

Jak se počítá seismické ohrožení jaderných elektráren a jak se změnila metodika výpočtu po Fukušimě

RNDr. Jiří Málek, Ph.D.

malek@irsm.cas.cz

Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR
oddělení seismotektoniky

V Holešovičkách 41, 182 00 Praha 8, Czech Republic

11.3.2016

Obsah

- Zemětřesení Tohoku 11.3.2011
- Seismické ohrožení
- Změny v metodice výpočtu ohrožení
- Seismické ohrožení v Evropě a v ČR

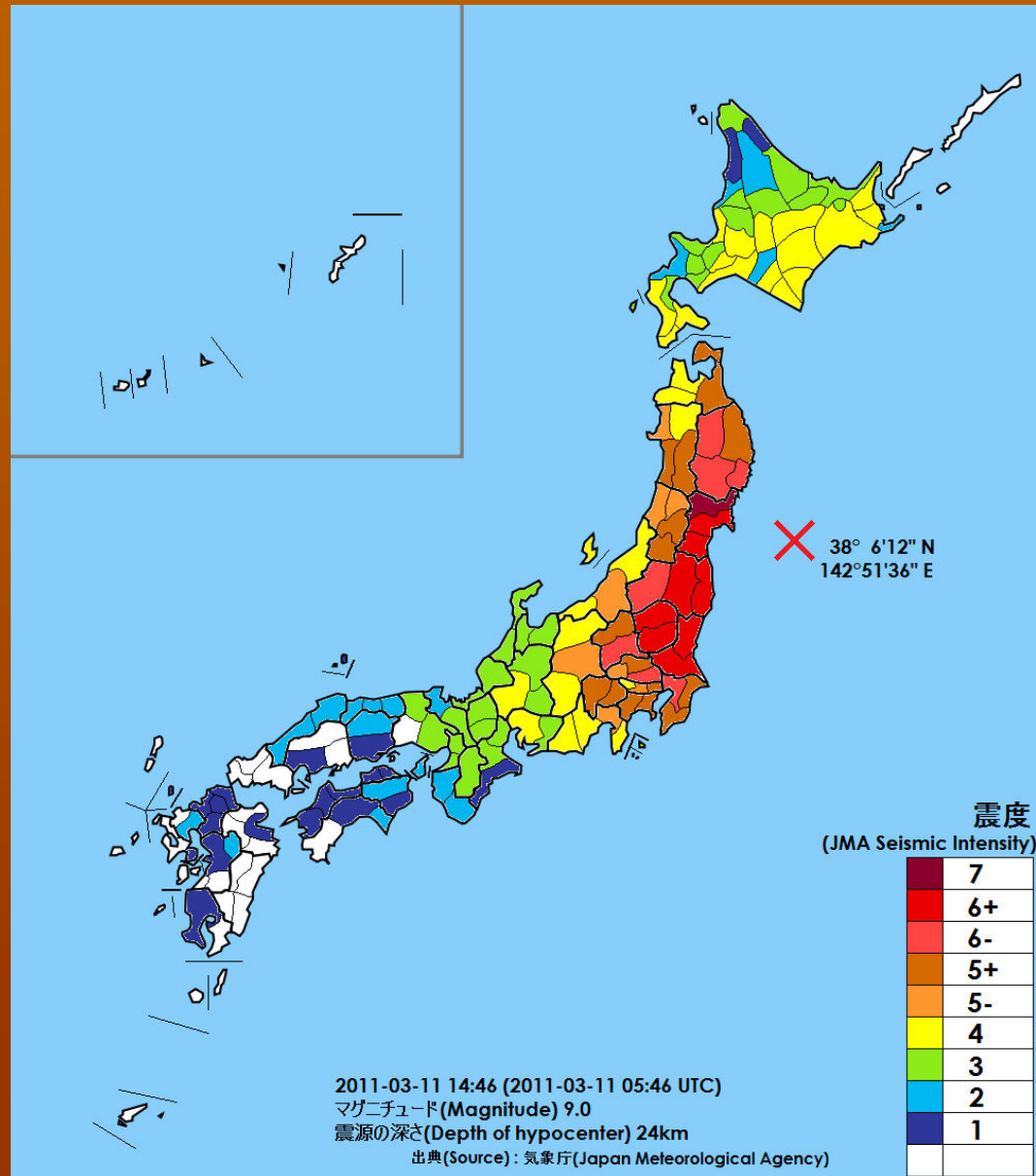
10 nejsilnější zemětřesení 1900 - 2015

Lokalita	Rok	Měsíc	Den	Mw
1. Chile	1960	05	22	9.5
2. Aljaška	1964	03	28	9.2
3. Sumatra, Indonésie	2004	12	26	9.1
4. Honshu, Japonsko	2011	03	11	9.0
5. Kamčatka	1952	11	04	9.0
6. Maule, Chile	2010	02	27	8.8
7. Ekvádor	1906	01	31	8.8
8. Aljaška	1965	02	04	8.7
9. Sumatra, Indonésie	2005	03	28	8.6
10. Tibet	1950	08	15	8.6

