

Český národní výbor pro omezování následků katastrof, 25. 6. 2009

Možnosti včasného varování v seismologii

Jan Zedník

Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i.

E-mail: jzd@ig.cas.cz

<http://www.ig.cas.cz>

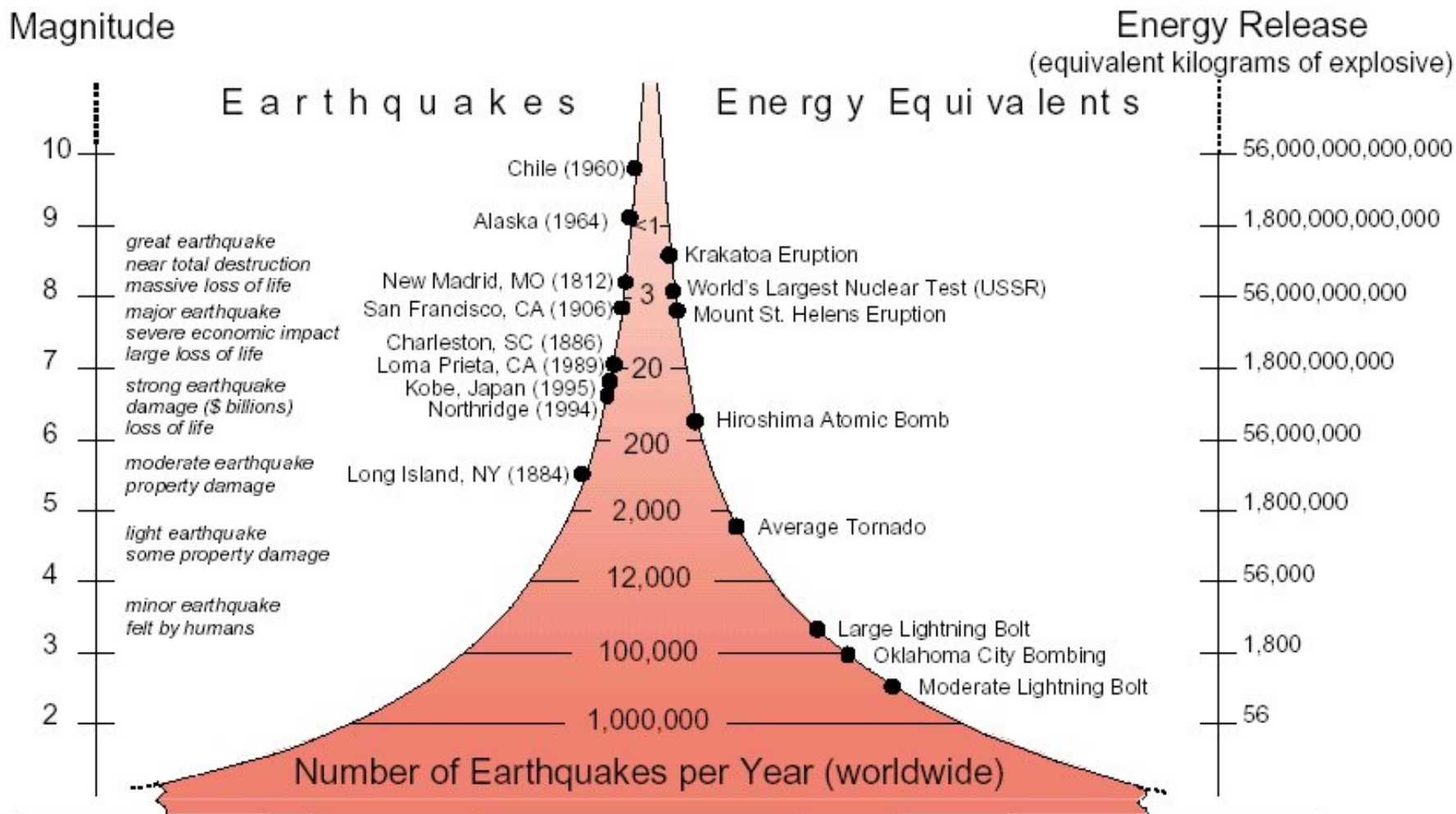
Ničivé zemětřesení ve Villachu v r.1348



Nejničivější známá světová zemětřesení s více než 50000 obětími

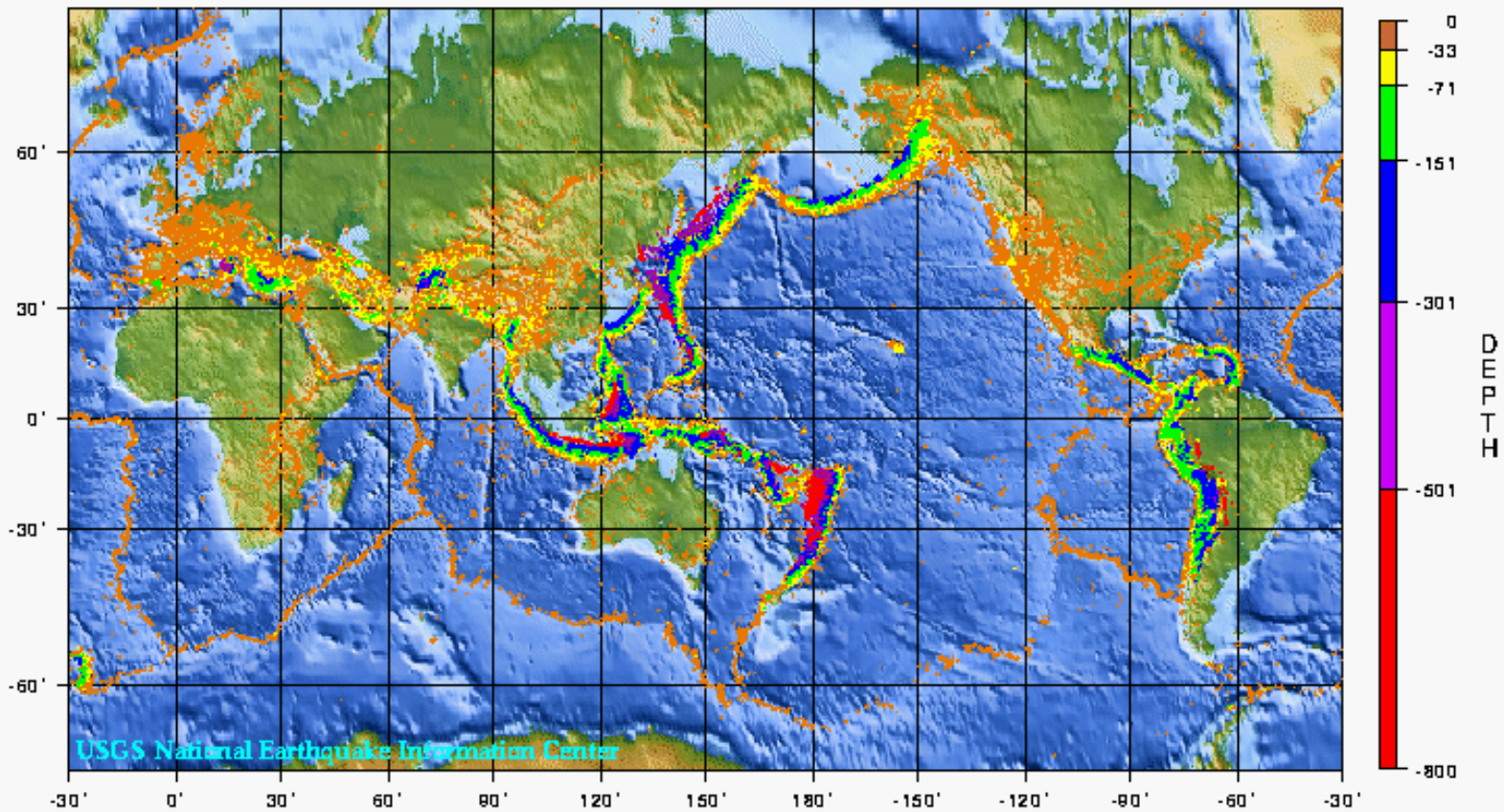
Datum	Oblast	Obětí	Magn.	Komentář
23.1.1556	Čína, Shansi	830,000		
26.12.2004	Sumatra	290,000	9.1	Tsunami
27.5.1976	Čína, Tangshan	255,000	8.0	Neofic. odhad 655,000
9.7.1138	Sýrie, Aleppo	230,000		
22.5.1927	Čína, Xining	200,000	8.3	Velké trhliny.
22.11.856	Irán, Damghan	200,000		
16.12.1920	Čína, Gansu	200,000	8.6	Trhliny, sesuvy.
23.3.893	Irán, Ardabil	150,000		
1.9.1923	Japonsko, Kwanto	143,000	8.3	požár Tokia
5.10.1948	Rusko (Ašabat)	110,000	7.3	
28.12.1908	Itálie, Messina	100,000	7.5	Tsunami
září 1290	Čína, Chihli	100,000		
listopad 1667	Kavkaz	80,000		
18.11.1727	Irán, Tabriz	77,000		
1.11.1755	Portugalsko, Lisabon	70,000	8.7	Tsunami
25.12.1932	Čína, Gansu	70,000	7.6	
31.5.1970	Peru	66,000	7.8	Sesuvy, povodně
1268	Asie, Silicia	60,000		
11.1.1693	Itálie, Sicilie	60,000		
30.5.1935	Pákistán, Quetta	60,000	7.5	Quetta téměř zničena
4.2.1783	Itálie, Kalábrie	50,000		
20.6.1990	Irán	50,000	7.7	Sesuvy.

Četnost a energie zemětřesení



**Mapa světa s vyznačenými zónami výskytu zemětřesení.
U.S.G.S., National Earthquake Information Center, Golden, Colorado**

World Seismicity: 1975 - 1995

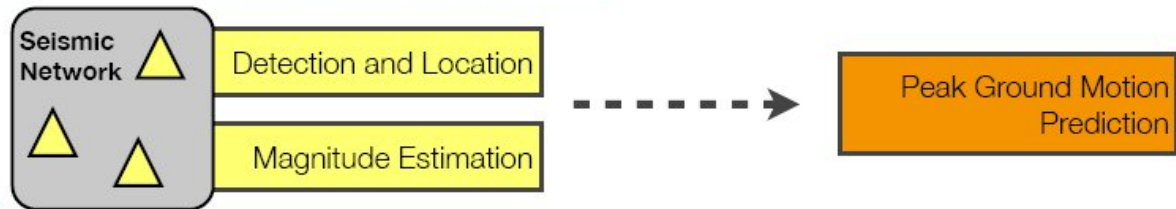


Princip a cíl systému včasného varování před zemětřesením

The objective of an EWS

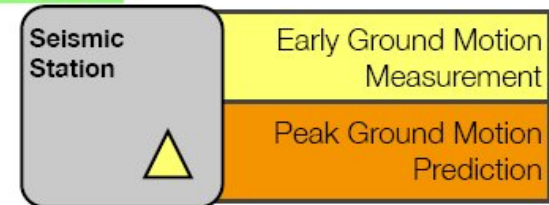
To estimate in a fast and reliable way the earthquake's damage potential

Network Based (or Regional) Approach



Lead-time:
(S-arrival time at the target)- (first-P at the network)

