

**Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta**

**Katedra fyzickej geografie a geoinformatiky**

**Zemetrasenie na východnom Slovensku 9. 10. 2023:  
môžeme sa cítiť bezpečne?**

**RNDr. Ján Madarás, PhD. a kolektív**

Ústav vied o Zemi SAV, Bratislava

TEXT K PREDNÁŠKE

2023

Prednáška realizovaná v rámci projektu KEGA 065UK-4/2021

Severnú časť Zemplína a Šariša v Prešovskom kraji zasiahlo v pondelok večer 9. októbra 2023 o 20:23:10 LSEČ (18:23:10 UTC) stredne silné zemetrasenie. Epicentrum určené automatickou lokalizáciou bolo v katastri obce Ďapalovce (okres Vranov nad Topľou) so súradnicami: 49.076N; 21.759E. Od centra obce Ďapalovce bolo epicentrum vzdialené len 1,3 km, od okresných miest Vranov nad Topľou a Humenné 22 km, resp. 19,5 km.

Po manuálnom upresnení lokálne magnitúdo dosiahlo veľkosť Ml 4,9. Prvé odhady hĺbky hypocentra (cca 18 km) bolo potrebné považovať za predbežné. Ďalšou detailnou analýzou seizmických záznamov zo staníc NSSS (Národná sieť seizmických staníc), medzinárodných staníc PACASE (Pannonian-Carpathian-Alpine Seismic Experiment), Adria array, seizmických staníc okolitých štátov a aj seizmickými meraniami in situ v teréne sa spresnili základné atribúty zemetrasenia:

Dátum, čas: 09. 10. 2023 / 20:23:08.9 LSEČ

Lokálne magnitúdo: 4,9

Zemepisná šírka:  $49.0575 \pm 0.8556$  km

Zemepisná dĺžka:  $21.7173 \pm 0.7508$  km

Hĺbka (hypocentrum):  $7.32 \pm 2.02$  km

Z hľadiska tektonickej interpretácie je dôležité určenie ohniskového mechanizmu zemetrasenia, t.j. na akom type zlomu sa pohyb udial a v akom smere. Z analýzy bol určený ako prešmyk (reverse fault) na zlome generálneho smeru SSV – JJZ, čo zapadá do predpokladaného tektonicko – štruktúrneho obrazu epicentrálnej oblasti.

Už prvé večerné informácie z epicentrálnej oblasti - obce Ďapalovce a okolitých obcí obsahovali hlásenia o silnom pociťaní účinkov zemetrasenia a materiálnych škodách nielen bežným popraskaním omietok v interéri, jemných trhlinách v exteriéri, kývaním sa predmetov, prípadne pádom pár predmetov z políc, ale aj škodami na budovách a v interiéroch aj veľkého rozsahu s narušením statiky, alebo deštrukciou nosných stien objektov. Poškodenie závisí od typu, kvality stavby a aj geologického zloženia podlažia v mieste stavby.

Občania posielali vyplnené makroseizmické dotazníky, ktoré sú k dispozícii na webovej stránke [www.seismology.sk](http://www.seismology.sk). Do 26. 10. 2023, kedy bol ukončený zber údajov, bolo doručených a spracovaných 2551 elektronických hlásení a 32 hlásení poslaných poštou z 524 miest a obcí najmä z územia východného Slovenska, ale aj stredného a ojedinele aj západného Slovenska, do vzdialenosti min. 200 km od epicentra, čo sú overené pozorovania v počte viac ako jedno. Dotazníky a dokumentácia škôd boli nevyhnutným podkladom pri určení stupňov makroseismickej intenzity ( $I^{\circ}$ ) podľa Európskej makroseismickej stupnice EMS-98, ktorá bude slúžiť aj poisťovniam pri posúdení škodových udalostí v oblastiach nad  $I^{\circ} = 6^{\circ}$ . Pri veľkosti zemetrasenia sa očakávalo, že makroseizmické účinky dosiahnu na niektorých zastavaných miestach až 7. stupeň z 12-stupňovej Európskej makroseismickej stupnice EMS-98. Skutočnosť bola ešte dramatickejšia, minimálne v štyroch obciach – najbližšie k epicentru, bol dosiahnutý až 8. stupeň (ťažko ničivé) EMS-98. Ide o obce Ďapalovce, Jankovce, Nižná Sitnica a Černina. Celkovo, na východnom Slovensku až po líniu pohoria Branisko, boli zaznamenané účinky zemetrasenia takmer v každej obci, meste.