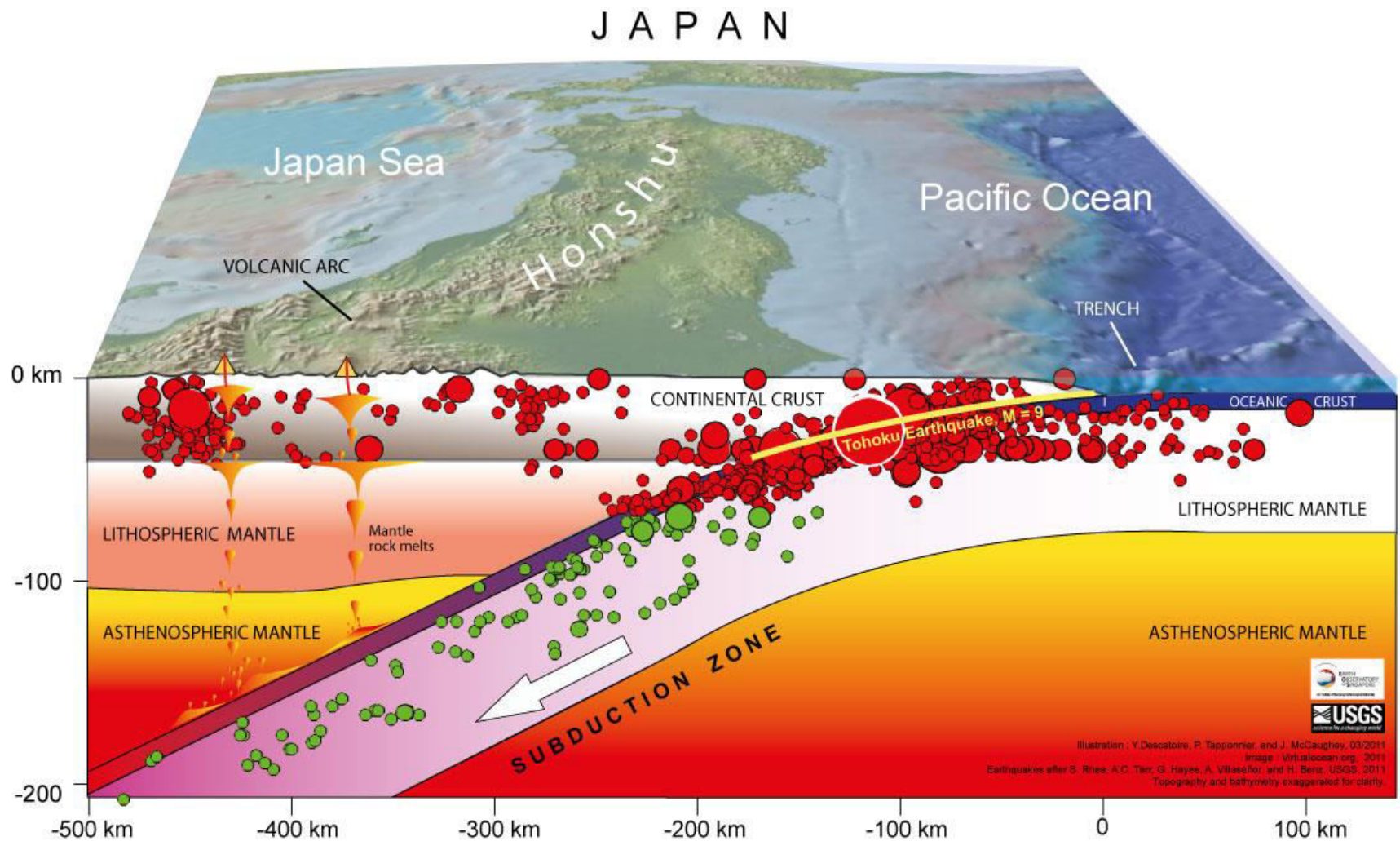
Zemětřesení Tohoku

- 11.3. 2011, 05:46:24 UTC
- Momentové magnitudo $M_w = 9.0$
- Zrychlení pohybů půdy: větší než $2g$
- Délka trhliny podél zlomu: asi 200 km
- Zóna dotřesů: 500 km podél zlomu
- Průměrné posunutí na zlomu 10 m, špičkové 60-80 m
- Vlna Cunami se šířila po celém Pacifiku
- 18 131 mrtvých, 2829 nezvěstných
- Kolem 500 000 lidí muselo opustit své domovy
- Seismické ohrožení bylo podceněno ($M_{max} 8.5$)
- Nejlépe zdokumentované zemětřesení v historii

