

Seizmicita a seizmológia na Slovensku



od Konkoly-Thegeho po dnešok

Mgr. **Kristián Csicsay**, PhD.

Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied,
Bratislava

prof. Ing. **Štefan Luby**, DrSc.

Fyzikálny ústav Slovenskej akadémie vied,
Bratislava / INTERCEDU, a.s. Pezinok

Obsah

3	Mgr. Kristián Csicsay, PhD.
4	Abstrakt
5	Abstract
6	Historické reminiscencie
13	Observatórium v správe SAV
14	Súčasná seizmológia Slovenska
16	Národná sieť seizmických staníc
21	Záver
21	Podakovanie
21	Literatúra
22	Apendix 1 – Najsilnejšie zemetrasenia
23	Apendix 2 – Seizmická v rámcových programoch Európskej únie
23	O autoroch

Časopriestor // Spacetime

Interaktívne vedecko-popularizačné médium významných autorov a vedeckých pracovníkov.

Šéfredaktor: Dr.h.c. mult. prof. PhDr. Ing. Štefan Kassay, DrSc.

Recenzent a editor: Dr.h.c. mult. prof. Ing. Štefan Luby, DrSc.

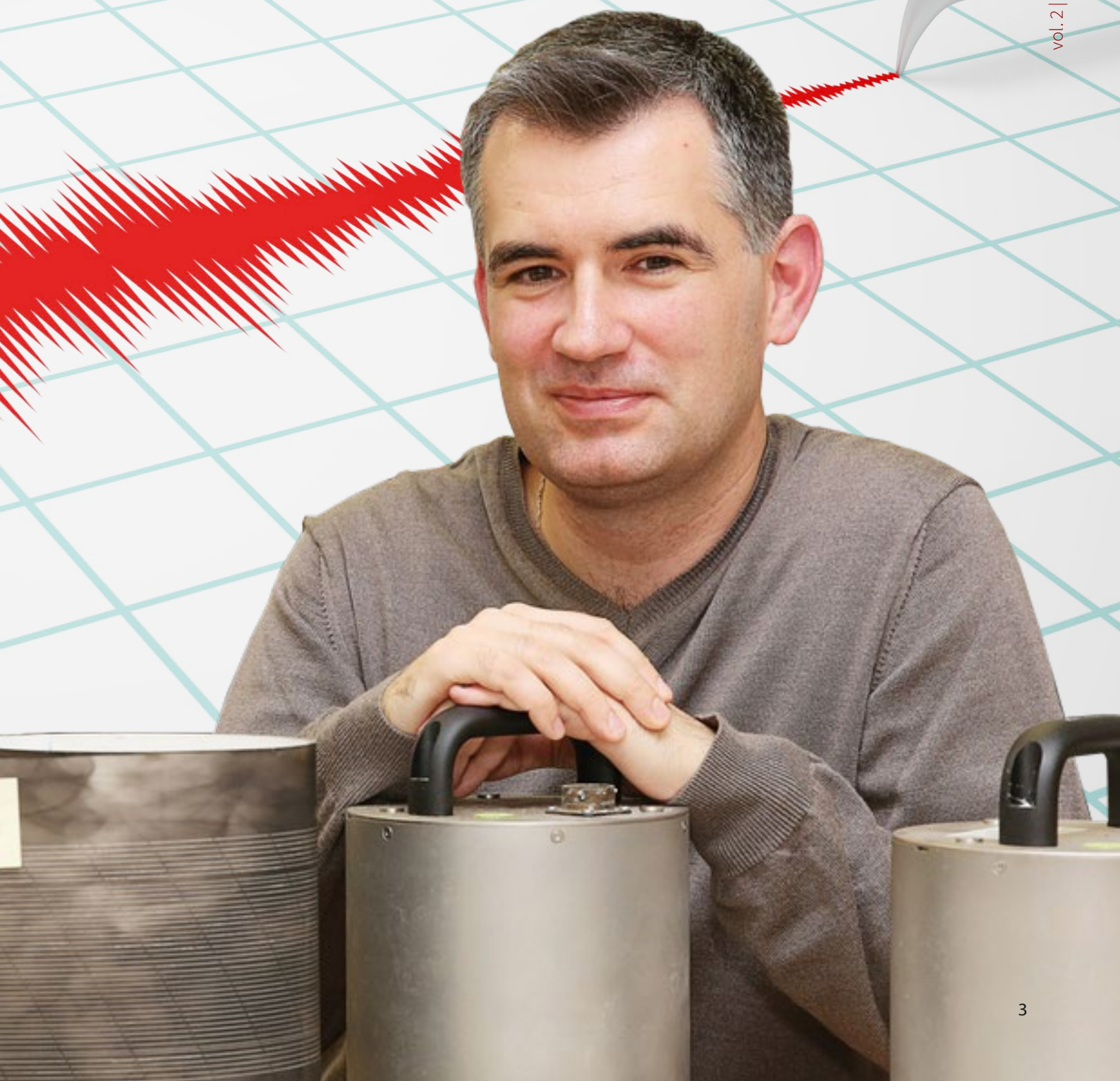
Grafická úprava: Dušan Ščepka. Za odborný obsah materiálov zodpovedajú autori.

Vydavateľ: INTERCEDU, a.s., Moyzesova 4/A, 902 01 Pezinok, Slovenská republika

Mgr. Kristián Csicsay, PhD.

Magisterské a doktorandské štúdium ukončil na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v roku 2011. Nastúpil do Geofyzikálneho ústavu Slovenskej akadémie vied (SAV), dnes Ústav vied o zemi SAV, kde sa zaoberá výskumom recentnej a historickej seizmickej aktivity na území Slovenska a publikuje v problematike seizmológie a seizmicity. Je vedúcim oddelenia seizmológie Geofyzikálneho odboru ústavu a správcom Národnej siete seizmických staníc. Databáza SCOPUS eviduje jeho 15 prác v tejto sfére, publikuje aj prehľadové a populárne práce.

vol. 2 | 2021



Abstrakt

M. Konkoly-Thege sa zaslúžil o založenie viacerých experimentálnych vedných disciplín na území dnešného Slovenska. Patrí k nim aj seizmológia. V obci Stará Ďala (dnes Hurbanovo) vybudoval na svojom panstve pavilón a inštaloval v ňom prvé seizmografy. Prístroje typu Mainka tam registrujú zemetrasenia od r. 1911 nepretržite až dodnes. Venoval sa aj astronómii, meteorológii a zemskému magnetizmu. Observatórium, v ktorom boli merania sústredené, venoval v roku 1900 štátu. Po zložitých metamorfózach prešlo observatórium v r. 1953 do novozaloženej Slovenskej akadémie vied. Spravoval ho Geofyzikálny ústav SAV, dnes Ústav vied o Zemi SAV, ktorý nadviazal na dielo zakladateľa aj v oblasti seizmicity. Postupne vybudoval Národnú sieť seizmických staníc (NSSS), ktorá pozostávala zo šiestich staníc na západnom Slovensku. V rokoch 2001 – 2004 sa sieť zmodernizovala a dnes je najdôležitejšou infraštruktúrou na monitorovanie seizmickej aktivity u nás. V práci sa uvádza pokrytie Slovenska 14 stanicami a epicentrá zemetrasení na jeho území v rokoch 1902 až 2020. Nájdeme tu záznamy zemetrasení i v susednom Rakúsku, prístroje však registrujú i jadrové skúšky na iných kontinentoch. V prílohách je uvedený prehľad najsilnejších zemetrasení na Slovensku, vo svete, i pokrytie seizmológie a seizmicity v rámcových programoch EÚ. Modernizáciou NSSS vstúpilo Slovensko v monitorovaní zemetrasení do novej éry.

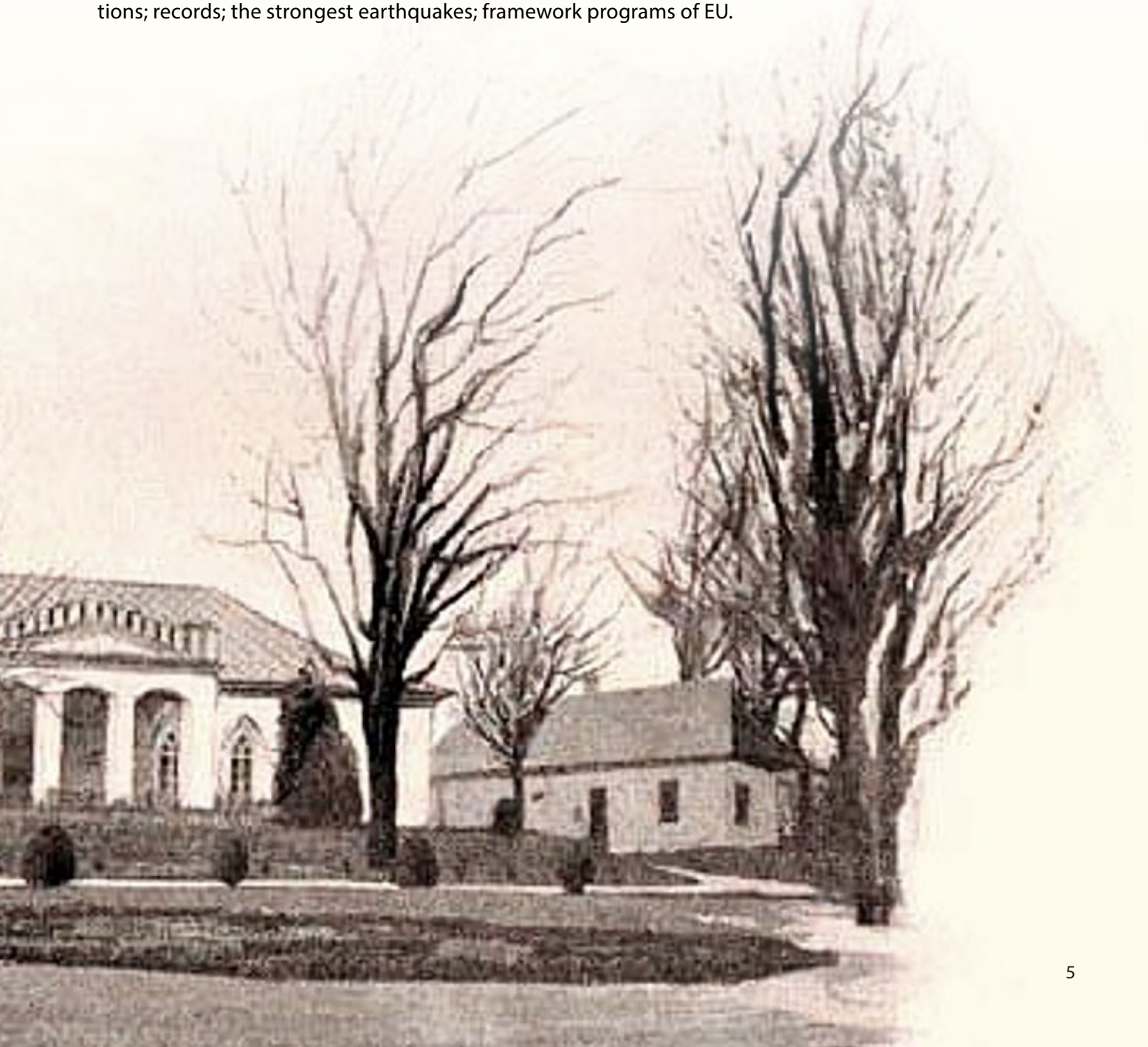
Kľúčové slová: M. Konkoly-Thege; prvé seizmografy; seizmológia v SAV; Národná sieť seizmických staníc; záznamy; najsilnejšie zemetrasenia; rámcové programy EÚ.



