Zpracování seismických dat

IX. Statistika seismických jevů

Josef Havíř

Josef.Havir@ipe.muni.cz

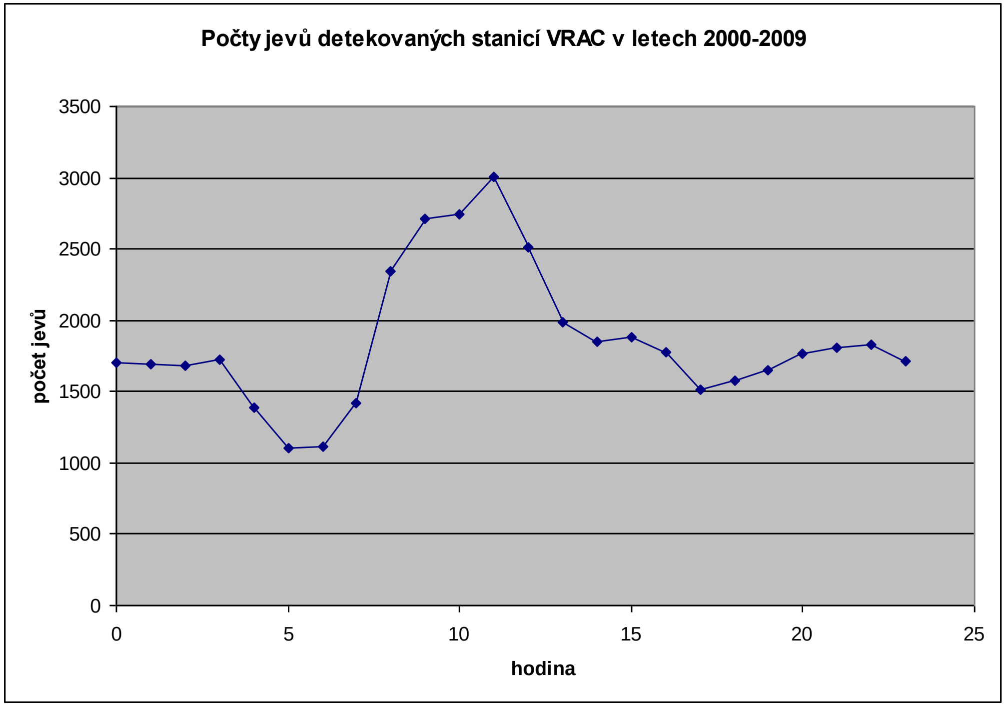
Seismo-tektonická analýza (poznání seismicity vybraného regionu) vyžaduje statistické zpracování representativního vzorku seismických jevů.

Můžeme sledovat:

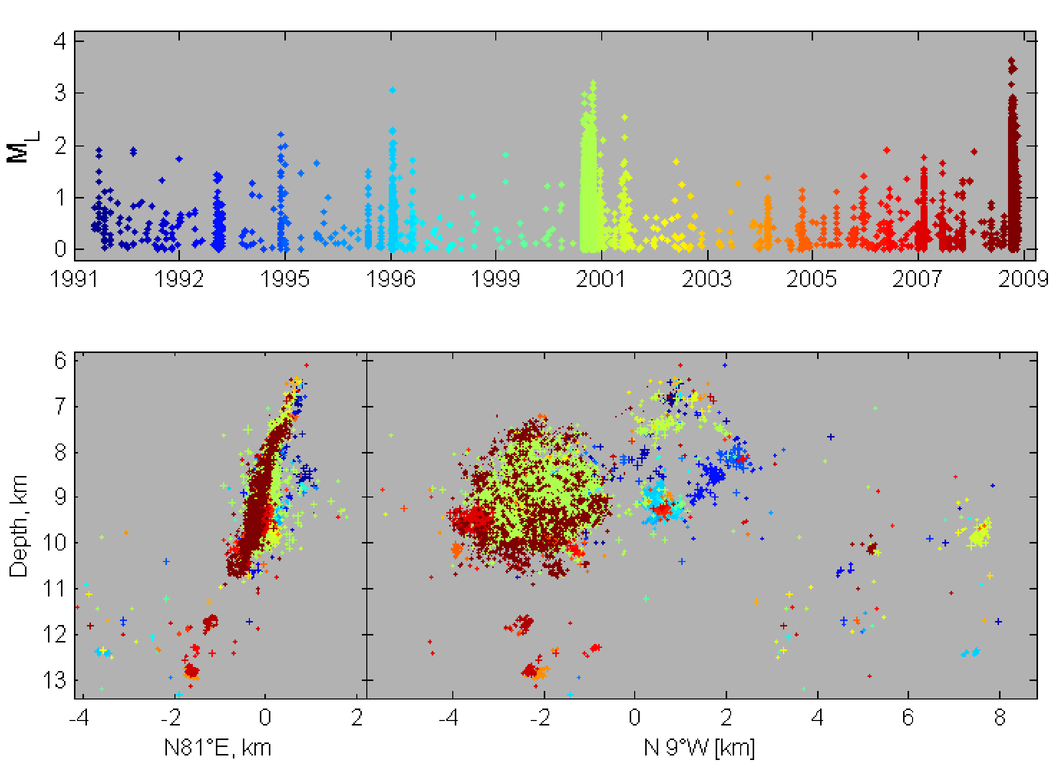
- četnost otřesů (vztah četnosti jevů k magnitudu, k času pozorování atd.)
- řazení epicenter (případný vztah k tektonickým strukturám)
- vztah k dalším fenoménům
- ...