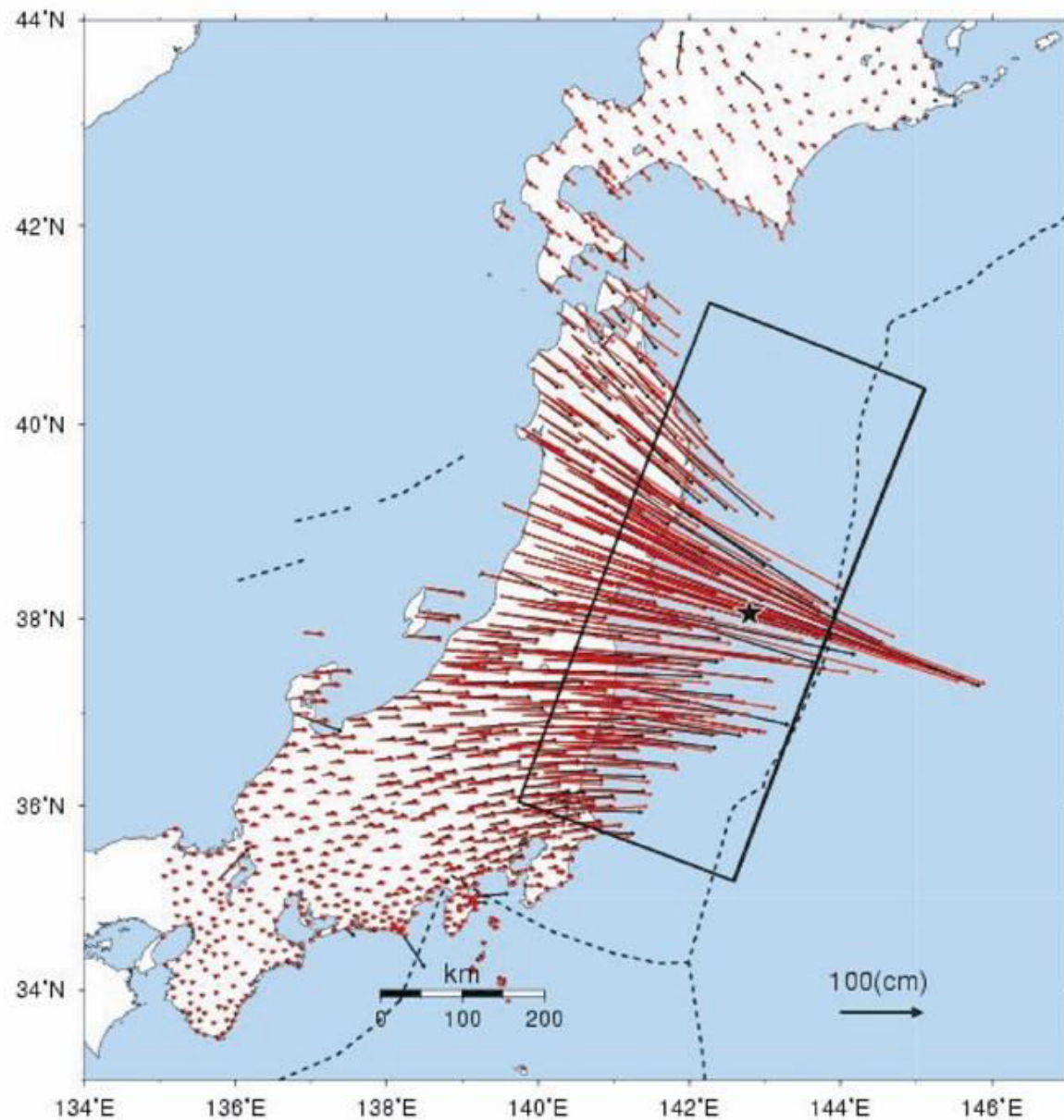
Intenzita, Tohoku 11.3.2011



Zemětřesení Tohoku 11.3.2011



Měření GPS









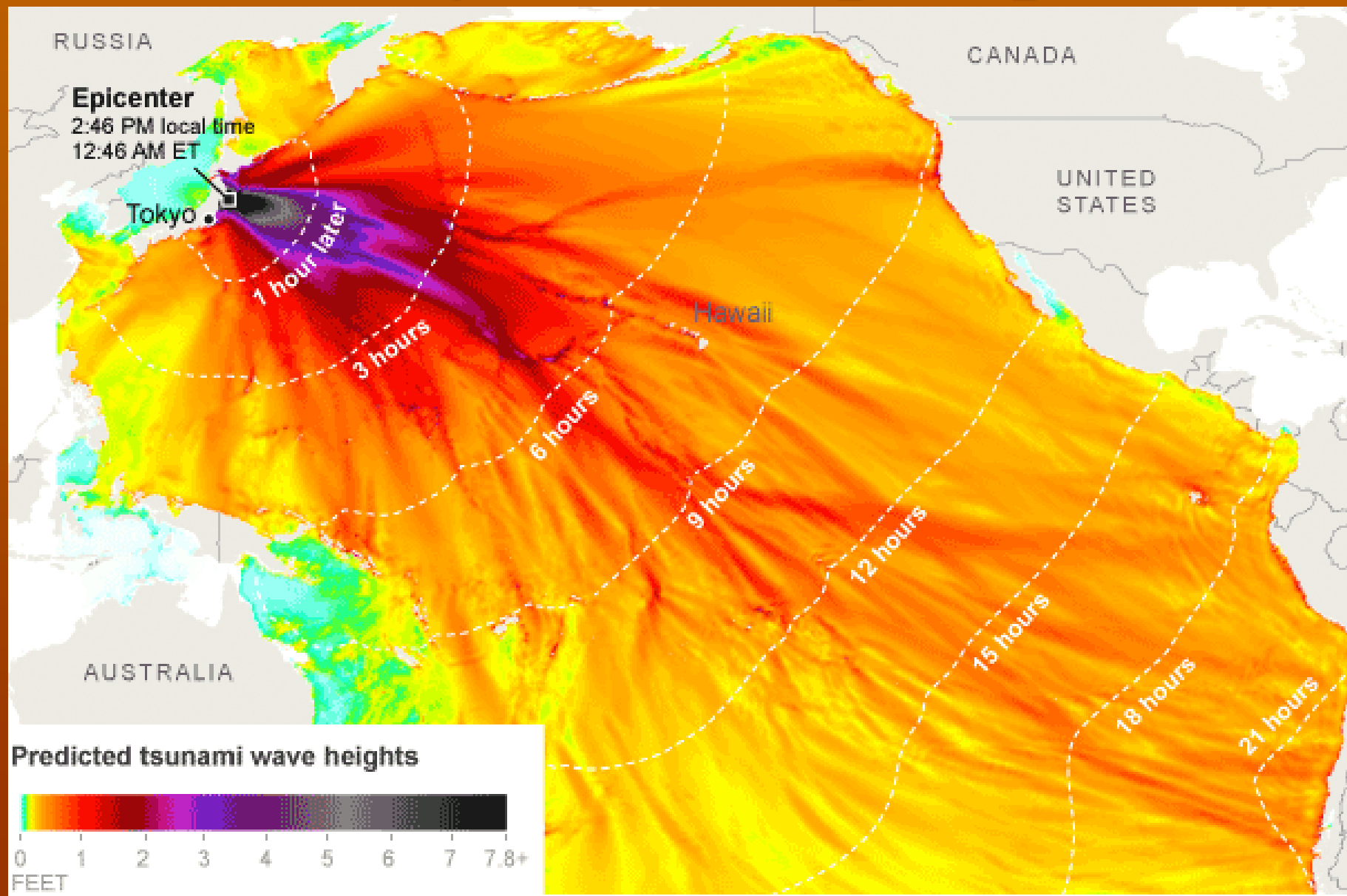




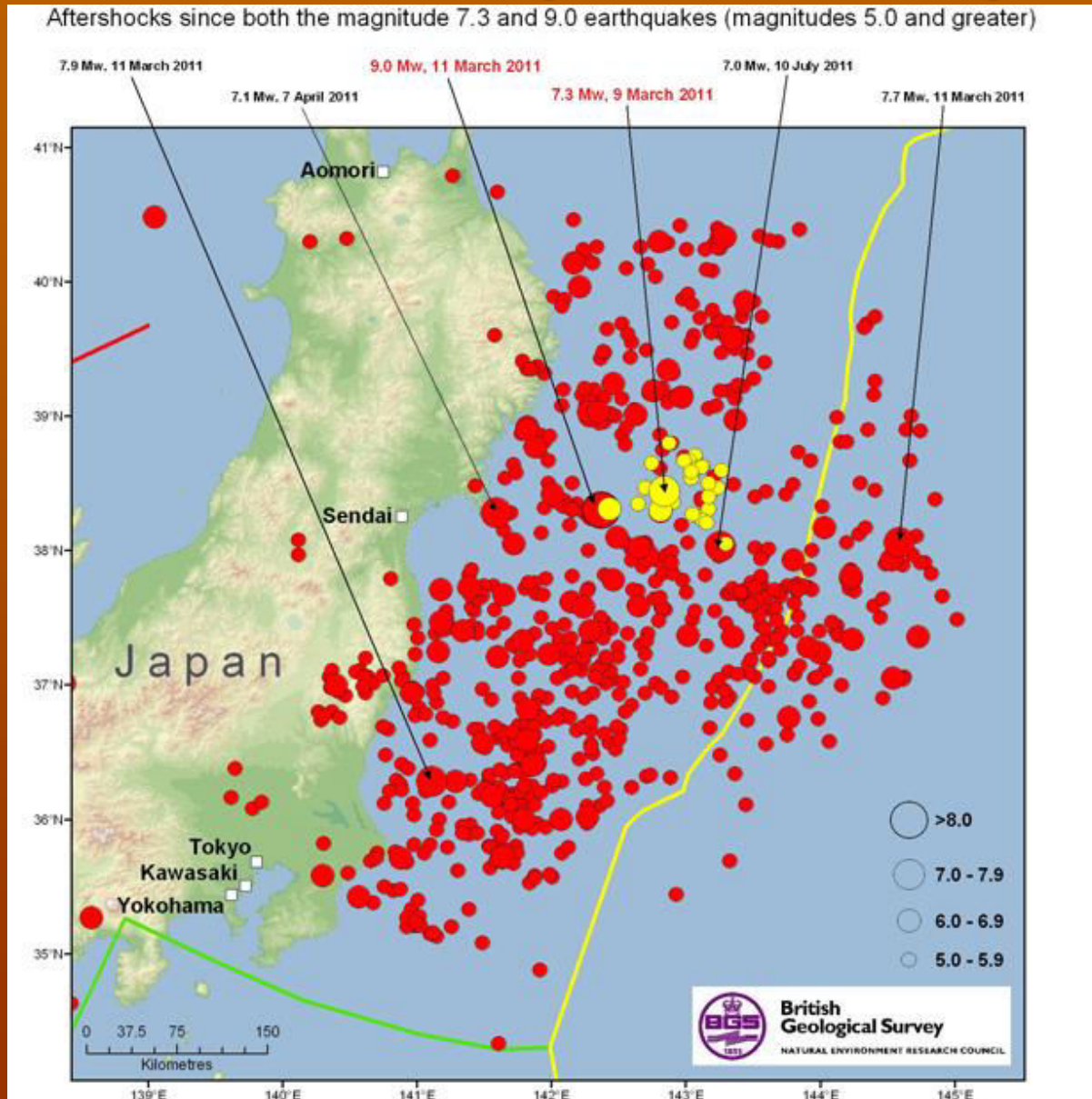




Šíření vlny cunami (předpověď')



Předtřesy a dotřesy



Seismické ohrožení

- Krátkodobá předpověď zemětřesení se nedaří i přes velké úsilí seismologické komunity
- Předpoklad: Seismicita je stacionární (i když velmi nerovnoměrná v čase)
- Lze proto stanovit, jaké největší otřesy mohou v dané lokalitě nastat – seismické ohrožení

