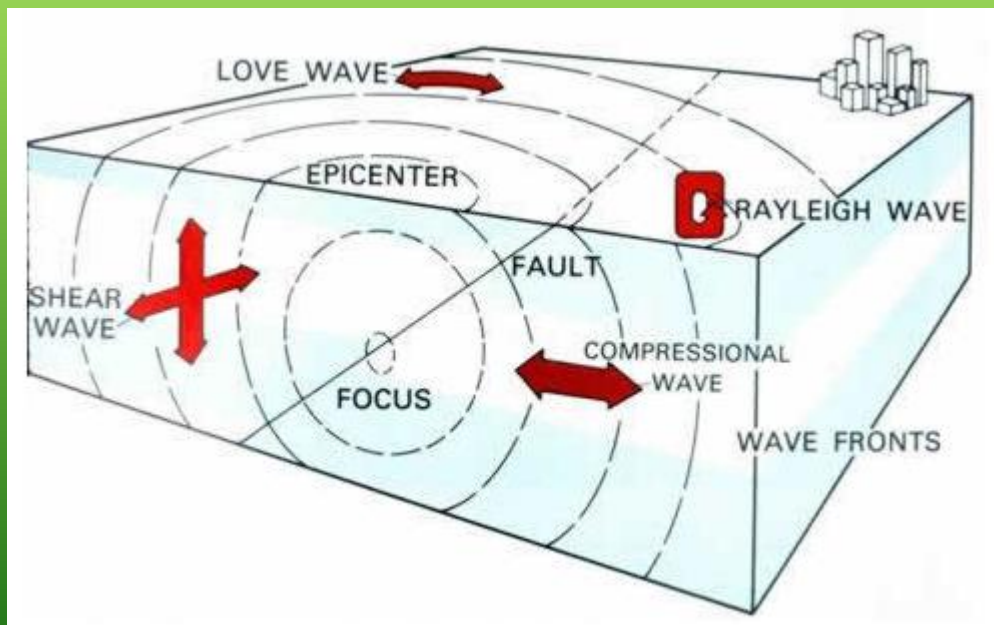


SEIZMOLÓGIA

RNDr. Bibiana Brixová, PhD.



Prírodné katastrofy podľa vzniku

- Katastrofy pod zemským povrchom – **zemetrasenia**, sopečné výbuchy
- Katastrofy na zemskom povrchu – lavíny, svahové pohyby, záplavy, povodne, požiare, tsunami
- Katastrofy nad zem. Povrchom v atmosfére – tornáda, hurikány, prachové búrky

SEIZMOLÓGIA – odbor geofyziky, ktorý sa zaoberá štúdiom zemetrasení

- študuje elastické vlny a všetky parametre odvodené z ich šírenia

Desať najväčších svetových zemetrasení podľa dosiahnutej magnitúdy od roku 1900

	lokalita	dátum	magnitúda
1.	Čile	22.5.1960	9,5
2.	Aljaška , ostrov princa Wiliama	28.3.1964	9,2
3.	neďaleko západného pobrežia severnej Sumatry	26.12.2004	9,1
4.	neďaleko východného pobrežia ostrova Honšú, Japonsko	11.3.2011	9,0
5.	Kamčatka	4.11.1952	9,0
6.	Maule, Čile	27.2.2010	8,8
7.	neďaleko pobrežia Ekvádoru, Tichý oceán	31.1.1906	8,8
8.	Rat Islands, Aljaška	4.2.1965	8,7
9.	severná Sumatra, Indonézia	28.3.2005	8,6
10.	Assam - Tibet	15.8.1950	8,6



Yushu (Čína) – 6,9 Mw (7,1 Ms)
- 2698 mrtví, 270 nezvestní, 13569 zranení



Základné pojmy

Zemetrasenie

Otrasy horninového prostredia vyvolané prírodnými silami.

Vznikajú ako dôsledok náhleho uvoľnenia značného množstva energie v istej oblasti vnútri Zeme

Ohnisko zemetrasenia (fokus)

Oblasť, kde došlo k náhlemu uvoľneniu veľkého množstva energie (aj 100ky km)

Hypocentrum

Ťažisko zemetrasenia – bodová aproximácia ohniska

Epicentrum

Priemet hypocentra na zemský povrch

Antiepicentrum

Miesto na protiľahlej strane geoidu oproti epicentru

Hĺbka ohniska (fokálna hĺbka)

Vzdialenosť epicentrum – hypocentrum

Hypocentrálny čas

Čas vzniku zemetrasenia v ohnisku

Epicentrálny čas

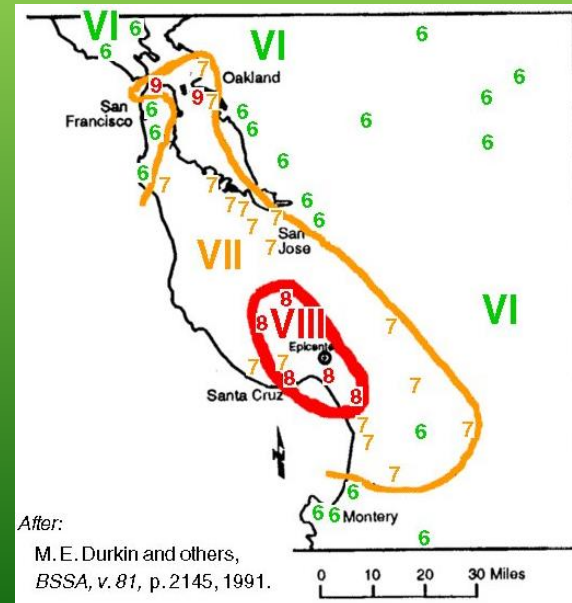
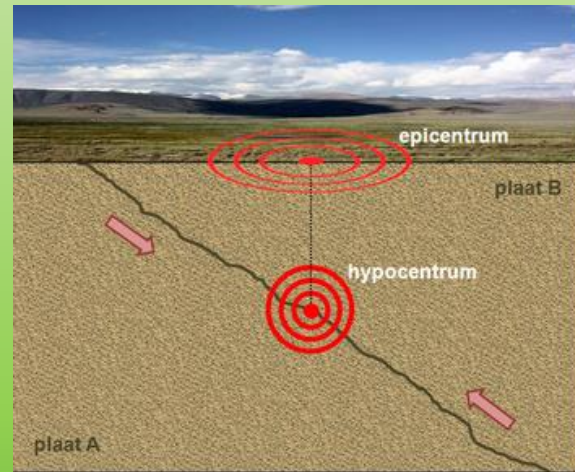
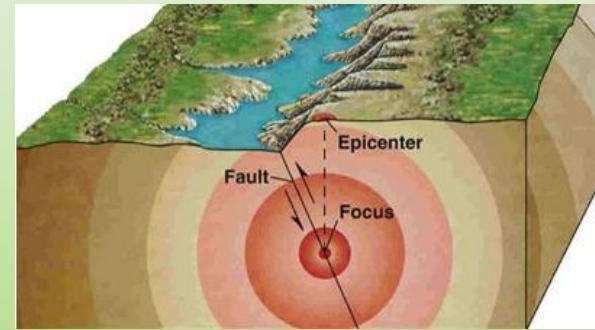
Čas príchodu vlnenia do epicentra

Epicentrálna oblasť

Epicentrum a okolie, kde sa prejavilo zemetrasenie najväčšími účinkami

Pleisosteisná oblasť

Najviac otrásená oblasť v epicentrálnej oblasti



Základné pojmy

Hypocentrálna vzdialenosť

Vzdialenosť bodu pozorovania (zaznamenania) zemetrasenia a hypocentra

Epicentrálna vzdialenosť

Vzdialenosť bodu pozorovania (zaznamenania) zemetrasenia a epicentra v [km] alebo [$^{\circ}$], kde $1^{\circ} = 111.1 \text{ km}$

Makroseizmický prejav

Prejav zemetrasenia, ktorý ľudia pozorujú na sebe, objektoch a prírode

Makroseizmické pole

Územie, na ktorom bolo (mohlo byť) zemetrasenie pozorované makroseizmicky

Intenzita zemetrasenia

Kvantitatívna veličina charakterizujúca veľkosť zemetrasenia

- *Makroseizmická* – posudzovaná podľa makroseizmických prejavov [$^{\circ}$], treba uviesť stupnicu
- *Magnitúdová* – stanovená na základe prístrojových meraní

Izosteisa zemetrasenia

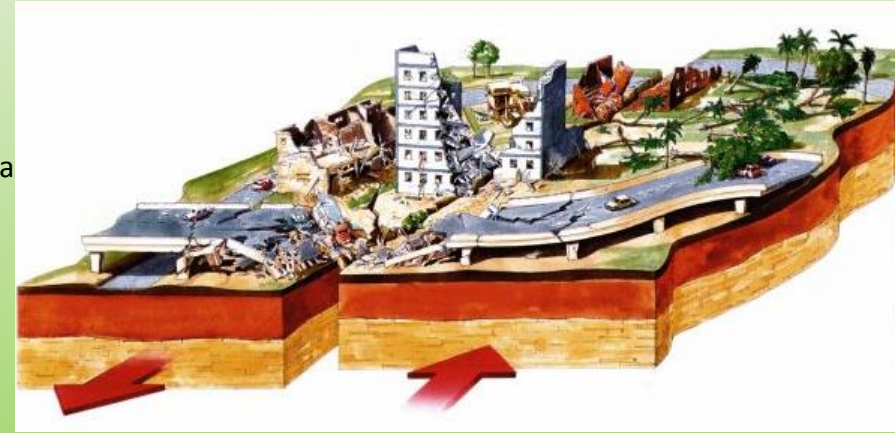
Čiara spájajúca miesta s rovnakou intenzitou zemetrasenia

Seizmická oblasť

Územie s rovnakou hodnotou intenzity

Seizmicky pohyblivejšie pásmo

Územie kde je systematicky vyššia intenzita než v okolí



Základné pojmy

Seizmograf

Prístroj zaznamenávajúci seizmické vlnenie

Seizmogram (seizmický záznam)

Záznam zo seizmografu

Špičková hodnota

Maximálna výchylka na seizmograme

PGD – peak ground displacement, keď meriam výchylku kmitania častíc pôdy

PGV – peak ground velocity, keď meriam rýchlosť kmitania

PGA – peak ground acceleration, keď meriam zrýchlenie

Akceleroqram

Seizmický záznam so zaznamenaným priebehom zrýchlenia

Velocigram

Priebeh rýchlosti kmitania na akceleroqrane

Periódá opakovanie (Rekurenčná periódá)

Periódá opakovania zemetrasenia o danej magnitúde (intenzite)

Graf Gutenberg-Richterovo rozdelenia

Vyjadruje počet zemetrasení s danou magnitúdou (intenzitou)

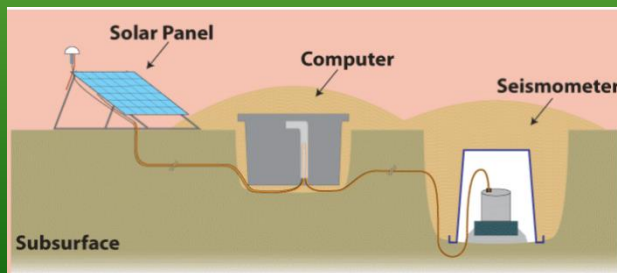
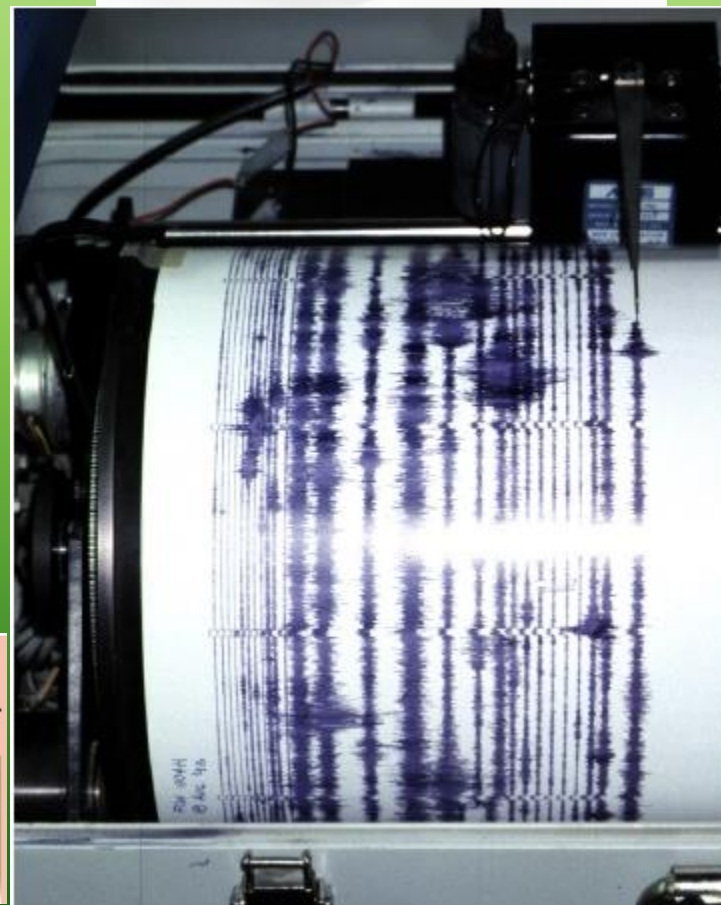
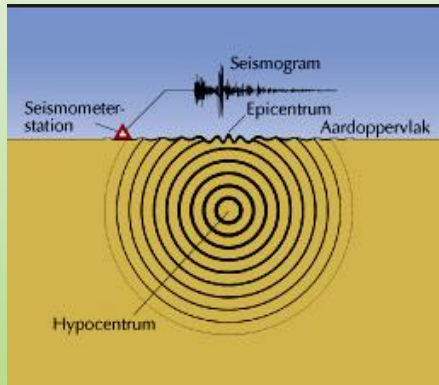
Služi na výpočet rekurenčnej periódá

Izoakusty

Čiary rovnakých zvukových intenzít počas zemetrasenia

Izoblaby

Čiary rovnakých pomerných škôd



Základné pojmy

Zemetrasenie – 1 otras

- viacero otrasov za sebou trvajúcich dlhšie časové obdobie

Predtras (foreshock)

Skupina slabších otrasov na začiatku zemetrasenia

Hlavný otras (main shock)

Zemetrasenie s najväčšou intenzitou

Dotras (aftershock)

Skupina slabších otrasov na konci zemetrasenia

Zemetrasný roj

Početná skupina za sebou nasledujúcich otrasov, z ktorých žiaden nemá výrazne vyššiu intenzitu

Seizmicita

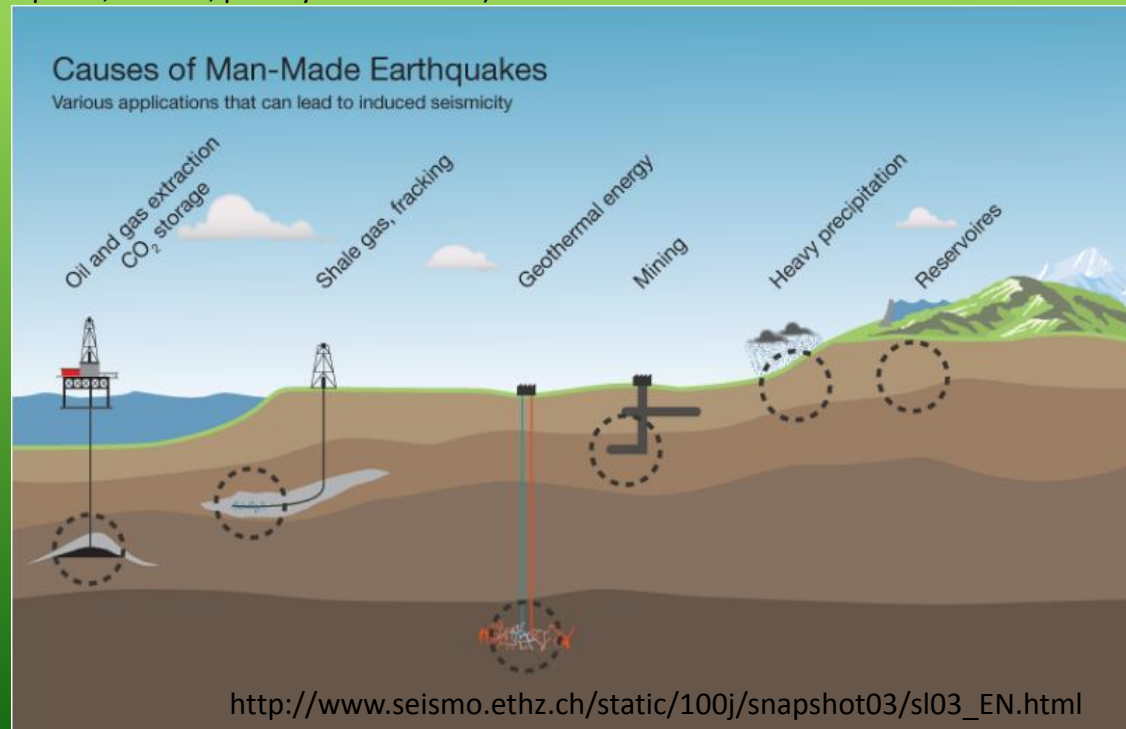
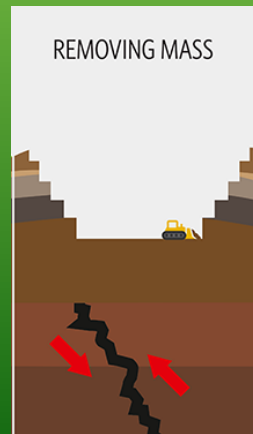
Charakteristika zemských otrasov oblasti podľa intenzity alebo výskytu.

