

Zemetrasenie na východnom Slovensku

9. októbra 2023: môžeme sa cítiť bezpečne?

Ján Madarás, Andrej Cipciar, Kristián Csicsay, Lucia Fojtíková, Martin Gális, Jozef Kristek, Miriam Kristeková, Róbert Kysel, Peter Moczo a Peter Pažák

PhD. študenti: Lenka Ondrášová, Dominika Godová, Jozef Bódi

Českí kolegovia: Renata Lukešová (Gaždová), Jan Zedník

Ústav vied o Zemi SAV, verejná výskumná inštitúcia,
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského
Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR
Geofyzikální ústav AV ČR

Projekty:
VEGA-1/0107/23
VEGA-2/0046/20
APVV-21-0159

Klub učiteľov geovied, odborná skupina pri Slovenskej geologickej spoločnosti SAV



22. 11. 2023
15:00 – 17:00 h

Dištančne – cez aplikáciu MS Teams
Pripojte sa na <https://lnk.sk/fqxu>

Prezenčne – PriF UK v Bratislave, Mlynská
dolina, Ilkovičova 6, Bratislava B1-AMOS

FYZ
GIS



V rámci aktivít projektu KEGA č. 065UK-4/2021 a s podporou Katedry fyzickej geografie a geoinformatiky PriF UK v Bratislave

<https://fyzgis.fns.uniba.sk/>



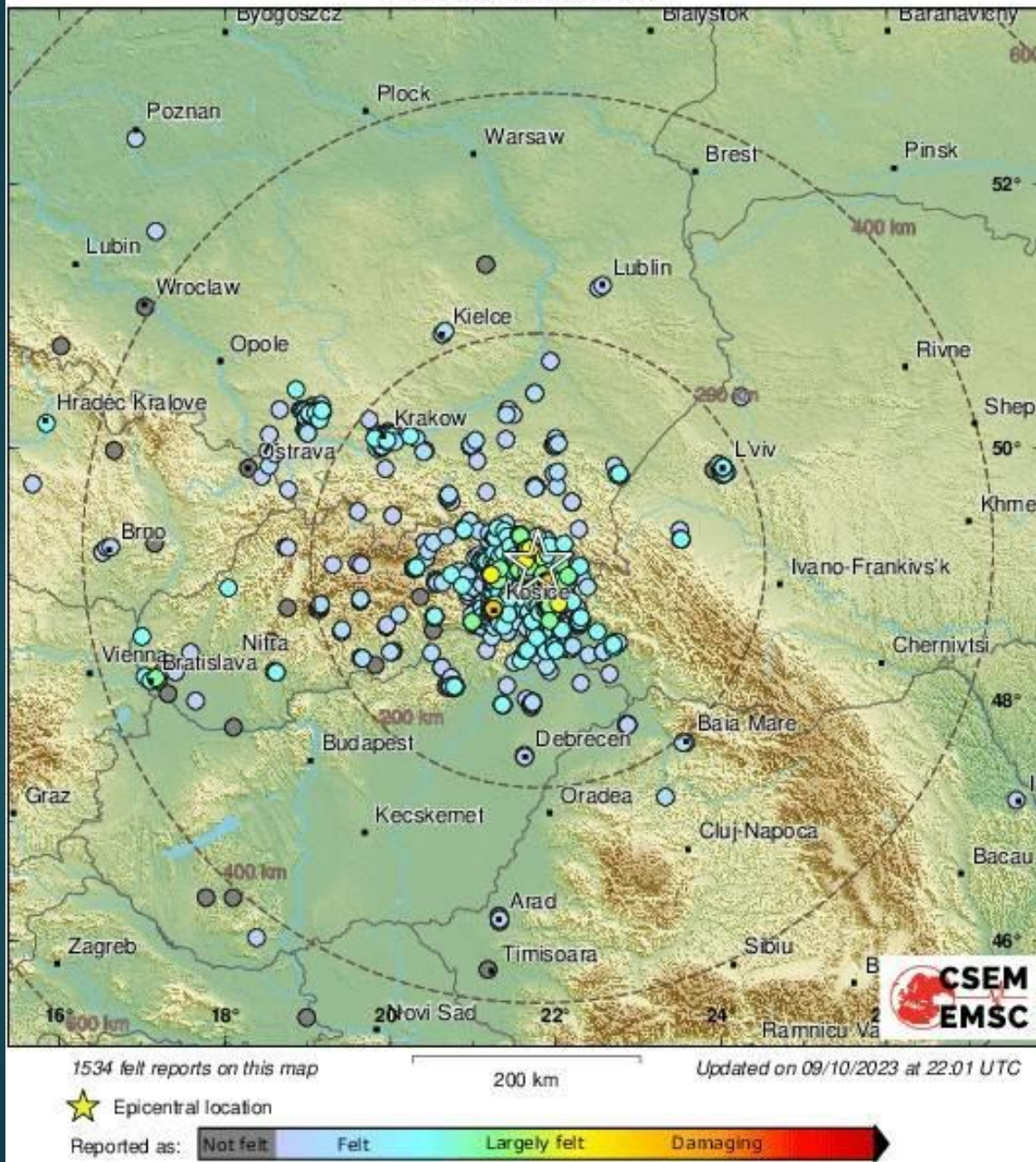
Severnú časť Zemplína a Šariša v Prešovskom kraji zasiahlo v pondelok 9. októbra 2023 večer stredne silné zemetrasenie, celkové škody na majetku sa odhadujú na 16 miliónov eur.

Vedecký kolektív ÚVZ SAV a FMFI UK v Bratislave od prvých momentov mapoval situáciu nielen z počítačových údajov seizmických staníc, ale pracoval aj v teréne a poskytol prvé interpretácie o zemetrasení.

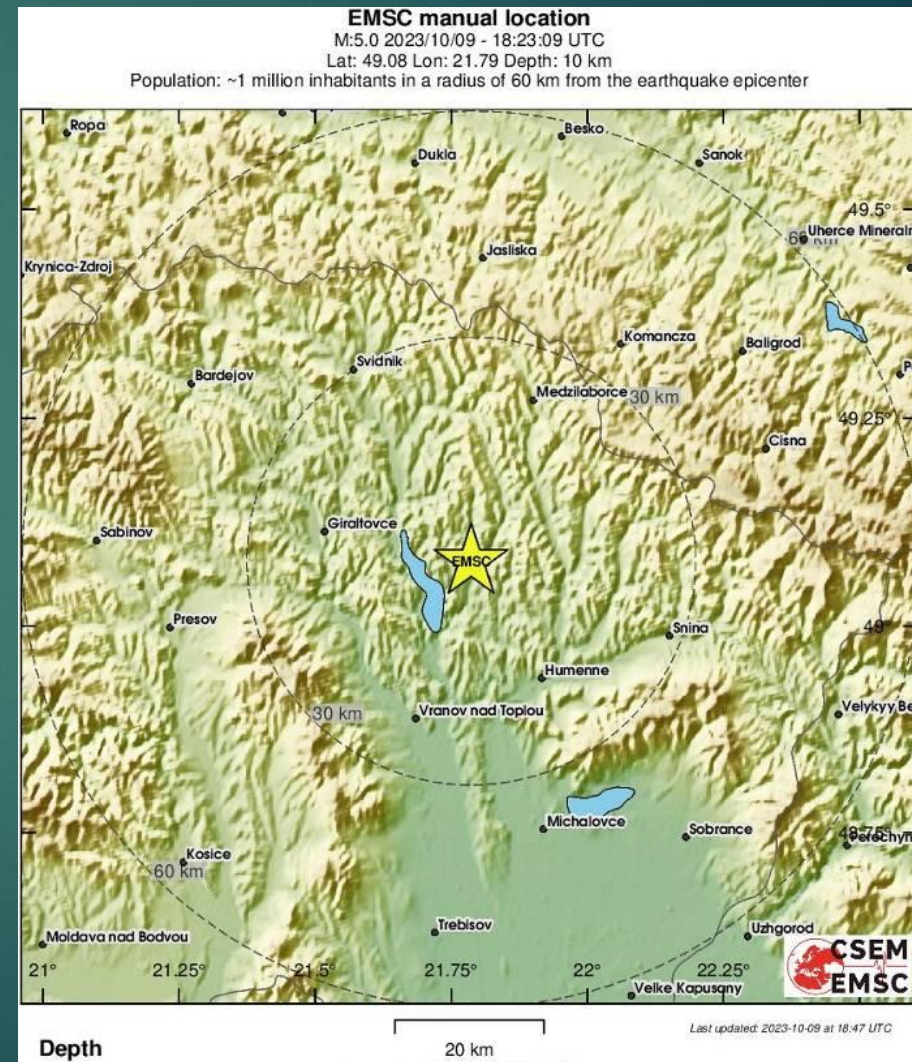
Z analýzy seizmických záznamov, meraní na mieste, dokumentovania škôd a predbežného vyhodnotenia vyše 2 600 poslaných makroseizmických dotazníkov z 524 obcí a miest je zrejmé, že išlo o najväčšie zemetrasenia na Slovensku od roku 1930. Na východnom Slovensku je porovnateľné s javom v roku 1914.

Súčasnú zemetrasenie malo lokálne magnitúdo 4,9. Makroseizmická intenzita v epicentrálnej oblasti dosiahla 8° Európskej makroseismickej stupnice EMS-98.

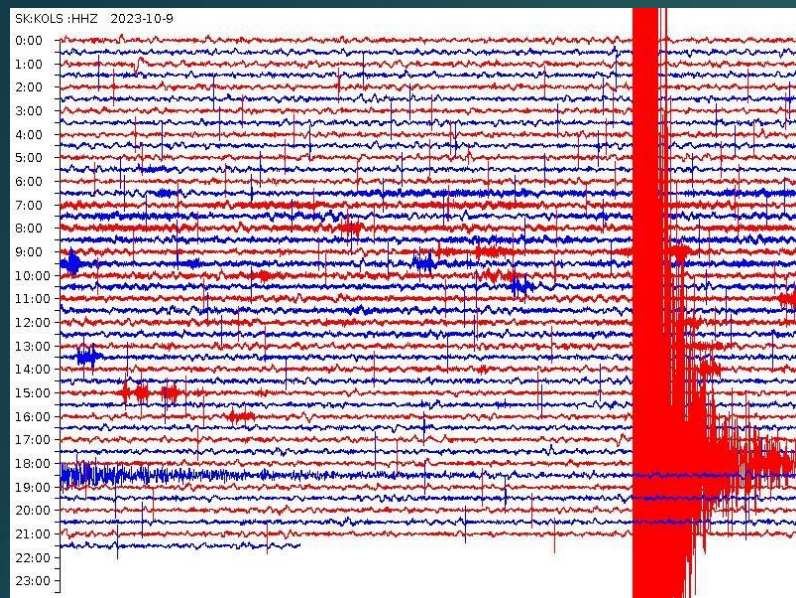
Felt reports received for M5.0 earthquake
in SLOVAKIA
on 2023-10-09 18:23:09 UTC



