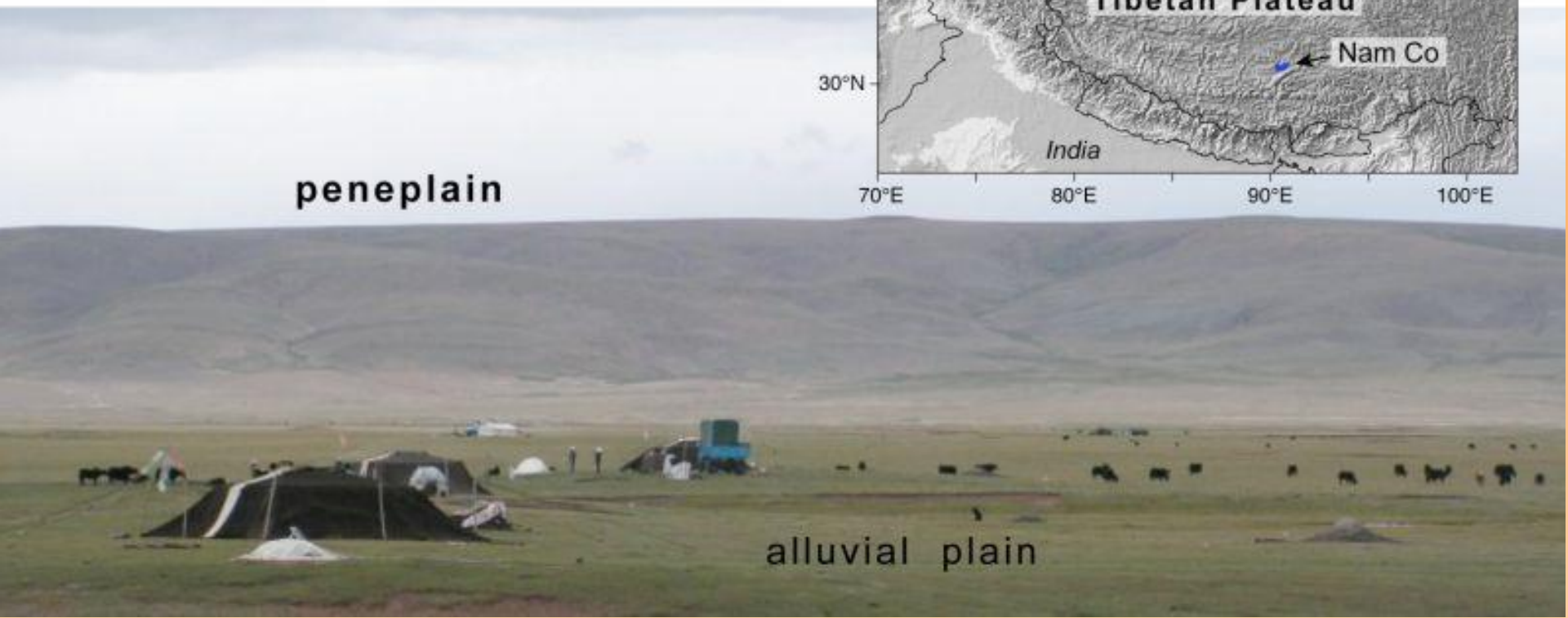
- výškové rozdíly - indikátor pohybů, indikátory průběhu zlomových linií
které je porušují



JESENÍKY - PRADĚD

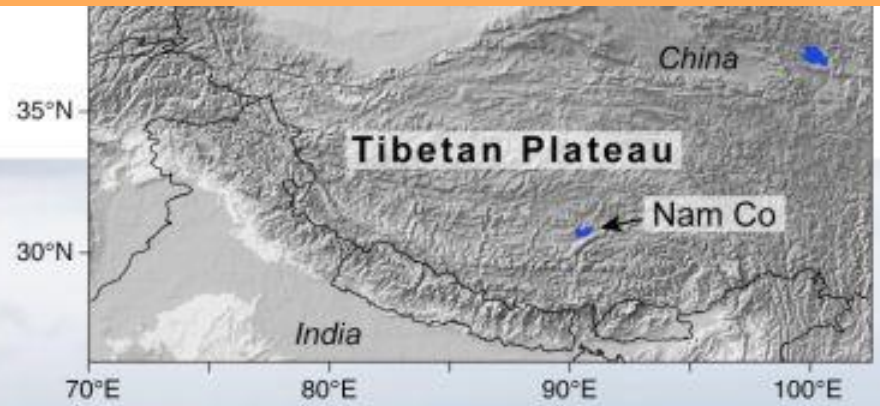
© JIRKA JIROUŠEK - WWW.NEBESKE.CZ

- vymezení - sklonové poměry (DMR, GIS)
- geneze - terén

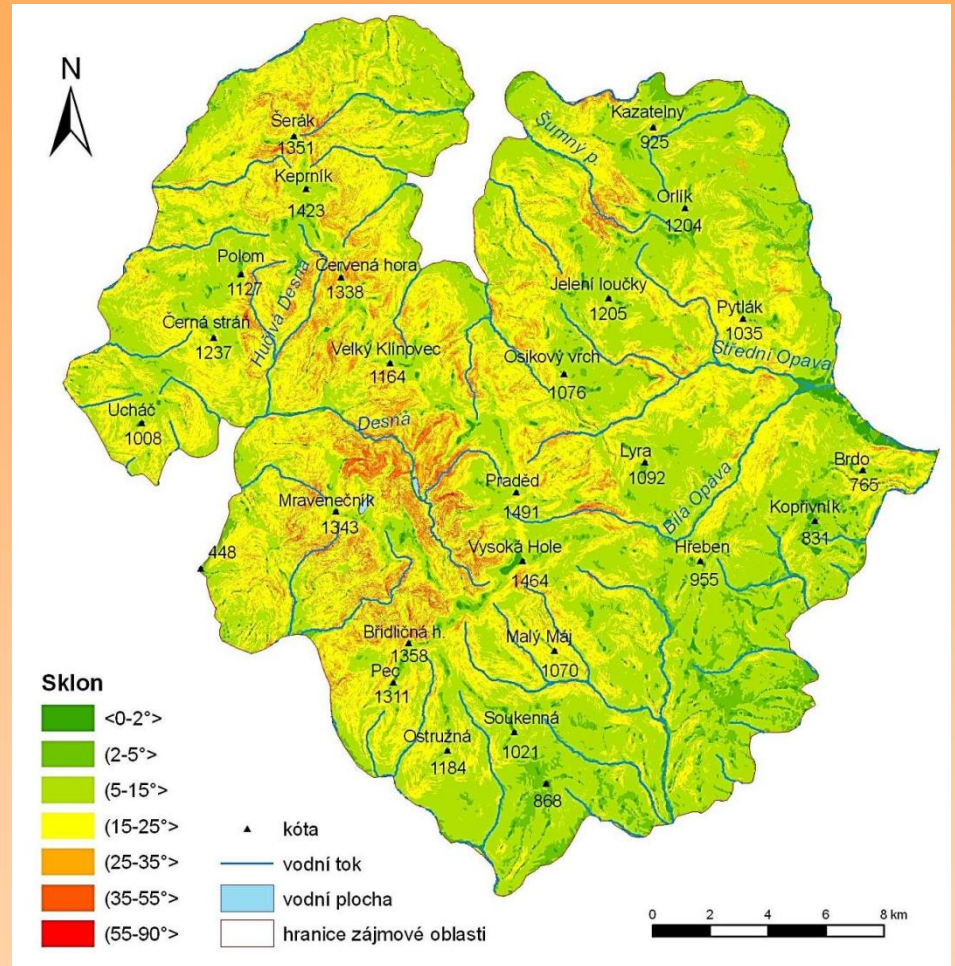
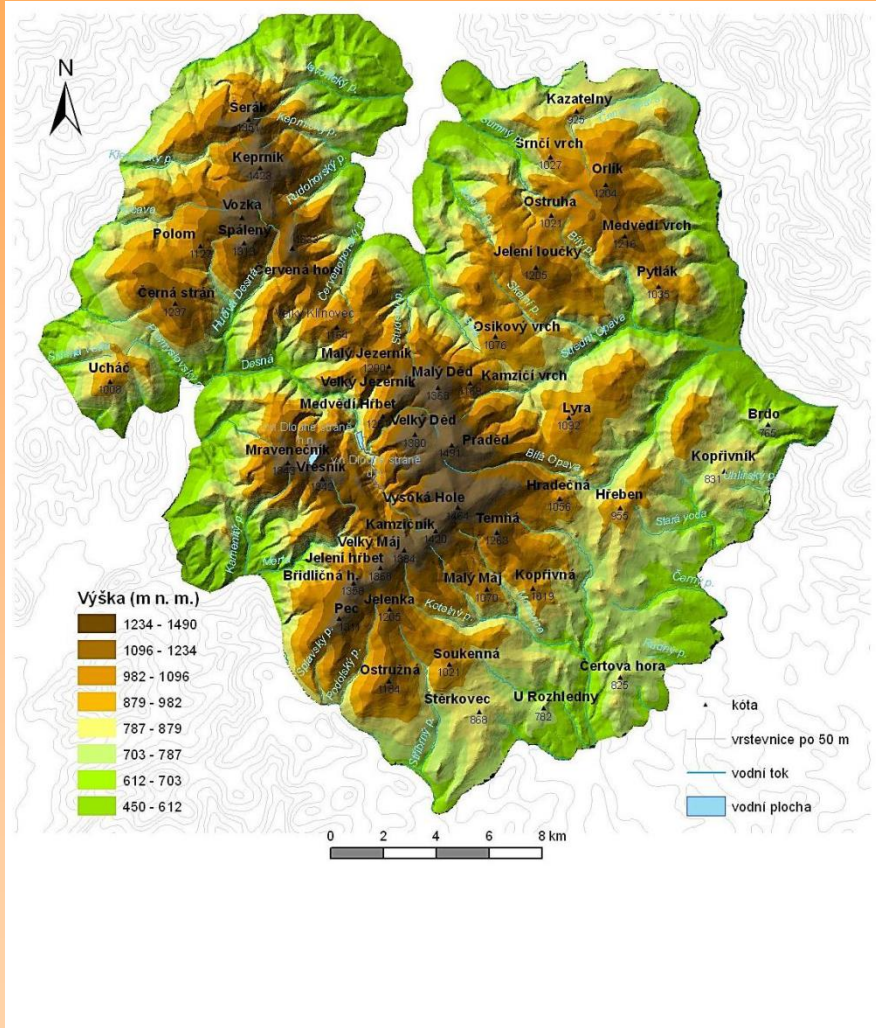


penneplain

alluvial plain



Hrubý Jeseník



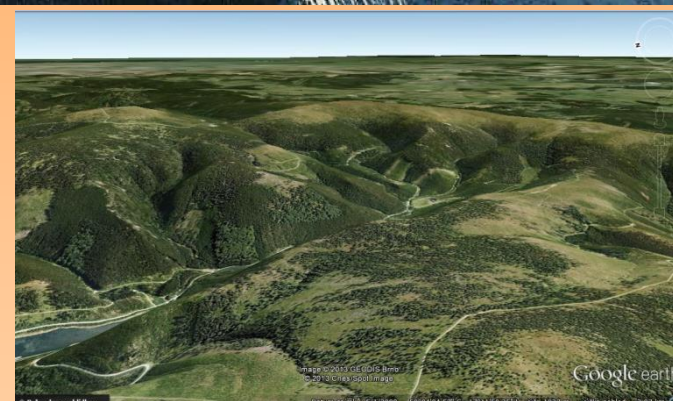
Sklonitost - zarovnané povrchy 0-2°

(Jablonská D., 2013)

Tab. 10: Hlavní úrovně zarovnání a jejich podúrovně v jednotlivých částech Hrubého Jeseníku (v m)

Kepnická			Pradědská			Orlická		
nadmořská výška úrovně (v m n. m.)	šíře úrovně (v m)	výškový rozdíl mezi danou úrovní a následující vyšší úrovní (v m)	nadmořská výška úrovně (v m n. m.)	šíře úrovně (v m)	výškový rozdíl mezi danou úrovní a následující vyšší úrovní (v m)	nadmořská výška úrovně (v m n. m.)	šíře úrovně (v m)	výškový rozdíl mezi danou úrovní a následující vyšší úrovní (v m)
			P1A 1430 - 1465 P1B 1391 - 1429 P1C 1370 - 1390	95				
K1A nad 1341 K1B 1300 - 1340	>40		P2A 1280 - 1320 P2B 1240 - 1280	40 20	50 20			
K2A 1160 - 1200*	40	100	P3 1180 - 1220	40	20	1180 - 1200	20	
K2B 1100 - 1120	20	40	P4A 1080 - 1100	20	80	O2A 1080 - 1130 O2B 1041 - 1079	50 40	50 0
K3 1000 - 1040	40	60	P4B 1000 - 1020	20	80	O3 1000 - 1040 O4A 960 - 980 O4B 920 - 940	40 20 20	0 20 20
			P5A 840 - 880 P5B 790 - 810 P6A 710 - 760 P6B 640 - 670	40 20 50 30	120 30 30 40	O5A 800 - 840 O5B 740 - 760 O6A 680 - 710* O6B 580 - 600	40 20 20 20	80 40 80 80
K6A 680 - 740*								
K6B 540 - 600*								

