

DISTRIBUCE HYPOCENTER ZEMĚTŘESENÍ V EPICENTRÁLNÍ OBLASTI NOVÝ KOSTEL

Distribution of earthquake hypocentres in epicentral area Nový Kostel

Miroslav Halló

Nechvalická 131, 257 91 Sedlec-Prčice; e-mail: hallo.miroslav@gmail.com

(11-12 Kraslice, 11-14 Cheb)

Key words: earthquake, distribution of hypocentres, Nový Kostel, active structure

Abstract

The epicentral area Nový Kostel is the most seismically active area in the region of western Bohemia/Vogtland and it is characteristic by earthquake swarms. Marginal faults of the Cheb basin are located very close to that epicentral area and are considered as a NNW continuation of the Mariánské Lázně fault. But the geometry of the focal zone is not identical with the geometry of these marginal faults. Study of distribution of earthquake hypocentres is therefore important for the interpretation of the geodynamics in this area. The seismic data used for this study came from the catalog, which was created from the network KRASNET data. This catalog includes more than 5 000 localized hypocentres from the epicentral area Nový Kostel from years 1991–2008. The seismoactive structure is located 5–12,5 km deep. The results show that the seismo-active structure has direction of inclination of 262° and inclination of 80°. The shallowest part of the focal zone has a slightly lower slope and the depth of the structure increasing to the South. Hypocenters of the earthquakes are not evenly distributed and occur in spatial clusters. These clusters can be divided into groups according to their geometrical parameters and the mutual spatial arrangement.

Úvod

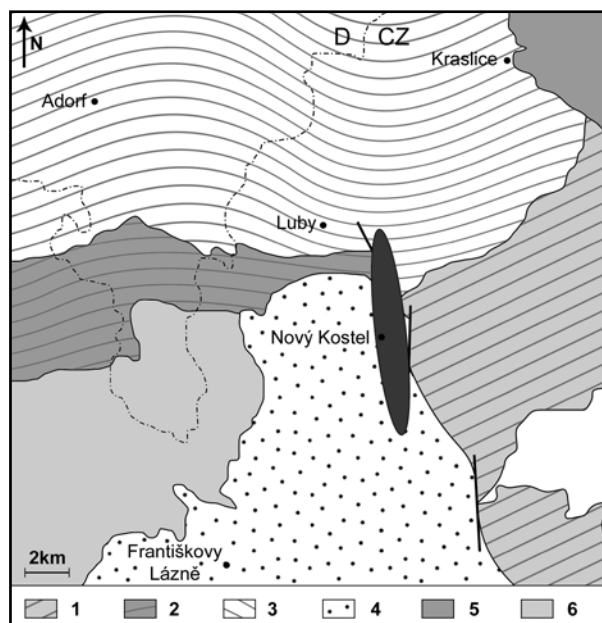
Seismická aktivita se v regionu západních Čech soustředí do několika epicentrálních oblastí, z nichž má nejvýznamnější seismické projevy epicentrální oblast Nový Kostel (Tilšarová – Nehybka 2006). Tato oblast má úzký protáhlý tvar s.-j. směru a je charakteristická hojnými seismickými roji. V letech 1991–2005 zde bylo zaznamenáno téměř 85 % všech otřesů z oblasti západočeského regionu (Tilšarová – Nehybka 2006). Nejsilnější monitorované roje byly zaznamenány v letech 1962, 1985–1986, 1994, 1997, 2000 (Neuhöfer – Hermann 2005) a 2008 (Horálek et al. 2009). Nejsilnější přístrojově zaregistrované zemětřesení v novodobé historii v oblasti západních Čech ze dne 21. 12. 1985 mělo magnitudo ML = 4,6 (Horálek – Jedlička in Procházková 1987). Ale vůbec nejsilnější naměřené zemětřesení v roce 1908 dosáhlo magnituda ML = 5,0 (Kárník 1968). Převažující hloubka hypocenter zemětřesení v epicentrální oblasti u Nového Kostela je 6 až 11 km podle Fischera a Horálka (2003) nebo 5 až 10 km podle Tilšarové a Nehybky (2006). Aktivita je koncentrována do několika shluků hypocenter a některé shluky byly opakovaně aktivovány (Fischer – Michálek 2008). Hypocentry zemětřesení z celé fokální zóny lze proložit plochu a určit její orientaci. Podle Fischera a Horálka (2003) je orientace plochy 259/80, podle Havíře (2003) je pak orientace plochy 262/80.