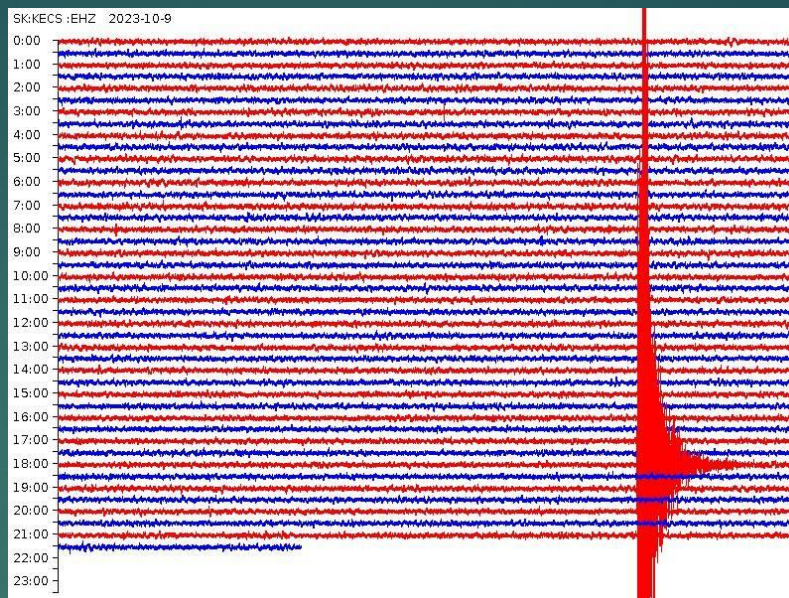
Mapa pozorovaní zemetrasenia
nahlásených
krátko po automatickej lokalizácii
zemetrasenia do medzinárodného
centra CSEM - EMSC



KOLS – Kolonické sedlo

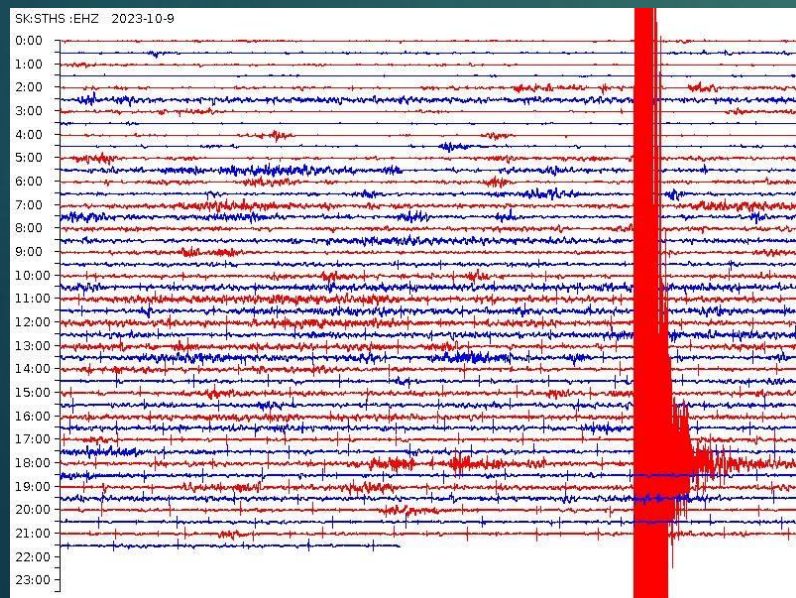


KECS – Kečovo

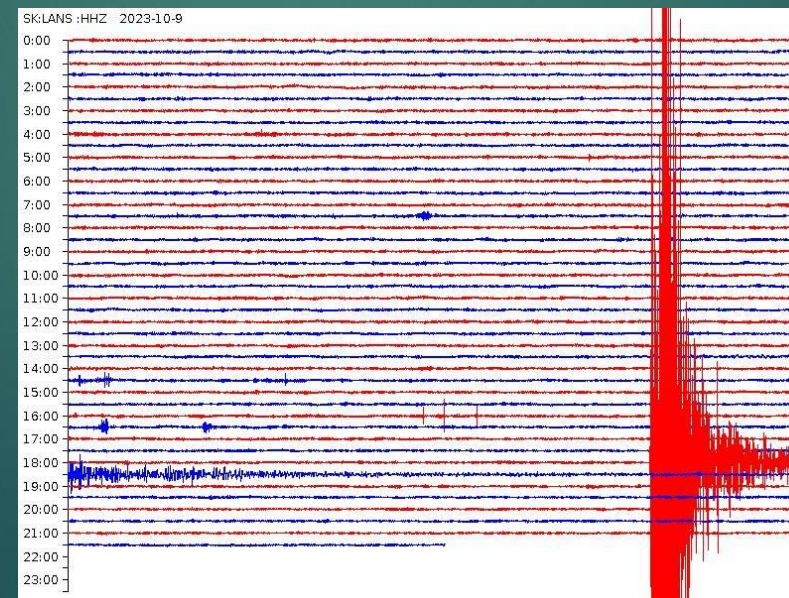


Seizmogramy
z Národnej siete
seizmických staníc zo
dňa 9. októbra 2023

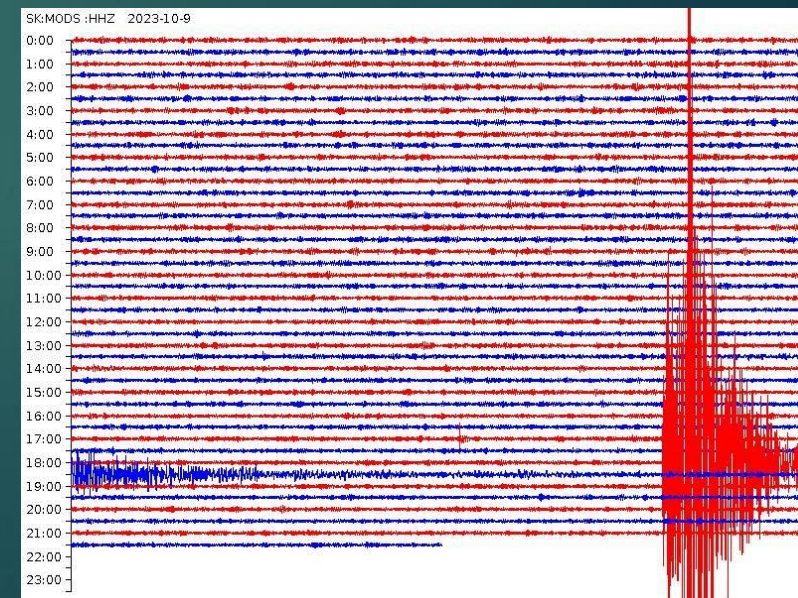
STHS – Stebnícka Huta



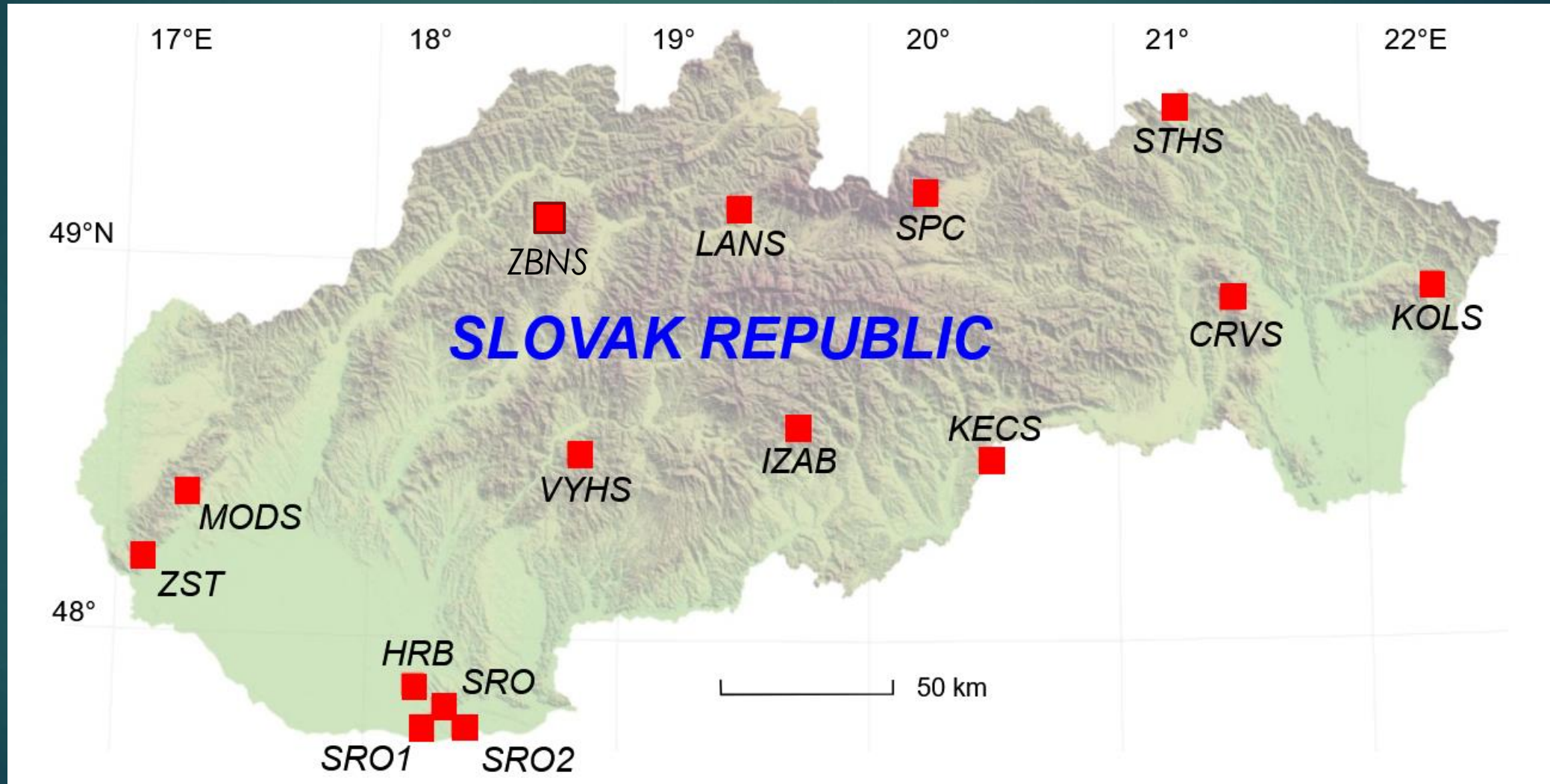
LANŠ – Liptovská Anna



MODS – Modra - Harmónia



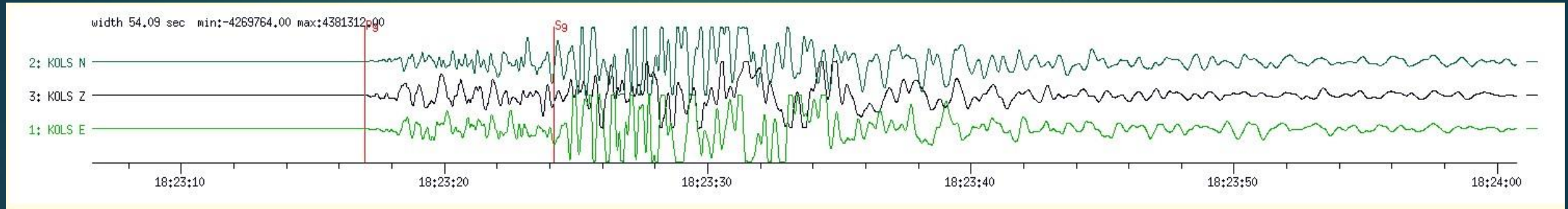
Národná sieť seizmických staníc na Slovensku v roku 2023