Metody určení seismického ohrožení

DSHA Deterministický výpočet seis. ohrožení

Dnes je na ústupu

PSHA Pravděpodobnostní výpočet seis. ohrožení

Od 90.let 20.století

NDSHA Neodeterministický výpočet seis. ohrožení

Konkurenční přístup

Deterministický výpočet seismického ohrožení

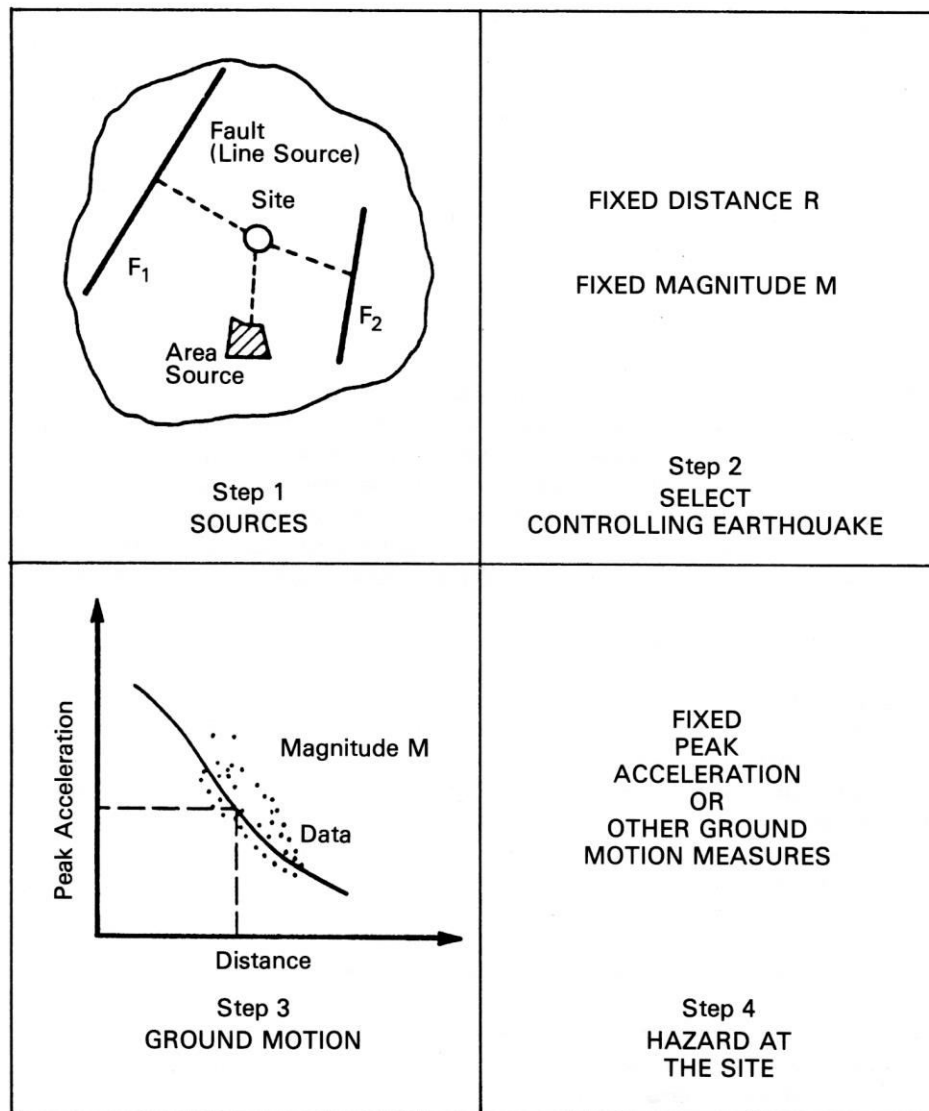


FIGURE 4.1 Basic steps of deterministic seismic hazard analysis (after TERA Corporation 1978).

Krok 1 – Určení zdrojů seismického ohrožení

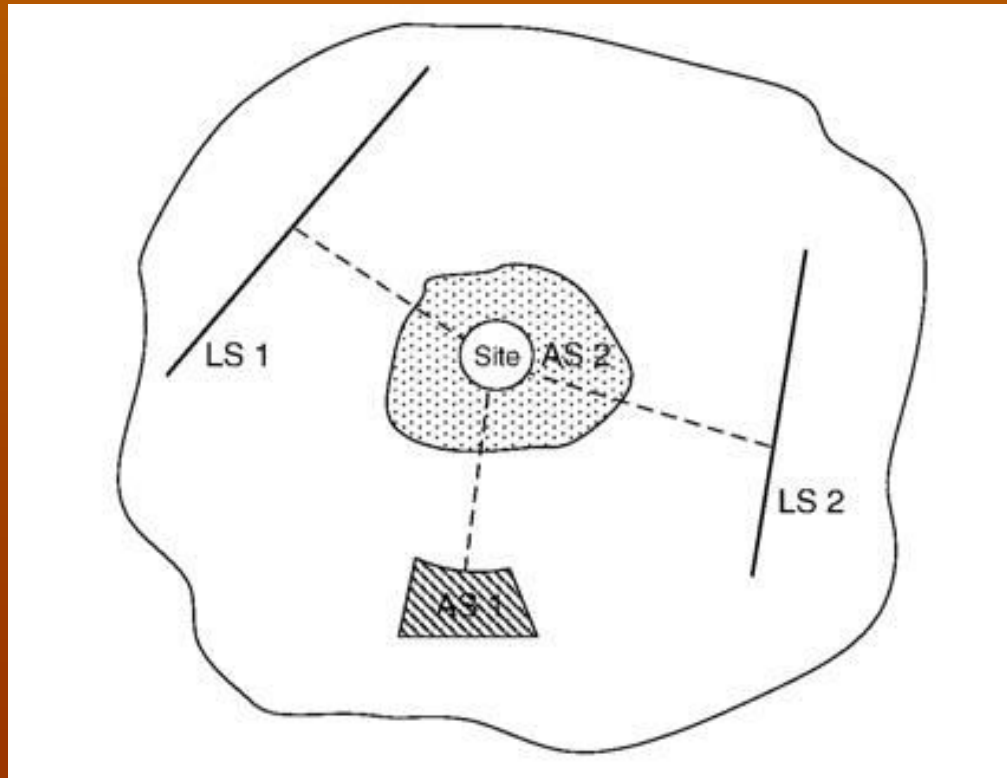
Krok 2 – Výběr určujícího zemětřesení

Krok 3 – Určení útlumových vztahů

Krok 4 – Určení seismického ohrožení na dané lokalitě

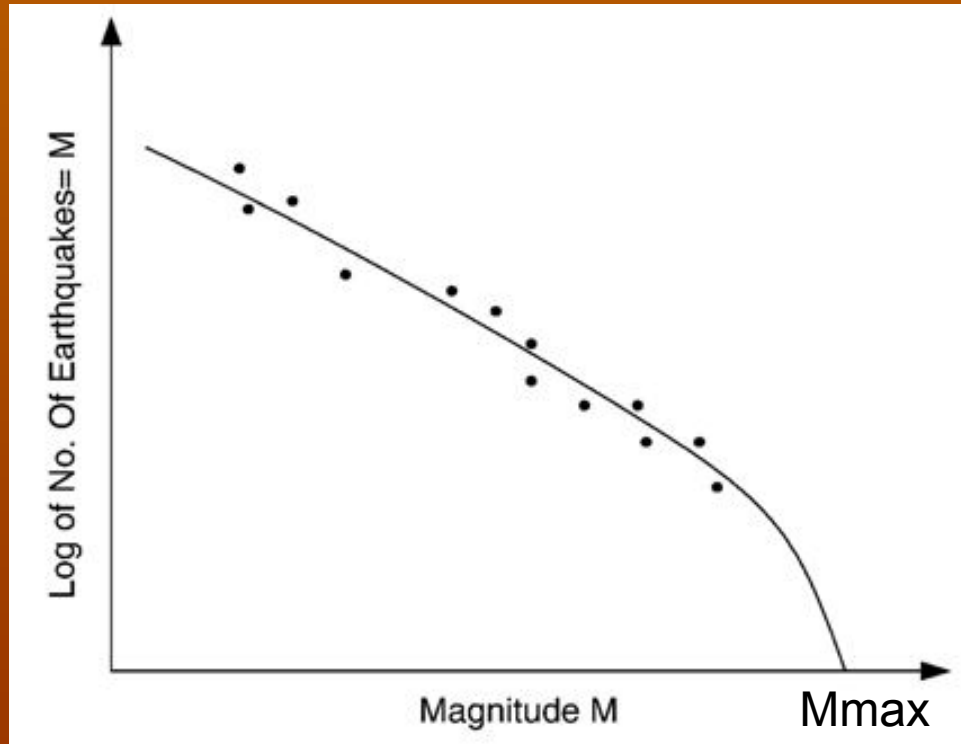
Pravděpodobnostní výpočet seismického ohrožení

Krok 1 – definice všech zdrojových zón zemětřesení na základě seismologických a geologických databází a seismotektonického modelu.



