

UŽITÍ PROGRAMU PLAXIS PRO MODELOVÁNÍ ÚČINKŮ DŮLNĚ INDUKOVANÉ SEISMICITY NA POVRCHOVÉ OBJEKTY

USE OF PLAXIS SYSTEM FOR MODELING OF MINING INDUCED SEISMICITY ON BUILDINGS

Abstract

The numerical system Plaxis (Holland) based on the FEM was used for seismic response modeling. The excavated coal deposits in the Karviná mine district are situated close to populated areas and this excavation can be manifested into the macroseismic effects on the surface. Initial results of the seismic response modeling for the surface objects affected by mining seismicity are presented in this paper. Changes in sedimentary thicknesses (Quaternary or Tertiary formations) are evaluated.

Úvod

Seizmické zatížení karvinské oblasti důlně indukovanou seismicitou je významné, jak dokazují četnosti jevů a naměřené maximální hodnoty rychlosti kmitání. Konkrétní hodnoty je možno nalézt v literatuře, např. Holub a Rušajová (2001), Kaláb and Knejzlík (2002), Doležalová et al. (2004). Občasné makroseismické projevy na povrchu vedou k podrobnějšímu studiu současného stavu. Hlavní parametry ovlivňující velikost seizmického projevu na povrchové objekty jsou:

- Seizmologické - velikost seizmického jevu, převládající frekvence kmitání a doba trvání maximální fáze, rozměr a hloubka ohniska, vzdálenost hodnoceného místa a epicentra
- Geologické - lokální geologická stavba (odezva povrchových vrstev), poloha zlomů, vlastnosti prostředí, jímž se šíří seizmické vlny
- Stavební - druh základové půdy, „kontakt“ základů s podložím, rozměry a typ (habitus) objektů, rozložení hmot v objektu, rezonanční vlastnosti objektů

V seizmologických studiích je dokumentována místní proměnlivost projevů seizmických jevů na povrchu, což je způsobeno mimo jiné lokální geologickou přípovrchovou stavbou (tzv. site effect). Zesilování či zeslabování seizmických projevů v sedimentárních vrstvách je často diskutován např. v Bullen a Bolt (1993), Janotka et al. (1997), Janotka a Viskup (1998, 2004), Udías (1999), Olszewska a Lasocki (2004) a mnoha příspěvcích v odborných časopisech.

Z mapové dokumentace karvinské oblasti je známo, že mocnost pokryvných útvarů dosahuje až 800 m, přičemž jsou známa i místa, v nichž karbonské pohoří vystupuje na povrch (např. Dopita, 1997). Dobrá znalost vlastností sedimentárního pokryvu a detailní interpretace přenosových vlastností pro seizmickou energii přispívá k přesnějšímu mikrorajónování (posuzování míst z hlediska seizmického zatížení).

V příspěvku jsou presentovány výsledky modelování odezvy povrchových objektů zasažených důlní seismicitou ve studované oblasti. Studie byla zaměřena na posouzení změn velikosti seizmických účinků v důsledku změny mocnosti sedimentárního pokryvu pod studovaným objektem. Použito je dynamického modulu programového systému Plaxis (Holandsko, www.plaxis.nl). Systém pracuje na principu konečných prvků (2D).