Abstract

M. Konkoly-Thege was founder of several experimental scientific disciplines in the territory of today's Slovakia. They also include seismology. In the town Stará Ľada (at present Hurbanovo) he built a pavilion and installed the first seismographs there. Mainka-type devices have been recording earthquakes since 1911 continuously to this day. He also studied astronomy, meteorology and Earth's magnetism. The observatory with all facilities was dedicated to the state in 1900. After complicated metamorphoses, the observatory passed in 1953 to the newly established Slovak Academy of Sciences (SAS). It was administered by the Institute of Geophysics SAS, today the Institute of Earth Sciences of the SAS, which continued the work of the founder also in the field of seismicity. Institute gradually built the National Network of Seismic Stations (NNSS), which consisted of six stations in western Slovakia. In the years 2001 - 2004, the network was modernized and today it is the most important infrastructure for monitoring seismic activity in our country. The paper presents the coverage of Slovakia by 14 stations and epicenters of earthquakes in its territory from 1902 to 2020. We can find records of earthquakes also in neighboring Austria, but the devices also register nuclear tests on other continents. The appendices provide an overview of the strongest earthquakes in Slovakia, in the world, as well as the coverage of seismology and seismicity in the EU framework programs. The modernization of the NNSS marked a new Slovak era in earthquake monitoring.

Keywords: M. Konkoly-Thege; first seismographs; seismology in SAS; National Network of Seismic Stations; records; the strongest earthquakes; framework programs of EU.

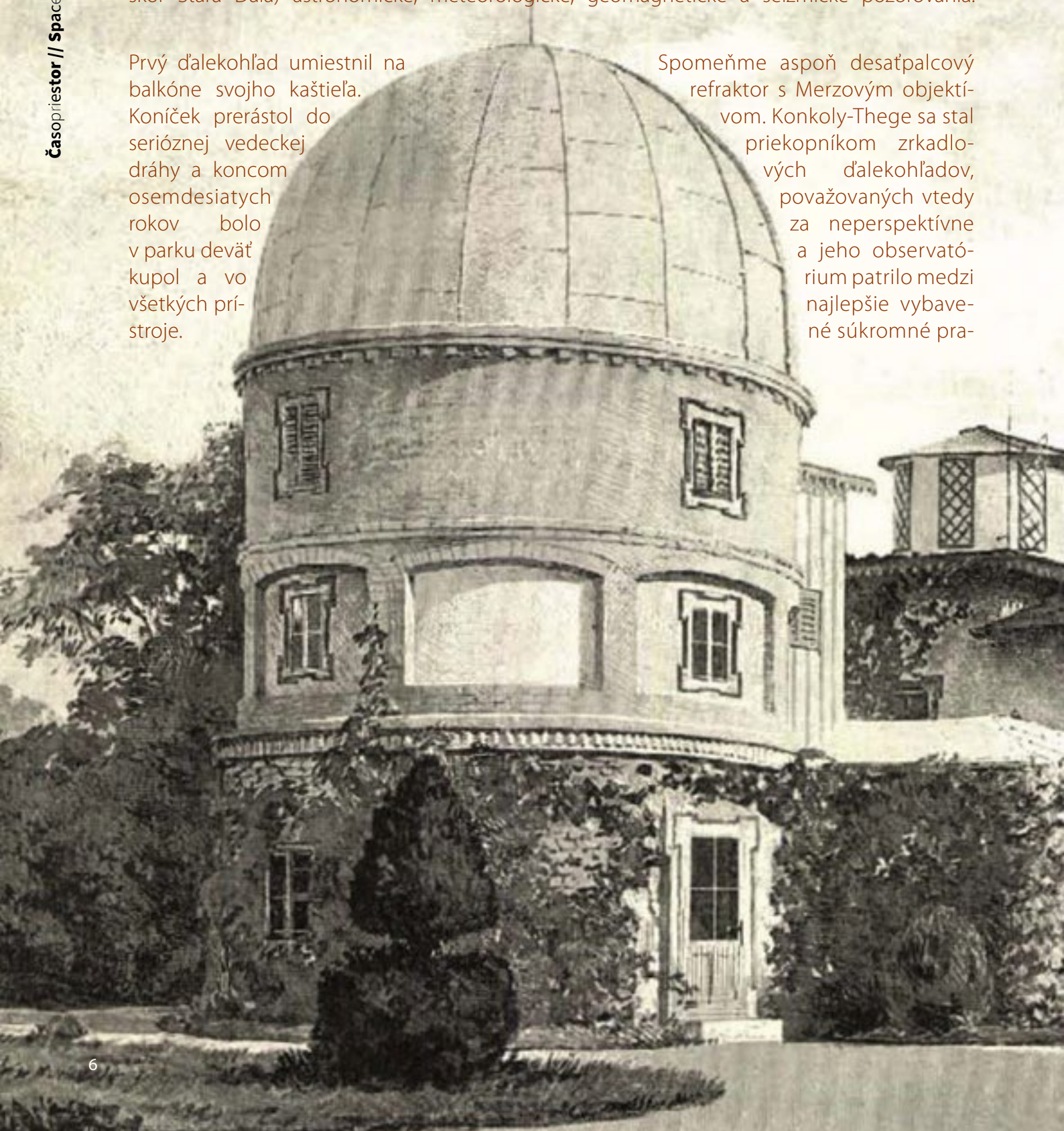


Historické reminiscencie

V roku 2022 uplynie od narodenia Mikuláša Konkoly-Thegeho (1842 – 1916) stoosemdesiat rokov, čo je príležitosť spomenúť si na túto osobnosť [1 – 3], ktorú medzi vedcami pôsobiacimi na území Slovenska porovnávajú s Maximiliánom Hellom alebo Jánom Müllerom-Regiomontanom (obr. 1). Konkoly-Thege¹ študoval fyziku v Budapešti a medzi jeho učiteľov patrila aj Štefan Jedlík. Študoval aj práva a doktorát získal roku 1862 v Berlíne. Bol človekom mnohých záujmov, získal diplomy lodného kapitána a strojuvodu a profesionálnu dráhu začal ako notár Komárňanskej župy. Roku 1867 začal na svojich majetkoch v Hurbanove (vtedy Ó Gyalla, neskôr Stará Ďala) astronomické, meteorologické, geomagnetické a seizmické pozorovania.

Prvý ďalekohľad umiestnil na balkóne svojho kaštieľa. Koníček prerástol do serióznej vedeckej dráhy a koncom osemdesiatych rokov bolo v parku deväť kupol a vo všetkých prístrojoch.

Spomeňme aspoň desaťpalcový refraktor s Merzovým objektívom. Konkoly-Thege sa stal priekopníkom zrkadlových ďalekohľadov, považovaných vtedy za neperspektívne a jeho observatórium patrilo medzi najlepšie vybavené súkromné pra-



covská v Európe. Vydával ročenku, v ktorej uverejňoval výsledky pozorovaní a jeho astronomické diela, blížiac sa rozsahom tisíc stranám, vyšli v Braunschweigu a v Halle. Venoval sa pozorovaniu slnečných škvrín, spektra komét, meteorov, slnečnej fotosféry. K návrhu na jeho členstvo v Uhorskej akadémii bolo priložených 40 prác, čo bolo na tú dobu veľké množstvo.

Rovnako významné a pre prax dôležité boli aj meteorologické pozorovania Konkoly-Thegeho [1, 4], ktoré poskytli obraz o klíme Žitného ostrova. Spolu s Georgom Friesenhofom založil prvé meteorologické observatóriá v Starej Ďale a Nedanovciach. Na svojom pozemku postavil drevenú vežu vysokú šesťnásť metrov, lebo v parku boli stromy, ktoré bránili meraniam. Na jej mieste stojí dnes murovaná veža súčasného Geomagnetického observatória SAV. Jeho základný kameň položili roku 1899 a ešte v tom istom roku ju dali do používania. Takéto, na dnešnú dobu nevídané tempo budovania vedeckých objektov, bolo možné vďaka tomu, že Konkoly-Thege financoval svoj výskum z vlastných zdrojov, nemusel sa uchádzať o granty a navyše, obstarával „neverejne“.

Do tretice upriamil Konkoly-Thege pozornosť aj na registráciu zemského magnetizmu. V rokoch 1890 – 1900 bol riaditeľom Štátneho ústavu pre meteorológiu a zemský magnetizmus v Budapešti. Keď elektrifikácia Budapešti začala znemožňovať geomagnetické merania, presťahovali roku 1900 ústav do Starej Ďaly.

¹ Text o M. Konkoly-Thegem pochádza prevažne z [3].