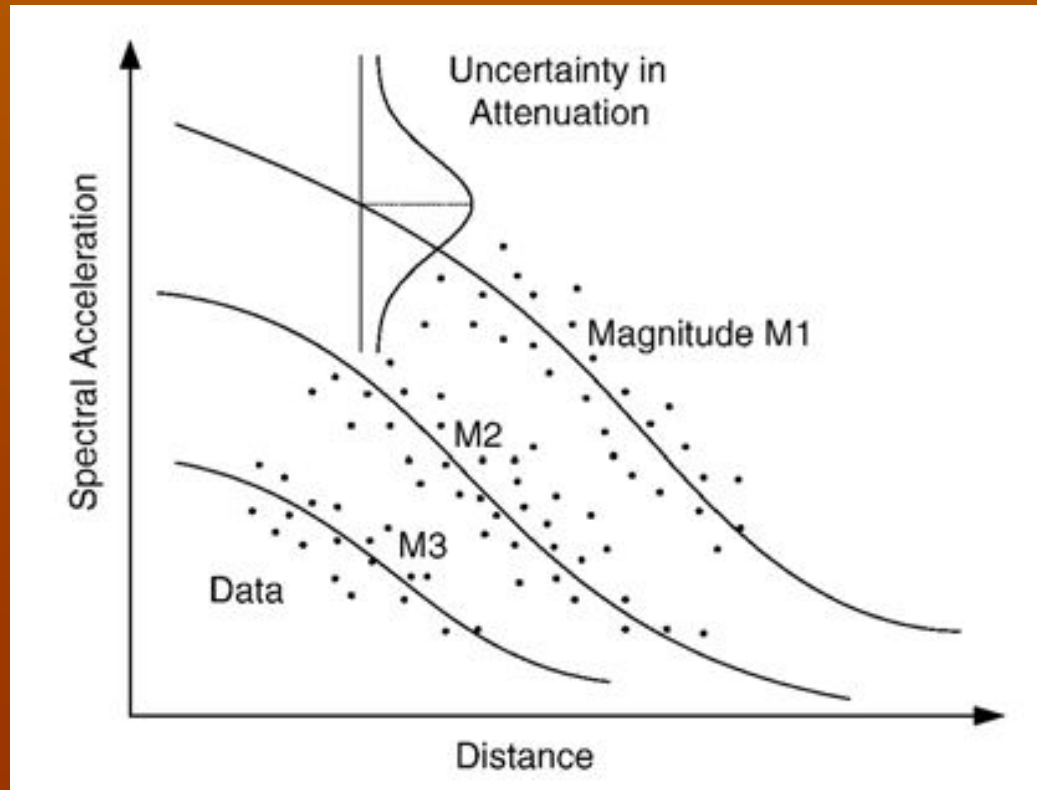
Pravděpodobnostní výpočet seismického ohrožení

Krok 2 – Definice magnitudově-četnostního rozdělení pro každou zdrojovou zónu. V současné době se preferuje použití „omezeného“ (truncated) exponenciálního Gutenberg–Richterova rozdělení.



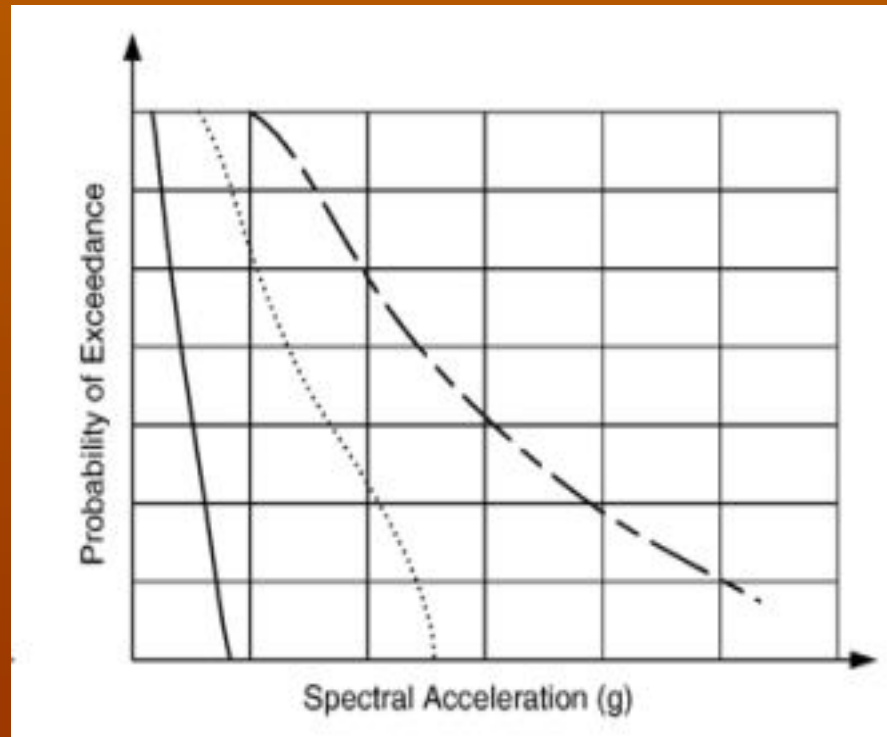
Pravděpodobnostní výpočet seismického ohrožení

Krok 3 – stanovení útlumových křivek s přihlédnutím k variabilitě amplitudy pohybů půdy, která je způsobena např. vyzařovací charakteristikou, hloubkou zdroje, mechanismem zemětřesení, anisotropií šíření vln atd. Uvažuje se také frekvence vyzařovaných vln.

