ZEMĚTŘESENÍ V HRUBÉM JESENÍKU 14. 6. 2012

Earthquake in the Hrubý Jeseník Mts. on 14. 6. 2012

Jana Pazdírková[1], Jan Zedník[2], Petr Špaček[1], Vratislav Pecina[3], Zdeňka Sýkorová[1], Hana Krumlová[1]

[1] Ústav fyziky Země, PřF MU, Tvrdého 12, 602 00; e-mail: jana.pazdirkova@ipe.muni.cz
[2] Geofyzikální ústav AV ČR v. v. i., Boční II/1401, 141 31 Praha 4
[3] Česká geologická služba, Erbenova 348/1, 790 01 Jeseník

Key words: Hrubý Jeseník Mts., felt earthquake, macroseismic magnitude, local magnitude

Abstract

A sequence of very weak earthquakes was recorded by local seismic stations in Hrubý Jeseník Mts. (NE part of the Czech Republic) in June and July 2012. The strongest event with local magnitude 2.3 on June 14, 2012 at 21:38 UTC was felt by people to 20 km around the epicentre with a macroseismic intensity 3–4° EMS-98. In spite of the fact that calculated focal mechanisms are still missing, the spatial extent of microearthquake epicentres suggests that the local seismicity is co-determined by the activity of the Klepáčov fault and the Sudetic Marginal – Bělá fault system.

Úvod

Severovýchodní část České republiky (Jeseníky, Opavsko, Hornomoravský úval) lze zařadit mezi naše seismicky nejaktivnější oblasti. Během 17 let seismického monitorování bylo ze severní Moravy a Slezska detekováno přes 2 600 velmi slabých zemětřesení. Makroseismicky pozorovaná zemětřesení jsou však i v této oblasti velmi vzácná. Ve 20. století byla lidmi pozorována pouze zemětřesení u Opavy v letech 1931, 1934 a 1993 a zemětřesení v Hrubém Jeseníku v letech 1935 a 1986.

Zemětřesení ze 14. 6. 2012 s epicentrem u Alfrédky v Hrubém Jeseníku je významné tím, že je to první makroseismicky pozorované zemětřesení z této oblasti, které bylo zaregistrováno také lokálními seismickými stanicemi. Díky tomu je možné spolehlivě určit polohu ohniska a porovnat magnitudo zemětřesení s makroseismickou intenzitou.

Historická seismicita

Ve starších přehledech historických zemětřesení na území České republiky se objevují četné záznamy o zemětřeseních, která postihla tuto oblast (Remeš 1902, Koláček 1921, Kárník et al. 1958). Pro oblast Jeseníků se první zmínka datuje již k roku 998 (Jurende 1829). U mnoha těchto historických otřesů však lze velmi těžko určit, zda měly ohnisko v Jeseníkách a kde přesně, nebo zda šlo pouze o pocítěné otřesy s ohniskem v Polsku, na Slovensku nebo jinde. Moderní revize historických zemětřesení na území České republiky je teprve v počátcích.

Velmi dobře dokumentované je zemětřesení z roku 1935, které „sice nezpůsobilo žádných škod, zato však dosti rozruchu mezi obyvatelstvem“ (Zátopek 1939). Zemětřesení s ohniskem mezi Hanušovicemi a Loučnou nad Desnou ze dne 24. 6. 1935 ve 23:18 hod. středoevropského času bylo nejsilněji pocítěno v Hanušovicích, na Ramzové nebo v Loučné nad Desnou (makroseismická intenzita 5,5° MSK-64). Otřesy byly pozorovány až do vzdálenosti 40 km od epicentra. Souřadnice ohniska byly na základě makroseismických pozorování určeny jako těžiště postižené oblasti do bodu 50° 04´ N a 17° 01´ E, hloubka byla stanovena na 7,5 km, magnitudo vypočtené z epicentrální intenzity je 4,0 (Kárník et al. 1958).