Obr. 1. Mikuláš Konkoly-Thege

Štvrtou (z pohľadu tohto článku primárnou) oblasťou jeho záujmu bola seizmicita. Jej význam sa od tých čias s pokračujúcou urbanizáciou a vytváraním veľkých aglomerácií i rastom populácie mimoriadne zvýšil. Pre hostí observatória bolo vždy zaujímavé oboznámiť sa nielen so súčasnou meracou technikou, ale aj s historickými prístrojmi, ktoré Konkoly-Thege ako šikovný mechanik sám skonštruoval. Patrílo k nim prístrojové vybavenie, o ktorom Konkoly-Thege napísal [5], (obr. 2):

„V strede záhrady stojí osemuholníkový pavilón s predsieňou, v ktorom sú na obrovskom betónovom bloku, odizolovanom od podlahy, prístroje na registráciu zemetrasenia. V pavilóne je niekoľko Boscheho prístrojov, tzv. Strassburger-Schwerependel, z ktorých dva sú v prevádzke: jeden v smere sever-juh a druhý v smere východ-západ. Tieto slúžia skôr na mikroseizmické ciele. Druhý Vicentiniho-Konkolyho prístroj s obrovským kyvadlom sa skladá z dvoch častí. Jedna zaznamenáva horizontálne vlnenie a druhá časť zaznamenáva vertikálne nárazy na začmudený pás papiera. Vedľa nich visia kontaktné hodiny, ktoré každú hodinu osobitným značkovačom urobí záznam na zadymenom papieri. Horizontálne kyvadlo Vincentiniho-Konkolyho je také citlivé, že ak z dvojmetrovej vzdialenosti čo len fúkneme naň, registračné ihly zaznamenajú na papieri obrovské výchylky, napriek tomu, že závažie, ktoré na ňom visí, má hmotnosť 110 kg.“

Observatórium v Hurbanove, obnovené pri jeho storočnici v roku 2000 nákladom SAV, je na obr. 3. Pri tejto príležitosti sa tam konal svetový kongres IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy).



Obr. 2. Osobné spomienky M. Konkoly-Thegého uverejnené v roku 2012 v časopise Kozmos

3. časť

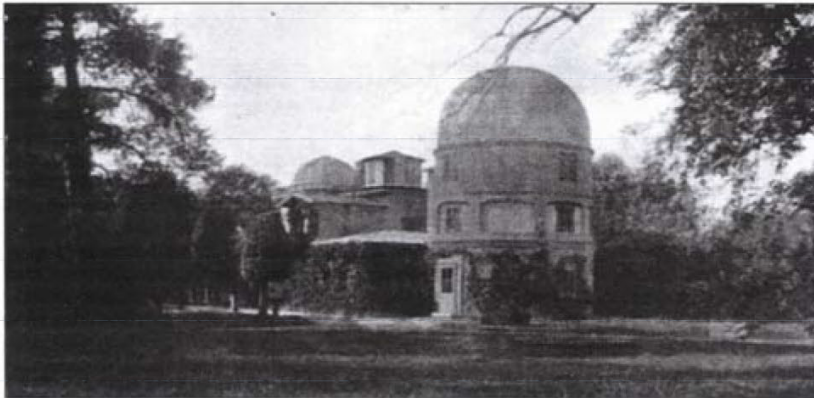
Spomienka na zakladateľa hvezdárne v Hurbanove

Uhorské (maďarské) kráľovské observatóriá v Starej Ďale (Ó Gyalla, Hurbanovo)

napísal **Dr. Mikuláš Thege Konkoly**, ministerský radca, riaditeľ Štátneho meteorologického a geomagnetického ústavu, člen Maďarskej akadémie vied (v roku 1905)

Doposiaľ neznámy a zaujímavý dokument o kráľovských vedeckých observatóriách v Hurbanove počas prvých tridsiatich rokov ich pôsobenia zverejnila na internetovej sieti Séchényiho elektronická knižnica v Budapešti. O jeho sprístupnení na internete nás upozornil Dr. Keszthelyi Sándor z univerzity v Pátkostóli (Pécs).

Dokument je o to cennejší, že informácie o observatóriách v Hurbanove v rokoch 1871 – 1905 píše ich zakladateľ Mikuláš Thege Konkoly.



Astrofizikális observatórium.

vol. 2 | 2021



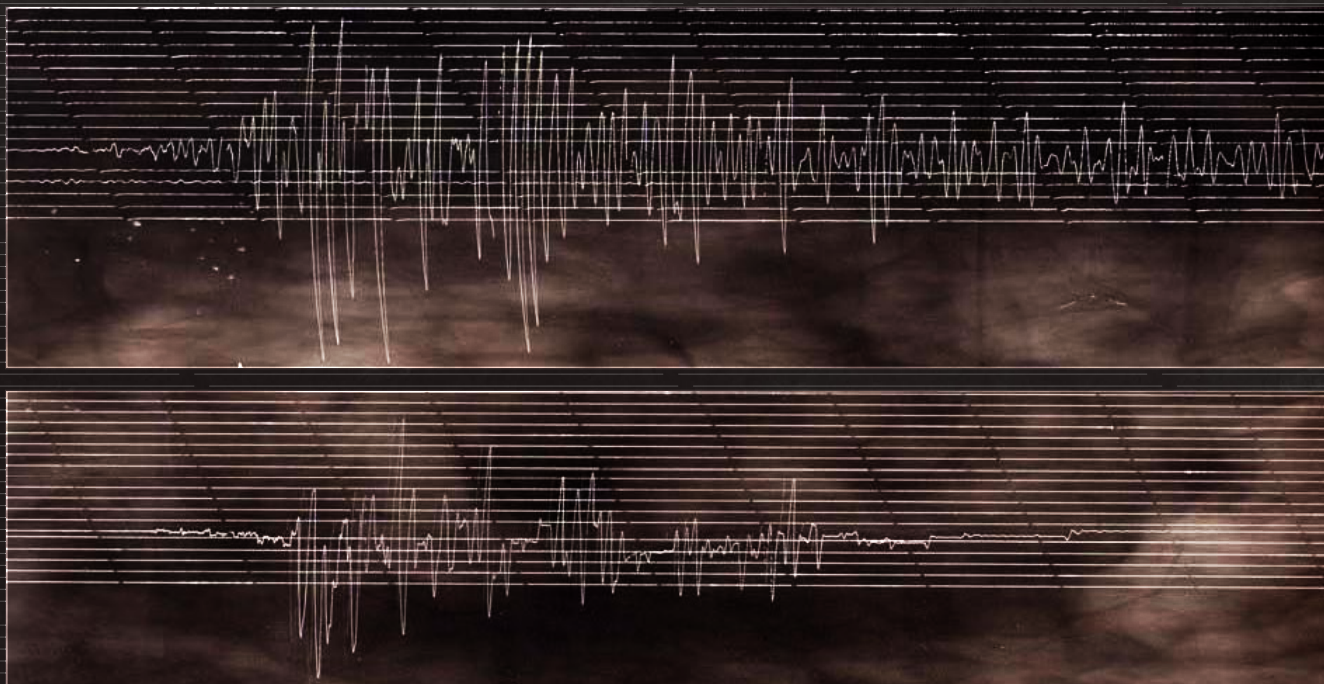
Obr. 3. Observatórium Ústavu vied o zemi SAV v Hurbanove

V rokoch 1909 až 1912 pôvodné seizmografy postupne vymenili za modernejšie horizontálne kyvadlá typu Mainka (obr. 4). Prvé zemetrasenia zaznamenané týmito typmi seizmografov boli z 8. júla 1911 [6]. Od roku 1912 sa seizmografy typu Mainka stali jedinými prístrojmi v Ó Gyallo a fungujú takmer nepretržite dodnes². Sú unikátne aj v Európe a patria medzi najstaršie fungujúce seizmografy na svete. Seizmografy a ich záznamy na začadený papier (obr. 5), ktoré sú menej citlivé na podmienky archivovania ako neskôr na iných staniciach používané termozáznamy, sa tešia veľkej pozornosti medzi laickou aj odbornou verejnosťou³.



Obr. 4. Horizontálne seizmografy typu Mainka (z rozličných uhlov) sú v Hurbanove plne funkčné aj dnes

Konkoly-Thege mal v Hurbanove rozsiahle majetky. Žil v kaštieli, ktorého interiéry možno vidieť na dobových fotografiách. Na prvý pohľad udrie do očí, že tu chýbajú obvyklé poľovnícke trofeje. Náš zemepán sa venoval duchovnejším cieľom, ako je kántrénie lesnej zveri. (Ak by sme ho chceli porovnať s niektorou osobnosťou svetovej fyziky, ponúka sa James Clark Maxwell, ktorý tiež tvoril na svojom panstve a venoval sa magnetizmu.) Univerzita vo Filadelfii mu udelila roku 1874 čestný doktorát. Vážili si ho aj také osobnosti ako jeho „grófsky“ kolega Ferdinand von Zeppelin. Medzi jeho osobných priateľov patrili Richard Wagner a Franz Liszt. Získal viacero štátnych radov a desať rokov bol poslancom uhorského snemu. Vystupoval tu na obranu vedeckej kultúry [2, 7]. Pochovaný je v rodinnej hrobke v Hurbanove, ku ktorej pracovníci SAV neraz položili kvety.



Obr. 5 Zemetrasenie z 24. augusta 2016 s epicentrom pri Amatrice (Taliansko) s magnitúdom 6,2 zaznamenané horizontálnymi seizmografmi typu Mainka v Hurbanove na začadený papier; na obrázku hore je horizontálny seizmogram na zložke sever-juh a dole je horizontálny seizmogram na zložke východ-západ

Spomeňme ešte rodinnú kroniku, ktorú spracoval roku 1985 ďalší príslušník rodu rovnakého mena, Mikuláš Konkoly-Thege (1914 – 1989). Možno ju nájsť na internete. Predkovia prišli do Karpatskej kotliny v 9. storočí a písomné dokumenty rodu sa datujú spred bitky pri Moháči (1526). Meno Konkoly nemá nič spoločné s kúkoľom (konkoly), rastlinou používanou v pejoratívnom význame, a kedysi sa písalo ako Konkoly (vyslov Konkoli). Meno Thege sa používa od 14. st. V erbe majú jednorožca, ktorý drží zahnutú šablú⁴.



² V roku 1919 po rozpade Rakúsko-Uhorska odviezli zo Starej Ďale do Maďarska mnoho prístrojov, ale seizmografy sa tejto deportácii vyhli.