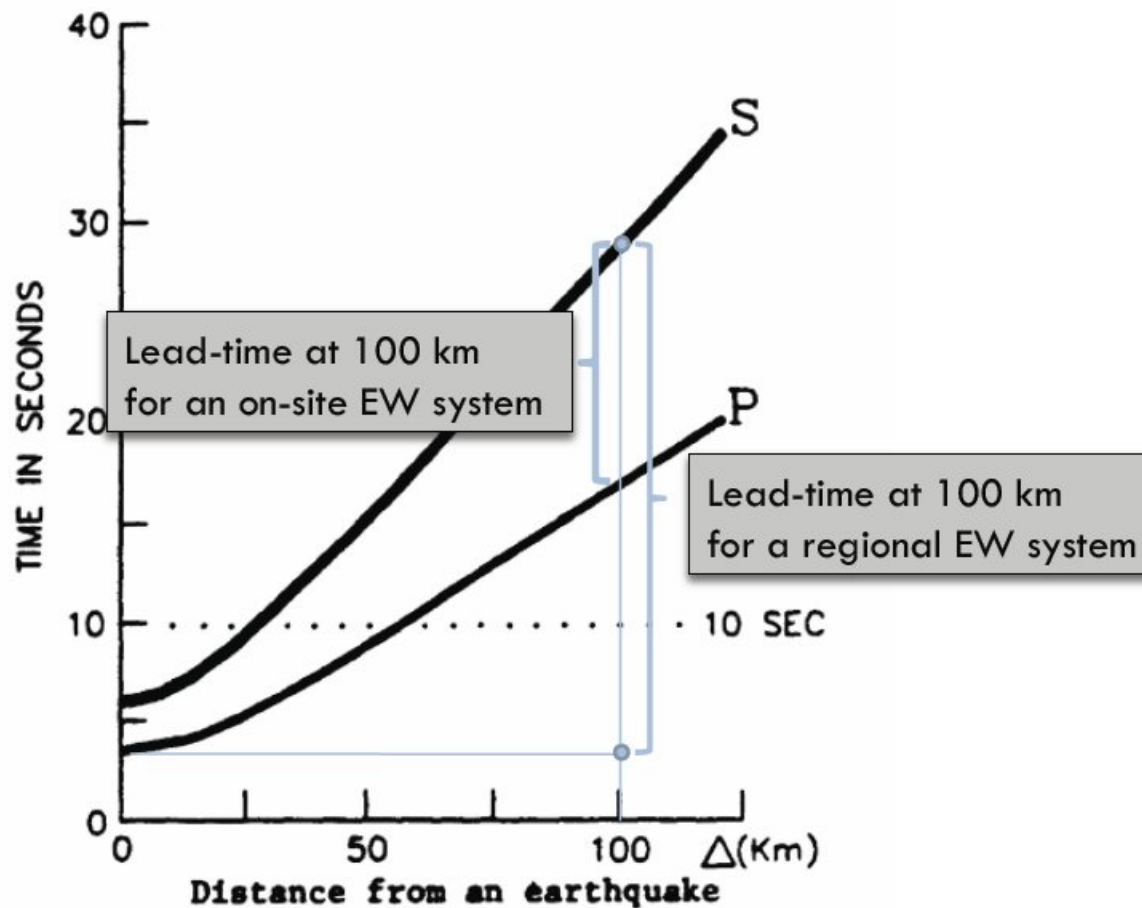
Lead-time
(S-arrival time at the target)- (P-arrival at the target)



Single Station (or On Site) Approach

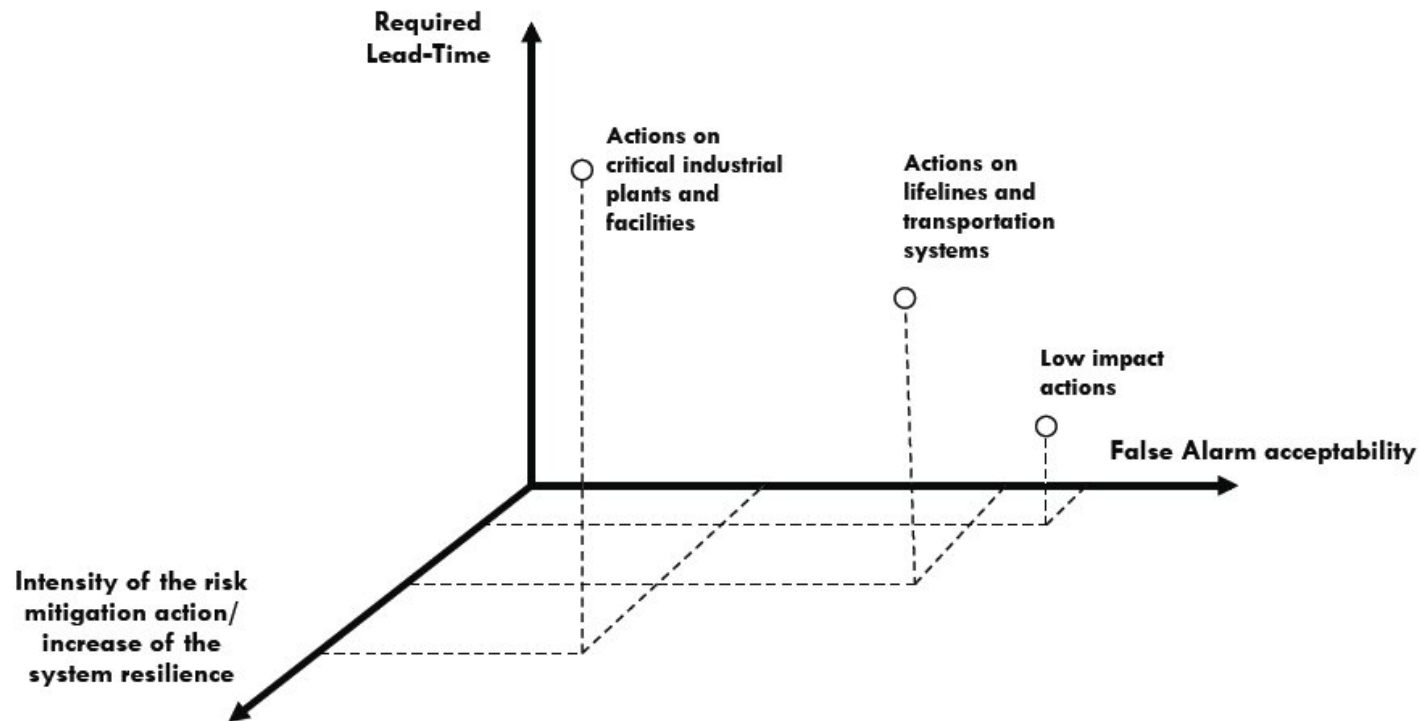
Časové možnosti systému včasného varování před zemětřesením

Lead Time vs. Travel Time



Akce a důsledky systému včasného varování před zemětřesením

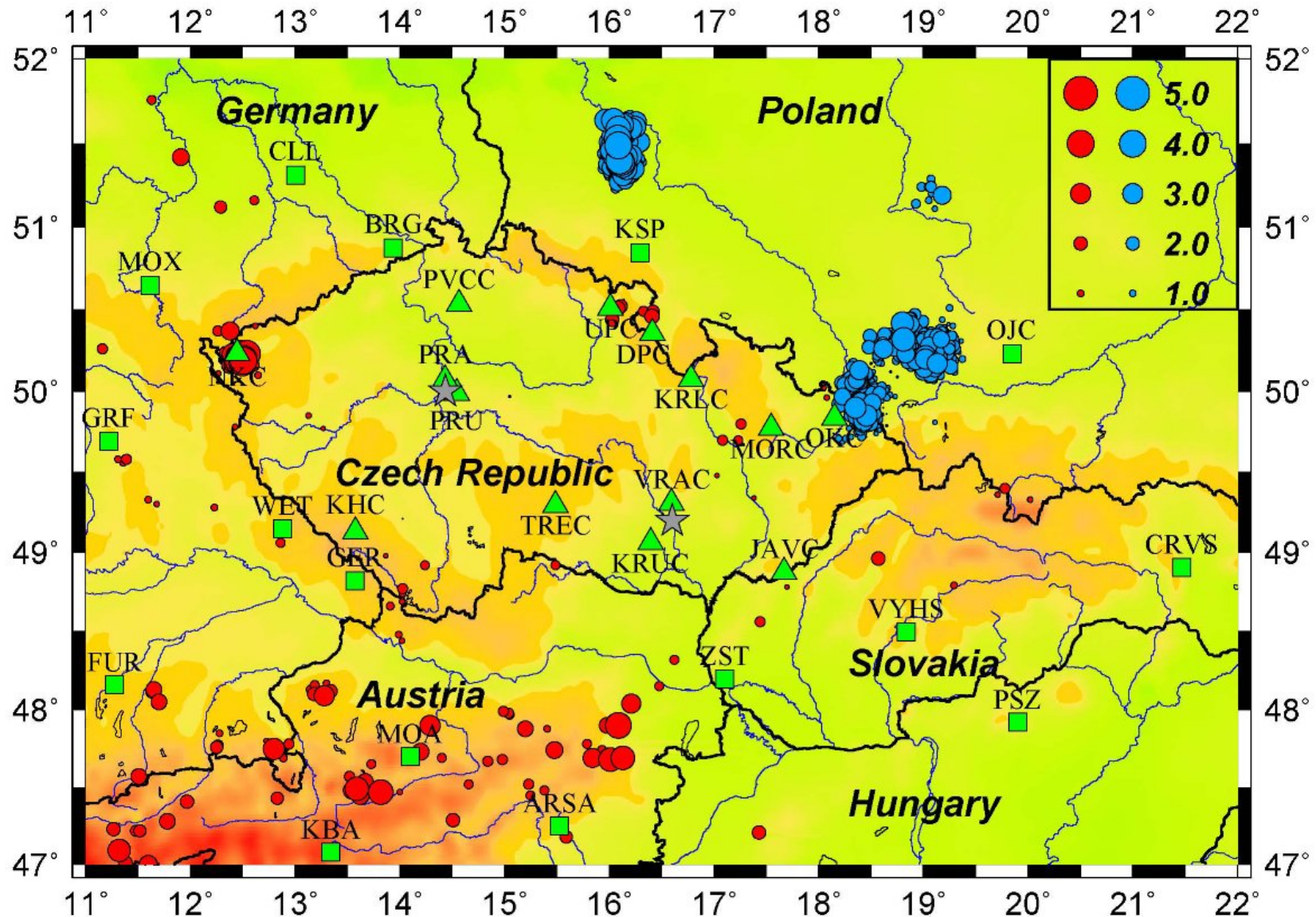
Lead Time vs. Mitigation Actions



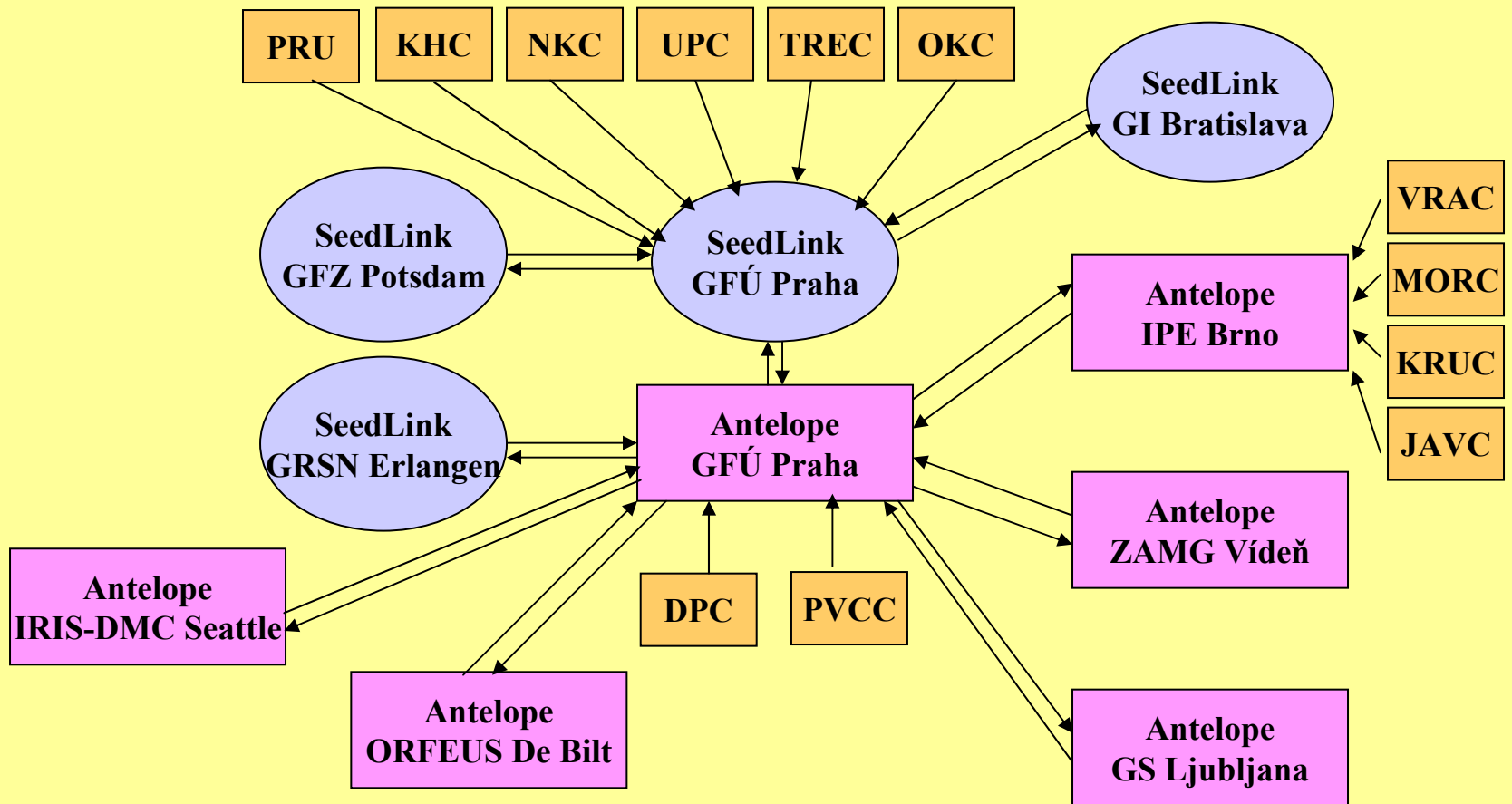
Seismická služba Geofyzikálního ústavu plní následující úkoly:

- **Automatizovaný sběr spojitých seismických dat programy Antelope a SeedLink**
- **Globální výměna parametrů zemětřesení a digitálních záznamů s mezinárodními seismologickými centry (ISC, NEIC, IRIS, ORFEUS, EMSC) a s řadou evropských datových center a observatoří**
- **Rychlá lokalizace významných seismických jevů ve střední Evropě a ve světě**
- **Denní analýza digitálních seismogramů**
- **Archivace digitálních záznamů**
- **Tvorba seismologických katalogů a bulletinů a jejich publikování na internetových stránkách Geofyzikálního ústavu**
- **Sběr a vyhodnocení pozorování pocítěných zemětřesení na území České republiky**
- **Informování veřejnosti o významných seismických jevech prostřednictvím medií a internetových stránek**

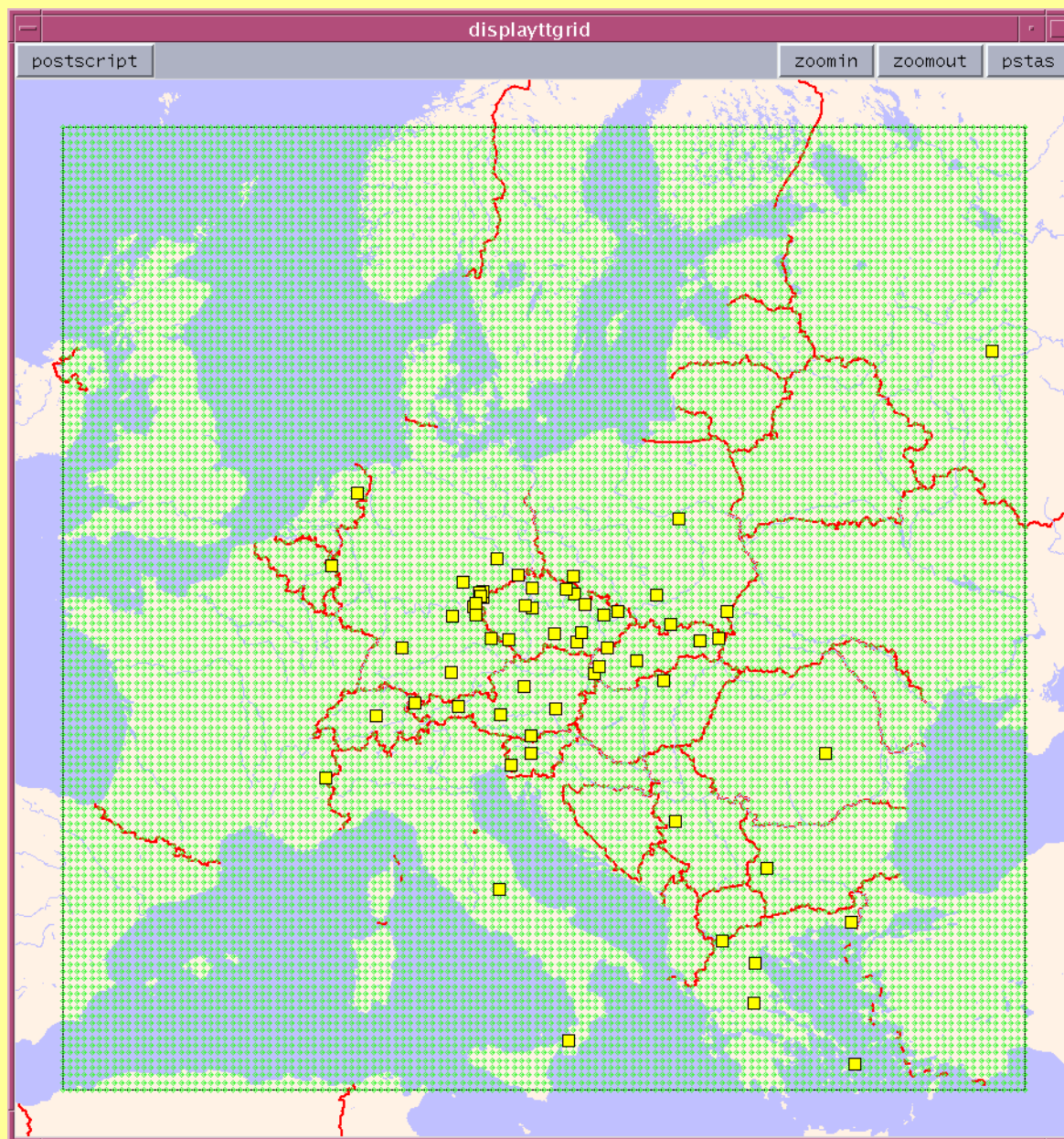
Rozložení stanic České regionální seismické sítě a ohnisek seismických jevů ve střední Evropě v r. 2008



Seismická služba Geofyzikálního ústavu AV ČR schéma toku dat



Virtuální seismická síť Geofyzikálního ústavu používaná k lokalizaci zemětřesení v ČR i ve světě



Moderní širokopásmový seismograf STS-2



Streckeisen STS-2 – moderní elektromechanický seismograf používaný na stálých observatořích České regionální seismické sítě i ve světové síti. Zaznamenává nezkreslené pohyby půdy ve velkém rozsahu amplitud pro periody 0.1 - 300 vteřin.

Registrační zařízení používaná v České regionální seismické síti



Registrační aparatura Quanterra používaná např. na seismologické stanici Dobruška/Polom.



Registrační aparatura EarthData + SeisComp používaná na observatořích Průhonice, Kašperské Hory, Nový Kostel, Panská Ves, Úpice, Ostrava/Krásné Pole a Králíky

Dobruška/Polom (DPC)

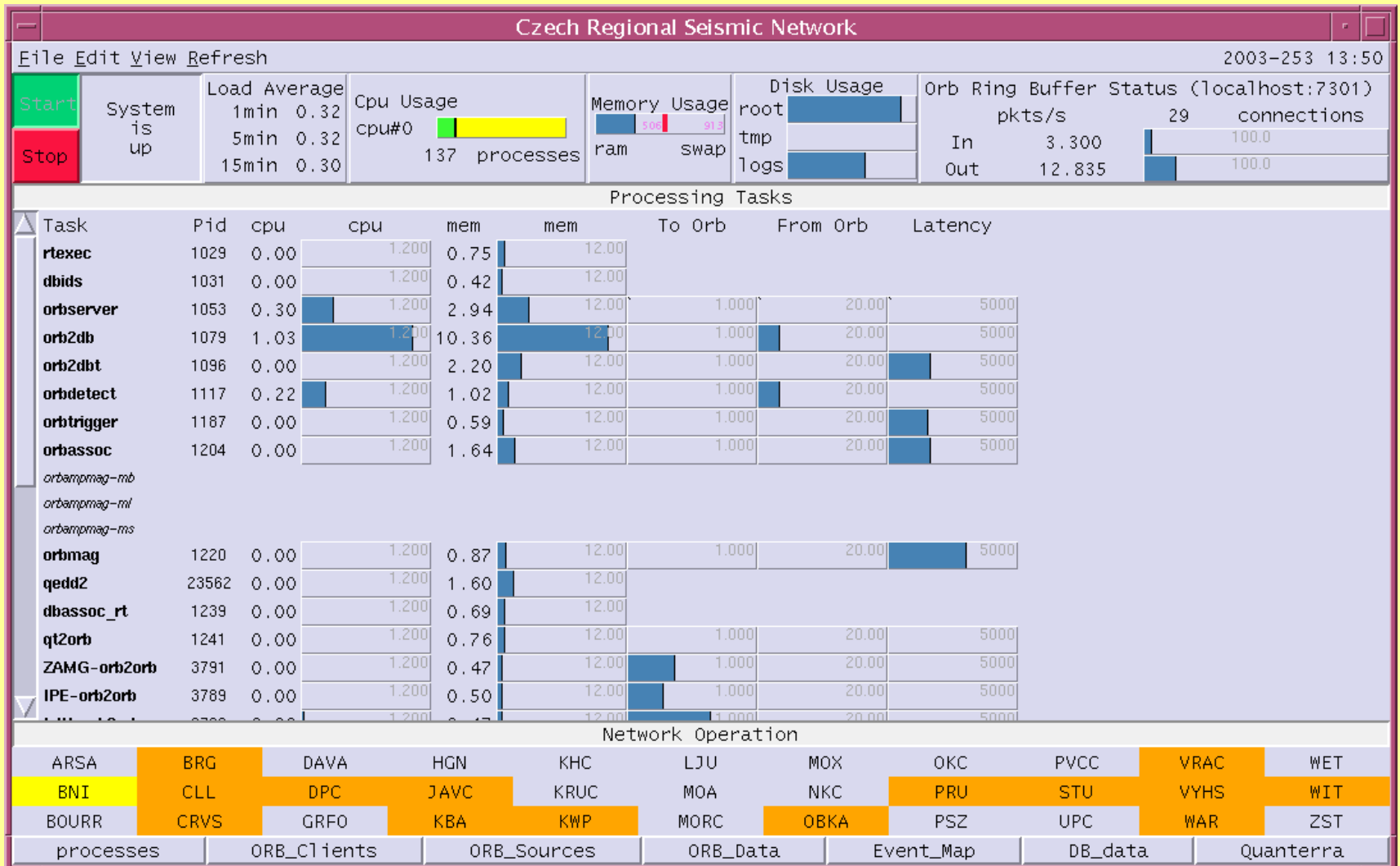
VGHÚř AČR Dobruška /
Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i. /
MEDNET