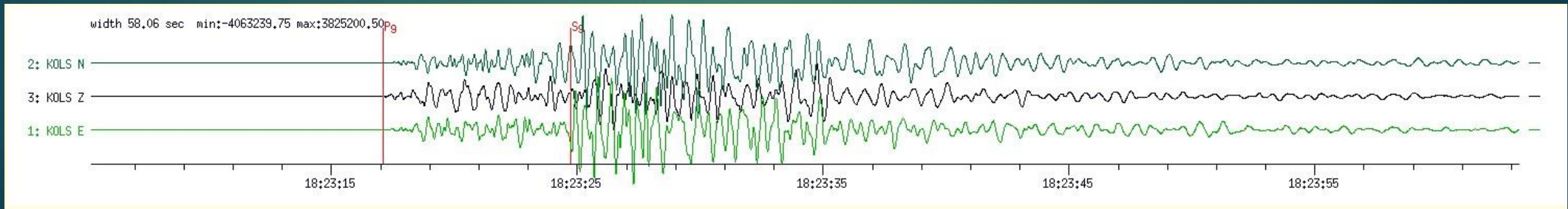
Národná sieť seizmických staníc (NSSS) je najdôležitejšou infraštruktúrou na monitorovanie seizmickej aktivity územia Slovenska, jej prevádzku a analýzu zaznamenávaných dát zabezpečuje Oddelenie seizmológie Ústavu vied o Zemi Slovenskej akadémie vied (ÚVZ SAV). Podrobnejšie informácie o sieti nájdete na stránke [ÚVZ SAV](#), informácie o jednotlivých staniciach NSSS získate po kliknutí na názov stanice alebo jej značku v mapke. [doi:10.14470/FX099882](https://doi.org/10.14470/FX099882) Staronová seizmická stanica Skalnaté pleso je vybudovaná v rámci spolupráce s Akadémiou vied Českej republiky.

ISC Kód	Názov	Zem. šírka [° N]	Zem. dĺžka [° E]	Nadm. výška [m]
CRVS	Červenica	48.9022	21.4614	476
HRB	Hurbanovo	47.8724	18.1931	112
IZAB	Izabela	48.5689	19.7126	482
KECS	Kečovo	48.4823	20.4856	345
KOLS	Kolonické sedlo	48.9333	22.2715	460
LANS	Liptovská Anna	49.1505	19.4678	705
MODS	Modra	48.3736	17.2774	520
SPC	Skalnaté pleso	49.1894	20.2339	1751
SRO	Šrobárová	47.8133	18.3133	150
SRO1	Iža	47.7622	18.2328	111
SRO2	Moča	47.7627	18.3940	109
STHS	Stebnická Huta	49.4167	21.2437	534
VYHS	Vyhne	48.4939	18.8360	450
ZST	Železná Studnička	48.1961	17.1025	250

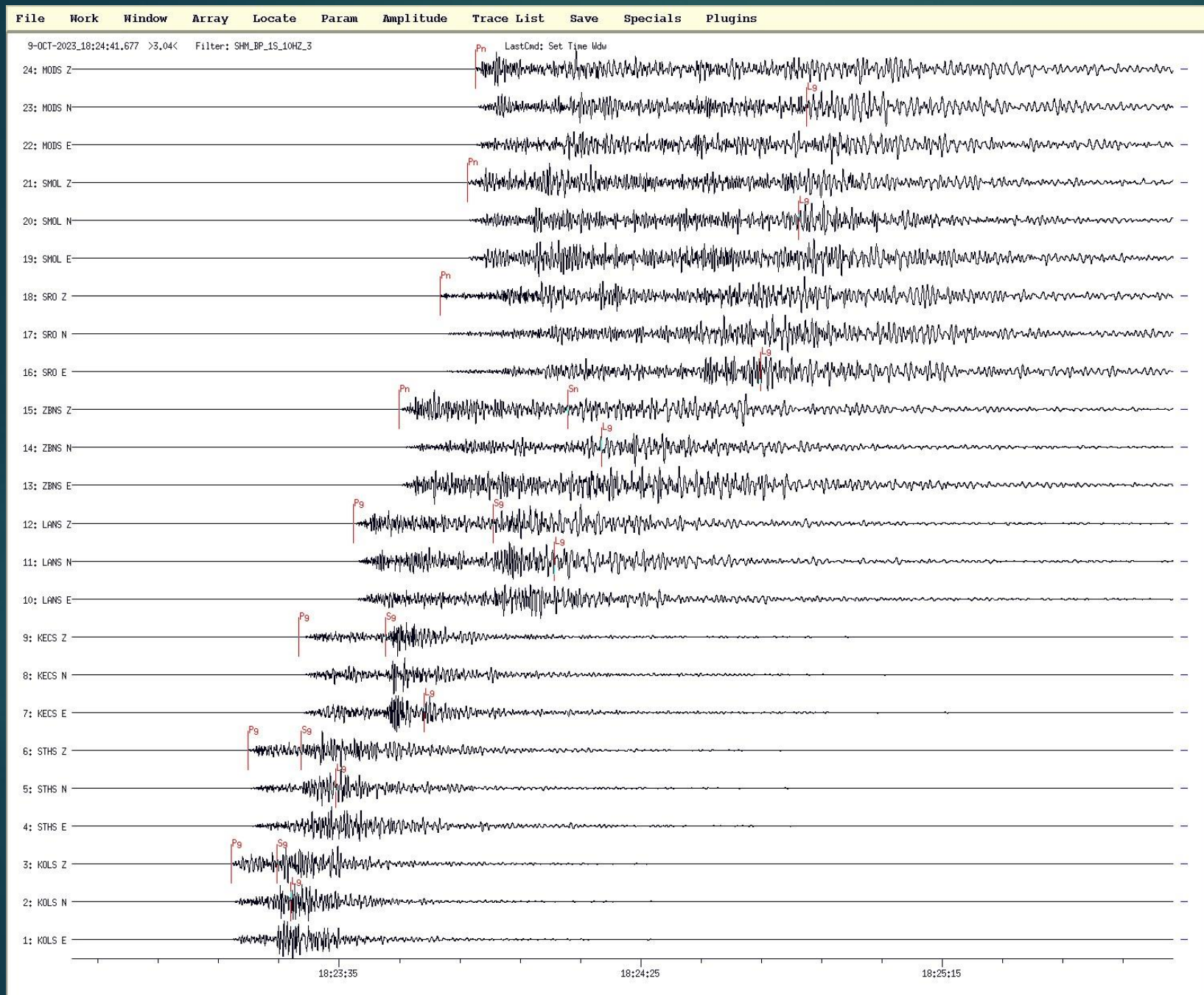
Príklad detailnej manuálnej analýzy seizmogramov zo stanice KOLS (Kolonické sedlo)



Pôvodné (surové – RAW dáta) Pg (primárne vlny), Sg (sekundárne vlny) – časy príchodu



Filtrované (vyčistené dáta)

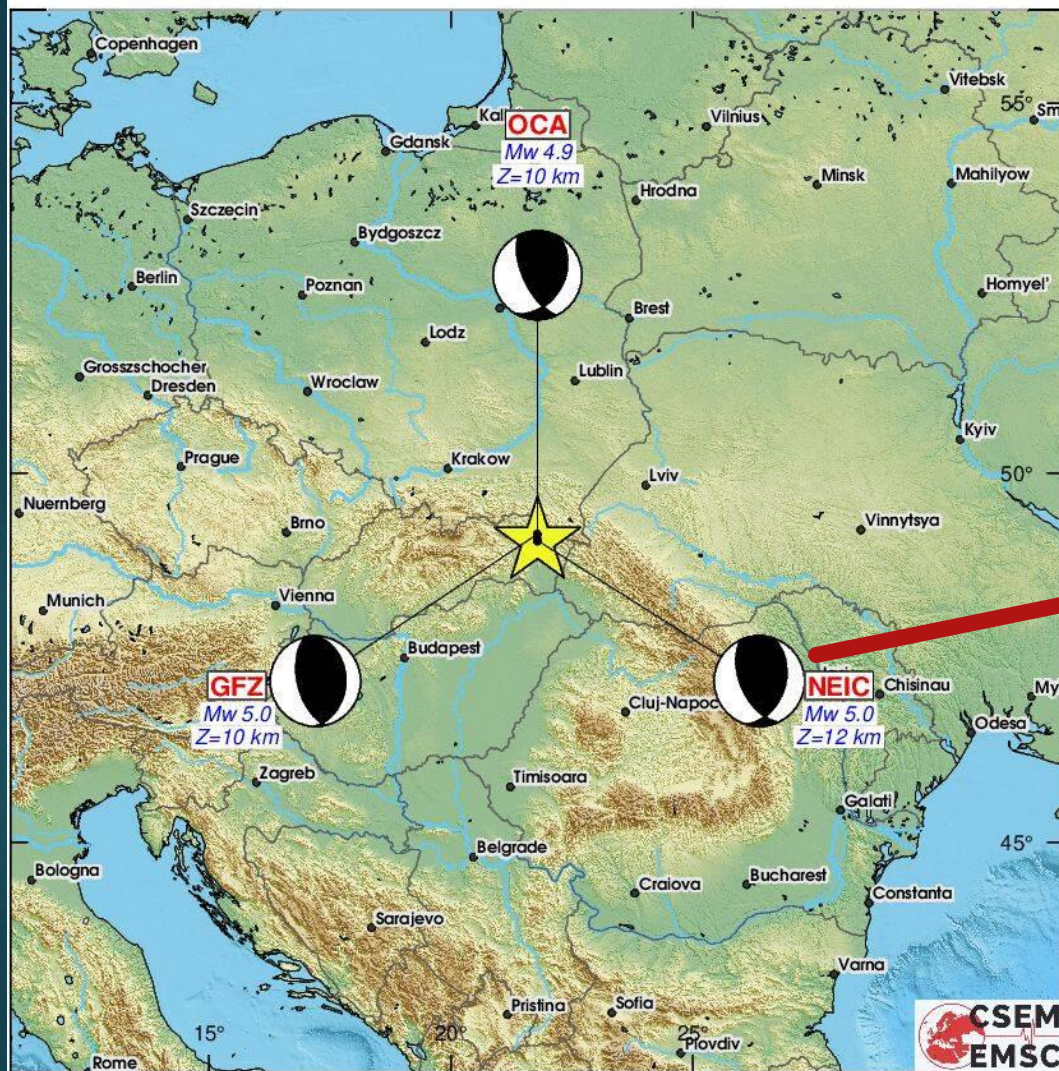


Príklad detailnej manuálnej
analýzy seizmogramov zo staníc:
KOLS (Kolonické sedlo)
STHS (Štebnícka Huta)
KECS (Kečovo)
LANS (Liptovská Anna)
ZBNS (Zbyňov)
SRO (Šrobárová)
SMOL (Smolenice)
MODS (Modra – Harmónia)

Príchod seizmických vln do staníc
je oneskorený v závislosti od
geografickej vzdialenosti stanice
od epicentra

Moment Tensor map of earthquake:

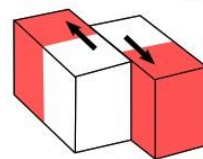
Mag: 5 2023-10-09 18:23:09 UTC
Lat: 49.0776 Lon: 21.7867 Depth: 10.0 km