³ V Hurbanove sa konalo viacero rokovaní Predsedníctva SAV, napr. stretnutie so Slovenskou rektorskou konferenciou, chodili sem aj oficiálne návštevy SAV. Hostia si prehliadku tohto druhého najstaršieho pracoviska SAV (prvým je Arborétum Mlyňany) cenili.

⁴ Česká televízia venuje v ostatných rokoch priestor histórii a prínosom starých šľachtických rodov pre hospodárstvo a kultúru krajiny. K tomuto postoju sa časom zrejme prepracujeme aj u nás. SAV prevádzkuje okrem observatória v Hurbanove i Arborétum Mlyňany, zámok v Smoleniciach i ďalšie menšie objekty, a v rámci týchto priestorov históriu a pôvodcov primerane prezentuje.



Observatórium v správe SAV

Budovu Geomagnetického observatória daroval Konkoly-Thege roku 1900 štátu a roku 1901 mu daroval celý svoj majetok s podmienkou, že po smrti jeho a jeho manželky sa pôda rozpredá bezzemkom [1]. Panstvo malo výmeru 1 000 hektárov. Štát po prvej svetovej vojne zložitom metamorfoval: observatórium bolo spravované z Prahy, Budapešti, Bratislavy, až zakotvilo v novovytvorenej Slovenskej akadémii vied (1953). Tu našlo svoju dlhodobú stabilitu a dnes je súčasťou svetovej siete, napr. v geomagnetických pozorovaniach je najstarším v strednej Európe [7].

O význame Konkolyho diela horkou, ktorou sa dá ešte stále slušníkov rodu d'Este. Zátopen⁵, ktorí tu dojmov vďaka Dejiny sa aj vylia-

vorí v koži viazaná, ošúchaná pamätná kniha s kovovou pracovnúť. Nájde tu podpisy uhorských magnátov i prí-

V októbri 1935 tu boli geofyzici Rudolf Běhounek a Alois „strávili tri příjemné dni plné nezabudnuteľných láskavosti tunajšej správy a *vedeckých úradníkov*“⁶. však ďalej hnali svojím korytom, občas sa z neho li, a po druhej svetovej vojne sa v kronike objavuje nový typ písma – azbuka. Pred menami niektorých návštevníkov figuruje aj skratka člen-kor. Riaditeľka Astronomického ústavu SAV Ľudmila Pajdušáková roku 1964 píše, že si „rada pozrela prvé stanovište ďalekohľadu, s ktorým sa dnes pracuje na Skalnatom plese“. Akoby tým doložila Konkolyho nadčasovosť. Pracovníci observatória sa však najviac chvália podpisom dánskeho priekopníka v geomagnetizme a konštruktéra magnetometrov D. La Coura z roku 1939.

⁵ Český geofyzik a seizmológ akademik ČSAV Alois Zátopen (1907 – 1985) pôsobil v Hurbanove aj dlhobehjšie.

⁶ Tento prejav dobovej terminológie našiel žiaľ paralelu v troch pokusoch slovenskej vládnej exekutívy zaradiť SAV ako celok do programu redukcie administratívnych kapacít!

Súčasná seizmológia Slovenska

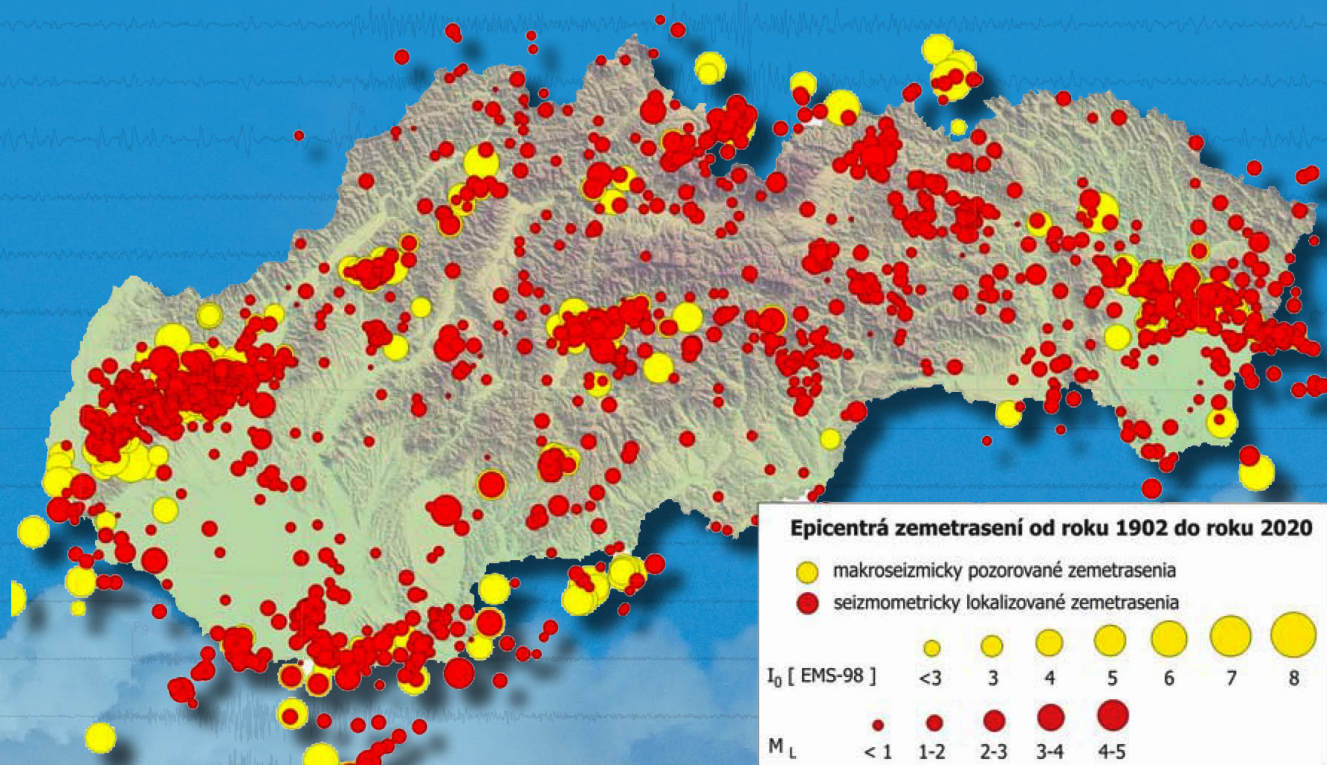
Slovensko je krajina s miernou až strednou seizmickou aktivitou. Na základe štatistiky dlhodobozbieraných historických a novodobých údajov a nameraných a interpretovaných dát [8] možno povedať:

- ročne sa zaznamenáva približne 70 – 90 zemetrasení s epicentrom na území Slovenska, pričom väčšinou sú to veľmi slabé javy zaregistrované len prístrojmi;
- každý rok obyvatelia Slovenska spozorujú 5 až 6 zemetrasení. Sú to zemetrasenia, ktoré sa prejavajú aj makroseizmickými účinkami;
- epicentrá spravidla až jednej tretiny z týchto „pocítených“ zemetrasení sa nachádzajú mimo Slovenska, napríklad v Maďarsku, Rakúsku, Poľsku na Ukrajine, ba dokonca boli pocítené zemetrasenia s epicentrami v Chorvátsku, Rumunsku či Taliansku;
- zaznamenané, interpretované a lokalizované zemetrasenia sú zväčša tektonického pôvodu, menší podiel majú otrasy vyvolané banskou a inou ľudskou činnosťou.

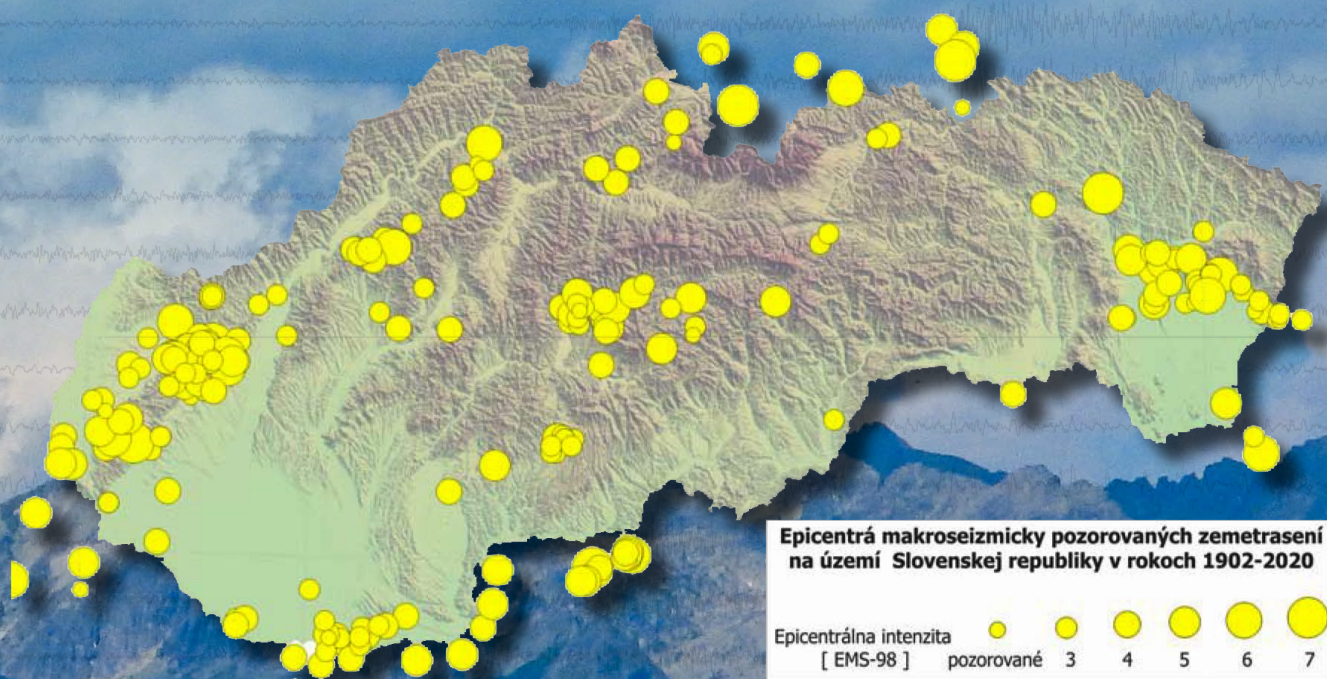
Za obdobie 1902 – 2020 došlo k mnohým zemetraseniam s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenska. Je to oblasť, ktorá zahŕňa Slovensko a prihraničné územia. Mnoho z nich bolo makroseizmicky pozorovaných. (Treba poznamenať, že v počiatkoch monitorovania nie každé zemetrasenie s makroseizmickými účinkami bolo aj seizmometricky lokalizované.) Na nasledujúcich obr. 6, 7 sú oba typy zemetrasení prehľadne zmapované⁷.

