

# SLEDOVÁNÍ INDUKOVANÉ SEISMICITY SÍTÍ POVRCHOVÝCH STANIC V OBLASTI DOLŮ OKD, a.s.

## THE MONITORING OF INDUCED SEISMICITY BY THE NETWORK OF SESMIC STATIONS ON SURFACE AREA OKD, A.S.

*Jan Adámek<sup>1</sup>, Josef Holečko<sup>2</sup>*

### **Abstrakt**

Seismicita vyvolaná hornickou činností v uhelných dolech OKD, a.s. může v některých případech negativně působit na stavební objekty na povrchu. V tomto článku seznamujeme s budováním a provozem sítě povrchových seismických stanic a vyhodnocováním výsledků měření. Článek popisuje situování stanic povrchové sítě, postupy vyhodnocování a seznamuje se seismologickým informačním systémem provozovaným na našich webových stránkách ([www.dpb.cz\geofyzika](http://www.dpb.cz/geofyzika)). Rovněž uvádí přehledné statistiky o počtu zaregistrovaných seismických jevů a realizovaných posouzení vlivu na stavební objekty na povrchu za dobu provozování sítě v období let 2009 až 2014. Za toto období bylo námi posouzeno přes třistadevadesát stavebních objektů různých kategorií.

### **Abstract**

Seismicity induced by mining activities in coal mines OKD, a. s. can negatively affect the buildings on the surface. This paper describes the process of the construction and operating of surface seismic stations network and the evaluation of the results. The article describes the position of the stations and the method of interpretation and familiarizes with seismological information system operating on our website ([www.dpb.cz\geofyzika](http://www.dpb.cz/geofyzika)). The statistics of registered seismic events number is also described in details. Part of the paper is about statistics of realized assessments of impacts on buildings during operating the network in the period 2009 to 2014. During this period of time, there have been done more than 390 evaluations of buildings.

### **Klíčová slova**

*indukovaná seismicita, povrchová seismická stanice, rychlost kmitání.*

### **Keywords**

*induced seismicity, surface seismic stations network, particle velocity.*

# 1 Úvod

Článek popisuje sledování seismických účinků na povrchové objekty při vzniku povrchových záchvěvů, s využitím sítě povrchových seismologických stanic Green Gas DPB, a.s. za období let 2009 až 2014. Výstupy seismických měření jsou součástí seismologického informačního systému, který je v článku stručně popsán. Hodnoty maximální rychlosti kmitání, naměřené v místech stanic, slouží při posuzování míry poškození blízkých stavebních objektů.

## 2 Sít' povrchových seismologických stanic

Indukovanou seismicitou rozumíme seismické jevy vznikající náhlým porušováním horninového masivu vyvolaným hornickou činností dolů OKD, a.s. Nejsilnější seismické jevy se někdy mohou nepříznivě projevit v blízkých důlních dílech jako důlní otřesy. Někdy jsou zaznamenány jako záchvěvy na povrchu, zejména v oblasti bezprostředně nad místem vzniku. Při monitoringu dynamických účinků seismických jevů na stavební objekty především předpokládáme nepatrná přetvoření povrchu, které se projevují v krátkém časovém intervalu a mohou mít negativní vliv na stavební objekt. Základním způsobem monitorování těchto vlivů je sledování a vyhodnocování seismických jevů indukovaných hornickou činností sítě povrchových seismologických stanic se snímači situovanými, v souladu s koncepcí hornické činnosti OKD, a.s., v blízkosti očekávaných ohniskových oblastí seismických jevů (na povrchu v blízkosti epicenter).

Sít' povrchových seismologických stanic musí umožnit:

- měření a vyhodnocování seismických účinků na povrchu v oblastech častých hlášení povrchových záchvěvů a důlních škod z důvodu výskytu seismických jevů indukovaných hornickou činností,
- sběr seismologických dat, která spolu s dalšími shromážděnými informacemi o hornické činnosti a lokálních geologických a hydrologických podmínkách v jednotlivých lokalitách budou základem pro vybudování budoucího systému vyhodnocování a prognózy seismických účinků na povrchové objekty.