V epicentrálnej oblasti sú poškodené stovky domov. Podľa vládneho materiálu z 2.11. 2023 "celkový rozsah škôd predstavuje približne 16 miliónov eur, z toho škody za približne 10 miliónov eur vznikli na verejných stavbách a škody približne za 6 miliónov eur vznikli na rodinných domoch. Poškodených zemetrasením bolo viac ako 800 rodinných domov, 19 materských a základných škôl, desiatky obecných úradov a kultúrnych domov, kostolov, farských budov a iných sakrálnych stavieb." Minimálne 25 rodinných domov bolo statikmi označených za neobývatelné a je nariadená ich sanácia, tej sa pravdepodobne nevyhne ani

kostol v Nižnej Sitnici. Pokiaľ to bude možné, zachrániť by sa mohol kostol v Jankovciach, ktorý má aj historickú hodnotu.

Vzhľadom na rozsah zemetrasenia bola na Ústave vied o Zemi SAV v Bratislave zvolaná ráno 10. októbra 2023 pracovná porada a už v ten deň poobede odišiel do terénu na východ prvý vedecký tím. Jeho úlohou bolo osadenie poľných seizmických staníc v epicentrálnej oblasti a meranie aj veľmi slabých dotrasov, ktoré sú nevyhnutné na spresňovanie parametrov zemetrasenia. Tiež bolo potrebné z kľúčových seizmických staníc, ktoré neposielajú on line dáta, stiahnuť údaje z pamäťových kariet, skontrolovať technický stav zariadení. 11. 10. 2023 odišli do terénu ďalšie dva tímy a ich úlohou bola dokumentácia štrukturálnych škôd pre vedecké účely, všímanie si nielen škôd na budovách, ale napr. aj potenciálne deformácie pôdy, vznik a zánik plytko podpovrchových prameňov, zmeny režimu v iných vodných zdrojoch. Ich zistenia boli priebežne vyhodnocované a boli doplnkovým podkladom k makroseizmickým dotazníkom na overenie hlásení a určovanie stupňov makroseizmickkej intenzity, najmä od stupňa 6, ktorý je hraničný pre väčšinu poisťných zmlúv pri preplácaní škôd. Tímy boli zároveň súčinné s miestnou verejnou správou, samosprávou, zložkami hasičov, civilnej ochrany. Starostovia ocenili ich prístup, ochotu pomáhať, vysvetľovať, možno aj upokojuvať situáciu. Tímy boli v teréne tri dni, v ďalších dňoch a prvých týždňoch sa meračský tím vrátil opakovane do terénu a bol súčinný aj pri kolegiálnej výpomoci od českých seizmológov.

Zo súčasníkov nik na Slovensku väčšie a ničivejšie zemetrasenie nezažil od roku 1930. Z hľadiska rozsahu škôd je toto zemetrasenie porovnateľné s otrasmi v januári 1906 v oblasti Dobrej Vody na severe Malých Karpát, ktoré malo lokálne magnitúdo MI 5.7 a je považované za najväčšie zemetrasenie na území Slovenska v 20. storočí.

Z historického pohľadu na veľkosť zemetrasenia sa súčasné zaraďuje medzi 15 až 20 najväčších zemetrasení na našom území od roku 1443. V rámci východného Slovenska ide o najsilnejšie zemetrasenie od roku 1914 (Giraltovce a okolie) a v porovnaní s celým Slovenskom o najsilnejšie zemetrasenie od roku 1930 (oblasť Dobrej Vody na severe Malých Karpát).