300 km
— Political boundaries
— Tectonic plates boundaries (Bird, P. [2003])

Last updated: 2023-10-09 at 19:11 UTC

Strike-Slip/Shear



Block model

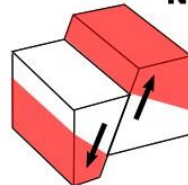


Focal Sphere

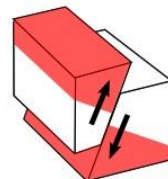


2D Projection of Focal Sphere

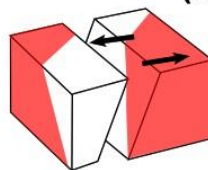
Normal/Extension



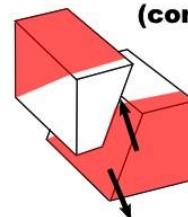
Reverse/Thrust/Compression



Transtension (extension+shear)



Transpression (compression+shear)



Predbežne zistený
ohniskový mechanizmus
zemetrasenia z lokalizácií
v Rakúsku (GFZ), Poľsku (OCA)
a Rumunsku (NEIC)
ukazuje pohyb na
prešmykovom zlome S-J smeru

Mechanizmus sa spresňoval
ďalšími analýzami

Earthquake – Eastern Slovakia
*Location by National Seismic Network of Slovakia
(located in model IASP91/ by LocSat)*

Date/Time : 09.10.2023 / 20:23:10

Local magnitude: 4.9

Lat: 49.076 +- 2.55km

Lon: 21.759 +- 2.09 km

Depth 17.8 +- 2.96 km

S:18.70 D: 32.88 R:75.15

Spresnenie údajov o zemetrasení k 5.11. 2023:

Location by PACASE stations

(located in local model derived from CELL06 and CELL11 / by fastHYPO)

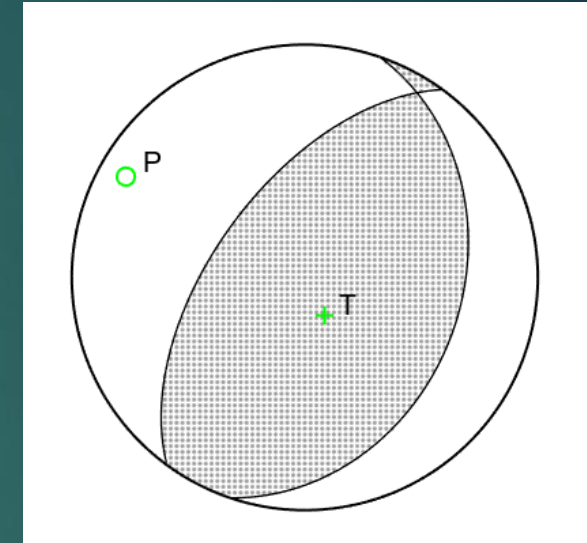
Date/Time : 09.10.2023 / 20:23:08.9

Local magnitude: 4.9

Lat: 49.0575+- 0.8556km

Lon:21.7173+- 0.7508km

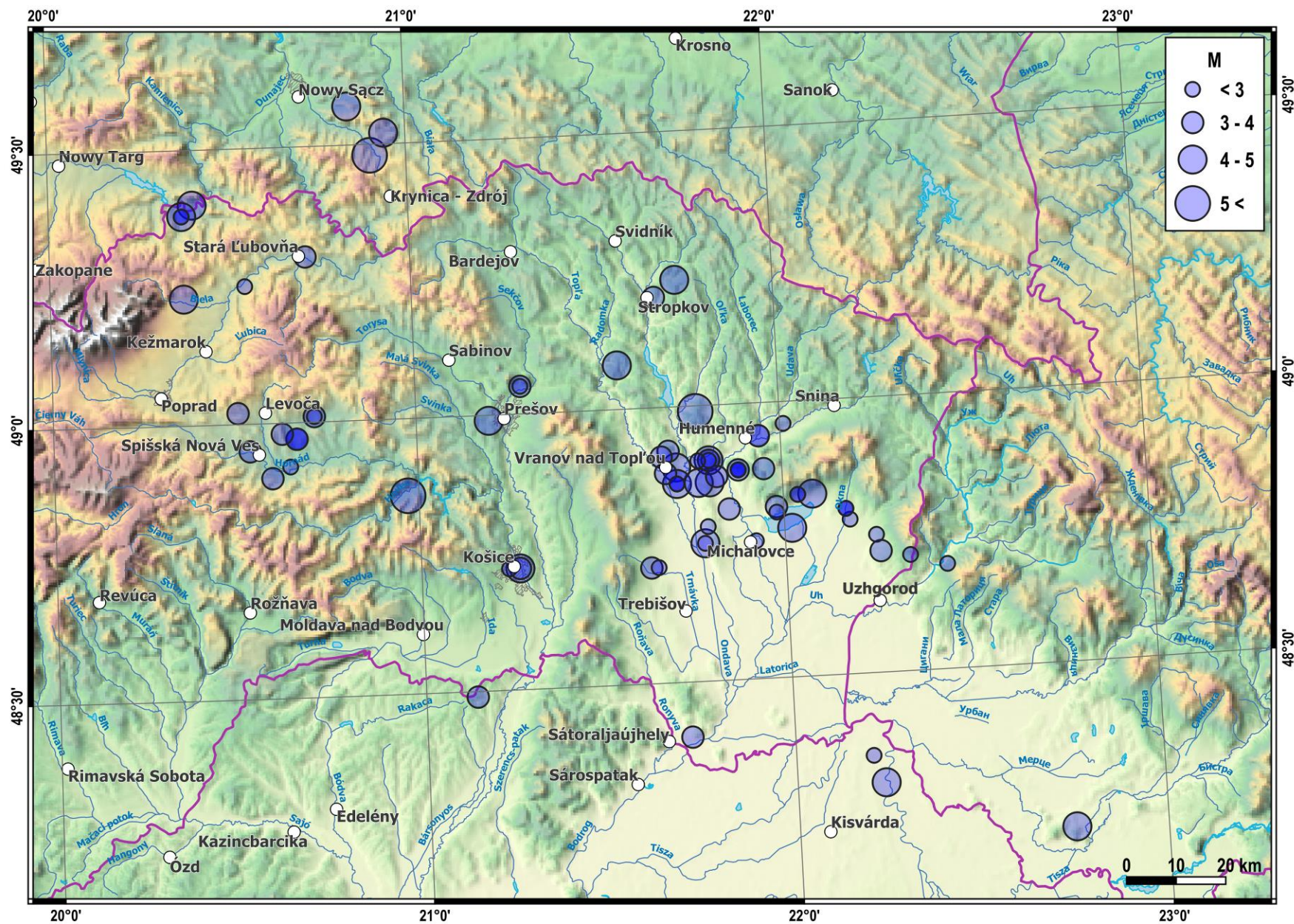
Depth 7.32+- 2.02km



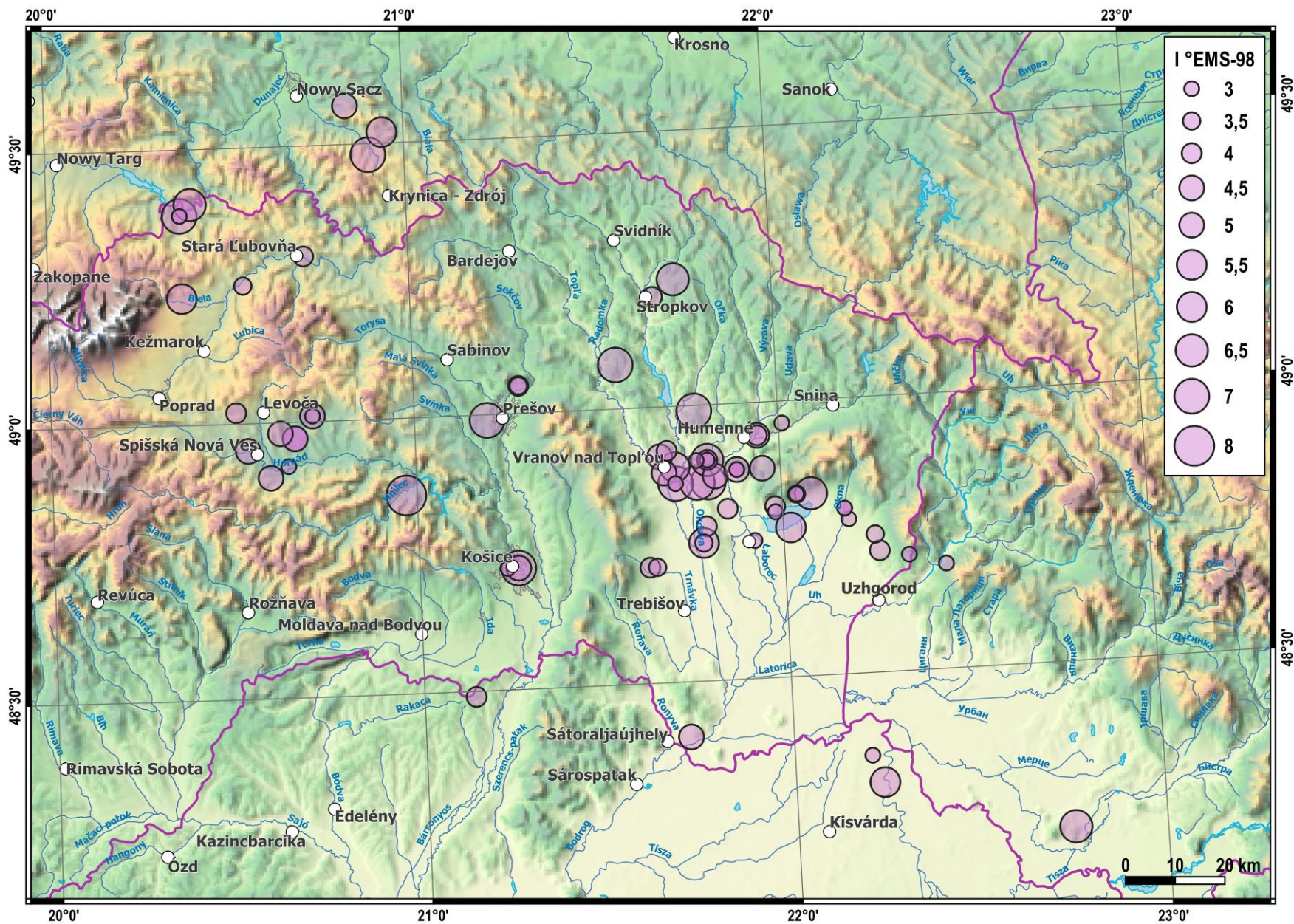
**Spresnený ohniskový mechanizmus
na základe ďalších údajov
– meraní na mieste,
staníc NSSS, PACASE,
dočasných staníc siete Adriaarray...
Prešmyk na zlome SSV – JJZ smeru**