Při výběru lokalit pro zřízení seismologických stanic a při určení jejich konkrétních stanovišť byly rozhodujícím kritériem zejména očekávané seismické účinky na povrchu. Určení oblastí instalace stanic se řídilo zejména těmito hledisky:

- vybrat části horského masivu (části ker či dobývacího prostoru) s největší pravděpodobností výskytu ohnisek energeticky nejsilnějších seismických jevů,
- v těchto oblastech bylo nutno určit největší očekávanou energii seismických jevů,
- analýzu ohniskových oblastí bylo nutno navázat na předpokládanou hornickou činnost v dalším období (v časovém horizontu cca tří až pěti let),
- při výběru lokality bylo nutno zohlednit také zdroje seismického rušení (silnice, železnice, strojní vybavení, stavební činnost apod.),
- lokality a stanoviště musela vyhovovat požadavku praktické možnosti instalace zařízení stanice včetně přenosu dat,
- zároveň bylo nutno stanice situovat co nejbližší zájmových objektů dříve ohlášené povrchové záchvěvy a „důlní škody“, volba podle významu objektu a míry nebezpečí v případě jeho poškození apod.), atd.

Na základě analýzy účinků byly vytipovány části horského masivu, u kterých lze očekávat největší seismickou aktivitu (epicentrální oblasti energeticky silných seismických jevů = místa na povrchu nacházející se nad místy vzniku v podzemí) a jsou zřejmě také nejohroženější z hlediska pravděpodobnosti výskytu povrchových záchvěvů. Na ně je nutno seismologická sledování v dalším období zaměřit. Skutečná seismicita však bude ovlivněna nejen budoucí hornickou činností (rozsahem a intenzitou dobývání), ale i rozsahem dřívější hornické činnosti v dané oblasti horninového masivu.

## 2.1 Instalace povrchových seismologických stanic

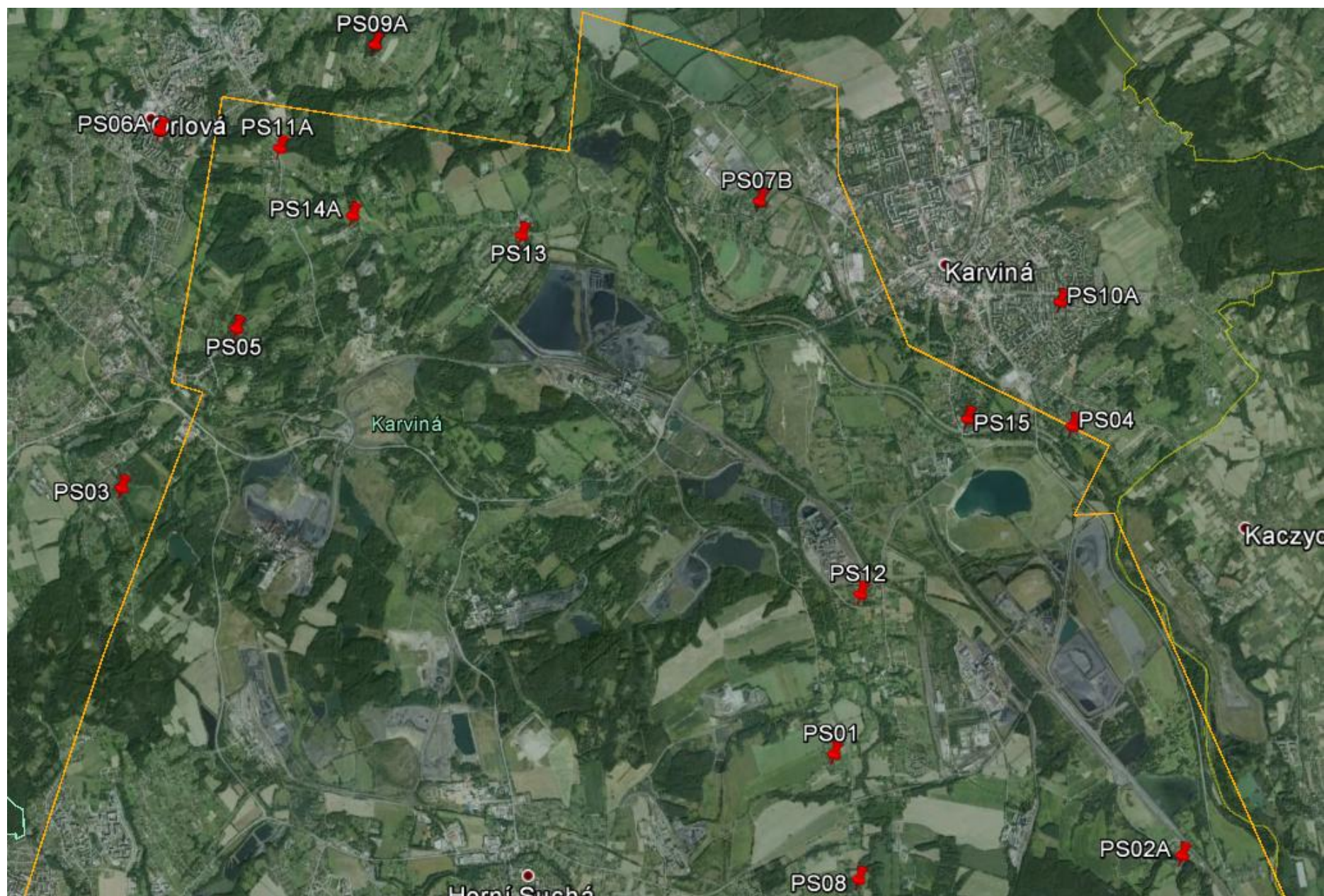
V oblasti karvinské části OKR je monitorování seismických účinků od roku 2009 realizováno 15 povrchovými stanicemi, z nichž osm je na stanovištích prvotní instalace. V roce 2010 byly přemístěny na nová stanoviště tři stanice, o rok později, v roce 2011 byly přemístěny další tři stanice na nová stanoviště. V roce 2012 zůstaly stanice na svých původních pozicích, ale v roce 2013 došlo k přemístění dalších dvou stanic na nové pozice. V současné době tedy probíhají seismologická měření nadále na 15 stanicích rozmístěných na různých lokalitách v dobývacím prostoru OKD, a.s., a na dvou lokalitách v Polské republice, čímž bylo umožněno:

- měření rychlosti kmitání na konkrétních stanovištích,
- sběr podkladů pro určení vlivu geologických, popř. hydrologických poměrů, v daných lokalitách na parametry seismických vln pro následné vypracování systému hodnocení seismických účinků i v širší oblasti a pro budoucí prognózy ohrožení povrchových objektů seismicitou indukovanou budoucí hornickou činností.

Současně se získáním naměřených dat řady silných seismických jevů (see: Seismologický informační systém – Green Gas DPB, a.s.) bylo nutno detailně zjišťovat a zadokumentovat jejich skutečné účinky na povrchových objektech, popř. prověřovat účinky ohlášených důlních škod na konkrétních objektech (odbory důlních škod jednotlivých dolů).

Situování některých povrchových stanic bylo nutno upravovat v souladu se záměry postupu těžby do nových oblastí a větších hloubek, resp. s ohledem na místa výskytu seismických jevů z nových ohniskových oblastí. Kromě zásadních změn v lokalitách dobývání byl důležitým faktorem četnost a intenzita ohlašovaných povrchových záchvěvů obyvatelstvem (požadavky obcí a OKD, a.s.), na které bylo nezbytně nutné reagovat přemístěním jedné nebo více stanic. Na Obr. 1 je na mapě zobrazeno aktuální rozmístění povrchových stanic v dobývacích prostorech dolů OKD, a.s., platné ke dni 31. 5. 2014 (stanice jsou vyznačeny červeně označením PS a číslem stanice, oranžová čára označuje hranici dobývacího prostoru OKD, a.s.).

Stanice povrchové seismologické sítě v OKR jsou osazeny třísložkovými snímači (složky N-S, E-W, Z) a jsou většinou osazeny ve sklepních prostorech vybraných povrchových objektů v oblastech četného výskytu energeticky silných seismických jevů a četných ohlašovaných povrchových záchvěvů, resp. ohlašovaných důlních škod. Zařízení stanic AMAX-GSI (GIG Katovice), (Obr.2; Obr.3) pracuje ve spouštěném režimu (jev je zaznamenán po splnění trigrovacích podmínek nad úrovní lokálního seismického neklidu). K záznamu jevů slouží standardní algoritmy (STA/LTA) – vzhledem k potřebě sledovat seismicitu oblastí běžné zástavby a tedy i značně rušené technickou seismicitou, je „mez“ zaregistrovaných jevů proměnlivá v čase. Standardně ze záznamů vyhodnocujeme maximální hodnotu rychlosti kmitání hmotného bodu v horizontálním směru [ $VH_{max}$ ] [mm/s].