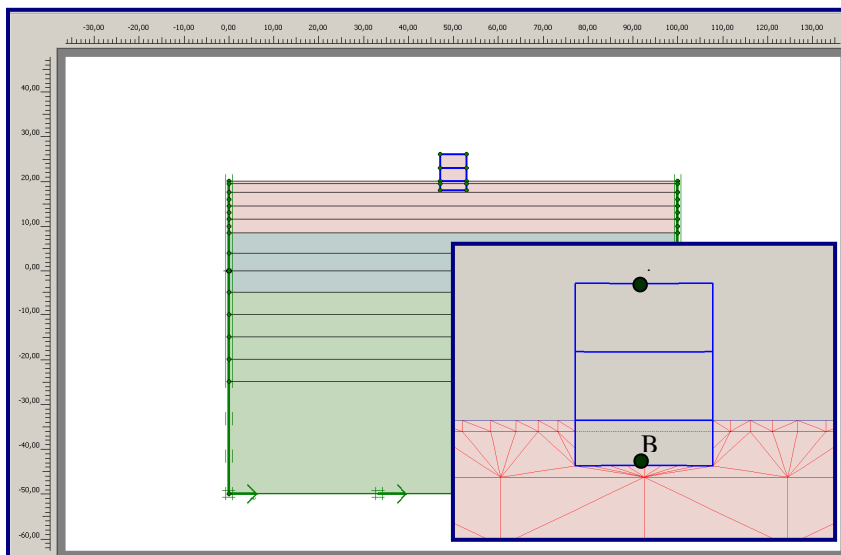
¹ RNDr., Ph.D., VŠB – Technická univerzita, 17. listopadu 15/2172, Ostrava, eva.hrubesova@vsb.cz

² Doc., RNDr., CSc., Ústav geoniky AV ČR, Studentská 1768, Ostrava, kalab@ugn.cas.cz, též VŠB Technická univerzita Ostrava, fakulta stavební, L. Podestě 1875, Ostrava

Základní prvky modelu

Základní výpočetní model je tvořen dvěma základními prvky - dvoupatrovou budovou a horninovým prostředím, na němž je budova lokalizována (obr. 1). Model horninové prostředí tvaru obdélníka o rozměrech 100 x 70 m je tvořen třemi typy horninového prostředí – kvartérem, terciérem a horninovou podkladovou vrstvou, jejichž mocnosti se v jednotlivých modelovaných variantách liší. Materiálové parametry jednotlivých vrstev horninového prostředí jsou uvedeny v tabulce 1.

Dvoupatrová budova má šířku 6 m, výška nadzemní části je rovněž 6 m, hloubka založení budovy 2 m. Do výpočtu je zavedeno zatížení každého podlaží 5 kN/m². Materiálové charakteristiky konstrukčních prvků budovy jsou uvedeny v následující tabulce č. 2.



Obr.1 Základní výpočetní model a lokalizace monitorovacích bodů A a B

Tab.1 Materiálové parametry vrstev horninového prostředí

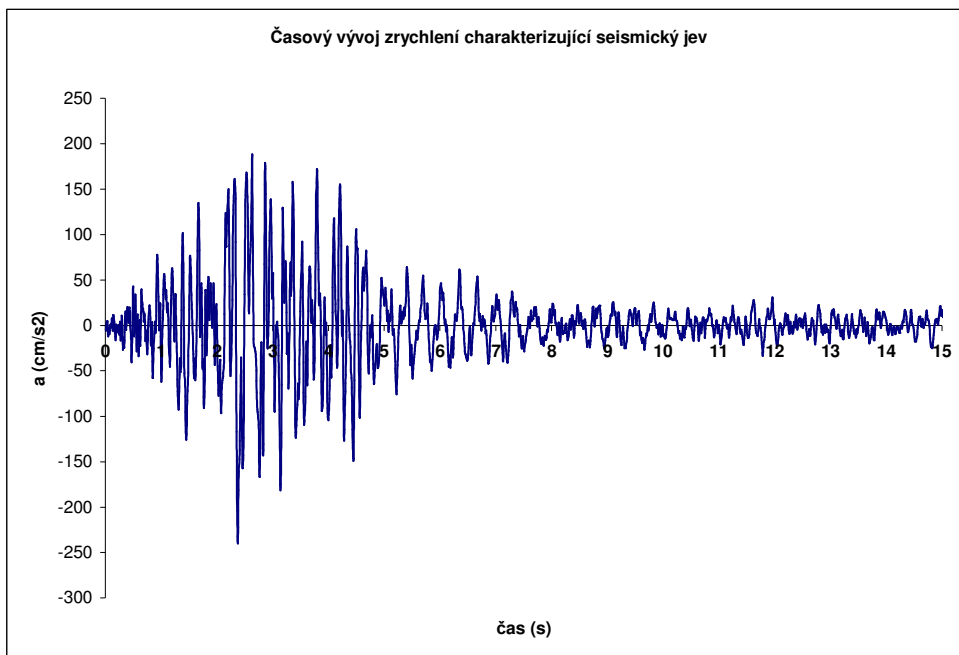
Parametr	Jednotky	1 kvartér F3 (tuhá)	2 terciér (SC)	3 podloží
Objemová tíha γ	[kN/m ³]	18,00	18,50	23,00
Modul pružnosti E	[kN/m ²]	8000,000	12000,000	100000,000
Poissonovo číslo μ	[-]	0,350	0,350	0,250
Soudržnost c	[kN/m ²]	16,00	12,00	80,00
Úhel vnitřního tření ϕ	[°]	29,00	28,00	30,00