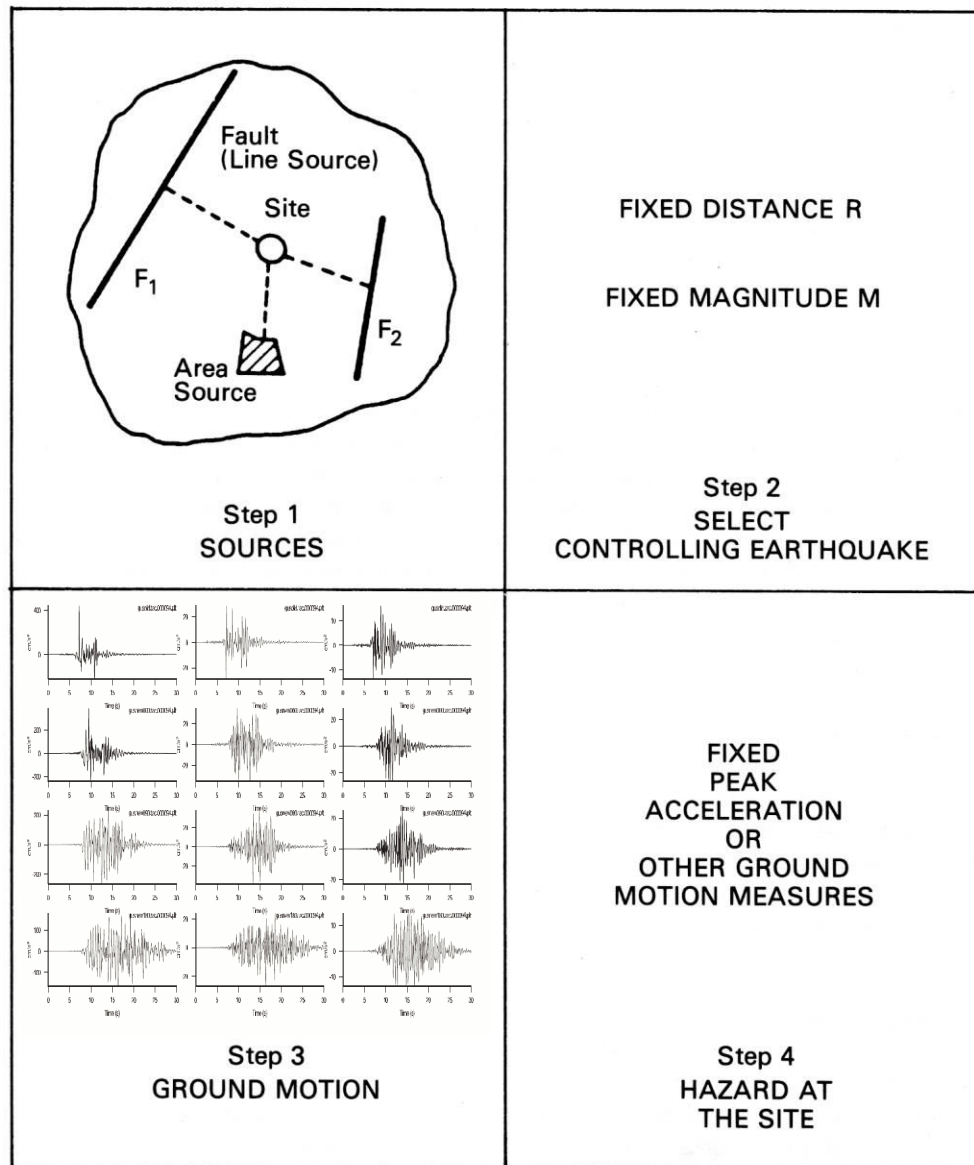


Pravděpodobnostní výpočet seismického ohrožení

Krok 4 – Výpočet pravděpodobnostních křivek seismického ohrožení
(probability seismic hazard curves)



Neodeterministický výpočet seismického ohrožení



Nový způsob založený na výpočtu syntetických seismogramů.