Prírodná – charakteristika zemetrasení lokality

Technická – seizmický rozruch vyvolaný umelým zdrojom (doprava, odstrel, priemyslová činnosť)

Indukovaná – otrasy spôsobené ľudskou činnosťou, dlhodobým porušením rovnováhy zemského prostredia, zmeny v zaťažení povrchu

Priemyselná – otrasy vyvolané činnosťou strojov

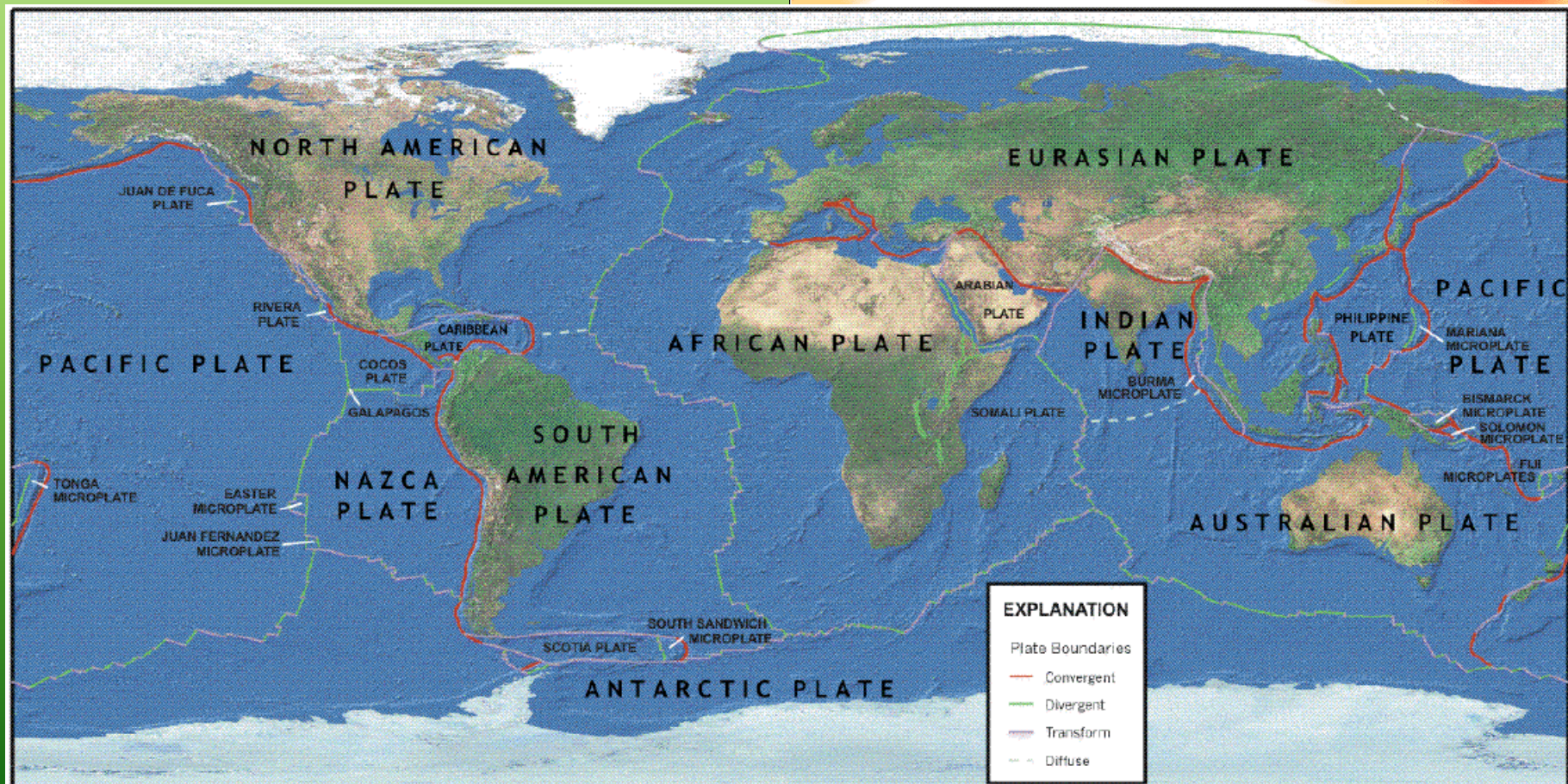
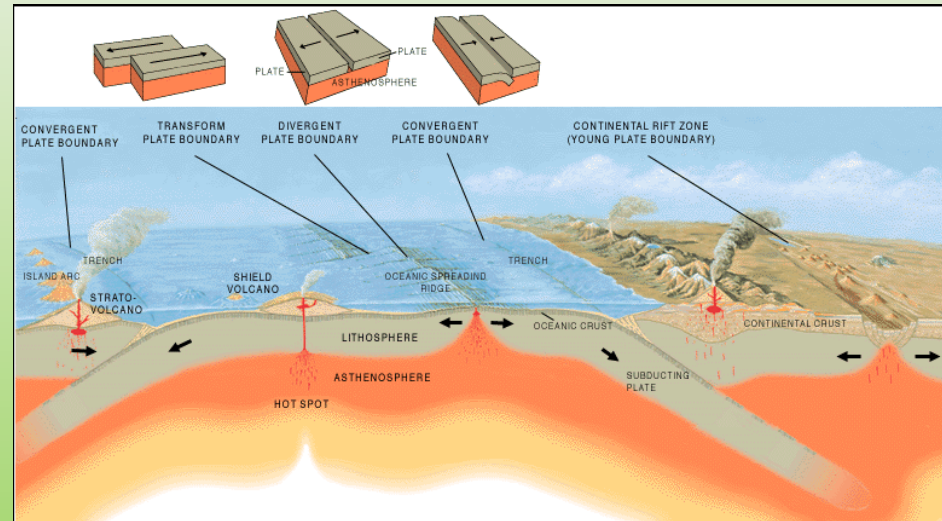


Príčiny vzniku zemetrasení

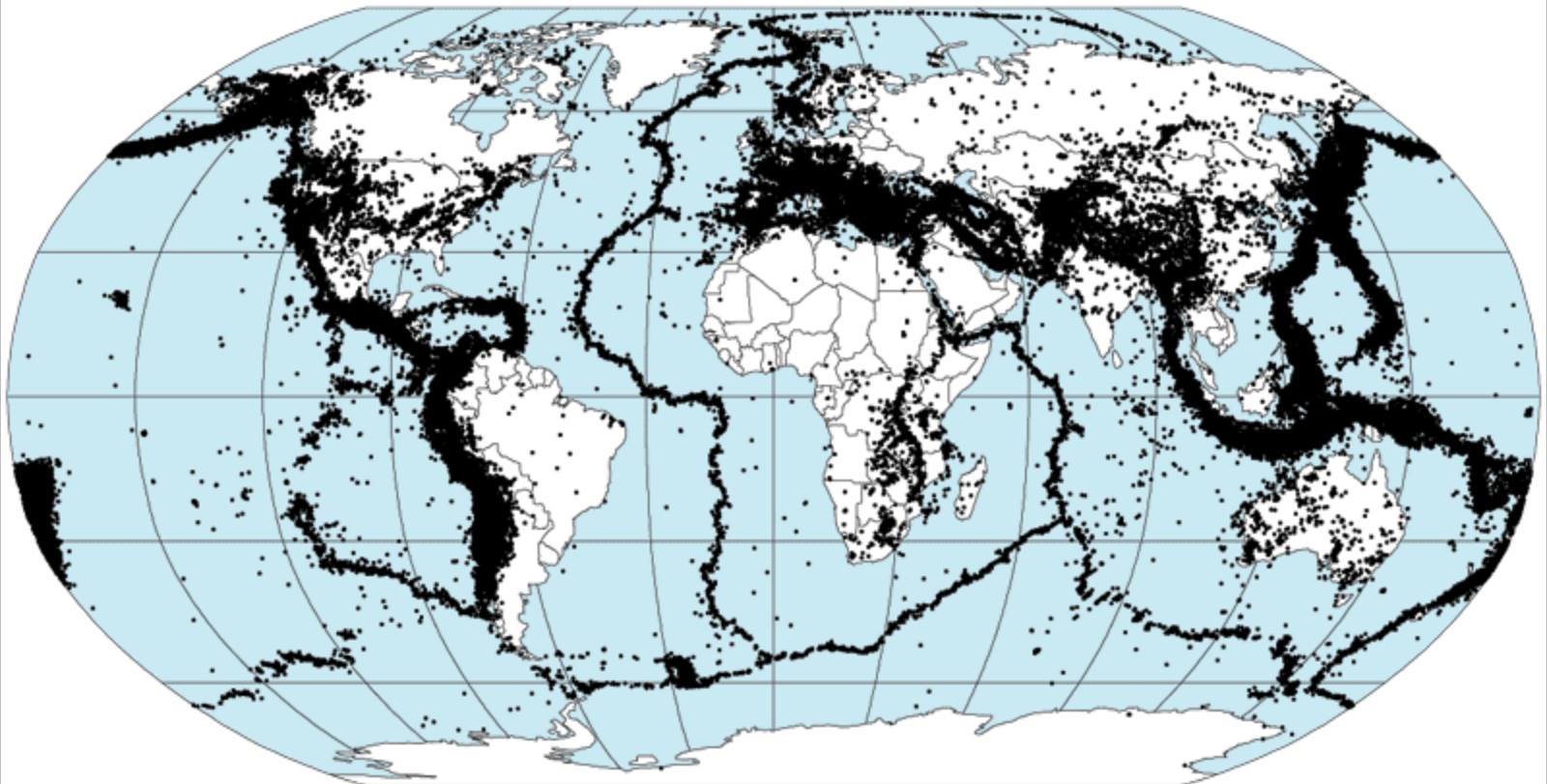
1) Posun litosferických dosiek (vid. platňová tektonika)

tektonické

- pohyb nie je plynulý trhaný (epizodický)
- počiatočné kumulovanie energie, rýchly pohyb a otras pri jej uvoľnení (hromadenie napätia – keď presiahne pevnosť hornín nastane posun)
- na kontaktoch dosiek – pohyb – od seba
 - k sebe
 - popri sebe

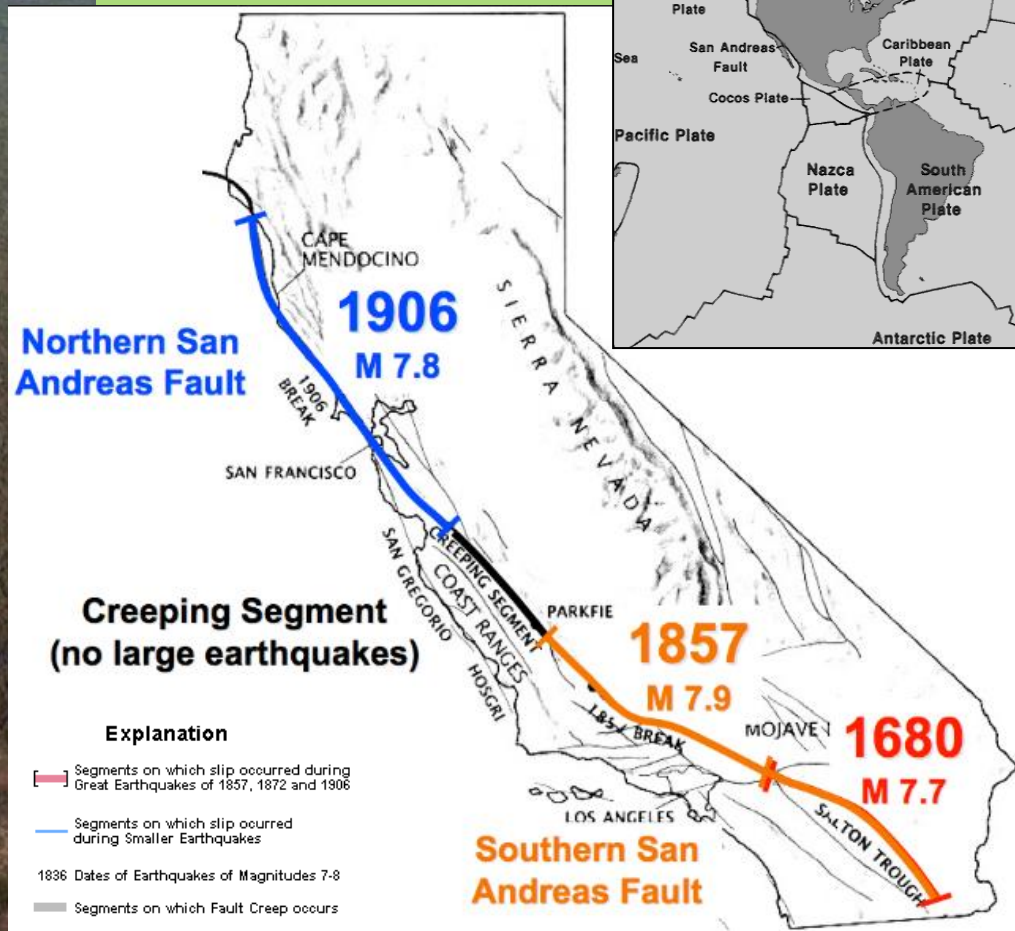
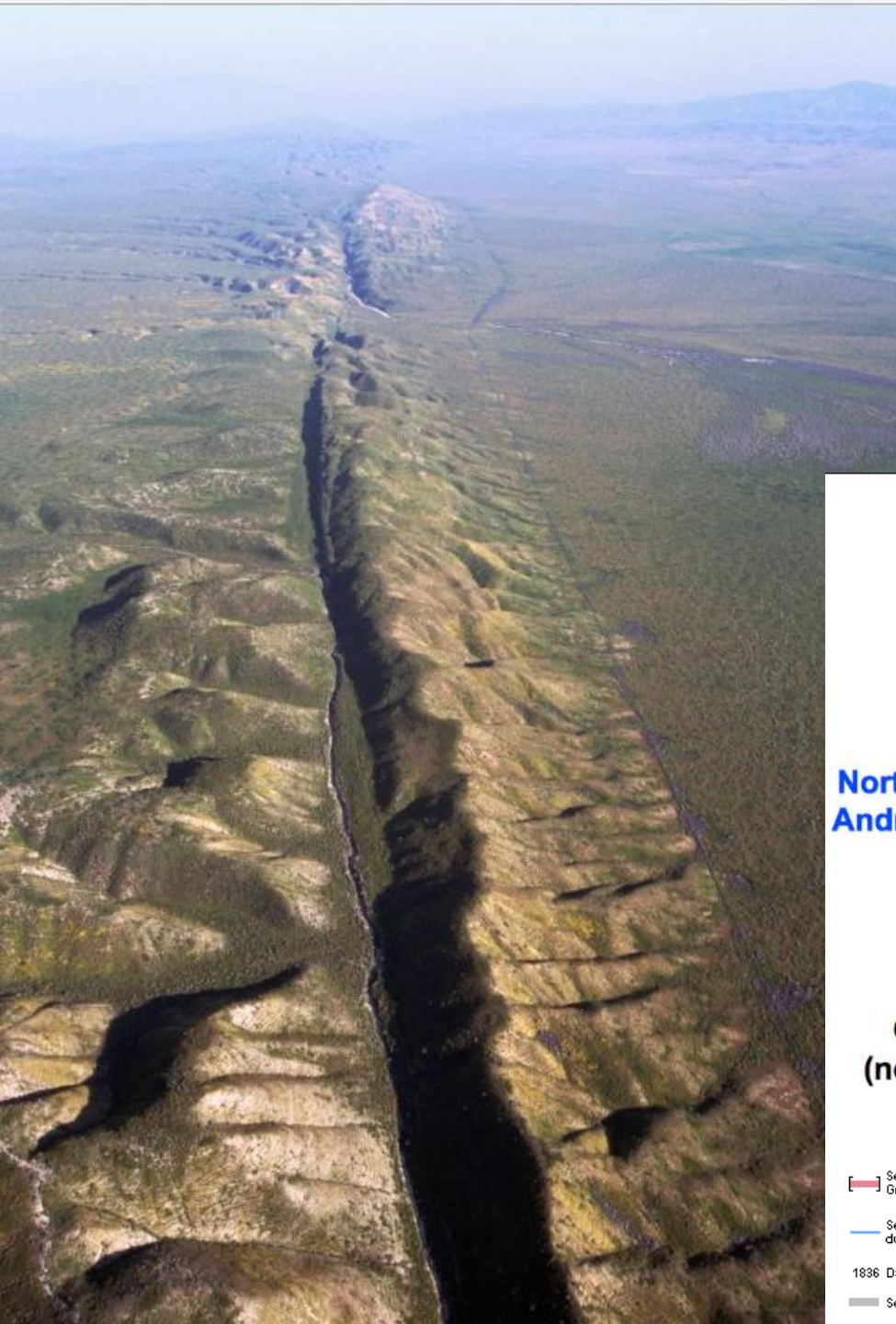


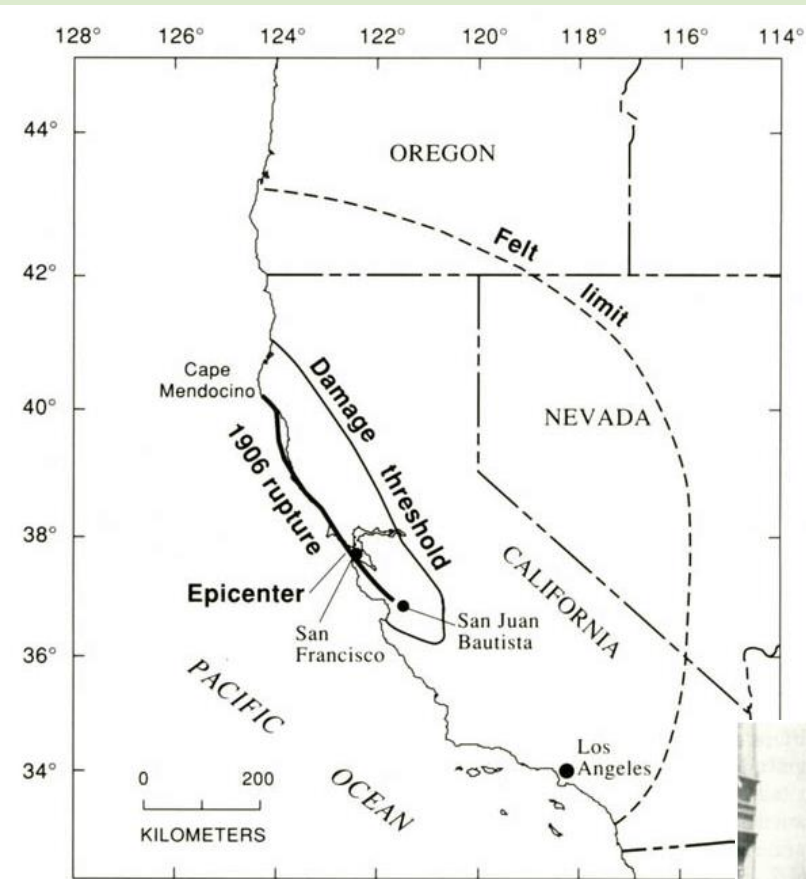
Preliminary Determination of Epicenters
358,214 Events, 1963 - 1998