1. časová variabilita jevů

Seismická aktivita v čase varíruje. Důvody závislosti počtu detekovaných jevů na denní době mohou být ve vlivu lidské činnosti.



Také přirozená seismická aktivita se projevuje časově proměnlivou intenzitou.

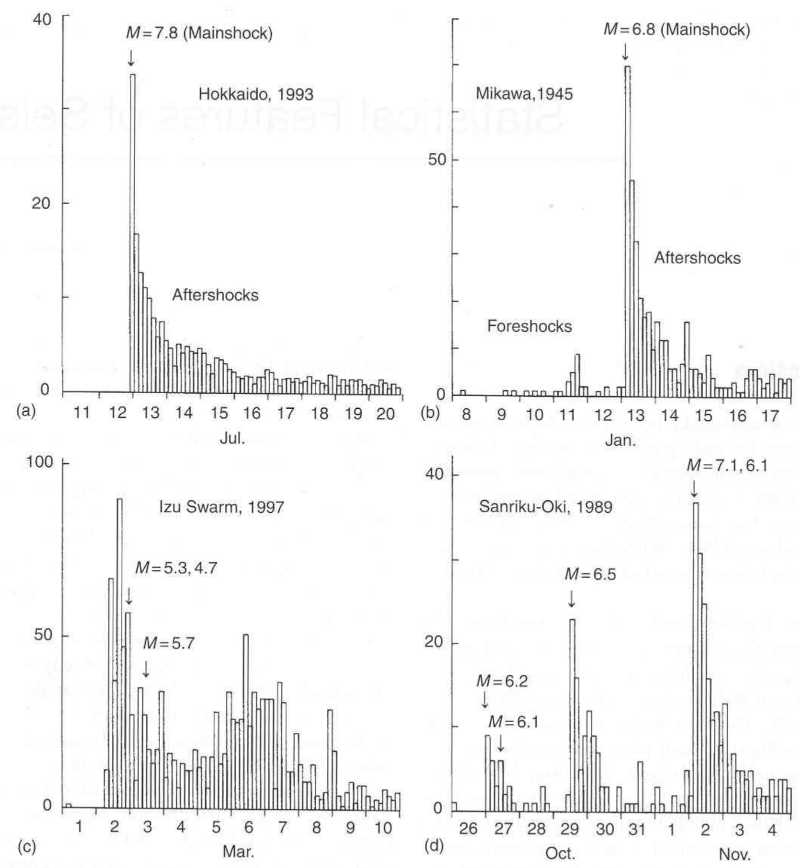


Distribuce přirozených zemětřesení v západočeském regionu podle GFÚ AVČR

sekvence otřesů

zemětřesení se často vyskytují v časově závislých sekvencích

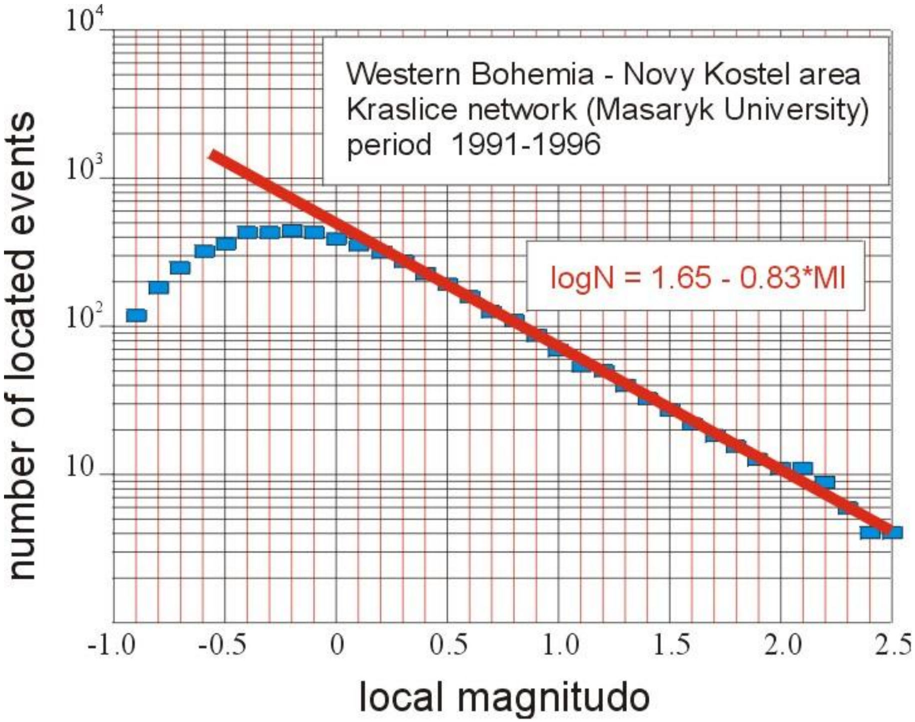
některé sekvence mají rojový charakter - mohou být různého typu