1	cislo zt	year	mounth	day	hour	min	sec	latitude	longitude	depth	l0	M(l0)	ML	region
2	27	1643	6	5	11			49,23	20,37		6	4,1		Spis
3	29	1652	3	7				48,72	21,27		5	3,6		Kosice
4	32	1656						49,01	20,72		5	3,6		Spis
5	35	1669	2	27				48,95	20,54		5	3,6		Spis
6	36	1676	3	26				48,72	21,27		7	4,6		Kosice
7	41	1703	7	28				48,86	20,97		8	5,2		Gelnica
8	44	1724	3	10	21			48,97	20,67		5	3,6		Spis
9	45	1724	3	12				48,97	20,67		5	3,6		Spis
10	46	1724	3	13	7			48,97	20,67		5	3,6		Spis
11	47	1724	6	12				48,9	20,6		5	3,6		Spis
12	48	1724	6	13				48,98	20,63		5	3,6		Spis
13	118	1778	12	19	8			48,99	21,77	12	7	5		HUMENNE - VRANOV
14	122	1778	12	23	6			48,86	21,71		7	4,8		HUMENNE - VRANOV
15	123	1779	4	6	3	15		48,86	21,77		7	4,8		HUMENNE - VRANOV
16	128	1780	4	4	2			48,94	21,94		5	3,7		HUMENNE - VRANOV
17	162	1787	7	12				48,4	21,72		5	3,7		Slovenske Nove Mesto
18	176	1809	11	17	21	40		48,99	21,2		7	4,8		Saris
19	224	1840	4	23				49,38	20,37		7	4,8		Spis
20	349	1885	8	17	18	35		48,89	21,71		6	4,3		HUMENNE - VRANOV
21	360	1890	12	28	11	32		48,9	21,8	10	6,5	4,6		HUMENNE - VRANOV
22	367	1893	4	15	4	48		49,23	21,73	9	6,5	4,6		HUMENNE - VRANOV
23	377	1901	10	21	1	20		49,4	20,4		6,5	4,5		Spis
24	505	1914	5	26	20	29		49,08	21,56		7	4,8		HUMENNE - VRANOV
25	556	1932	2	18	23	15		48,75	21,78	9	5,5	4,1		HUMENNE - VRANOV
26	565	1941	6	5	2	49	57	48,86	21,8	3	7	4,4		HUMENNE - VRANOV
27	566	1941	6	5	5	15		48,87	21,82		5	3,7		HUMENNE - VRANOV
28	624	1978	3	22	19	20		48,91	21,67	6	5	3,3		HUMENNE - VRANOV
29	625	1978	7	19	0	57		48,88	21,68		5	3,7		Puste Cemerne - East Slovakia
30	630	1982	7	1	5	50	1	48,3	22,24	7	6	4		Ukraina
31	651	1992	6	28	23	19	30,6	49,57	20,84	24	5	4,2		Poland - Krynica
32	652	1992	6	29	0	29	47,6	49,52	20,94	14	5,5	4,2		Poland - Krynica
33	654	1992	9	22	8	24	42,5	48,88	21,95	11	5	3,9		HUMENNE - VRANOV
34	655	1993	3	1	7	42	39,2	49,48	20,9	12	7	5		Poland - Krynica
35	703	2003	5	20	20	13	39,8	48,83	22,08	4,5	6,5	4,3	3,7	EASTERN SLOVAKIA - Vihorlat
36	723	2006	11	23	7	15	20,4	48,2	22,75	21	6,5	4,9	4,3	UKRAJINA
37	787	2020	4	23	23	18	27,21	48,77	22,02	16	5,5	4,2	3,3	Vihorlatské vrchy

Výber zemetrasení na východnom Slovensku od roku 1643 po 2020 z Národného katalógu zemetrasení



Zemetrasenia na
východnom Slovensku
od roku 1643 po 2020
podľa magnitúd



Zemetrasenia na
východnom Slovensku
od roku 1643 po 2020
podľa stupňa
makroseizmickej
intenzity Io EMS-98

Zemetrasenia v okolí Humenného a Vranova nad Topľou

Sekvencia zemetrasení v rokoch 1778 – 1779

19.12.1778 $I_0 = 7^\circ$ EMS-98 $M_w \approx 5,0$ $h = 12$ km

23.12.1778 $I_0 = 7^\circ$ EMS-98 $M_w \approx 4,8$

6.4.1779 $I_0 = 7^\circ$ EMS-98 $M_w \approx 4,8$

škody v Strážskom, Vranove nad Topľou, Michalovciach a Humennom (a okolia týchto miest)
zničený napr. kaštieľ v Tovarnom, fara v Matiašovciach [Ondavských Matiašovciach? /
Matiaške?], rímskokatolícky kostol v Strážskom

Zemetrasenia v druhej polovici 19. storočia

17.8.1885 $I_0 = 6^\circ$ EMS-98 $M_w \approx 4,3$

najväčšie škody vo Vranove nad Topľou (popraskané komíny), poškodený kaštieľ v Tovarnom

28.12.1890 $I_0 = 6-7^\circ$ EMS-98 $M_w \approx 4,6$ $h = 10$ km

najväčšie škody v Humennom, Strážskom, Nižnom Hrabovci a Topoľovke (popraskané budovy)

15.4.1893 $I_0 = 6-7^\circ$ EMS-98 $M_w \approx 4,5$ $h = 9$ km

najväčšie škody v Stropkove a obci Varechovce (*epicentrum bolo východne od Stropkova*)
v obci Varechovce vznikli pukliny v stenách, stena jednej maštale v dĺžke 2 m sa zvalila
v Stropkove vznikli pukliny na budovách, spadlo niekoľko komínov

Zemetrasenia v 20. storočí

26.5.1914 $I_0 = 7^\circ$ EMS-98 $M_w \approx 4,8$

najväčšie škody v Giraltovciah a Hanušovciach nad Topľou
v obci Dobrá sa poškodilo niekoľko budov, v Giraltovciah sa zrútili komíny, v Hanušovciach popraskal kostol, v Humennom a Vranove sa poškodilo viacero budov

18.2.1932 $I_0 = 5-6^\circ$ EMS-98 $M_w \approx 4,1$ $h = 9$ km

škody v meste Humenné a v obciach Brekov a Petrovce nad Laborcom

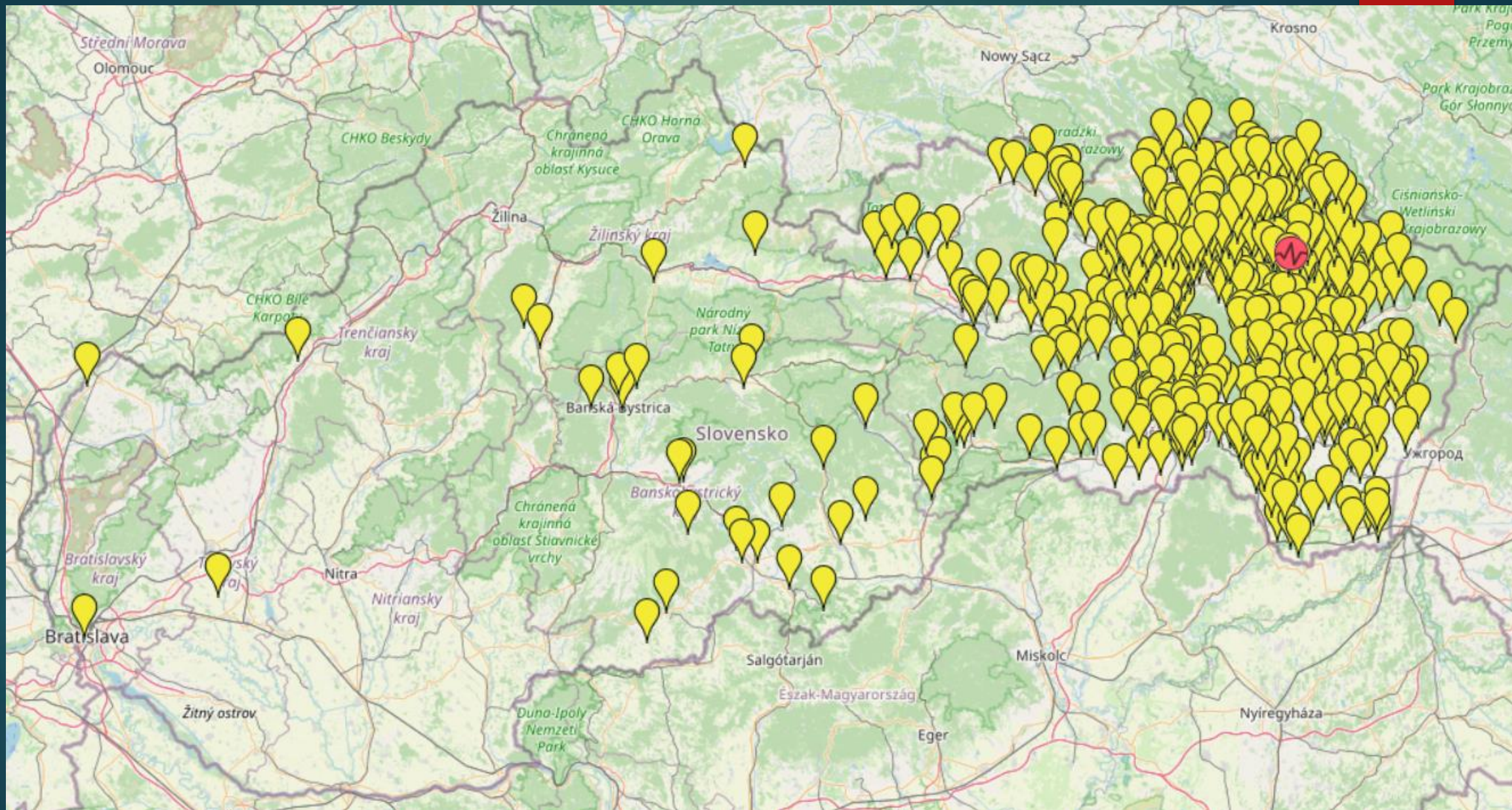
5.6.1941 $I_0 = 7^\circ$ EMS-98 $M_w \approx 4,4$

najväčšie škody v Strážskom (popraskané múry, poškodený vysoký komín, poškodený gréckokatolícky chrám v Strážskom) a Humennom