### **Selektívny prehľad pocítených zemetrasení v okolí Humenného a Vranova nad Topľou**

#### **Sekvencia zemetrasení v rokoch 1778 – 1779**

19.12.1778  $l_0 = 7^\circ$  EMS-98  $M_w \approx 5,0$   $h = 12$  km

23.12.1778  $l_0 = 7^\circ$  EMS-98  $M_w \approx 4,8$

6.4.1779  $l_0 = 7^\circ$  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  $l_0 = 6^\circ$  EMS-98  $M_w \approx 4,3$

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

28.12.1890  $l_0 = 6-7^\circ$  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

22.3.1978 v oblasti Humenného, Vranova nad Topľou a Michaloviec s epicentrálnou  
makroseizmickou intenzitou  $I_0 = 5$  EMS-98

19.7.1978 s epicentrom pri Pustom Černom (okres Michalovce), ktoré malo epicentrálnu  
makroseizmickú intenzitu  $I_0 = 5$  EMS-98

22.9.1992 v oblasti Humenného, Michaloviec a Strážskeho s epicentrálnou makroseizmickou  
intenzitou  $I_0 = 5$  EMS-98.

### **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

### **Pocítené zemetrasenia po roku 2020**

24.4.2020 o 1:18:27 hod. SELČ (23. apríla 23:18:27 UTC). Epicentrum zemetrasenia sa  
nachádzalo približne 1 km južne od vodnej nádrže Zemplínska šírava, medzi obcami  
Zalužice a Lúčky (okres Michalovce; 48.766 N; 22.024 E). Hypocentrum bolo určené do hĺbky  
16,2 km +/- 27.8 km. Magnitúdo zemetrasenia, stanovené v Európskom seizmologickom centre  
CSEM-EMSC na základe údajov zo seizmických staníc, má hodnotu  $M_L = 3,5$ . Magnitúdo  
zemetrasenia, stanovené zo staníc Národnej siete seizmických staníc (NSSS) prevádzkovaných  
Ústavom vied o Zemi Slovenskej akadémie vied, má hodnotu  $M_L = 3,4$ . Magnitúdo určené  
z NSSS bolo stanovené na základe manuálneho spracovania dát a je presnejšie ako magnitúdo  
určené na základe automatickej (softvérovej) lokalizácie. Do 29. apríla evidujeme 512  
pozorovaní, z toho 359 z Michaloviec. Zemetrasenie 24.4.2020 bolo najsilnejším zemetrasením

v ohniskovej zóne Vihorlat za ostatných 17 rokov s predbežnou makroseizmickou intenzitou  $I_0 = 5-6^\circ$  EMS-98.

30.4. 2020 o 05:59:05 SELČ (30. apríla 03:59:05 UTC). Epicentrum tohto otrasu sa lokalizovalo 8 km severne od Michaloviec v blízkosti obce Nacina Ves (48,814 N; 21,847 E). Hypocentrum bolo určené v hĺbke 8,1 km +/- 3,22 km. Aj tento jav zaznamenala NSSS prevádzkovaných Ústavom vied o Zemi Slovenskej akadémie vied. Stanovené magnitúdo na základe takto získaných údajov má hodnotu  $M_L = 2,3$ . Do 13:00 hod. (30. apríla) občania zaslali 56 makroseizmických dotazníkov, prevažne z blízkych obcí epicentra. Druhé zemetrasenie nemalo charakter dotrasu, lebo k nemu došlo vo vzdialenejšej epicentrálnej oblasti. Hĺbka hypocentra však dovoľuje vysloviť predpoklad, že vzniklo v rovnakej tektonickej zóne ako zemetrasenie z 24. apríla 2020.