Studium distribuce hypocenter v epicentrální oblasti Nový Kostel je jednou z částí autorovy diplomové práce zaměřené na studium geometrie seismicky aktivní struktury v epicentrální oblasti Nový Kostel. Práce byla podporována Ústavem fyziky Země Masarykovy univerzity a byla kompletně dokončena v lednu 2011.

Geologická situace

Epicentrální oblast u Nového Kostela se nachází v z. části Českého masivu. Variské podloží je v daném regionu

součástí saxothuringika východoevropské větve variského orogenu a je tvořeno krystalinikem krušnohorské oblasti (Mísař et al. 1983). Ve studovaném regionu je variské podloží reprezentováno metamorfovanými horninami svatavského, smrčinského a vogtlandsko-saského krystalinika a dvěma granitoidními plutony hercynského stáří: karlovarským masivem a smrčinským plutonem (obr. 1). Region



Obr. 1: Geologické jednotky ve zkoumané oblasti. Legenda: 1 – svatavské krystalinikum, 2 – smrčinské krystalinikum, 3 – vogtlandsko-saské paleozoikum, 4 – chebská pánev, 5 – karlovarský masiv, 6 – smrčinský pluton.

Fig. 1: The geological units within the study area. Legends: 1 – Svatava paleozoic, 2 – Smrčiny paleozoic, 3 – Vogtland-Saxon paleozoic, 4 – Cheb basin, 5 – Karlovy Vary granite, 6 – Smrčiny granite.

se vyznačuje křížením oháreckého riftu směru VSV–ZJZ a chebsko-domažlického příkopu směru SSZ–JJV. V místě křížení obou zmíněných struktur je situována chebská pánev (Misař et al. 1983). Na V je omezená tzv. východním okrajovým zlomem chebské pánve, který je pokládán za součást ssz. pokračování mariánskolázeňského zlomu (Špičáková et al. 2000). Ukládání kenozoických sedimentů bylo jak v oháreckém riftu tak i v chebsko-domažlickém příkopu doprovázeno také vulkanickou aktivitou (Ulrych et al. 1999).

Vstupní data a metodika

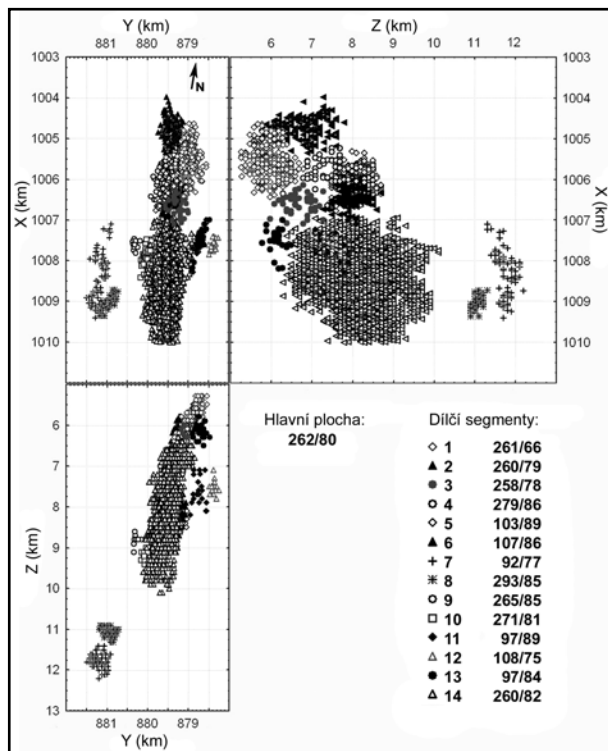
Použitý katalog zemětřesení má časový rozsah od 30. 04. 1991 do 11. 09. 2008 a pochází z dat monitorovací sítě KRASNET, kterou navrhl a provozoval Ústav fyziky Země (Nehybka 2009, Tilšarová – Nehybka 2006). Data z katalogu byla přenesena do formátu tabulky v programu STATISTICA 8.0 vyvinutého společností StatSoft CR s. r. o. a v tomto prostředí poté proběhly jednotlivé analýzy.