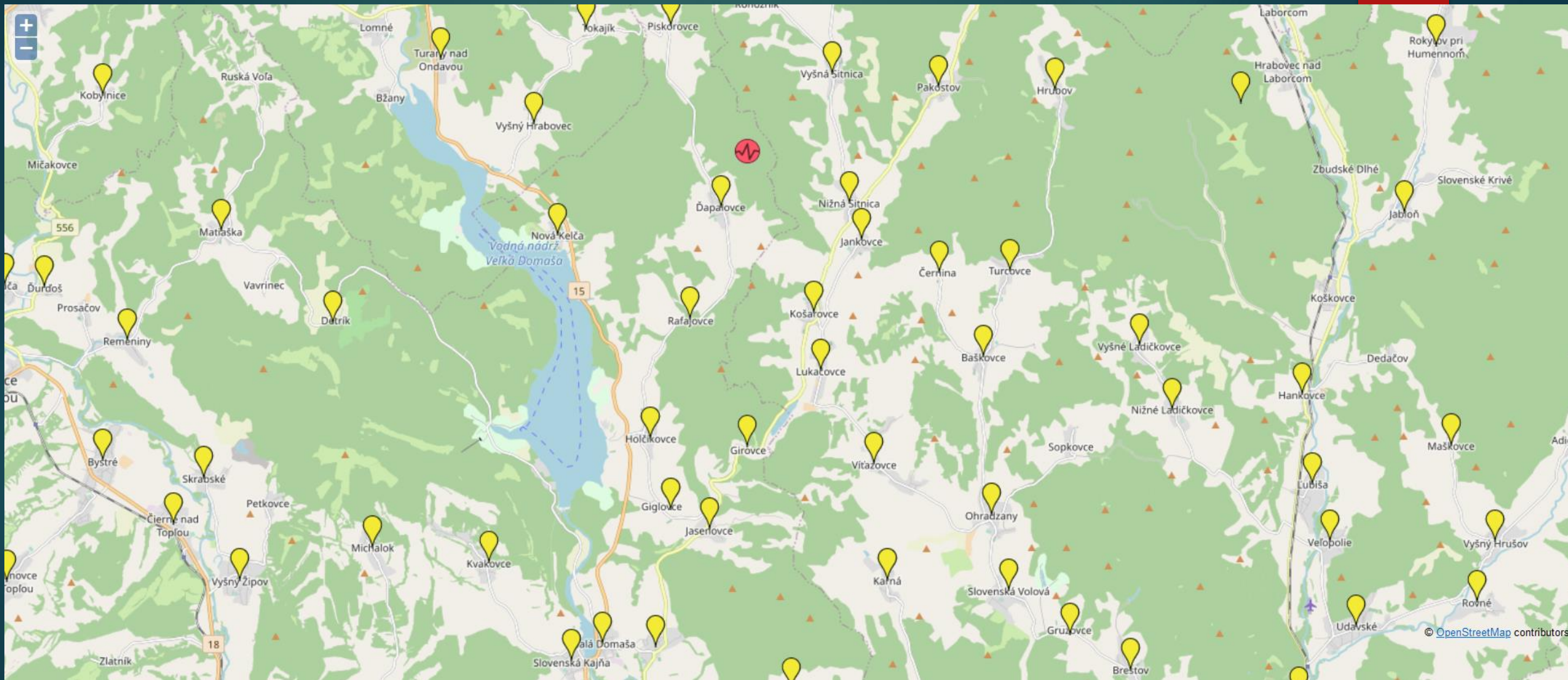
Najsilnejšie zemetrasenie v 21. storočí (oblasť pod Vihorlatom)

20.5.2003 $I_0 = 6-7^\circ$ EMS-98 $M_w = 4,3$ $h = 3,7$ km

najväčšie škody v obciach Jasenov (okres Sobrance) a Baškovce



Interaktívna mapa s lokalitami pozorovania zemetrasenia (2551 poslaných elektronických dotazníkov a 32 dotazníkov poslaných poštou z 524 obcí a miest na Slovensku k 26. 10. 2023)



Interaktívna mapa s lokalitami pozorovania zemetrasenia (2551 poslaných elektronických dotazníkov a 32 dotazníkov poslaných poštou z 524 obcí a miest na Slovensku k 26. 10. 2023 - detail)

Názov	Magnitúdo	Účinky	Frekvencia
mikro	< 2	Mikrozemetrasenie, nepocítiteľné	Niekoľko miliónov za rok
veľmi malé	2,0 – 2,9	Nepocítiteľné, ale zaznamenateľné	Viac ako milión za rok
malé	3,0 – 3,9	Dá sa pocítiť, ale bez spôsobených škôd	Viac ako 100 000 za rok
slabé	4,0 – 4,9	Cítiť trasenie vecí v domoch, bez významných škôd	10 000 až 15 000 za rok
stredné	5,0 – 5,9	Zle postavené budovy môžu spadnúť	1 000 až 1 500 za rok
silné	6,0 – 6,9	Veľké škody až na ploche 100 km ²	100 až 150 za rok
veľké	7,0 – 7,9	Veľké škody na veľkých oblastiach	10 až 20 za rok
veľmi veľké	8,0 – 8,9	Škody na niekoľko sto kilometrov	Jedno za rok
masívne	9,0 – 9,9	Veľké škody na niekoľko tisíc kilometroch	Jedno za 10 až 50 rokov
meteorické	10+	Doposiaľ nezaznamenané	Extrémne zriedkavo

Stručný popis Európskej makroseismickej stupnice (EMS 98)

STUPEŇ

ÚČINKY

I. Neciteľné

Zemetrasenie nebolo pocítené.

II. Sotva citel'né

Pociťuje len málo jednotlivcov v domoch.

III. Slabé

Ľahké chvenie alebo húpanie pociťujú iba niektoré osoby vnútri budov.

IV. Značne pozorované

Zemetrasenie vnútri budov cítia mnohí, vonku len výnimočne. Okná drnčia.

V. Silné

Vnútri budov cítia väčšina, vonku niektorí. Budovy vibrujú, visiace objekty sa kolísajú.

VI. Mierne ničivé

Mnohí sú vystrašení a vybiehajú von, padajú predmety, na budovách vznikajú trhliny.

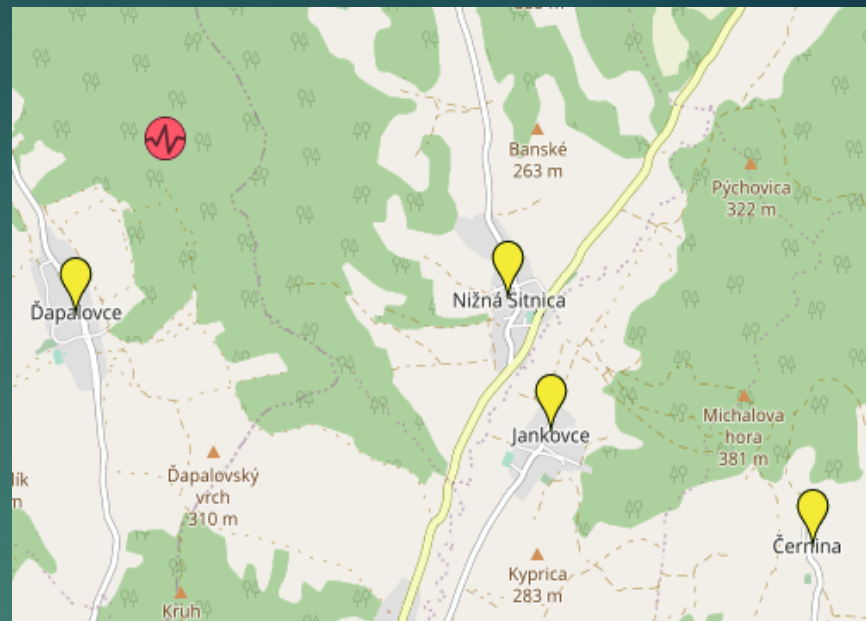
VII. Ničivé

Ľudia sú vystrašení, nábytok sa voľne posúva, predmety padajú, stredné škody na budovách.

VIII. Ťažko ničivé

Mnohí ľudia majú problém udržať rovnováhu, mnohé domy majú veľké trhliny v stenách.

V epicentrálnej oblasti (približne do 20 km od epicentra) makroseizmické účinky dosiahli 6 – 8 stupňov EMS - 98



Z analýz pozorovaní účinkov zemetrasenia a škôd vyplýva, že v štyroch obciach – **Ďapalovce, Jankovce, Nižná Sitnica a Černina** – bol dosiahnutý 8° EMS-98

IX. Deštruktívne

Všeobecná panika. Slabé stavby sa rútia. Aj dobre postavené budovy utrpia vážne škody.

X. Veľmi deštruktívne

Mnohé dobre postavené bežné budovy sa rútia.

XI. Devastujúce

Väčšina dobre postavených bežných budov sa rúti. Niektoré seizmicky odolné sú zničené.

XII. Úplne devastujúce

Takmer všetky budovy sú zničené.

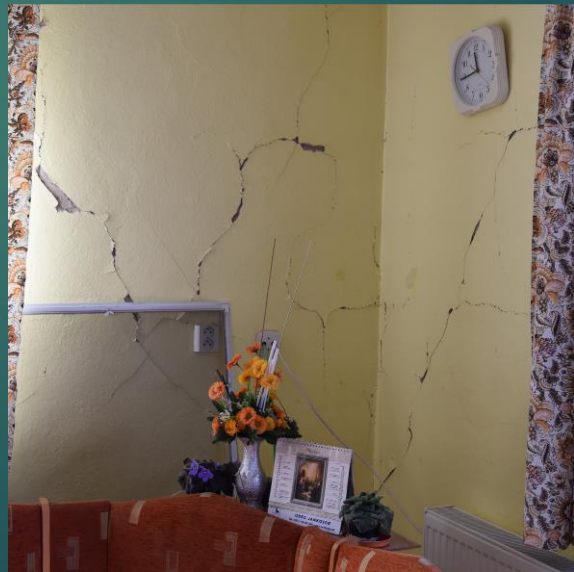


Inštalácia dočasných seizmických staníc v teréne,
aktívna spolupráca s miestnou samosprávou, civilnou ochranou
a krízovými štábmi