### **Teoretická geologická interpretácia zemetrasení v oblasti južného Zemplína**

Geologická interpretácia zemetrasení v hypocentrálnej hĺbke okolo 15 km je skôr teoretická, lebo z takých hĺbok nemáme priame geologické pozorovania a to ani z hlbokých vrtov. Východoslovenská panva, resp. jej zemplínska časť východne od Slanských vrchov v hlbokých kôrových štruktúrach určite obsahuje len kryštalické horniny, pravdepodobne vysoko metamorfované, bázického až ultrabázického zloženia (amfibolity, serpentinity, migmatity, metagabrá). Východoslovenská panva má vysoký geotermálny gradient vďaka stenčenej kôre, predpokladaná termoizobata pre teplotu rovnú alebo vyššiu ako 160 °C je v prípade zemetrasení južne od Vihorlatu a Zemplínskej šíravy v hĺbke 3,5 – 4 km, takže v hĺbkach nad 15 km môžeme predpokladať teplotu okolo 500 – 550°C. Pri takejto teplote a litostatickom tlaku sa kyslé kryštalické horniny (napr. granitoidy), v zložení ktorých prevláda kremeň a živce, správajú už plasticky a preto krehká zlomová tektonika, ktorá je zvyčajne jedným zo základných predpokladov vzniku zemetrasenia, nie je veľmi pravdepodobná. Bázické horniny sa však aj pri tejto teplote správajú ešte relatívne krehko a môžu byť v nich vyvinuté seizmoaktívne zlomy. Zemetrasenie preto mohlo vzniknúť na tektonickom rozhraní horninovo pestrej slabšie metamorfovej iňačevsko-kričevskej jednotky a podložného vysokometamorfovaného kryštalínika typu Tisa-Dacia, ktoré patrí k panónskym, a nie západokarpatským. Lokalizácia zemetrasení je blízka transkarpatskej línii SZ-JV smeru, ktorá oddeľuje západokarpatské tektonické domény od severopanónskych. Umiestnenie zemetrasení na Zemplíne v rámci transkarpatskej línie indikujú aj ďalšie, slabšie zemetrasenia, ktoré boli v predmetnom čase registrované na ukrajinskom území juhovýchodne od Užhorodu (19. apríla 2010  $M_L$  1.6; 2.8 a 28. apríla 2020  $M_L$  2,5) s hypocentrálnou hĺbkou tiež nad 10 km.

V prípade zemetrasení v podhorí Vihorlatu sa niekedy objavujú otázky, či zemetrasenia nemôžu súvisieť s obnovením vulkanickej činnosti pohoria. Táto súvislosť v súčasnosti neexistuje, sopečná činnosť v Slanských vrchoch, Vihorlatských vrchoch a Zemplínskych vrchoch bola ukončená už pred osem až sedem miliónmi rokov.

### **Teoretická geologická interpretácia zemetrasení v oblasti severného Zemplína**

Severne od vulkanického pohoria Vihorlat a Popričný sa stýkajú vonkajšie flyšové Karpaty s bradlovým pásmom, na východe je Východoslovenská panva obmedzená neovulkanickým pohorím Slanských vrchov, ktoré sú paralelné so severojužne orientovanými hornádkymi zlomami, oddeľujúcimi podľa niektorých štúdií západokarpatský a východokarpatský blok.

V prípade zemetrasenia s epicentrom neďaleko vodnej nádrže Domaša pri Ďapalovciach sa predbežne javí súvis s rozhraním bradlového pásma a južnej časti flyšového pásma, resp. vo vnútri flyšového pásma v spodných častiach čiastkových príkrovových šupín magurského príkrovu. Spresnená hĺbka hypocentra  $7 \pm 2$  km dovoľuje uvažovať o rozhraní flyšových hornín (sedimenty paleogénneho veku – striedanie pieskovcov a ílovcov s rozdielnou reológiou) s kryštalinickým podložím. Priebeh horninových komplexov je v smere SZ – JV, ale v oblasti sú prítomné aj priečne orientované zlomy S-J smeru, resp. SSV – JJZ smeru, čo by odpovedalo aj upresnenému ohniskovému mechanizmu. Nemusí však platiť, že tektonická situácia, ktorú poznáme z povrchu, je identická aj v hĺbke 5-9 km, kde nesiahajú naše priame geologické zistenia. V danom prípade je ale zrejmé, že veľké tektonické rozhrania, ktoré poznáme z povrchovej a plytkopovrchovej situácie nemusia byť automaticky aj rozhraniami s aktívnou seizmicitou.