Za posledných 120 rokov došlo k najsilnejšiemu zemetraseniu s epicentrom na území dnešného Slovenska 9. januára 1906 v Dobrej Vode (pri Trnave). Toto zemetrasenie patrí medzi prvé prístrojovo zaznamenané zemetrasenia. Pravdepodobne ho zaznamenal už vyššie spomenutý Vicentiniho-Konkolyho prístroj, ale záznam sa nezachoval. Jeho magnitúda bolo približne 5,7. Zemetrasenie spôsobilo škody v Dobrej Vode, z viacerých obcí boli hlásené zmeny úrovne spodnej vody, dokonca v epicentrálnej oblasti sa objavili nové vodné zdroje. Po udalostiach na Dobrej Vode až do dnes nebolo na území Slovenska zaznamenaná iné zemetrasenie s porovnateľnou veľkosťou [8, 9]. Z dlhodobého monitoringu možno konštatovať, že medzi najviac seizmicky aktívne oblasti Slovenska patria oblasť Malých Karpát, okolie Komárna, oblasť stredného Slovenska – Horehronie, oblasť Žiliny a Vihorlat.

⁷ V obrázkoch sú udalosti kvantifikované v škále EMS-98, je to 12-stupňová škála od nepocíteného po komplexne devastujúce zemetrasenie, a na základe množstva uvoľnenej energie v podobe seizmických vln vyjadrenej v lokálnom magnitúde ML od mikrozemetrasení (ML < 1) až po naše pomery silné zemetrasenia (ML 4 – 5).



Obr. 6. Epicentrá zemetrasení na území Slovenska od roku 1902 až do roku 2020

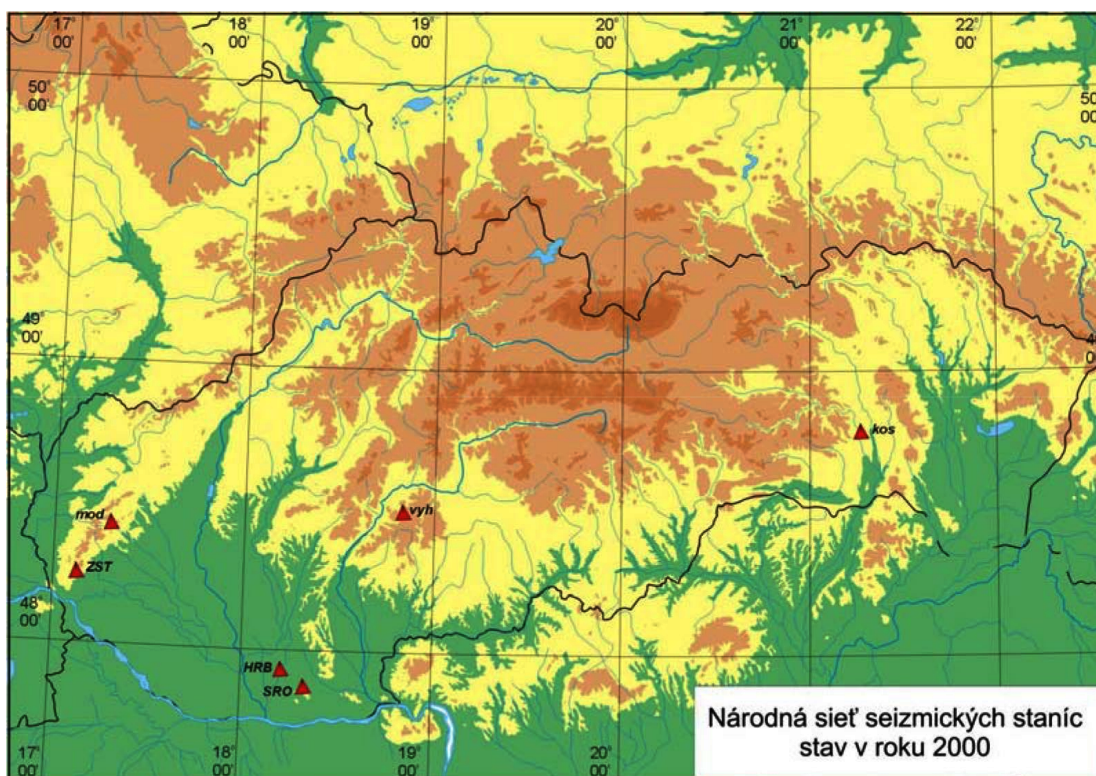


Obr. 7. Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska v rokoch 1902 – 2020

Národná sieť seizmických staníc

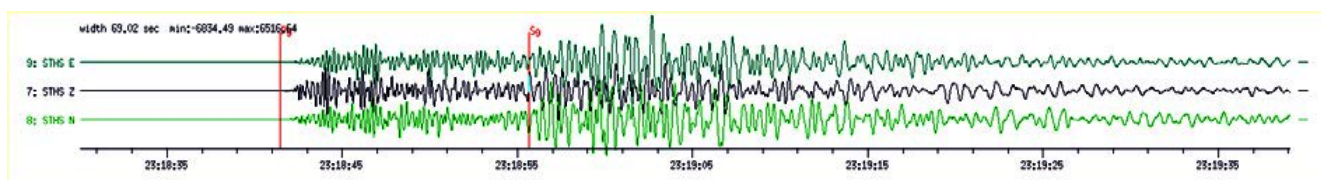
Rakúsko-Uhorsko patrilo medzi prvé štáty na svete [10], ktoré vybudovalo seizmickú sieť za účelom monitorovať seizmickú aktivitu na svojom území a tým získať aj veľmi cenné a unikátne informácie ohľadom pochopeniu fyziky trasenia sa zemského povrchu. A aj keď sa Slovensko môže pýšiť jednou z najstarších fungujúcich seizmických staníc na svete, až do roku 2001 bola schopnosť seizmickej siete Slovenska, ktorú postupne vybudoval Geofyzikálny ústav SAV, lokalizovať zemetrasenia veľmi obmedzená.

Pred rokom 2001 Národná sieť seizmických staníc (NSSS) pozostávala zo šiestich permanentných staníc, ktoré boli sústredené hlavne na území západného Slovenska [11] (obr. 8). V tom čase už bola zrušená dlhodobou fungujúca seizmická stanica na Skalnatom plese. Vtedajšia seizmická sieť nepokrývala územie severného a východného Slovenska, neumožňovala preto dostatočne presne priestorovo vyčleniť aktívne ohniskové oblasti a ich časový režim a tiež neumožňovala včasnú lokalizáciu zemetrasení s epicentrami na území Slovenska, a to dokonca bez ohľadu na ich veľkosť.



Obr. 8. Stav NSSS v roku 2000 [11]. ZST - Železná studienka, Bratislava, mod - Modra, HRB - Hurbanovo, SRO - Šrobárová, vyh - Vyhne, kos - Košice

V rokoch 2001 – 2004 sa NSSS zmodernizovala a rozšírila a v súčasnosti je najdôležitejšou infraštruktúrou na monitorovanie seizmickej aktivity u nás⁸. Pomerne komplikovanou súčasťou budovania nových staníc bolo získanie potrebných pozemkov a územné a stavebné konania. Sieť je vybavená účelovo vybranou prístrojovou technikou, patria k nej prístroje Guralp Systems Ltd., Veľká Británia, Streckeisen Seismic Instrumentation, Švajčiarsko, Lennartz Electronic Nemecko, Kinematics Inc., USA a i. Hlavnou úlohou je monitorovanie a presná lokalizácia zemetrasení na území Slovenska, ktoré majú makroseizmické účinky (t. j. účinky na ľudí, predmety, stavby a prírodu). Okrem týchto zemetrasení stanice NSSS zaznamenávajú aj ďalšie lokálne (obr. 9), regionálne (obr. 10), vzdialené (tzv. teleseizmické) zemetrasenia a iné seizmické javy, ako napríklad priemyselné explózie, jadrové explózie (obr. 11), ba dokonca aj výbuchy muničných skladov, kotlov a sonické tresky od lietadiel s nadzvukovou rýchlosťou.