Dokumentácia
škôd v teréne

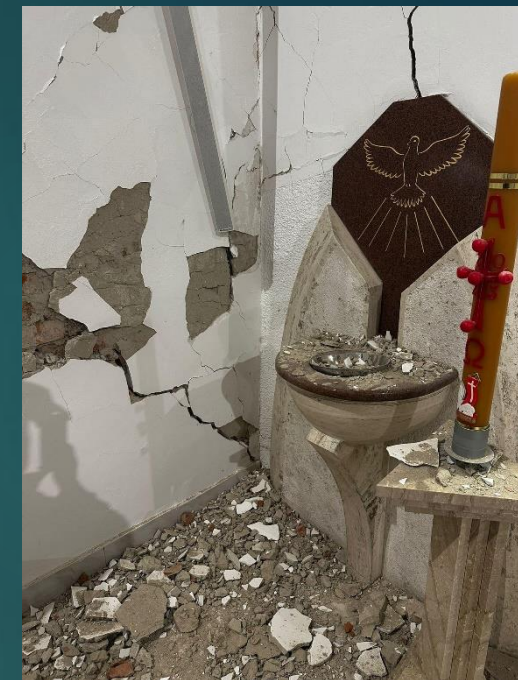






Kostol v Nižnej Sitnici





Kostol
v Nižnej Sitnici

Foto: Peter Harvan

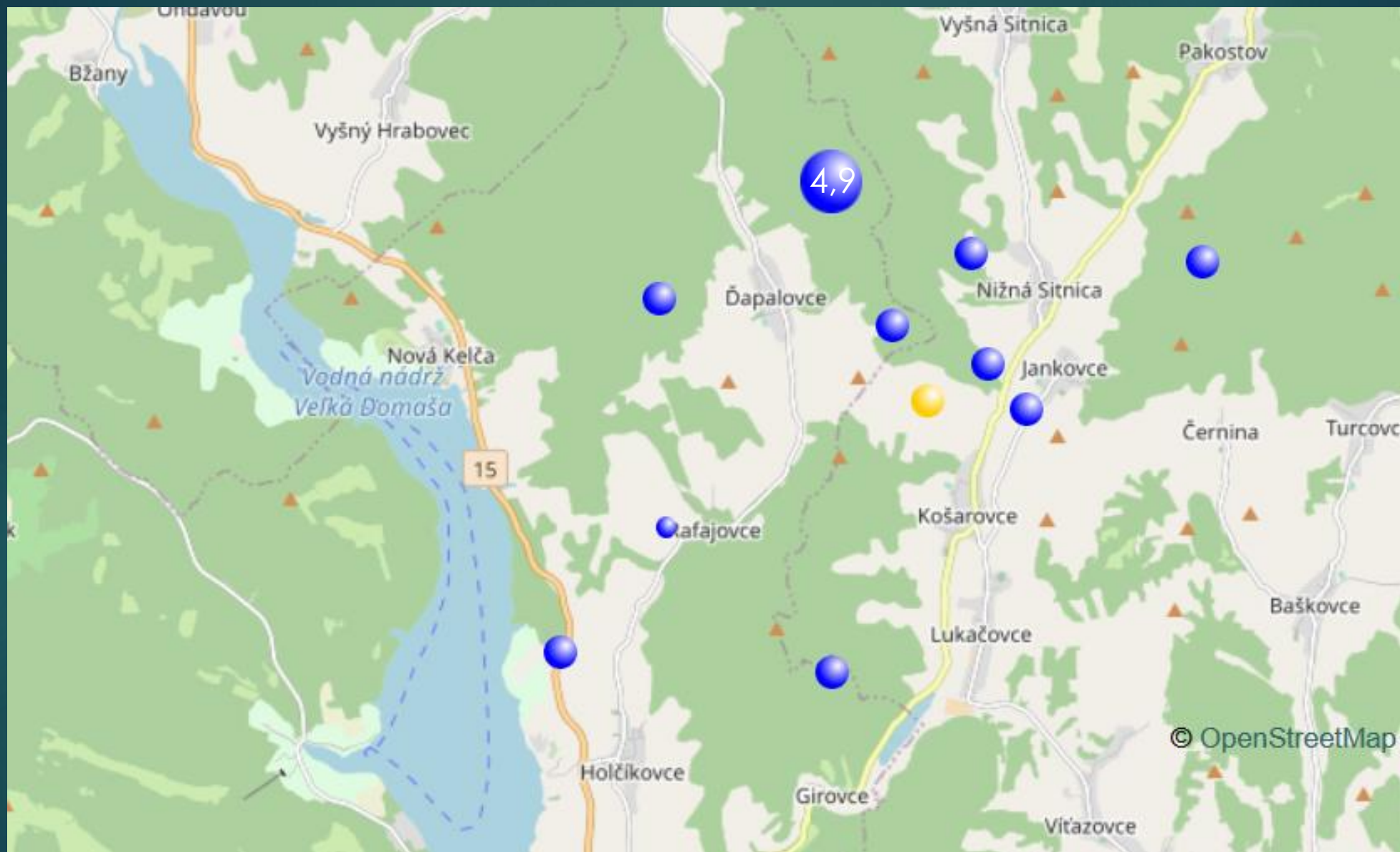


Nižná Sitnica – nový prameň v záhrade

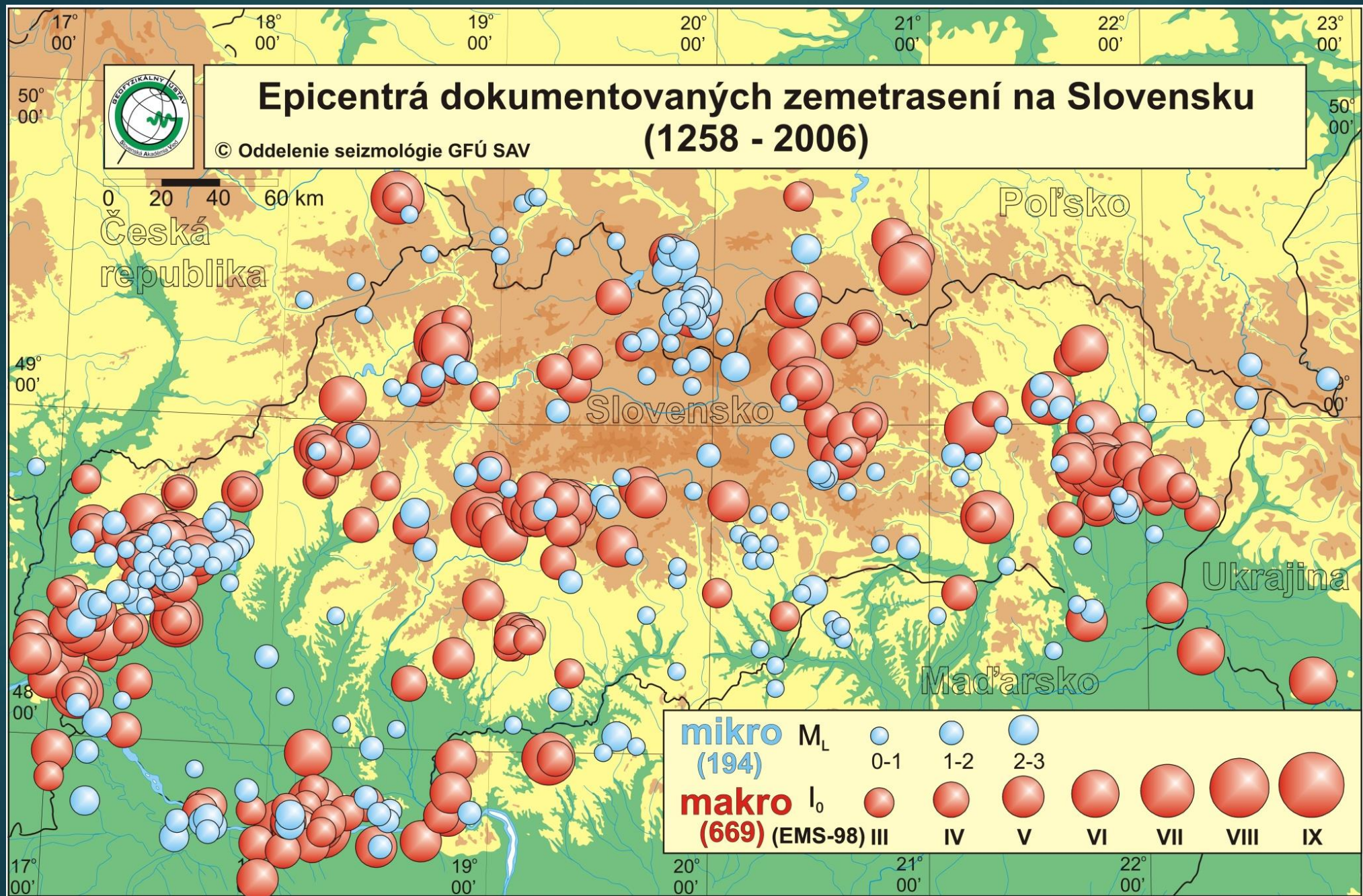


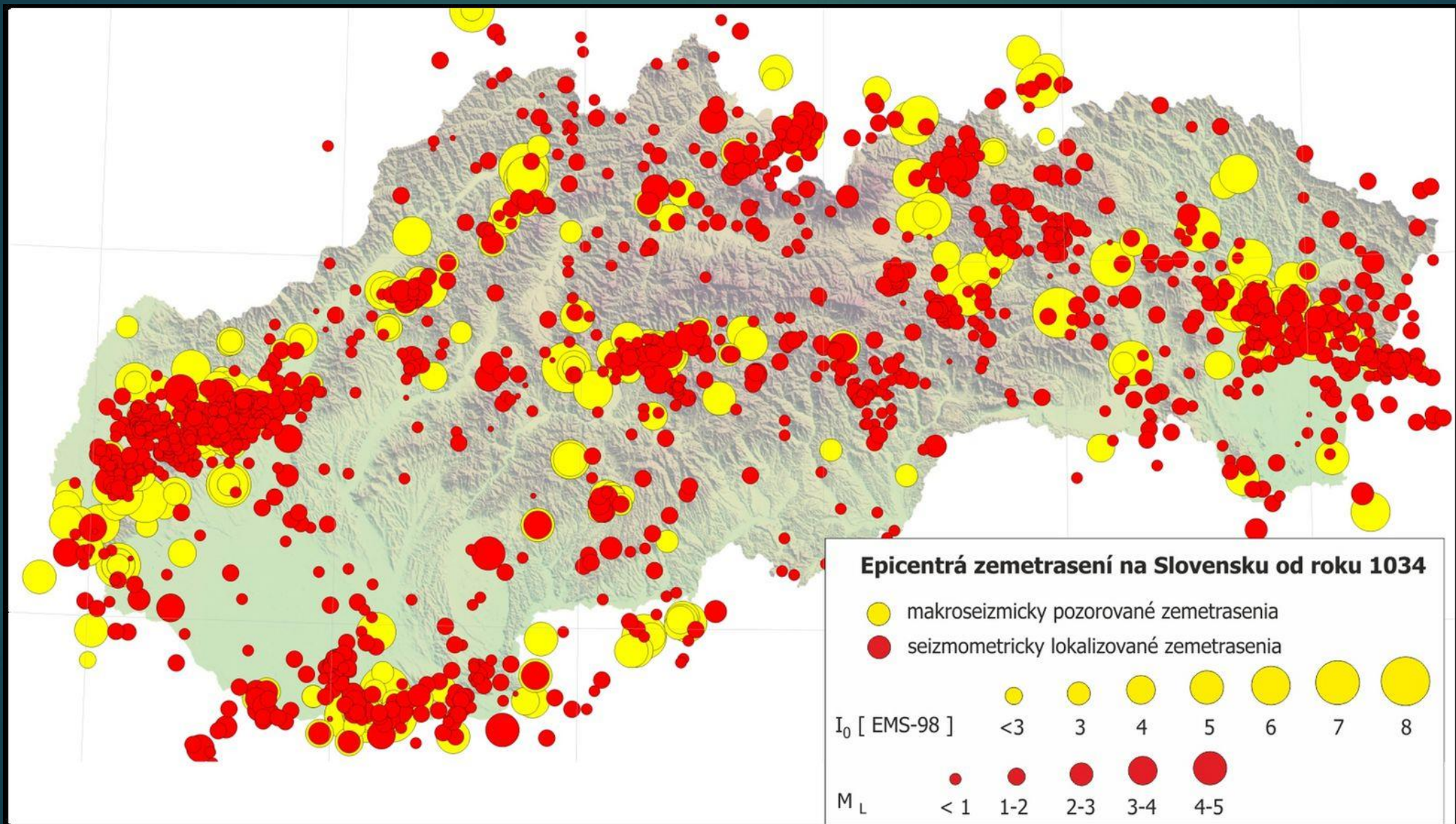


Nižná Sitnica
rotácia podstavca
kríža

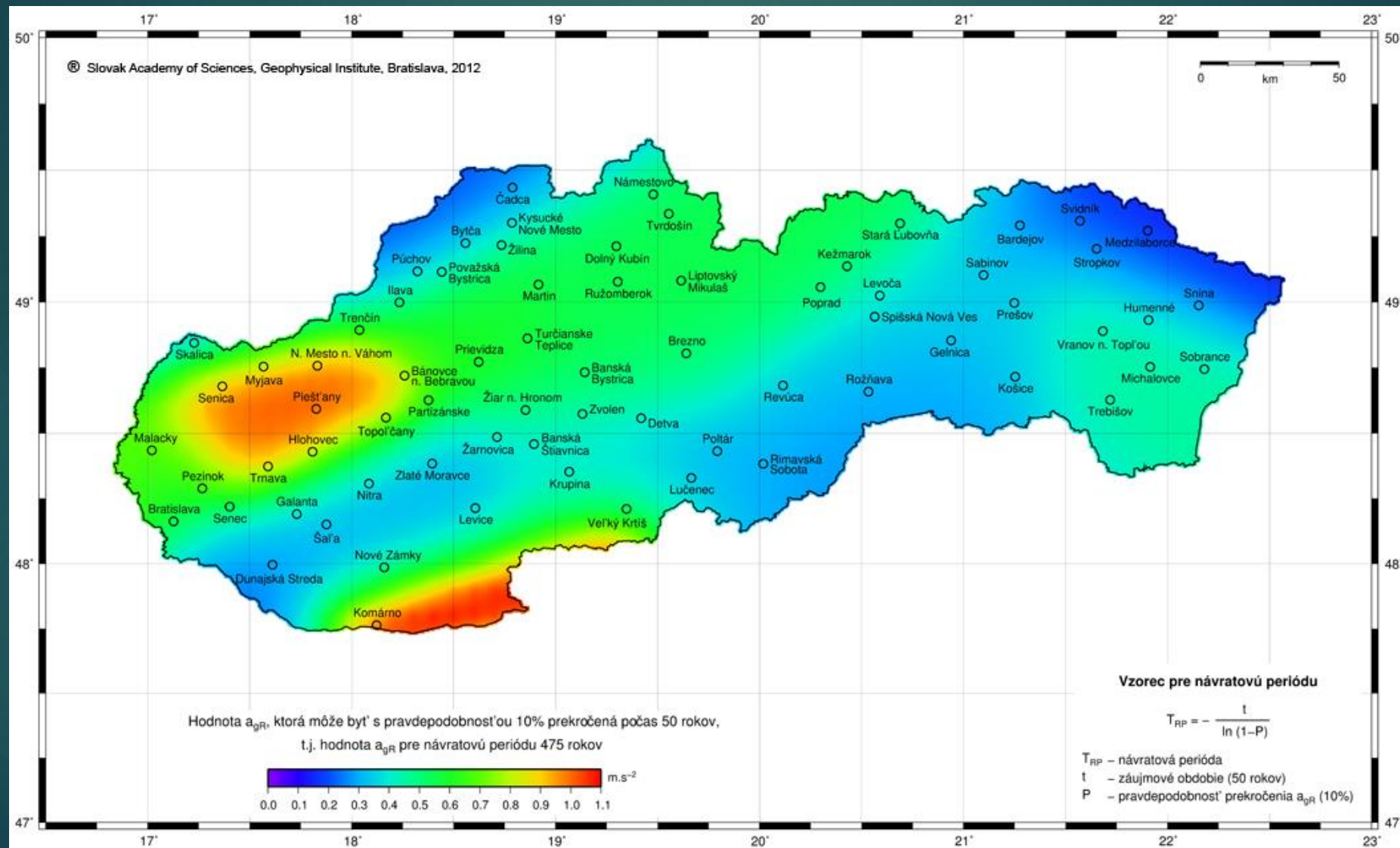


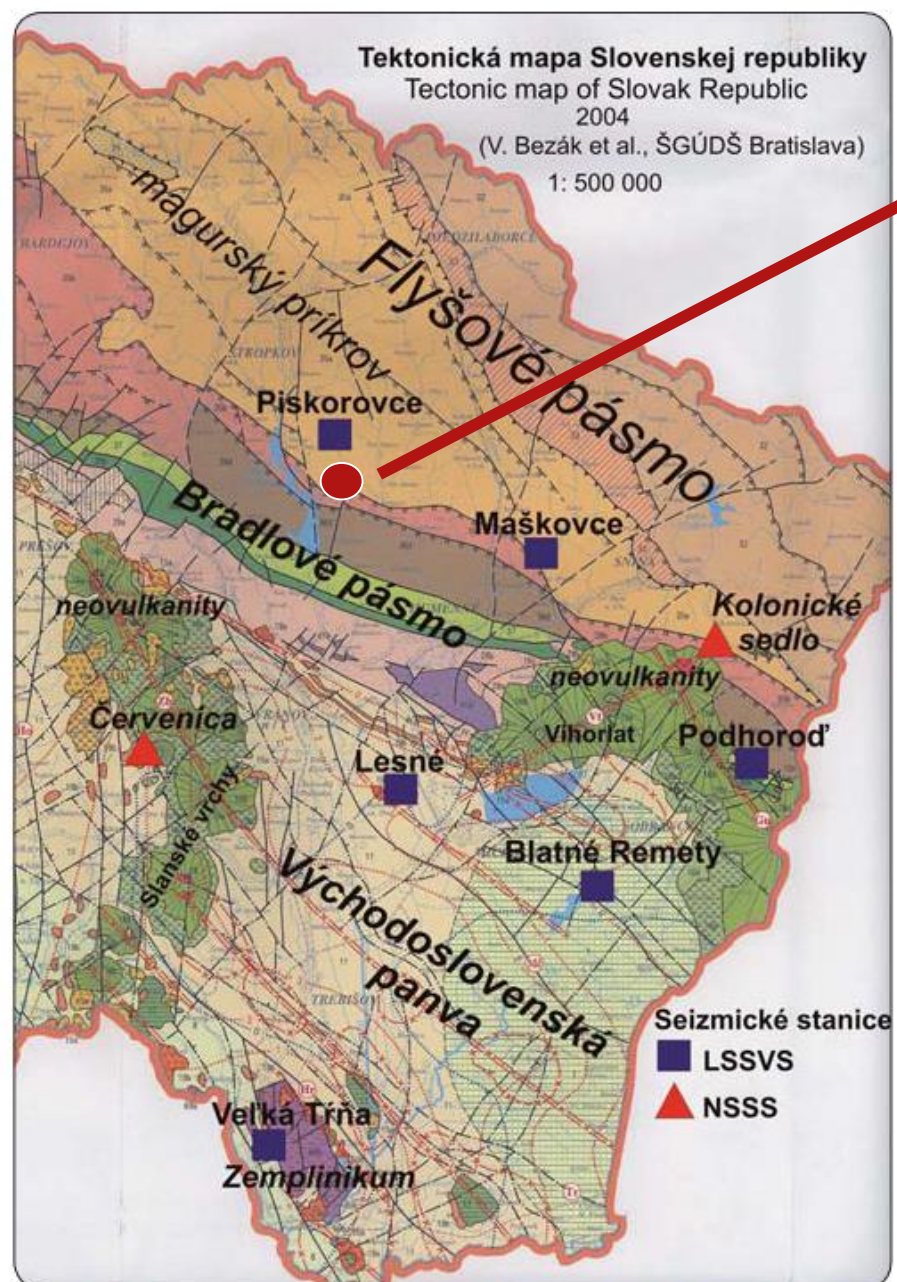
Od 9. októbra do 8. novembra 10 lokalizovaných slabých dotrasov s MI 0.9 – 1,5