### **Môžeme sa cítiť bezpečne?**

Zemetrasenie pri Ďapalovciach z 9. októbra 2023 nám dalo odpoveď na túto otázku, t.j. že nie. Nemáme na mysli len túto konkrétnu oblasť, ale všeobecne takmer celé územie Slovenska. Sme súčasťou geologicky mladého karpatského oblúka, ktorý je súčasťou pásma alpínskych pohorí od Maroka po Himaláje. Nie sme na rozhraní veľkých litosferických platní a veľkých tektonických blokov, kde sa ročné pohyby aj bez zemetrasení rátať na centimetre, pri nich aj na metre. U nás sú to prvé milimetre. Preto nám ničivé, až katastrofické zemetrasenia, aké poznáme z Maroka, Talianska, Grécka, Turecka, Iránu, Afganistanu, Pakistanu, Indie, Nepálu, či Číny určite nehrozia. Na veľké (silné) zemetrasenie takýchto parametrov je potrebná aj akumulácia mohutného tektonického napätia, prítomnosť zlomov dlhých stovky kilometrov.

My sme krajinou skôr na rozhraní aktívnejšej mediteránnej oblasti a pokojnej severoeurópskej platformy. Sme v rámci alpsko – karpatsko – panónskeho bloku (ALCAPA) skôr súčasťou mikroplatní a konkrétnych hlbinných zlomov. Aj tu sa však hromadí napätie, ktoré sa skôr, či neskôr uvoľní vo forme náhleho tektonického pohybu – zemetrasenia. Je možné, že na severnom Zemplíne sa napätie hromadilo desaťročia, možno storočia. Kedy, ako a v akej veľkosti či intenzite sa uvoľní, to nevieme predpovedať.

Pri Ďapalovciach po hlavnom otrase s magnitúdom takmer 5 nasledovalo od 9. októbra do 8. novembra 10 slabých dotrasov, s magnitúdom 0,9 – 1,5, ktoré bolo možné seizmometricky lokalizovať a určite ďalšie desiatky ešte slabších dotrasov, z ktorých sa niektoré podarilo zachytiť aj meraniami in situ. V tomto prípade sa zdá, že hlavná energia na zlome sa už uvoľnila a je len veľmi malá pravdepodobnosť, že by sa v rovnakej oblasti v krátkom čase podobné zemetrasenie zopakovalo.

Takýchto zlomových rozhraní však máme na Slovensku stovky. Vieme len o niektorých, alebo sa domnievame, že niečo vieme, o väčšine nevieme. Zemetrasenie podobné, alebo väčšie, je možné aj inde. Deficit energie uvoľnenej v podobe zemetrasenia máme desiatky, či až prvé stovky rokov v známych seizmicky aktívnych oblastiach: sever Malých Karpát, oblasť medzi Komárnom, Hurbanovom a Štúrovom, Považie a okolie Žiliny, oblasť medzi Banskou Bystricou a Breznom, severný Spiš a podhorie Tatier, oblasť Zemplína. Okrem toho nie sú vylúčené zemetrasenia aj v iných, dnes zdanlivo desaťročia, či storočia pokojných oblastiach. V geologickom chápaní času sú to len krátke epizódy, kedy sa nič neudialo.