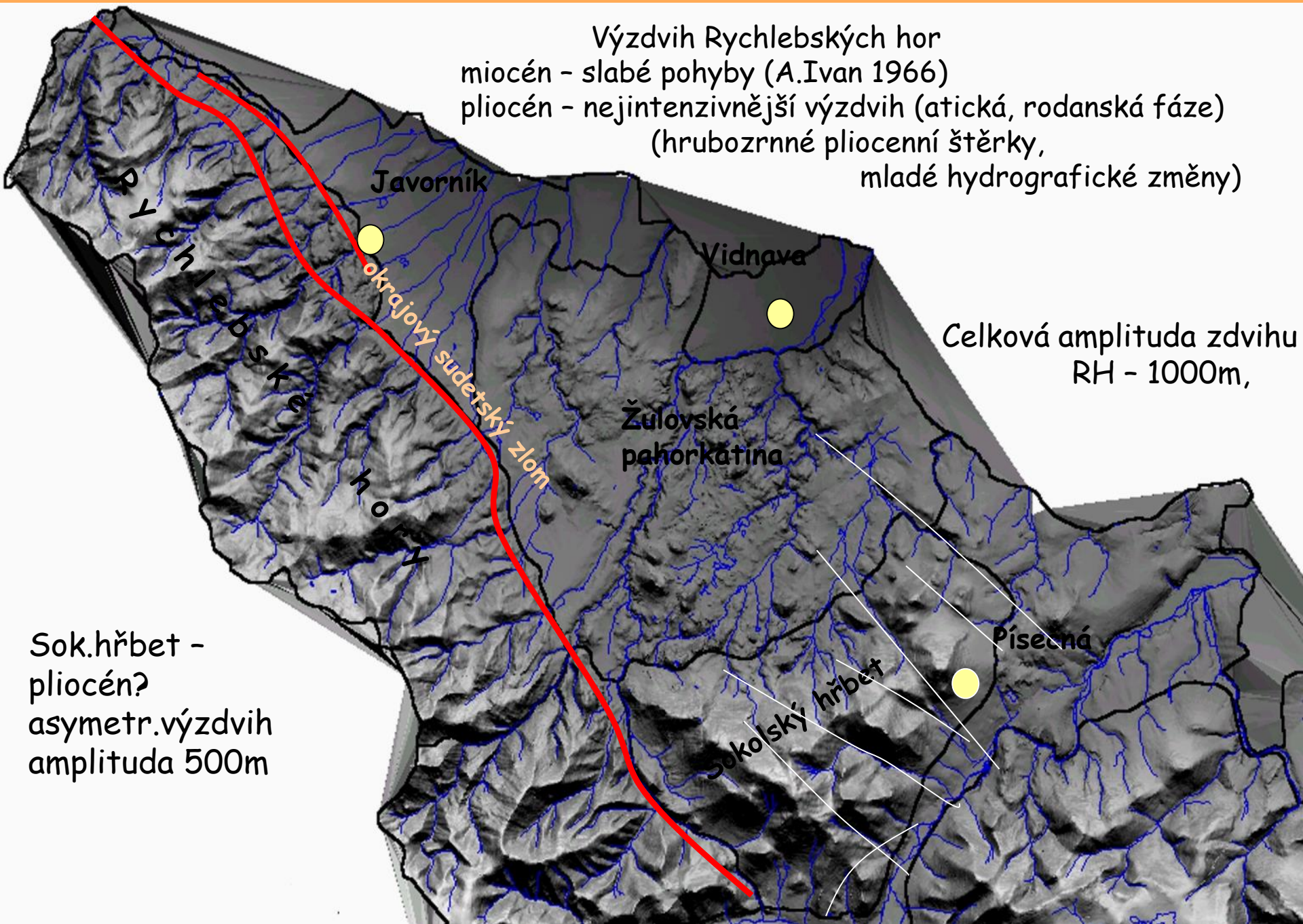
*Červeně ohraničené jsou potenciální úrovně zarovnání, u kterých nebyl prokázán rozdíl mezi očekávanými a pozorovanými hodnotami chí-kvadrát testem]



Několik úrovní zarovnaných povrchů

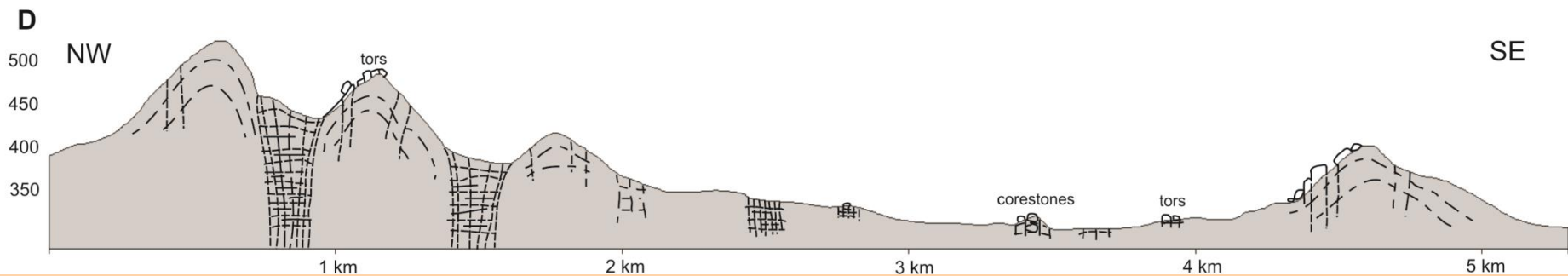
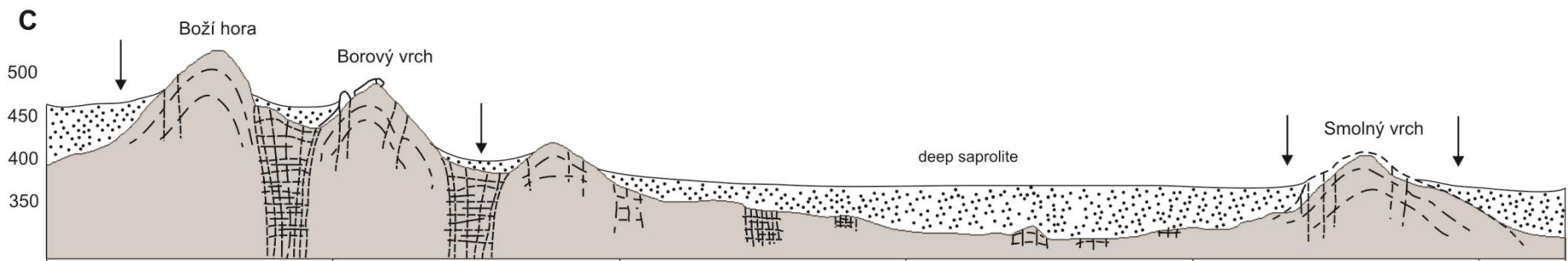
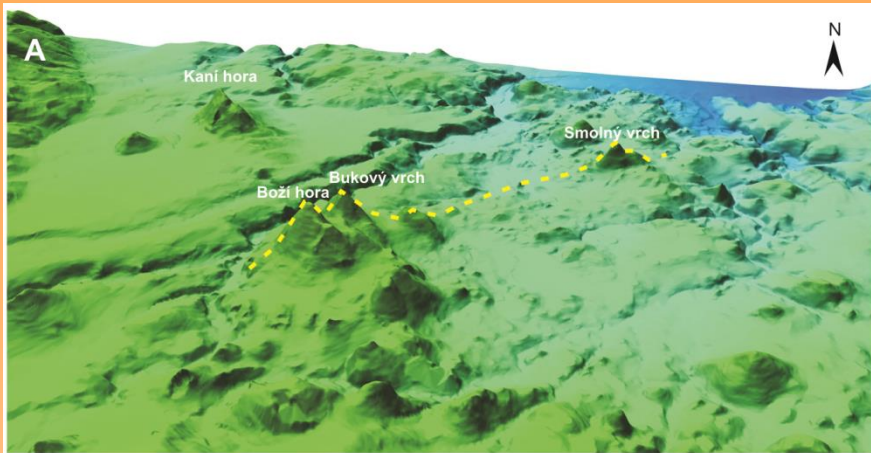
- Hranice souhlasné se zlomy
- = rozlámaný původně jednotný rozsáhlý zarovnaný povrch

Výzdvih Rychlebských hor
miocén - slabé pohyby (A.Ivan 1966)
pliocén - nejintenzivnější výzdvih (atická, rodanská fáze)
(hrubozrnné pliocenní štěrky,
mladé hydrografické změny)



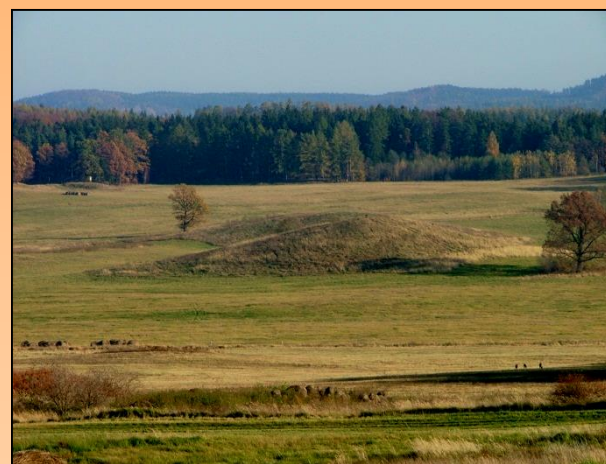
Celková amplituda zdvihu
RH - 1000m,

Sok.hřbet -
pliocén?
asymetr.výzdvih
amplituda 500m



Etchplén - bazální zvětrávací plocha

Nerovnosti bazální zvětrávací plochy, nízké exfoliační klenby...



Sokolský hřbet

Bažantnice



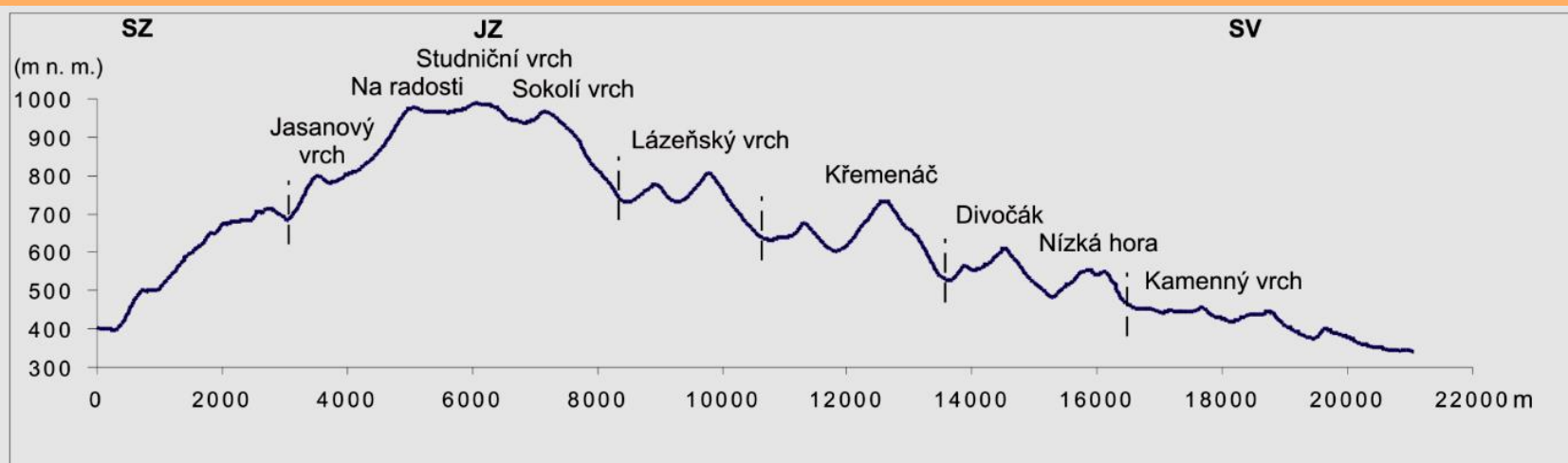
Exfoliační klenby (domes)



Borový vrch



Hrást' Sokolského hřbetu



1) 

