

**Zdeněk KALÁB<sup>1</sup>, Jaromír KNEJZLÍK<sup>2</sup>**

**POSOUZENÍ SEIZMICKÉHO ZATÍŽENÍ STONAVY SLABÝMI DŮLNĚ  
INDUKOVANÝMI SEIZMICKÝMI JEVI - VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍHO  
MĚŘENÍ**

**EVALUATION OF SEISMIC LOADING OF STONAVA VILLAGE  
CAUSED BY WEAK MINING INDUCED SEISMIC EVENTS – RESULTS OF  
EXPERIMENTAL MEASUREMENT**

**Abstrakt**

Pro zhodnocení platnosti naměřených dat pro okolí seizmické stanice bylo provedeno experimentální měření. Měření bylo realizováno v oblasti obce Stonava, která je dotčena důlně indukovanou seizmicitou. V příspěvku jsou popsány výsledky z měření provedeného v roce 2008. Po dobu měření vznikly pouze slabé jevy, proto získané výsledky nepovažujeme za významné.

**Abstract**

Seismological experimental measurement was performed to evaluate validity of data for surroundings of seismic station. Area of Stonava village was selected because it is undermined region with mining induced seismicity. Results from measurement realized in October 2008 for seismic loading evaluation are presented in this paper. Only weak mining induced seismic events occurred during experiment, therefore, obtained results are not significant.

**Úvod**

Seizmické účinky na povrchové objekty v karvinské oblasti, která je mj. známa poddolováním a důlně indukovanou seizmicitou, jsou monitorovány také solitérními stanicemi provozovanými Ústavem geoniky AV ČR, v.v.i., Ostrava (např. Kaláb a Knejzlík, 2001, 2002, 2005, 2006, Doležalová et al., 2008). Trvalé stanice jsou většinou umístěny ve velkých budovách, v nichž není budován seizmický pilíř. Není však známo, jak jsou měřené hodnoty rychlostí kmitání ovlivněny lokálními geologickými podmínkami (site effect) a tudíž, jak jsou reprezentativní pro stanovení seizmického zatížení dalších objektů v okolí.

---

<sup>1</sup> Doc. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc., Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Studentská 1768, Ostrava, e-mail: [kalab@ugn.cas.cz](mailto:kalab@ugn.cas.cz), též VŠB - Technická univerzita Ostrava, fakulta stavební, L. Poděštné 1875, Ostrava

<sup>2</sup> Ing. Jaromír Knejzlík, CSc., Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Studentská 1768, Ostrava, e-mail: [knejzlik@ugn.cas.cz](mailto:knejzlik@ugn.cas.cz)

Teoretické řešení problému vychází z poznatků publikovaných různými autory o vlivu lokální geologické stavby a geometrie oblasti na velikost seizmického efektu (např. Ansal, 2004, Ptilakis, 2007). Pro náš experiment byla vybrána oblast Stonavy, která leží na jihovýchodě karvinské oblasti. Pro tuto oblast byla zpracována detailní studie, která zahrnuje informace o lokálně-geologické a hydrogeologické situaci. Ve studii jsou uvedeny také poznatky o minulé i budoucí hornické aktivitě, s čímž úzce souvisí vývoj deformací na povrchu a vývoj hydrogeologické situace. Základní poznatky byly shrnuty v článku Müllerové et al. (2008). Mapa „Seizmická charakteristika základových poměrů“ (Lednická a Kaláb, 2008) dokládá, že Stonavsko je oblast jak s příznivými základovými poměry, tak s nepříznivými, případně velmi nepříznivými základovými poměry. Posledně jmenovaná místa zahrnují především oblasti s aktivními sesuvy, s aktivními deformacemi terénu a oblasti násypů, hald a odkališť. Z tohoto pohledu se jeví testovací oblast jako velmi vhodná pro posuzování platnosti měřených dat pro okolí měřeného stanoviště.

Níže popsáný experiment proběhl v říjnu 2008. Po dobu jeho trvání nevznikl důlně indukovaný seizmický jev s významnějším seizmickým projevem na povrchu. K tomu došlo až v závěru roku, kdy vznikly dva velmi intenzivní seizmické jevy s významnými vibračními projevy na povrchu, jejichž složková amplituda rychlosti kmitání dosáhla hodnoty 20 mm.s<sup>-1</sup>.