Pokoj nám môže priniesť poctivá realizácia stavebných objektov, použitie drahších materiálov, technológií. Ako sme sa presvedčili na škodových udalostiach na východnom Slovensku, výrazne poškodené boli hlavne staršie domy, nezriedka postavené svojpomocne.

Povinnosťou vyspelého štátu je aj pomáhať. Najsilnejšie zemetrasenie na Slovensku možno za viac ako 100 rokov napriek miliónovým škodám nie je záťažou pre štát, aby nevedel adekvátne pomôcť. Rozhodne si to zaslúžia všetci postihnutí. Dobrou správou bolo, že pri tak intenzívnom zemetrasení nik nezahynul a nezranil sa. Najpodstatnejšie sú ľudské životy a zdravie.

- Ďalší spolupracujúci autori, bez ktorých by príspevok nevznikol:  
Seizmológovia: Andrej Cipciar, Kristian Csicsay, Lucia Fojtíková, Martin Gális, Jozef Kristek, Miriam Kristeková, Róbert Kysel, Peter Moczo, Peter Pažák

Výpomoc v teréne, PhD. študenti: Lenka Ondrášová, Dominika Godová, Jozef Bódi  
Výpomoc českých seizmológov v teréne: Renata Lukešová (Gaždová), Jan Zedník

Špeciálne poďakovanie za mapové spracovania: František Šipka, EQUIS, s.r.o.

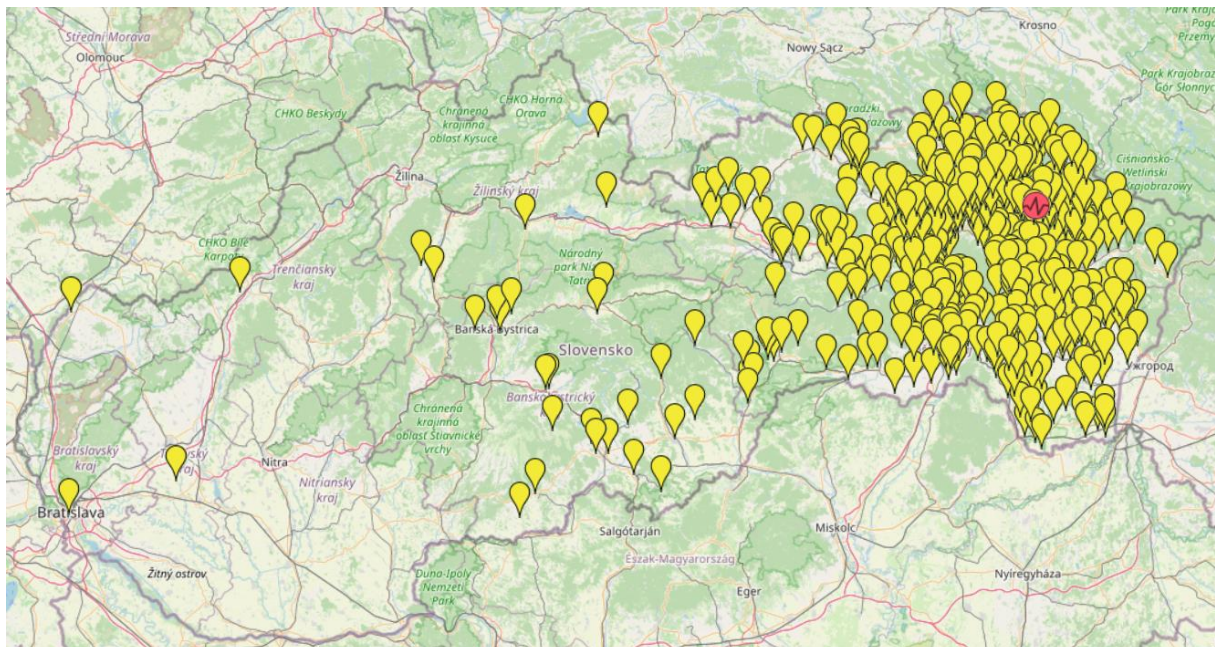
Inštitúcie: Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i.