Lokalizované souřadnice všech hypocenter byly proloženy regresní plochou a z regresní funkce pak byly vypočteny geometrické parametry celé fokální zóny. Z prostorového uspořádání hypocenter je patrné, že hypocentra zemětřesení nejsou ve fokální zóně rozmístěna rovnoměrně (obr. 2) a pro lepší přiblížení geometrie celé fokální zóny je tedy výhodné hypocentra rozdělit do shluků (segmentů). K tomuto rozdělení byla použita SOFM (Self-Organizing Feature Maps) neuronová síť o velikosti 6 × 6 neuronů s Kohonenovým učením bez

učitele (Kohonen 2001), kterou nabízí ve svých funkcích program STATISTICA 8.0. Shluková analýza celkem dobře rozdělila hypocentra zemětřesení do 36 shluků, které se od sebe prostorově lišily. Výjimkou byla pouze centrální oblast s největší hustotou hypocenter, kterou shluková analýza rozdělila na několik shluků kvůli vysoké hustotě hypocenter v kombinaci s velkým prostorovým rozsahem. Tyto shluky byly spojeny a výsledkem je 14 segmentů fokální zóny (obr. 2). Segmenty fokální zóny jsou oblasti, kde dochází k akumulaci hypocenter zemětřesení a jsou uspořádány do různě prostorově orientovaných diskovitých útvarů. Diskovité útvary (segmenty) je pak možno proložit regresními plochami a z regresních funkcí pak vypočíst geometrické parametry jednotlivých segmentů.

Diskuze a výsledky

Výsledný směr sklonu a sklon celé fokální zóny je 262/80 (ve spádnicovém tvaru) s chybou určení směru i velikosti sklonu menší než 1°. Všechny 14 segmentů fokální zóny má vlastní geometrické parametry, některé segmenty na sebe ale navazují těsným prostorovým uspořádáním a podobnými parametry. Segmenty tedy můžeme rozčlenit do několika skupin (skupiny: A, B, C, D, E), kde skupiny segmentů definujeme jako syntetické skupiny, které rozdělují shluky hypocenter v prostoru (segmenty) podle jejich geometrických parametrů a vzájemného prostorového uspořádání. Zajímavá je skutečnost, že se hypocentra jednotlivých zemětřesných rojů nacházejí v jedné, výjimečně ve dvou skupinách segmentů. A to i navzdory skutečnosti, že časový faktor (zemětřesné roje) není ve shlukové analýze podle polohy hypocenter rozpoznávacím znakem. Přehledný seznam skupin segmentů je uveden v tabulce 1.



Obr. 2: Rozdělení fokální zóny na segmenty v souřadném systému S-JTSK, kde X, Y jsou jeho osy a Z je hloubka. Jednotlivé značky představují polohu hypocenter.

Fig. 2: Distribution of the segments of focal zone in the coordinate system S-JTSK where X, Y are axes and Z is depth. Individual brands are the hypocenter location.