### **Experimentální měření**

V zájmové oblasti jsou ÚGN provozovány ve spouštěném režimu dvě trvalá stanoviště: první je ve sklepech obecního úřadu (STO1) a druhé ve sklepech polské školy (STO 2). V období od 7. do 24. října 2008 bylo provedeno měření na čtyřech dočasných stanicích v oblasti Stonavy (označeny KAR A, B, C, D, obr. 1). Vzdálenost mezi stanicemi KAR A a KAR C byla necelý 1 km, ostatní vzájemné vzdálenosti byly menší. Všechny stanice byly provozovány v kontinuálním režimu (stanice KAR D pro technickou poruchu registrovala pouze tři dny). Použity byly registrační aparatury GAIA II se senzory ViGeo nebo Le3D (2 – 80 Hz), senzory byly instalovány ve sklepních prostorách rodinných domů. Vzorkovací frekvence digitálních záznamů byla 250 Hz. Z kontinuálních záznamů bylo odečteno přes 100 projevů důlně indukovaných seizmických jevů. Příklad záznamu vlnového obrazu pro nejintenzivnější seizmický projev je na obr. 2.

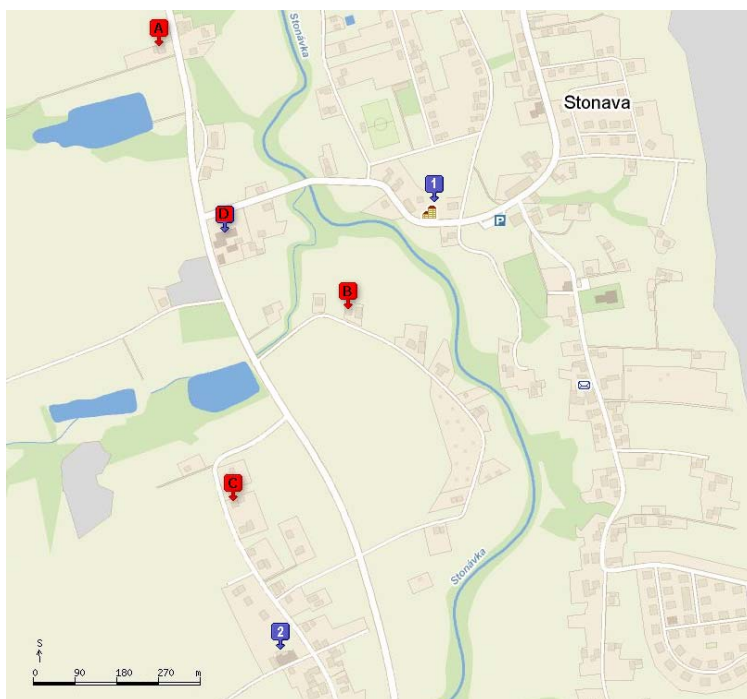
Všechny stanice se nacházely v lokalitách, na nichž byly stanoveny velmi nepříznivé základové podmínky, bylo tedy možno očekávat zvýšené projevy vyvolaných vibrací. Jak již bylo zmíněno, po dobu registrace nevznikl intenzivní důlně indukovaný jev; maximální zaregistrovaná hodnota byla 0,62 mm.s<sup>-1</sup> (KAR A) pro seizmický jev, který vznikl 9. října 2008 v 00:28 (obr. 3).