2. vztah četnosti jevů k magnitudu

Magnitudo-četnostní graf - Gutenbergem a Richterem empiricky zjištěno pravidlo (1944, 1949), které vychází z úvah Omoriho (1889).

Fusakichi Omori (1868-1923)



Omori si všiml při studiu dotřesů po zemětřesení v Nobi (1891, M=8.0), že je tu závislost mezi časem od hlavního otřesu a počtem dotřesů:

$$\mathrm{n}(\mathrm{t}) = \frac{K}{(t+c)}$$

kde n(t) je počet dotřesů v daném čase t, K a c jsou konstanty popisující charakter seismicity v daném místě.

Pro kumulativní počet dotřesů N(t) pak platí:

$$\mathrm{N}(\mathrm{t}) = \int_0^t n(s)ds = K\ln\left(\frac{t}{c}+1\right)$$

je tu tedy lineární vztah mezi kumulativním počtem a logaritmem času t

Podobně mezi logaritmickou četností a magnitudem je (podle Gutenberga a Richtera) lineární vztah:

$$\log \mathrm{n}(\mathrm{M}) = a - b\mathrm{M}$$

kde M je magnitudo; n(M) je počet zemětřesení o magnitudu M; a, b jsou empiricky odvozené konstanty.

nebo:

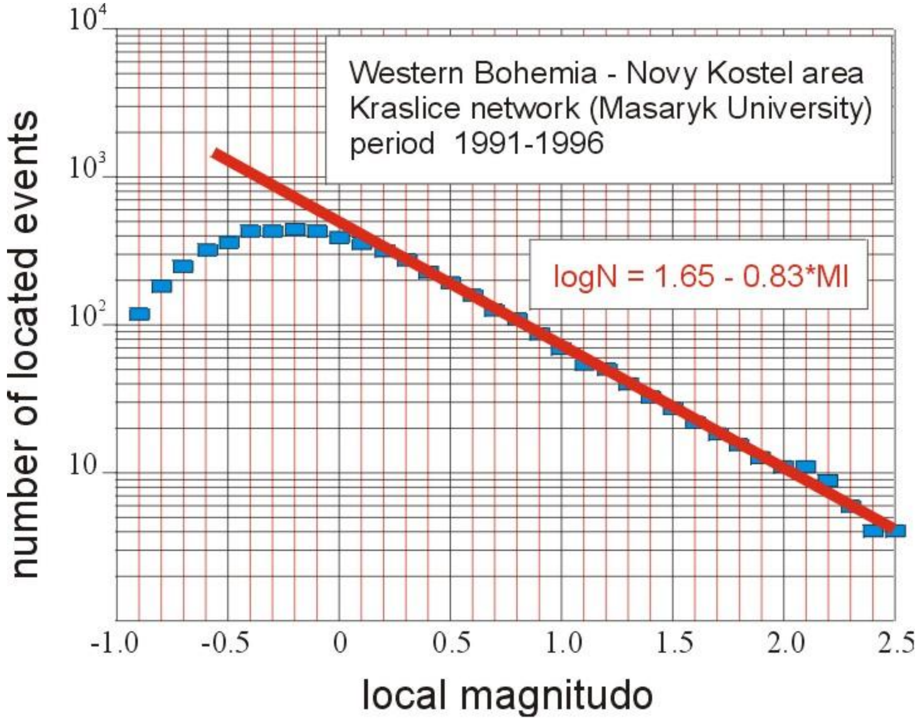
$$\log \mathrm{N}(\mathrm{M}) = A - b\mathrm{M}$$

kde M je magnitudo; N(M) je kumulativní počet zemětřesení o magnitudu M a vyšším; A, b jsou empiricky odvozené konstanty.