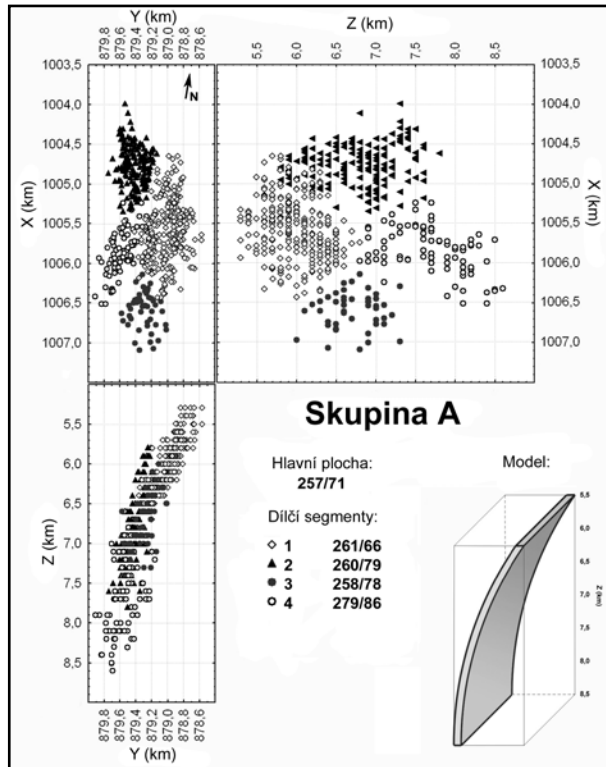
Skupina	Segmenty	Směr sklonu a sklon	Chyba směru sklonu	Chyba sklonu	Roje
A	1; 2; 3; 4	257/71	1°	1°	1985–1986; 1993; 1994; 2000
B	11; 12; 13	-	-	-	1991
C	5; 6	95/86	2°	2°	1997
D	9; 10; 14	260/81	< 1°	< 1°	2000
E	7; 8	267/73	3°	4°	2004; 2007

Tab. 1: Přehled skupin segmentů fokální zóny.

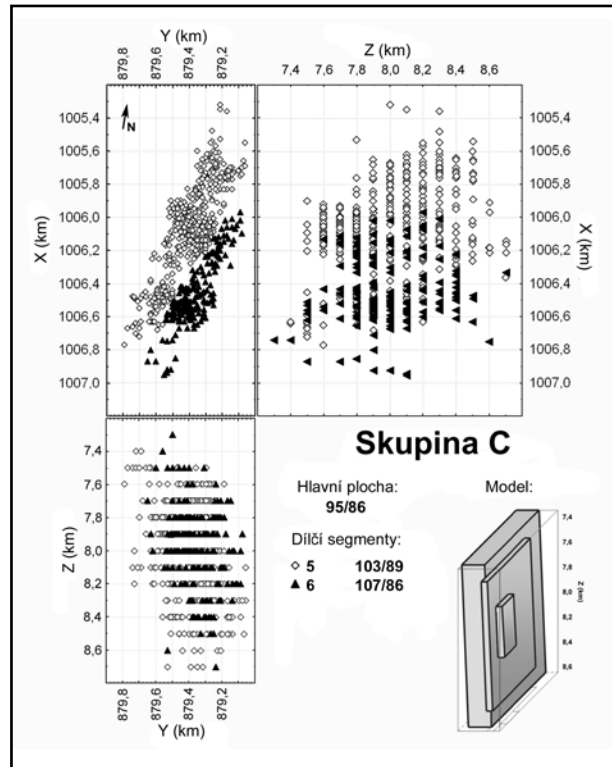
Tab. 1: List of groups of segments of focal zone.

Skupina segmentů A je charakteristická střední hustotou hypocenter distribuovaných ve velmi úzké zóně. Sklon této zóny se s rostoucí hloubkou zvětšuje, přesto je ale průměrný sklon nejmenší v porovnání s ostatními skupinami. Její azimut je pak velmi blízký azimutu celé fokální zóny (směr sklonu a sklon skupiny: 257/71). Jedná se o nejmělkčí část celé fokální zóny s hloubkou 5,0–8,5 km, která byla opakovaně aktivní zejména v letech 1985–1986 (podle srovnání s externími daty), 1993, 1994 a částečně i v roce 2000 (obr. 3).

