



## **SEISMICKÝ ROJ V ZÁPADNÍCH ČECHÁCH V LEDNU 2025: SEISMICKÁ STANICE V DOLE JERONÝM**

## **SEISMIC SWARM IN WESTERN BOHEMIA DURING JANUARY 2025: SEISMIC STATION IN JERONYM MINE**

*Zdeněk Kaláb<sup>1</sup>*

### **Abstrakt**

Středověký Důl Jeroným ve Slavkovském lese je jedním z mnoha historických důlních děl v České republice. Od roku 2004, kdy začala rekonstrukce přístupové štoly, byl zahájen i kontinuální seismologický monitoring. V lednu 2025 došlo k výraznějšímu zatížení důlních prostor, protože v západních Čechách v oblasti kraslické oblasti (asi 25 km od dolu) začal seismický roj. V Dole Jeroným bylo v této fázi roje zaznamenáno 6 zemětřesení s magnitudem přesahujícím 2,0 (podle databáze lokální seismické sítě WEBNET). Ačkoli tato zemětřesení nezpůsobují poškození podzemních prostor, interpretace je důležitá pro hodnocení seismického zatížení dolu, zejména při realizaci rekonstrukčních prací a jeho zpřístupnění veřejnosti.

### **Abstract**

The medieval Jeronym Mine in “Slavkovsky les” region is one of many historical mining works in the Czech Republic. Since 2004, when the reconstruction of the access adit began, continuous seismological monitoring has also been started. In January 2025, more significant loading occurred because seismic swarm started in Western Bohemia - Kraslice region (about 25 km from mine). In the Jeronym mine, 6 earthquakes with a magnitude exceeding 2.0 were recorded during this phase (according to the database of local seismic network WEBNET). Although such earthquakes do not cause damage to the underground spaces, interpretation is important for evaluation of seismic loading of the mine spaces, especially, when reconstruction activities are realized and when it is opened for public.

## **Klíčová slova**

*Seismický roj, západní Čechy, Důl Jeroným*

## **Key words**

*Seismic swarm, West Bohemian region, Jeronym Mine*

## **1. Úvod**

Důl Jeroným, který se nachází v lokalitě CHKO Slavkovský les, je unikátní památkou hornické kultury 15. až 16. století (např. Iványi, 2000). Cínový Důl Jeroným u zaniklé obce Čistá eviduje báňský úřad již v roce 1548. Roku 1551 propůjčuje král Ferdinand I. obci Čistá horní právo a privilegia královského města, která byla dalšími panovníky potvrzena a rozšířena. Město mělo vlastní cínovou váhu, cínovou huť a právo volné těžby dříví v královských lesích. Přes velmi rychlý rozvoj těžby byly na počátku 17. století doly ztrátové a udržovaly se jen proto, aby Čistá nepřišla o statut horního města. Podle odhadů poskytl Důl Jeroným za celou historii asi 500–700 tun cínu. Nebyl proto nikdy tak bohatý a věhlasný jako jiná díla v okolí, ale zato se zachoval v původní podobě. V centrální části dolu se nacházejí impozantní komory ze 16. století. V řadě prostor jsou stěny a stropy zbarveny černě od sazí, které se usadily při sázení ohně. Stěny jsou zbrázděny rýhami po želízkách a špičácích tehdejších havířů. S četnými přestávkami a různými výtěžky byly doly v Čisté v provozu až do konce 1. světové války, v letech 1940-1943 a 1964-1966 proběhly důlní práce průzkumného charakteru. V současné době je realizována rozsáhlá a nákladná rekonstrukce dolu, část důlních prostor je zpřístupněna veřejnosti (podle <http://www.omks.cz/main.php?page=dul-jeronym>).

V roce 1990 byl Důl Jeroným prohlášen Ministerstvem kultury ČR nemovitou kulturní památkou a postupně se toto dílo zpřístupňuje širší veřejnosti ve formě historického hornického muzea. Pro zpřístupnění tohoto důlního díla veřejnosti je nutno v první řadě zabezpečit stabilitu důlních prostor a zajistit takové vnitřní mikroklimatické podmínky, aby nedocházelo ke zrychlení degradace horninového masívu a tím k ohrožení bezpečnosti osob v dole. V roce 2001 byl v prostorách Dolu Jeroným zahájen pravidelný geomechanický monitoring s kvartálním odečtem sledovaných veličin: detailní strukturně – tektonická měření, sledování pohybu bloků na stávajících puklinách, konvergenční měření, sledování pohybu hladiny důlních vod (např. Lednická et al., 2011, Kaláb et al., 2006, Žůrek et al., 2005).

Sledování seismického zatížení důlních prostor Dolu Jeroným bylo zahájeno během rekonstrukce dědičné štoly, a to aparaturou se spouštěným záznamem dat. Seismická aparatura typu PCM3-EPC, která je stejně jako seismometry umístěna v důlním díle, byla uvedena do provozu v roce 2004. Na jednodeskový počítač této aparatury je od roku 2006 implementován distribuovaný měřicí systém (dále DMS). Sledovány jsou vybrané geotechnické parametry, aby bylo možno posoudit dynamiku případné změny sledované veličiny. Podrobnější popis koncepce, aparaturního vybavení a zásadní výsledky lze nalézt ve výročních zprávách a v odborné literatuře (Kaláb et al., 2022, Malczewski, 2021, Lednická a Kaláb, 2019, Kaláb a Lednická, 2016, Kaláb et al., 2015).