$$\mathrm{N}(\mathrm{M}) = \int_{\mathrm{M}}^{\infty} \mathrm{n}(\mathrm{M})\, dM$$

Četné empirické studie potvrzují, že Gutenbergův a Richterův magnitudo-četnostní vztah je skutečně přibližně lineární a hodnota parametru b kolísá v rozmezí 0.6 až 1.1

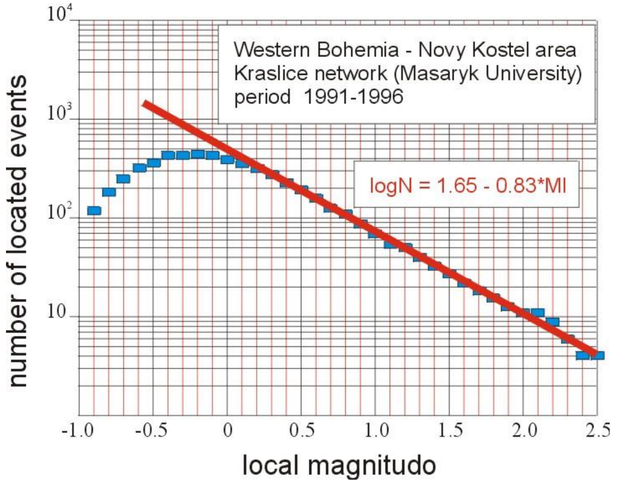
$$\log \mathrm{n}(\mathrm{M}) = a - b\mathrm{M}$$



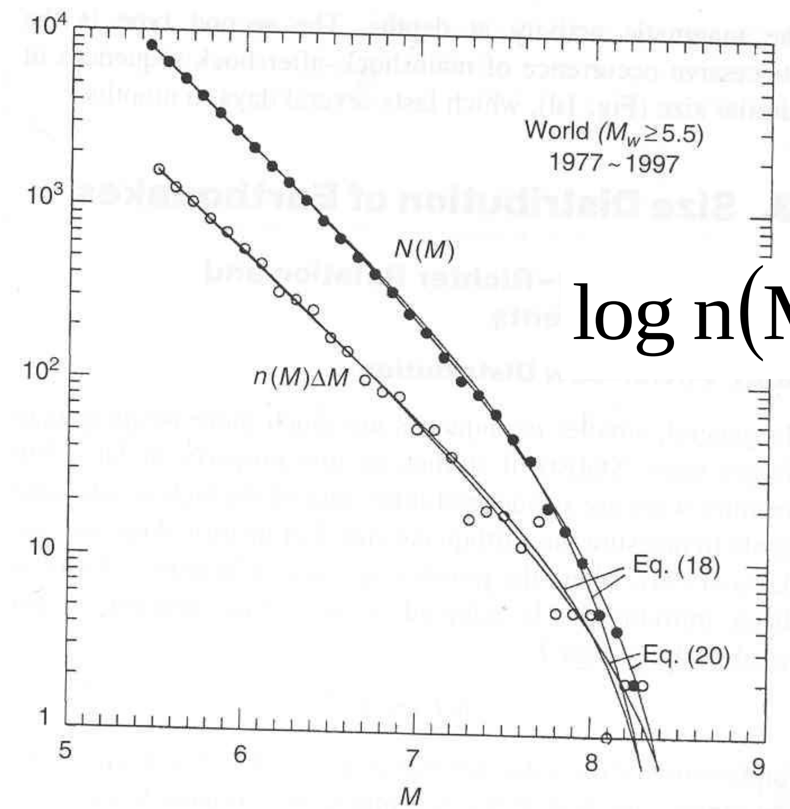
V případě kumulativní četnosti N(t) ukazuje konstanta A počet otřesů s magnitudem větším než 0.

$$\log \mathrm{N}(\mathrm{M}) = A - b\mathrm{M}$$

U malých hodnot magnituda je linearita grafů silně narušena z toho důvodu, že takto slabé jevy jsou pod detekčním prahem sítě či stanice.



Některé magnitudo-četnostní grafy ale vykazují pozorovatelné zakřivení (alespoň v některých svých částech). Jsou snahy zavést jisté modifikace Gutenberg-Richterova vztahu, které by postihly toto zakřivení.