**Obr. 1 Mapa povrchových seismických stanic – rozmístění platné ke dni 31. 5. 2014**

Vyhodnocení probíhá automaticky pomocí SW vybavení dodaného výrobcem a rovněž dle SW dodaného výrobcem se posuzuje stupeň poškození objektu dle polské stupnice GSI-GZW, používané pro kamenouhelné doly v polské části Hornoslezské pánve. Graficky lze vykreslit průběh seismického záznamu (velocigram, respektive-akcelerogram). Následně lze naměřené hodnoty rychlosti kmitání porovnat s příslušnou českou normou pro posouzení možného vlivu na sledované objekty. Jevy jsou uloženy v databázi, jejich vlnové obrazy jsou rovněž archivovány. Informace o výsledcích záznamů silných jevů mohou být poskytovány bezprostředně po vzniku jevu.



***Obr. 2 Zařízení AMAX-GSI na povrchové seismické stanici***



***Obr. 3 Snímač a router na povrchové stanici***

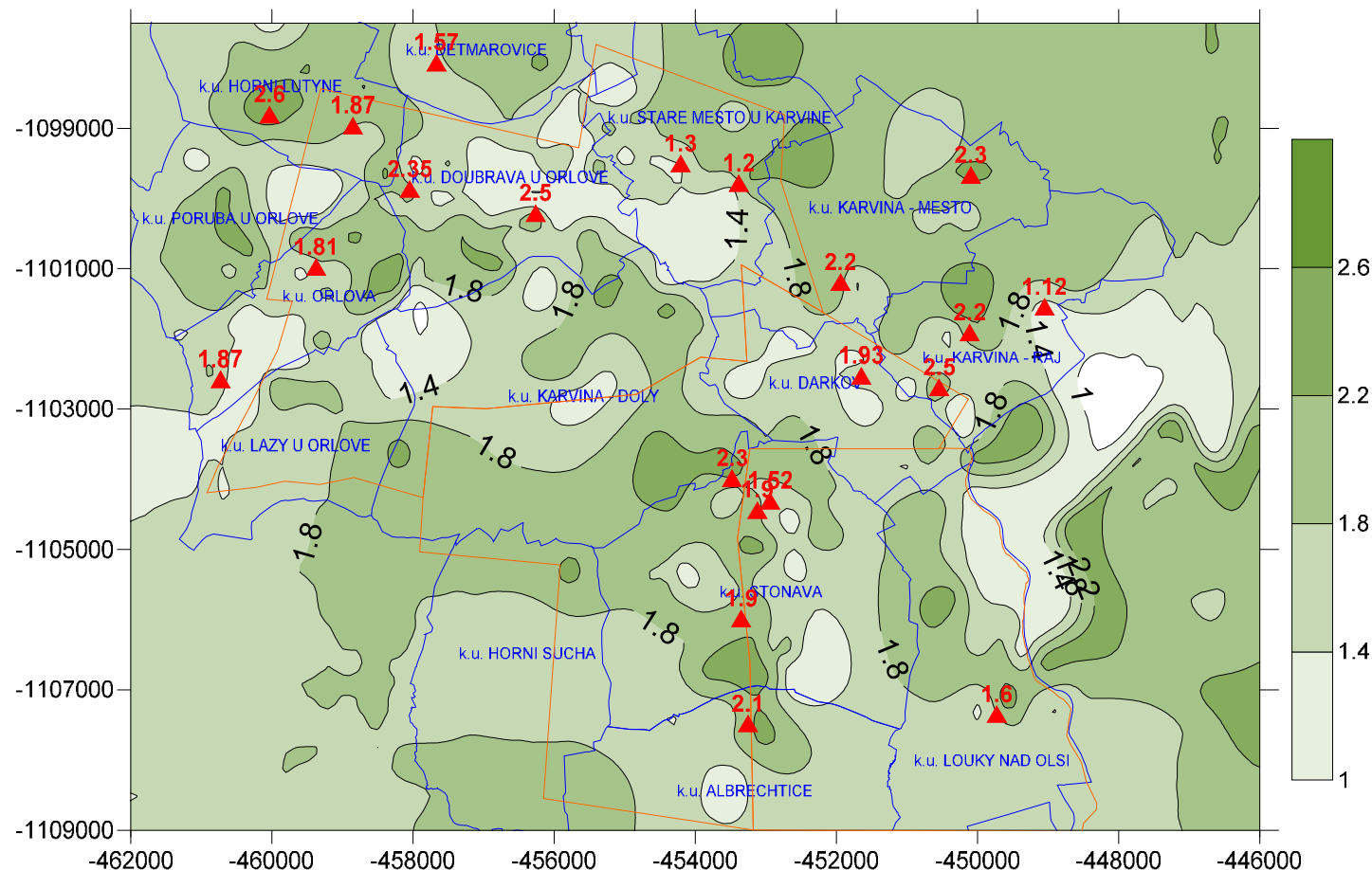
Ve spolupráci s GIG Katowice byl regionální vzorec GIG, používaný v polské části hornoslezské uhelné pánve, pro výpočet maximální hodnoty horizontální složky rychlosti kmitání upraven na podmínky OKR, který rychlosti kmitání počítá v závislost na energii seismických jevů, vzdálenosti jejich hypocentra a rovněž koeficientu zesílení/zeslabení, závislém na lokálních geologických podmínkách. K určení koeficientu zesílení/zeslabení bylo využito dostupných údajů o přípovrchových (kvartérních) vrstvách v karvinské části OKR, výsledků seismických povrchových měření na profilech realizovaných v letech 2011 a 2012 na celkem třinácti stanovištích, a údajů GIG Katowice na přilehlém polském území, tj. v oblasti uzavřeného dolu Morcinek.