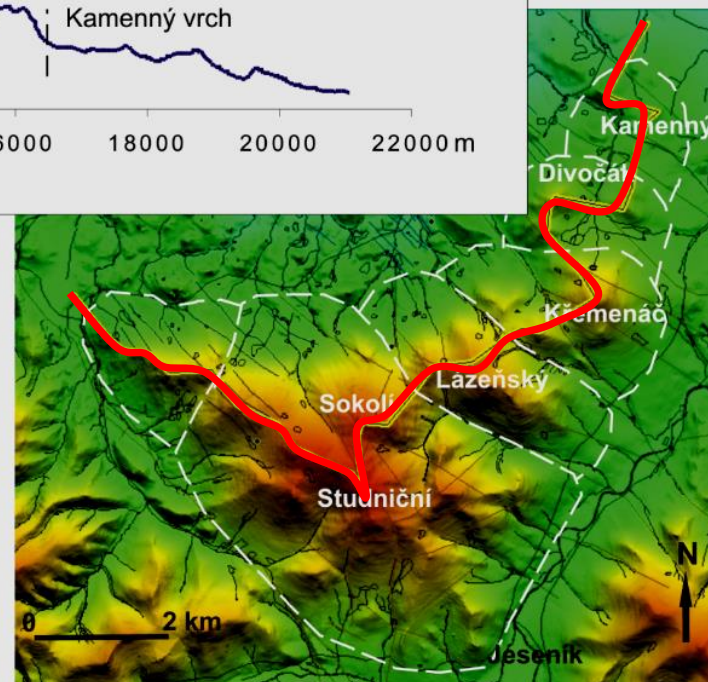
2) 

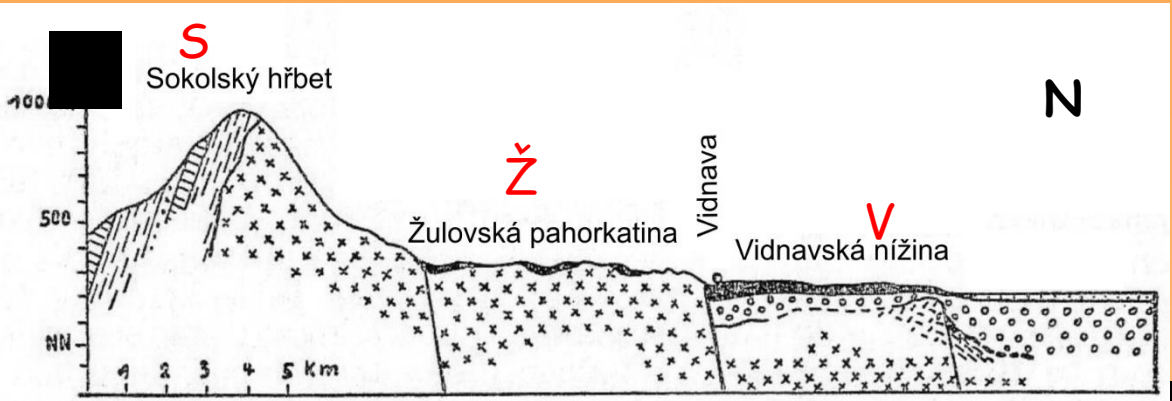
3) 

zlomy

hranice bloků

vnitřní zlomové svahy

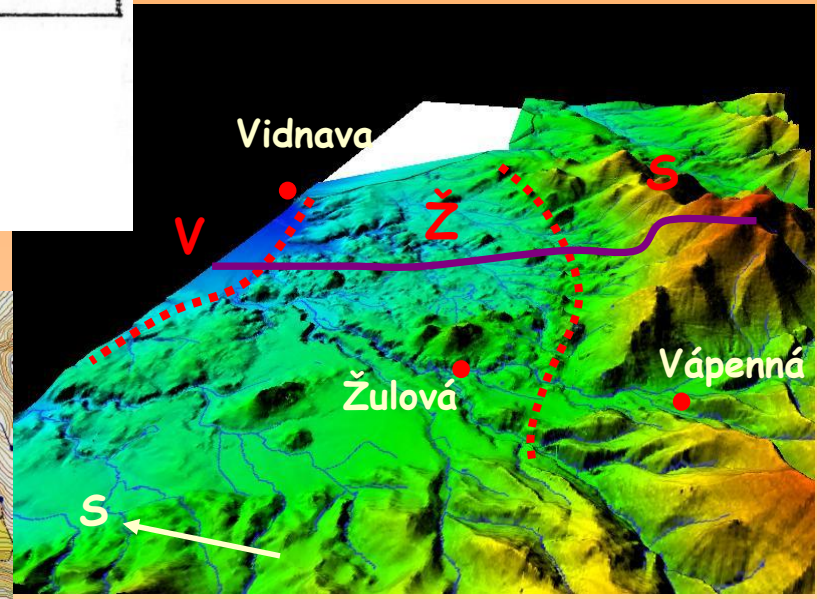
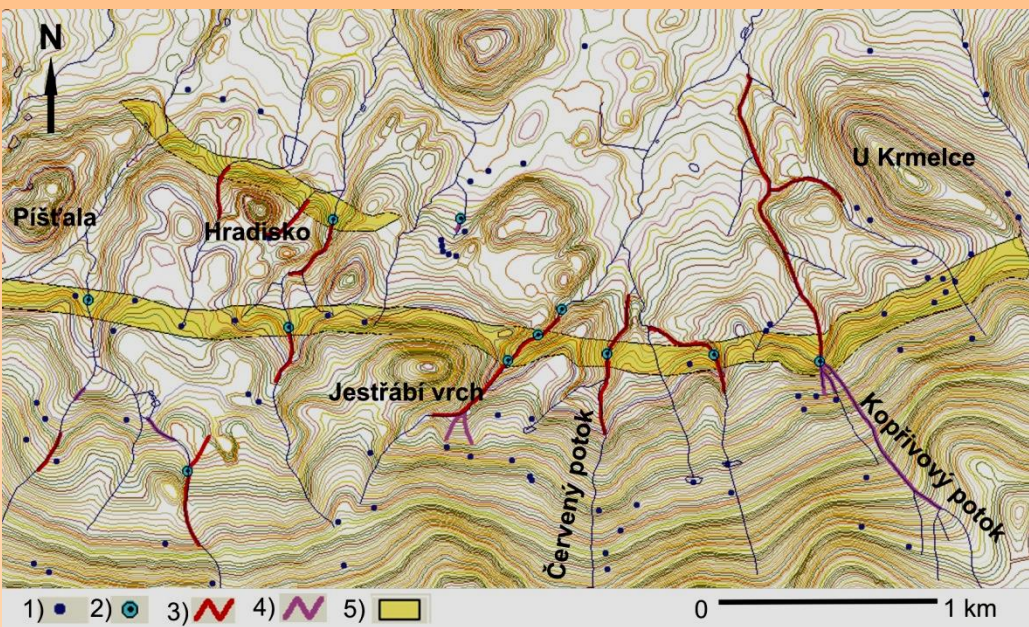




S - J stupňovitý reliéf
G. Anders (1939)

Tektonické stupně v žulovském masivu

- | | | | |
|------------|---------|------------|----------|
| holocén | neogén | ortoruly | kvarcity |
| pleistocén | granity | amfibolity | svory |

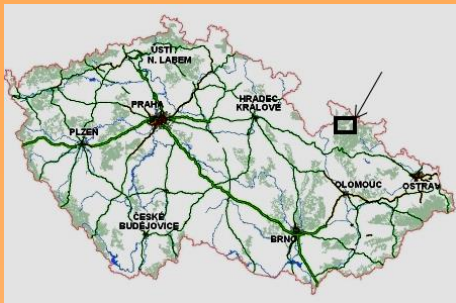


liniově seřazená prameniště,
začátky zvýšené eroze,
přimočará úpatí svahů

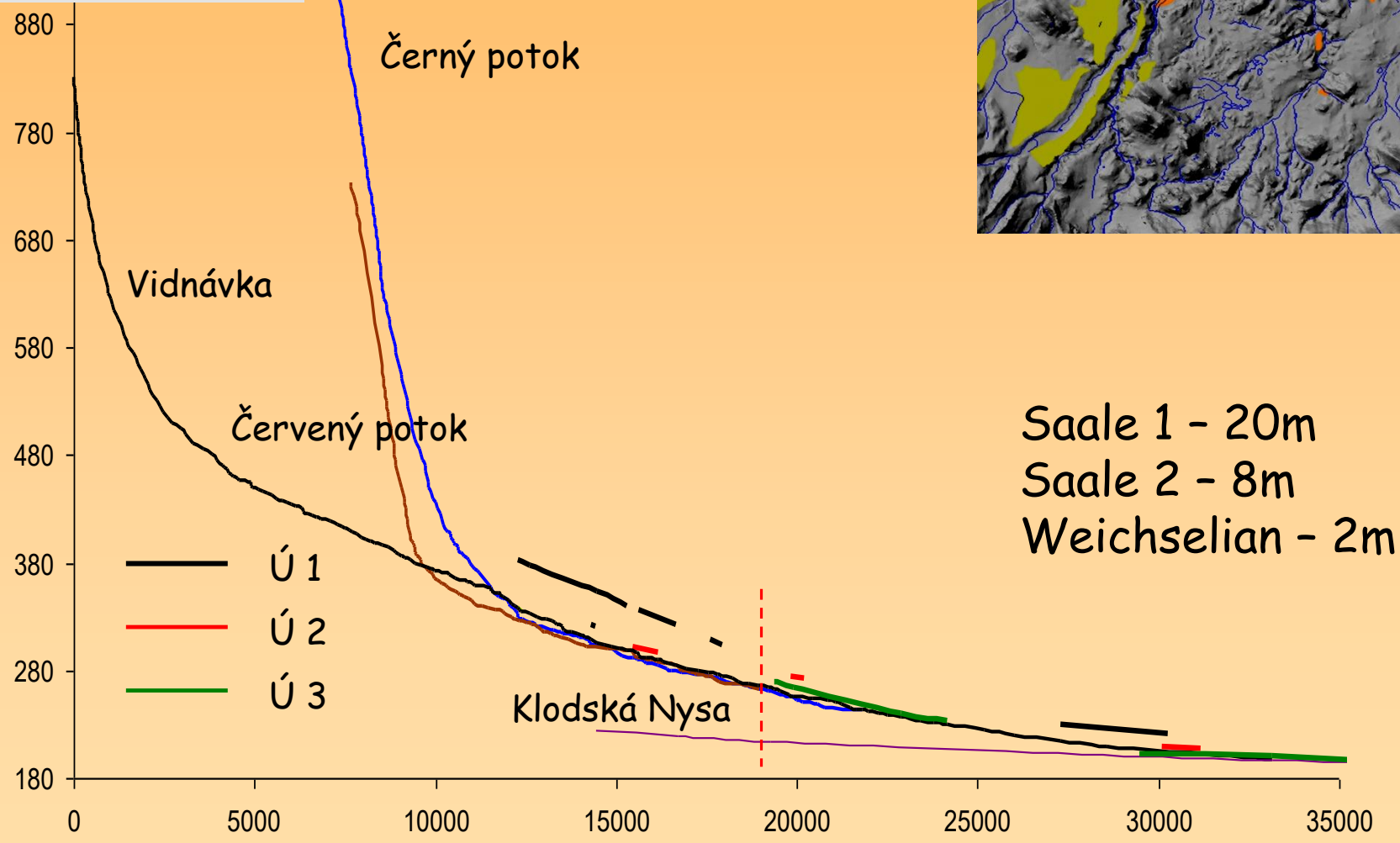
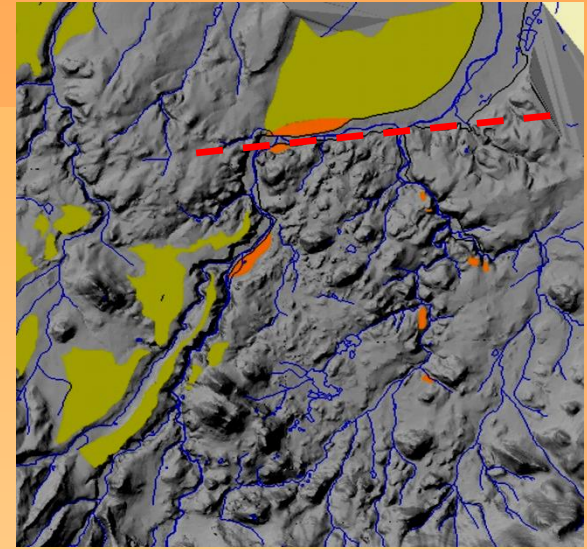
❖ Analýza údolní soustavy a fluviálních tvarů

Údolní systém - reakce na endogenní či exogenní procesy

říční terasy a fluviální sedimenty - anomálie v podélném i příčném profilu terasami => stupeň neotektonického porušení



Podélný profil terasami



❖ **Analýza údolní soustavy a fluviálních tvarů**

Údolní systém - reakce na endogenní či exogenní procesy

říční terasy a fluviální sedimenty - anomálie v podélném i příčném profilu terasami => stupeň neotektonického porušení

opuštěné údolní úseky - změna říční sítě - možná příčinná souvislost s neotektonickými pohyby, rekonstrukce říční sítě

průlomová údolí - údolní úseky přetínající aktivní morfostruktury různého charakteru

podélné profily - základní trendy vývoje údolního systému
anomálie - tektonické pohyby x různé příčiny (terén)

příčné údolní profily - změny doprovázejí anomálie v podélném profilu

- vývoj údolí v čase (údolní hrany, bývalá údolní dna)
- ověření v terénu - vytipovaná místa, malé toky - geodetické zaměření
- typizace údolí - prostorové uspořádání jednotlivých typů

❖ Analýza geodynamických tvarů a jevů

Intenzita a hustota jevů, prostorové uspořádání
- neotektonická aktivita

- hluboké erozní rýhy, sesuvy, skalní řízení apod.