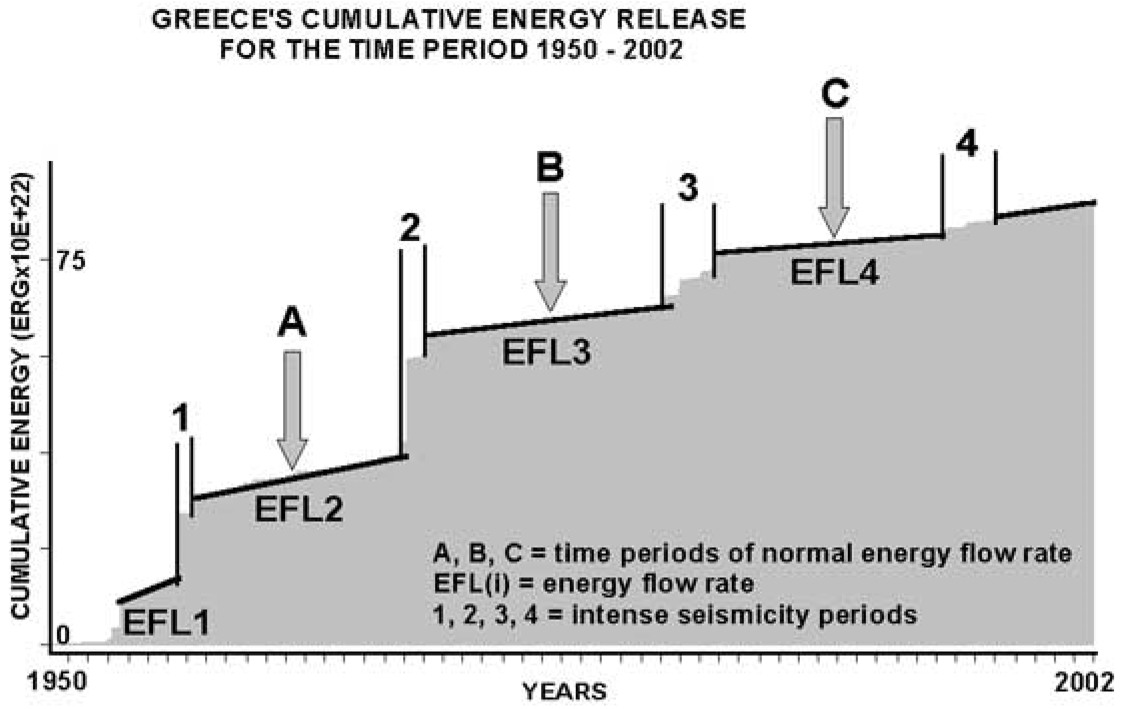


$$\log n(\mathrm{M}) = a - b\mathrm{M} - \mathrm{k}10^{1.5\mathrm{M}}$$

$$\log n(\mathrm{M}) = a - b\mathrm{M} + \log(\mathrm{M}_{max} - \mathrm{M})$$

3. časová distribuce kumulativní seismické energie

Energie se v seismicky aktivních oblastech uvolňuje nepravidelně.