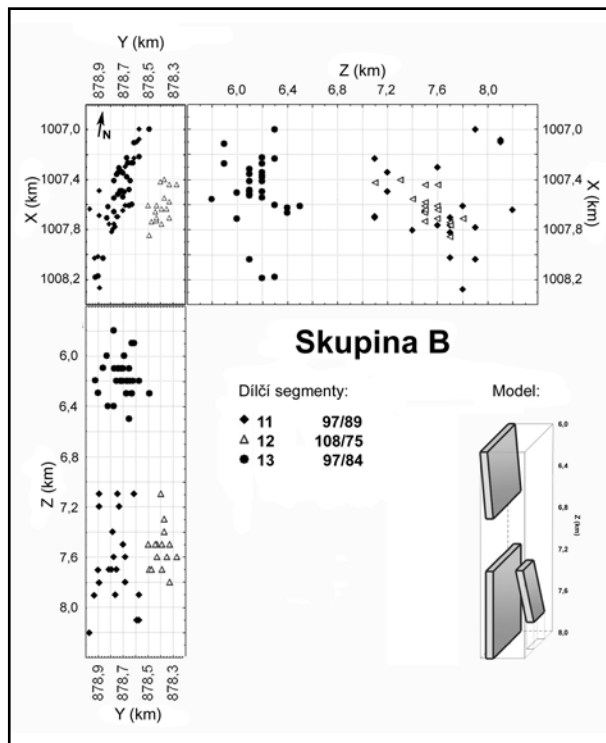
Skupina segmentů B je mělká malá skupina s malou hustotou hypocenter, která je umístěna přibližně 1 km v. od hlavní části fokální zóny. Segmenty této skupiny mají velmi strmý sklon s úklonem k V, tedy na opačnou stranu



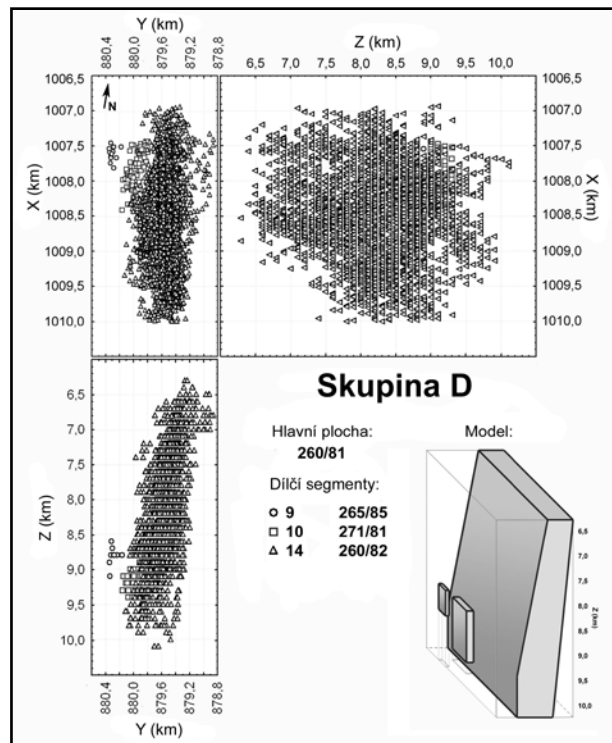
Obr. 3: Skupina A v souřadném systému S-JTSK, kde X, Y jsou jeho osy a Z je hloubka.
 Fig. 3: Group A in the coordinate system S-JTSK where X, Y are axes and Z is depth.