V tomto článku jsou prezentovány výsledky analýzy seismických záznamů, které byly zaznamenány v důlním díle v lednu 2025, kdy proběhla úvodní fáze seismického roje z nedaleké západočeské (kraslické) oblasti.

## 2. Seismicita oblasti

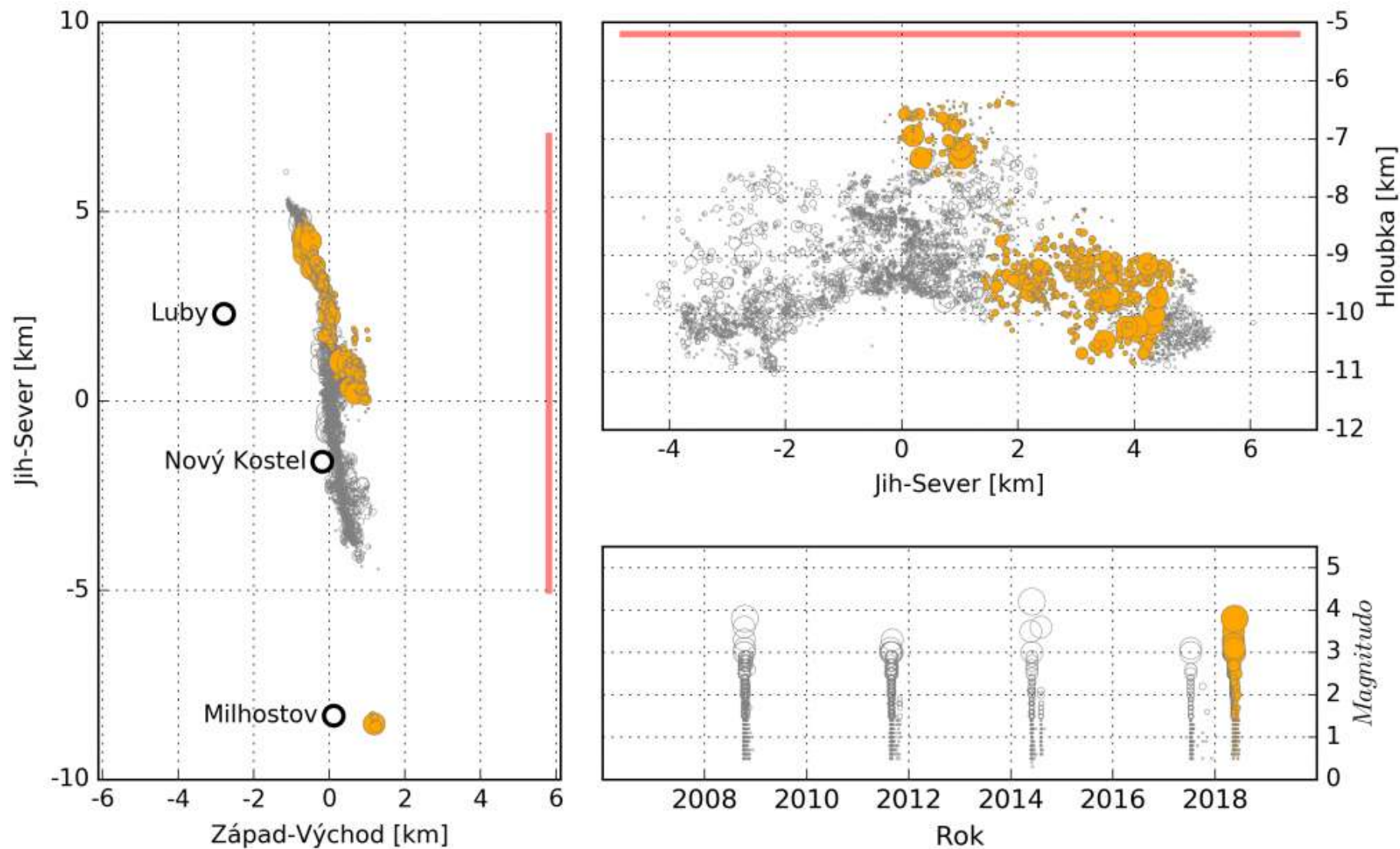
Analýza seismického zatížení okolí dolu a vlastního Dolu Jeroným byla zpracována při projektování rekonstrukce dědičné štoly Jeroným v roce 2003 (např. Kaláb, 2003, Kaláb a Knejzlík, 2004). Ze studií vyplynulo, že dílo může být ovlivněno intenzivnějšími zemětřeseními ze západočeské ohniskové oblasti, avšak technická seismicita zde bude na velmi nízké úrovni. Při rekonstrukci díla bylo nutno posledně jmenované seismické zatížení pečlivě sledovat, protože vyvolané vibrace nabývaly i vyšších hodnot, zvláště vibrace vyvolané při provádění trhacích prací.

Jak již bylo uvedeno, nejbližší ohnisková oblast přirozených zemětřesení vůči Dolu Jeroným se nachází ve vzdálenosti přibližně 25 - 30 km západním směrem. Mladé tektonické pohyby doprovázené vulkanickou činností ovlivnily geologickou stavbu tohoto regionu již během terciéru. I v současné době jsou v západních Čechách a v Německu (oblast nazývaná Vogtland) detekována slabší zemětřesení, nejsilnější z nich jsou pociťována lidmi, kteří zde žijí, nebo mohou i poškodit budovy. Podle mapy seismického ohrožení České republiky (příloha národního aplikačního dokumentu Eurokódu 8) lze v zemětřesné západočeské oblasti očekávat zemětřesení s makroseismickou intenzitou 6° až 6,5°.