Sesuv v San Salvadoru vyvolaný zemětřesením

❖ Puklinová a zlomová analýza



❖ Puklinová a zlomová analýza

Zhodnocení potenciální příčinné souvislosti s lineárními tvary a lineárně uspořádanými jevy reliéfu

Zóny oslabení - přednostní orientace reliéfu - údolí, hřbety

Srovnání strukturních měření na jednotlivých blocích - odlišný vývoj

puklinová analýza - měření na výchozech,

vyloučení exfoliačních puklin (paralel. s údol. svahy)

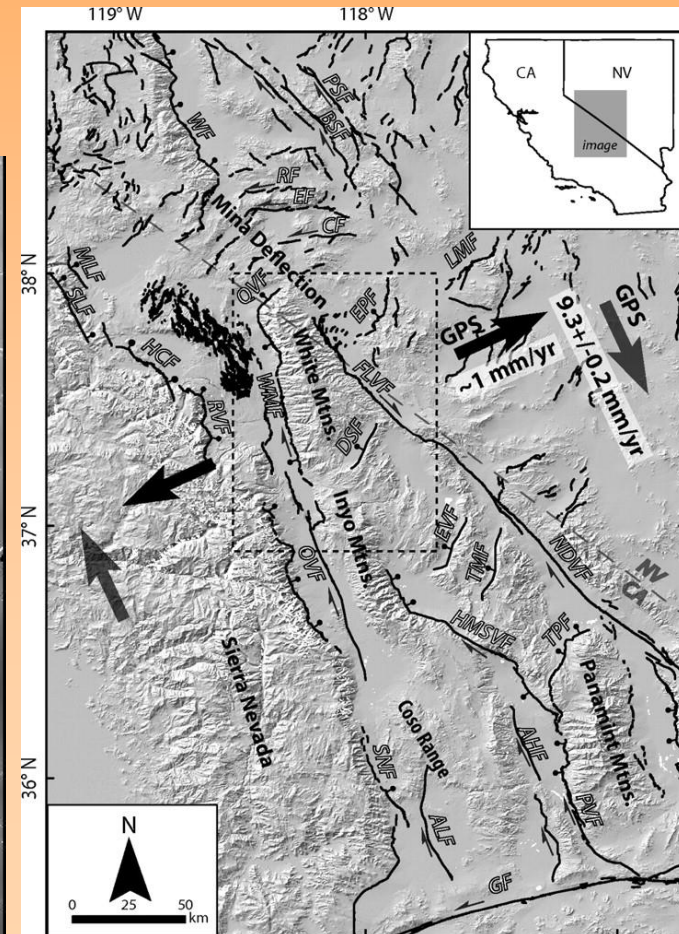
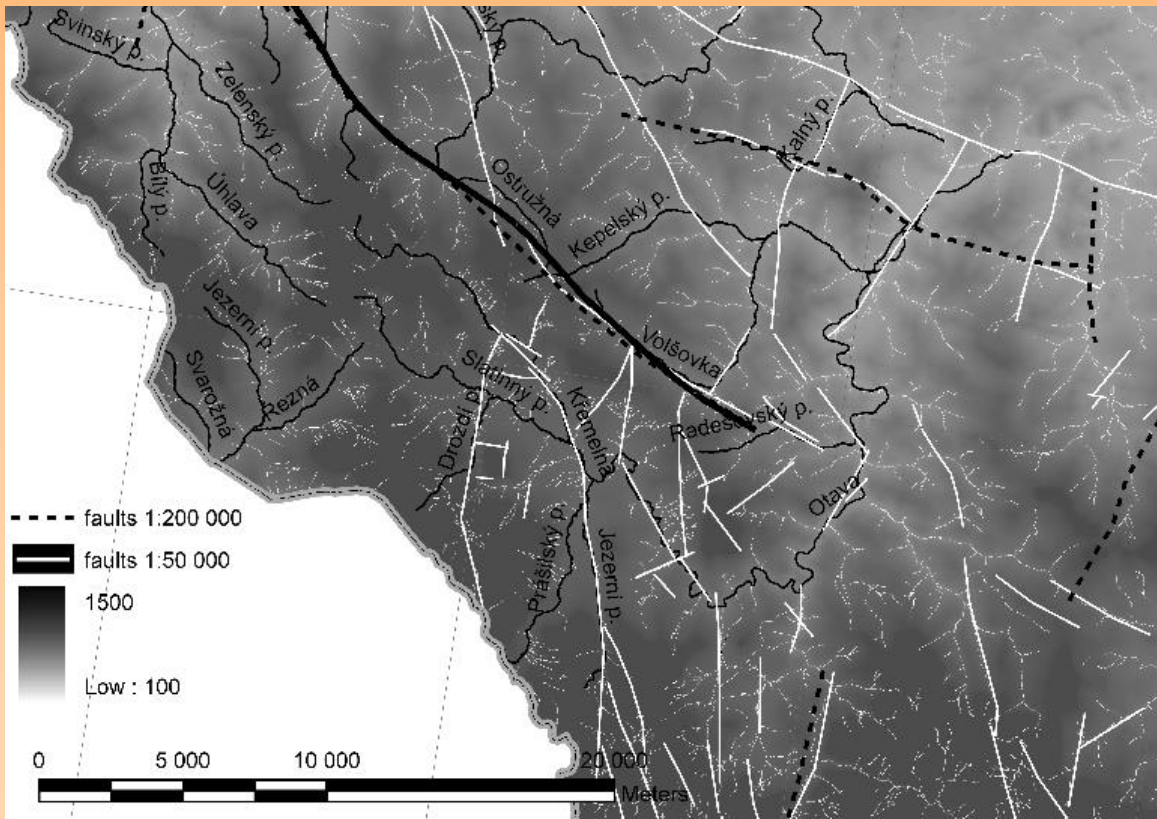
- měření zvláště v rámci jednotlivých litolog. komplexů

(různé mechanické vlastnosti - v tektonice odlišné projevy)

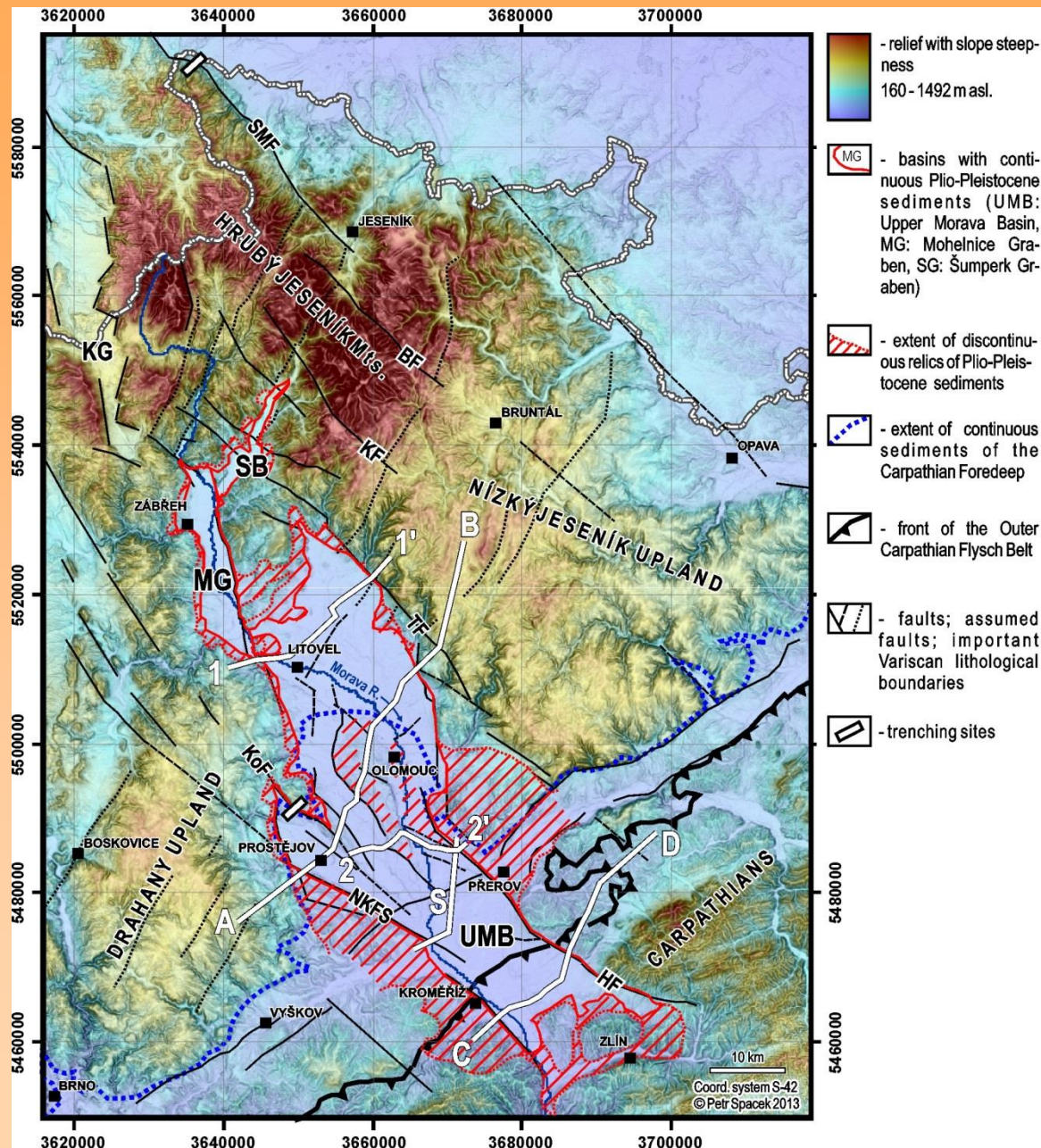
zlomová analýza - odkryvy, různé tematické mapy

Zlomová analýza

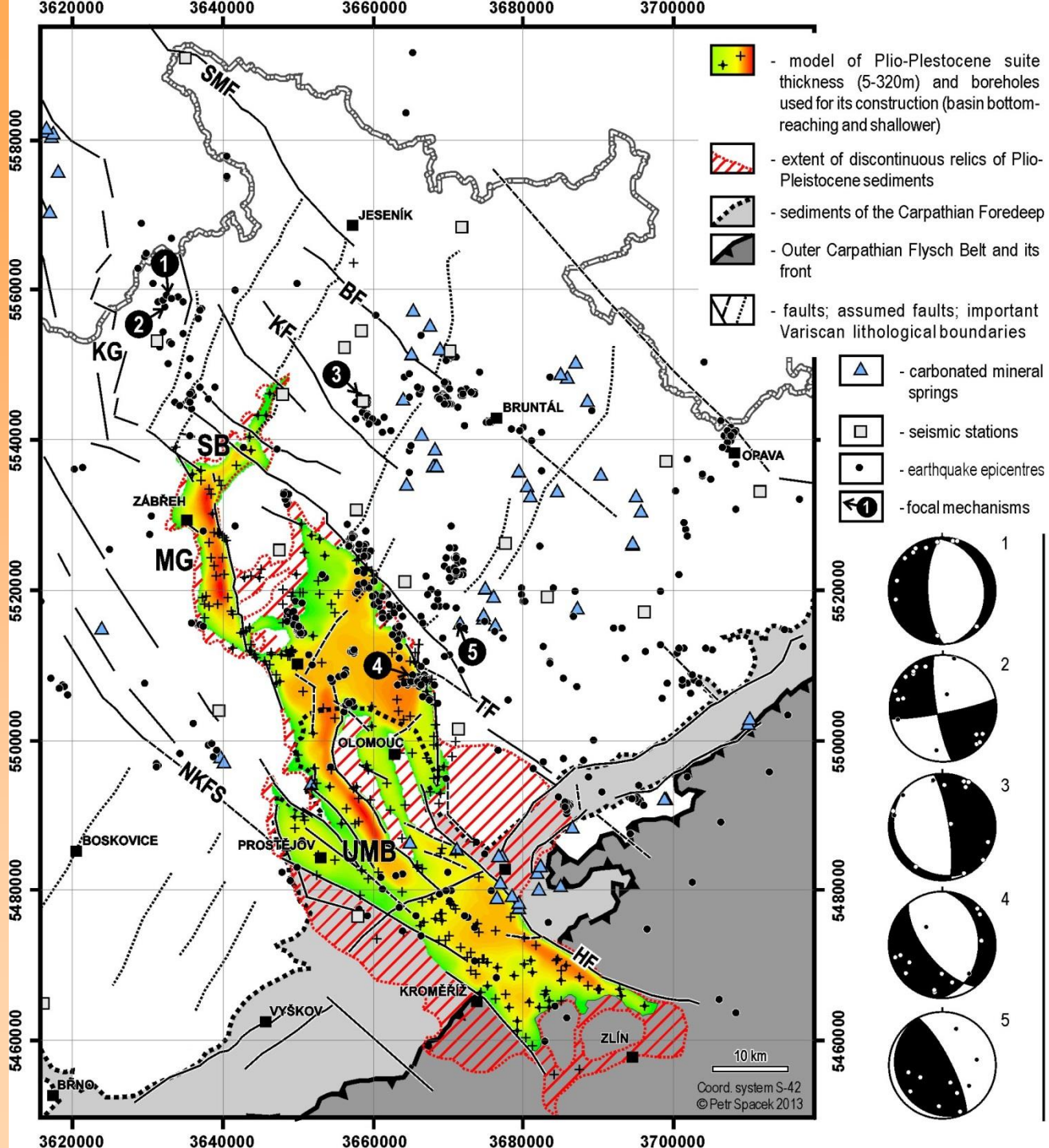
- zlomy představují hlavní zóny oslabení
- pasivní i aktivní tektonika
- zakládají plán údolní sítě, vytváří nejnápadnější svahy, stupně v profilu, ...