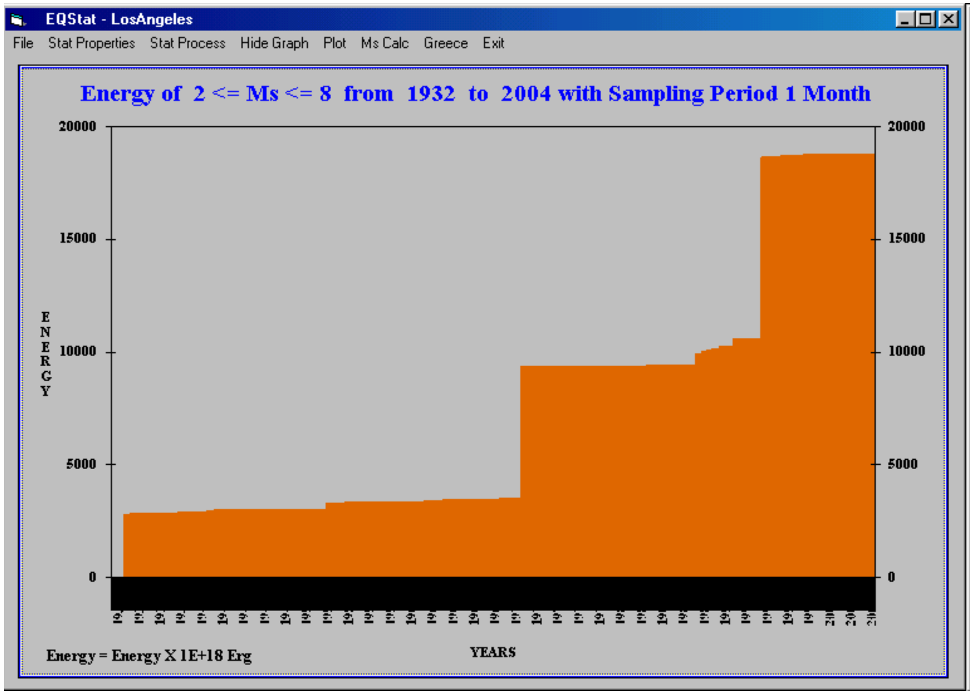


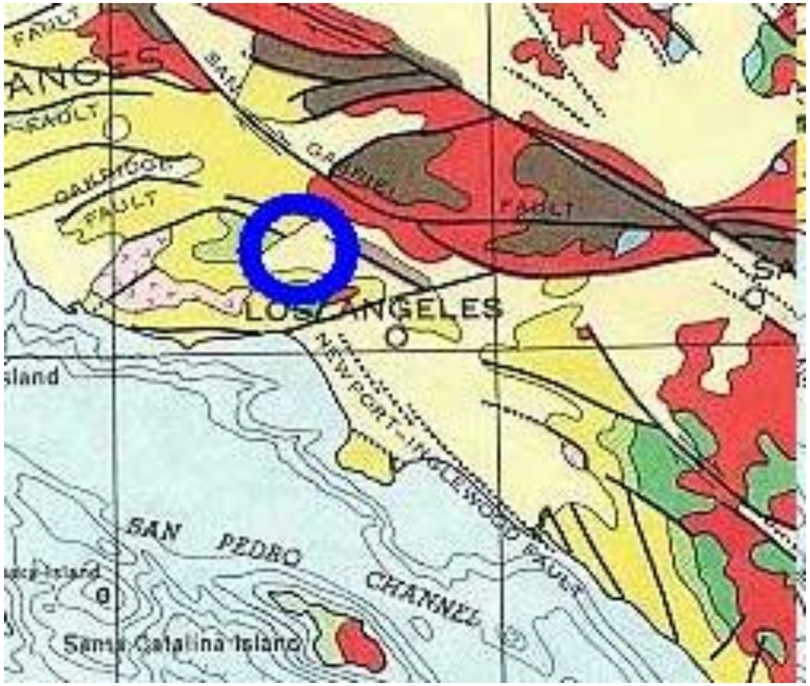
Empirický vztah mezi magnitudem a energií:

$$\log E = 1.5 * M + 11.8$$

Vzrůst magnituda o jedníčku znamená více než třicetinásobný nárůst