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského

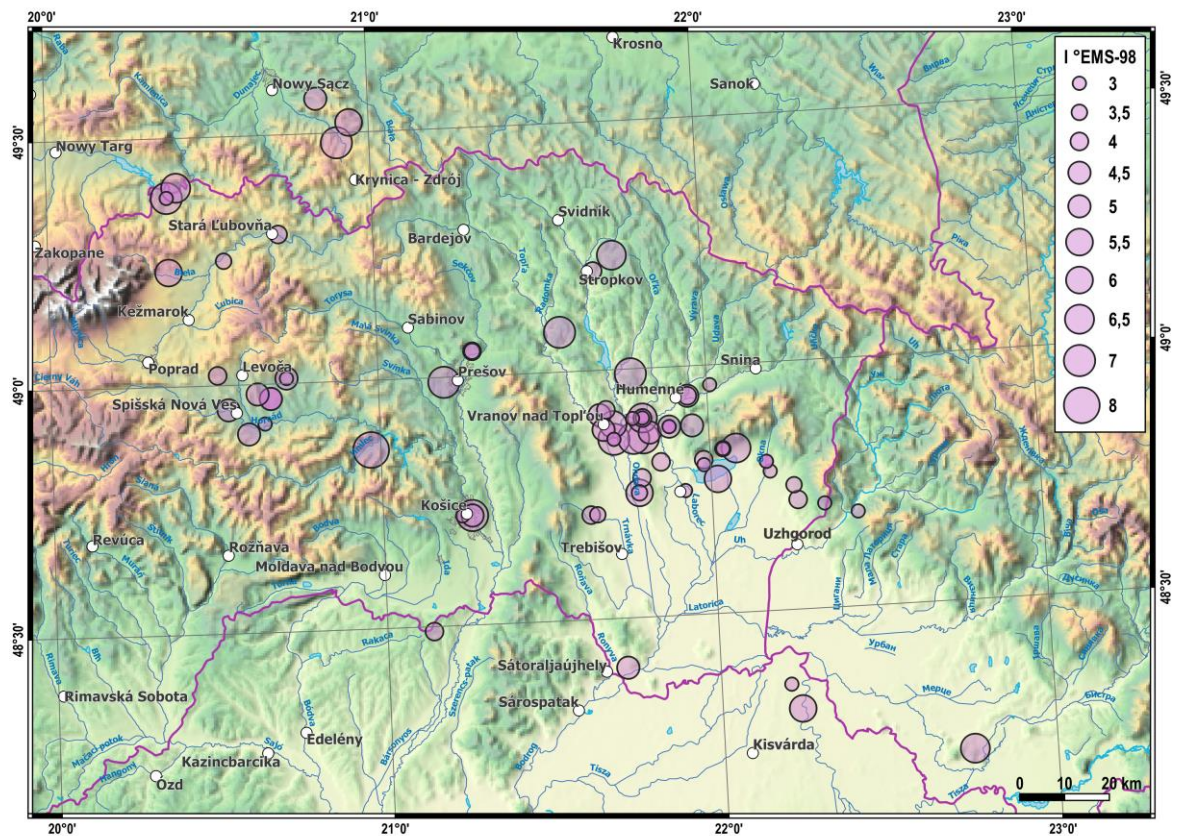
Ústav štruktúry a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i.

Geofyzikální ústav AV ČR, v. v. i.