➤ geologické a topografické mapy, vrty, geofyzikální podklady

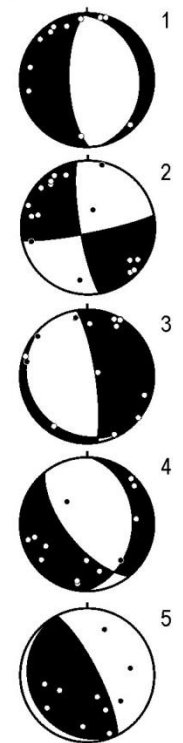


Špaček et al. (2015)

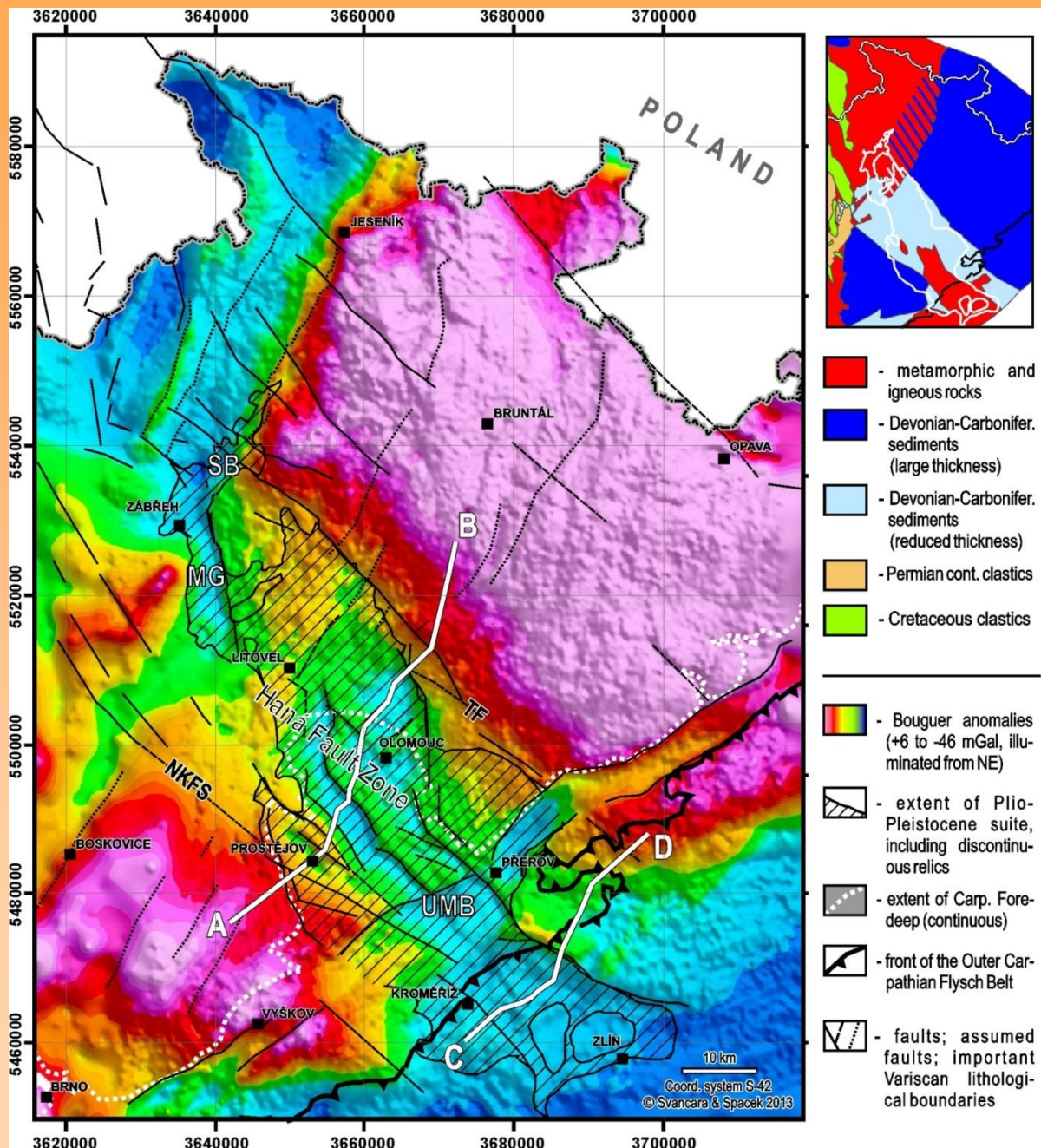


-  - model of Plio-Pleistocene suite thickness (5-320m) and boreholes used for its construction (basin bottom-reaching and shallower)
-  - extent of discontinuous relics of Plio-Pleistocene sediments
-  - sediments of the Carpathian Foredeep
-  - Outer Carpathian Flysch Belt and its front
-  - faults; assumed faults; important Variscan lithological boundaries

-  - carbonated mineral springs
-  - seismic stations
-  - earthquake epicenters
-  - focal mechanisms



Coord. system S-42
© Petr Spáček 2013



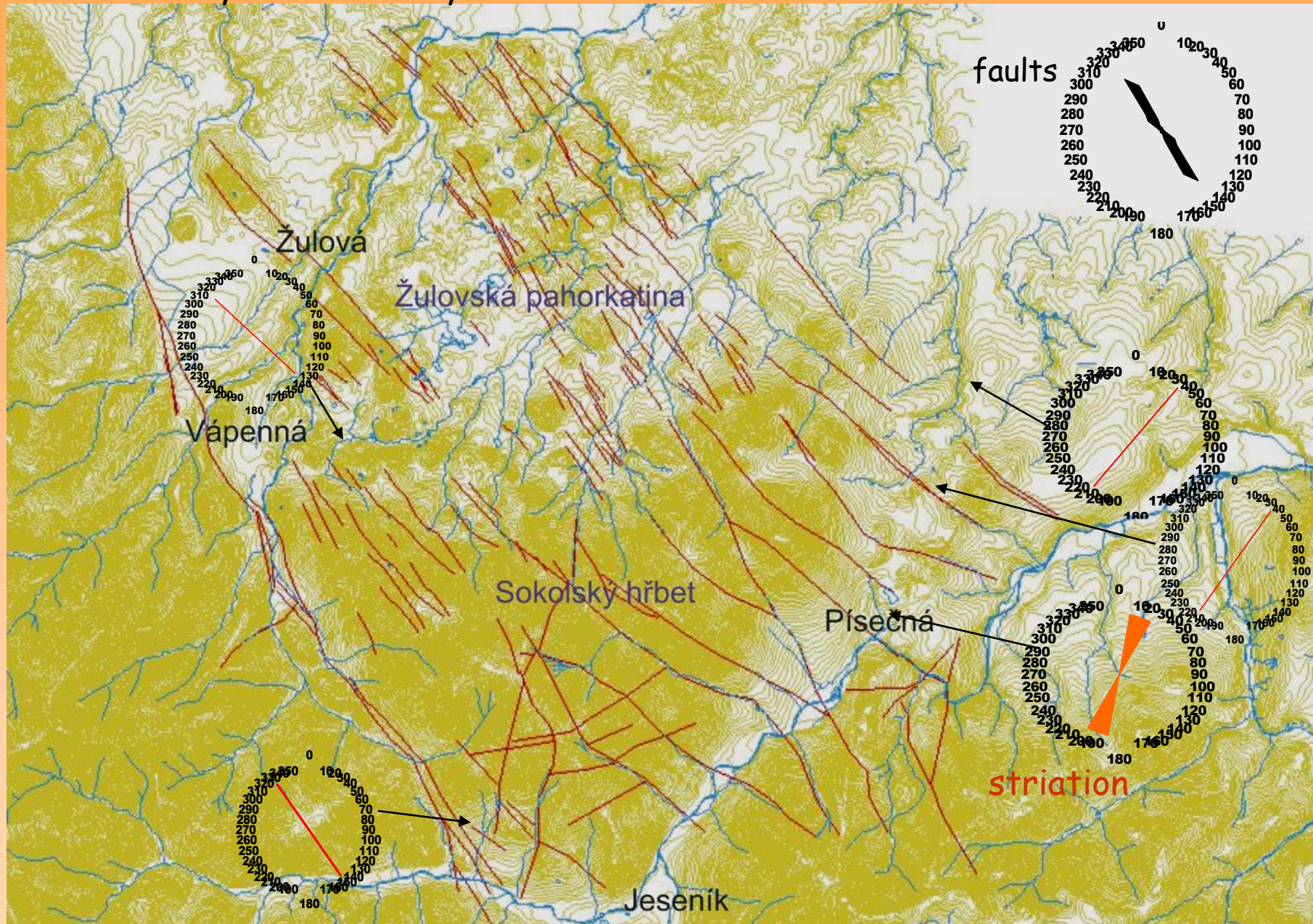
Gravimetrická mapa

- Bougerových anomálií
odchylka od normálního
tíhového zrychlení

Ovlivněno odlišnou hustotou
hornin či přítomností anomální
horninové masy

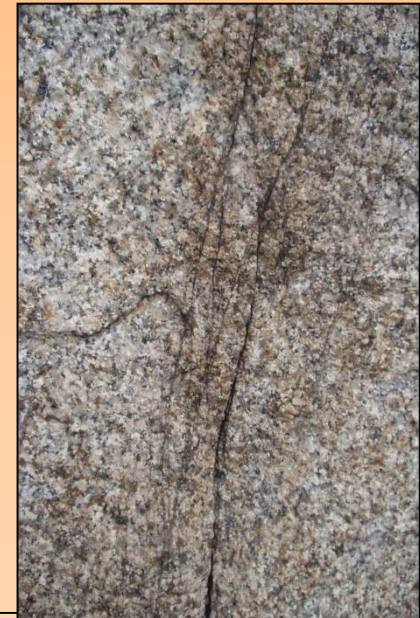
Negativní anomálie - lehké
horniny nebo topografické
sníženiny

Rychlebské hory



Puklinová analýza

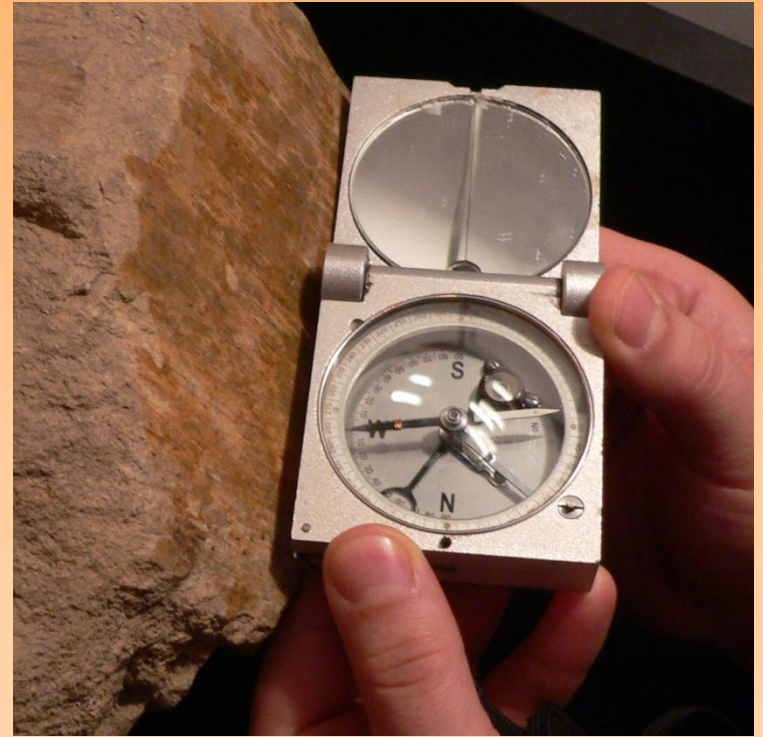
- pukliny - drobné otevřené nebo uzavřené diskontinuity v hornině
- vznikají při tektonickém tlaku
 - často obdobné směry a orientaci jako zlomy
 - puklina (joint) x trhlina (rupture)
 - klasifikace
 - velikostní: - vůdčí pukliny, velké pukliny, drobné pukliny, mikroskopické pukliny.
 - geneze: - tahové, tlakové, střižné
 - párové puklinové systémy - cca kolmé
 - puklinové zóny