Transformné okraje litosferických dosiek

**Priemerne každých 150 rokov
sa na zlome San Andreas opakuje
veľké zemetrasenie**





A stream channel offset by the San Andreas fault, Carrizo Plain, central California



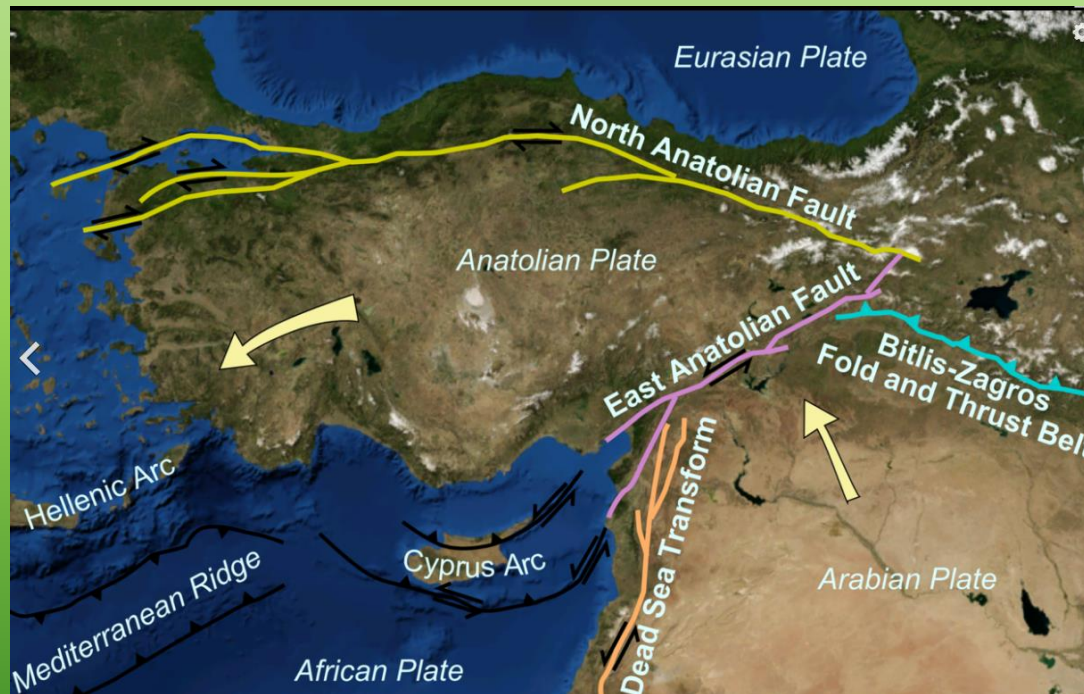


Imperial Valley, California, 1979



Anatolský zlom

transformný okraj medzi
euroázijskou a anatólskou
tektonickou platňou



Príčiny vzniku zemetrasení

2) V rámci litosferických dosiek

tektonické

- vlastný vývoj dosky
- posuny na zlomoch (seizmoaktívne zlomy)
- odľahčenie dosky

3) Vulkanická činnosť

sopečné, vulkanické

- pri prechode lávy z hĺbky na povrch

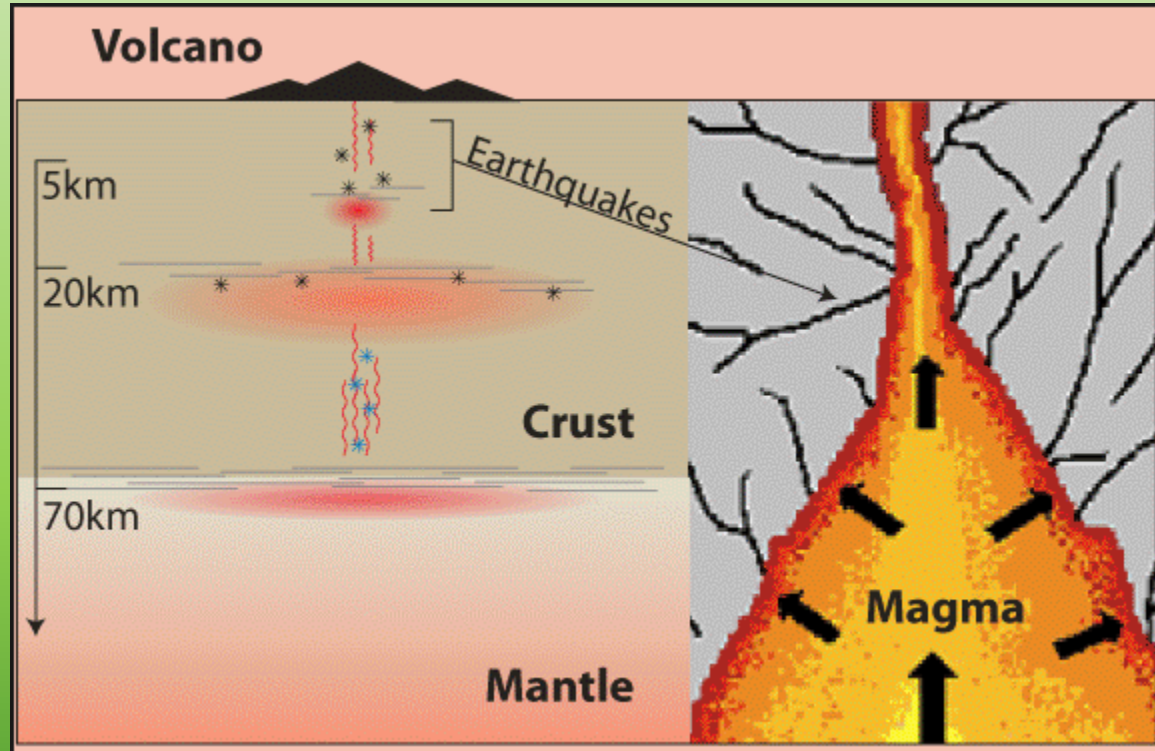
4) Prepadnutie stropov podzemných dutín

rútivé

- prírodné, umelé dutiny

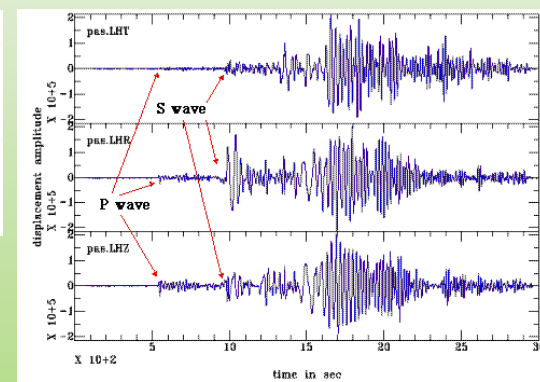
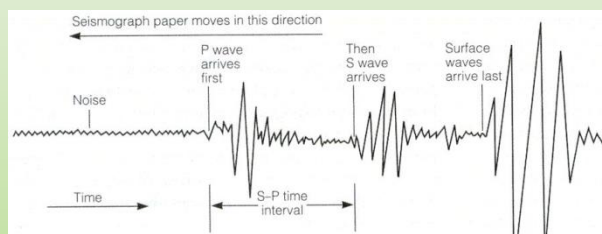
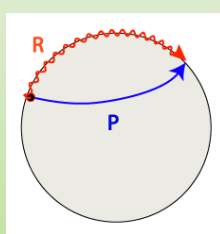
5) ?

- s hlbokými ohniskami (300 – 800 km)

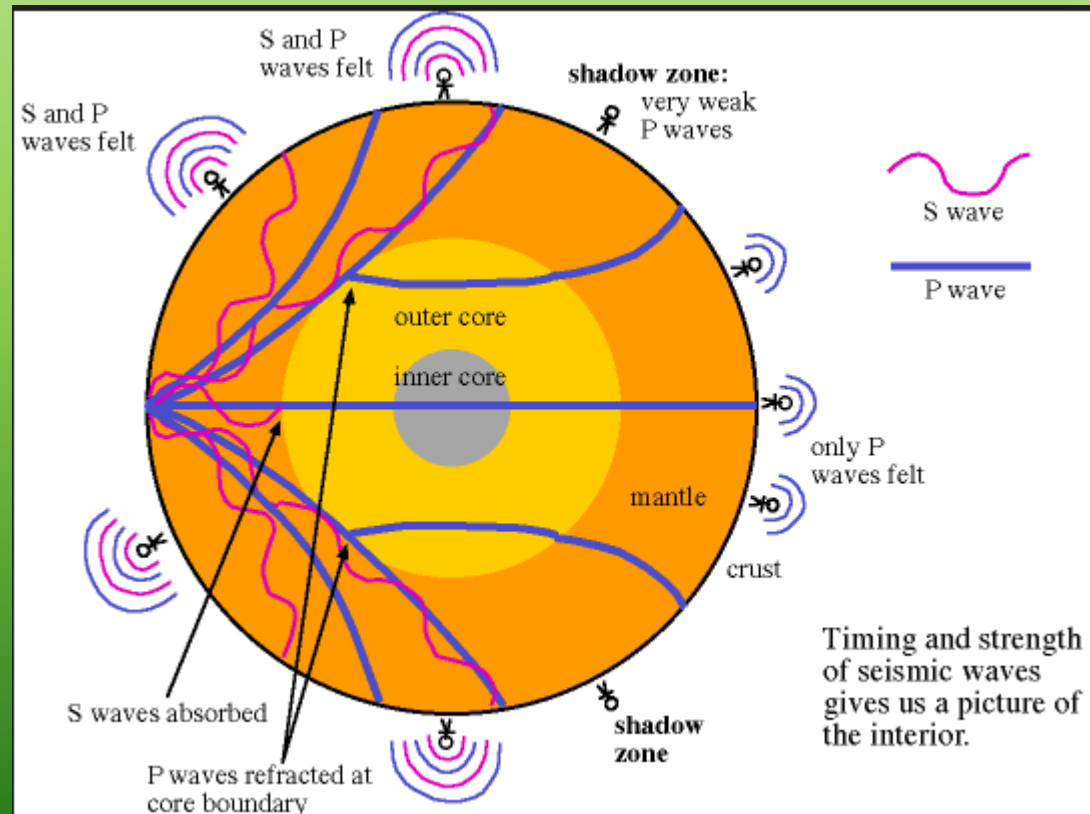
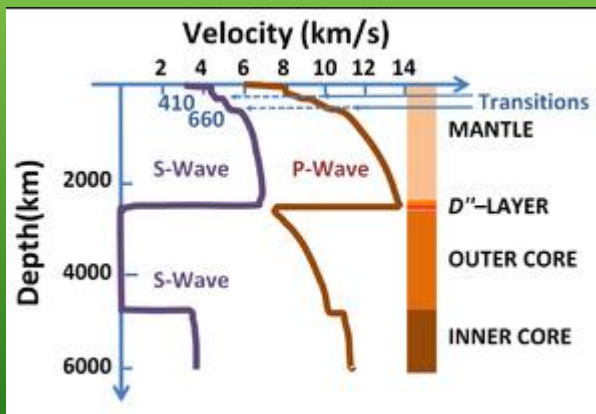


Seizmické vlnenie

- Objemové vlny – P, S
 - Povrchové vlny – R, L
- Šírenie od zdroja všetkými smermi



- prvý príchod P a S vlny
- oneskorenie S vln $\Leftrightarrow$ geol. prostredia, vzdialenosť od ohniska $\Rightarrow$ rozdiel v t príchodu určuje vzdialenosť ohniska
- povrchové vlny – vyššia perióda i amplitúda
- S tiež proti ohnisku $\Rightarrow$ jadro kvapalné
- rýchlosť šírenia sa vln sa mení s hĺbkou $\Rightarrow$ zakrivenie lúčov – nie priamka



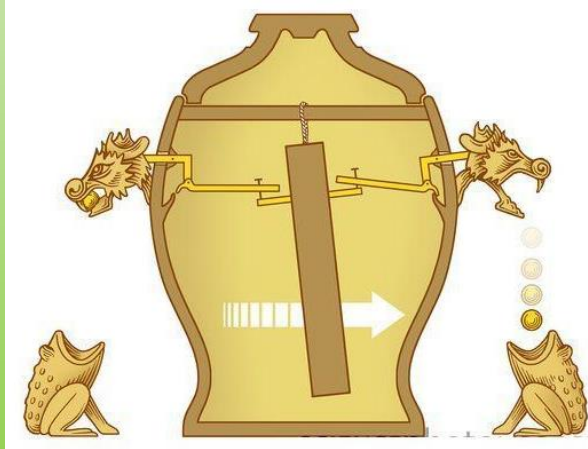
Registrácia zemetrasení

registrácia seizmického vlnenia pomocou seizmografu

- 132 n.l. Čína - seismoskop

Princíp: pri pohybe zem. povrchu veľká hmota zostáva v pokoji, kým sa rozkmitá

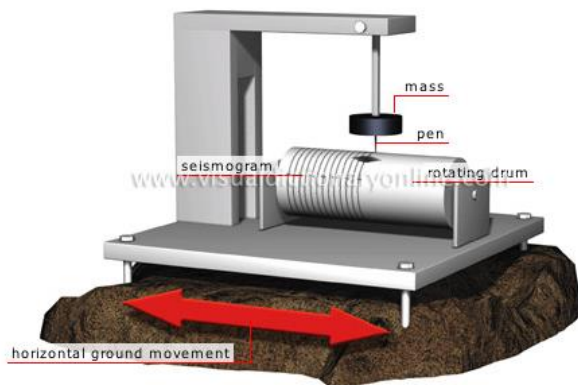
Nádoba s dračími hlavami



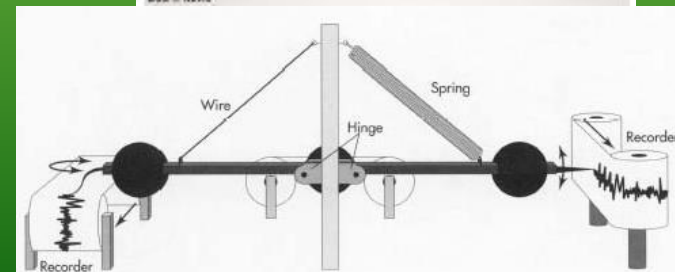
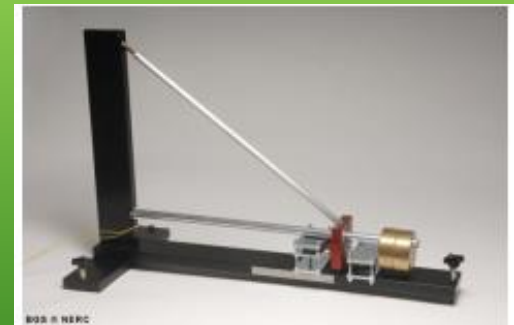
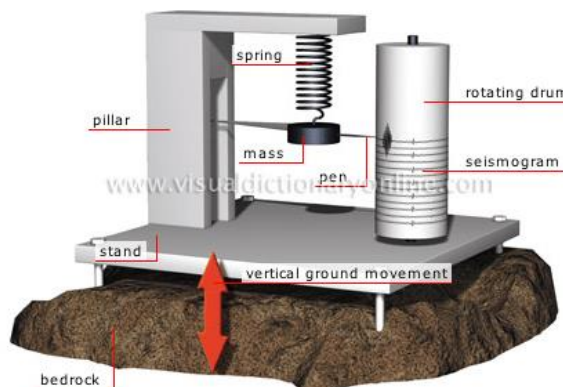
- 1841 prvý seismograf (David Milne)

Princíp: zotrvačná ťažká hmota zostáva v pokoji, relatívny pohyb zaznamenaný na papier na otáčavom bubne pákový prevod na zväčšenie, začadený papier zápis

horizontal seismograph



vertical seismograph



Registrácia zemetrasení

• Dnes

Registrácia 10^{-7} mm a menej výchylka

Princíp:

zotrvačná hmota = magnet na pružinke pohybujúci sa v cievke $\Rightarrow$ indukovanie napätia na cievke
do digitálnej formy prevodníkom – počítač

Registrácia v 3 kolmých smeroch $\Rightarrow$ 3 seizmografy (NS a EW zložka + kmitanie vo vertikálnom smere UD)

Seizmická stanica – viac trojzložkových sústav s rôznou hmotou (rôzna frekvencia registrovaného vlnenia $\Rightarrow$ objemové/povrchové vlny)

Seizmické stanice $\rightarrow$ seizmická sieť $\rightarrow$ medzinárodné centrá – určenie súradníc epicentra, hĺbka hypocentra, hypocentrálny čas (lokalizácia zemetras.)

- veľkosť zemetras.