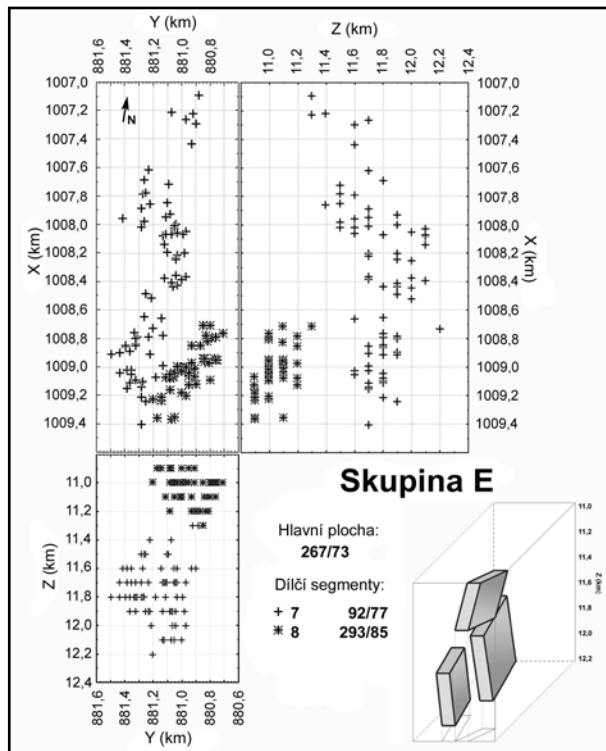
Obr. 5: Skupina C v souřadném systému S-JTSK, kde X, Y jsou jeho osy a Z je hloubka.
 Fig. 5: Group C in the coordinate system S-JTSK where X, Y are axes and Z is depth.



Obr. 4: Skupina B v souřadném systému S-JTSK, kde X, Y jsou jeho osy a Z je hloubka.
 Fig. 4: Group B in the coordinate system S-JTSK where X, Y are axes and Z is depth.



Obr. 6: Skupina D v souřadném systému S-JTSK, kde X, Y jsou jeho osy a Z je hloubka.
 Fig. 6: Group D in the coordinate system S-JTSK where X, Y are axes and Z is depth.



Obr. 7: Skupina E v souřadném systému S-JTSK, kde X, Y jsou jeho osy a Z je hloubka.

Fig. 7: Group E in the coordinate system S-JTSK where X, Y are axes and Z is depth.

než hlavní část fokální zóny. Směr sklonu a sklon celé skupiny nebyl určen kvůli malému počtu hypocenter. Hloubka je 5,5–8,0 km a aktivita zde byla zaznamenána především při roji v roce 1991 (obr. 4).

Skupina segmentů C má vyšší hustotu hypocenter a je umístěna přibližně pod skupinou A v hloubce 7,0–9,0 km. Sklon dílčích segmentů i celé skupiny je velmi strmý (téměř vertikální zóna) s malým úklonem k východu (směr sklonu a sklon skupiny: 95/86). Hypocentra této skupiny jsou převážně ze zemětřeseného roje v roce 1997 (obr. 5).

Skupina segmentů D je největší skupinou s nejvyšší hustotou hypocenter celé fokální zóny. Tato skupina je až 1 km široká a je umístěna trochu jižněji a hlouběji než skupina A. Její hloubka je 6,5–10,0 km a směr sklonu i sklon přibližně odpovídají parametrům celé fokální zóny (směr sklonu a sklon skupiny: 260/81). Aktivita v této zóně byla především při velkém zemětřeseném roji v roce 2000 (obr. 6).

Skupina segmentů E je malá a rozmanitá skupina se střední až menší hustotou hypocenter v hloubce 10,5–12,5 km. Nachází se ve větší hloubce přibližně 1,5 km z. od hlavní části fokální zóny. Směr sklonu i sklon jednotlivých segmentů je celkem variabilní a aktivita zde byla zaznamenána při rojích v letech 2004 a 2007 (obr. 7).