energie - v časové distribuci uvolněné energie se dominantně projevují extrémně silná zemětřesení

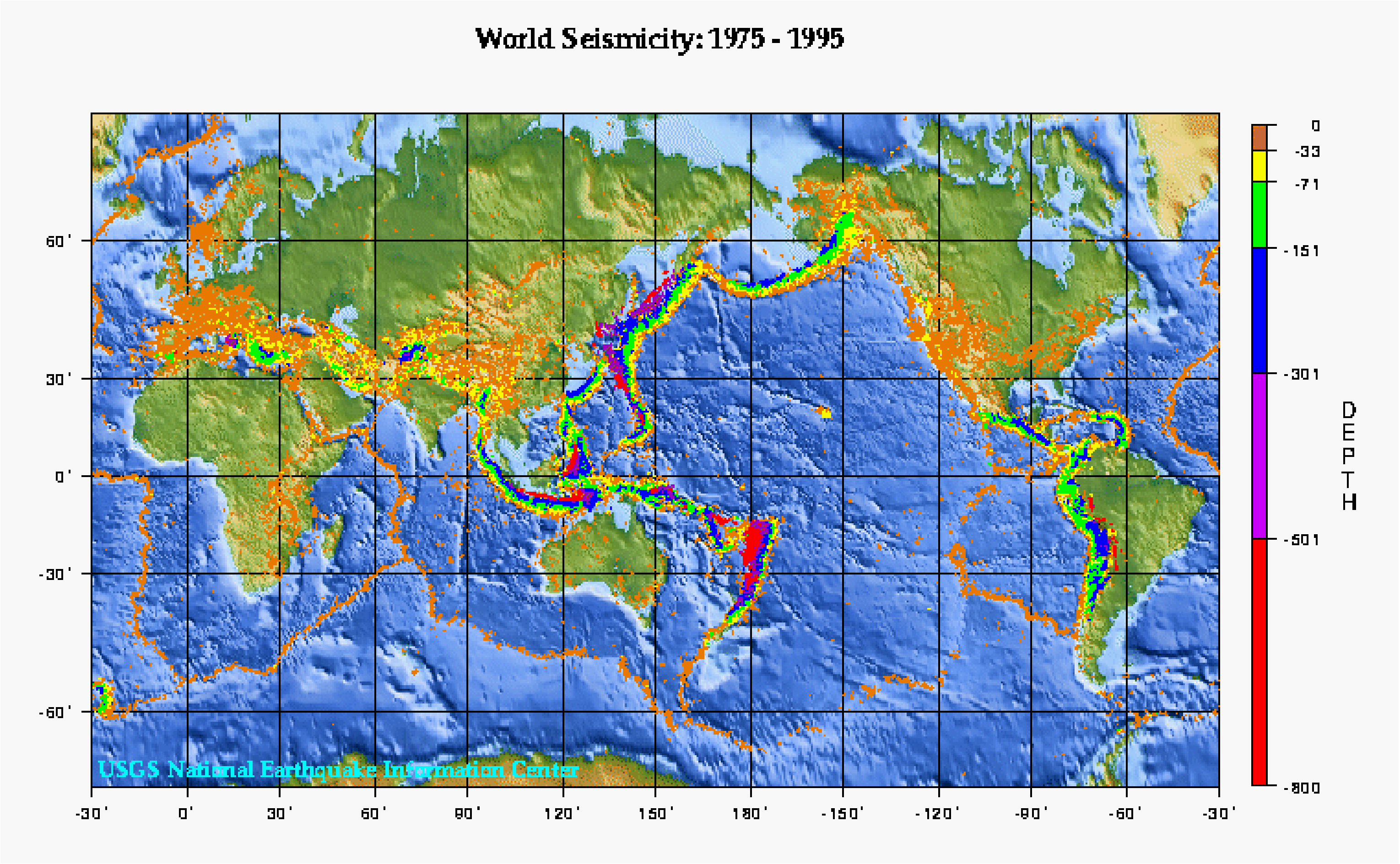
Vzrůst kumulativní energie v období 1932-2004 v oblasti Northridge EQ (Kalifornie):