- mesačné, ročné katalógy (internet, pre jednotlivé štáty)

U nás – geofyzikálny ústav SAV – vyhodnotenie zemetrasení zaznamenaných na našich seizmických staniciach (ohnisko môže byť i u susedov)

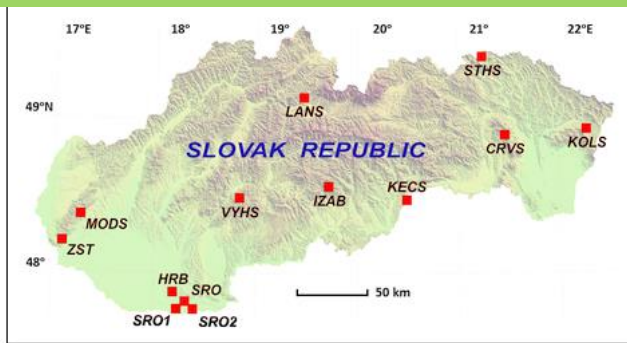
- 1. seizmograf – 1.ČSR v Hurbanove

SLOVENSKÁ NÁRODNÁ SIEŤ

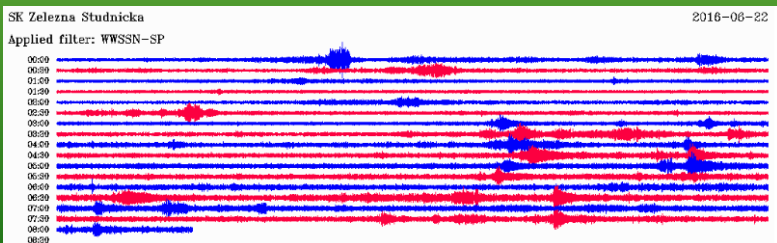
seizmických staníc

ISC Kód	Názov	Zem. šírka [° N]	Zem. dĺžka [° E]	Nadm. výška [m]
CRVS	Červenica	48.90	21.46	476
IZAB	Izabela	48.57	19.71	482
KECS	Kečovo	48.48	20.49	345
KOLS	Kolonické sedlo	48.93	22.27	460
LANS	Liptovská Anna	49.15	19.47	705
MODS	Modra	48.37	17.28	520
SRO	Šrobárová	47.81	18.31	150
SRO 1	Iža	47.76	18.23	111
SRO 2	Moča	47.76	18.39	109
STHS	Stebnická Huta	49.42	21.24	534
VYHS	Výhne	48.49	18.84	450
ZST	Železná Studnička	48.20	17.10	250

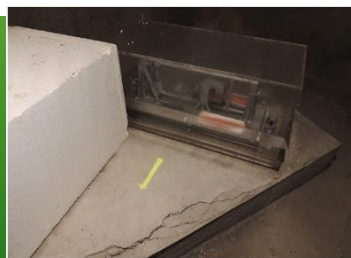
Národná sieť seizmických staníc (NSSS)



Oddelenie seizmológie Ústavu vied o Zemi Slovenskej akadémie vied (ÚVZ SAV)



http://www.seismology.sk/National_Network/

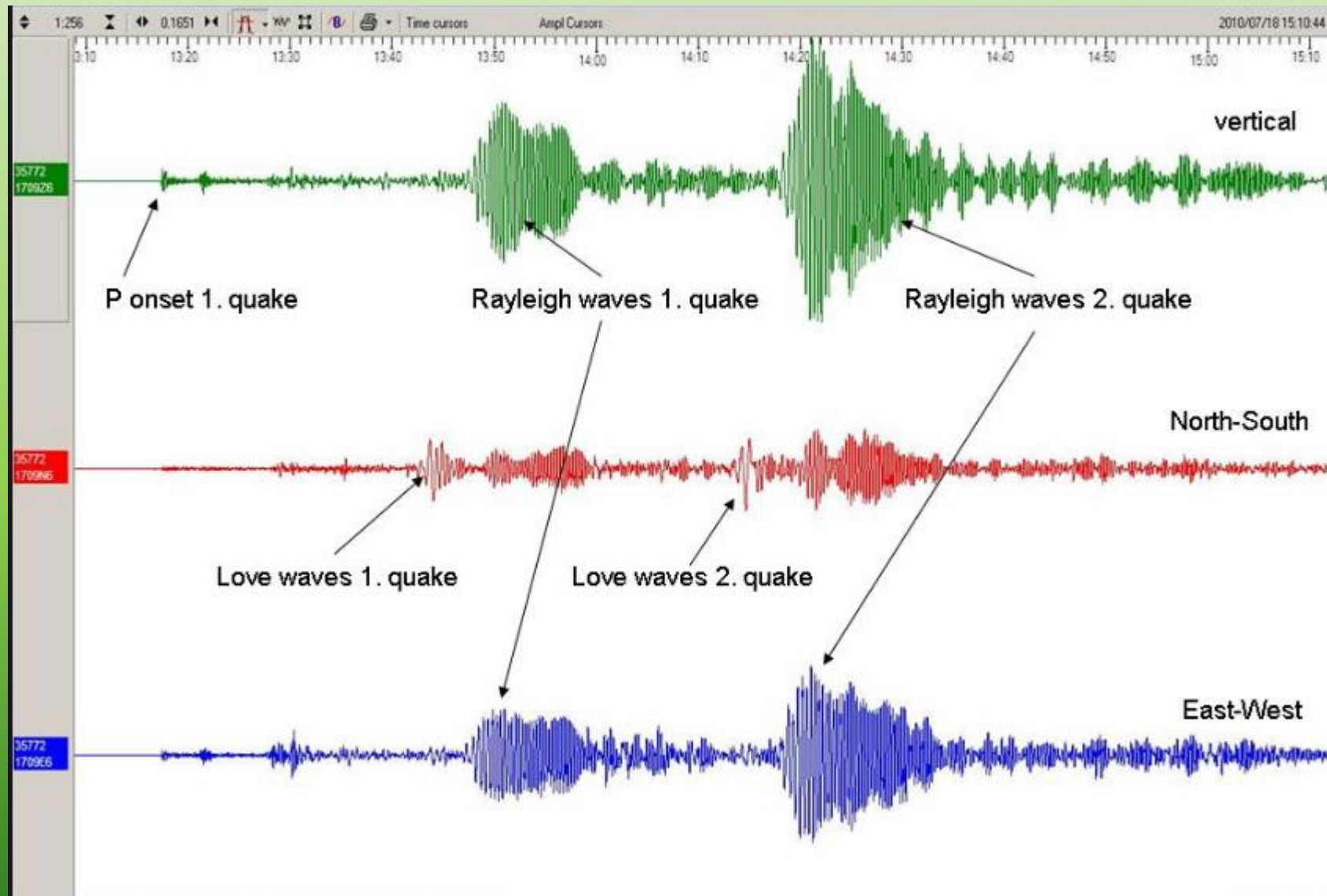


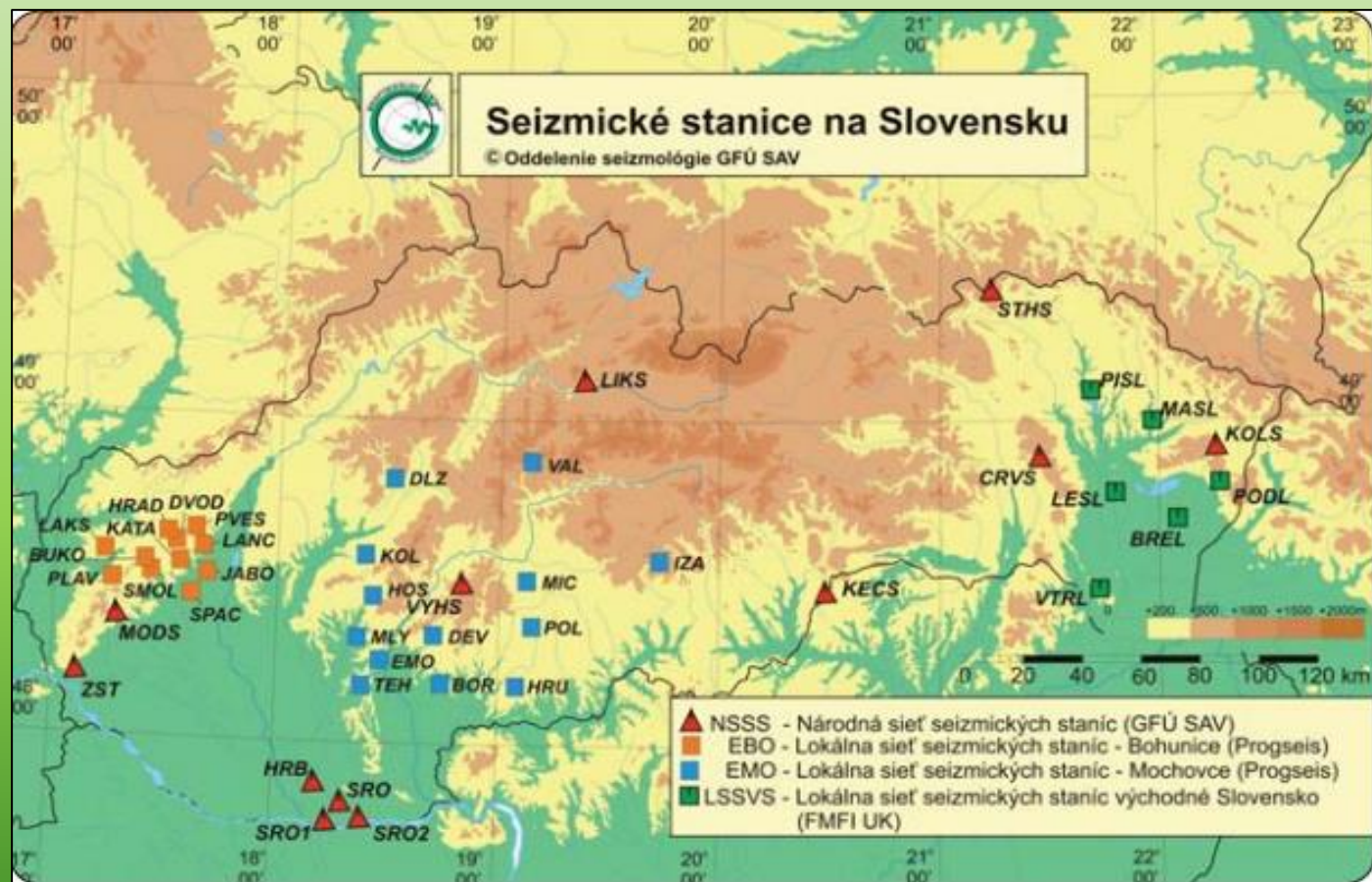
Živé seizmogramy zo stanice ZST - Železná studnička

Mapa

ZST - Železná studnička

Zemepisná šírka:	48.20
Zemepisná dĺžka:	17.10
Nadmorská výška:	250.0
Platný od:	2009/044
Zberný systém:	Wave24
Seizmometer:	SKD-30s
Kanály:	HH?
Platný od:	2004/077
Zberný systém:	PCM5800
Seizmometer:	SKD
Kanály:	HH? / BH?
Platný od:	2004/077
Zberný systém:	PCM5800
Seizmometer:	SM3







Earthquakes in Slovakia (1258 - 2006)

© Department of Seismology GPI SAS

0 20 40 60 km

Czech
republic

Poland

Slovakia

Ukraine

Hungary

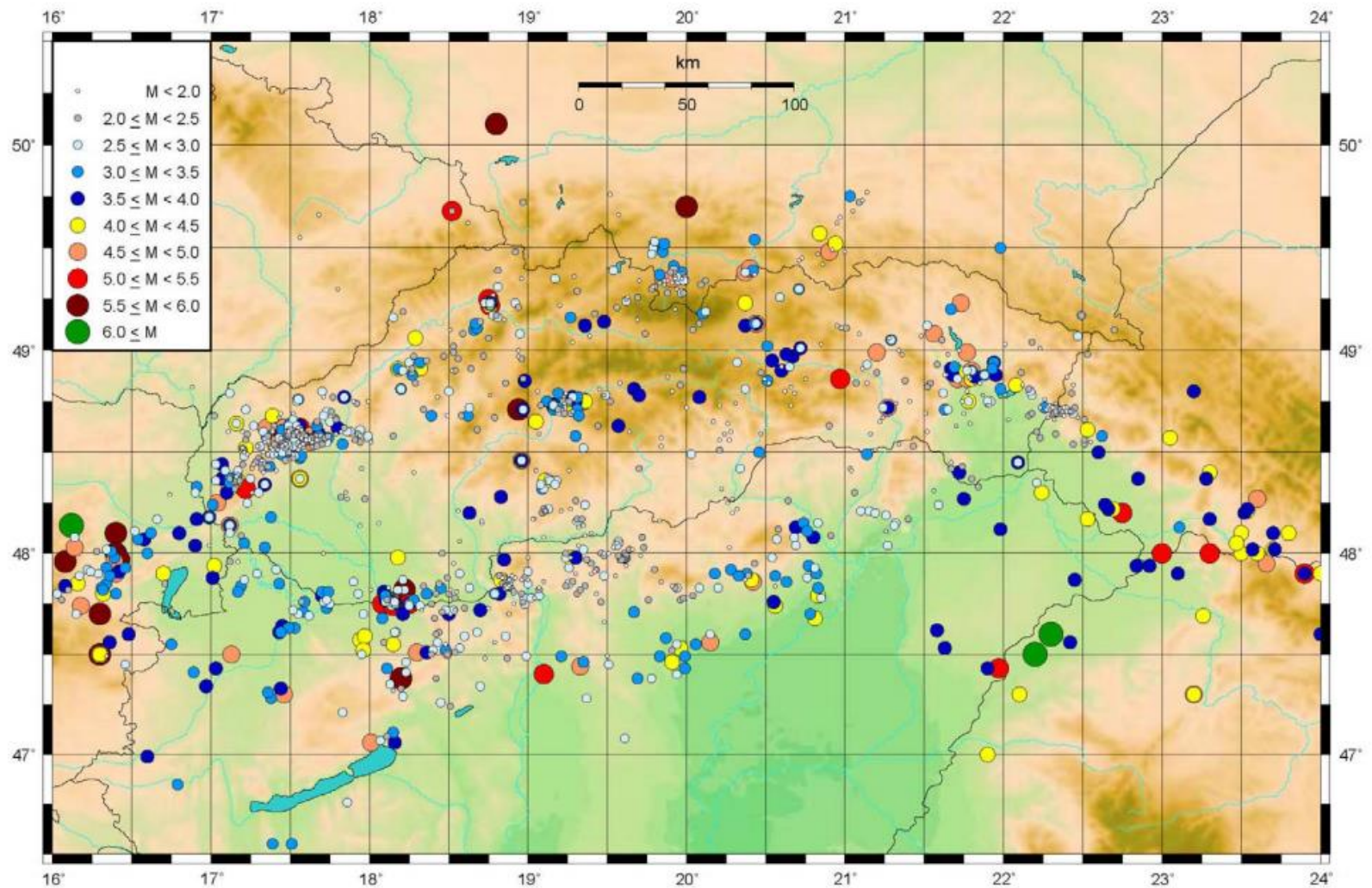
micro M_L
(194)

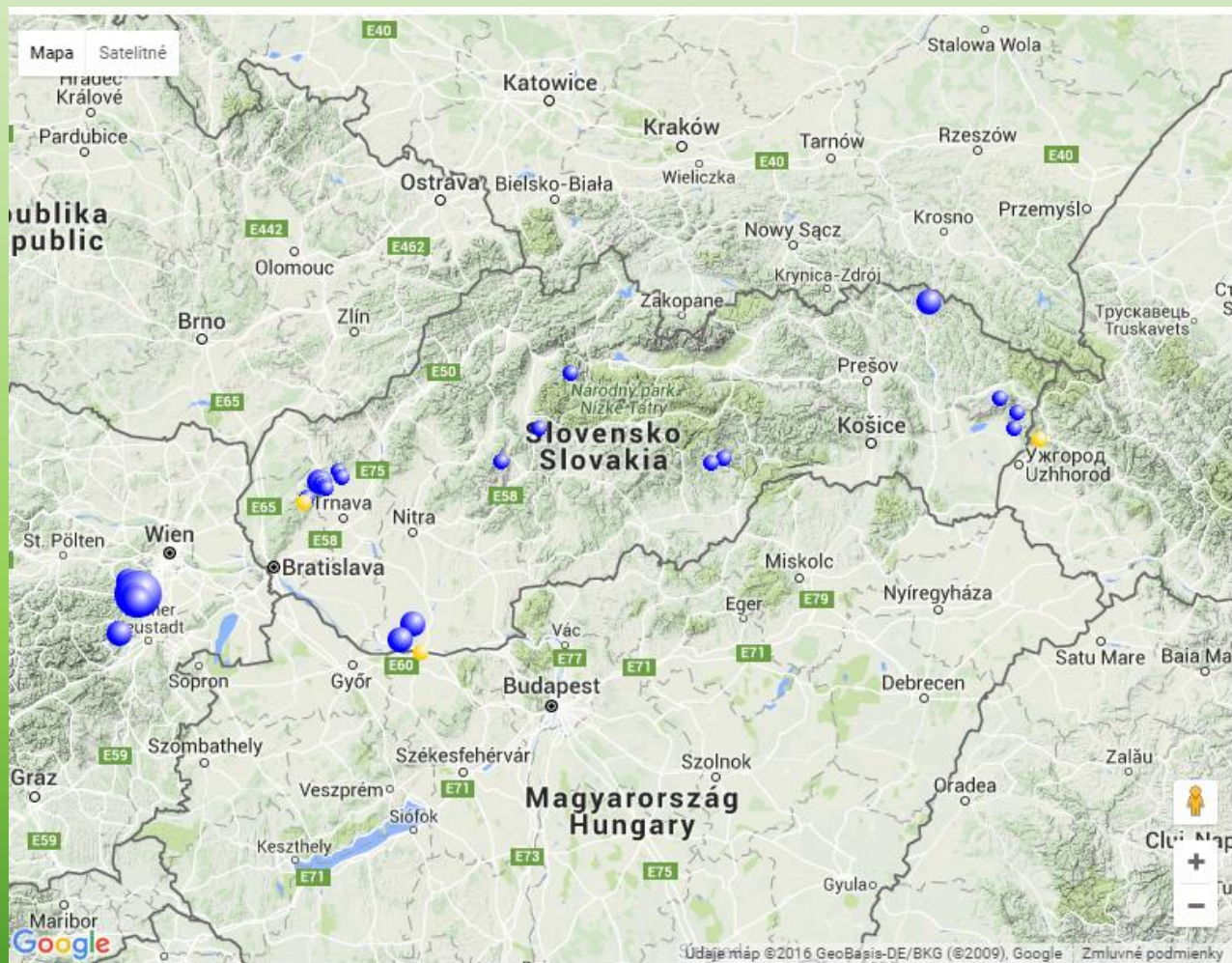
0-1 1-2 2-3

macro I_0
(669) (EMS-98) III

IV V VI VII VIII IX

katalóg zemetrasení (1034 – 2009)