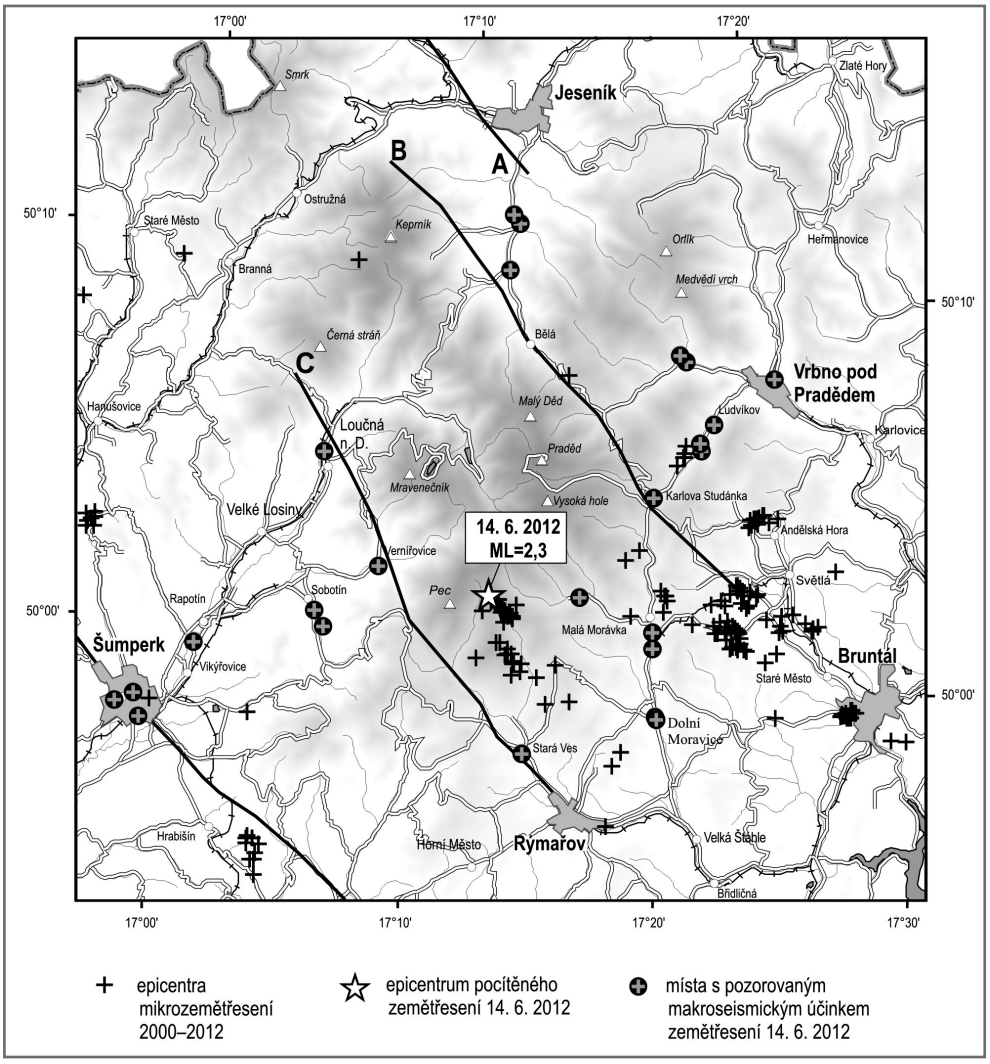
Lidé mohou mít ještě v paměti sérii zemětřesení z roku 1986, kdy bylo v Hrubém Jeseníku během července až září pozorováno 18 otřesů (Procházková 1994). Nejsilnější otřes ze dne 11. 9. 1986 v 00:17 hod. středoevropského času měl maximální intenzitu 5,5° MSK-64 v Ludvíkově a v Sobotíně a byl pozorován až do vzdálenosti 30 km. Ohnisko otřesu bylo na základě vyhodnocení makroseismických údajů stanoveno mezi Karlov pod Pradědem a Karlovu Studánku (souřadnice 50° 03´ N a 17° 15´ E) do hloubky 7 km, magnitudo vypočtené z epicentrální intenzity je 4,0 (Procházková 2002). Procházková (1994) uvádí také lokální magnituda určená z analogových záznamů stanice Kašperské Hory (M_L 3,8, epicentrální vzdálenost 273 km) a rakouských stanic Vídeň (M_L 3,8, 210 km) a Kölnbreinsperre (M_L 3,8, 430 km).

Recentní seismicita

Od roku 1995 je oblast střední a severní Moravy monitorována seismickými stanicemi Ústavu fyziky Země Masarykovy univerzity v Brně (ÚFZ). Počet a rozložení stanic se průběžně mění, detailní informace lze najít na stránce www.ipe.muni.cz/monet. Postupně se přidávaly také seismické stanice provozované Ústavem geoniky a Geofyzikálním ústavem (GFÚ) AV ČR.