### **Porovnání naměřených hodnot**

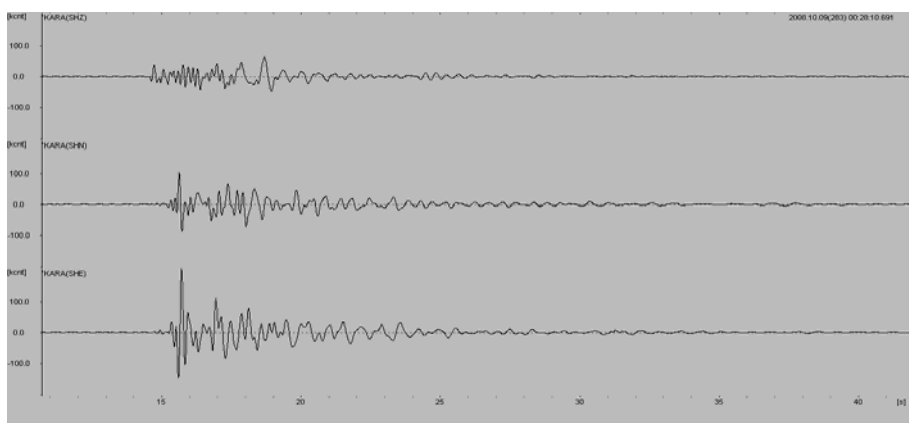
Přestože maximální seizmický projev naměřený během experimentu byl pouze 0,6 mm.s<sup>-1</sup>, bylo provedeno porovnání naměřených hodnot na jednotlivých stanicích. Porovnávání však mohly být pouze absolutní hodnoty rozdílů mezi naměřenými daty, neboť relativní odchylky jsou pro malé naměřené hodnoty nepoužitelné (rozdíly několika stovek procent).

Na obr. 4 jsou vyneseny absolutní hodnoty rozdílů ze záznamů z jednotlivých složek stanic KAR B a KAR C od hodnot naměřených na stanici KAR A. Maximální absolutní hodnota rozdílů je v tomto uspořádání 0,35 mm.s<sup>-1</sup>. Maximální hodnota rozdílů je stejná, pokud použijeme jako opěrnou (srovnávací) hodnotu naměřená data z ostatních

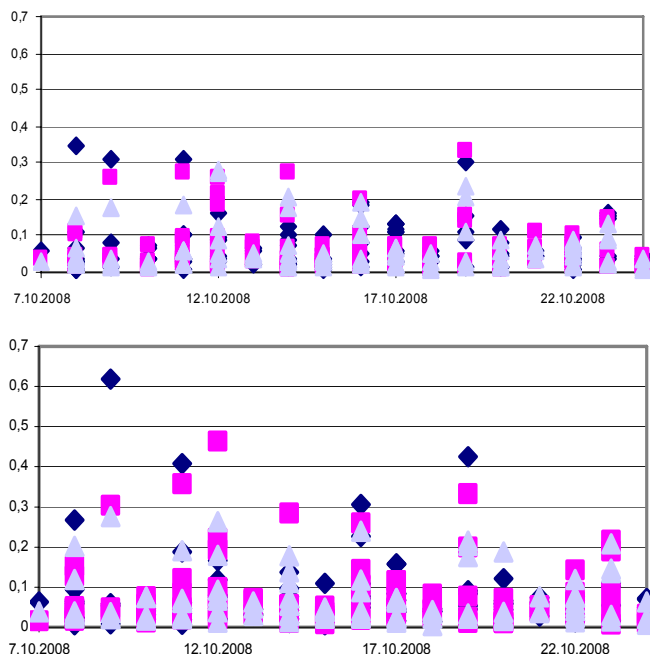
dvou stanic. Součet odchylek je roven nule, pokud je jako opěrná stanice použita stanice KAR B. Pro ostatní dva soubory je součet odchylek cca 2,5 (v součtu je více než 600 hodnot).



**Obr. 1** Mapa Stonavska s vyznačením dočasných seizmických stanic (podklad: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))



**Obr. 2** Vlnový obraz důlně indukovaného seizmického jevu zaznamenaného na stanici KAR A, shora dolů složka svislá, horizontální N-S a horizontální E-W, na ose y vynesen počet kvantovacích úrovní analogově-číslicového převodu ( $1\text{Mcnt} = 2,975\text{ mm.s}^{-1}$ )