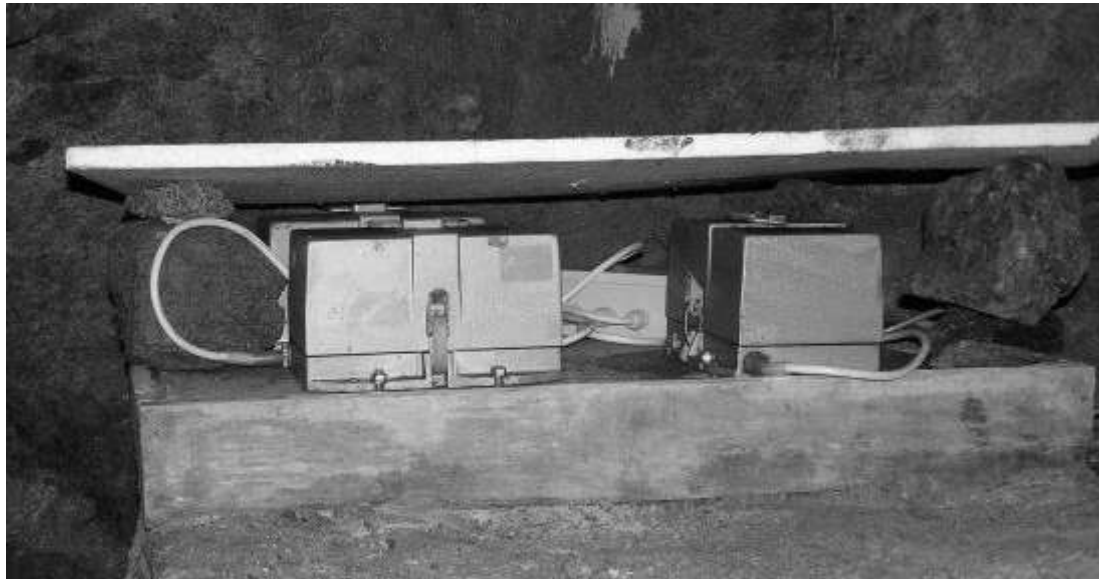
Výzkum zemětřesných rojů v západních Čechách umožňuje seismická monitorovací síť WEBNET provozovaná Geofyzikálním ústavem AV ČR v. v. i. ve spolupráci s Ústavem struktury a mechaniky hornin AV ČR v. v. i. Příklad seismické aktivity oblasti v letech 2000 – 2018 je na obr. 1. Informace o seismickém režimu v kraslické oblasti lze nalézt v literatuře (např. Kolektiv, 2000) a na webu <https://www.ig.cas.cz/vyzkum-a-vyuka/observatore/lokalni-seismicka-sit-webnet/>.

## 3. Experimentální měření

V roce 2004 bylo při započetí rekonstrukce dědičné štoly Jeroným zahájeno monitorování seismického zatížení díla, a to stanicí, jejíž senzory jsou instalovány přímo v důlním díle. Použita je registrační aparatura PCM3-EPC3, vyvinutá pracovníky ÚGN do prostředí s vysokou vzdušnou vlhkostí a kapající vodou. Protože prvotním cílem je sledování vlivu vibrací vyvolaných rekonstrukcí dědičné štoly, bylo z tohoto pohledu postačující použít senzory SM3 s horní mezní frekvencí 80 Hz. Ke snímání vibrací jsou použity tři jednosložkové seismometry SM3 v geografickém uspořádání. Ukotveny jsou na jednoduchý seismický pilíř, aby byly zaznamenávány co nejvyšší frekvence registrovaných seismických jevů. Soustava je kryta stříškou proti kapající vodě, vlastní seismometry jsou vodotěsné (Obr. 2). Po zesílení je signál veden kabelem do registrační aparatury. Aby byla zvýšena odolnost kabelu proti vlhkosti v důlní prostora, byl tento speciální technologií navlečen do izolační trubice. Podrobný popis aparaturního vybavení a metodika měření byly publikovány dříve (např. Kaláb a Knejzlík, 2004a, b, Knejzlík a Kaláb, 2002). Data registrovaná v důlním díle jsou telemetricky přenášena do registračního centra v Ostravě (na ÚGN), kde jsou dávkově zpracovávána. Podrobný popis seismologického monitoringu v důlním díle lze nalézt např. v Kaláb et al., 2022, Lednická a Kaláb, 2016, 2013).



**Obr. 1 – Zemětřesný roj 2018 (oranžové symboly) na pozadí celkové aktivity 2000-2018 (šedě). Převzato: <https://www.ig.cas.cz/vyzkum-a-vyuka/observatore/lokalni-seismicka-sit-webnet/zemetresne-roje-v-zapadnich-cechach-po-roce-2000/>**