N50.35 E16.32 748 m

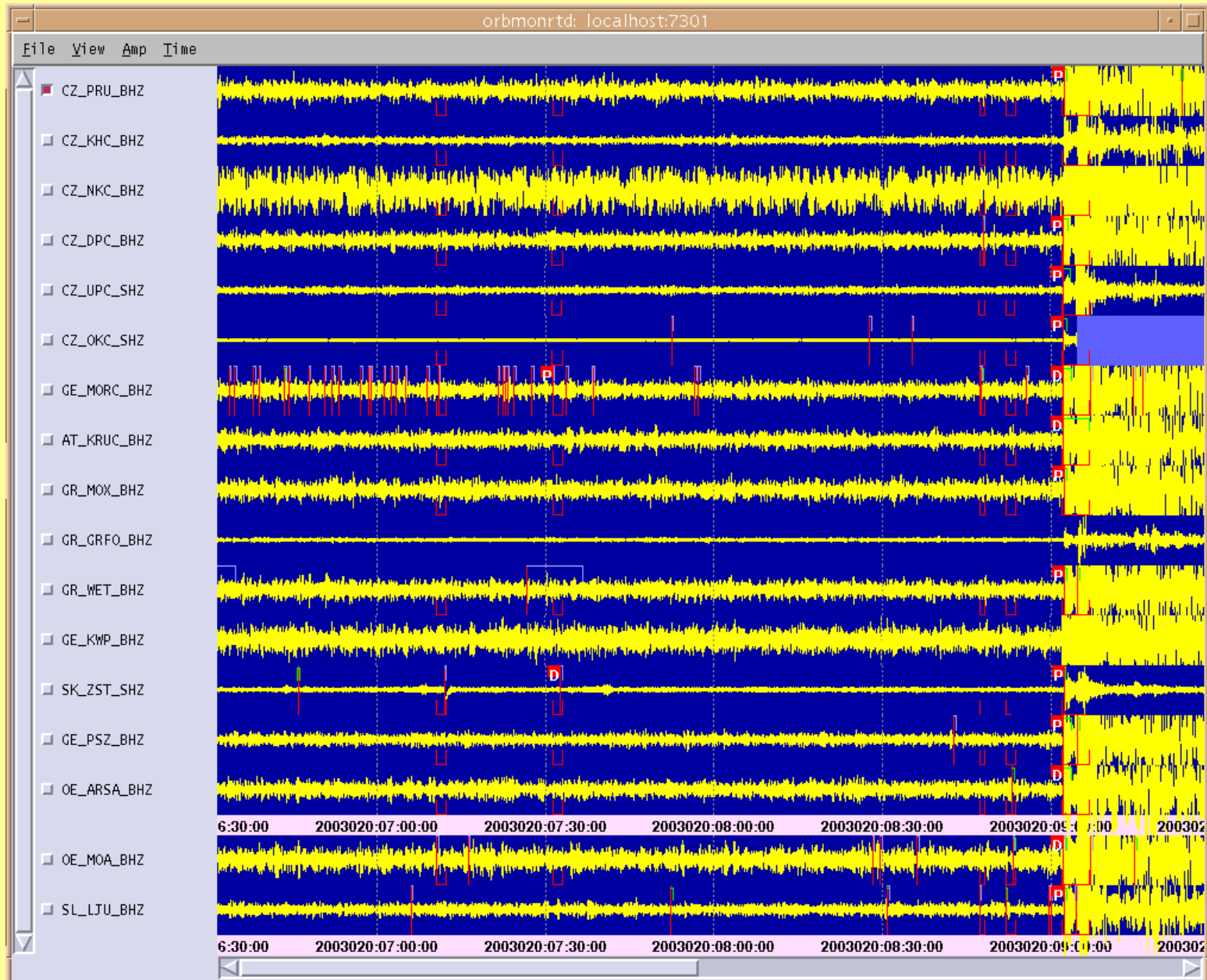


- Stanice globální seismologické sítě
- Registrace: Quanterra
- Seismometry: širokopásmový STS-1, STS-2, akcelerometr FBA ES-T
- Časová služba: GPS
- Přenos dat: Internet v reálném čase
- Vzorkování: 20/100 Hz
- Datový formát: miniSEED
- Dostupnost dat: web, E-mail
- Stálá služba VGHÚř

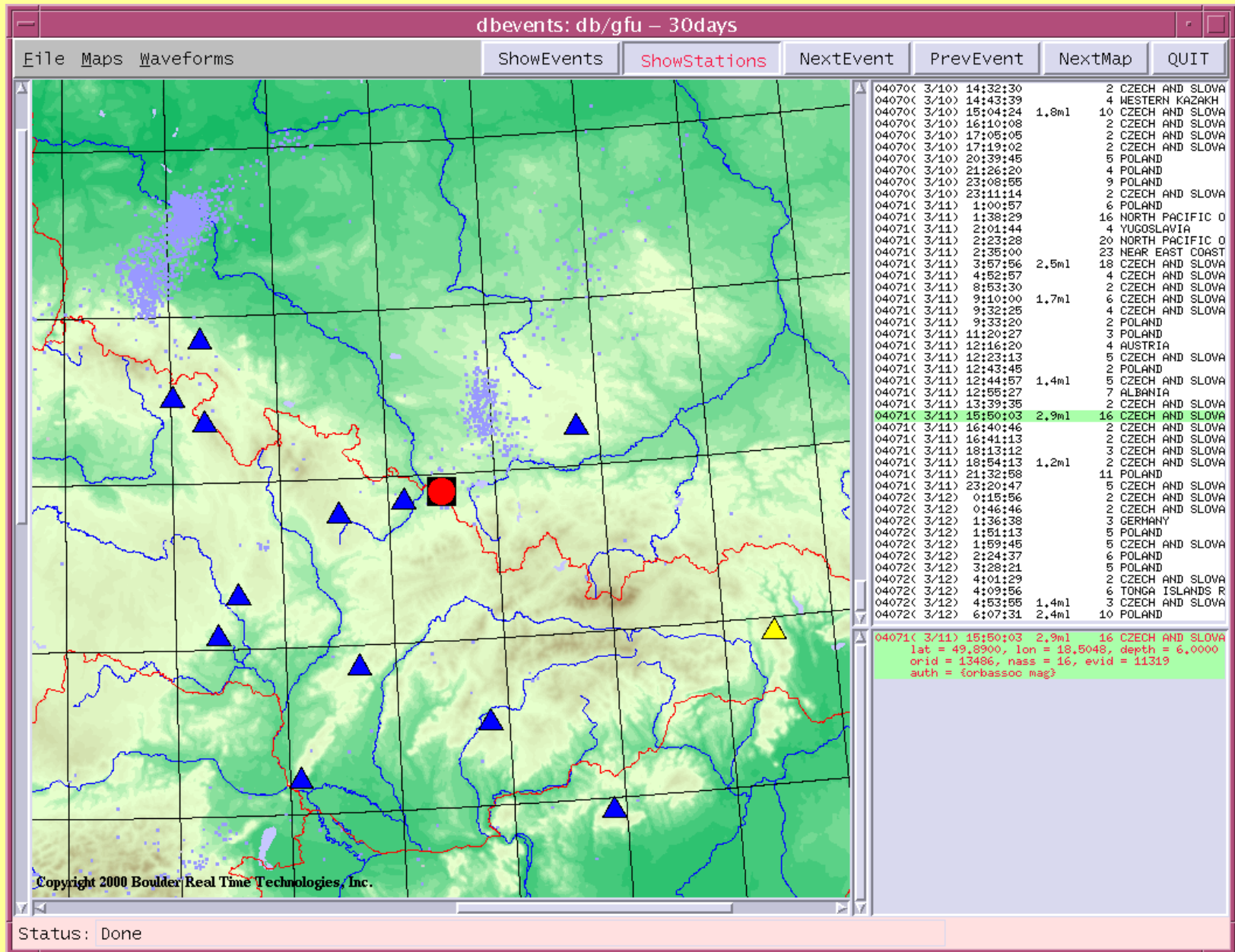
Antelope - Kontrolní / řídící panel



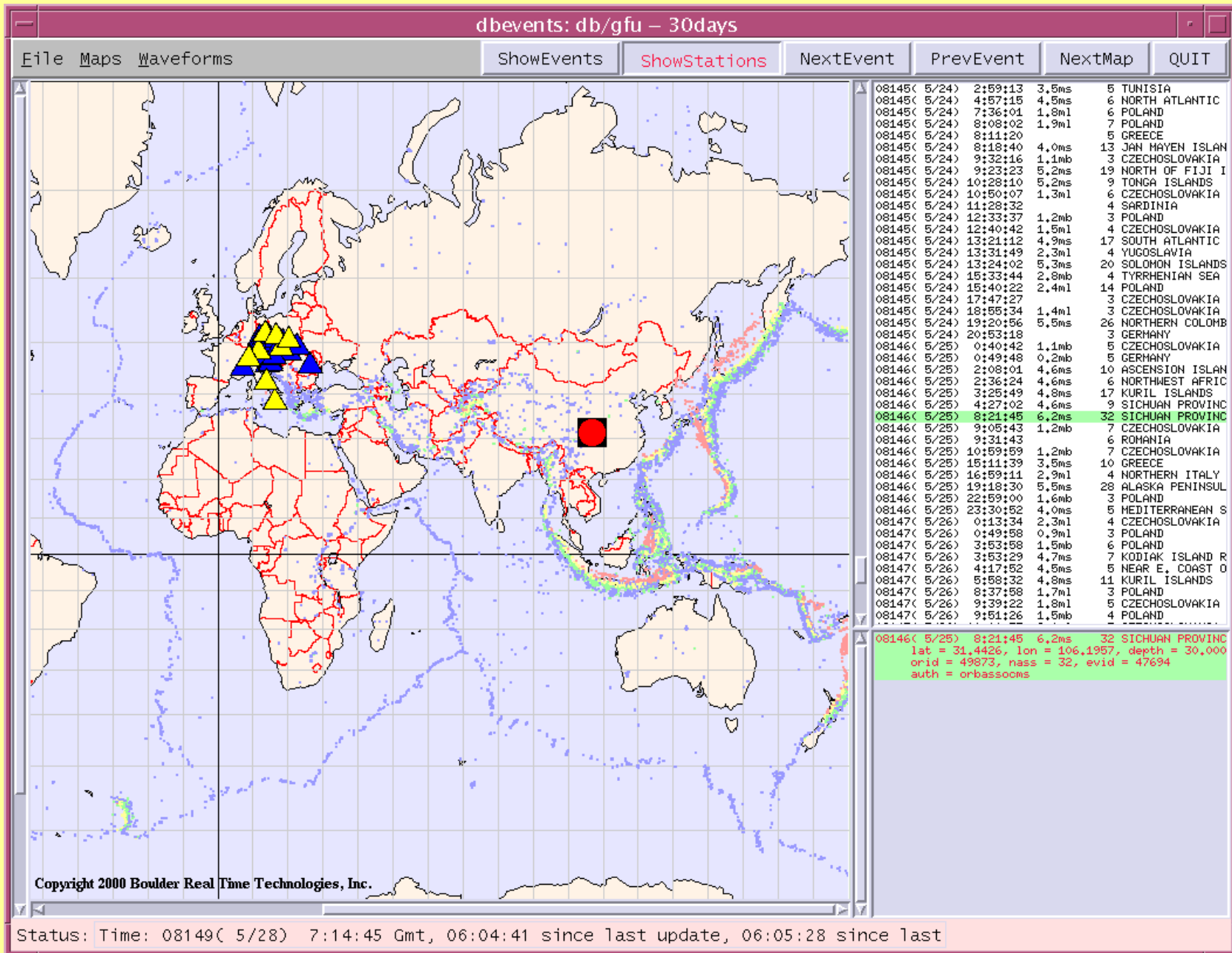
Monitorování zemětřesení v reálném čase – program Antelope



Automatická lokalizace seismického jevu – program Antelope

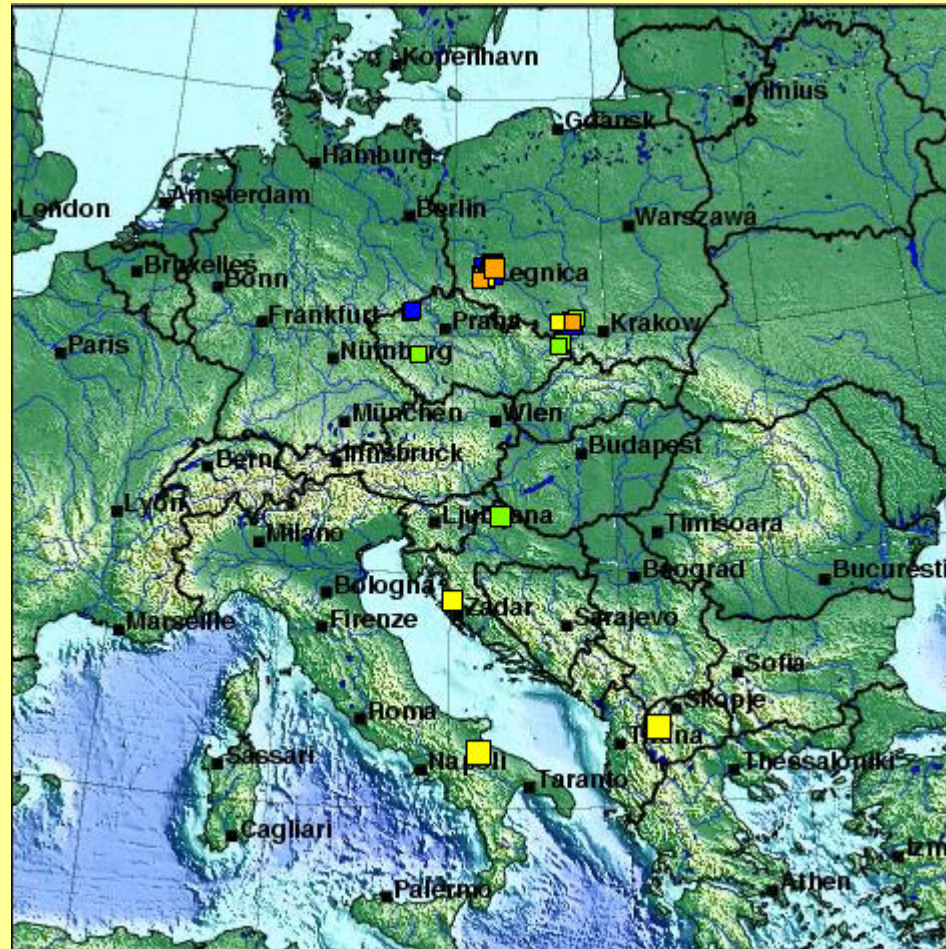


Automatická lokalizace zemětřesení – program Antelope





Recent automatic locations (no warranty)