Tab.2 Materiálové parametry konstrukčních prvků budovy

No.	Identifikace strukt. prvků	Normál tuhost EA [kN/m]	Ohybová tuhost EI [kNm ² /m]	Tíha W [kN/m/m]
1.	Strukturní prvky budovy	5E6	9000,00	5,00

Seizmické zatížení je do modelu zavedeno zadáním příslušných časových hodnot horizontálních posunů na spodní hranici modelu, které mohou být rovněž přepočteny z hodnot příslušných rychlostí nebo zrychlení. V případě tohoto výpočtu byly zadávány hodnoty zrychlení, z grafického vyjádření průběhu uvažovaného důlně indukovaného seizmického zatížení vyplývá, že

maximální hodnoty zrychlení 2.4 m/s² (tedy 0.24 násobku gravitačního zrychlení) je dosaženo v část $t=2.4$ s (obr. 2). Doba působení seizmického zatížení byla uvažována 10 s.



Obr.2 Charakteristika implementovaného dynamického zatížení

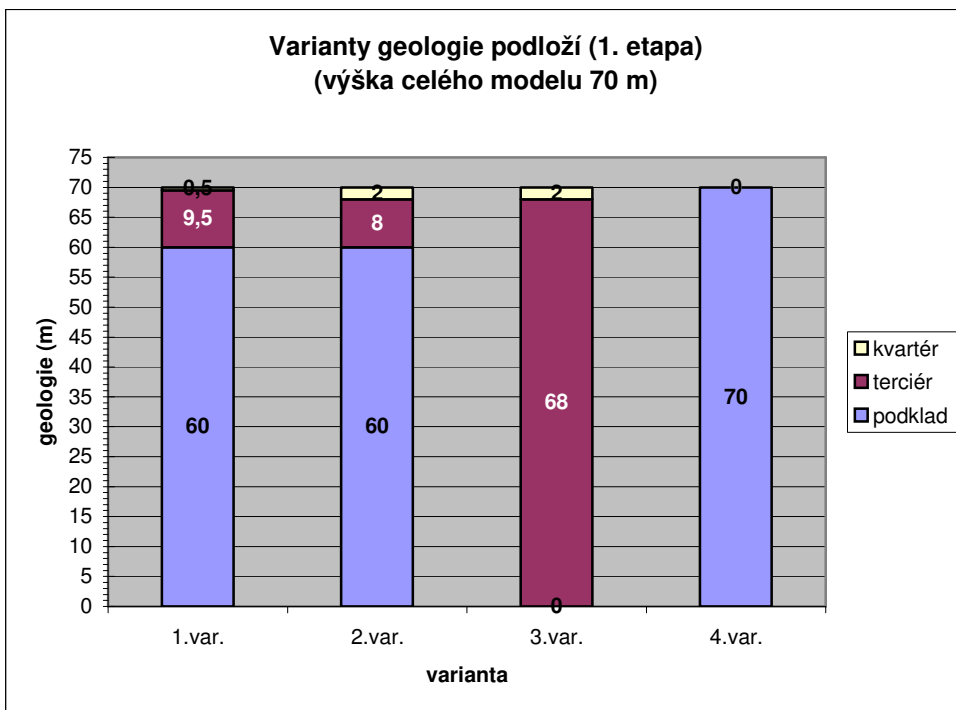
Rychlosti šíření vln V_p a V_s byly stanoveny na základě zadaného modulu pružnosti E , Poissonova čísla μ a objemové tíhy γ . Materiálové tlumení je v modelu zohledněno zavedením Rayleighových parametrů tlumení $\alpha=\beta=0.01$. Zvláště posledně jmenovaný parametr významným způsobem ovlivňuje vypočtené hodnoty. Vzhledem k charakteru úlohy byl model realizován za předpokladu podmínky rovinného přetvoření, k diskretizaci modelované oblasti byly využity 15-ti uzlové konečné elementy. V modelu jsou uvažovány jednak standardní statické okrajové podmínky (tzv. tuhá vana) a dynamické deformační okrajové podmínky a dále absorbční podmínky na svislých hranicích modelu, zamezující nereálnému odrazu seizmických vln zpět do modelu.