Závěr

Seismicky aktivní struktura v epicentrální oblasti Nový Kostel je struktura s.–j. protažení ostře skloněná k Z. Hypocentra zemětřesení nejsou v celé aktivní struktuře rozmístěna rovnoměrně, ale shlukují se do několika skupin. Každá skupina má specifické geometrické parametry, hustotu lokalizovaných zemětřesení a aktivaci. Některé skupiny byly opakovaně aktivovány během různých zemětřesených rojů, avšak hypocentra zemětřesení jednoho roje jsou lokalizována v jedné, výjimečně ve dvou sousedních skupinách. Jednotlivé zemětřesené roje tedy mají trochu odlišný charakter v závislosti na lokaci hypocenter ve fokální zóně. Bylo určeno celkem pět skupin těchto segmentů fokální zóny i s geometrickými parametry, ale je pravděpodobné, že budou další odpovídající zlomovým strukturám, které nebyly v letech 1991–2008 aktivovány. Významnou skutečností je také fakt, že nejmělkčí část fokální zóny má trochu menší sklon a hloubka seismicky aktivní struktury roste k J.

Poděkování

Velmi bych chtěl poděkovat panu Mgr. Josefu Havířovi, Ph.D. za vedení diplomové práce a Ústavu fyziky Země za poskytnutí dat ze seismické sítě KRASNET.

Literatura

- Fischer, T. – Horálek, J. (2003): Space-time distribution of earthquake swarms in the principal focal zone of the NW Bohemia/Vogtland seismoactive region: period 1985–2001. – *Journal of Geodynamics*, 35, 125–144.
- Fischer, T. – Michálek, J. (2008): Post 2000-swarm microearthquake activity in the principal focal zone of West Bohemia/Vogtland: Space-time distribution and waveform similarity analysis. – *Stud. Geophys. Geod.*, 52, 4, 493–512.
- Havíř, J. (2003): Problem of stress analysis in the Nový Kostel area (W Bohemia): Influence of various geometries of active faults. – *Geolines*, 16, 42.
- Horálek, J. – Jedlička, P. (1987): Temporary three component seismic stations Vackov and Nový Kostel. – In: Procházková, D. (ed.): *Earthquake Swarm 1985/1986 in Western Bohemia.*, Geophys. Inst. of Czechosl. Acad. Sci., 132–141. Praha.
- Horálek, J. – Fischer, T. – Boušková, A. – Michálek, J. – Hrubcová, P. (2009): The West Bohemian 2008-earthquake swarm: When, where, what size and data. – *Stud. Geophys. Geod.*, 53, 351–358.
- Kárník, V. (1968): *Seismicity of the European area. Part 1.* – Academia. Praha.
- Kohonen, T. (2001): *Self-Organizing Maps.* – Springer Series in Information Sciences, 30, Springer. Berlin.
- Mísař, Z. – Dudek, A. – Havlena, V. – Weiss, V. (1983): *Geologie ČSSR I, Český masív.* – Státní pedagog. nakl. Praha.
- Nehybka, V. (2009): Měření sítě KRASNET 1991–2008 – Závěrečné shrnutí. – *Sborník vědeckých prací VŠB–TU Ostrava, řada stavební*, 2009, vol. 9, no. 2, 183–192.
- Neuhöfer, H. – Hemmann, A. (2005): Earthquake swarms in the Vogtland/Western Bohemia region: Spatial distribution and magnitude-frequency distribution as an indication of the genesis of swarms? – *Journal of Geodynamics*, 39, 361–385.
- Špičáková, L. – Uličný, D. – Koudelková, G. (2000): Tectonosedimentary evolution of the Cheb basin (NW Bohemia, Czech Republic) between late Oligocene and Pliocene: A Preliminary note. – *Stud. Geophys. Geod.*, 44, 556–580.
- Tilšarová, R. – Nehybka, V. (2006): Západní Čechy 1991–2005 – Přehled seismické aktivity podle oblastí. – *Sborník 15. regionální konference „Nové poznatky a měření v seizmologii, inženýrské geofyzice a geotechnice“: Sborník vědeckých prací VŠB–TU Ostrava, řada stavební*, vol. 6, no. 2, 301–307.
- Ulrych, J. – Pivec, E. – Lang, M. – Balogh, K. – Kropáček, V. (1999): Cenozoic intraplate volcanic rock series of the Bohemian Massif: a review. – *Geolines*, 9, 123–129.