Od počátku monitorování do konce roku 2012 bylo v celé severovýchodní části České republiky detekováno 2 600 velmi slabých zemětřesení. Asi 1 000 jevů bylo zaregistrováno na dostatečném počtu stanic a mohlo být lokalizováno. Seismicky aktivní oblast má tvar kosočtverce

a je zhruba omezena spojnicí měst Moravská Třebová, Javorník, Opava a Otrokovice. Jihozápadní a severní okraj této oblasti lze spojit se zlomy směru SZ–JV. Oblast je velmi ostře omezena v oblasti zlomového systému na linii Nectava–Otrokovice a méně zřetelně v oblasti bělského zlomu. Východní a západní okraj oblasti má generelně sj. orientaci, k jeho přesnějšímu vymezení zatím chybí dostatek lokalizovaných otřesů. V rámci seismicky aktivní oblasti jsou ohniska umístěna zdánlivě chaoticky, zjevná je však prostorová koincidence dominantního shluku ohnisek a sv. okraje hornomoravského úvalu (Špaček et al. 2011).



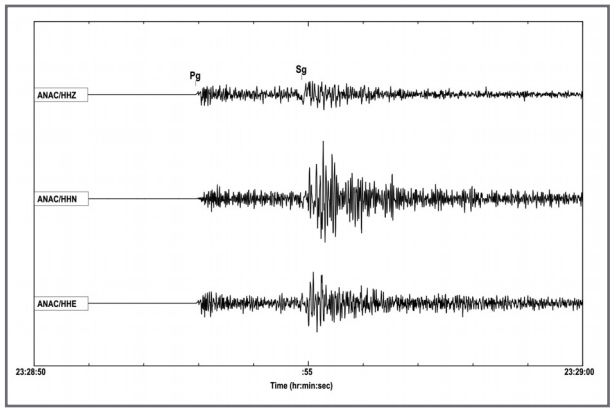
Obr. 1: Mapa epicenter zemětřesení zaregistrovaných stanicemi ÚFZ v období 2000–2012 v oblasti Hrubého Jeseníku. Zvýrazněno je epicentrum pocítěného zemětřesení u Alfrédky 14. 6. 2012, vyznačena jsou také místa pozorování makroseismických účinků tohoto jevu. Významné zlomy: A – okrajový sudetský, B – bělský, C – klepáčovský. Zdánlivé „lineární" řazení některých epicenter může být ovlivněno nepřesností lokalizace, která je závislá na měnícím se počtu a geometrickém rozložení stanic v průběhu monitorování.
Fig. 1: Earthquake epicentres (simple crosses) recorded by stations of the Institute of Physics of the Earth, Masaryk University in Hrubý Jeseník Mts., NE part of the Czech Republic, in 2000-2012. The epicentre of Alfrédka earthquake on June 14, 2012 is highlighted (open star). Macroseismic data points are marked too (circled crosses). Important faults: A – Sudetic marginal fault, B – Bělá fault, C – Klepáčov fault. Linear arrangement of some epicentres could be partly due to location error resulting from changing number and position of seismic stations.

Zemětřesení se vyskytují jednotlivě nebo v sekvencích, které mají často charakter seismických rojů. Některé epicentrální oblasti jsou aktivovány opakovaně, některé jevy nebo série jevů se vyskytly pouze jednou za celou dobu měření. Magnituda lokalizovaných jevů se pohybují v rozmezí -1,0 až 2,5. Nejsilnější zaregistrovaná zemětřesení měla ohniska v blízkosti Králíků (M_L 2,5), Alfrédky (M_L 2,3) a Šternberka (M_L 2,2). Makroseismicky byl pocítěn pouze otřes u Králíků ze dne 28. 3. 2012 (M_L 2,0) jedním pozorovatelem v Loučné nad Desnou a otřes u Alfrédky dne 14. 6. 2012, popsaný níže.

Zemětřesení s ohniskem v prostoru Hrubého Jeseníku jsou detailně monitorována od roku 2000 (Sýkorová et al. 2002), bylo sem lokalizováno 280 jevů. V jižní a jihovýchodní části byly jednou nebo opakovaně aktivovány oblasti Hrabišín, Alfrédka, Suchá Rudná, Rudná pod Pradědem, Karlov pod Pradědem, Karlova Studánka, Andělská Hora, Bruntál (obr. 1), na západě pak prostor jihozápadně od Hanušovic a mezi Hanušovicemi a Králickým Sněžníkem.