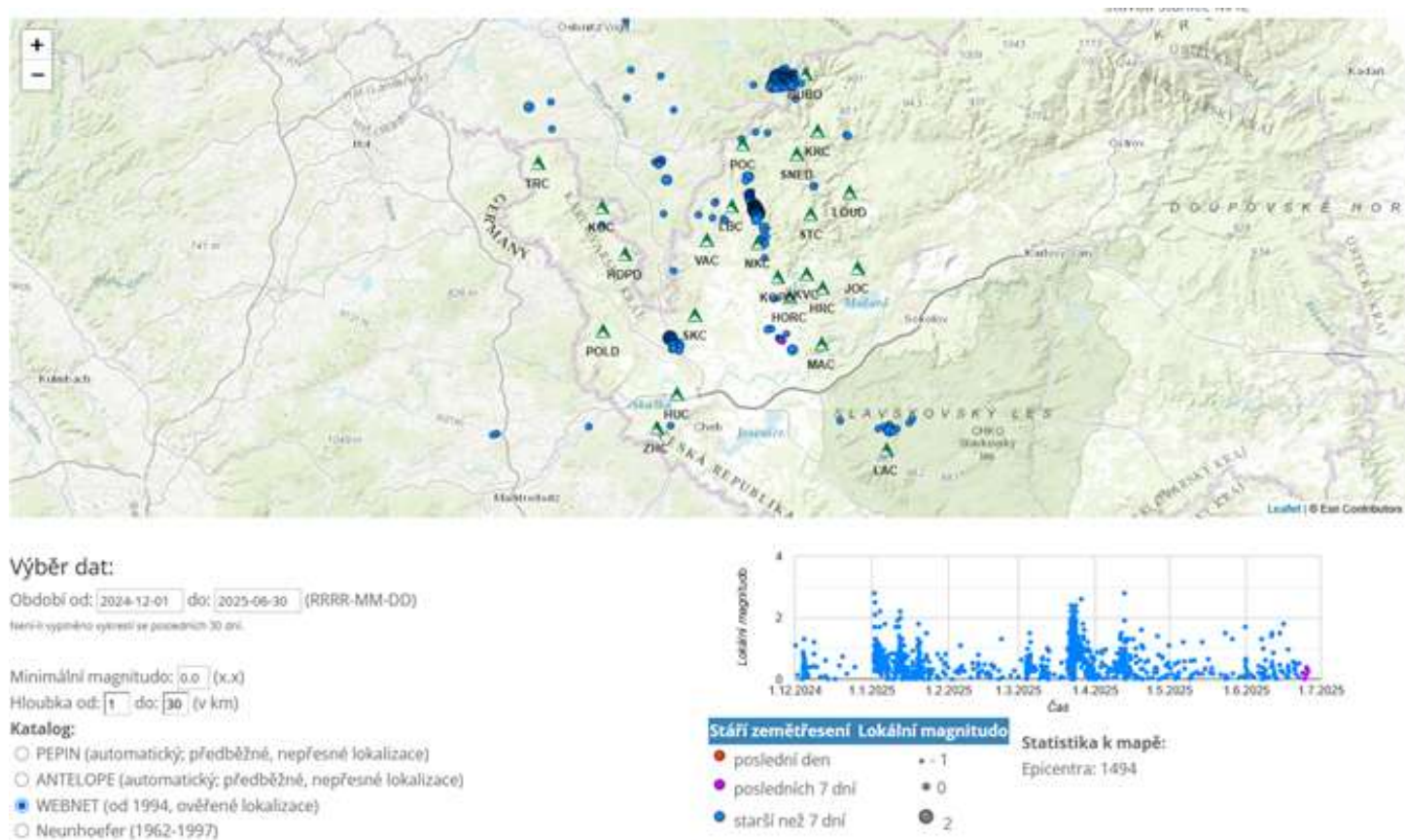
*Obr. 2 Realizace seismického pilíře s trojicí seismometrů SM3 (foto: autor)*

Aktuální registrovaná data lze rozdělit do několika skupin (např. Kaláb et al., 2022):

- Přírozená seizmicita:
  - Zemětřesení z kraslické oblasti
  - Části vzdálených a velmi vzdálených intenzivních zemětřesení (zde nemá aparatura dostatečný frekvenční rozsah)
- Technická seizmicita:
  - Vibrace vyvolané při odstřelu trhavin při rekonstrukci v důlním díle
  - Vibrace vyvolané při rekonstrukci důlních prostor
  - Vibrace vyvolané při odstřelu trhavin v nedalekých lomech Krásno a Vítkov
  - Vibrace vyvolané automobilovou dopravou na cestě nad důlním dílem