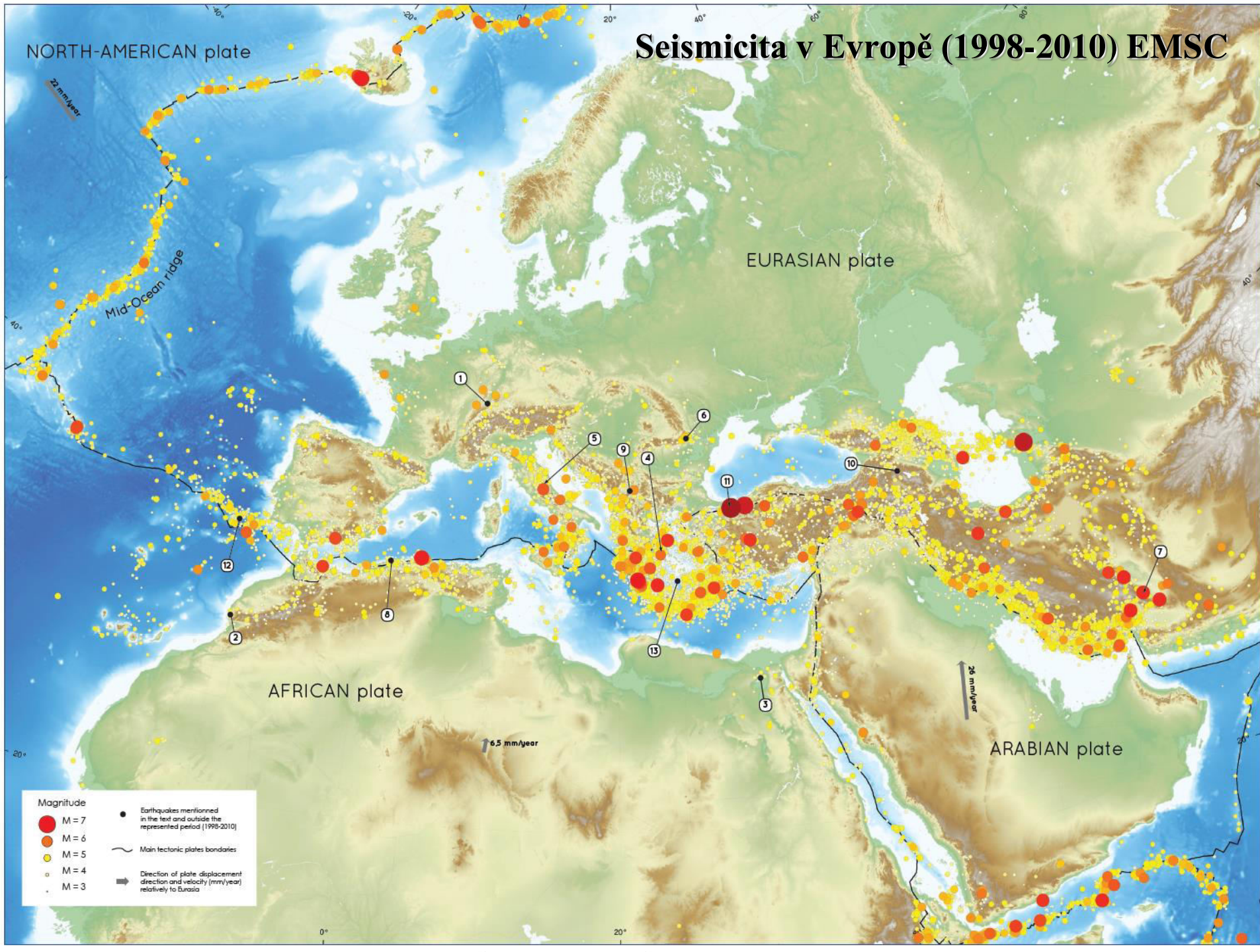
Nepotřebujeme přímo útlumové křivky

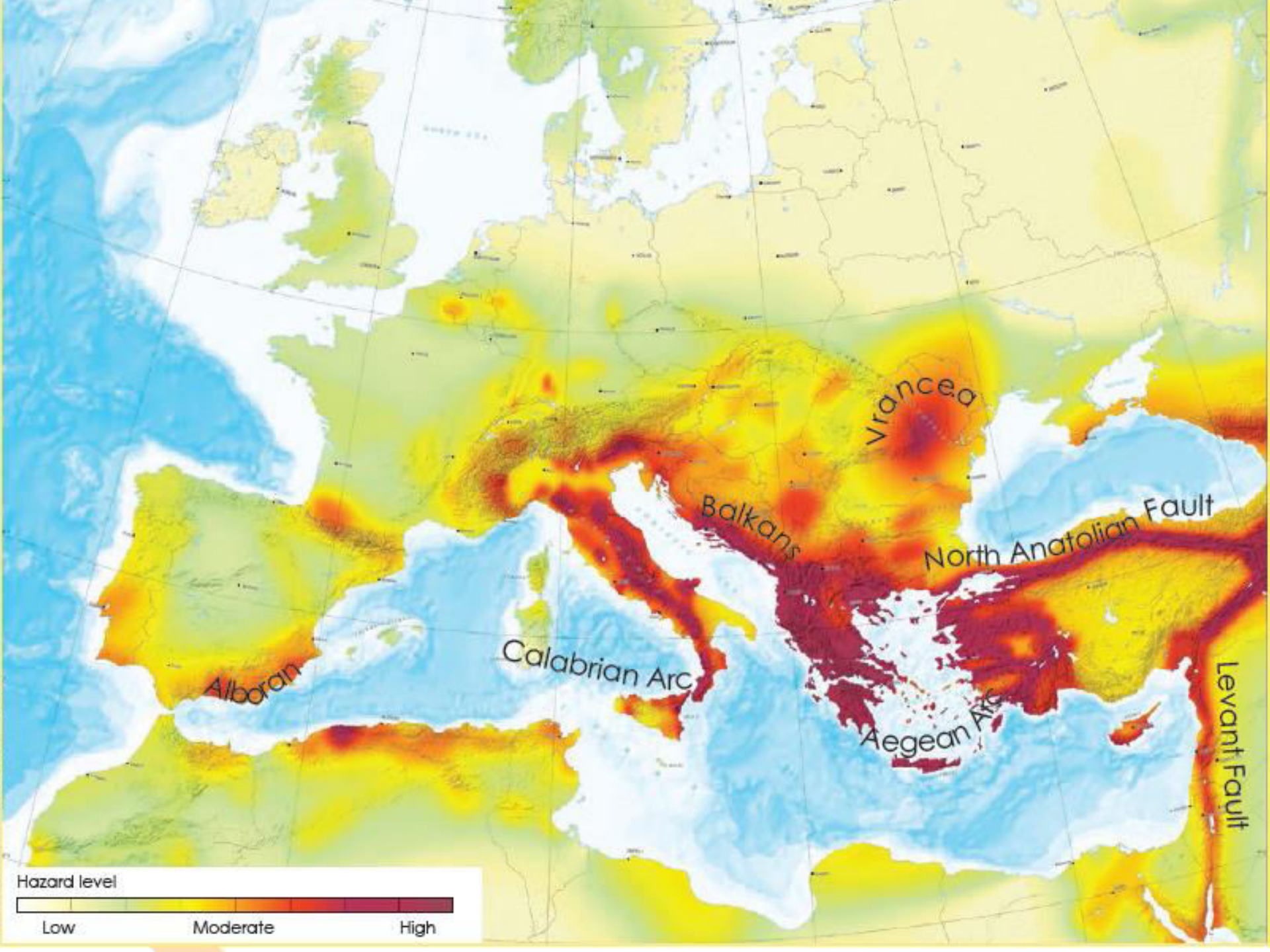
Výsledky : Rozsáhlý soubor seismogramů (tisíce), které odrážejí možné variace parametrů zemětřesení a prostředí, kterým se vlny šíří. Výpočty se provádějí pro určující (controlling) zemětřesení, která jsou předem stanovena na základě seismotektonického modelu.

Změny v metodice výpočtu ohrožení

- Může dojít k současné aktivaci několika segmentů zlomu – větší maximální magnitudo
- V subdukčních oblastech je třeba uvažovat maximální magnitudo 9,7 bez ohledu na to, jestli bylo historicky pozorované
- Historický katalog je nedostatečný podklad (i když stále nejdůležitější)
- Je třeba více uvážit parametry tektonických zlomů a modelovat seismické pohyby

Seismicita v Evropě (1998-2010) EMSC





Seismické ohrožení v ČR

- ČR leží v oblasti mírné seismicity
- Seismické ohrožení je největší v západních Čechách a na Hronovsku
- Na jižní Moravě hrozí zemětřesení z východních Alp

Zemětřesení u Českého Krumlova

11.1.2012 23:57 UTC

- 42 km od Temelína
- Více jak 100 makroseismických dotazníků, nejen Český Krumlov, ale také Kaplice a České Budějovice
- Magnitudo 2,4 (GFÚ)
- Velmi blízko je lokalizováno zemětřesení u Chvalšín v roce 1880

Zemětřesení u Českého Krumlova

makroseismická pozorování

- Celkem 115 pozorování v makroseismickém dotazníku
- Převážně oblast Český Krumlov ~ 55 pozorování
- Slabé zachvění i silné zachvění ~ 89 pozorování
- K poškození budov nedošlo
 - pouze vlasečnicové trhliny ~ 6 případů
 - menší opadané kousky omítky ~ 2 případy
- Pohyb nábytku
 - Lehký nábytek se pohnul ~ 36 případů
 - Těžký nábytek se zatřásl ~ 24 případů

Makroseismická pozorování

Mezinárodní makroseismická stupnice EMS-98

12 stupňová

Intenzita 4°

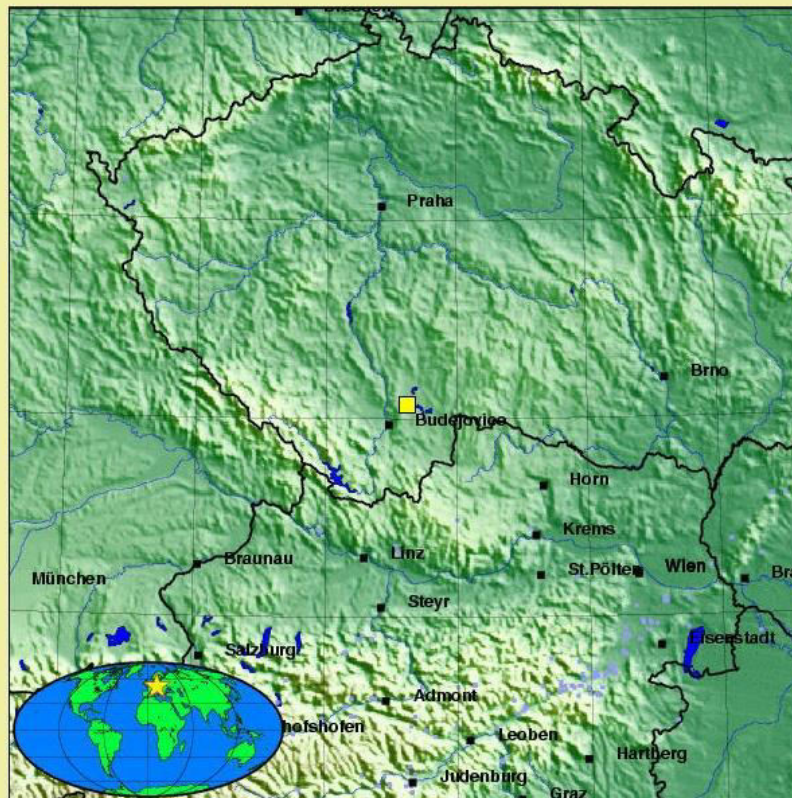
značně pozorované

Zkrácený popis typických účinků

Zemětřesení uvnitř budov cítí mnozí (až 60% osob), venku jen výjimečně. Někteří jsou probuzeni. Okna a dveře rachotí.