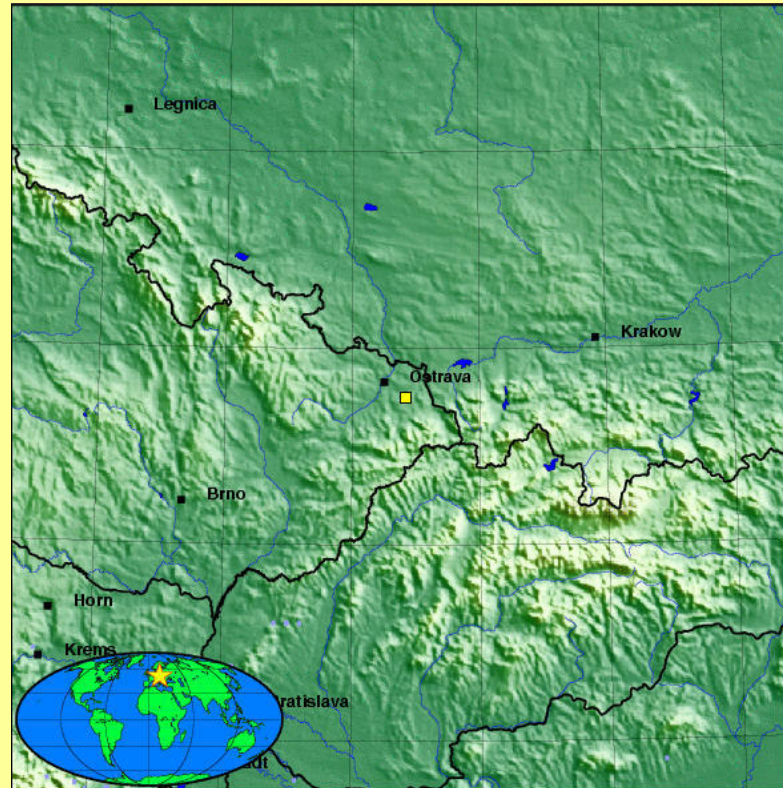


Map Legend

Time	■ < 6 hours	Event	 < 2.0 mb/ml/ms
Before	■ < 12 hours	Magnitude	 < 3.0 mb/ml/ms
Present	■ < 1 days		 < 4.0 mb/ml/ms
	■ < 3 days		
	■ < 7 days		
	■ < 14 days		

<http://seis.ig.cas.cz/quakemap/index.html>

Automatická lokalizace důlního otřesu na Ostravsku



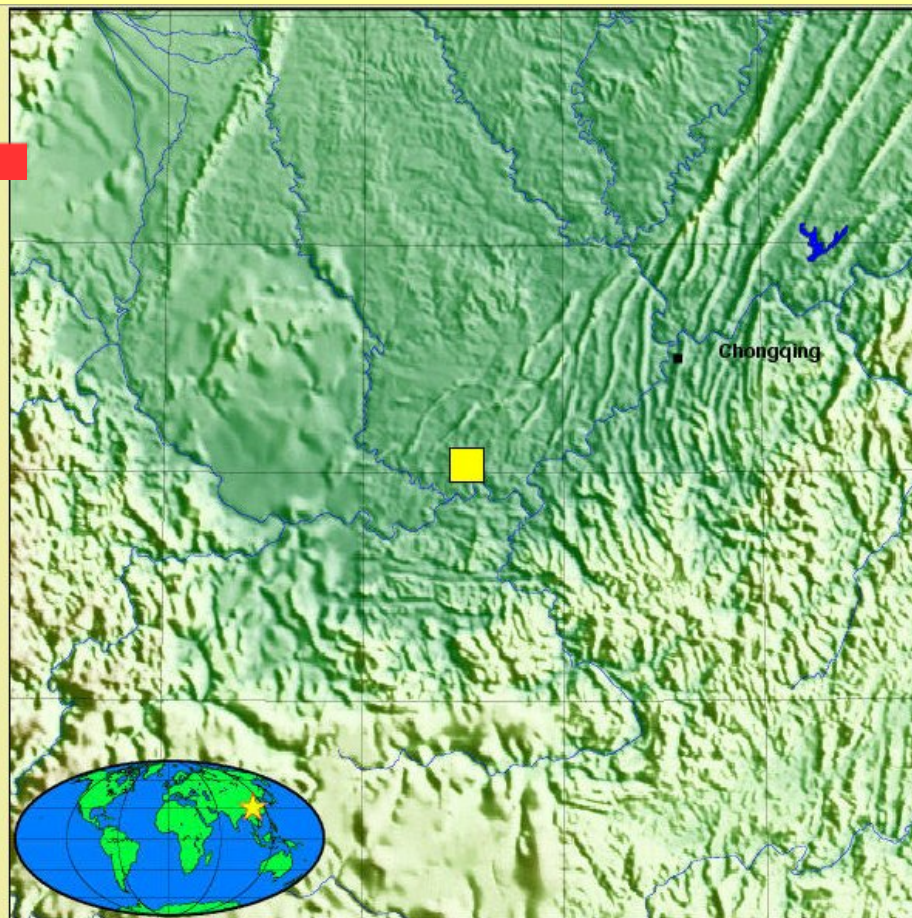
Hypocentral Solution:

Local Date:	07.12. 2005
Local Time:	12:49 cEZ
Universal Time:	2005-12-07 11:49:35 GMT
Magnitude:	1.9ML
Latitude:	49.75°
Longitude:	18.41°
Depth:	10 km

This earthquake was:

268 km E of Prague

Automatická lokalizace hlavního otřesu v Číně 12. května 2008, MS=8.1



Hypocentral Solution:

Local Date:	12.05. 2008
Local Time:	08:27 CESZ
Universal Time:	2008-05-12 06:27:47 GMT
Magnitude:	8.1Ms
Latitude:	29.04°
Longitude:	105.51°
Depth:	30 km

Varovná zpráva emailem po silném zemětřesení v Číně 12. května 2008 do Evropského datového centra

Event 47255 SICHUAN PROVINCE, CHINA

Date	Time	Err	RMS	Latitude	Longitude	Smaj	Smin	Az
2008/05/12	06:27:47.17	-1.00	0.29	29.0361	105.5079	-1.0	-1.0	-1

Depth	Err	Ndef	Nsta	Gap	mdist	Mdist	Qual	Author	OrigID
30.0	-1.0	23	0	346	62.80	72.63	a i uk	orbassocm	49434

Sta	Dist	EvAz	Phase	Time	TRes	Azim	Def	SNR
CEL	72.23	304.5	P	06:39:09.710	0.3		T__	94.0
DAVA	72.63	315.0	P	06:39:11.811	-0.0		T__	80.8
DIVS	67.24	309.1	P	06:38:39.110	0.4		T__	204.6
DPC	67.56	316.4	P	06:38:40.510	-0.2		T__	275.1
GRFO	70.86	316.9	P	06:39:01.520	0.4		T__	146.3
JAVC	67.22	314.5	P	06:38:38.741	0.2		T__	330.2
KBA	70.55	313.8	P	06:38:58.997	-0.3		T__	75.3
KHC	69.65	315.8	P	06:38:54.095	0.4		T__	69.2
KRUC	67.94	315.0	P	06:38:42.803	-0.3		T__	107.6
MLR	62.80	309.2	P	06:38:10.019	0.3		T__	233.3
MOA	69.69	314.3	P	06:38:53.801	-0.2		T__	204.4
MOX	70.27	317.8	P	06:38:57.141	-0.4		T__	163.5
NIE	65.40	314.5	P	06:38:26.736	-0.1		T__	182.5
OBKA	70.00	312.9	P	06:38:55.955	0.1		T__	75.6
OKC	66.62	315.4	P	06:38:34.245	-0.5		T__	59.4
PRU	68.76	316.4	P	06:38:48.295	0.1		T__	101.7
PSZ	66.11	313.0	P	06:38:31.895	0.5		T__	179.1
PVCC	68.56	316.9	P	06:38:47.245	0.3		T__	77.8
TRI	70.80	312.4	P	06:39:00.926	0.1		T__	44.3
UPC	67.70	316.6	P	06:38:41.195	-0.4		T__	132.5
VRAC	67.74	315.2	P	06:38:41.979	0.1		T__	94.3
VYHS	66.60	313.9	P	06:38:34.135	-0.5		T__	201.8
WET	70.07	316.0	P	06:38:56.190	-0.1		T__	240.7

Rychlé hlášení o zemětřesení v Číně 12. května 2008 do Integrovaného záchranného systému

Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška
Oddělení speciálního monitoringu a meteorologie

a
Geofyzikální ústav Akademie věd ČR, v.v.i.

Hlášení o seismickém jevu

Datum	Čas (UTC)	Magnitudo	Původ	Hloubka	Souřadnice epicentra		Poř.č.
12.5.2008	06:28	7,0	průrodní	8 km	31,0 N	103,3 E	50

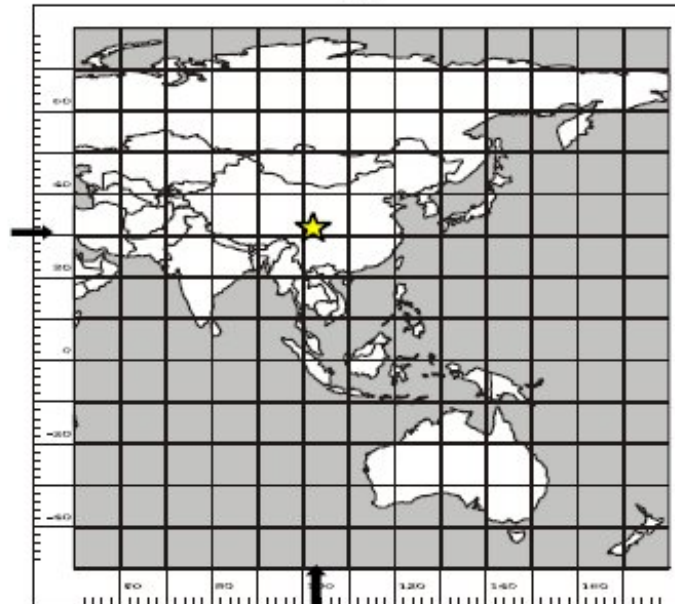
Lokalita

ASIE Čína pohoří SICHUAN

Předpokládané účinky v epicentru

Těžký seismický jev. Bořivé zemětřesení, možné oběti na životech, zranění osob a materiální škody