Výpočtové varianty

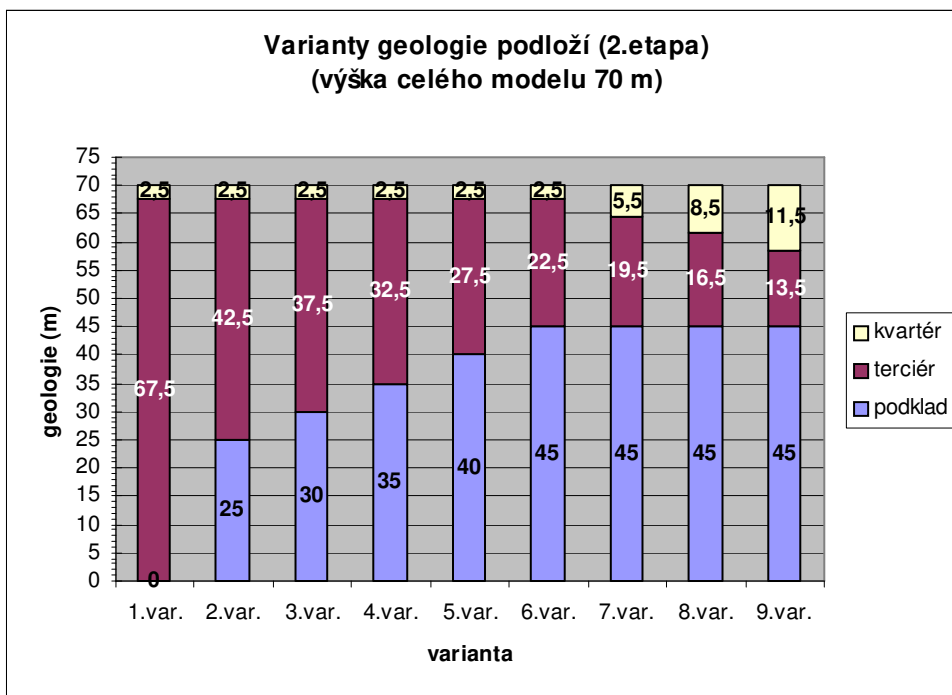
Realizace parametrických výpočtů byla provedena ve dvou etapách. První etapa zahrnuje realizaci 4 základních variant geologie podloží - graf na obr. 3, druhá etapa pak realizaci 9 variant s podrobnějším modifikací geologie podloží - graf na obr. 4.

Každý parametrický výpočet byl realizován ve 3 výpočetních fázích:

1. stanovení primárního stavu napjatosti v horninovém prostředí (bez vlivu stavby)
2. realizace konstrukce budovy (aktivace konstrukčních prvků budovy, deaktivace zeminy ve sklepních prostorech budovy)
3. dynamická analýza po dobu 10 s