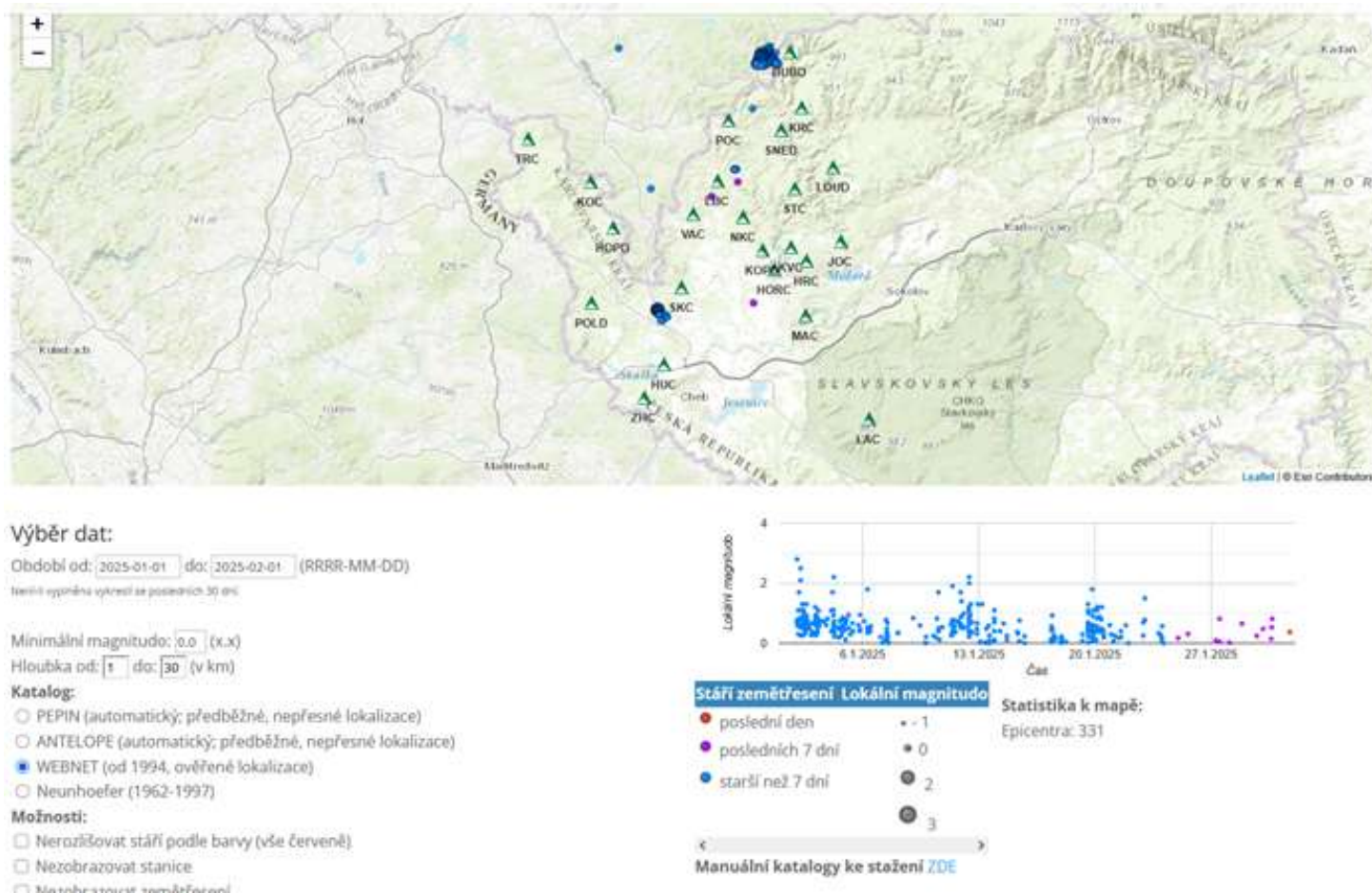
Zvláštní skupinu tvoří vibrace vyvolané praskáním masivu nebo opadem horniny v důlním díle.

Seismický roj začal v prosinci 2024. V době psaní tohoto příspěvku ještě jeho aktivita nepřestala, na skenu obrazovky (obr. 3) jsou vykreslena v mapě epicentra za období prosinec 2024 až červen 2025. Statistické údaje a časová řada zemětřesení je ve spodní části obrázku. Podle katalogu WEBNET bylo v uvedeném období registrováno 1494 zemětřesení s magnitudem přesahujícím hodnotu nula.



**Obr. 3** Mapa epicenter a časová řada seismického roje v kraslické oblasti v 12/2024-6/2025 (převzato z <https://www.ig.cas.cz/vyzkum-a-vyuka/observatore/lokalni-seismicka-sit-webnet/>)

Na obr. 4 je vykreslena situace pro období leden 2025, celkem bylo zaznamenáno 331 zemětřesení s magnitudem převyšujícím hodnotu 0 a 41 zemětřesení s magnitudem převyšujícím hodnotu 1.



**Obr. 4** Mapa epicenter a časová řada seismického roje v kraslické oblasti v lednu 2025 (převzato z <https://www.ig.cas.cz/vyzkum-a-vyuka/observatore/lokalni-seismicka-sit-webnet/>)

V časové řadě na obr. 4 je vidět, že hodnotu magnituda 2 překročilo v lednu šest zemětřesení – Tab. 1. Zemětřesení, která vznikla 2. - 4. ledna mají hypocentra v hloubce 9,3 – 9,5 km a jejich epicentra jsou lokalizována do okolí Bublavy (poblíž stanice BUBD). Přímá vzdálenost epicenter k Dolu Jeroným je cca 33 km. Další dvě zemětřesení z 12. ledna jsou z hloubky 11,6 km a jejich epicentra jsou v jižní části kraslické oblasti u obce Skalná (poblíž stanice SKC), která je od Dolu Jeroným vzdálena cca 25 km. Zaznamenané vlnové obrazy všech zmíněných zemětřesení jsou na obr. 5.

**Tab. 1. Přehled zemětřesení s lokálním magnitudem přesahujícím hodnotu 2 za leden 2025**

Datum	Čas	Hloubka v km	Lokální magnitudo
02.01.2025	1:37	9,4	2,8
02.01.2025	6:37	9,5	2,5
02.01.2025	6:41	9,3	2,1
04.01.2025	6:44	9,5	2,2
12.01.2025	10:13	11,6	2,2
12.01.2025	10:17	11,6	2,0