morfostrukturní analýza reliéfu

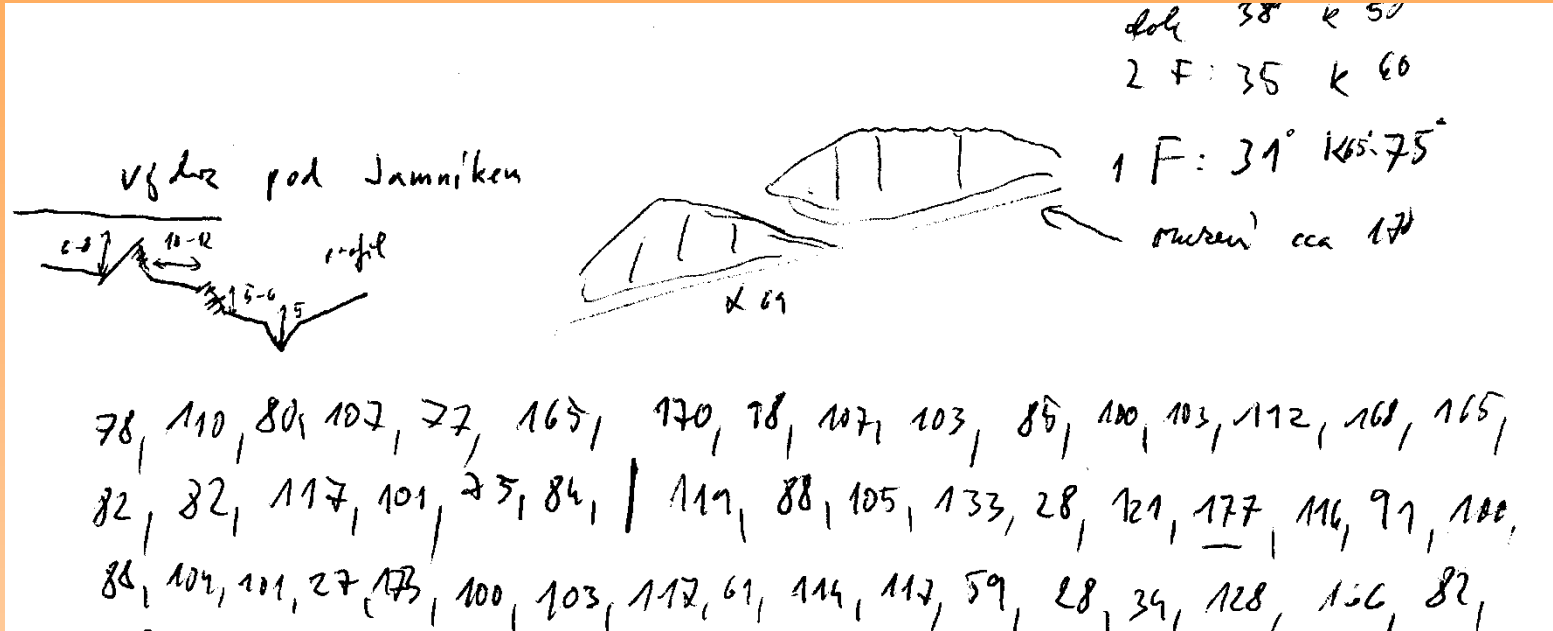
➤ puklinová analýza

- terénní sběr dat → vyhodnocení



➤ konstrukce a vyhodnocení různicového diagramu	0	180
	10	130
	20	351
➤ zobrazení naměřených puklin pomocí diagramu:	30	180
nejjednodušší puklinové diagramy jsou diagramy plošné:	40	132
zobrazují buď jen směr nebo jen sklon puklinové plochy	50	104
	60	230
	70	197
➤ postup konstrukce plošného diagramu:	80	355
získat data - měření orientace puklin, foliace, údolních úseků, ...	90	349
	100	719
179,11, 0, 58, 68, 75, 20, 5, 11,18, 27, 96, ...	110	807
268,11,301, 211, 0, 158, 8, 275, 200, 5, 303,18, 355, 344 27, 96, ...	120	165
	130	47
	140	52
	150	160
	160	141
	170	224

konstrukce a vyhodnocení růžicového diagramu

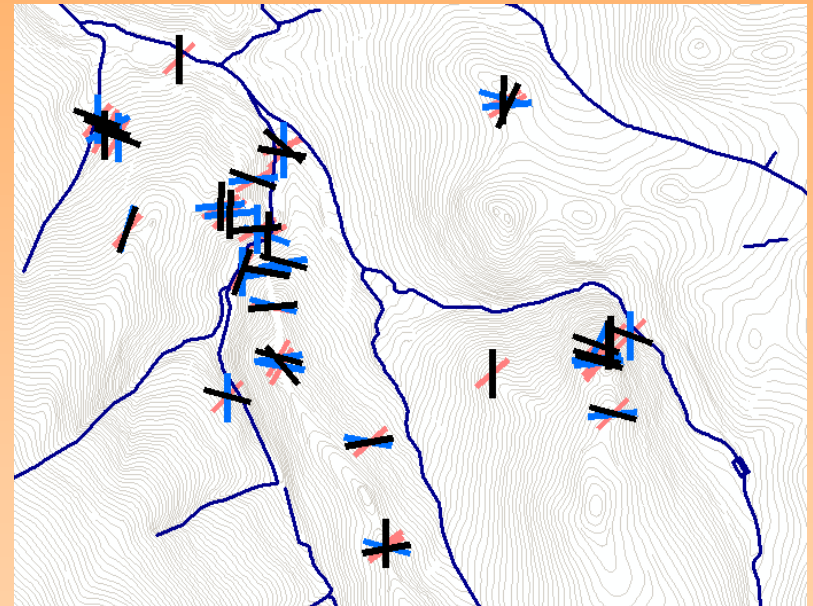
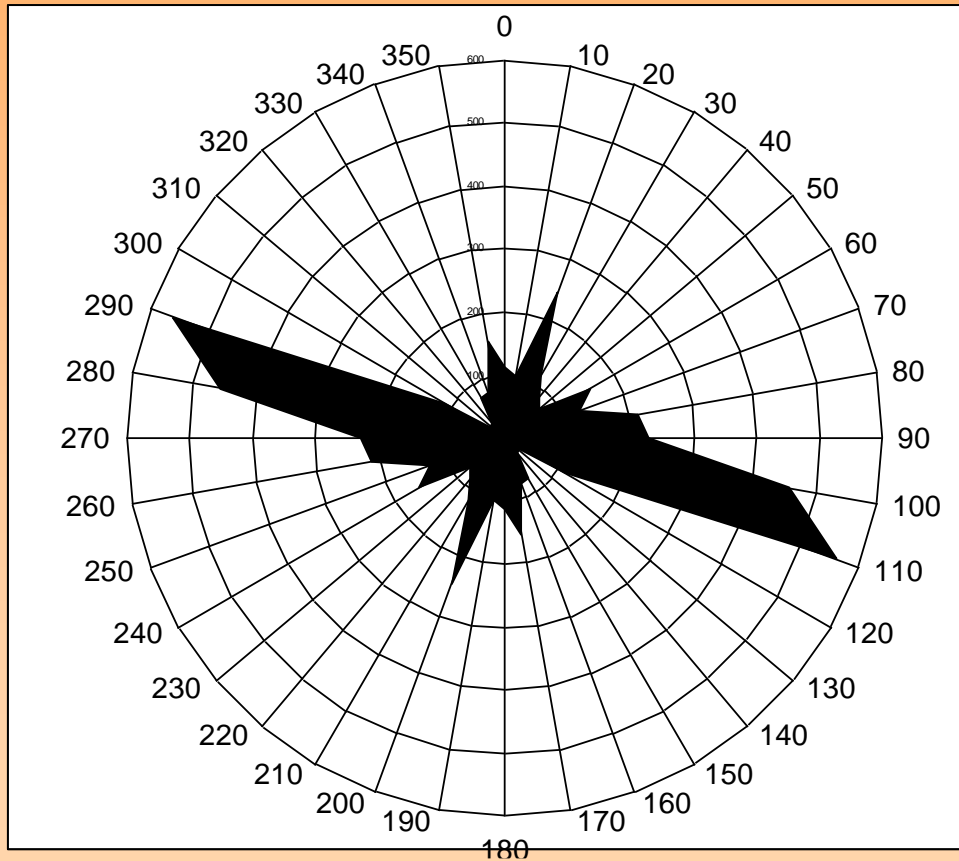


0	180
10	130
20	351
30	180
40	132
50	104
60	230
70	197
80	355
90	349
100	719
110	807
120	165
130	47
140	52
150	160
160	141
170	224

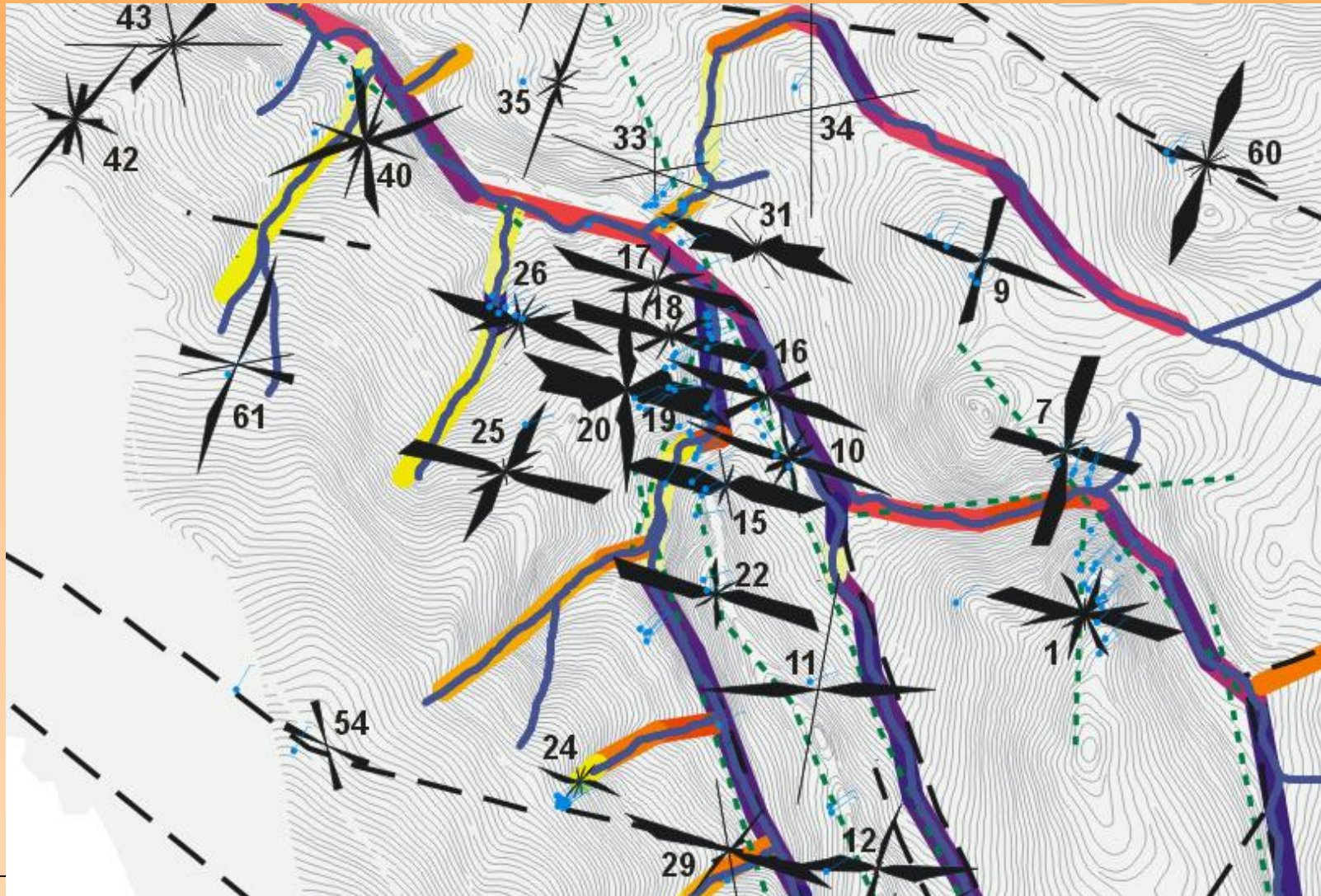
- rozdělit data do intervalů - obvykle po 10°
- intervaly <math>\begin{cases} < 0 - 9) & \text{střed 5} \\ < 5 - 15) & \text{střed 10} \end{cases}</math>
- sečíst četnost v jednotlivých intervalech

➤ konstrukce a vyhodnocení růžicového diagramu

→ vytvořit hvězdicový (růžicový graf), nebo výběr převládajícího směru



➤ další možnosti - dílčí grafy pro jednotlivé výchozy a/nebo dílčí území -
komplexní strukturně-geomorfologická mapa