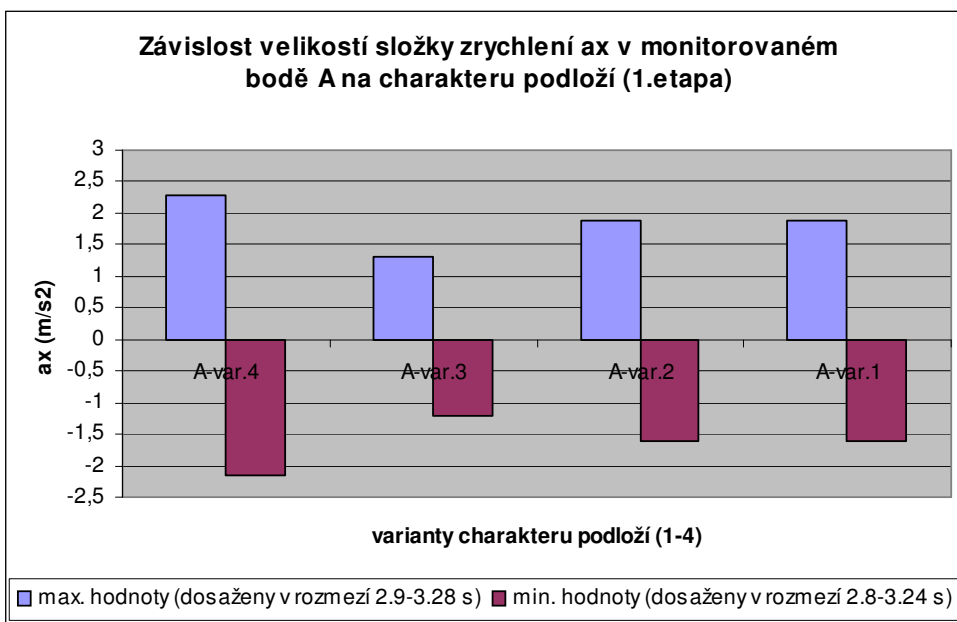
Obr.3 Varianty geologie podloží (1.etapa)



Obr.4 Varianty geologie podloží (2.etapa)

Výsledky modelování pro varianty 1-4 první etapy

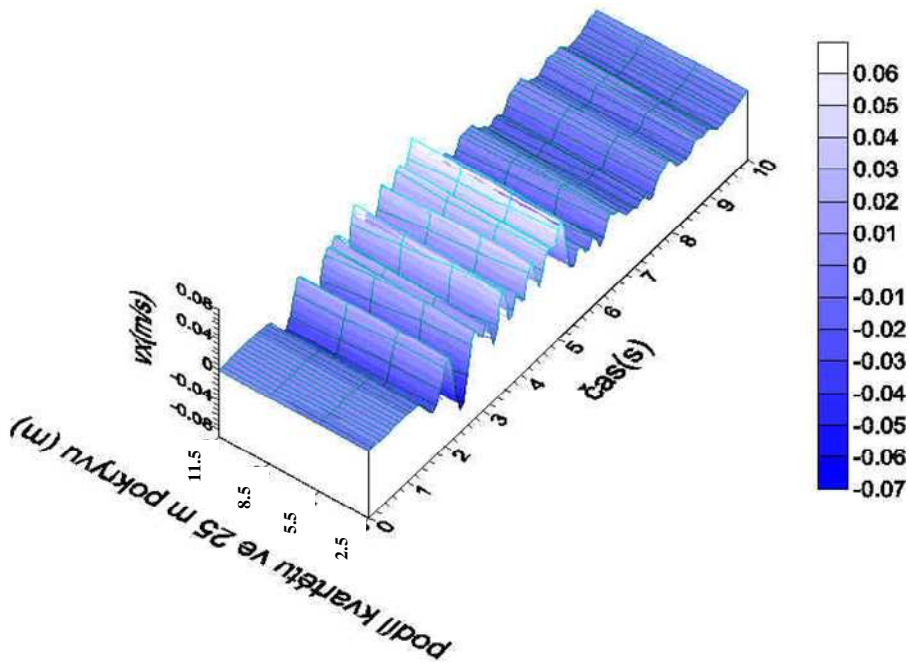
Výsledky modelování pro varianty 1 – 4 první etapy jsou představeny formou maximálních vypočtených horizontálních posunů, rychlostí a zrychlení pro obě polarity signálu. Grafy dokladují, že zatímco velikost horizontálních posunů v bodě A se v závislosti na změně modelu (změně mocnosti sedimentárního pokryvu) nemění výrazně, změny hodnot maximálních rychlostí a zrychlení jsou významné (až dvojnásobek, např. obr. 5).