Asie

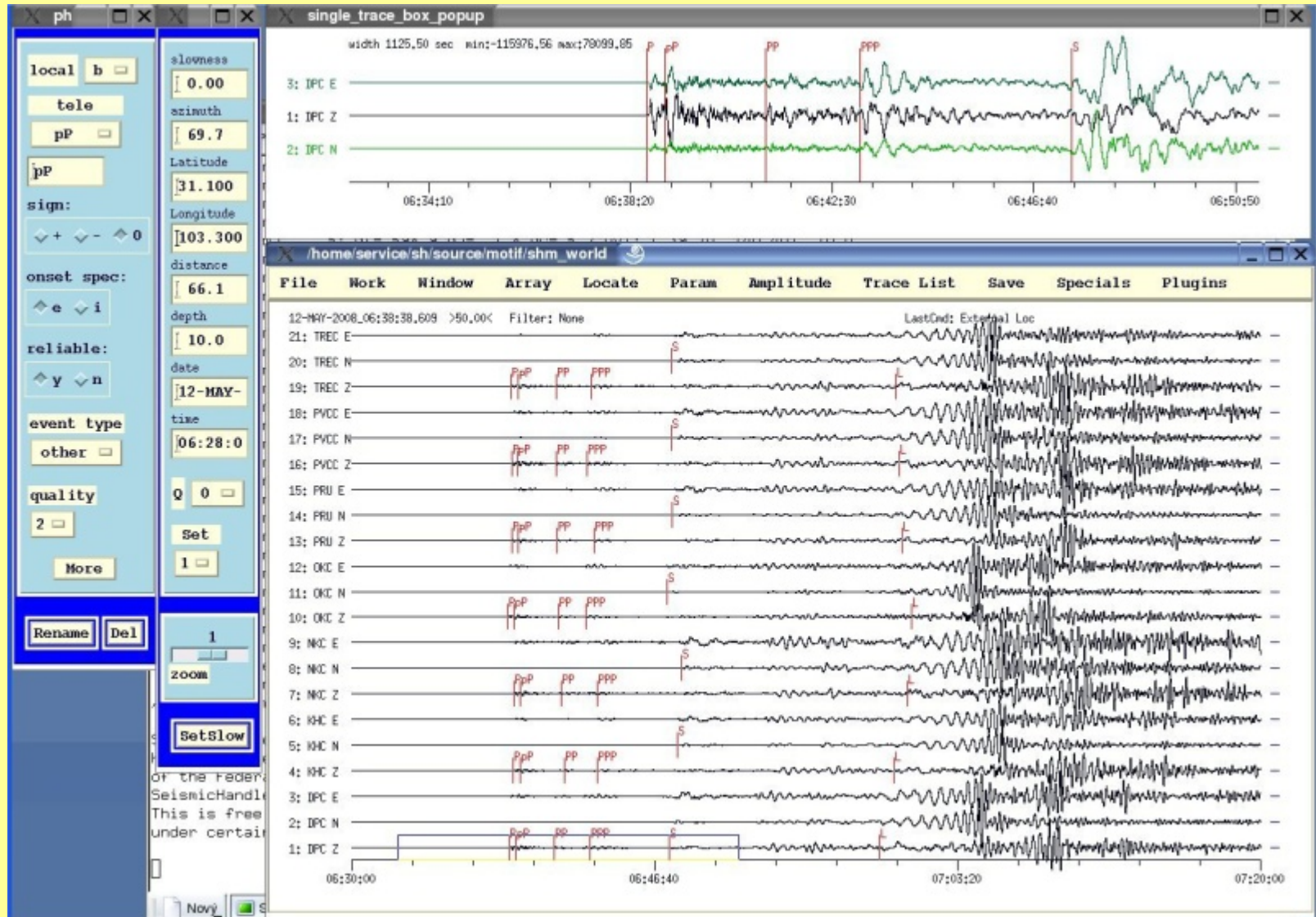


Vyhotovil: VGHMÚř, OdSMM Polom Operátor : o.z.Mikoška

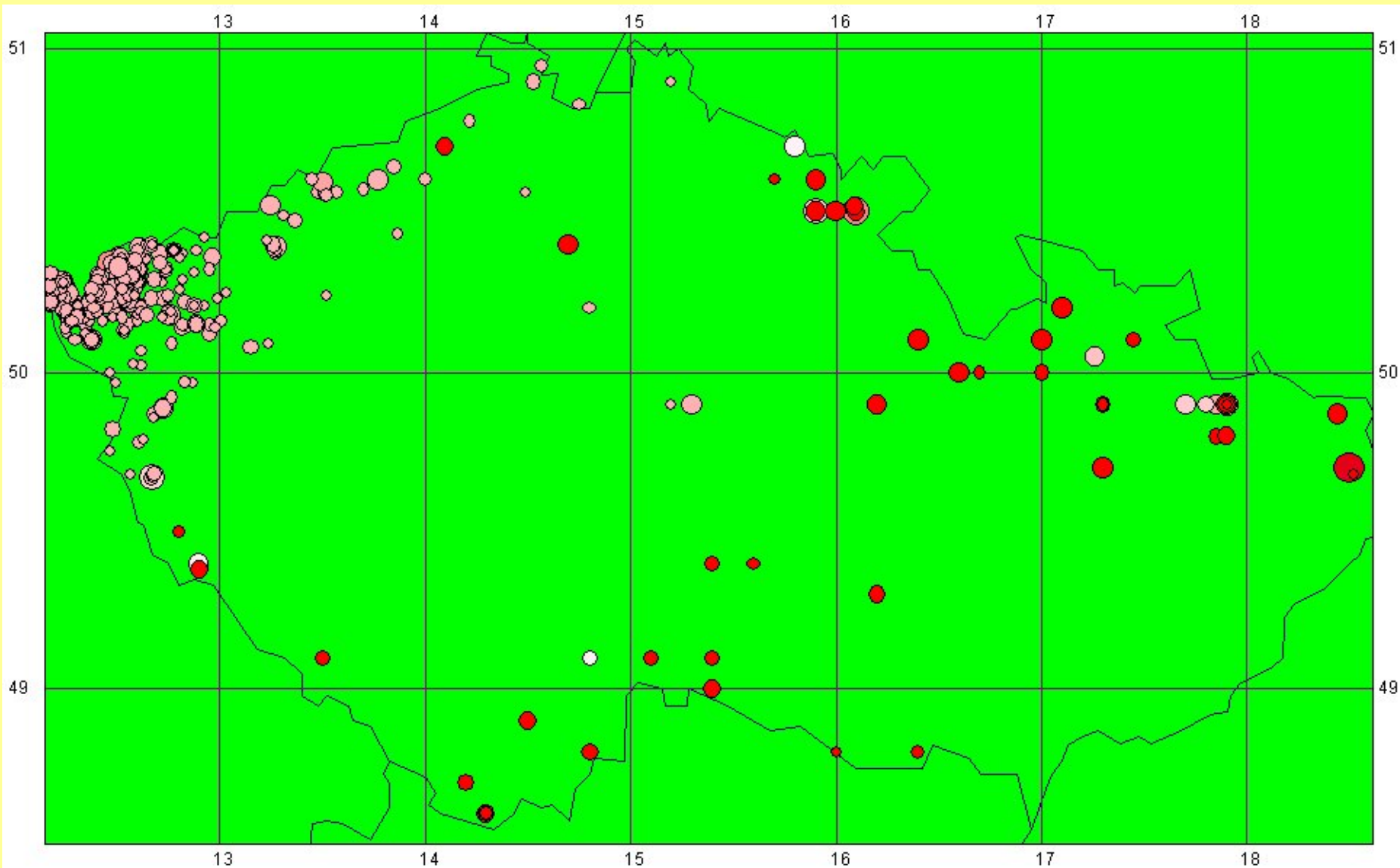
Čas odeslání (UTC) ZIS : Směna PRAHA : Ředitel VGHMÚř :

Podrobné informace: Geofyzikální ústav, www.ig.cas.cz tel.: 267 103 015 (RNDr. Jan Zedník)

Analýza čínského zemětřesení 12. května 2008 na vybraných stanicích České regionální seismické sítě



Kárníkův katalog historických zemětřesení v České republice



Oblast zemětřesných rojů v západních Čechách

Seismoaktivní zóna o ploše 600 km²;

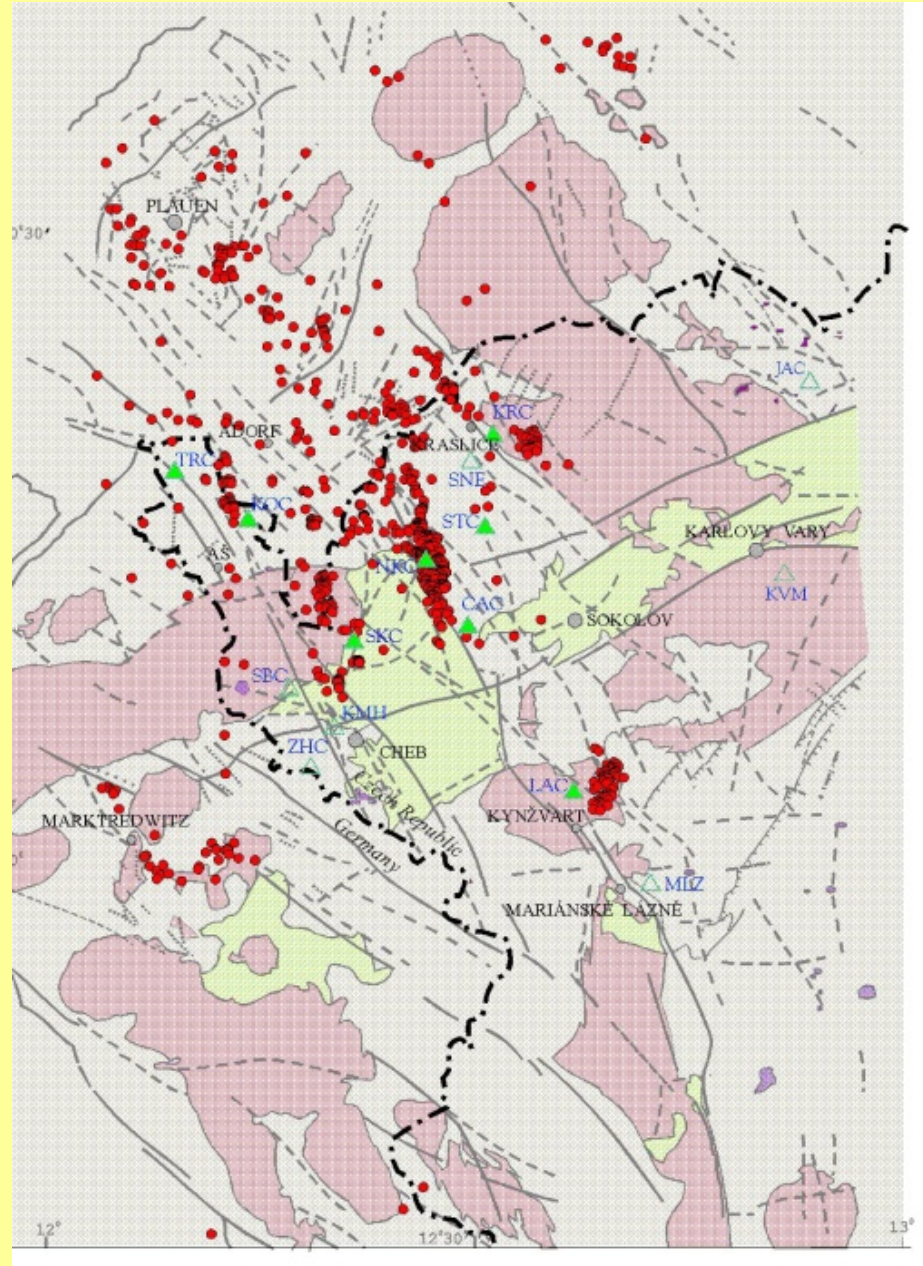
Častý výskyt zemětřesných rojů většinou do velikosti $M_L \leq 3.5$;

Více než 25 000 slabých zemětřesení bylo zaregistrováno od r. 1991 seismickými sítěmi WEBNET and KRASLICE;