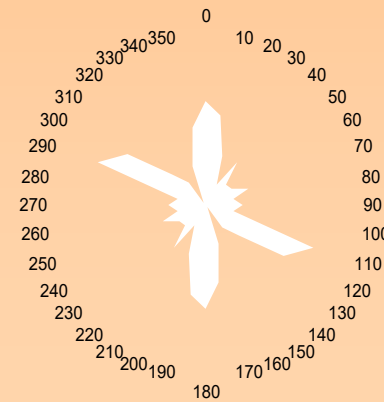
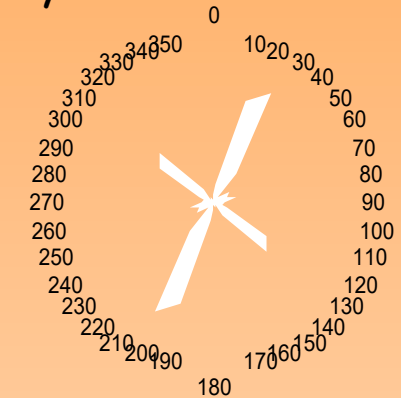


Rychlebské hory - puklinová analýza

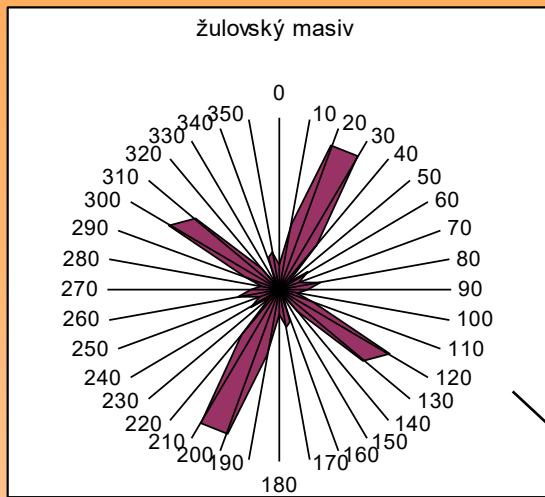
- granitoidy - primární puklinový systém (S, Q, L) - 2 hlavní směry:
 - příčné pukliny (Q) SV - JZ ($20^\circ - 30^\circ$)
 - podélné pukliny (S) SZ - JV ($120^\circ - 130^\circ$)
 - kataklažované zóny - SZ - JV až 20 - 30 m široké



- metamorfovaný plášť - 2 hlavní směry:
 - SZ - JV ($110^\circ - 120^\circ$)
 - S - J ($350^\circ - 10^\circ$)

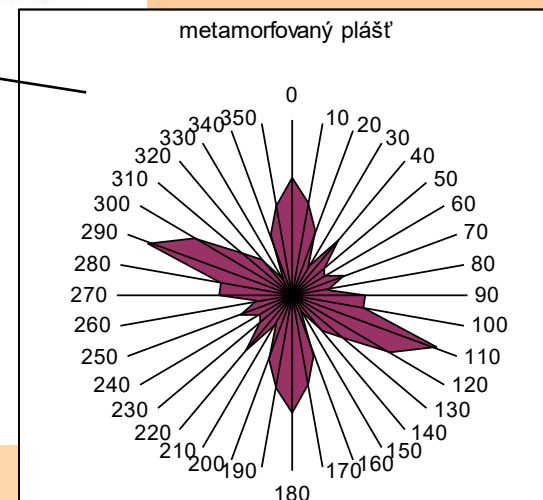
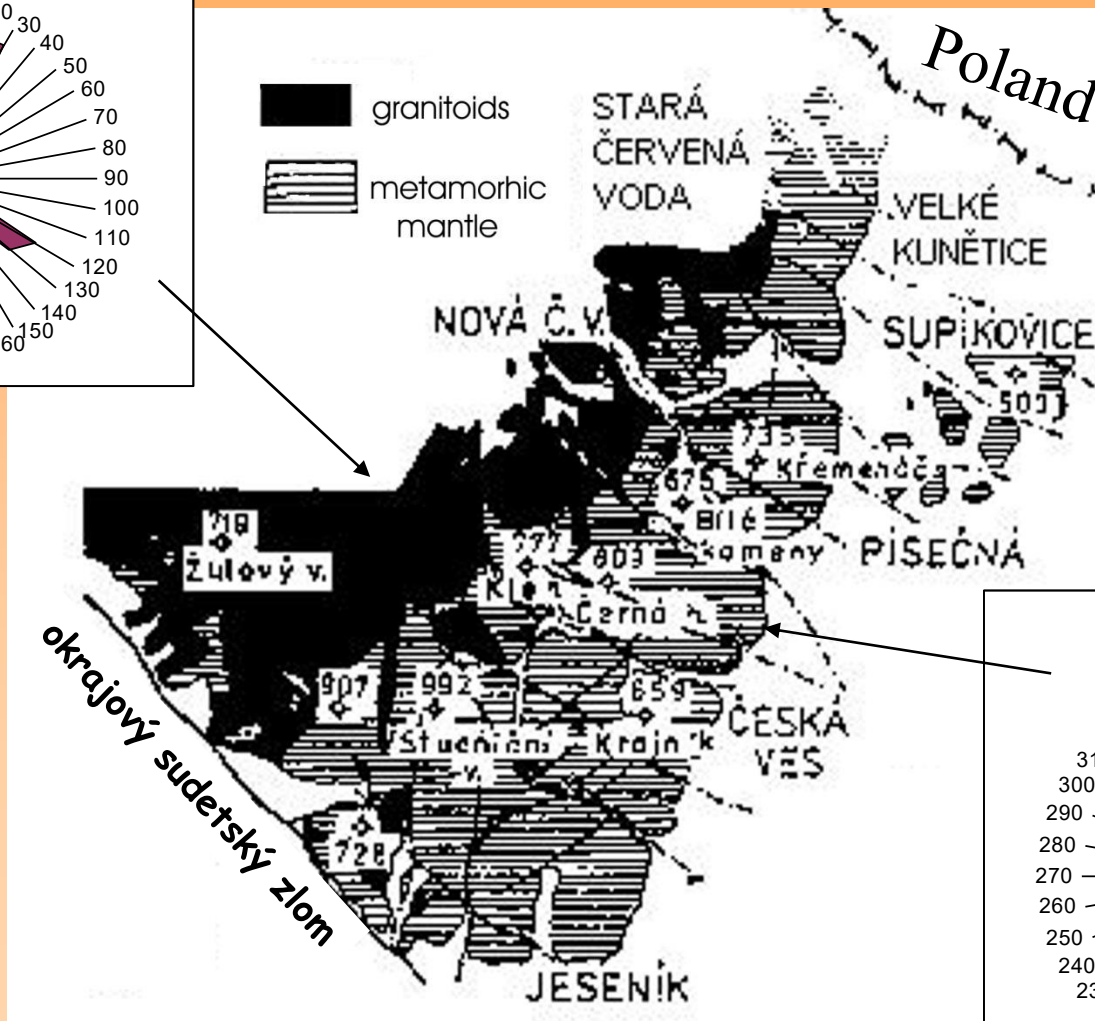