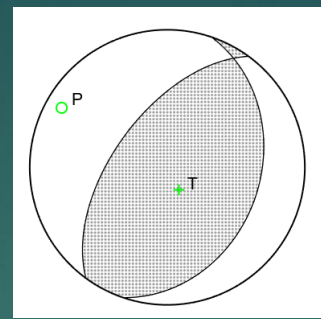


Aktuálna mapa seizmického ohrozenia územia Slovenska v hodnotách špičkového zrýchlenia na skalnom podloží pre 475-ročnú návratovú periódu vypracovaná v GFÚ SAV, 2012

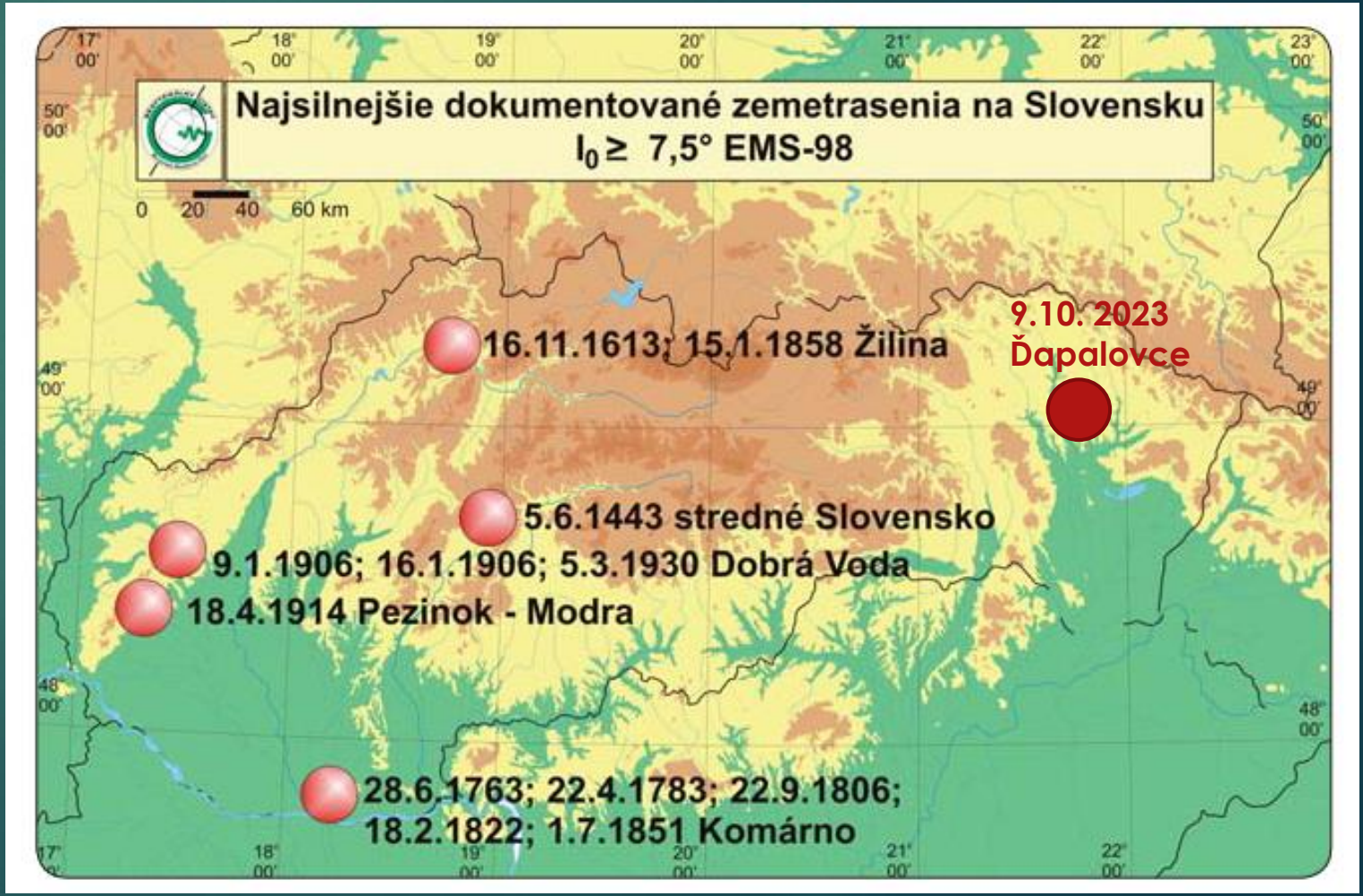




Výrez z tektonickej mapy SR s vyznačením siete seizmických staníc na východnom Slovensku v ohniskovej oblasti Zemplín



Prešmyk (reverse fault)
 na zlome smeru SSV - JJZ





Ďakujem
za
pozornosť
a ochotu
pomôcť