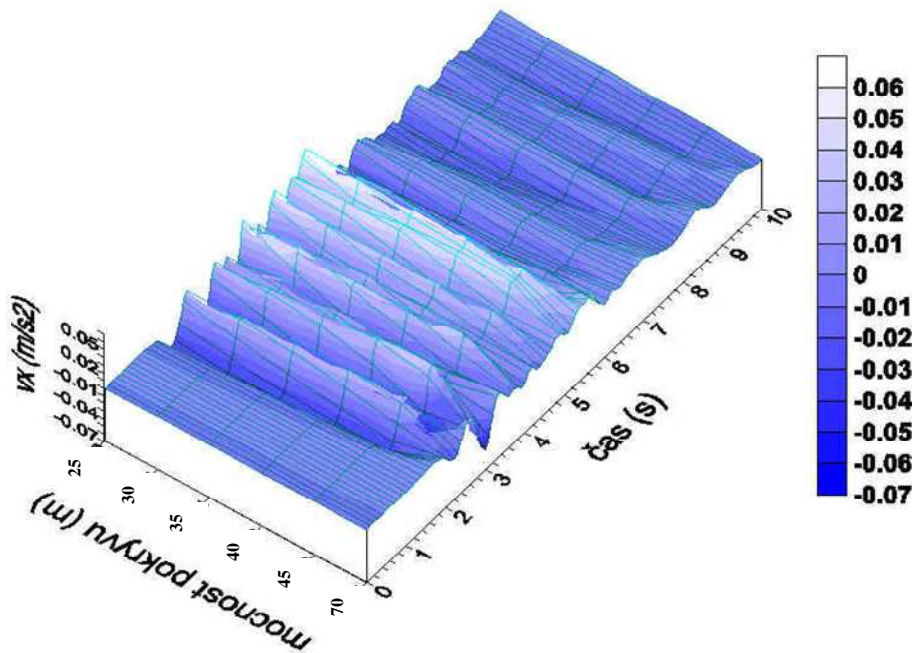
Obr.5 Závislost velikostí horizontálních zrychlení ax v monitorovaném bodě A (1.etapa)

Výsledky modelování pro varianty 1-9 druhé etapy

Na následujících obrázcích jsou vyhodnoceny výsledky výpočtu horizontálních rychlostí pro jednotlivé varianty geologie podloží (mezilehlé hodnoty jsou získány korigováním s využitím vypočtených hodnot). Na obrázcích jsou uvedeny časové vývoje uvedených veličin. Vliv změny mocnosti kvartéru je dokumentován na obr. 6. Lze konstatovat, že změna mocnosti kvartéru (podložní situace modelu se nemění, var. 6 – 9 etapy 2) z 2,5 na 11,5 m nemá vliv na velikost modelovaného signálu v bodě B. Tato skutečnost je v rozporu s mnohými publikovanými poznatky. Časový vývoj horizontálních zrychlení v bodě B v modelech se změnou mocnosti terciéru (var. 1-6 etapy 2, na Karvinsku je dokladována mocnost terciéru od 0 po 600 m) je uveden na obr. 7. Lze pozorovat změnu v charakteru vyvolaných vibrací (významné změny zvláště na začátku seizmogramů), tak i ve velikosti maximálních amplitud (nárůst přesahuje hodnotu 100 % původní maximální hodnoty).