Mapa izolinií koeficientu zesílení/zeslabení v karvinské části OKR a přilehlé pohraniční části polského území je uvedena na Obr. 4 (oranžová čára znázorňuje hranici dobývacích prostorů dolů OKD, a.s., červené trojúhelníky s číselnou hodnotou znázorňují místa, kde probíhalo upřesňující měření, které bylo jako pomocný podklad pro vznik této mapy, modrá čára znázorňuje hranici katastrálních území resp. hranici mezi polskou a českou republikou)

Ve spolupráci s GIG Katowice rovněž byla ověřována další možnost výpočtu hodnoty rychlosti kmitání  $[VH_{max}]$  [mm/s] sestavením lokálních vzorců, platných jen v omezených oblastech jednak pomocí vícenásobné regrese analýzy, jednak v závislosti na rychlosti šíření seismické vlny-S ve třicetimetrové vrstvě pokryvu podle normy Eurokód 8, s využitím výše uvedených povrchových měření na profilech.

## 2.2 Výstupní měření povrchovými stanicemi

Naměřené hodnoty maximální rychlosti kmitání v místech stanic slouží při posuzování míry poškození blízkých stavebních objektů. V případě, že se v blízkosti posuzovaného objektu nenachází žádná povrchová stanice, pak míra poškození objektu se posuzuje na základě výpočtu ze závislosti hodnoty rychlosti kmitání na vzdálenosti objektu od epicentra seismického jevu a jeho seismické energie. V současné době je převážně používán regionální vztah zohledňující energii seismického jevu, jeho vzdálenost od objektu a rozdílnosti lokálních podmínek v místě objektu (koeficient zesílení/zeslabení), resp. na stanovištích povrchových stanic. V případech, že se hodnota rychlosti



**Obr. 4 Mapa izolinií koeficientu zesílení/zeslabení  $[W_f]$**

kmitání určená podle vzorce výrazně liší od naměřené hodnoty na blízkých stanicích, určí se koeficient korekce na skutečnou (naměřenou hodnotu) a stejným koeficientem se upraví vypočtená hodnota v místě posuzovaného objektu.

Pro informování veřejnosti, firem a místních samospráv obcí a měst byl od 1. 4. 2013 zprovozněn „Seismologický informační systém“ (dále jen SIS), který slouží k informování o výskytu energeticky významných seismických jevů (s energií od  $1,0 \times 10^4$  J) a o projevech indukované seismicity na povrchu hornickou činností dolů OKD, a.s. SIS je dále doplněn o informace poskytované doly OKD, a.s., o plánovaných odstřelech bezvýlomových trhacích prací (BTPVR) a rovněž o informace OKD, a.s., pro občany, kteří na svém majetku zaznamenali škodu způsobenou důlní činností. – kopie úvodní www stránky na Obr. 5.