Zemětřesení Alfrédka 14. 6. 2012

Pocítěné zemětřesení s epicentrem u bývalé chaty Alfrédka ze dne 14. 6. 2012 bylo součástí série jevů, která začala 2. 6. 2012. V průběhu přibližně jednoho měsíce bylo zaregistrováno 26 různě silných otřesů z této ohniskové oblasti. Ve dnech 2. a 3. 6. 2012 bylo během 17 hodin zaznamenáno 12 jevů s magnitudem až 1,8. Nejsilnější otřes vznikl v druhé fázi série, 14. 6. 2012 ve 23:28:50 hod. středoevropského letního času (obr. 2) a zaregistrovaly jej seismické stanice až do vzdálenosti 330 km. Souřadnice ohniska jsou 50° 01´ N a 17° 12´ E, hloubka 7 km, lokální magnitudo 2,3. Několik slabších jevů bylo zaregistrováno ještě počátkem července. Ve zbývajících měsících roku bylo detekováno pouze 5 velmi slabých otřesů z této oblasti.



Obr. 2: Zemětřesení zaregistrované 14. 6. 2012 ve 23:28 hod. středoevropského letního času s epicentrem u Alfrédky, magnitudo 2,3. Ukázka signálu na nejbližší stanici Anenský vrch (ANAC), vzdálené 14 km od epicentra.

Fig. 2: Earthquake recorded on June 14, 2012 at 23:28 Central European summer time with epicentre near Alfrédka (Hrubý Jeseník Mts, NE part of the Czech Republic), local magnitude 2.3. Seismogram from the nearest station Anenský vrch (ANAC), epicentral distance 14 km.

Makroseismická pozorování

Zemětřesení ze dne 14. 6. 2012 vyděsilo obyvatele měst a vesnic v Hrubém Jeseníku ve 23:28 hodin středoevropského letního času. Během ranních hodin následujícího dne se informace o tomto jevu objevila na stránkách Ústavu fyziky Země MU Brno a na internetových zpravodajských serverech. Jejich prostřednictvím byla rozšířena prosba k obyvatelům, kteří jev pocítili, aby vyplnili makroseismický dotazník na stránkách Geofyzikálního ústavu AV ČR nebo podali zprávu o zemětřesení telefonicky nebo e-mailem.

Během dalších dnů bylo shromážděno 26 vyplněných dotazníků, jedna zpráva byla dodána e-mailem. Hlášení jsou z následujících obcí a měst v okruhu přibližně 20 km okolo epicentra (obr. 1), v závorce je uveden počet hlášení: Bělá pod Pradědem (3), Bílý Potok (2), Dolní Moravice (2), Karlov pod Pradědem (1), Karlova Studánka (1), Ludvíkov (3), Malá Morávka (3), Rapotín (1), Rejhotice (1), Sobotín (2), Stará Ves (3), Šumperk (3), Vernířovice (1), Vrbno pod Pradědem (1).

Událost byla většinou popisována jako slabé nebo silné zachvění, zhoupnutí nebo silné zakymácení. Čtyři lidé byli otřesem probuzeni ze spánku. Dveře a okna drnčely (7 hlášení), zavěšené předměty se kývaly (3), malé předměty se posunuly nebo spadly (3), lehký nábytek se zatřásl (6), hladina kapaliny se vlnila (3). Šest pozorovatelů upozorňuje na neklid domácích zvířat. Z Rejhotic, Ludvíkova a Bílého Potoka jsou nahlášeny vlásečnicové trhliny v omítce (4). Z Ludvíkova jsou hlášeny dokonce trhliny v několika nosných zdech a prasklý komín. Většinu hlášení lze ohodnotit stupněm 3 nebo 4 makroseismické stupnice EMS-98 (Grünthal 1998).