Obr.6 Časový vývoj horizontálních rychlostí v monitorovaném bodě B pro jednotlivé varianty geologie podloží (změna podílu ve 25 m pokryvu)



Obr.7 Časový vývoj horizontálních rychlostí v monitorovaném bodě B pro jednotlivé varianty geologie podloží (změna mocnosti terciálních sedimentů)

Závěr

Cílem příspěvku bylo poukázat na možnost využití softwarového systému Plaxis pro řešení výpočtu dynamické odezvy objektu, který byl vybrán z velkého množství dostupného software (Hrubešová et al., 2000). V prezentaci jsou představeny výsledky modelování vlivu lokální geologie na velikost seizmický projevů. Model vychází z reálných geologických podmínek v karvinské části hornoslezské pánve, iniciační seizmický signál byl vypočten z rychlostního záznamu důlně indukovaného seizmického jevu registrovaného ve studované oblasti.

Výsledky matematického modelování vlivu změny mocnosti sedimentárního pokryvu na velikost seizmického projevu na povrchu, resp. seizmické odezvy objektu prokazují nutnost dobré znalosti lokální geologie při provádění posuzování jednotlivých míst z hlediska zesilování či zeslabování seizmických účinků. Zatímco změna mocnosti kvartérních sedimentů v rozmezí 2,5 – 11,5 m se v modelech situacích neprojevila, změna mocnosti terciérních sedimentů v rozmezí 25 – 70 m prokázala změny v charakteru časového vývoje signálu a též v maximálních hodnotách vibrací.

Poděkování Tento příspěvek byl zpracován za finanční podpory projektu GAČR 105/03/0078.

Literatura

- [48] Bullen, K.E., Bolt, B.A. (1993): Introduction to the Theory of Seismology. Cambridge University Press.
- [49] Doležalová, H., Holečko J., Kaláb, Z., Knejzlík J. (2004): Analýza vlivu důlně indukované seismicity na povrch na Karvinsku. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební, 13. Regionální konference Rozvoj seismologie, inženýrské geofyziky a geotechniky, roč. IV, č.2/2004, 85-93.
- [50] Dopita, M. et al. (1997): Geologie české části hornoslezské pánve. Ministerstvo životního prostředí ČR.
- [51] Holub, K., Rušajová, J. (2001): Příspěvek k dlouhodobému sledování seizmického režimu OKR. In: Kaláb, Z. (ed.): Seismologie a inženýrská geofyzika – minulost, přítomnost a budoucnost. Sborník referátů regionální konference, Ústav geoniky AV ČR, Ostrava, 217-229.
- [52] Hrubešová, E., Aldorf, J., Vojtasík, K., Lahuta, H. (2000): Softwarové zabezpečení geotechnických úloh na katedře geotechniky a podzemního stavitelství FAST VŠB – TU Ostrava. Sborník konference Geotechnika 2000, Podbanské, Slovensko, 141-145.
- [53] Janotka, V., Viskup, J., Bukov, D. (1997): Rock Environment Geological Models for Acceleration and Seismic Response Spectra Computation. Proceedings of 3rd Int. Geotechnical Conf., Bratislava, Slovak Rep., 27-32.
- [54] Janotka, V., Viskup, J. (1998): Geologické modely horninového prostredia při výpočte akcelrogramov a spektier seizmickej odozvy. In: Kaláb, Z. (ed.): Současné směry v SL a IG. Sborník referátů regionální konference, Ústav geoniky AV ČR, Ostrava, 30-35.
- [55] Janotka, V., Viskup, J. (2004): Možnosti 3D modelovania seizmickém odozvy. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební, 13. Regionální konference Rozvoj seismologie, inženýrské geofyziky a geotechniky, roč. IV, č.2/2004, 155-158.
- [56] Kaláb, Z., Knejzlík, J. (2002): Systematic Measurement and Preliminary Evaluation of Seismic Vibrations Provoked by Mining Induced Seismicity in Karviná Area. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-24(340), 95-103.
- [57] Olszewska, D., Lasocki, S. (2004): Application of the Horizontal to Vertical Spectral Ratio Technique for Estimating the Site Characteristics of Ground Motion Caused by Mining Induced Seismicity. Acta Geophysica Polonica, Vol. 52, No. 3, 301-318.
- [58] Udías, A. (1999): Principles of Seismology. Cambridge University Press.