**Green Gas DPB**  
capture the energy

ÚVODNÍ STRÁNKA | O SPOLEČNOSTI | IMS | OBORY ČINNOSTÍ | ROZVOJOVÉ AKTIVITY | KONTAKTY | SEISMOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM

Aktuálně registrované jevy | Archiv jevů | Mapa povrchových stanic | Tabulka povrchových stanic

### Aktuálně registrované jevy

Záznamy za období: 14.06.2014 - 23.06.2014

| Datum     | Čas [SEC,SELČ] | x [m]     | y [m]   | z [m] | Energie [J] | Poznámka                                                     | Povrchové stanice |
|-----------|----------------|-----------|---------|-------|-------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|
| 22.6.2014 | 14:57:54       | 1 105 954 | 450 773 | -692  | 2.60E+04    | CSM/Uh R371200/3 SA BTPVR 1875kg SE=5 - <a href="#">mapa</a> | PS                |
| 22.6.2014 | 03:09:30       | 1 103 066 | 451 998 | -737  | 2.18E+04    | DARKOV/2 zap. R239502 SA - <a href="#">mapa</a>              | PS                |
| 19.6.2014 | 01:41:04       | 1 103 110 | 451 922 | -639  | 2.07E+04    | DARKOV/2 R239502 PZ - <a href="#">mapa</a>                   | PS                |
| 18.6.2014 | 02:40:50       | 1 105 851 | 454 556 | -408  | 4.60E+04    | DARKOV/3 r40251 - <a href="#">mapa</a>                       | PS                |
| 17.6.2014 | 22:10:59       | 1 103 600 | 450 961 | -525  | 2.50E+04    | CSM/sever SA R391004 vyd.předp.nadl. - <a href="#">mapa</a>  | PS                |
| 15.6.2014 | 16:55:08       | 1 105 943 | 450 830 | -618  | 2.63E+04    | CSM/Uh R371200/3 BTPVR 1900kg SE=6 - <a href="#">mapa</a>    | PS                |
| 15.6.2014 | 06:31:04       | 1 103 010 | 451 953 | -742  | 2.39E+04    | DARKOV/2 R239502 Nadl. - <a href="#">mapa</a>                | PS                |
| 14.6.2014 | 04:04:48       | 1 105 979 | 454 665 | -371  | 6.86E+04    | DARKOV/3 r40231 jižne nadl. - <a href="#">mapa</a>           | PS                |

**Vysvětlivky:**  
 PS - jev byl zaregistrován alespoň jednou stanicí  
 NS - jev nebyl zaregistrován žádnou stanicí  
 $V_{max}$  = naměřené maximální hodnoty horizontální složky rychlosti kmitání povrchu v místě povrchové stanice.

**Aktuality**  
**Green Gas DPB:**  
 Seismické stanice KAC a POG - [Nové naměřené hodnoty z KAC a POG](#)  
 Poznámky k jevům - [Poznámky](#)  
 Informace ke spuštění SIS - [Zahájení provozu SIS](#)  
**OKD, a.s.:**  
 Informace k důlním škodám - [Kontakty k důlním škodám](#)  
**BTPVR:**  
 22.6.2014 - [Příloha č. 1](#)  
 15.6.2014 - [Příloha č. 1](#)  
 8.6.2014 - [Příloha č. 1](#)  
 1.6.2014 - [Příloha č. 1](#)