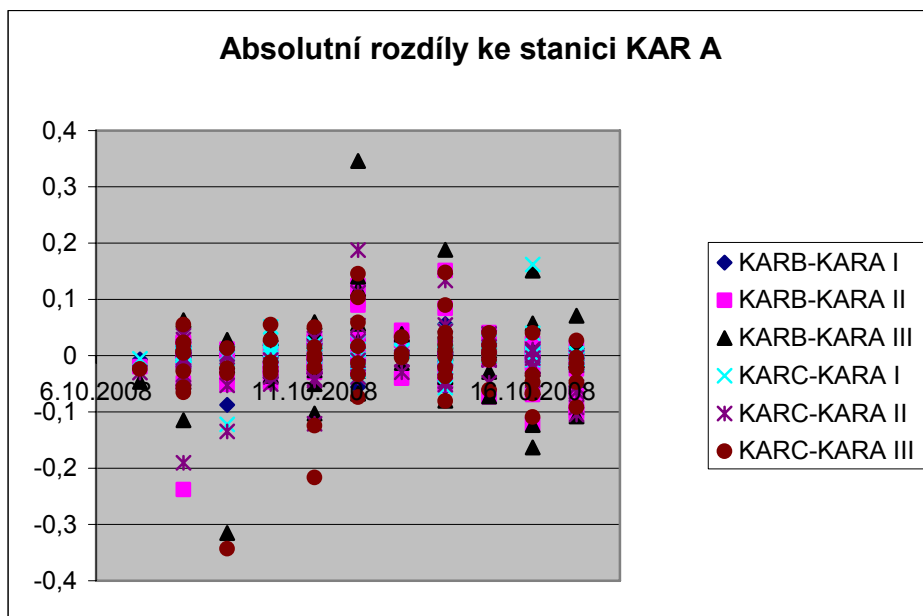
**Obr. 3** Grafy maximálních rychlostí kmitání (v  $\text{mm.s}^{-1}$ ) naměřených na stanicích KAR A, KAR B a KAR C; nahoře vertikální složky, vlevo dole horizontální N-S složky, vpravo dole horizontální E-W složky

Podle dostupných informací, geologická a hydrogeologická situace byla na všech třech monitorovaných místech velmi podobná. Pro tuto slabou seizmicitu lze konstatovat, že seizmické zatížení ve sledované oblasti je srovnatelné. Tento závěr ovšem nebylo možno posoudit pro silnější důlně indukovaný seizmický jev. Tento druh seizmického projevu se vyznačuje vytvořením složitého vlnového pole na povrchu s největšími hodnotami v epicentru. Pole maximálních rychlostí na povrchu je významně ovlivněno jak mechanismem vzniku daného jevu, tak i lokálními geologicko-hydrogeologickými podmínkami (např. Doležalová et al., 2004, Holečko et al., 2006). Změnu velikostí seizmických projevů potvrzují také matematické modely, které se zabývaly změnou velikosti seizmického zatížení v různých geologických podmínkách (např. Hruběšová a Kaláb, 2005, Hruběšová et al., 2006, 2008, Kaláb et al., 2008).

### Závěr

Intenzita důlně indukované seizmicity je dána především stavem masivu, který vyplývá ze současných i předchozích těžebních aktivit. Na povrchu nad poddolovaným územím vzniká po vzniku důlně indukovaného seizmického jevu seizmický projev. Ten je výsledkem kombinace zdrojových parametrů seizmického jevu a fyzikálních parametrů hornin v místě měření. V tomto příspěvku jsou představeny výsledky experimentálního měření, jehož cílem bylo přispět ke stanovení platnosti naměřených hodnot pro okolí monitorovaného místa. Je známo, že vlnové pole na povrchu je proměnlivé (site effect, interference, ...). Protože nebyl zaznamenán důlně indukovaný

seismický jev s větším seismickým projevem na povrchu, není možno provést detailnější zhodnocení platnosti naměřených dat pro okolí.