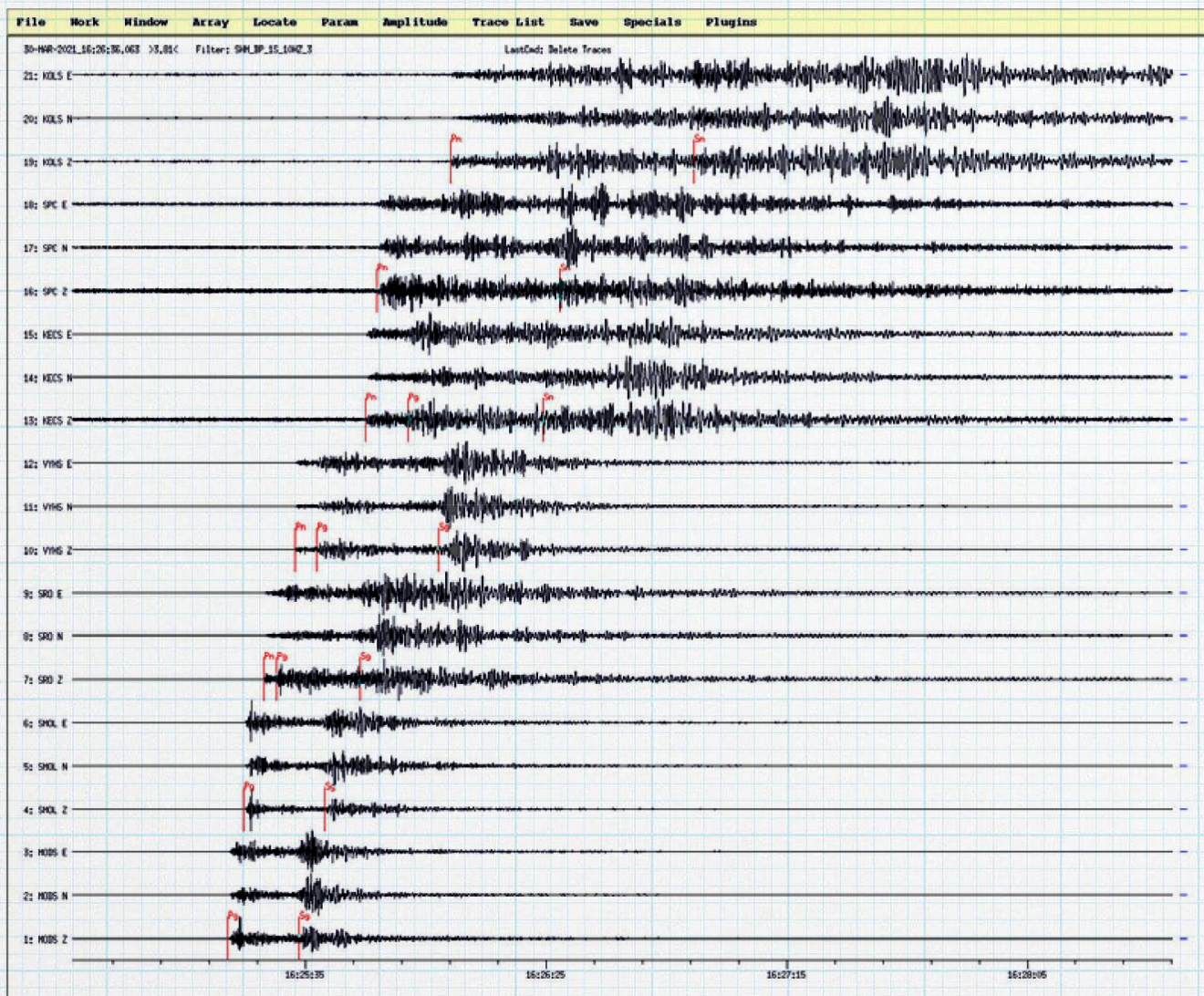


Obr. 9. Detailný záznam zemetrasenia na seizmickej stanici Stebnícka huta (STHS) zo dňa 23.4.2020 o 23:18 UTC (24.4.2020 o 01:18 LSEČ) s epicentrom vo Vihorlate a s lokálnym magnitúdom 3,4. Na zázname os x predstavuje čas v UTC a jednotlivé záznamy zodpovedajú jednotlivým zložkám trojzložkového seizmometra (E – horizontálna zložka východ-západ; N – horizontálna zložka sever-juh; Z – vertikálna zložka hore-dole).



Naša najvýchodnejšia seizmická stanica na Kolonickom sedle v nadmorskej výške 460 m. n. m. Sedlo je v Beskydskom predhorí, oddeľuje údolia Širokého potoka (povodie Uhu) a Koloničky (povodie Laborca) medzi obcami Ladomirov a Kolonica v okrese Snina. Seizmická stanica používa zberný systém Wave 32, seizmometer Guralp CMG-6T-30s.

⁸ SAV usilovala o to, aby sa zdroje z rozsiahlej privatizácie po roku 1990 premietli aj formou dlhodobej investície do výskumu. Podarilo sa to v roku 2000, keď sa pre SAV cestou Ministerstva školstva SR vyčlenilo z privatizácie Slovenských telekomunikácií 22 mil. Sk. Z tejto čiastky na základe vnútroakademického tendra prideliло Predsedníctvo SAV 14 mil. Sk Geofyzikálnemu ústavu SAV na seizmológiu a modernizáciu slovenskej seizmickej siete. V roku 2006 bol kolektív ústavu P. Moczo (vedúci), P. Labák, J. Kristek, M. Kristeková, M. Gális, P. Franek a L. Fojtíková odmenený Cenou SAV za budovanie infraštruktúry pre vedu. Riaditeľom ústavu bol v tomto období Igor Túnyi.

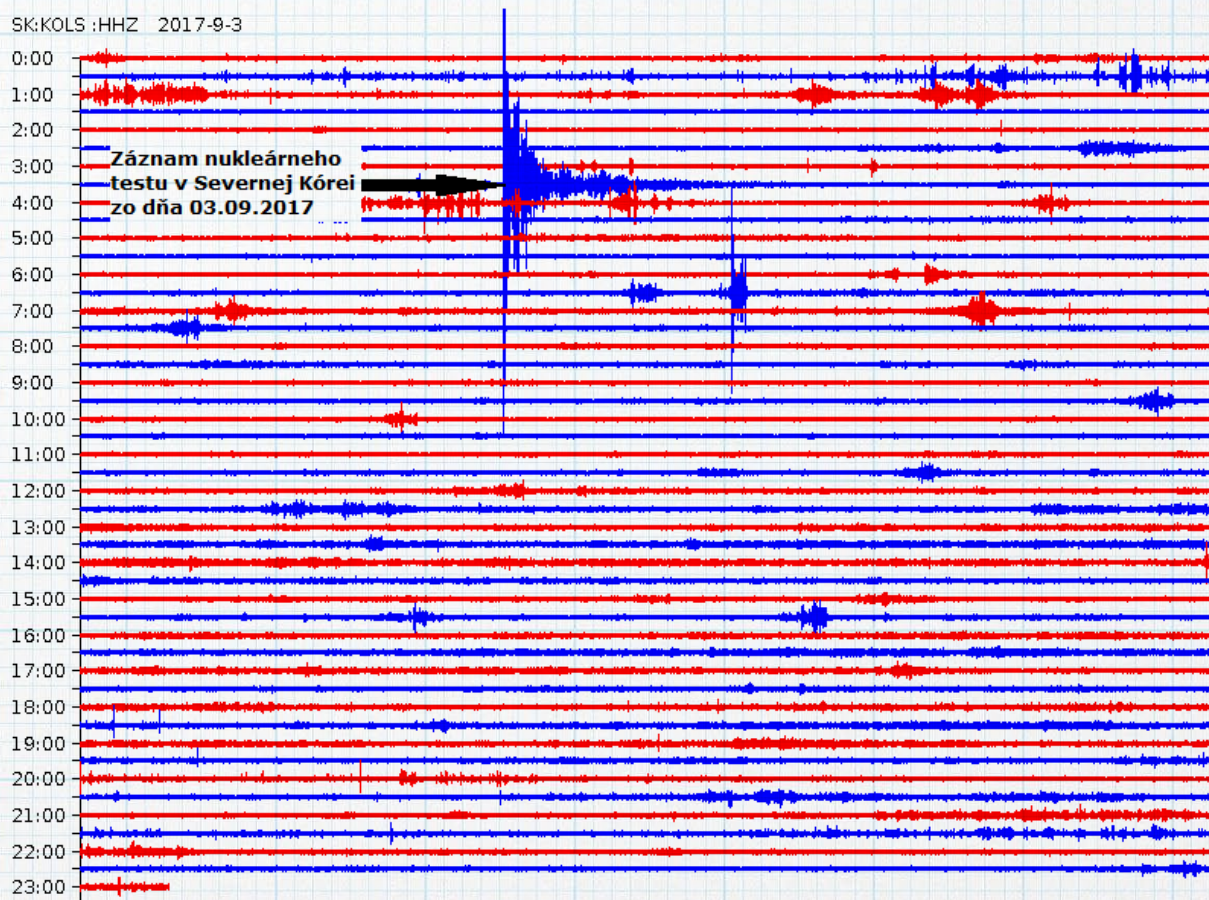


Obr. 10. Záznam zemetrasenia na seizmických staniciach NSSS zo dňa 30.3.2021 o 16:25 UTC (18:25 LSEČ) s epicentrom pri Viedenskom Novom Meste a s lokálnym magnitúdom 4,2. Na zázname os x predstavuje čas v UTC a jednotlivé záznamy zodpovedajú jednotlivým zložkám trojzložkového seizmometra (E – horizontálna zložka východ-západ; N – horizontálna zložka sever-juh; Z – vertikálna zložka hore-dole) príslušnej seizmickej stanice (KOLS - Kolonické sedlo, SPC – Skalnaté pleso, KECS – Kečovo, VYHS – Vyhne, SRO – Šrobárová, SMOL – Smolenice, MODS – Modra)

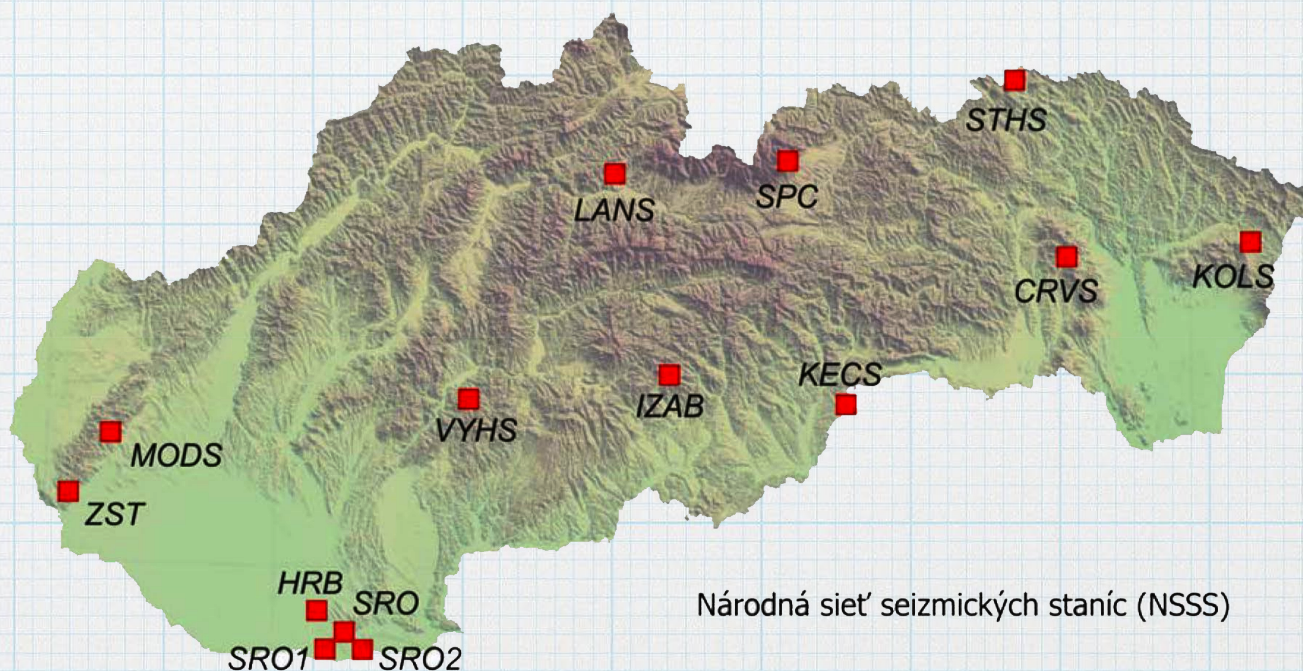
NSSS je tvorená 14 seizmickými stanicami (obr. 12), na ktorých seizmometre zaznamenávajú rýchlosť pohybu pôdy. Digitálne záznamy sa z každej stanice on-line prenášajú do dátového a analyzačného centra ústavu v Bratislave, kde sú údaje analyzované a archivované. Iba najstaršia stanica v Hurbanove (HRB) má z historických dôvodov analógovú registráciu [12].