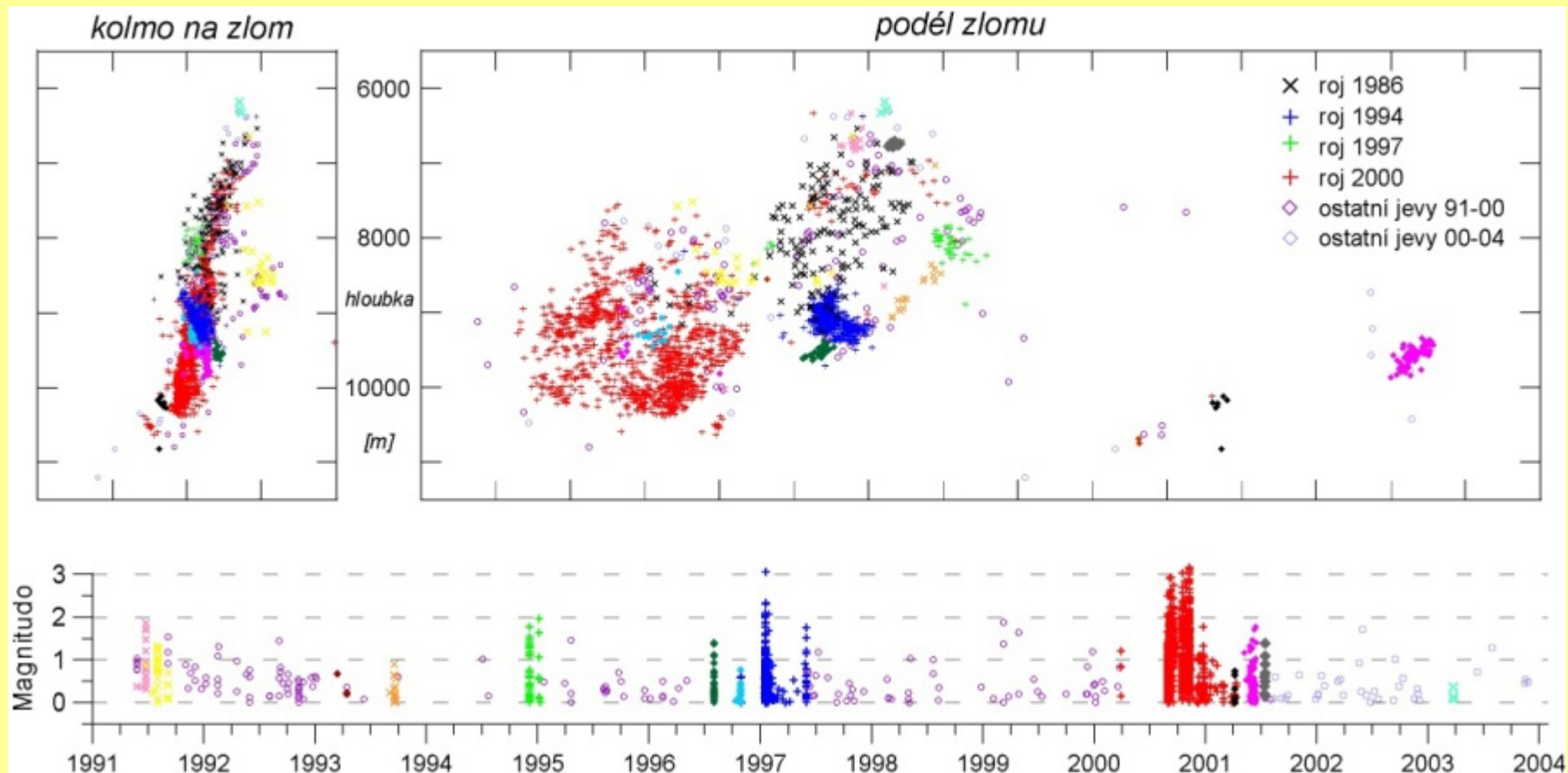
Nejsilnější otřes $M_L=4.6$ (prosinec 1985);

Hloubka ohnisek kolísá od 3 km (Klingenthal) do 23 km (Adorf), převládající hloubky jsou mezi 7 km a 10 km;

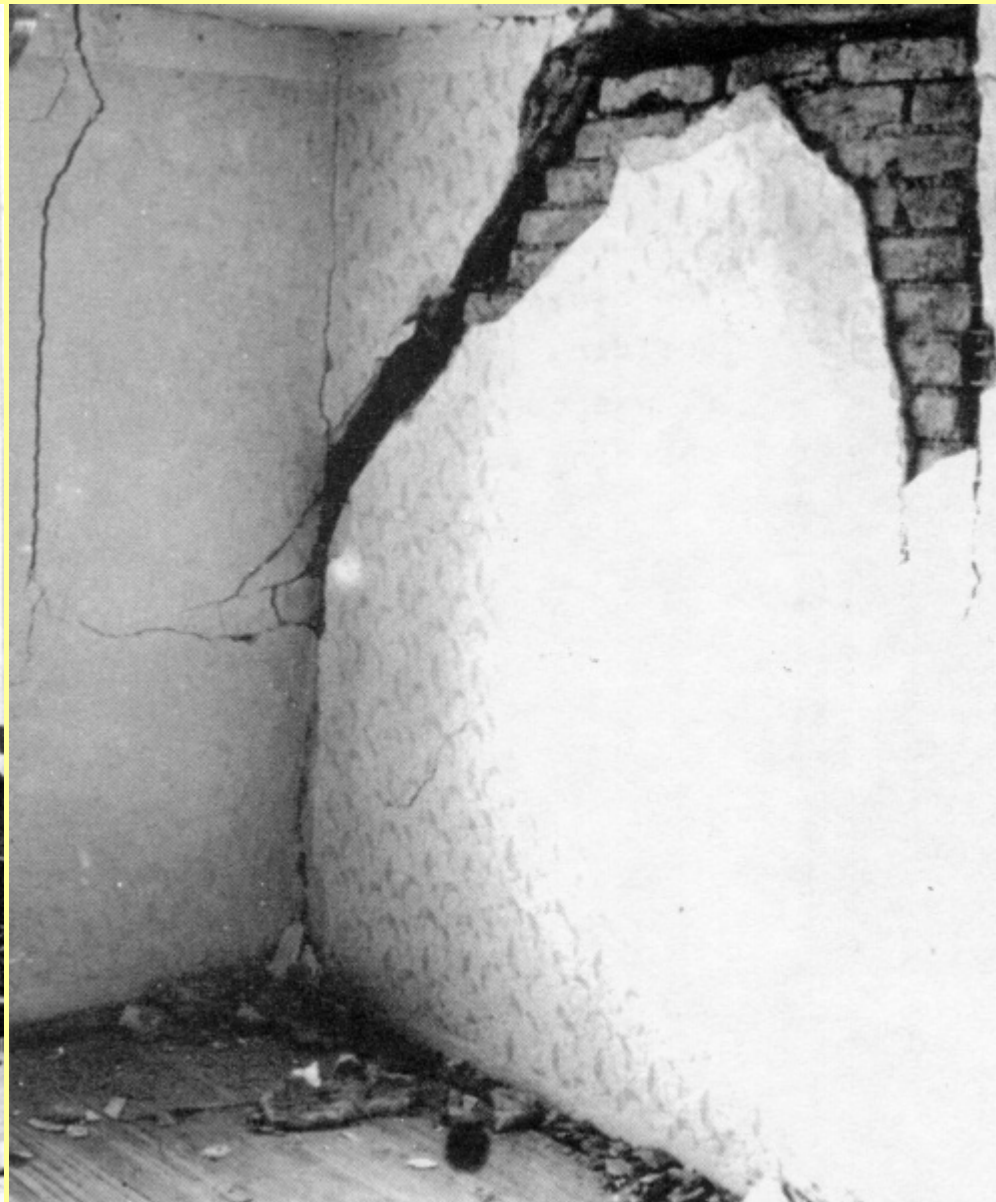
Od r. 1985 se více jak 95% seismické energie uvolnilo v hlavní ohniskové zóně Nový Kostel (NK).



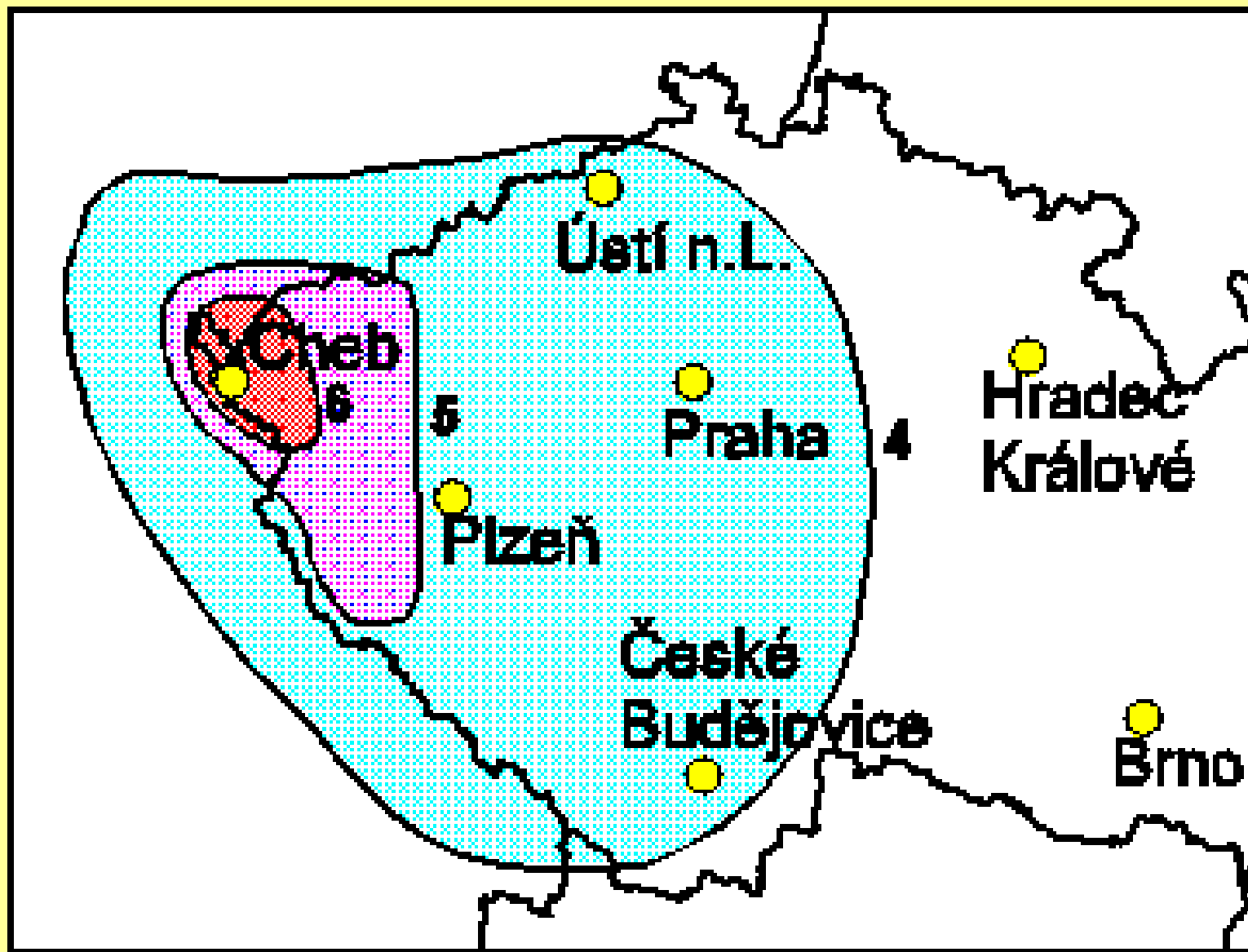
Pohled na mariánsko - lázeňský zlom a historie zemětřesné aktivity v období 1991-2004