Někteří lidé připojili k dotazníku ilustrativní komentář: „Usínala jsem a dům se otřásl jako při nějakém výbuchu. Krátce. Zatřáslo se sklo." (Dolní Moravice). „Nastaly dvě silné detonace v rychlém sledu cca 1 až 2 sekundy, ale ne ohlušující, spíše tlumené. Doslova jsem pocítil, že se celá chalupa nadzvedla! Můj první úsudek – byl to výbuch plynu ve sklepě." (Dolní Moravice). „Dunění a praskání dveří v zárubních. Pes byl celý večer neklidný a hledal, kam by se schoval." (Vikýřovice). „Sousedka si myslela, že se jim sesypalo dřevo." (Ludvíkov). „Dutá rána s menším zachvěním." (Vrbno pod Pradědem). „Mysleli jsme, že do našeho domu narazilo auto, což už se párkrát stalo" (Šumperk). „Zvuk podobný jízdě těžké techniky trvající 10 vteřin, všichni jsme byli překvapeni jeho intenzitou." (Karlov pod Pradědem).

Epicentrální intenzitu zemětřesení Alfrédka ze 14. 6. 2012 odhadujeme na 3 až 4° makroseismické stupnice EMS-98 (hodnocení stupňů EMS-98 je podobné jako v dříve používané stupnici MSK-64, ale jednotlivé stupně jsou popsány podrobněji, zejména vliv otřesů na moderní konstrukce). Správné stanovení epicentrální intenzity v takto nerovnoměrně osídlené a geologicky komplikované oblasti je obtížné, na to upozorňuje již Zátopek (1939) při popisu otřesu z roku 1935. V případě jevu Alfrédka z roku 2012 bylo zemětřesení pravděpodobně pocítěno mnohem větším počtem osob než 27, nicméně aktivní dotazníkový průzkum nebyl prováděn. Zcela také chybí negativní hlášení, důležitá pro přesnější vymezení makroseismického pole.

Porovnání makroseismického a lokálního magnituda

U předchozích dvou pozorovaných zemětřesení z Hrubého Jeseníku v letech 1935 a 1986 s epicentrální intenzitou I_0 = 5,5° MSK-64 bylo spočítáno makroseismické magnitudo M_I jevu pomocí vztahů empiricky odvozených Kárníkem et al. (1984) pro Český masiv:

$M_I = 0,55\ I_0 + 0,95$ (pokud není známa hloubka)

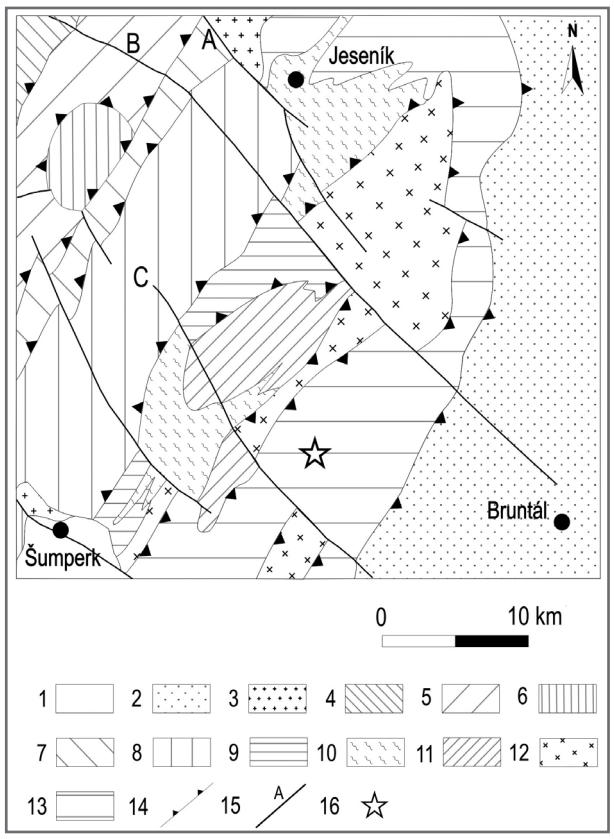
nebo

$M_I = 0,55\ I_0 + 0,93 \log h + 0,14$ (pokud je známa hloubka h).

Pro hloubku 7 km, která je udávána k oběma historickým i k současnému jevu, vychází při použití obou vzorců shodné výsledky.

Pro intenzitu 5,5° vychází magnitudo M_I = 4,0. Tuto hodnotu uvádí pro jev z roku 1935 Kárník et al. (1958) a pro jev z roku 1986 Procházková (2002). Magnitudo 4,0 také dobře koresponduje s lokálními magnitudy určenými ze seismických stanic (3,8) pro jev z roku 1986 (Zedník 2013).