Dôležitosť a úspech projektu modernizácie a doplnenia Národnej siete seizmických staníc sú nespochybniteľné už len ak porovnáme nazbierané a spracované zemetrasenia v období 1902 – 2003 (obr. 13), čo môžeme charakterizovať ako starú éru, a zemetrasenia od roku 2004 až po súčasnosť (obr. 14), čo je nová éra monitoringu seizmickej aktivity na území Slovenska.

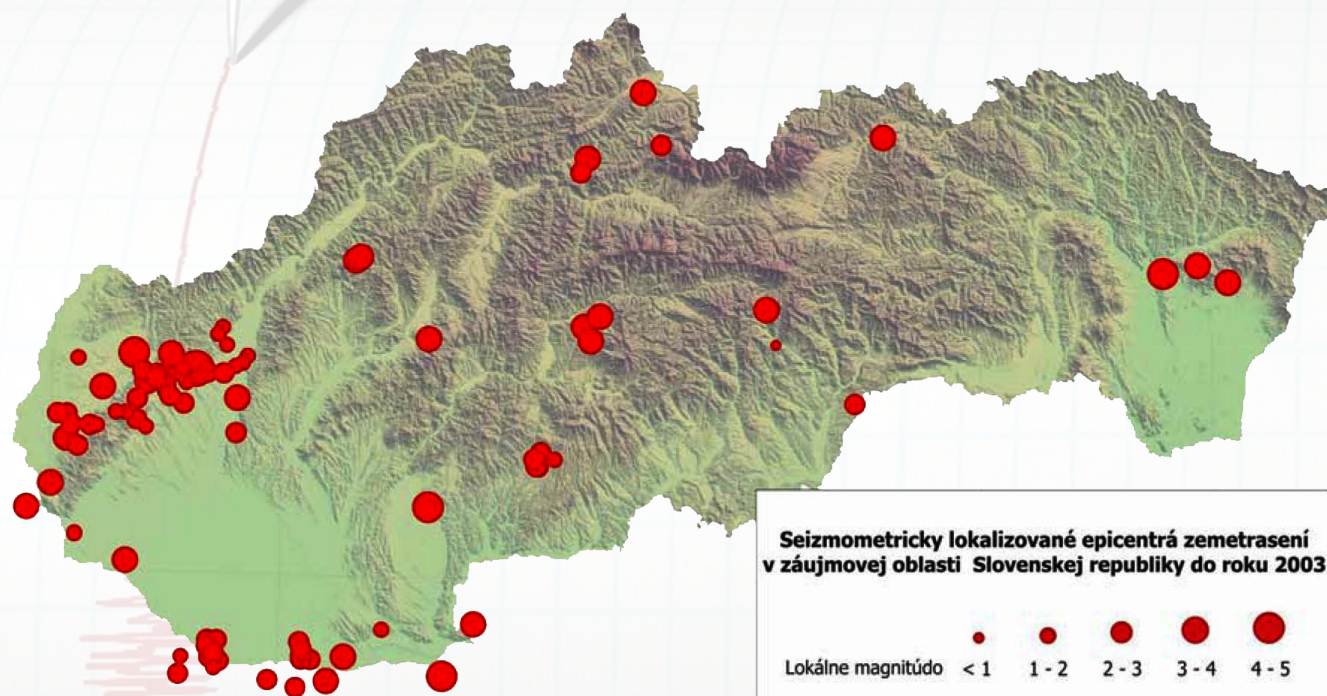
Seismogram from Kolonické sedlo - KOLS station (Slovakia) - Z component
Seizmogram zo seizmickej stanice Kolonické sedlo - KOLS (Slovensko) - vertikálna zložka



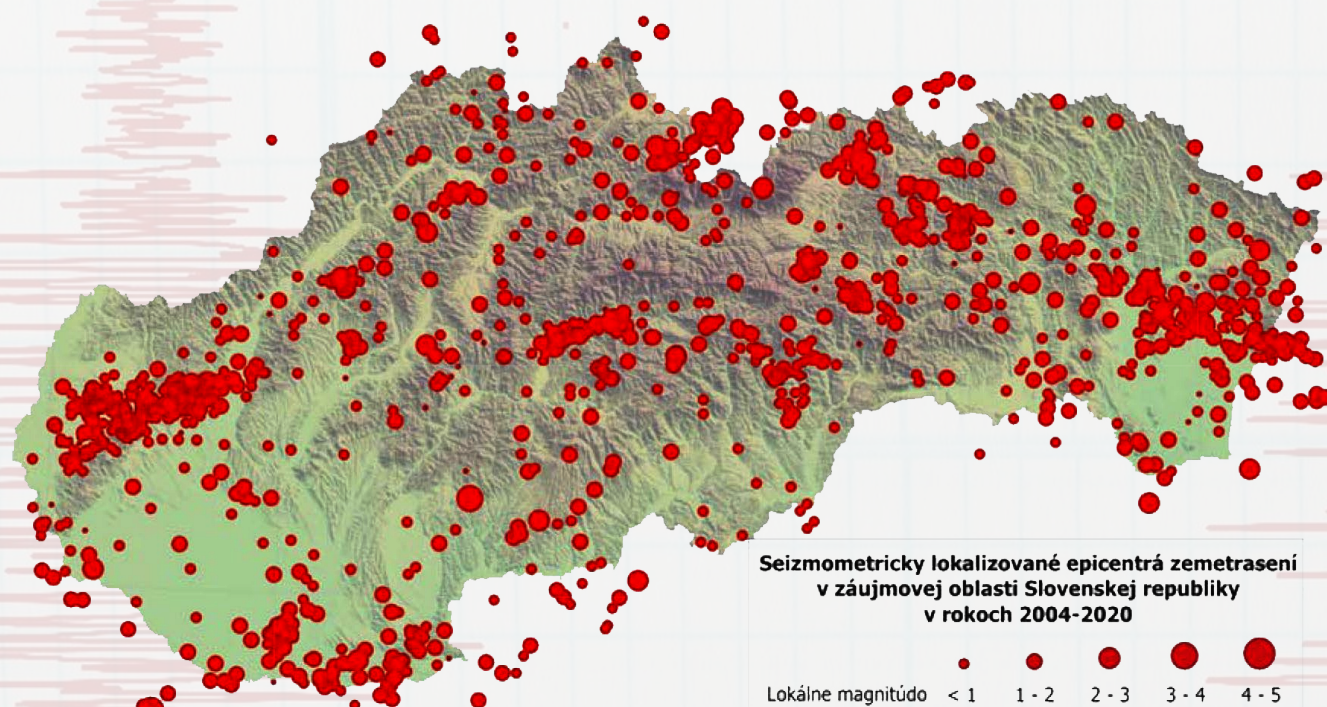
Obr. 11. Záznam jadrovej skúšky v severnej Kórei (KĽDR) na live seizmografe vertikálnej zložky (HHZ) seizmickej stanice Kolonické sedlo (KOLS) zo dňa 3.9.2017



Obr. 12. NSSS, stav v roku 2021. ZST – Železná studienka, MODS – Modra, HRB – Hurbanovo, SRO – Šrobárová, SRO1 – Iža, SRO2 – Moča, VYHS – Vyhne, LANS – Liptovská Anna, IZAB – Izabela, SPC – Skalnaté pleso, KECS – Kečovo, STHS – Stebnícka Huta, CRVS – Červenica, KOLS – Kolonické sedlo



Obr. 13. Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenska v období 1902 – 2003



Obr. 14. Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenska v období 2004 – 2020

V období pred rokom 2004 bolo na území a v priľahlých oblastiach Slovenska seizmometricky lokalizovaných 92 zemetrasení za celý čas monitorovania. Po projekte Modernizácia a doplnenie Národnej siete seizmických staníc sa približne rovnaký počet zemetrasení lokalizuje každý rok.

Záver

Okrem NSSS máme na Slovensku Lokálnu seizmickú sieť východné Slovensko, ktorú prevádzkuje Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK. Zvyšuje to kvalitu monitoringu v tejto oblasti. Pokračuje aj spolupráca so spoločnosťou Progseis s.r.o. so sídlom v Trnave, ktorá prevádzkuje lokálne seizmické siete v okolí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice. Spoluprácou a koordináciou seizmológov sa dosahuje vysoká úroveň aktivít v tejto oblasti.

Nie je účelom tohto článku zachádzať do podrobností platňovej tektoniky a fyziky zemetrasení. Na túto tému slovenskí seizmológovia pravidelne publikujú v odbornej literatúre i v populárnych periodikách, ako napr. Quark. Presné predpovede času kedy nastanú v tej – ktorej lokalite zemetrasenia nie sú možné, ale systemizácia seizmických údajov, geologických a ďalších poznatkov a súvislostí umožňuje seizmické ohrozenie analyzovať, čím aj slovenská seizmická veda a jej protagonisti prispievajú k civilnej bezpečnosti obyvateľstva u nás i vo svete.