➤ puklinová a zlomová analýza

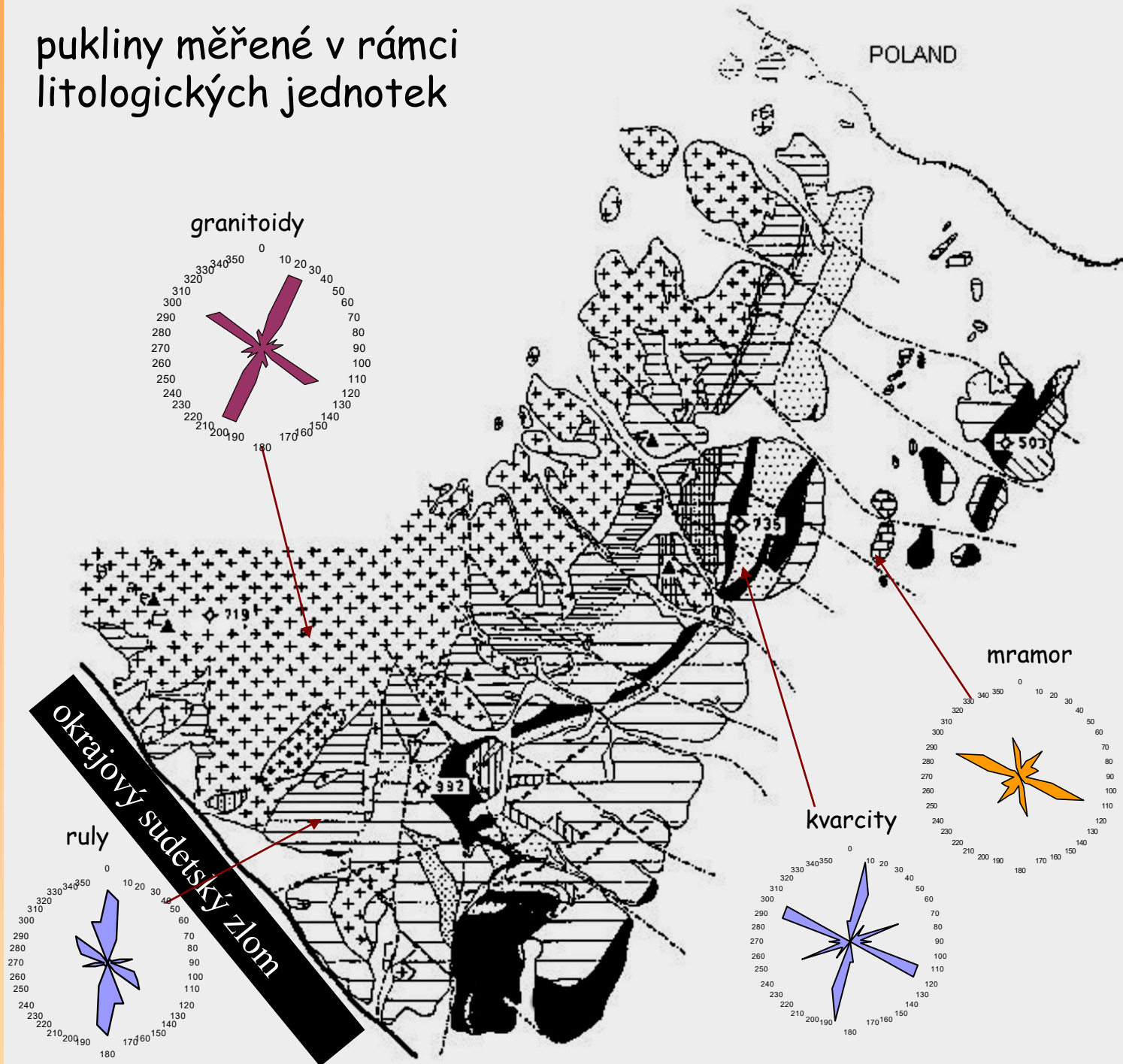


Sokolský hřbet

pukliny

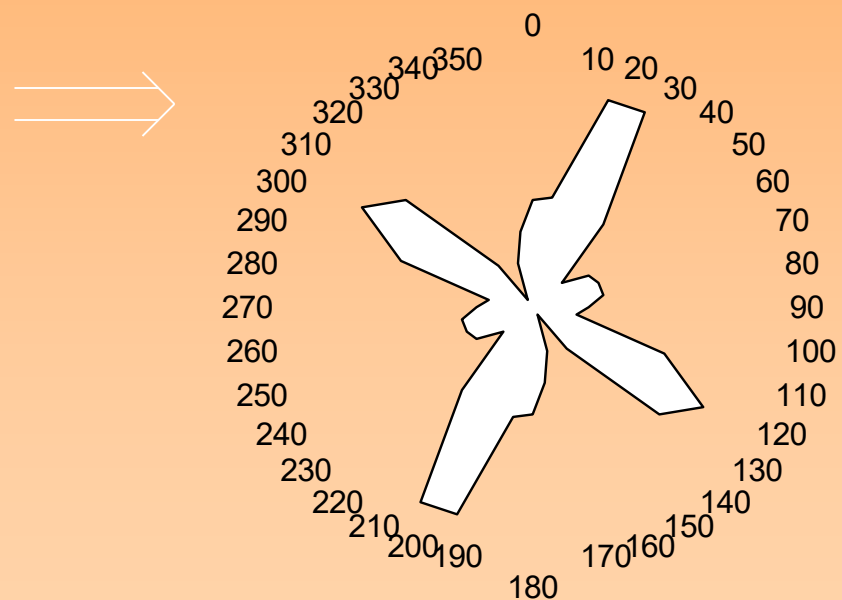


pukliny měřené v rámci litologických jednotek



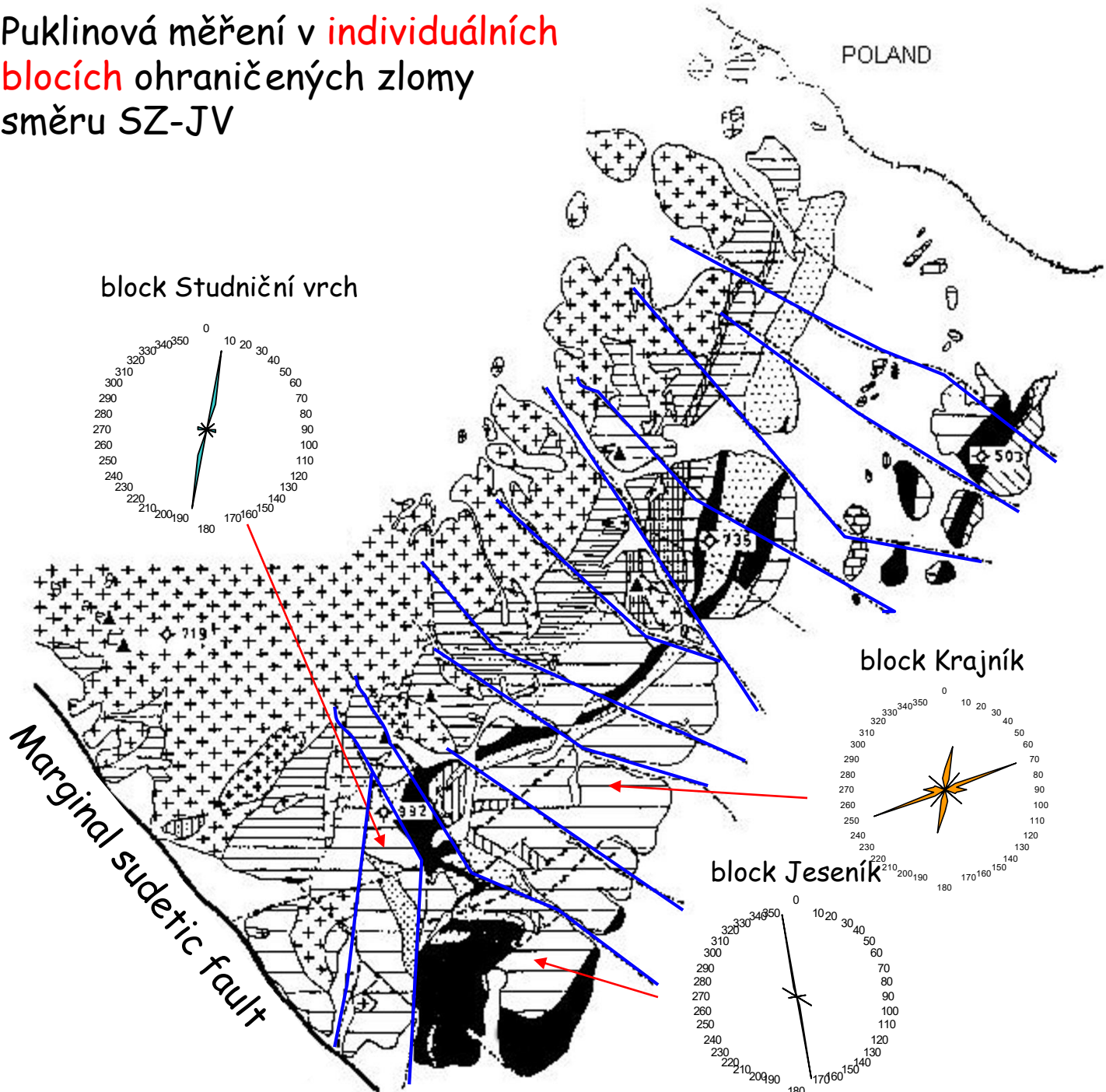


- jednotlivé litologické jednotky - odlišné směry puklin
- pukliny a zlomy sudetského směru ($110^{\circ} - 130^{\circ}$) postihují všechny litologické jednotky - je to nejmladší porušení



• četnost orientace puklin v celém území

Puklinová měření v **individuálních blocích** ohraničených zlomy směru SZ-JV





- jednotlivé bloky mají své směry bez ohledu na litologii
- dislokace v rámci jednotlivých bloků sledují směry v jednotlivých blocích spíše než směry charakteristické pro litologické jednotky
- to může poukazovat na individuální odlišný pozdější vývoj bloků

❖ Analýza morfolineamentů

morfolineamenty - výrazně lineárně uspořádané tvary reliéfu - přímočaré úseky svahů a údolí (linearita údolí) - vazba na poruchová pásma

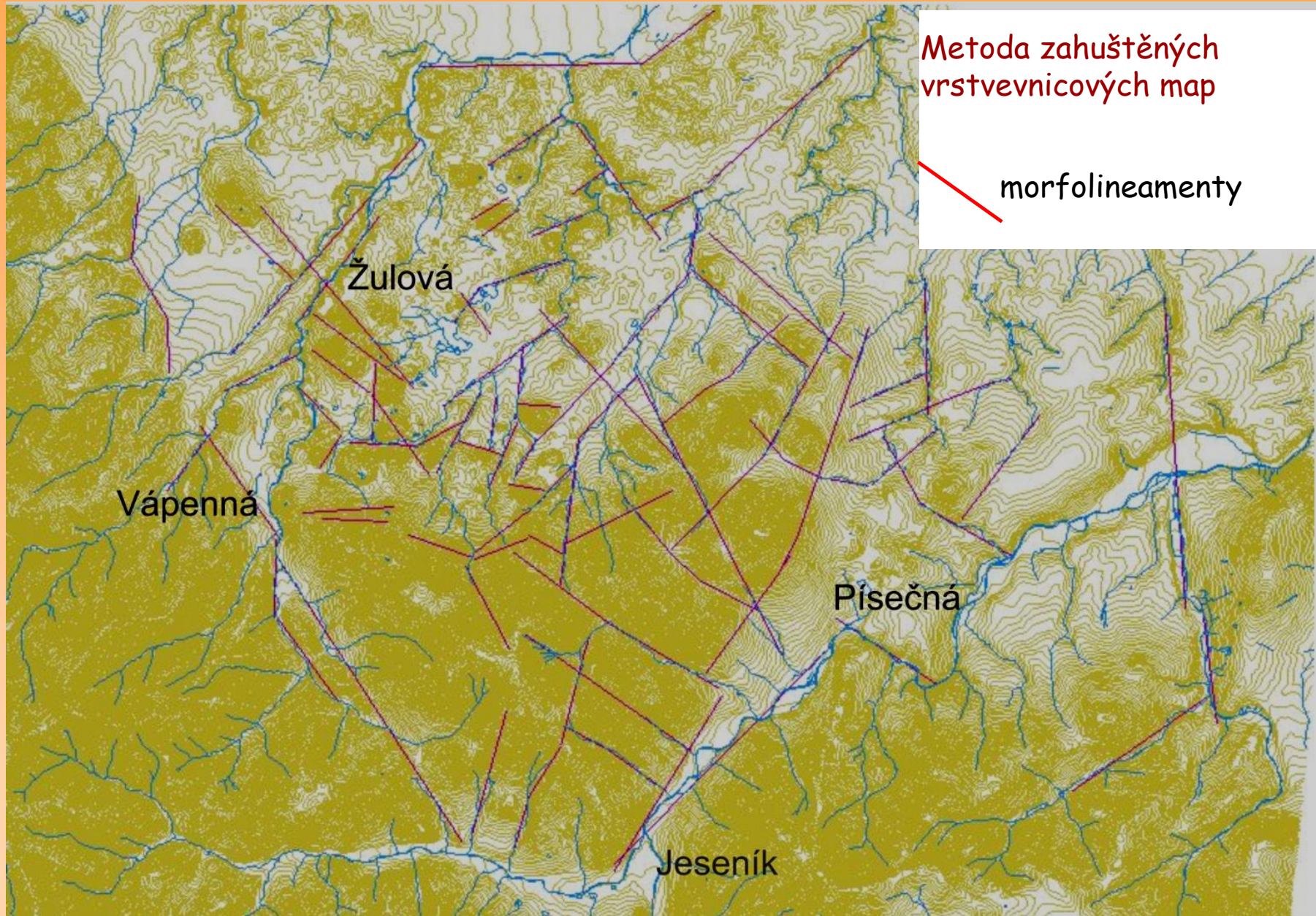
geomorfologické linie - vázána na sedla, hřebety, terénní hrany, náhlé ohyby toku, lineárně uspořádané prameny apod.

identifikace - metoda zahuštěných vrstevnic (Ostaficzuk 1975), z DMR
- DPZ - radarové snímky

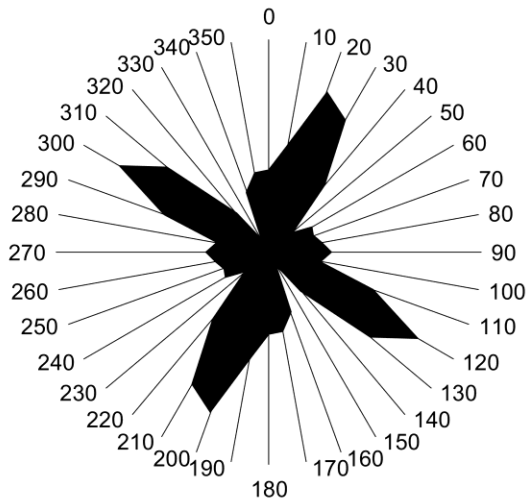
upřesňování tektonických map - korelace s geofyzikálními daty (lineární tíhové indikace, magnetické anomálie, zvýšené koncentrace radioaktivních prvků apod.)

statistické srovnání směrů morfolineamentů a směrů puklin/zlomů
korelace - index podobnosti (Štěpančíková 2007)

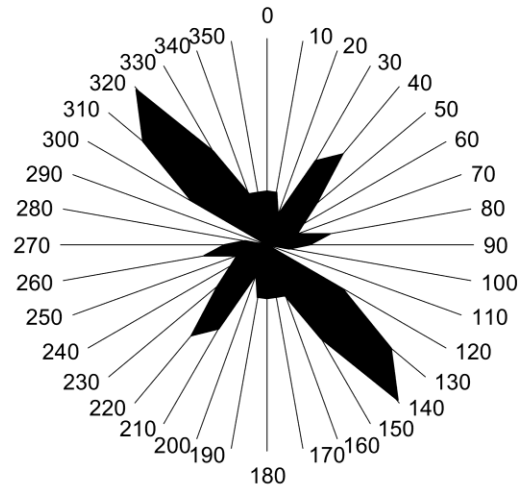
➤ analýza morfolineamentů



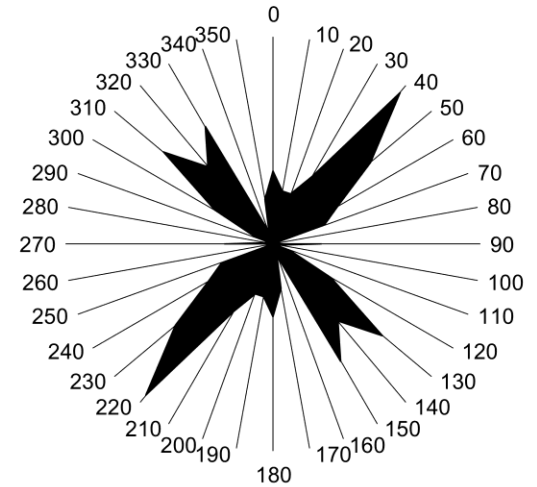
puklinový systém



zlomový systém



morfolineamenty



Upřednostňovaná predispozice zlomy před puklinami

Korelace strukturních prvků a morfolineamentů

- Spearmanův koeficient korelace pořadí
- Omelkův index podobnosti (Štěpančíková, Omelka, 2007)

➤ Morfometrické metody

Hodnocení parametrů prvků reliéfu a jejich vztahů

- vhodné pro rozsáhlá území - rychlé a snadné odvození, možnost vzájemného srovnávání a statistického hodnocení v prostředí GIS
- výběr modelových, potenciálně geodynamických oblastí
- potvrzení, doplnění, zpřesnění výsledků terénního výzkumu na matematickém základě

❖ Analýza morfometrických charakteristik

analýza sklonů - identifikace strmých svahů (lineární průběh)

- zarovnaných (plochých) povrchů

metoda izobazit - nové tendence ve vývoji říční sítě

- původní obraz morfostruktury před rozčleněním
exogenními procesy

Strahlerův hypsometrický integrál - vysoké hodnoty - charakteristické
pro tektonicky mobilní oblasti se zdvihovou tendencí

(Bíl M. 2002: *Využití geomorfometrických technik při studiu neotektoniky*
(na příkladu Vsetínských vrchů), disertační práce, PŘF MU.

❖ Analýza údolní sítě

textura - indikátor morfostrukturních vlastností

hustota říční sítě, linearita, asymetrie povodí

geotektonické indexy - **Vf** - valley floor width-height ratio (reflexe náhlé změny v šířce údolí)

- **Re** - valley elongation ratio (protáhlost údolí)

- **Af** - asymetrie povodí

podélné profily - **SL index** (stream-length gradient), **gradient** toku, **konkavita** apod.

SMF index - mountain front sinuosity (linearita úpatí okrajového zlomového svahu) - postup erozního rozčlenění zl. svahu