Provedli jsme tento přepočet i pro zemětřesení ze dne 14. 6. 2012. Pro epicentrální intenzitu 3° vychází magnitudo M_I = 2,6, pro intenzitu 4° pak dokonce 3,1. Lokální magnitudo M_L zemětřesení Alfrédka spočítané jako průměr magnitud na jednotlivých stanicích ÚFZ je 2,3. Podobný nebo větší rozdíl mezi hodnotami M_I a M_L byl zaznamenán také u dalších makroseismicky pozorovaných recentních zemětřesení, např. Opava 13. 6. 1993, Orlík 10. 2. 2000 a 13. 1. 2007, Horní Planá 5. a 6. 5. 2009 nebo Český Krumlov 11. 1. 2012 (Zedník 2013). Hlavním důvodem tohoto rozdílu je zejména fakt, že vztah mezi intenzitou a magnitudem je složitý a nelze ho zapsat jednoduchým vzorcem. Vliv mohou mít i další faktory, např. nepřesné vyhodnocení makroseismické intenzity, různá metodika výpočtu lokálního magnituda z analogových a digitálních záznamů nebo malý počet slabých zemětřesení v souboru dat, ze kterého byly vztahy pro přepočet epicentrální in-



Obr. 3: Geologické schéma studované oblasti. 1 – kvartérní pokryv; 2 – kulm; 3 – granitická tělesa; 4 – orlicko-sněžnická jednotka; 5 – staroměstská skupina; 6 – velkovrbenská skupina (klenba); 7 – skupina Branné; 8 – keprnická jednotka; 9 – desenské ruly; vrbenská skupina: 10 – skupina Červenohorského sedla, 11 – amfibolitové masivy, 12 – metagranity, 13 – vrbenská skupina s. s.; 14 – násuny; 15 – zlomy (A – sudetský okrajový, B – bělský, C – klepáčovský); 16 – epicentrum zemětřesení Alfrédka 14. 6. 2012.

Fig. 3: Geological scheme of the studied region. 1 – Quaternary sediments; 2 – Moravo-Silesian Paleozoic (Culm); 3 – granite bodies; 4 – Orlice-Sněžník unit; 5 – Staré Město group; 6 – Velké Vrbno group; 7 – Branná group; 8 – Keprník unit; 9 – Desná gneiss; Vrbno group: 10 – Červenohorské sedlo group, 11 – amphibolite bodies 12 – metagranites, 13 – Vrbno group s. s.; 14 – thrusts; 15 – faults (A – Sudetic marginal fault, B – Bělá fault, C – Klepáčov fault); 16 – epicentre of earthquake Alfrédka 14. 6. 2012.

tenzity a magnituda odvozeny. Při porovnávání magnitud historických a recentních zemětřesení je proto třeba velké opatrnosti. Vztah by bylo potřeba upřesnit pro konkrétní ohniskovou oblast s použitím reprezentativního souboru dat.

Geologické poměry lokality

Jádro a hlavní část zájmového území (obr. 3) tvoří desenská jednotka se svou obalovou částí, tj. vrbenskou skupinou. Na západě do území zasahuje keprnická jednotka, skupina Branné, velkovrbenská skupina, staroměstská skupina a orlicko-sněžnická skupina a na V pouze okrajově sedimenty moravskoslezského paleozoika (kulm).

Desenská jednotka je reprezentována předdevonským krystalinickým fundamentem a devonským obalem. Jádro desenské jednotky je tvořeno hlavně mylonitickými, silně retrográdně postiženými rulami (desenské ruly v širším slova smyslu). Vznik stavby desenské jednotky je Chábem a Opletalem (1984) a Chábem et al. (1990) vysvětlován jako výsledek dvou hlavních deformačních fází, které vedly ke vzniku východovergentní příkrovové stavby a následně ke zpětnému přesunu příkrovu Vysoké hole k západu a vzniku řady struktur a staveb se západní vergencí, jako jsou násuny, šupiny, imbrikace a vrásy provázené kliváží. Oba procesy jsou pokládány za předmetamorfní, přičemž probíhaly ve svrchní části kůry, v hloubkách několika málo kilometrů.