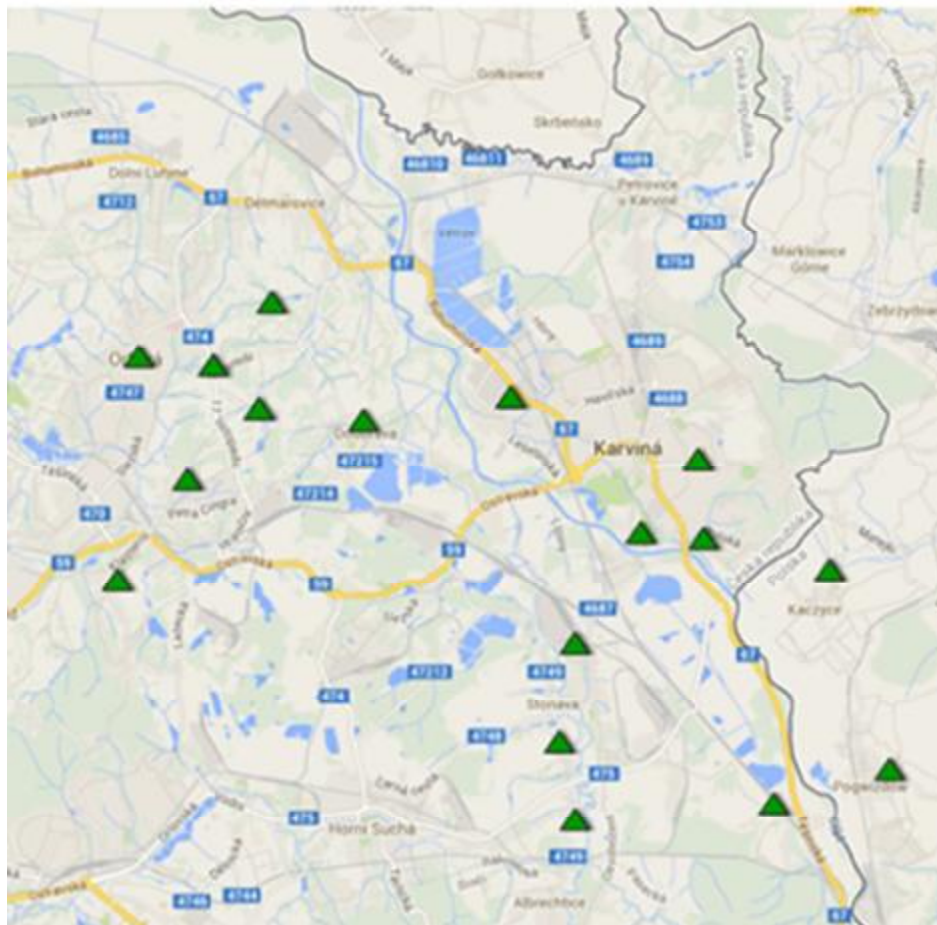
© 2010-2014 Green Gas DPB, a.s., všechna práva vyhrazena. Firma je součástí nadnárodní společnosti Green Gas International B.V.

Obr. 5 Úvodní strana bulletinu Seismologického informačního systému

menali škodu způsobenou důlní činností. – kopie úvodní www stránky na Obr. 5.

SIS informuje o základních parametrech seismických jevů registrovaných seismologickými stanicemi dolů a Seismického polygonu Green Gas DPB, a.s. od energie  $1,0 \times 10^4$  J a dále zobrazuje lokalizaci jejich ohniska v povrchové mapě (epicentrum seismického jevu). Seismologické monitorování OKR zpracování dat ve vyhodnocovacím centru a provoz internetových stránek Seismologického informačního systému zajišťuje Green Gas DPB, a.s., se sídlem v Paskově ([www.dpb.cz/geofyzika](http://www.dpb.cz/geofyzika)).

SIS dále uvádí hodnoty naměřené na povrchových seismologických stanicích, pokud byl jev stanicemi zaznamenán. Na povrchové mapě lze určit vzájemnou polohu seismického jevu a povrchových stanic, které jev zaznamenaly. Uvedené informace jsou doplňovány jednou za 24 hodiny v pracovních dnech. Na Obr. 6, resp. na Obr. 7 je zobrazena mapa aktuálně provozovaných povrchových seismologických stanic jak na českém tak polském území, resp. tabulka jejich souřadnic i těch, na kterých již bylo měření ukončeno (přemístění stanice na nové stanoviště).