Zoznam lokálnych zemetrasení:

dátum, lokálny čas, magnitúdo

17.06.2016, 12:29:39, MI = 0.9
 13.06.2016, 19:20:22, MI = 0.2
 12.06.2016, 09:29:51, MI = 0.8
 07.06.2016, 10:35:23, MI = 0.1
 01.06.2016, 07:34:51, MI = 1.1
 29.05.2016, 10:26:22, MI = 1.0
 24.05.2016, 13:53:32, MI = 1.7
 22.05.2016, 16:14:20, MI = 0.2
 21.05.2016, 00:07:18, MI = 0.1
 21.05.2016, 00:00:19, MI = 1.6
 20.05.2016, 23:36:01, MI = 0.4
 20.05.2016, 21:36:42, MI = 0.6
 19.05.2016, 05:36:21, MI = -0.3
 15.05.2016, 01:42:42, MI = 0.3
 13.05.2016, 23:12:54, MI = 0.6
 10.05.2016, 07:52:02, MI = 2.2
 10.05.2016, 07:41:43, MI = 1.6
 05.05.2016, 10:18:21, MI = 1.6
 03.05.2016, 19:25:22, MI = -0.2
 03.05.2016, 07:12:59, MI = 1.0
 02.05.2016, 00:23:10, MI = 0.8
 30.04.2016, 00:59:44, MI = -
 30.04.2016, 00:59:10, MI = 0.8
 29.04.2016, 02:02:40, MI = -0.3
 26.04.2016, 05:40:52, MI = 1.8
 25.04.2016, 12:49:38, MI = 1.8
 25.04.2016, 12:28:24, MI = 4.0 Viedeň
 23.04.2016, 19:46:20, MI = 0.5



last 2 days



last 2 weeks



last 2 months

local magnitude:



below 1



1 - 2



2 - 3



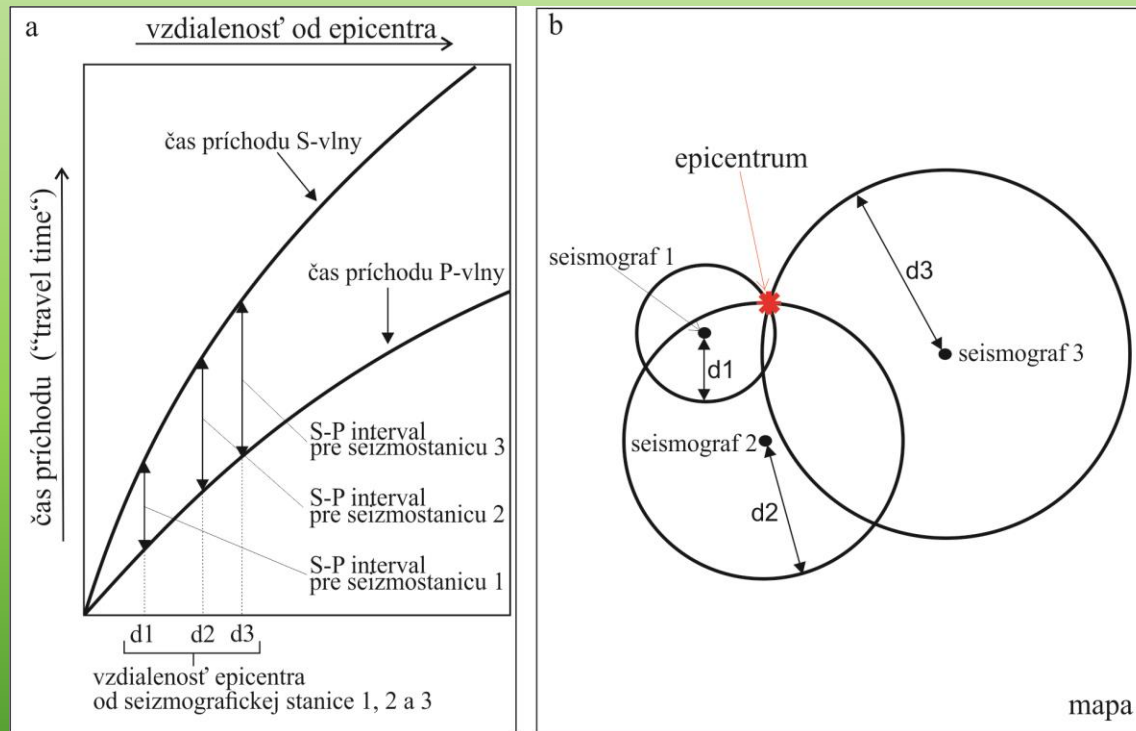
3 - 4



more than 4

LOKALIZÁCIA ZEMETRASENÍ

1. Aspoň 3 seizmografické stanice
2. Určenie vzdialenosti stanice od epicentra – z S-P intervalu z „travel times curves“
3. Epicentrum = prienik kružníc



SEIZMICKÉ STUPNICE

- **Intenzitné** (makroseizmické)

kvantifikácia zemetrasenia na základe makroseizm. účinkov – účinok na budovy a povrch, fyziol. vnemy

- **Magnitúdové** (prístrojové)

kvantifikácia zemetrasenia na základe meranej veličiny - magnitúda

- **Magnitúdová stupnica – Richterova**

sila zemetrasenia v ohnisku určená z meraní na seizmografoch = MAGNITÚDA M

$$M = \log A$$

pre každé zemetrasenie len jedna hodnota !

logaritmická, „bez ohraničenia“

1935 C.F.Richter

meria sa rozkmit P vlny (neovplyvnená hĺbkou ohniska) „ m_p “

meria sa aj M_L (lokálne), M_w (momentové) $\Rightarrow$ existuje viac týchto stupníc, dajú sa prepočítať



M	seizmické prejavy	počet/rok
$M < 2,5$	zaznamenané iba prístrojmi, obecnepocítané	900 000
$2,5 \leq M \leq 5,4$	menšie poškodenia, často pocítané	30 000
$5,5 \leq M \leq 6,0$	slabé poškodenie budov	500
$6,1 \leq M \leq 6,9$	môže byť deštruktívne vo veľmi osídlenej oblasti	100
$7,0 \leq M \leq 7,9$	spôsobí vážne poškodenia, väčšie zemetrasenie	20
$M \geq 8$	úplné zničenie takmer celej spoločnosti, veľké zemetrasenie	1 každých 5 až 10 rokov

M	odpovedajúca energia výbuch TNT	príklad zemetrasenia
-1,5	1 g	porušenie hornín na lab. stole
1	200 g	malá nálož pri stavebných prácach
3,5	450 kg	výbuch v kameňolome/bani
4,5	32 t	priemerné tornádo
5,5	500 t	Little Skull Mtn., NV, 1992
6,0	2670 t	Double Spring Flat, NV, 1994
6,5	31 550 t	Northridge, CA 1994
7,0	199 000 t	Hyogo-Ken Nanbu, Jap, 1995
7,5	1 000 000 t	Landers, CA, 1992
8,0	6 270 000 t	San Francisco, CA, 1906; Indonézia – Sumatra 2007
8,5	31 550 000 t	Anchorage, AK, 1964
9,0	199 999 000 t	Chile, 1960
10,0	6,3 bilión t	zlom typu San-Andreas okolo celej Zeme
12,0	1 trilión t	prelomenie zeme cez celý stred

• Intenzitné stupnice

najväčšia sila zemetrasenia nad ohniskom (v epicentre), so vzdialenosťou klesá
makroseizmická intenzita **I** – miera pre škody, deformácie a ľudské vnemy

- subjektívna
- v každom mieste iná !

Rossi-Forelova – 1883 Rossi (tal) a Forel (švaj)

- 10 st

Mercali – 6 st → 10 st

Cancani – 12 st (bez popisu stupňov)

Sieberg – 1912

- 12 st s popisom účinku
- upravená a používaná donedávna ako **MCS** (Mercali Cancani Siebergova)
- preklad do angličtiny = **MM** (modifikovaná Mercaliho) 1931

MSK-64 – Medvedev, Sponheuer, Karnik

- naväzuje na MCS-64, najrozšírenejšia v Európe

EMS-98 – update MSK-64 na EMS-92 (European Macroseismic Scale)

- prijatá európskou seizmolog. komisiou (predtým ako pokusná EMS-92)
- zahŕňa jednak klasifikáciu budov podľa zraniteľnosti, klasifikáciu škôd a kvantít jednak definície intenzitných stupňov.

JMA – používaná v Japonsku, 7 st

MM, MCS, MSK-64, EMS-92, EMS-98 – 12 stupňov

MSK-64	MM	RF	JMA
I	I	I	0
II	II	I-II	I
III	III	III	II
IV	IV	IV-V	II-III
V	V	V-VI	III
VI	VI	VI-VII	IV
VII	VII	VIII-	IV-V
VII	VII	VII+ - IX-	V
IX	IX	IX+	V-VI
X	X	X	VI
XI	XI	-	VII
XII	XII	-	-



V prípade zemetrasenia:

na Internete dotazník pre osoby cítiace zemetrasenie – tie sa vyhodnocujú - určenie stupňa intenzity

http://www.seismology.sk/Recent_earthquake/info_S.html

ČO ROBIŤ POČAS ZEMETRASENIA

1. Ak ste vo vnútri budovy, dávajte pozor na padajúce predmety. Vzdialte sa od okien a iných sklenených predmetov. Nepokúšajte sa vybehnúť von z budovy
2. Aby ste obmedzili možnosť zásahu predmetmi, je lepšie byť pod stolom, posteľou alebo pod zárubňou dverí s rukami skríženými nad hlavou.
3. Ak ste vo výškovej budove, ihneď sa skryte pod stolom. Nechodte do výťahov, ani na schodisko.
4. Ak ste v obchode plnom ľudí, nepodľahnite panike a nepokúšajte sa utekať k východu. Panika môže viesť ku zraneniam a iracionálnemu správaniu. Ak napriek tomu pociťujete potrebu uniknúť z budovy, zachovajte pokoj a nájdite najmenej preplnený východ.
5. Ak ste vonku, rýchlo sa vzdialte od budov, elektrického a iných vedení, komínov a pod. Ak idete autom, zastavte na voľnom priestranstve.

Geofyzikálneho ústavu SAV Bratislava

Prosíme Vás o vyplnenie dotazníka a jeho zaslanie. Údaje o Vašom pozorovaní sú veľmi dôležité pre výskum zemetrasení a seizmického ohrozenia územia Slovenska, ktoré vykonáva Geofyzikálny ústav SAV Bratislava.

Možné spôsoby vyplnenia:

A) Dotazník si vytlačíte a krížikom na vyznačenom mieste označíte ku každej otázke odpoveď, ktorá najlepšie zodpovedá Vaším pozorovaniam. Akékoľvek iné doplnujúce údaje o Vašom pozorovaní uveďte na vyznačenom mieste na tejto strane alebo pripojte k dotazníku ďalší list papiera.

Vyplnený dotazník vložte do obálky a zašlite na adresu

Geofyzikálny ústav SAV
Dúbravská cesta 9
845 28 Bratislava

B) Vyplňte požadované údaje priamo v tomto súbore a pošlite e-mailom na adresu
geofseis@savba.sk

Kontakty: telefon: 02/5477 5280
02/5941 0611, 0610, 0608
GSM mobil: 0905/504 013
fax: 02/5941 0626
e-mail: geofseis@savba.sk
WWW: http://www.seismology.sk

Ďakujeme za Vašu spoluprácu.

Meno, povolanie a adresa pozorovateľa (Geofyzikálny ústav SAV neposkytne tieto údaje iným osobám alebo organizáciám.):

Tu uveďte ďalšie podrobnosti o zemetrasení, ktoré považujete za dôležité a ktoré nebolo možné uviesť v odpovediach na otázky na stranách 2 a 3:

A. Zemetrasenie som nepocítil/nepozoroval(a) ☐ ☐

B. Zemetrasenie som pocítil/pozoroval(a) ☐ ☐

Miesto pozorovania

1.

deň _____ hod _____ min

obec _____ (mesto)

PŠČ _____ okres

adresa _____

Zemetrasenie som pozoroval(a)

vonku ☐ ☐
vnútri budovy ☐ ☐
v stojacom aute ☐ ☐
v idúcom aute ☐ ☐
inde ☐ ☐
kde? _____

Ak ste zemetrasenie pozorovali vo vnútri budovy uveďte

- celkový počet poschodí budovy _____
- poschodie, na ktorom ste zemetrasenie pozorovali _____
- funkcia budovy (rodinný dom, obytný dom, kostol, administratívna budova, a pod.) _____

2. Čo ste robili?

prechádzali sa ☐ ☐ ležali ☐ ☐
kľučali ☐ ☐ sedeli ☐ ☐
stáli ☐ ☐ spali ☐ ☐

Otrasy a zvuky spôsobené zemetrasením

3. Čo najlepšie popisuje otrasy?

Žiadne otrasy ☐ ☐ trnutie ☐ ☐
hojkanie ☐ ☐ náraz ☐ ☐
chvenie ☐ ☐ iné ☐ ☐

_____ ?

Otrasy boli slabé ☐ ☐ stredné ☐ ☐ silné ☐ ☐

4. Čo najlepšie popisuje zvuk, ktorý ste počuli?

šumenie ☐ ☐ detonácia ☐ ☐
dunenie ☐ ☐ iné ☐ ☐
_____ čo _____ ?

Zvuk bol slabý ☐ ☐ stredný ☐ ☐ silný ☐ ☐

Účinky na ľudí

5. Ktoré z nasledujúcich vyjadrení najlepšie popisuje to, čo sa stalo v mieste Vášho pozorovania a jeho okolí?

Odpovedajte zvlášť pre bod a) a pre bod b)

a) Nikto okrem Vás zemetrasenie nespozoroval

☐ ☐
Zemetrasenie spozorovali vo vnútri
len jeden, či dvaja ľudia ☐ ☐
niekoľkí ☐ ☐
mnohí ☐ ☐
väčšina/všetci ☐ ☐
neviem ☐ ☐

b) Zemetrasenie vonku nikto nespozoroval ☐ ☐

spozorovali len jeden či dvaja ľudia ☐ ☐
niekoľkí ☐ ☐
mnohí ☐ ☐
väčšina ☐ ☐
neviem ☐ ☐

6. Ak sa zemetrasenie stalo v noci (inak na túto otázku neodpovedajte) prebudilo Vás?

Nie ☐ ☐ Áno ☐ ☐ Nespál(a) som ☐ ☐

Prebudilo iných ľudí?

Nie ☐ ☐ Áno ☐ ☐
niekoľkých ☐ ☐
mnohých ☐ ☐
väčšinu ☐ ☐

Neviem ☐ ☐

7. Boli ste vystrašení?

Nie ☐ ☐ Áno ☐ ☐

Boli iní ľudia vystrašení alebo sa pokúšali vybehnúť von?

Makroseizmický dotazník

Nie [] Áno niekoľko []
 mnohí []
 väčšina []

Neviem []

8. Ak ste stáli, mali ste problémy udržať rovnováhu alebo ostať stáť?

Nie [] Áno []

Mali iní ľudia problémy udržať rovnováhu alebo ostať stáť?

Nie [] Áno niekoľko []
 mnohí []
 väčšina []

Neviem []

Účinky na predmety v budovách a na prírodu alebo zvieratá

9. Visiace predmety (lampy, obrazy a pod.) sa
 ľahko hojdali []
 hojdali []
 značne hojdali []
 nič také som nespozoroval []
 neviem []

10. Porcelán, sklo alebo riad

štrngali []
 rinčali []
 niektoré sa rozbili []
 nič také som nespozoroval []
 neviem []

11. Okná a dvere

rinčali []
 otvárali sa a zatvárali []
 nič také som nespozoroval []
 neviem []

12. Drobné predmety (malé sošky, knihy, vázy a pod.)

boli posunuté []
 niektoré spadli []
 mnohé spadli []
 Ktoré?

nič také som nespozoroval []
 neviem []

13. Boli ťažšie predmety ako napr. televízor, písací stroj a pod. prevrhnuté alebo spadli?

Nie [] Áno [] Neviem []

Ktoré?

14. Nábytok

ľahký nábytok sa chvel, triasol []
 nábytok bol posunutý []
 bol prevrhnutý []
 ťažký nábytok bol prevrhnutý []
 Aký?

nič také som nespozoroval []
 neviem []

15. Tekutiny

v nádobách boli nepokojné []
 v nádobách vysplechli []
 v nádržích bazénov špliechali []
 nič také som nespozoroval []
 neviem []

16. Domáce zvieratá vo vnútri budov (psy, mačky a pod.)

neboli nepokojné []
 boli nepokojné []
 neviem []

17. Poľnohospodárske zvieratá (najmä vonku)

neboli vystrašené []
 boli vystrašené []
 neviem []

Účinky na budovy

18. Ak ste pozorovali zemetrasenie vo vnútri budovy, išlo o

murovanú budovu z pálených tehál/tvámic
 so železobetónovými podlažiami []
 s drevenými podlažiami []
 murovanú budovu z nepálených tehál []
 murovanú budovu z kameňov []
 železobetónovú budovu, panelák []
 železobetónovú rámovú konštrukciu
 z tehlovou výplňou []
 oceľovú budovu []
 drevenú budovu []
 inú []
 akú?

19. Budova

nebola poškodená [] bola poškodená []

20. V omietke

nevyzrákali žiadne trhliny a nebola poškodená []
 vznikli vlásoknicové trhliny []

Makroseizmický dotazník

odpadli malé kusy []
 odpadli veľké kusy []
 neviem, či bola poškodená []

21. V priečkach a výplniach

nevyzrákali žiadne trhliny a neboli poškodené []
 vznikli trhliny []
 vypadli obklady []
 vznikli rozsiahle trhliny []
 boli porušené jednotlivé priečky/panely []
 neviem, či boli poškodené []

Uvedené škody vznikli v

niektorých [] mnohých [] väčšine []
 priečkach alebo výplniach.