#### **4. Diskuze a závěr**

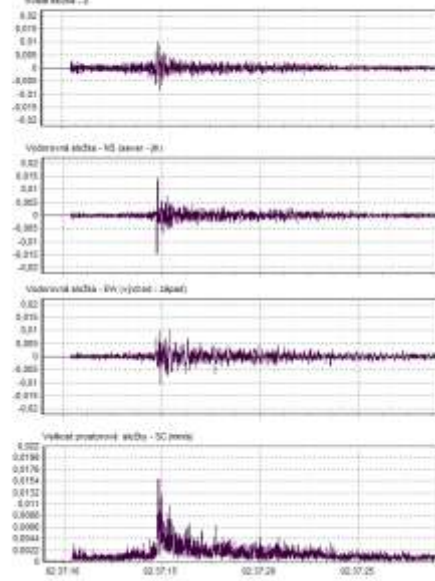
Za dobu monitoringu v Dole Jeroným proběhlo v kraslické oblasti několik seismických rojů. Žádné zaznamenané zemětřesení z kraslické oblasti v důlním díle nevyvolalo vibrace s rychlostí kmitání přesahující hodnotu  $1 \text{ mm.s}^{-1}$ . Pro nejsilnější zemětřesení s lokálním magnitudem 2,8 byla naměřena hodnota na horizontální NS složce rychlosti kmitání  $0,14 \text{ mm.s}^{-1}$ . Nedílnou součástí posuzování vlivu vibrací na důlní dílo jsou i vizuální prohlídky přístupných prostor. Můžeme prohlásit, že nebyl nalezen žádný nový opad porušené nebo zvětralé horniny ze stropu či boku v podzemí a také nebylo detekováno prasknutí skleněných terčů umístěných přes pukliny v nejvyšších částech dolu. Z uvedeného plyne, že popisovaný časový úsek seismického roje v kraslické oblasti nepůsobil významnější seismické zatížení důlních prostor Dolu Jeroným.

Místo závěru: Seismický roj pokračoval, k 30. červnu 2025 bylo detekováno 1494 zemětřesení s lokálním magnitudem větším než 0 (obr. 6).

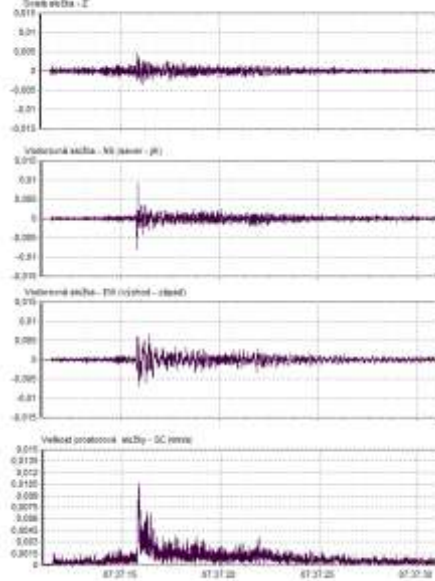
#### **Poděkování**

Príspevek je zpracován s podporou na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace RVO: 68145535.

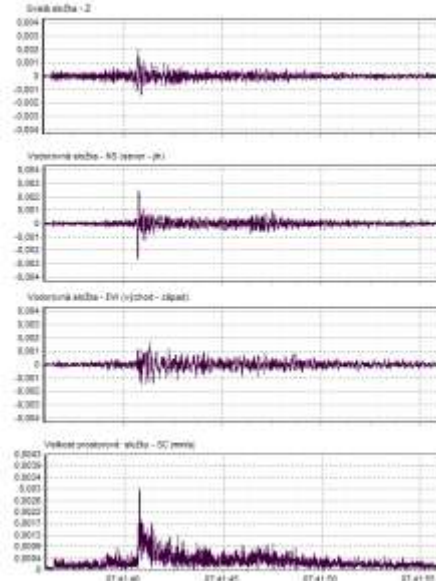
Ústev geoniky AVČR Ostrova, stanice JER1, jev. 2.1.2015 2:36:59  
 Aparatura: PDM + SM3, Rozsah registrace: 8 mm/s  
 z\_max=0.0283; x\_max=0.0144; w\_max=0.0188; sz\_max=0.0138 [mm/s]



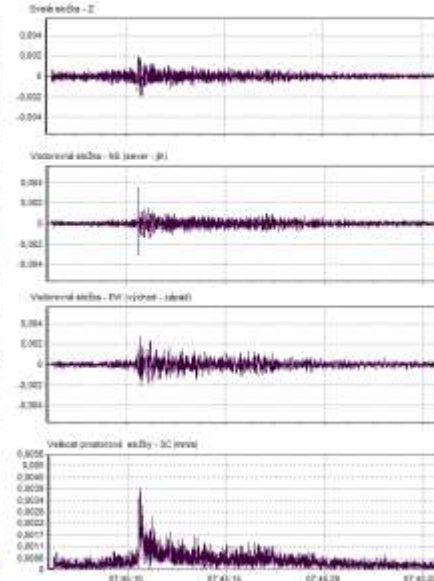
Ústev geoniky AVČR Ostrova, stanice JER1, jev. 2.1.2015 7:37:3  
 Aparatura: PDM + SM3, Rozsah registrace: 8 mm/s  
 z\_max=0.0846; x\_max=0.0393; w\_max=0.0393; sz\_max=0.0196 [mm/s]