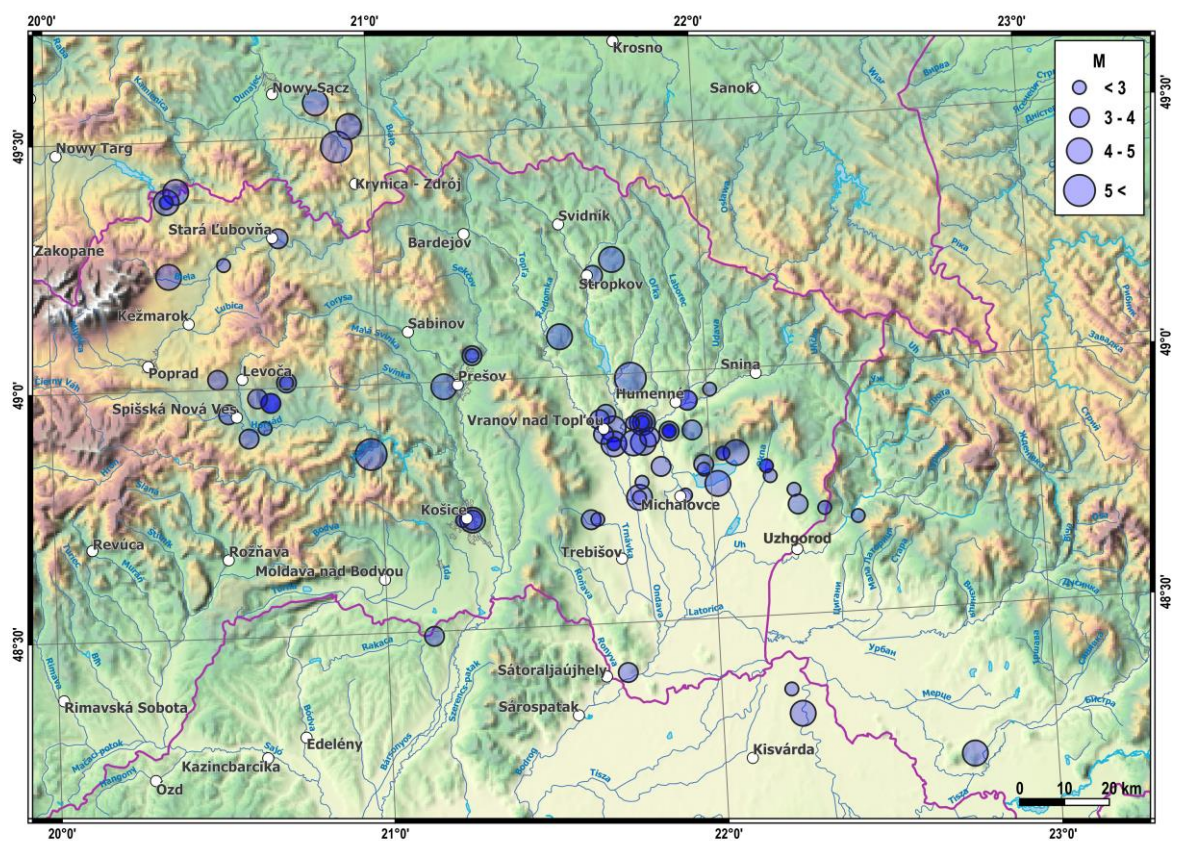
Príspevok vznikol s podporou projektov VEGA-1/010/23; VEGA-2/0046/20; APVV-21-0159  
Čiastkové financovanie terénneho výskumu z prosriedkov určených na prevádzku a údržbu seizmických sietí NSSS z rozpočtu SAV



Prehľad lokalít s pozorovaním účinkov zemetrasenia na základe elektronickej doručenej makroseizmických dotazníkov do 26. 10. 2023. (2551 dotazníkov z 524 lokalít). Zdroj: ÚVZ SAV



Zemetrasenia v oblasti východného Slovenska z katalógu zemetrasení ÚVZ SAV od roku 1643 do 2020 s makroseizmickou intenzitou I° EMS-98 3° a viac. Zdroj: ÚVZ SAV, EQUIS



Zemetrasenia v oblasti východného Slovenska z katalógu zemetrasení ÚVZ SAV od roku 1643 do 2020 podľa magnitúd. Zdroj: ÚVZ SAV, EQUIS