22. V nosných múroch/stĺpoch/paneloch

nevyzrákali žiadne trhliny a neboli poškodené []
 vznikli trhliny []
 vznikli veľké rozsiahle trhliny []
 neviem, či boli poškodené []

Uvedené škody vznikli v

niektorých [] mnohých [] väčšine []
 nosných múroch/stĺpoch/paneloch.

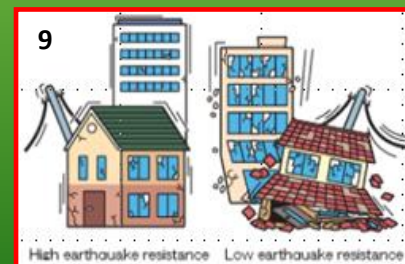
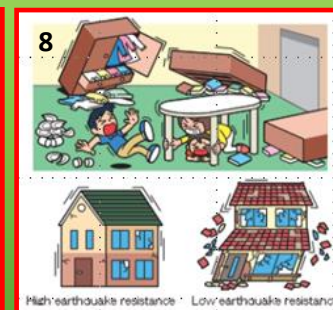
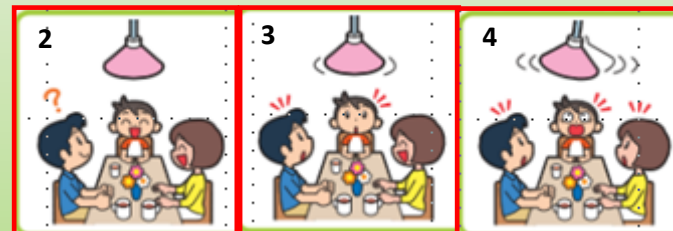
23. Komin(y)

neboli poškodené []
 bol(i) čiastočne poškodený(é) []
 bol(i) úplne zničený(é) []
 neviem, či boli poškodené []

24. Strecha

nebola poškodená []
 strešná krytina čiastočne opadala []
 je čiastočne štrukturálne poškodená []
 je úplne zničená []
 neviem, či bola poškodená []

Intenzita	Definícia	Skrátený popis typických účinkov
1	nepocítené	Nepocítené.
2	zriedkavo pocítené	Pocítené len jednotlivcami na niektorých miestach v domoch.
3	slabé	Zemetrasenie vnútri citia niekoľkí (0-20%). Ľudia nanajvýš citia hojdanie alebo ľahké chvenie.
4	značne pozorované	Zemetrasenie vo vnútri citia mnohí (10-60%), vonku len výnimočne. Niekoľkí sú prebudení. Okná, dvere a riad štrngajú.
5	silné	Zemetrasenie vo vnútri cití väčšina (50-100%), vonku niekoľkí. Mnohí spia sa prebudia. Niekoľkí sú vystrašení. Budovy vibrujú. Visiace objekty sa značne hojdajú. Malé predmety sú posunuté. Dvere a okná sa otvárajú a zatvárajú.
6	mierne ničivé	Mnohí sú vystrašení a vybiehajú von. Niektoré predmety padnú. Mnohé budovy utrpia malé neštrukturálne škody ako napr. vlásoknicové trhliny alebo odpadnuté malé kúsky omietky.
7	ničivé	Väčšina ľudí je vystrašená a vybiehajú von. Nábytok je posunutý. Predmety padajú z polic vo veľkom množstve. Mnohé dobre postavené bežné budovy utrpia stredné škody: opadá omietka, padnú časti komínov; v stenách starších budov sú veľké trhliny a priečky sú zrútené.
8	ťažko ničivé	Mnohí majú problémy udržať rovnováhu. Mnohé domy majú veľké trhliny v stenách. Niekoľko dobre postavených bežných budov má vážne poškodené steny. Slabé staršie budovy sa môžu zrútiť.
9	deštruktívne	Všeobecná panika. Mnoho slabých budov sa zrúti. Aj dobre postavené bežné budovy utrpia veľmi ťažké škody: ťažké poškodenie stien a čiastočne aj štrukturálne škody.
10	veľmi deštruktívne	Mnohé dobre postavené bežné budovy sa zrúti.
11	devastujúce	Väčšina dobre postavených bežných budov sa zrúti. Aj niektoré budovy s dobrým antiseizmickým dizajnom sú zničené.
12	úplne devastujúce	Takmer všetky budovy sú zničené.



Tab. 1. Krátka forma stupnice EMS-98 (nie je vhodná na určenie intenzity; porovnaj popis pre intenzitný stupeň 8). http://www.nuquake.eu/Earthquakes/Moczo_Labak_2000.pdf

ROZDELENIE ZEMETRASENÍ

Podľa :

- pôvodu
- veľkosti dosahu
- epicentrálnej vzdialenosti
- hĺbky ohniska
- veľkosti magnitúdy
- geografického rozloženia
- teórie tektoniky litosferických dosiek

• podľa pôvodu

zemetrasenie	výskyt	popis
Rútivé	3 %	Prepadnutie stropov podzemných dutín, v krasových oblastiach, malá energia, makroseizmické pole max. niekoľko 10tok km, škody nad plytkými ohniskami
Sopečné (vulkanické)	7 %	Malé , slabé , v seizmických rojoch, makroseizmický dosah 30 – 50 km, mikroseizmický dosah 150 – 200 km, pri výbuchu sopky
Tektonické (dislokačné)	90 %	Horotvorné sily v zem. kôre, stredooceánske chrbty, treťohorné pásmové pohoria, mladé zlomy
S hlbokými ohniskami		Predtým tektonické

• podľa veľkosti dosahu

zemetrasenie	makroseizmický dosah km	mikroseizmický dosah km
miestne	200	500
malé	300	5 000
stredné	500	10 000
veľké	1 000	18 000
svetové	> 1 000	> 18 000

ROZDELENIE ZEMETRASENÍ

- podľa epicentrálnej vzdialenosti

zemetrasenie	epicentrálna vzdialenosť
blízke	0° - 20°
strednej vzdialenosti	20° - 45°
vzdialené	45° - 90°
veľmi vzdialené	90° - 180°

vzdialenosť epicentra a miesta pozorovania v uhlovej miere
 $1^\circ = \text{obvod zeme} / 360 = 111,1 \text{ km}$

- podľa veľkosti magnitúdy

zemetrasenie	rozsah magnitúda	anglické označenie
veľké	$M > 8$	great
väčšie	$7 < M < 7,9$	major
silné	$6 < M < 6,9$	strong
mierne	$5 < M < 5,9$	moderate
ľahké	$4 < M < 4,9$	light
menšie	$3 < M < 3,9$	minor

- podľa hĺbky ohniska

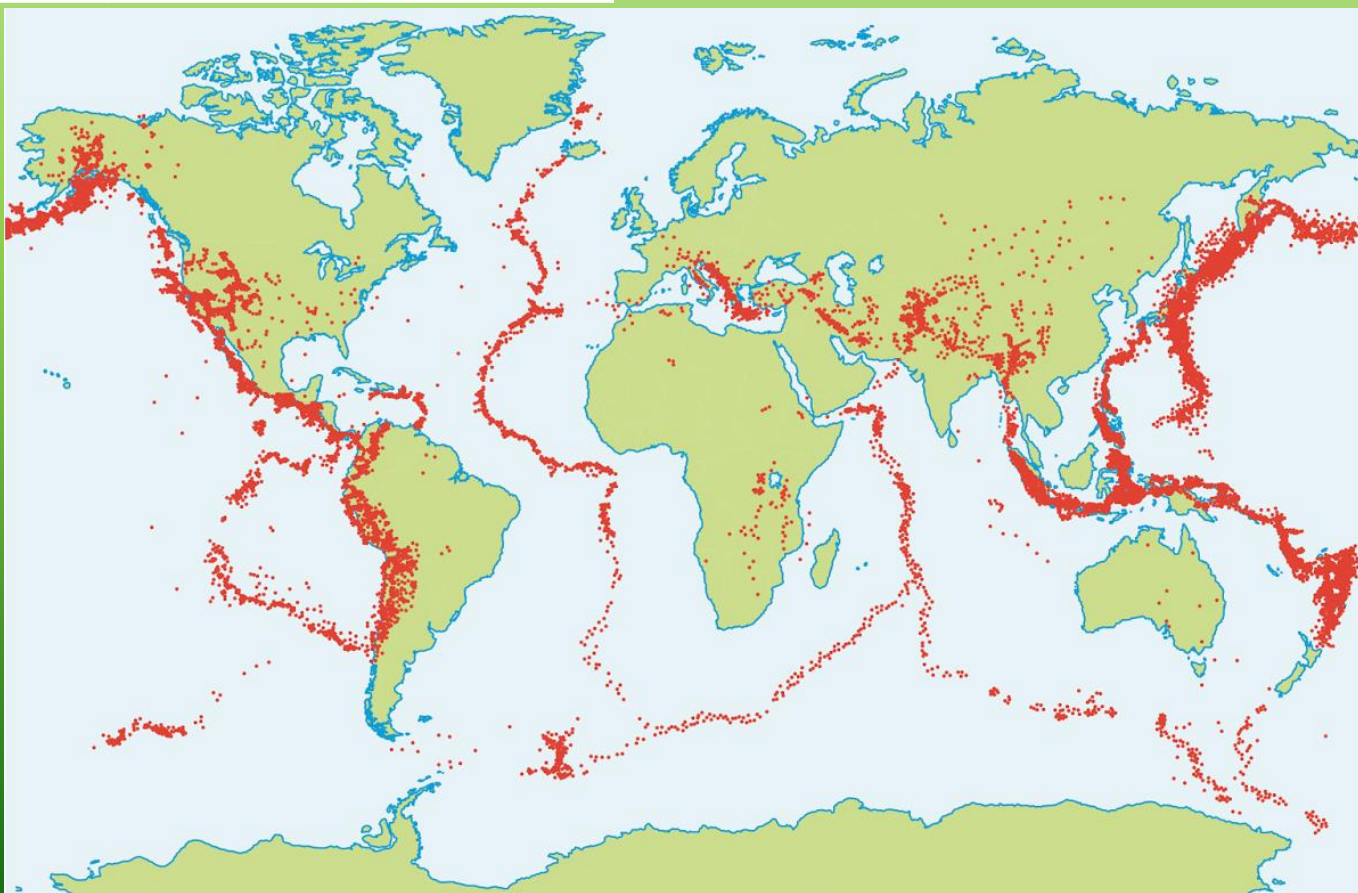
zemetrasenie	hĺbka ohniska km	poznámka
povrchové	< 4	ohnisko vo vrchnom sedimentárnom obale
plytké	< 60	ohnisko zemskej kôre
stredné	60 - 300	ohnisko v najvrchnejšej časti zemského plášťa
hlboké	300 - 800	ohnisko vo vonkajšej časti zemského obalu

ROZDELENIE ZEMETRASENÍ

- podľa geografického rozloženia

geografická oblasť	poznámka
cirkumpacifické pásmo	80% - Kurily, japonské ostrovy, Filipíny, Nový Zéland, Z pobrežie Ameriky
mediteránne pásmo	Azory, V Stredozemného mora s Alpami a Karpatami, malá Ázia, Irán, India, J Čína, Sundské ostrovy, Stredná Amerika, Antily
severná Európa	
okolie priekopových prepahlín	tichý oceán

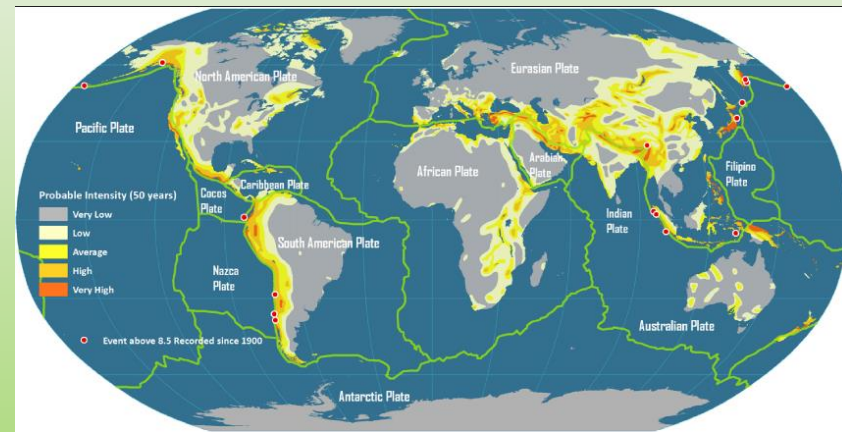
geografická oblasť	poznámka
Tichooceánsky pás	veľké ostrovné oblúky: Aleuty, Kurily, Japonské o., Filipíny, Indonézia, Tonga a Kermadec, Fidži, Nové Hebridy, 3alamúnové a Mariánske o., Z pobrežie ameriky, karibské more, sandwichove o. 71 % celkovej seizmickej energie
Alpsko-Himalájsky pás	Indonézia – Himaláje – stredozemné more (Alpy, Karpaty) – Pyrenejský polostrov. 17 % uvoľnenej energie Zeme
stredooceánske chrbty	7 % celkovej seizmickej energie
kontinentálne riftové oblasti	napr. východoafrické rifty. 1 % celkovej seizmickej energie



ROZDELENIE ZEMETRASENÍ

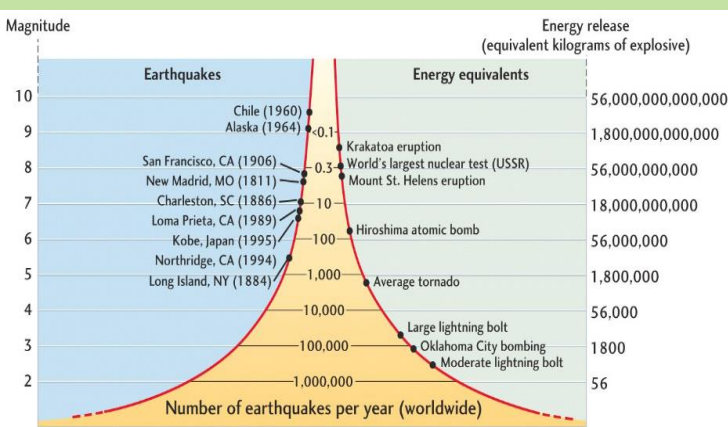
- podľa tektoniky litosferických dosiek

zóna	poznámka
subdukčné zóny	Aleuty, Kamčatka, Japonsko, Filipíny, str. a J Amerika, okolie Stredozemného mora
riftové zóny	Island, stredoceánske chrbty, východoafrický prielom
mladé pásmové pohoria	Pyreneje, Apeniny, Alpys, Dinaridy, Taurus, Pontus, Zagros, Himaláje, Kordilery, Andy, Novozélandské Alpy, zlomy na ohyboch týchto pohorí – Vrancea Rumunsko
zóny pozdĺž veľkých transformných zlomov	San Andreas (San Francisco, Los Angeles), alpský zlom na NZ, levantský zlom (Arabský záliv a Mŕtve more), severoanatolísky zlom (od Grécka – Egejské more - Turecko – po Irán)



ENERGIA ZEMETRASENIA

E – energia zemetrasenia tranformovaná do seizmických vĺn (cca 30 % celkovej uvoľnenej energie)

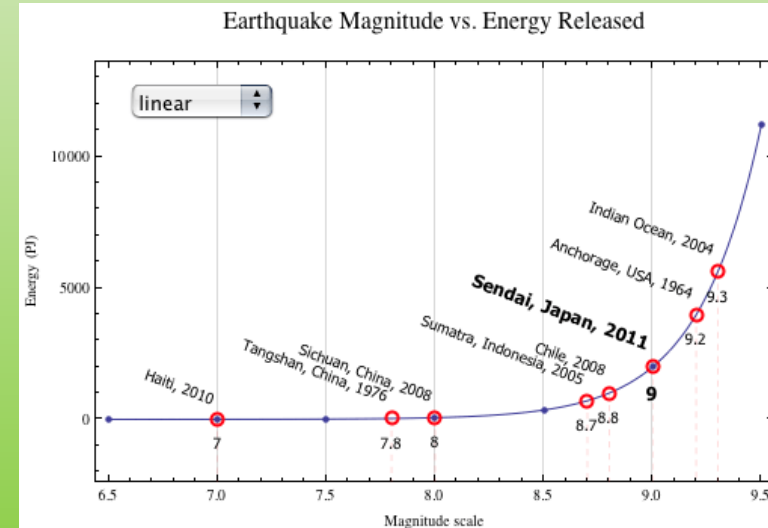


Gutenberg, Richter (1956)
 $\log E = 4,8 + 1,5 M$

Bath (1958)
 $\log E = 5,24 + 1,44 M$

$$M \leftrightarrow I$$

pre Slovensko
 $M = 0,55 I_0 + 0,95$



Amplitúda, rýchlosť kmitania, zrýchlenie

A – veľkosť výchylky častice z rovnovážnej polohy [μm , mm, cm], A_0 – maximálna amplitúda
 d – pohyb častíc pri šírení sa harmonickej vlny

$$d = A_0 \sin \omega t$$

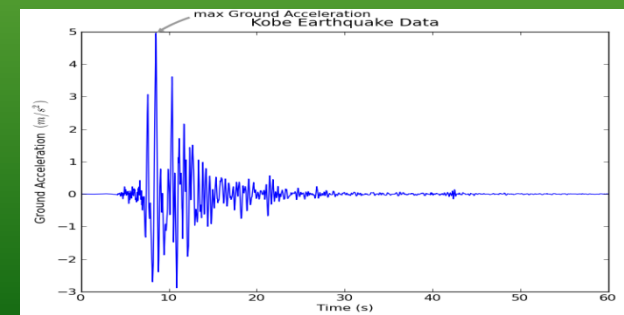
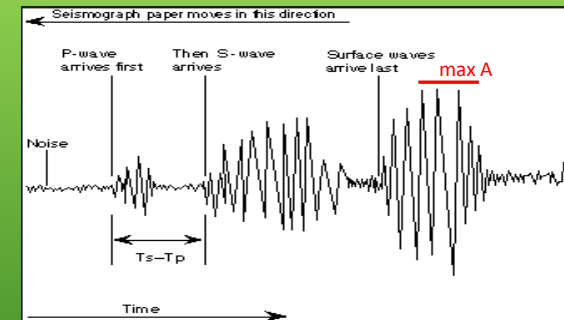
rýchlosť kmitania – ako rýchlo dochádza k zmene z rovnovážnej polohy
 ($\neq$ rýchlosť šírenia sa seizm. vlny 200 – 8000 m/s)
 - pri veľkom zemetrasení až 1 m/s a viac

$$v = \omega A_0 \cos \omega t$$

zrýchlenie – v seizmológii, seizmickom inžinierstve,...