Podakovanie

Práca vznikla vďaka grantu VEGA -2/0144/19. Autori oceňujú prácu pána Šternóckeho, ktorý sa odborne a trpezlivo venuje výmene záznamového média a servisu seizmografov typu Mainka a stará sa o to, aby tento svetový unikát naďalej registroval zemetrasenia z celého sveta pre súčasnú i ďalšie generácie.

Obrázky: č. 2, archív Š. Lubyho, č. 15 – Internet, ostatné archív ÚVZ SAV.

Literatúra

- [1] J. Tibenský a kol.: Priekopníci vedy a techniky na Slovensku. Obzor, Bratislava 1988, s. 452 – 459 a i.
- [2] L. Druga: Dejiny astronómie na Slovensku. Slovenská ústredná hviezdáreň Hurbanovo, Bratislava 2006, ISBN 80-85221-53-5, kap. Astronómia v Hurbanove, s. 199 – 225.
- [3] Š. Luby: Konkoly nie je kúkoľ, In: Š. Luby: Posedenie pod tisícročným ružovým krom, VEDA, vydavateľstvo SAV, Bratislava 2014, s. 71 – 77.
- [4] M. Petráš: Z dejín meteorológie na Slovensku do roku 1918, in J. Tibenský et al.: Z dejín vied a techniky na Slovensku VII. VEDA SAV, Bratislava 1974, s. 169 – 204.
- [5] M. Thege Konkoly: Uhorské (maďarské) kráľovské observatóriá v Starej Ďale. Kozmos, 43, 2012, č. 2, s. 36 – 40.
- [6] P. Pajdušák 1997: Historical seismic instruments at the stations Hurbanovo (HRB) and Skalnaté pleso (SPC) of Slovakia. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie 13, 1997, s. 49 – 60.
- [7] A. Prigancová et al.: Geomagnetické observatórium v Hurbanove. Polygrafia SAV, Bratislava 2000, ISBN 80-85754-07-X.
- [8] A. Cipciar, M. Šugár, K. Csicsay, L. Fojtíková, R. Kysel, E. Bystrický, P. Pažák, M. Gális, M. Kristeková, J. Kristek, P. Moczo: Slovak Earthquakes Catalogue, Version 2021. Earth Science Institute of the Slovak Academy of Sciences.

[9] P. Moczo, P. Labák, A. Cipciar, J. Kristek, M. Kristeková, M. Bielik, J. Šajgalíková, D. Režuchová: 100 rokov seizmológie na Slovensku/100 Years of Seismology in Slovakia. Geofyzikálny ústav SAV a Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Bratislava 2002, 106 s.

[10] P. Mónus, L. Tóth: A Magyar szeizmológiai hálózat fejlődése és jelenlegi helyzete/History and Present State of the Hungarian Seismological Station Network. 150 éve született Kövesligethy Radó. A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata, Vol. 174, 2013(I), p. 53 – 65.
<http://www.matud.iif.hu/2013/01/07.htm>.

[11] P. Moczo, P. Labák, J. Kristek: Modernizácia a doplnenie Národnej siete seizmických staníc. Záverečná správa za celú dobu riešenia projektu 2/9011/21. Geofyzikálny ústav Slovenskej akadémie vied, Bratislava 2005, 36 s.

[12] ESI SAS (Earth Science Institute of the Slovak Academy of Sciences), 2004: National Network of Seismic Stations of Slovakia. Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. Other/Seismic Network. doi:10.14470/FX099882

Apendix 1 – Najsilnejšie zemetrasenia

Desať najväčších zemetrasení s magnitúdami od 9,5 ku 8,6 postihli Čile neďaleko mesta Concepción, Aljašku, Indický oceán neďaleko ostrova Sumatra, Sendai – Japonsko, Kamčatku, Tichý oceán neďaleko Ekvádoru, Maule v Čile, Aleuty, znova Indický oceán neďaleko ostrova Sumatra a Tibet.

Desať najväčších zemetrasení podľa počtu obetí od údajne vyše 600 000 po 70 000 postihli Čínu trikrát, ďalej Indický oceán v okolí Sumatry, Haiti, Japonsko, Sovietsky zväz, Pakistan, Peru a v Európe Messinu r. 1908 (72 000 obetí). Súčet obetí týchto katastrof prekračuje 1,5 mil.

Historickej pozornosti sa „teší“ zemetrasenie, ktoré 1. 11. 1755 takmer úplne – na 85 % zničilo európsku metropolu – Lisabon. Nasledovalo kompletné prebudovanie mesta do súčasnej modernej podoby. Zaslúžil sa o to markýz de Pombal, reformátor a najvplyvnejší minister v období vlády Jozefa I. V Lisabone má pamätník (obr. 15).



Obr. 15. Markýz de Pombal, Lisabon

V texte je spomenuté silné zemetrasenie v lokalite Dobrá voda. Zo starších katastrof na Slovensku sa spomína zemetrasenie z 5. júna 1443, ktoré zničilo Banskú Štiavnicu a poškodilo aj Kremnicu. Často sa píše o zemetrasení v Komárne a v okolí z 28. júna 1763, ktoré zničilo 279 domov a zahynulo tam najmenej 63 ľudí. Nakoniec je to ešte zemetrasenie z 15. januára 1858, ktoré zasiahlo Žilinu.

Apendix 2 – Seizmicita v rámcových programoch Európskej únie

Program Civilná bezpečnosť obyvateľstva sa začlenil do rámcových programov EÚ v období 2007 – 2013 (7. RP). Predchádzala mu dvojročná činnosť Európskeho poradného výboru pre výskum bezpečnosti (European Security Research Advisory Board), 2004 – 2005 a v roku 2006 pilotná výzva na podávanie projektov. Téma pokračovala v 8. RP s názvom Horizont 2020 (2014 – 2020) a je súčasťou 9. RP Horizont Európa (2021 – 2027). Výskum sa spočiatku orientoval na boj proti terorizmu, postupne sa záber rozširoval a dnes pokrýva:

- boj proti terorizmu a kriminalite vrátane organizovaného zločinu a kybernetickej kriminality,
- ochranu morských aj suchozemských hraníc,
- odolnosť infraštruktúry,
- kybernetickú bezpečnosť,
- odolnosť spoločnosti.

O autoroch

Kristián Csicsay, Mgr., PhD., magisterské a doktorandské štúdium ukončil na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v roku 2011. Nastúpil do Geofyzikálneho ústavu SAV, dnes Ústav vied o zemi SAV, kde sa zaoberá výskumom recentnej a historickej seizmickej aktivity na území Slovenska a publikuje v problematike seizmológie a seizmicity. Je vedúcim oddelenia seizmológie Geofyzikálneho odboru ústavu a správcom Národnej siete seizmických staníc. Databáza SCOPUS eviduje jeho 15 prác v tejto sfére, publikuje aj prehľadové a populárne práce.

Štefan Luby, Ing., DrSc., prof., vyštudoval na Elektrotechnickej fakulte SVŠT, 1963. Pracoval v Elektrotechnickom ústave SAV a dnes vo Fyzikálnom ústave SAV. Je profesorom STU. Venuje sa fyzike tuhých látok a elektronike (170 prác v database SCOPUS). Seizmicitu sleduje od roku 2004, kedy sa stal slovenským reprezentantom v Európskom poradnom výbore pre výskum bezpečnosti, neskôr národným delegátom v 7. a 8. rámcovom programe EÚ a expertom MŠVVŠ SR v 9. RP EÚ pre túto problematiku.



International Center of Education

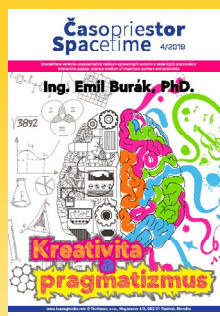
INTERCEDU je jednou z foriem medzinárodného vzdelávania v určitých oblastiach, hlavne v špecializáciách manažmentu, vedeckých trendoch v oblasti informatiky, matematiky, fyziky, chémie a ďalších prírodných vied. Je to tiež vhodná forma vzdelávania v oblasti ekonomiky. Prínosom tejto metódy vzdelávania je možnosť organizovania medzinárodných skupín, ktoré môžu rýchlejšie reagovať na požiadavky praxe v rôznych častiach sveta a môžu tiež kombinovať výskumné kapacity a vzdelávacie kvality učiteľov vo viacerých krajinách. Hlavnými oblasťami činnosti je zlepšovanie kvality v oblasti ekonomickej analýzy činnosti spoločnosti, zlepšovanie využívania obnoviteľných zdrojov energie, zlepšovanie kvality vzdelávania, zlepšovanie riadenia, najmä na úrovni orgánov samosprávy, rozvoj spoločenské vedy.

INTERCEDU sú osobnosti vedy, vzdelávania a praxe s dlhoročnou tradíciou, progresívnymi výsledkami aplikovateľnými kedykoľvek a kdekoľvek na svete i v moderných vzdelávacích inštitúciách alebo v rámci osobnostného rozvoja aj pre široké spektrum študujúcich **formou online**.



INTERCEDU – zvýšenie medzinárodného rankingu pre vyučujúcich

Vyučujúci môže propagovať pomocou prednášok nielen svoje práce, ale aj práce uvedené v našej knižnici. Týmto spôsobom študujúci získavajú možnosti využívania širokej ponuky študijných materiálov, vyučujúci, lektori a špecialisti z praxe širokú publicitu svojich prác. Spolupráca je výhodná pre učiteľov univerzít, ale môžu sa k nej pripojiť aj učitelia iných typov škôl. Pedagogická a vedecká práca učiteľa je veľmi náročná a nie vždy ohodnotená dostatočne. Takýmto spôsobom je možné zvýšiť ranking učiteľa a tiež získať prostriedky pre ďalšiu vedeckú prácu.



INTERCEDU – SPACETIME – interaktívne vedecko-popularizačné médium významných autorov a vedeckých pracovníkov

Najvýznamnejšie práce vyučujúcich sú publikované v elektronickom časopise INTERCEDU – **Časopriestor // Spacetime**, ktorý má úlohu propagovať autorov v medzinárodnom priestore. Cieľom interaktívneho vedecko-popularizačného média je dlhodobá propagácia významných vedeckých prác, aplikačného výskumu a nových objavov zo širokého spektra oblastí. Médium v súčasnej dobe je publikované elektronickou formou prostredníctvom webového portálu www.intercedu.com a www.kassaybooks.com. Za obsah materiálov zodpovedá ich autor.