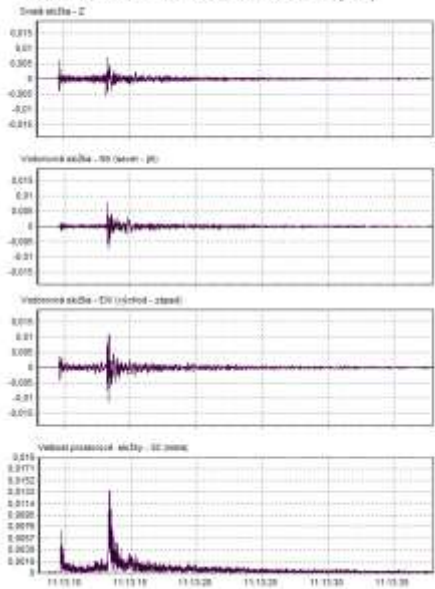
Ústev geoniky AVČR Ostrova, stanice JER1, jev. 2.1.2015 7:41:32  
 Aparatura: PDM + SM3, Rozsah registrace: 8 mm/s  
 z\_max=0.0203; x\_max=0.0327; w\_max=0.0217; sz\_max=0.0333 [mm/s]



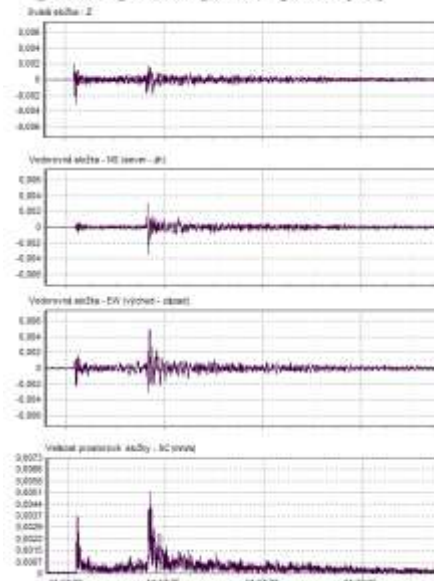
Ústev geoniky AVČR Ostrova, stanice JER1, jev. 4.1.2015 7:45:2  
 Aparatura: PDM + SM3, Rozsah registrace: 8 mm/s  
 z\_max=0.0203; x\_max=0.0271; w\_max=0.0203; sz\_max=0.0048 [mm/s]



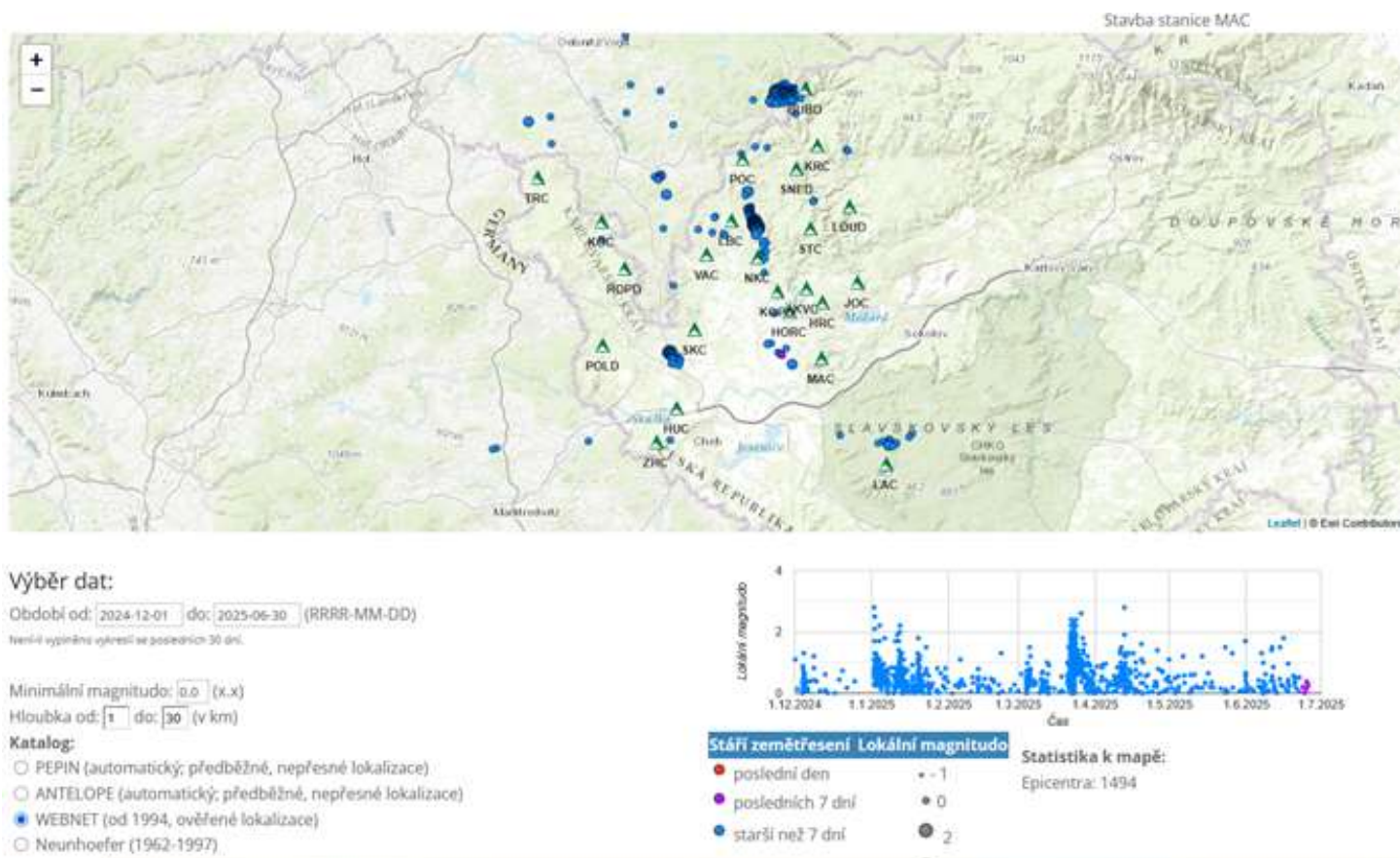
Ústev geoniky AVČR Ostrova, stanice JER1, jev. 12.1.2015 11:13:1  
 Aparatura: PDM + SM3, Rozsah registrace: 8 mm/s  
 z\_max=0.0372; x\_max=0.0370; w\_max=0.0113; sz\_max=0.0135 [mm/s]