$$a = -\omega^2 A_0 \sin \omega t$$

stanovenie a na základe I nie je korektné



POČETNOSŤ ZEMETRASENÍ

Gutenberg–Richterov vzťah

vyjadruje závislosť počtu zemetrasení N na magnitúde M (intenzite I)

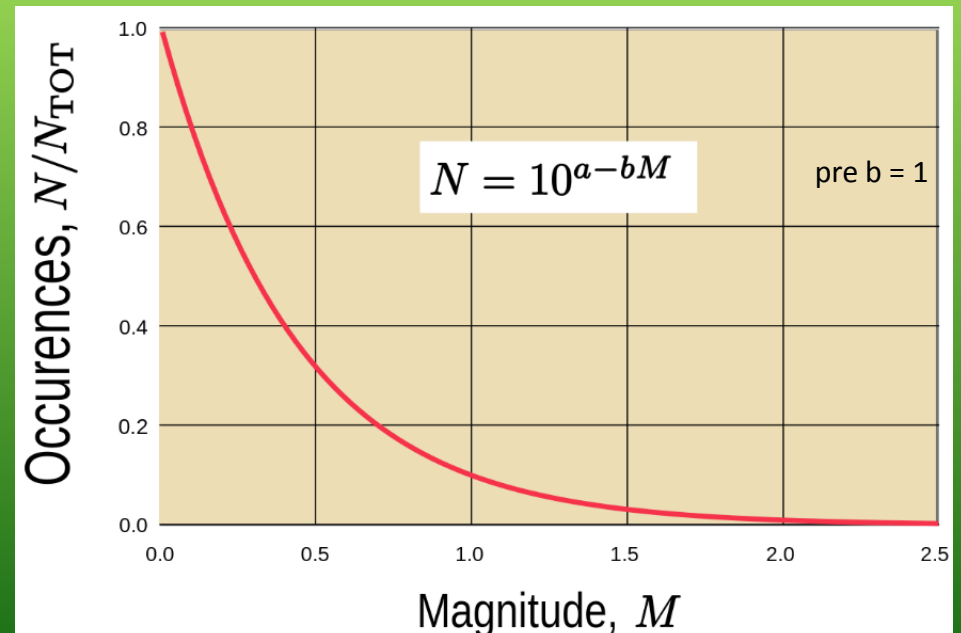
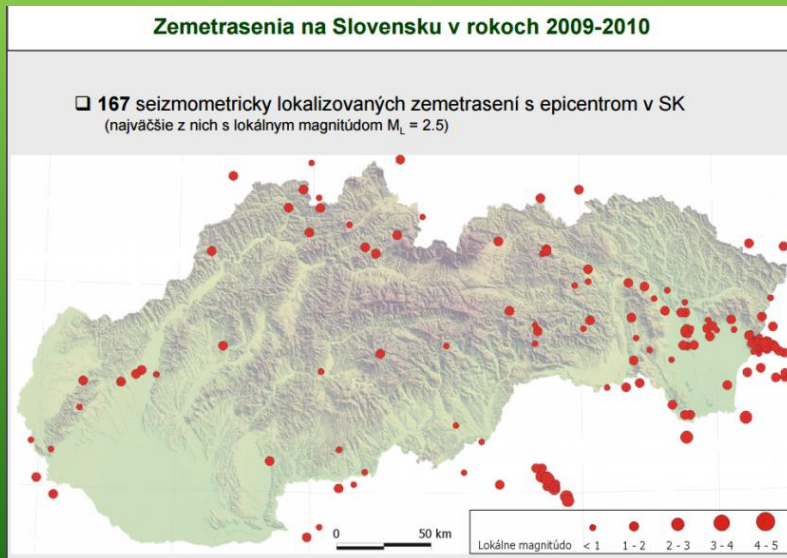
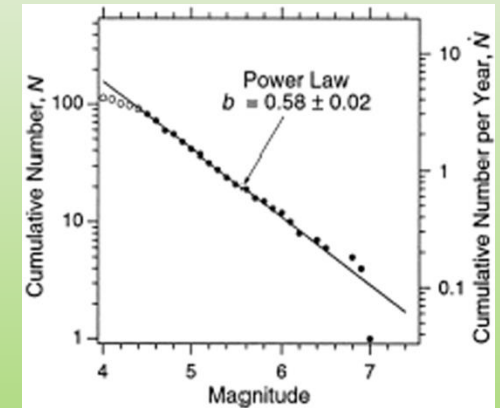
$$\log N = a_1 - b_1 M \quad \text{alebo} \quad \log N = a_2 - b_2 I$$

a_1, a_2, b_1, b_2 – koeficienty určené experimentálne

- na základe koeficientov a, b sa určuje rekurenčná perioda
- čím väčšie a a b sa nemeň, tým väčšia zemetrasná aktivita oblasti
- čím väčšie b a celkový počet zemetrasení sa nemeň, tým častejšie malé zemetrasenia ako veľké .
- stanovujú sa pre jednotlivé seizmogénne zóny (napr. Malé Karpaty,...) alebo záujmové oblasti (napr. pre atómovú elektráreň je to 150 km od nej)

grafy početnosti – hustotné / kumulatívne

- pre hustotné: registrovanie M (I v intervale $\pm 0,5$) – napr. k $I = 7$ padnú $I=6,5 - 7,5$
- pre kumulatívne: k danému stupňu sa priradia všetky zemetrasenia s daným stupňom a viac
- z grafu početnosti sa určia a a b , pre určité obdobie – napr. pre toto storočie
- vyhodnocovanie zemetrasení – Geofyzikálny ústav SAV



SEIZMICKÉ OHROZENIE

Seizmický pohyb pôdy ↔ **lokálne geologické podmienky** ↔ škody

seizmické mikrorajónovanie (mierka 1 : 5 000, 1 : 25 000) - vyčlenenie rajónov rôznej miery seizmickej mobility na záujmovom území
sledovanie vplyvu lokálnych zmien geologických pomerov na seizmicitu

stanovenie seizmického ohrozenia územia ↔ stanovenie maximálne očakávaných hodnôt zrýchlenia

- v minulosti = stanovenie max. očakávaných intenzít v danej oblasti
- pre projektanta je dôležitá hodnota zrýchlenia
- zrýchlenie sa neodvádza z intenzity
- slovenská norma STN 73 0036 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií – používa zrýchlenie (nie intenzitu)

Seizmické ohrozenie ↔ pravdepodobnosť vzniku zemetrasenia o danom magnitúde (intenzite) za dané obdobie (0 – 1)

Seizmické riziko ↔ pravdepodobnosť vzniku škody v dôsledku seizmického ohrozenia

Seizmicita ↔ je pravdepodobnosť vzniku zemetrasenia s magnitúdou m (alebo $M > m$) v časovom intervale t v určitej ohniskovej zóne S

Seizmické ohrozenie a seizmické riziko sa vzťahujú k zvolenej záujmovej lokalite, seizmicita je charakteristikou ohniskovej zóny.

Určenie seizmického ohrozenia

- používajú sa rôzne charakteristiky seizmického pohybu – akcelrogram, špičkové zrýchlenei, makroseizmická intenzita,...
- obdobie pre ktoré sa robí odhad – životnosť stavebných štruktúr

Analýza seizmického ohrozenia

1. Identifikovanie a charakteristika zdrojových zón (napr. zlomy)
2. Určenie seizmického pohybu pôdy na lokalite
metódy – deterministická
- pravdepodobnostná

Deterministický výpočet

- 1) Identifikácia zdrojových zón zemetrasení
- 2) Výber určujúceho zemetrasenie
- 3) Určenie útlmových vzťahov
- 4) Určenie seizmického ohrozenia na záujmovej lokalite

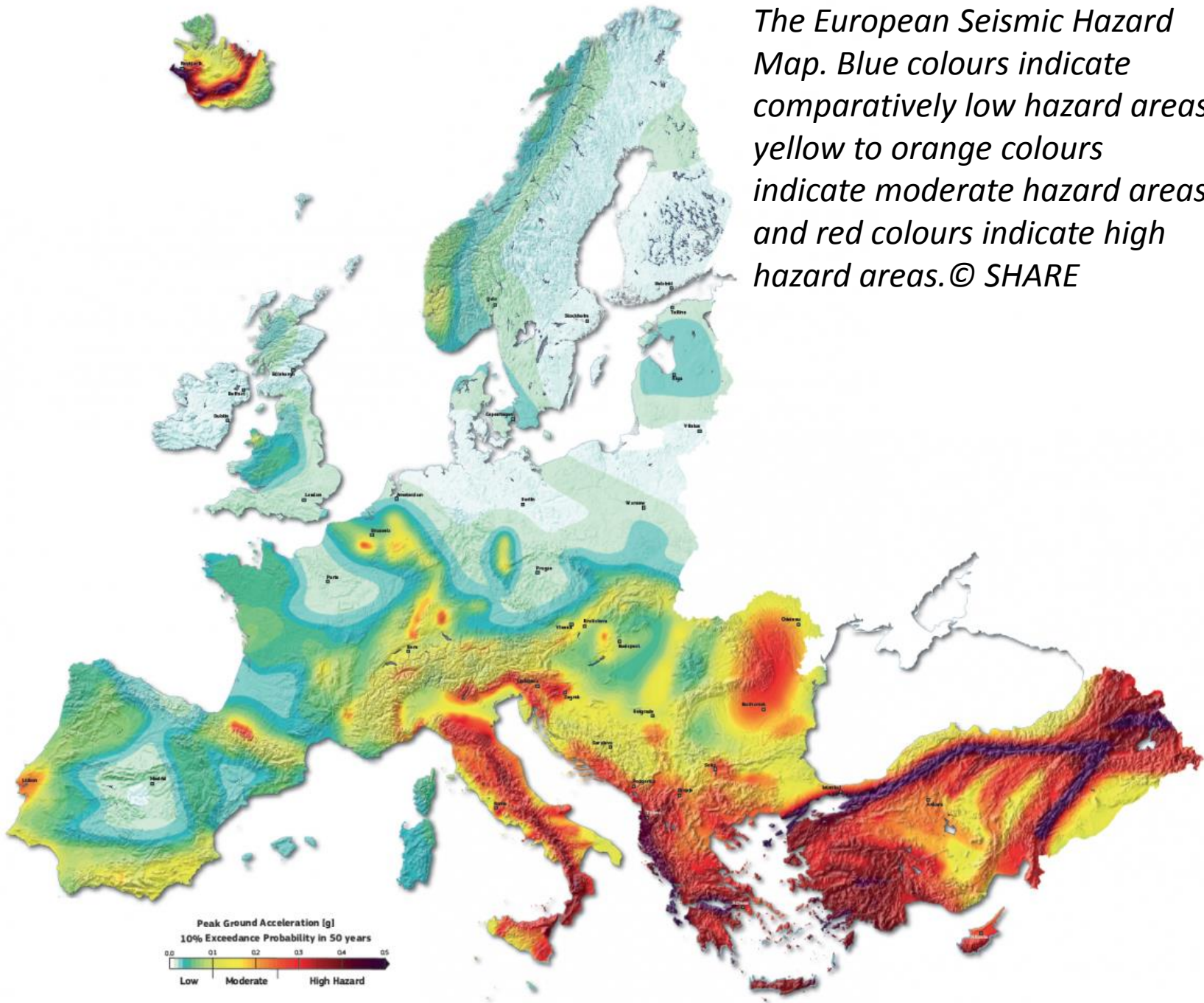
Pravdepodobnostný výpočet

- 1) Identifikácia zdrojových zón zemetrasení
- 2) Určenie početnostných vzťahov
- 3) Určenie útlmových vzťahov
- 4) Určenie seizmického ohrozenia v záujmovej lokalite



FIGURE 3 - THESE BUILDINGS IN JAPAN TOPPLED WHEN THE SOIL UNDERWENT LIQUEFACTION.

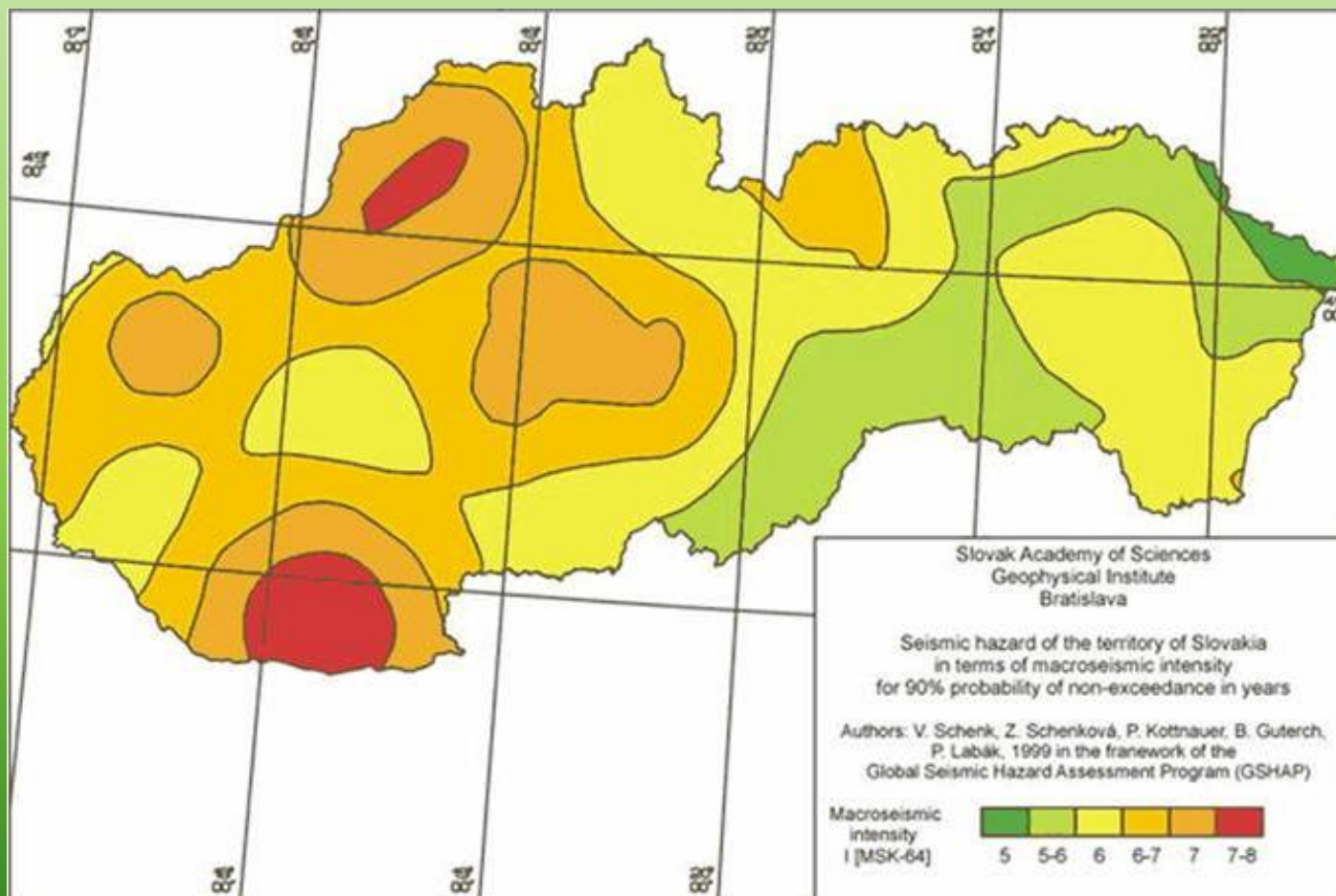
The European Seismic Hazard Map. Blue colours indicate comparatively low hazard areas, yellow to orange colours indicate moderate hazard areas, and red colours indicate high hazard areas. © SHARE



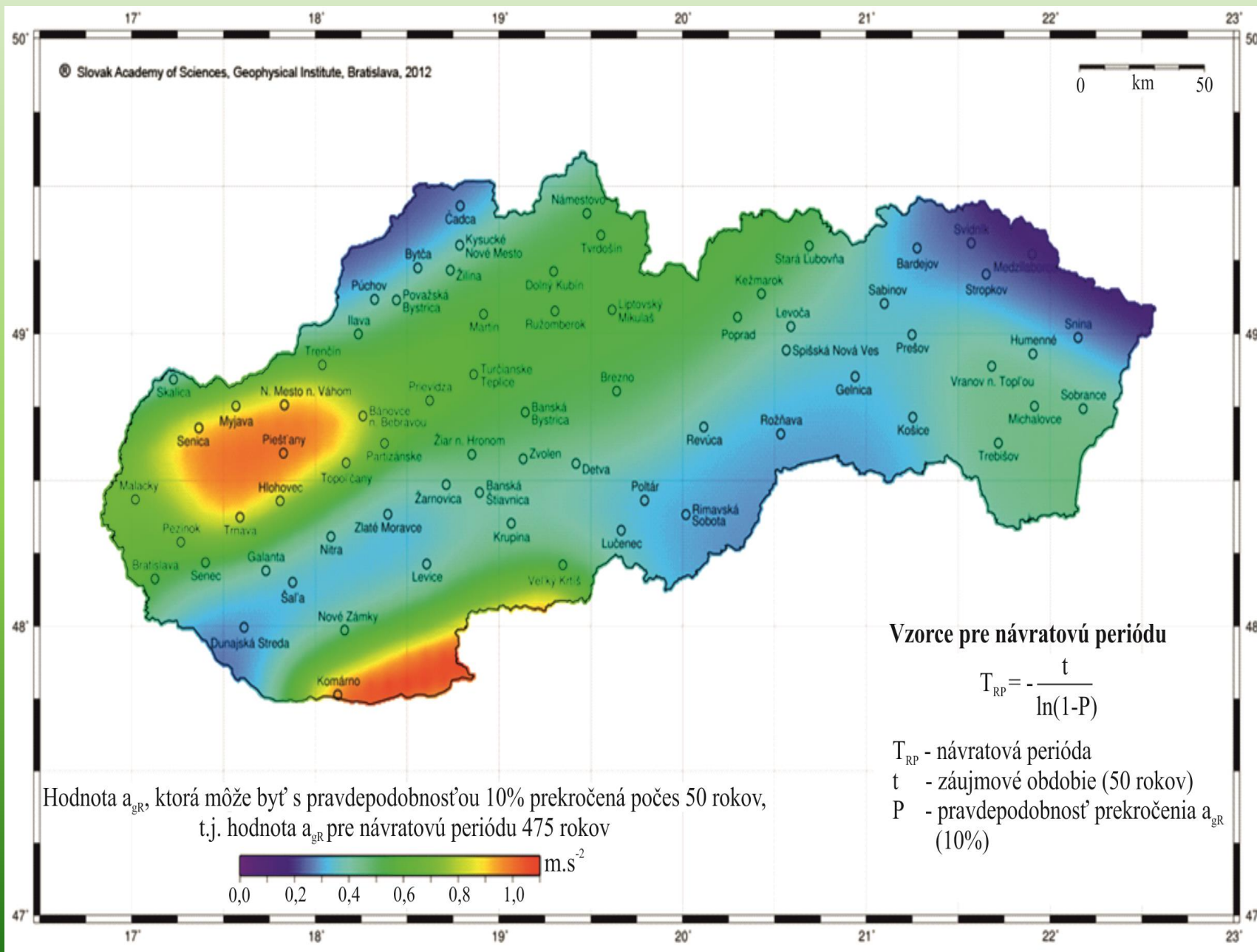
SEIZMICITA SLOVENSKA a priľahlých oblastí

Seizmicita = pravdepodobnosť vzniku zemetrasenia s magnítudou m (alebo $M > m$) v časovom intervale t v určitej ohniskovej zóne S .