**Obr. 4** Graf absolutních rozdílů (v  $\text{mm.s}^{-1}$ ) pro jednotlivé složky stanic KAR B a KAR C ke stanici KAR A

*Poděkování:*

*Tento příspěvek vznikl v rámci řešení projektu Grantové agentury České republiky č. 105/07/0878 Studium seismických účinků v okolí seismické stanice v závislosti na místních geologických podmínkách.*

### **Literatura:**

- [1] ANSAL, A. Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering and Microzonation. Kluwer Academic Publisher, Dortrecht, 2004, 353 pp.
- [2] DOLEŽALOVÁ, H., HOLEČKO J., KALÁB, Z. & KNEJZLÍK, J. Analýza vlivu důlně indukované seismicity na povrch na Karvinsku. *Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební)*. 2004, roč. IV, č.2/2004, 85-93.
- [3] DOLEŽALOVÁ, H., HOLUB, K. & KALÁB, Z. Underground Coal Mining in the Karviná Region and Its Impact on the Human Environment (Czech Republic). *Moravian Geographical Report*. 2008, Vol. 16, No. 2, pp. 14-24.
- [4] HOLEČKO J., KALÁB, Z., KNEJZLÍK J. & PTÁČEK, J. Rychlost kmitání povrchu v karvinské části hornoslezské pánve. *Uhlí – Rudy – Geologický průzkum*. 2006, č.2/2006, 34-39.
- [5] HRUBEŠOVÁ, E. & KALÁB, Z. Example of Modeling of the Mining Induced Seismicity Impact on the Building Using Numerical System Plaxis. In: *Konečný,*

- Pa. (ed): *EUROCK 2005 – Impact of Human Activity on the Geological Environment*. A.A.Balkema Publisher, Leiden, 2005, pp. 213-218.
- [6] HRUBEŠOVÁ, E., KALÁB, Z. & VOJTASÍK, K. Modelování vlivu podzemní vody na velikost seizmických projevů na povrchu. *Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava)*. 2006, Řada stavební, roč. VI, č.1/2006, 103-108.
- [7] HRUBEŠOVÁ, E., MAREK, R., KALÁB, Z. & KOŘÍNEK, R. Modelová analýza vlivu hydrogeologických podmínek na velikost seizmických projevů na povrchu. In *Zborník Geotechnika 2008 – Konštrukcie, technologie a monitoring*. ORGWARE, Vysoké Tatry – Podbanské, Slovensko, 2008, 87-92.
- [8] KALÁB, Z. & KNEJZLÍK, J. Systematické měření a předběžné vyhodnocení seizmického kmitání vyvolaného důlní seismicitou v karvinské oblasti. In *Kaláb, Z. (ed.): Seismologie a inženýrská geofyzika – minulost, přítomnost a budoucnost*. Sborník referátů regionální konference, Ústav geoniky AV ČR, Ostrava, 2001, 230-239.
- [9] KALÁB, Z. & KNEJZLÍK, J. Systematic Measurement and Preliminary Evaluation of Seismic Vibrations Provoked by Mining Induced Seismicity in Karviná Area. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.* 2002, M-24(340), Warszawa, pp. 95-103 .
- [10] KALÁB, Z. & KNEJZLÍK, J. Seizmologický experiment z Karvinska v roce 2004. *Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební)*. 2005, roč. V, č.2/2005, 69-76.
- [11] KALÁB, Z. & KNEJZLÍK, J. Field Measurement of Surface Seismic Vibrations Provoked by Mining in Karvina Region. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.* 2006, M-29(395), Warszawa, pp. 185-194.
- [12] KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J. & HRUBEŠOVÁ, E. Vliv lokální geologie na rychlost kmitání na povrchu v karvinské oblasti. *Uhlí-Rudy-Geologický průzkum*. 2008, č.1/2008, 26-31.
- [13] LEDNICKÁ, M. & KALÁB, Z. Signální mapa tématické vrstvy „seizmická charakteristika základových poměrů“ pro vybranou oblast karvinského regionu. In *70 rokov SvF STU - Zborník príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie*. 2008, CD, Slovenská technická univerzita v Bratislave, stavební fakulta, 9 stran.
- [14] MÜLLEROVÁ, J., MÜLLER, K. & GRMELA, A. Geologické a hydrogeologické poměry vybraných lokalit Karvinska. *Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava)*. 2008, Řada stavební, roč. VIII, č.2/2008, 151-164.
- [15] PITILAKIS, K.D.-ed. (2007): *Earthquake Geotechnical Engineering*. Proceedings of 4th Int. Conf., Springer, 487 pages.

**Oponentní posudek vypracoval:**

**RNDr. Bohuslav Růžek, CSc., Geofyzikální ústav AVČR, v.v.i., Praha**