Ústev geoniky AVČR Ostrova, stanice JER1, jev. 12.1.2015 11:17:12  
 Aparatura: PDM + SM3, Rozsah registrace: 8 mm/s  
 z\_max=0.0031; x\_max=0.0034; w\_max=0.0058; sz\_max=0.0052 [mm/s]



**Obr. 5 Vlnové obrazy zemětřesení z ledna 2015 zaznamenané stanicí v Dole Jeroným. Horní řada – zemětřesení z oblasti Bublavy, dolní řada – zemětřesení z oblasti Skalné. Na záznamech shora dolů: složky svíslá, vodorovná NS, vodorovná EW, hodnota prostorové složky, hodnoty v  $mm \cdot s^{-1}$ , vodorovná osa je čas záznamu.**



Obr. 6 Mapa epicenter a časová řada seismického roje v kraslické oblasti v 12/2024 – 06/2025 (převzato z <https://www.ig.cas.cz/vyzkum-a-vyuka/observatore/lokalni-seismicka-sit-webnet/>)

### References:

- IVÁNYI, K.: Důl Jeroným – historie a možnost současného využívání. *Uhlí – Rudy – Geologický průzkum*, 11/2000, 42-45.
- KALÁB, Z.: Posouzení seismického zatížení středověkého Dolu Jeroným v České republice. *Acta Montanistica Slovaca*. Roč. 8(2003), č.1, Košice, Slovensko, 36-41.
- KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J.: Metodika posuzování seismického zatížení historických důlních děl na příkladu Dolu Jeroným v Čisté. *Sborník Hornická Příbram ve vědě a technice 2004*, CD, příspěvek T6.

- KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M.: Long-term Geomechanical Observation in the Jeroným Mine. *Acta Geophysica*, Vol. 64, No. 5, Oct. 2016, 1513-1524. DOI: 10.1515/acgeo-2016-0054
- KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J., KOŘÍNEK, R., ŽŮREK, P.: Cultural Monument Jeroným Mine, Czech Republic – Contribution to the Geomechanical Stability Assessment. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, M-29(395), 2006, 137-145.
- KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M., KNEJZLÍK, J., KALÁB, T.: Deset let geotechnických studií v Dole Jeroným. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 1, 2015, s. 1-9. ISSN 1803-1447.  
[http://www.caag.cz/egrse/2015-1/01\\_kalab.pdf](http://www.caag.cz/egrse/2015-1/01_kalab.pdf)
- KALÁB, Z., RÖSNEROVÁ, M., KALÁB, T.: Dvacetiletí seismologického monitoringu v dole Jeroným. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, No.1/2022, 54-65. DOI: 10.26345/EGRSE-054-22-104
- KNEJZLÍK, J., KALÁB, Z.: Seismic Recording Apparatus PCM3-EPC. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, M-24(340), 2002, 187-194.
- LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J.: Kontinuální geomechanický monitoring v Dole Jeroným. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 1, 2011, s. 62-72. ISSN 1803-1447.  
[.http://www.caag.cz/egrse/2011-1/clanek\\_07.pdf](http://www.caag.cz/egrse/2011-1/clanek_07.pdf)
- LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z.: Vibration effect of earthquakes in abandoned medieval mine. *Acta Geod Geophys.*, 2013, 48, 3, 221-234. DOI 10.1007/s40328-013-0018-4.
- LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z.: Vibration effect of near earthquakes at different depths in a shallow medieval mine. *Acta Geophysica*, 2016, 64, 6, 2244-2263. DOI: 10.1515/acgeo-2016-0085.
- LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z.: Monitorování úrovně hladin akumulovaných vod v Dole Jeroným: Nové Poznatky do roku 2019. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 1, 2019, s. 38-56. DOI: 10.26345/egrse-038-19-104
- MALCZEWSKI, D., DZIUROWICZ, M., KALÁB, Z., RÖSNEROVÁ, M.: Natural radioactivity of rocks from the historic Jeroným Mine in the Czech Republic. *Environ Earth Sci*, Vol. 80, 650 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09944-5>
- ŽŮREK, P., KOŘÍNEK, R., MICHALČÍK, P., ŠTĚPÁNKOVÁ, H., DANĚK, T., KUKUTSCH, R., KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J., LEDNICKÁ, M.: Komplexní sledování geotechnických problémů lokality Čistá – Důl Jeroným, období 2004-2005. *Uhlí, Rudy, Geologický průzkum*, 9/2005, 31-34.

<http://www.omks.cz/main.php?page=dul-jeronym>

<https://www.ig.cas.cz/vyzkum-a-vyuka/observatore/lokalni-seismicka-sit-webnet/>

---

**Autor:**

<sup>1</sup> prof. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc. – Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Studentská 1768, 708 00, Ostrava-Poruba, [kalab@ugn.cas.cz](mailto:kalab@ugn.cas.cz)