Na krystaliniku desenské jednotky spočívá diskordantně devonská vulkanosedimentární sekvence vrbenské skupiny, jako součást příkrovu Vysoké hole (Opletal et al. 1984). Na bázi je zastoupená hlavně kvarcity, křemennými metakonglomeráty, fylity a svory. Výše následuje mohutná sekvence kyselých až bazických vulkanitů s bohatým tufogenním doprovodem, vystupující zejména v jesenickém a sobotínském amfibolitovém masivu. Metamorfované jílovité sedimenty, místy vápnité nebo i s vložkami vápenců, křemenné až křemenoživcové písky a následně vápence tvoří skupinu Červenohorského sedla.

Do západní části území zasahuje ortorulový komplex keprnické jednotky, která je v současnosti interpretována jako příkrovové těleso nasunuté k východu na (para)autochton desenské jednotky. Generelně lze keprnickou jednotku rozdělit na jadernou a obalovou část, jejíž součástí je i spodní oddíl skupiny Branné, tvořený metasedimenty (kvarcity, fylity, svory, krystalické vápence).

Západně od ramzovského nasunutí pokračuje geologická stavba zkoumaného území staroměstskou a velkovrbenskou skupinou a orlicko-sněžnickou skupinou lugika. Na východ od desenské jednotky se setkáváme s kulmským vývojem Nízkého Jeseníku.

Krystalinikum Hrubého Jeseníku má velmi komplikovanou stavbu. Je segmentováno do řady dílčích šupin až příkrovů a velmi silně porušeno četnými zlomy. Nejvýznamnějšími zlomy vedle starších a spíše ojedinělých zlomů směru VSV–ZJZ jsou strmé dislokace sudetského směru (např. sudetský okrajový, bělský, klepáčovský, temenický), které příčně porušují geologická tělesa a zřetelně se projevují i v geologické stavbě i v morfologii reliéfu. S bělským zlomem jsou často spojována také tělesa bazaltoidů pleistocenního stáří (Šibrava – Havlíček 1980, Foltýnová 2003) prorážející kulmské horniny v okolí Bruntálu. Za doznívající projevy magmatické aktivity lze považovat vývěry uhličitých vod a suchého CO_2 (Květ – Kačura 1978) v celé seismicky aktivní oblasti, které poukazují na vysokou permeabilitu zlomů a jejich pravděpodobnou slabou aktivitu.

Vztah mezi současnou seismickou aktivitou a známou přípovrchovou geologickou stavbou území není zcela zjevný. V severní části Hrubého Jeseníku se ohniska zemětřesení vyskytují výjimečně. Největší aktivita se soustřeďuje do několika ohniskových oblastí v jeho jižní a jihovýchodní části při kontaktu vrbenské skupiny se sedimenty moravskoslezského paleozoika. Seismicky aktivní je zejména prostor vymezený sudetským okrajovým a klepáčovským zlomem mezi městy Klepáčov, Vrbno pod Pradědem, Bruntál a Rýmařov. Jednoznačná korelace ohniskových

oblastí se zlomy sudetského směru je stále problematická. Pro spolehlivé určení ohniskových mechanismů je třeba velmi kvalitní záznam zemětřesení na velkém počtu stanic s vhodným rozmístěním okolo ohniska. Vzhledem k obecně nízké vyzařované energii pozorovaných jevů a poměrně malému počtu seismických stanic je takový výpočet možné provést jen pro několik zemětřesení v širší studované oblasti. V současné době probíhá analýza vybraných silnějších jevů s magnitudy $M_L \geq 2$. Díky finanční podpoře z několika projektů probíhá instalace dalších seismických stanic, které v budoucnu výpočty usnadní.

Závěr

Makroseismicky pozorované zemětřesení ze dne 14. 6. 2012 mělo epicentrum u bývalé chaty Alfrédka, asi 10 km sv. od Rýmařova. Hloubka ohniska byla 7 km, lokální magnitudo jevu 2,3 a epicentrální intenzita 3 až 4° makroseismické stupnice EMS-98. Toto zemětřesení bylo součástí série jevů trvající déle než měsíc. Nejsilnější otřes byl o něco slabší než zemětřesení z podobné oblasti v letech 1935 a 1986. Magnitudo jevu naměřené přístrojově a magnitudo vypočtené z epicentrální intenzity se liší. Pro upřesnění vztahu mezi intenzitou zemětřesení a jeho magnitudem by bylo potřeba více vstupních dat.