Seizmické ohrozenie a seizmické riziko sa vzťahujú k zvolenej záujmovej lokalite, seizmicita je charakteristikou ohniskovej zóny.



mapa očakávaných intenzít zemetrasenia



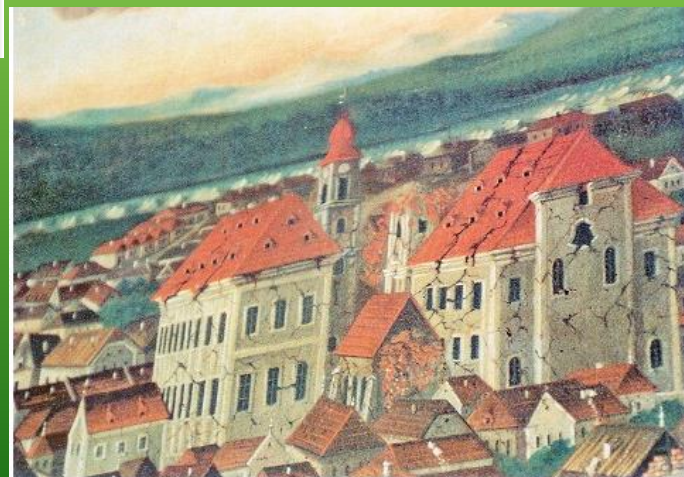
SEIZMICITA SLOVENSKA a priľahlých oblastí





Komárno 1763

Maľba Karla Friedla v Podunajskom múzeu pôvodne zobrazovala morovú epidémiu, umelec ju neskôr prerobil. Obraz pomohol odborníkom určiť intenzitu zemetrasenia.

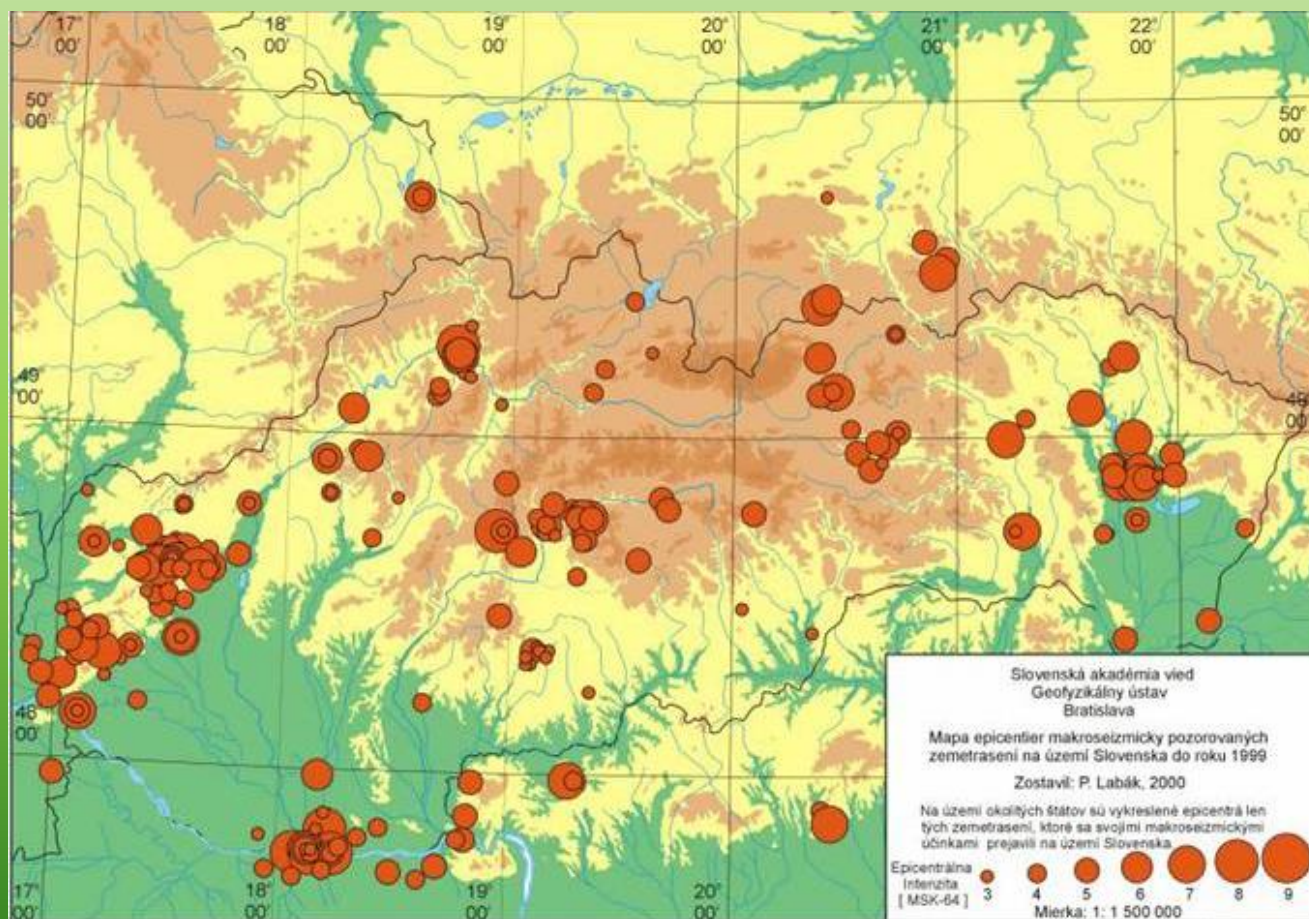


Obraz neznámeho autora zachytáva Komárno po zemetrasení s puklinami na domoch. Reprodukcia maľby: GFU SAV

SEIZMICITA SLOVENSKA a priľahlých oblastí

Seizmická činnosť na území Slovenska je zdokumentovaná v katalógu zemetrasení (Labák a Brouček, 1996) - viac ako 650 makroseizmických záznamov za posledných 500 rokov.

Seizmická aktivita za posledných 100 rokov na Slovensku je pomerne stála a nevyskytli sa v tomto období silné zemetrasenia.



ohniskové oblasti:

Pernek – Modra: 1914 $I=7^\circ$,
1852, 1870, 1876, 1890, 1964 $I=6^\circ$

Dobrá Voda: 1906 $I=8^\circ$,
1930 $I=7^\circ$,
1904, 1907 $I=6-7^\circ$

Žilina: 1858 $I=7-8^\circ$,
1613 $I=7^\circ$

Stredné Slovensko: 1443 $I=8^\circ$,
1855 $I=7^\circ$

Komárňanská oblasť: 1763 $I=8,5^\circ$,
1783 $I=8^\circ$,
1806, 1822, 1851, $I=7-8^\circ$,
1599, 1841 $I=7^\circ$

Východné Slovensko

(Humenné – Vranov/Topľou):

1778, 1914, 1941 $I=7^\circ$,
1890, 1893 $I=6-7^\circ$

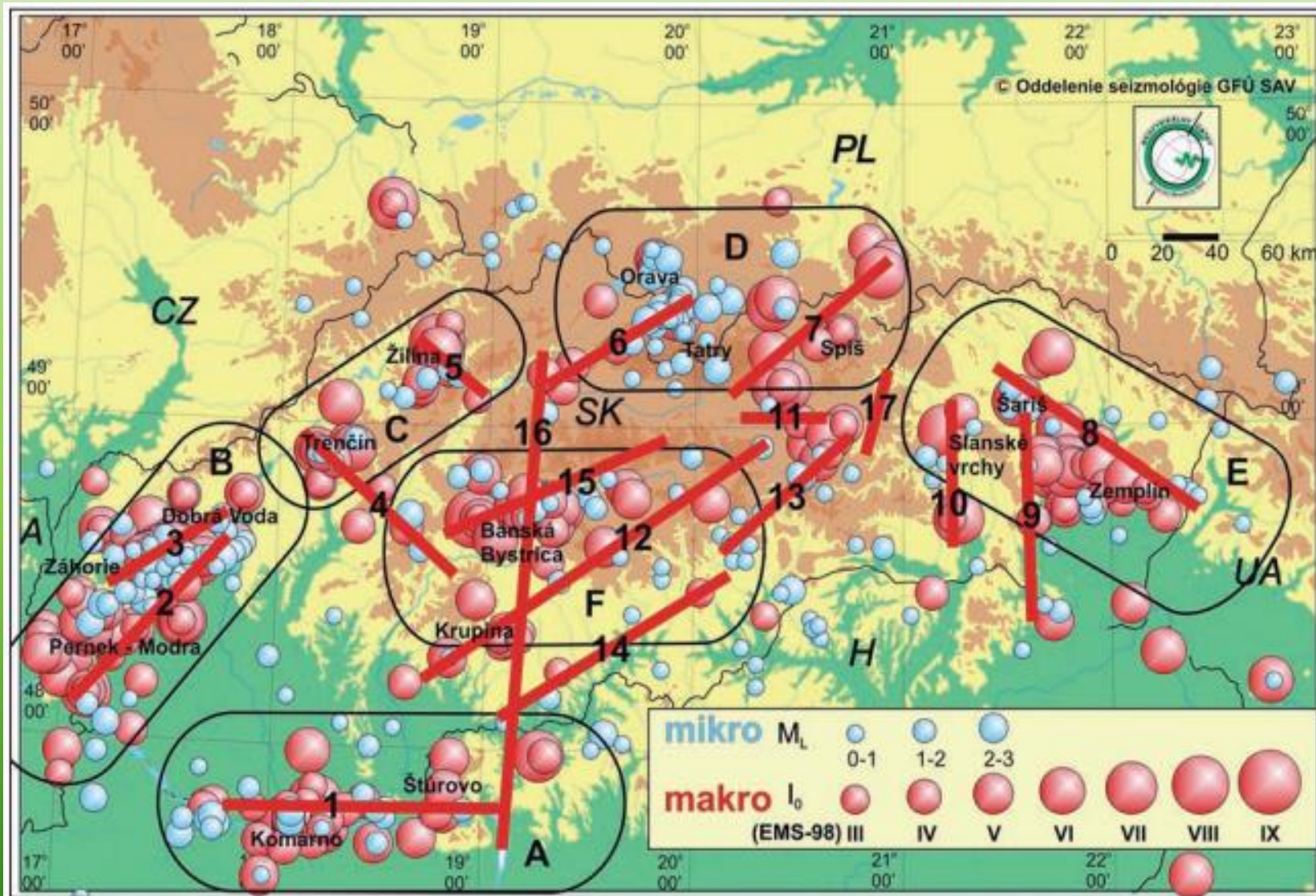
Vysoké Tatry – Spišská magura:

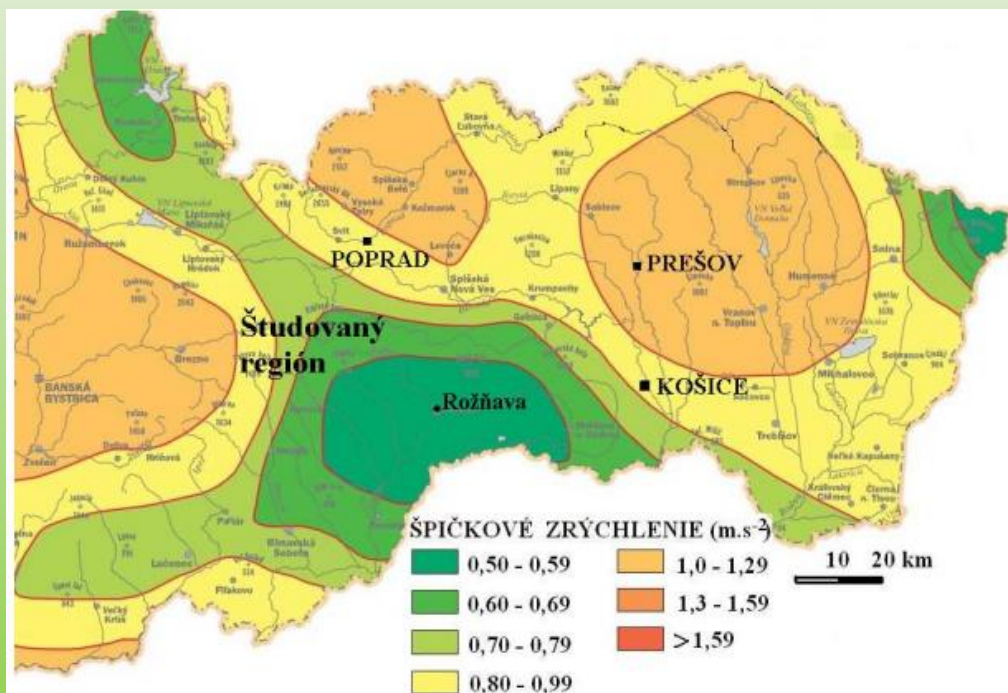
1724, 1840 $I=7^\circ$,
1901 $I=6-7^\circ$

Trenčianske Teplice (Bobot): 1864, 1988 $I=6^\circ$

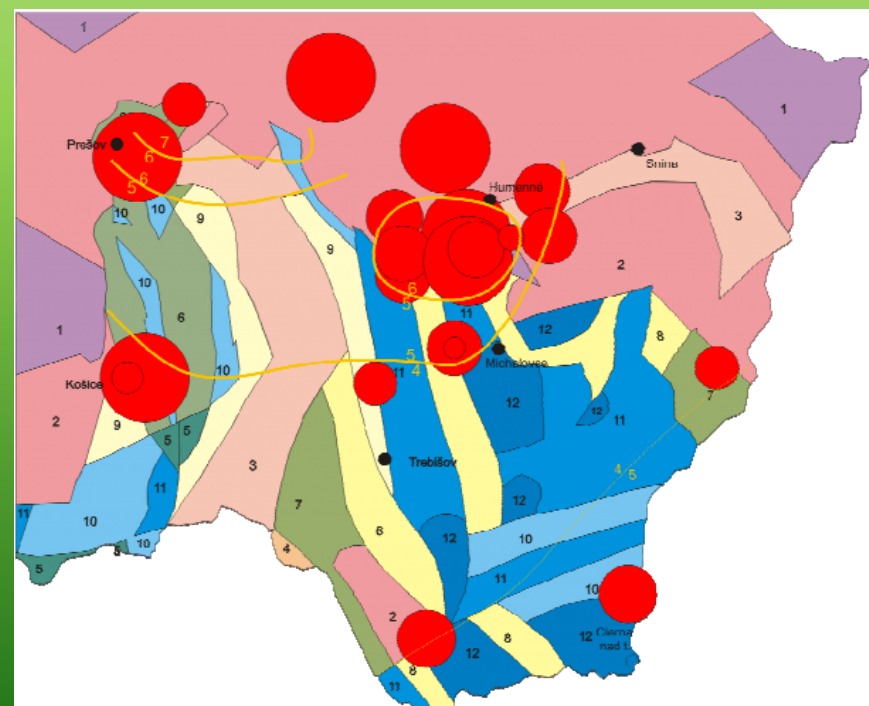
BA

v dosahu Komárno, Pernek, Modra, Dobrá
Voda, Viedenské Nové Mesto





Obr. 9 Seizmické ohrozenie v hodnotách špičkového zrýchlenia na skalnom podloží (Schenk et al., 1999)



Obr.8 Mapa seizmického ohrozenia v hodnotách makroseismickej intenzity pre 90 % pravdepodobnosť nepresiahnutia počas 50 rokov (t.j. periódu návratnosti 475 rokov; Schenk et al., 1999). Pre oblasť Prešova je potrebné počítať s hodnotami 6 - 7 stupňa.

Ďakujem za pozornosť