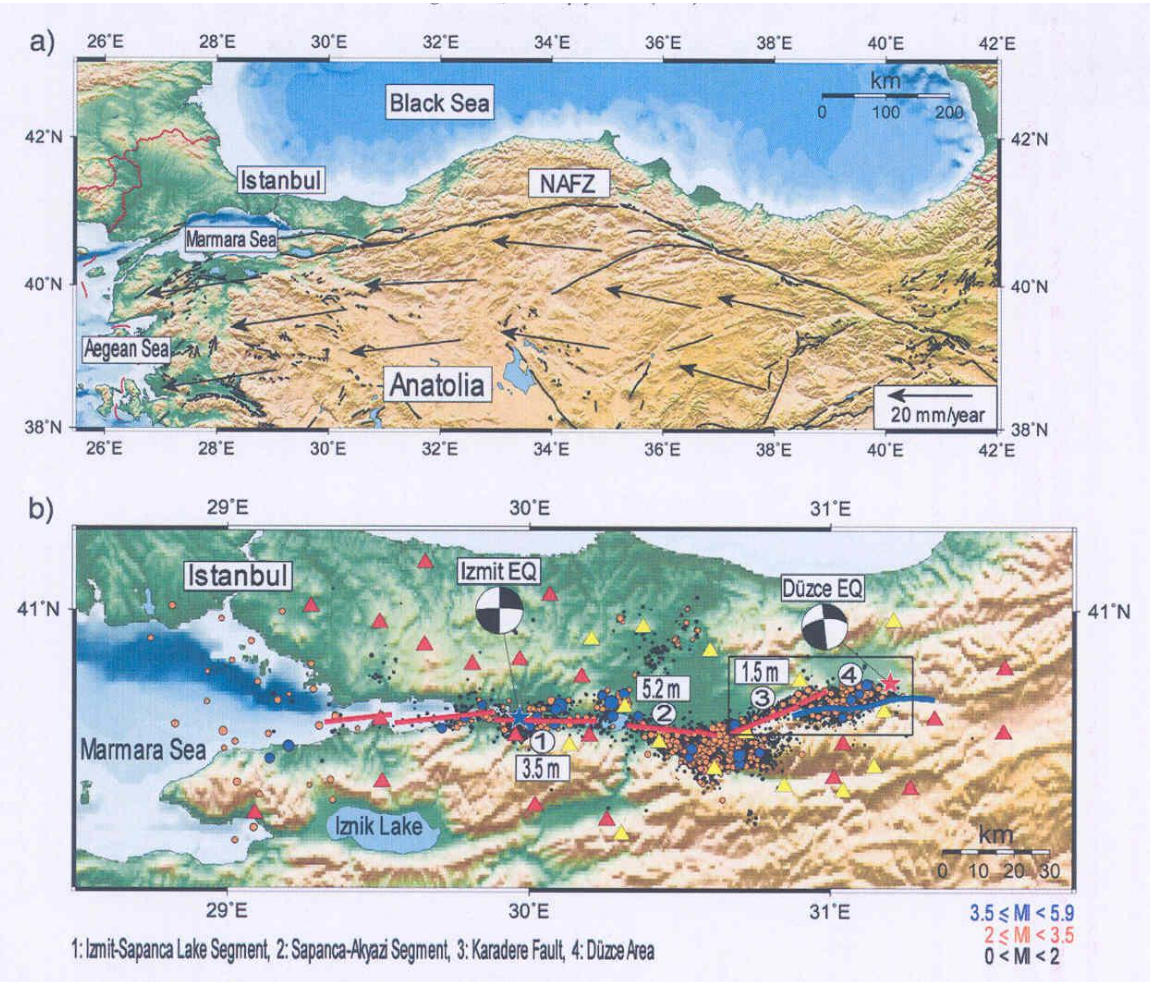


11.3.1933 M=6.4; 9.2.1970 M=6.6; 17.1.1994 M=6.7

4. řazení epicenter (případný vztah k tektonickým strukturám)

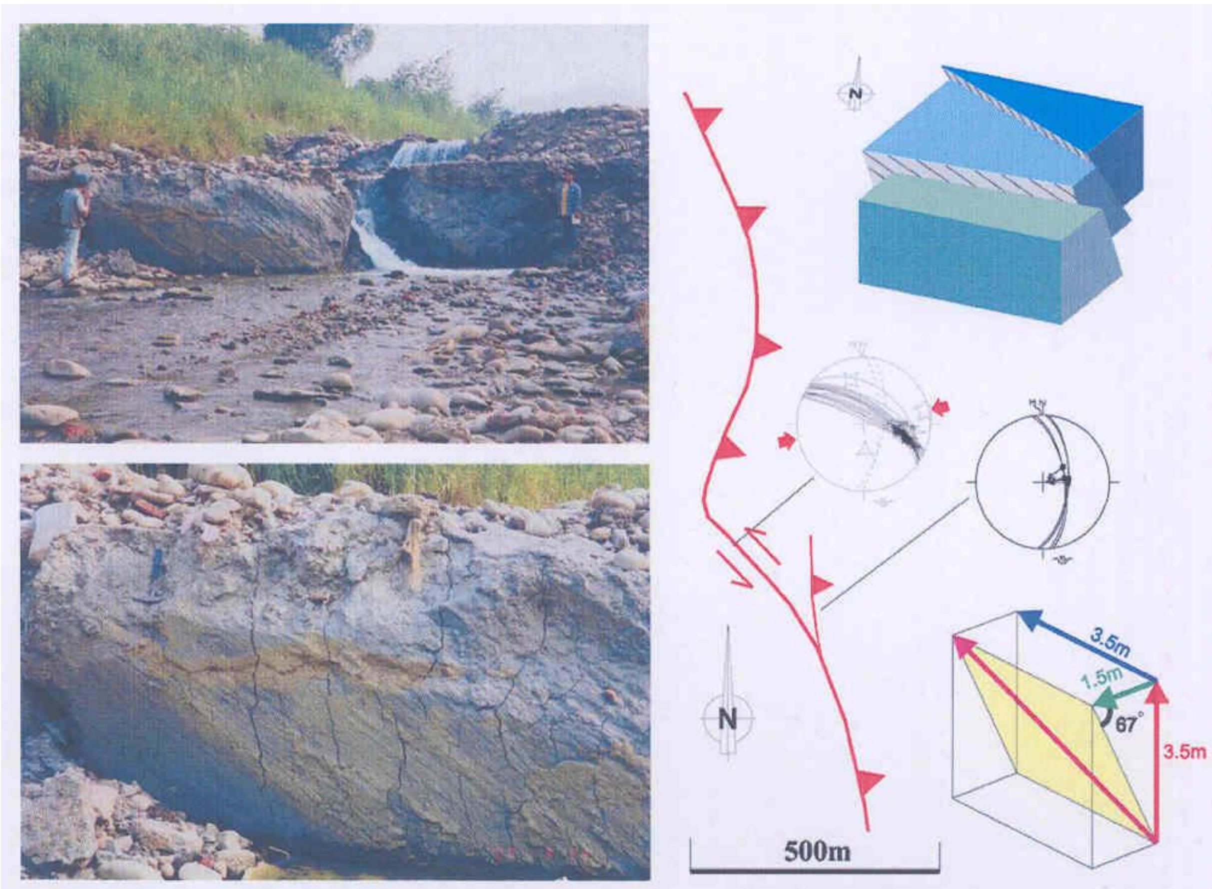


prostorová distribuce epicenter - vztah ke geometrii hlavní zlomové struktury



Severoanatolský zlom (podle Gorgun et al. 2009)

Fokální mechanismy -
vztah ke kinematice hlavní zlomové struktury



Chi-Chi zlom, Taiping, z. Taiwan (podle Lee and Chan 2007)

Fokální mechanismy -
regionalizace podle kinematiky a napětí