Současná seismická aktivita v okolí Hrubého Jeseníku se soustřeďuje do několika ohniskových oblastí v jeho j. a jv. části, do širší oblasti kontaktu moravskoslezského paleozoika a vrbenské skupiny v blízkosti bělského a klepáčovského zlomu. Jednoznačné spojení jednotlivých epicentrálních oblastí s konkrétním zlomem zatím není možné, příčinná souvislost se zlomy sudetského směru je však velmi pravděpodobná.

Poděkování

Modernizace a provoz sítě MONET a dalších seismických stanic ve sledované oblasti byl finančně podpořen výzkumnými projekty CzechGeo/EPOS, GAČR P210/12/0573 a OPVK 2.3. – CZ.1.07/2.3.00/20.0052.

Literatura

Foltýnová, R. (2003): Geochemicko-petrografická charakteristika neovulkanitů severní Moravy a Slezska. – MS, diplomová práce MU Brno.

Grünthal, G. (1998): European Macroseismic Scale 1998. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, pp. 99, Luxembourg.

Cháb, J. – Opletal, M. (1984): Příkrovová stavba východního okraje pásma Červenohorského sedla v Hrubém Jeseníku. – Věstník Ústředního ústavu geologického, 59, 1–12. Praha.

Cháb, J. – Fediuková, E. – Fišera, M. – Novotný, P. – Opletal, M. (1990): Variská orogeneze v silesiku. – Sborník geologických věd, Ložisková geologie, mineralogie, 29, 9–39, Praha.

Jurende, K. J. (1829): Jurende´s Vaterländischer Pilger im Kaiserstaete Österreichs. Jg. XVI, 54–69, Brünn.

Kárník, V. – Michal, E. – Molnár, A. (1958): Erdbebenkatalog der Tschechoslovakei bis zum Jahre 1956. – Travaux Géophysiques 1957, No. 69, 411–596, Praha.

Kárník, V. – Procházková, D. – Brouček, I. (1984): Catalogue of earthquakes for the territory of Czechoslovakia for the period 1957–1980. – Travaux Géophysiques XXIX (1981), No. 555, 155–186, Praha.

Koláček, F. (1921): Seznam otřesů pozorovaných na půdě Republiky československé. – Spisy přírodovědecké fakulty Masarykovy university, Brno, Čís. 7, 2–12.

Květ, R. – Kačura, G. (1978): Minerální vody Severomoravského kraje. – Ústřední ústav geologický, Praha.

Opletal, M. – Barnet, I. – Fediuková, E. – Fišera, M. – Hauk, J. – Cháb, J. – Chlupáč, I. – Kačura, G. – Kopečný, V. – Koverdynský, B. – Sekyra, J. – Šalanský, K. – Volšán, V. – Zikmundová, J. (1984): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSR 1 : 25 000, list 14-422 Dolní Moravice. – MS, ÚÚG. Praha.

Procházková, D. (1994): Earthquakes in the Jeseníky Mts. in 1986. – Travaux géophysiques, XXXVI, Praha, 28–38.

Procházková, D. (2002): Seismické inženýrství na prahu třetího tisíciletí. – Elektronický optický disk (CD-ROM), Praha.

Remeš, M. (1902): Zemětřesení na Moravě pozorovaná. – Věstník klubu přírodovědeckého v Prostějově za rok 1902, ročník V, 3–11.

Sýkorová, Z. – Švancara, J. – Pazdírková, J. – Špaček, P. – Hubatka, F. (2002): – Preliminary results of detailed seismological monitoring in Hrubý Jeseník Mts. – Geolines, 14, 89–91. Praha.

Šibrava, V. – Havlíček, P. (1980): Radiometric age of Plio-Pleistocene volcanic rocks of the Bohemian Massif. – Věstník Ústředního ústavu geologického 55, 129–139.

Špaček, P. – Zacherle, P. – Sýkorová, Z. – Pazdírková, J. (2011): Microseismic multiplets in the northeastern Bohemian Massif. – Zeitschrift für Geologische Wissenschaften, 39 (2011) 5/6. Berlin. 367–386.

Zátopek, A. (1939): Zemětřesení v severní části Země Moravskoslezské 24. července 1935. – III. Ročenka Stát. ústavu geofys., Praha.

Zedník, J., editor (2013) [cit. 2013-04-24]: Katalogy regionálních seismických jevů zaznamenané Českou regionální seismologickou sítí [online]. – Dostupné z: http://www.ig.cas.cz/cz/seismicka-sluzba/katalogy-regionalnich-zemetreseni.