Automatická lokalizace programem Antelope

www.ig.cas.cz



Hypocentral Solution:

Local Date:	12.01. 2012
Local Time:	00:57 cEZ
Universal Time:	2012-01-11 23:57:19 GMT
Magnitude:	3.1ML
Latitude:	49.07°
Longitude:	14.61°
Depth:	10 km

Lokalizace jevu 11.1.2012

<http://www.emsc-csem.org>



SEISMOLOGICKÝ INFORMAČNÍ DISPLAY TEMELÍN

www.ipe.muni.cz/seismologie_temelin

SEISMOLOGICKÝ INFORMAČNÍ DISPLAY ÚFZ JE Temelín

Seismologické monitorování širšího okolí Jaderné elektrárny Temelín je prováděno Ústavem fyziky Země Masarykovy univerzity v Brně.

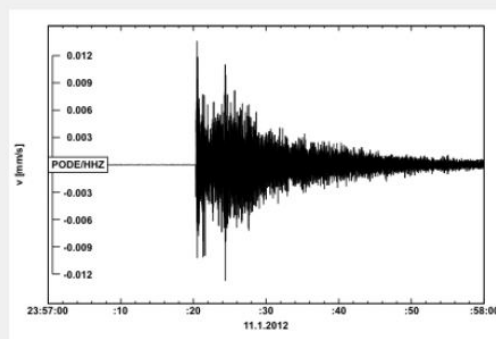
[hlavní stránka](#) * [předcházející zemětřesení](#) * [slovníček](#) * [ČEZ a.s.](#) * [ÚFZ](#) * [SÚJB](#) * [seismologické odkazy](#) * [English](#) 

12.1.2012

00:57 (SEČ)

ČR, Český Krumlov M_L 2,1

Dne 12.1.2012 v 00:57 hodin středoevropského času zaregistrovaly seismologické stanice provozované ÚFZ zemětřesení s magnitudem 2,1 z České republiky, západně od Českého Krumlova. Souřadnice epicentra jsou 48,81° severní zeměpisné šířky a 14,30° východní zeměpisné délky. Vzdálenost ohniska od JETE je asi 42 km. Zemětřesení bylo pocíteno obyvateli v Českém Krumlově a okolí. Prosíme občany, kteří zemětřesení pocítili, o podání zprávy nebo vyplnění makroseismického dotazníku na webových stránkách Geofyzikálního ústavu Akademie věd na adrese www.ig.cas.cz.



Ukázka registrace zemětřesení na stanici PODE (lokální monitorovací síť JETE).

Čas na seismogramu je uveden v UTC (SEČ - 1 hodina).

Vertikální osa udává rychlost pohybu půdy ve vertikálním směru v mm/s.



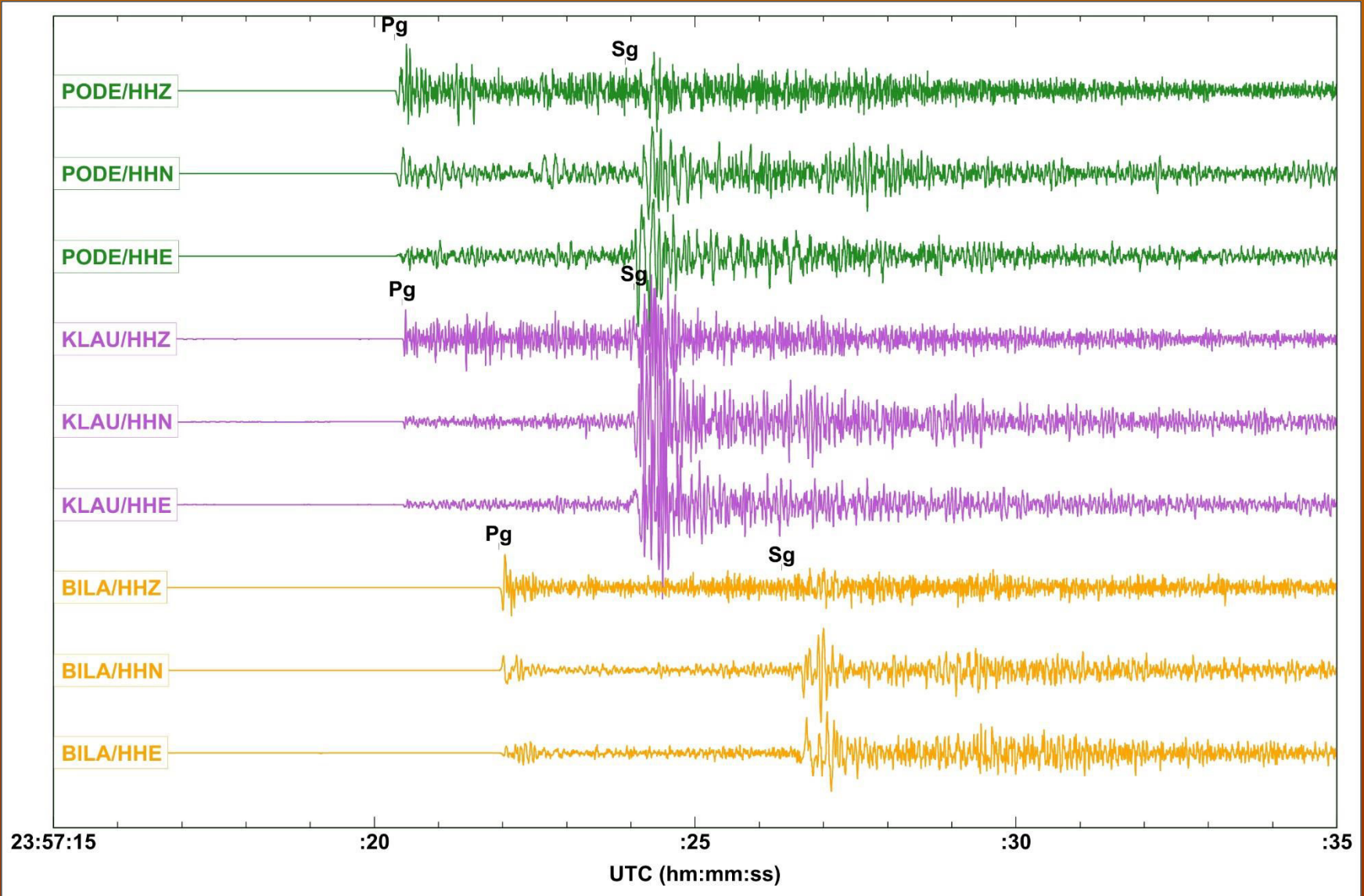
Poloha epicentra zemětřesení je vyznačena hvězdičkou.

Seismologický informační display je v provozu od 30.9.2002.

Tato zpráva byla aktualizována 13.1.2012.

Případné dotazy rádi odpovíme na adrese seismo@ipe.muni.cz.

Záznamy zemětřesení v Českém Krumlově (JE Temelín)



Závěr

- Je třeba konzervativnější odhady maximálního možného zemětřesení, všechny nebezpečné zlomy nejsou dosud známy
- Výpočet se provádí i pro velmi malé roční pravděpodobnosti
- Není možno spoléhat jen na historický katalog zemětřesení
- Pokusy o krátkodobou předpověď zemětřesení nefungují spolehlivě