Zemětřesení v západních Čechách 16. prosince 1985, $M = 4.6$



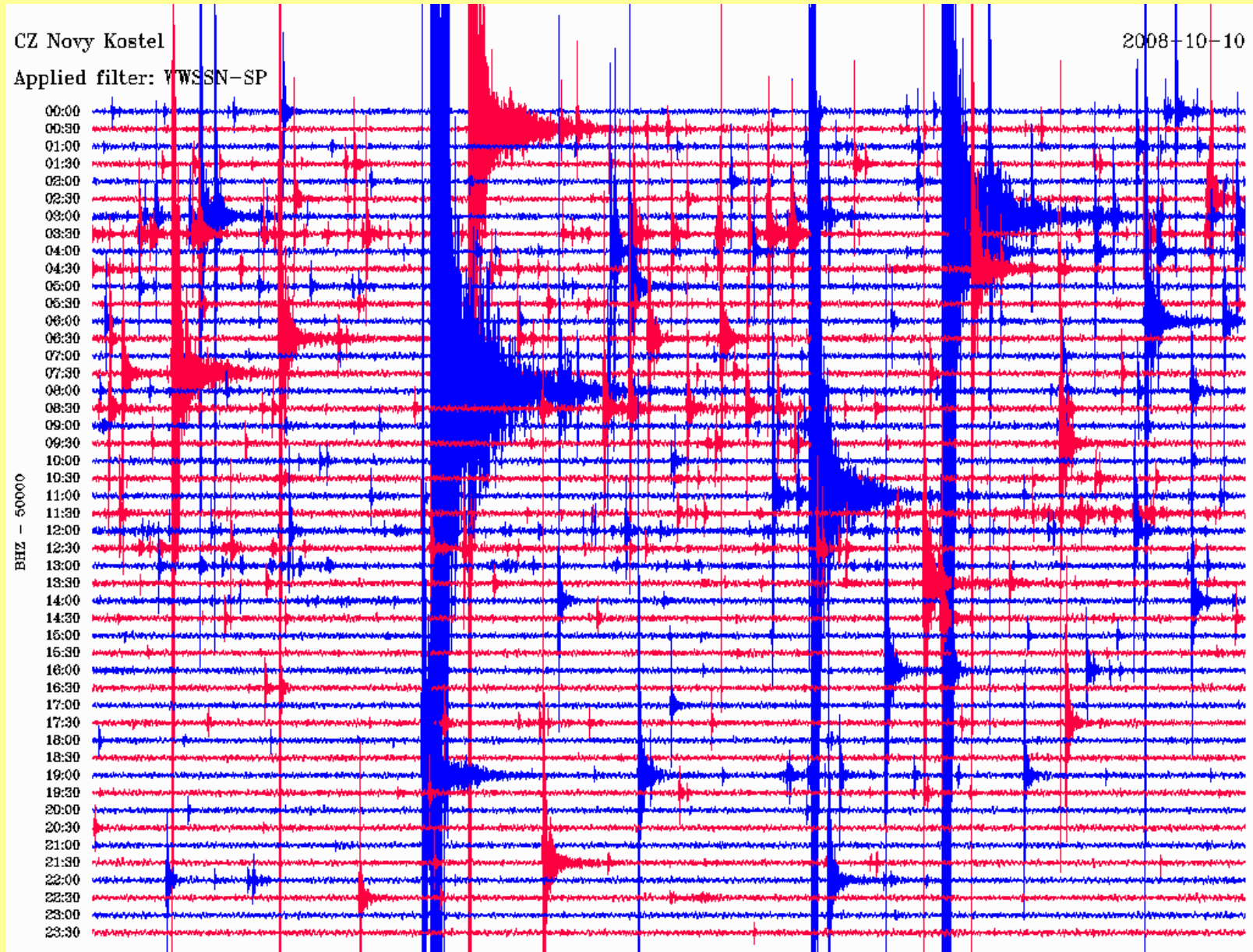
**Oblast, ve které byl pocíten otřes v západních Čechách
dne 16. prosince 1985, $M = 4.6$**



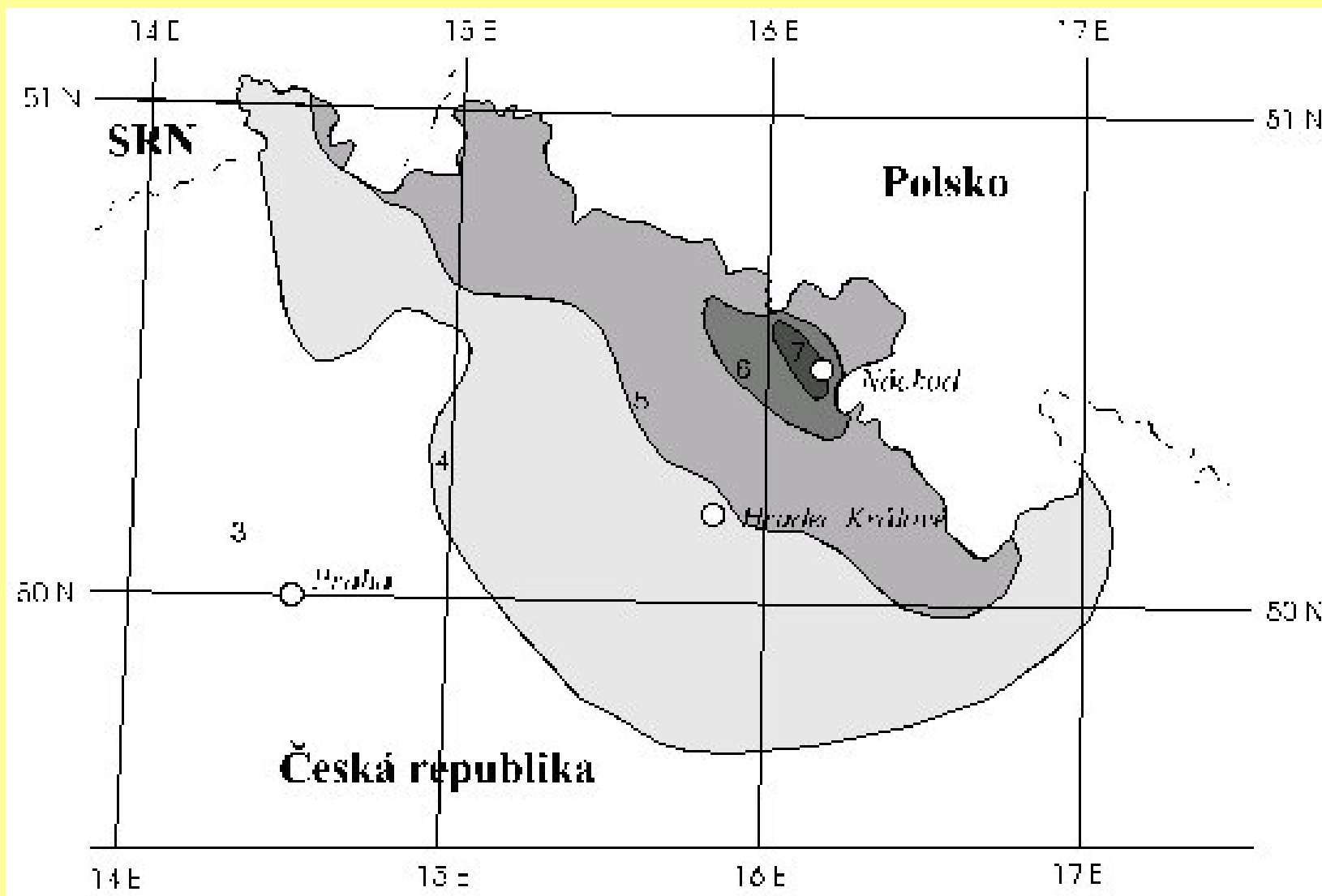
Nejdůležitější období zemětřesné aktivity v oblasti Nového Kostela za posledních 25 let

- ❖ **Roj 1985/86** : prosinec 1985 - únor 1986, registrováno více než 8000, nejsilnější o velikosti M_L 4.6 a 4.1.
- ❖ **Mikroroj prosinec 1994**: aktivita trvala 16 hodin, registrováno více než 500 jevů o velikosti $ML \leq 2.2$.
- ❖ **Roj leden 1997**: Trvání 13 - 28.ledna, nejrozsáhlejší zemětřesná aktivita mezi silnými roji 1985/86 a 2000, téměř 1800 jevů o velikosti $ML \leq 3.0$.
- ❖ **Roj 2000**: srpen - prosinec 2000, sestával z devíti fází vysoké seismické aktivity; registrováno více než 20 000 jevů o velikosti $ML \leq 3.4$.
- ❖ **Roj 2008**: říjen - listopad 2008, 4 fáze vysoké seismické aktivity; registrovány desetitisíce jevů o velikosti $ML \leq 4.1$.

Živé seismogramy zemětřeseného roje v západních Čechách stanice Nový Kostel (NKC) – 10.10.2008



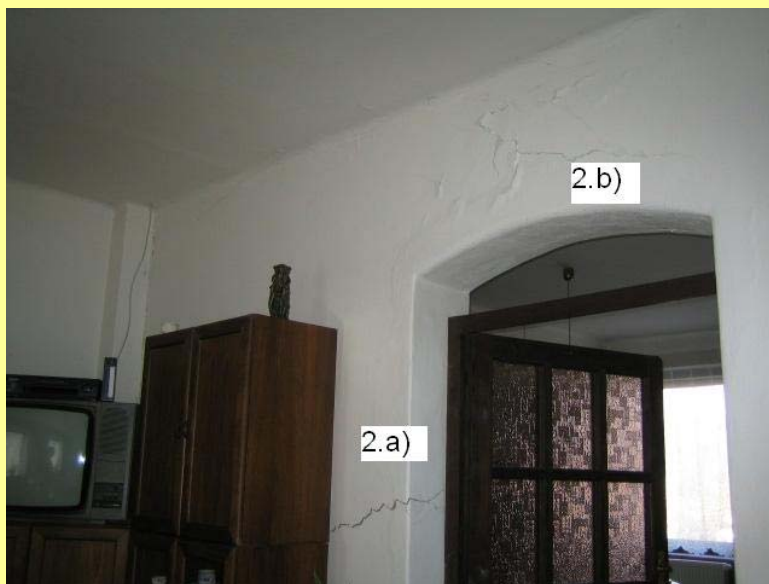
Oblast, ve které byl pocíten otřes ve východních Čechách dne 10. ledna 1901, $M = 4.7$



Shrnutí významnějších otřesů na Hronovsko-poříčské poruše

Datum	Souřadnice ohniska	Maximální pocitěná intenzita I_0	Magnitudo podle Richtera
11.12.1799	50.5° N, 16.1° E	6°	?
31. 1.1883	50.5° N, 15.9° E	6-7°	?
10. 1.1901	50.5° N, 16. 1°E	7°	4.7
30. 1.1949	50.4° N, 16.1° E	4-5°	3.5
24. 4.1957	50.5° N, 16.0° E	5°	4.0
2.12.1961	50.6° N, 16.3° E	4-5°	3.5
21.11.1979	50.5° N, 16.0° E	5°	3.7
7. 5.1984	50.5° N, 16.1° E	4-5°	3.3
22. 4.1992	50.4° N, 16.3° E	4-5°	2.3
24. 8.1992	50.5° N, 16.1° E	3°	1.7
24. 6.1999	50.5° N, 16.0° E	3°	2.2
10. 8.2005	50.5° N, 16.0° E	2°	2.4
25.10.2005	50.5° N, 16.1° E	4°	3.3

Zemětřesení ve východních Čechách 25. října 2005, $M = 3.4$



Závěry:

- **Seismická služba Geofyzikálního ústavu AV ČR provozuje automatizovaný sběr, vyhodnocení a mezinárodní výměnu seismických dat stanic České regionální seismické sítě**
- **Rychlé lokalizace významných seismických jevů ve střední Evropě a ve světě získané na základě dat České sítě a mnoha dalších stanic v Evropě a ve světě jsou dostupné do 15 minut na webových stránkách GFÚ**
- **Automatické lokalizace ČRSS a seismická data poskytovaná mezinárodním datovým centrem přispívají k rychlým lokalizacím ničivých zemětřesení**
- **Rutinní analýza seismogramů je prováděna denně, stálá služba 24/7 není v GFÚ zavedena vzhledem k nízké seismicitě ČR a malému počtu pracovníků seismické služby**
- **Nepřetržitá služba Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu Armády ČR v Dobrušce/Polomu poskytuje na základě záznamů stanice DPC, podkladů z GFÚ a mezinárodních datových center rychlá hlášení o silných seismických jevech do Integrovaného záchranného systému ČR**
- **Geofyzikální ústav informuje veřejnost a média o významných seismických jevech**