**Obr. 6** Mapa rozmístění seismologických stanic (SIS ke dni 31. 5. 2014)

| Ozn. stanice                               | Lokalita                                                 | Souřadnice<br>X (m) | Y (m)   | Z (m) | Datum od   | Datum do   |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------|---------|-------|------------|------------|
| Aktivní stanice:                           |                                                          |                     |         |       |            |            |
| ▲                                          | KAČ Zespół Szkół w Kaczycach                             | 1 103 468           | 448 442 | 283   | 13.06.2007 | -          |
| ▲                                          | PO3 Szkoła podstawowa i gimnazjum w Pegzowidwie          | 1 106 954           | 447 683 | 281   | 28.04.2011 | -          |
| ▲                                          | PS01 Stenava, ZŠ s polským vyučovacím jazykem            | 1 106 020           | 453 343 | 249   | 25.02.2009 | -          |
| ▲                                          | PS02A Karviná - Louky, RD, Malé Kempy č.p. 383/8         | 1 107 389           | 449 728 | 268   | 16.05.2011 | -          |
| ▲                                          | PS03 Orlová, Dům s pečovatelskou službou Altenheim       | 1 102 616           | 460 727 | 267   | 25.02.2009 | -          |
| ▲                                          | PS04 Karviná - Ráj, RD, Rajčská č.p. 1024/12             | 1 102 742           | 450 572 | 237   | 26.02.2009 | -          |
| ▲                                          | PS05 Orlová - Město, Haaičská zbrojnice                  | 1 101 007           | 459 375 | 238   | 25.02.2009 | -          |
| ▲                                          | PS06A Orlová - Lutyně, ZŠ, Mláďa č.p. 726                | 1 098 843           | 460 029 | 262   | 31.10.2011 | -          |
| ▲                                          | PS07B Karviná - Staré Město, Azylový dům                 | 1 100 076           | 453 698 | 221   | 30.01.2013 | -          |
| ▲                                          | PS08 Albrechtice, RD, Otšiny č.p. 320                    | 1 107 381           | 453 190 | 254   | 26.05.2009 | -          |
| ▲                                          | PS09A Dřtanovice, Restaurace Runcajs                     | 1 098 108           | 457 689 | 257   | 17.05.2010 | -          |
| ▲                                          | PS10A Karviná Ráj, Mateřská škola Obrachtova, Horova 655 | 1 101 401           | 450 571 | 263   | 10.07.2013 | -          |
| ▲                                          | PS11A Orlová - Lutyně, VOŠ DAKOL, 17. listopadu č.p. 211 | 1 099 116           | 458 768 | 278   | 20.06.2011 | -          |
| ▲                                          | PS12 Stenava - Stavý, RD, č.p. 738                       | 1 104 351           | 452 940 | 231   | 26.05.2009 | -          |
| ▲                                          | PS13 Doubrava, Zdravotní středisko, č.p. 444             | 1 100 248           | 456 271 | 228   | 09.06.2009 | -          |
| ▲                                          | PS14A Doubrava, ČOV "Biodeaner BC 100"                   | 1 099 906           | 458 041 | 248   | 09.07.2010 | -          |
| ▲                                          | PS15 Karviná, Darkov Lázně, Lázeňská                     | 1 102 566           | 451 657 | 231   | 09.06.2009 | -          |
| Stanice, u nichž měření již bylo ukončeno: |                                                          |                     |         |       |            |            |
| ▲                                          | PS02 Stenava, RD, č.p. 721                               | 1 104 480           | 453 116 | 233   | 25.02.2009 | 16.05.2011 |
| ▲                                          | PS06 Orlová - Kopaniny, RD, č.p. 725                     | 1 100 530           | 458 539 | 261   | 09.06.2009 | 10.10.2011 |
| ▲                                          | PS07 Darkov, bývalé kulturní středisko                   | 1 102 765           | 451 844 | 239   | 27.05.2009 | 16.05.2010 |
| ▲                                          | PS07A Karviná - Staré Město, Mělnický Health Care        | 1 099 536           | 454 205 | 218   | 22.05.2010 | 30.01.2013 |
| ▲                                          | PS09 Albrechtice, RD, č.p. 283                           | 1 108 270           | 453 582 | 255   | 26.05.2009 | 11.05.2010 |
| ▲                                          | PS10 Stenava, Obecní dům č.p. 954                        | 1 104 030           | 453 482 | 232   | 26.05.2009 | 10.07.2013 |
| ▲                                          | PS11 Orlová - Lutyně, Mateřská škola, Na vyhlídce 1143   | 1 099 005           | 458 855 | 275   | 26.05.2009 | 20.06.2011 |
| ▲                                          | PS14 Doubrava, Důl Čoubrava (stará rozvozná)             | 1 101 120           | 457 784 | 275   | 09.06.2009 | 04.03.2010 |

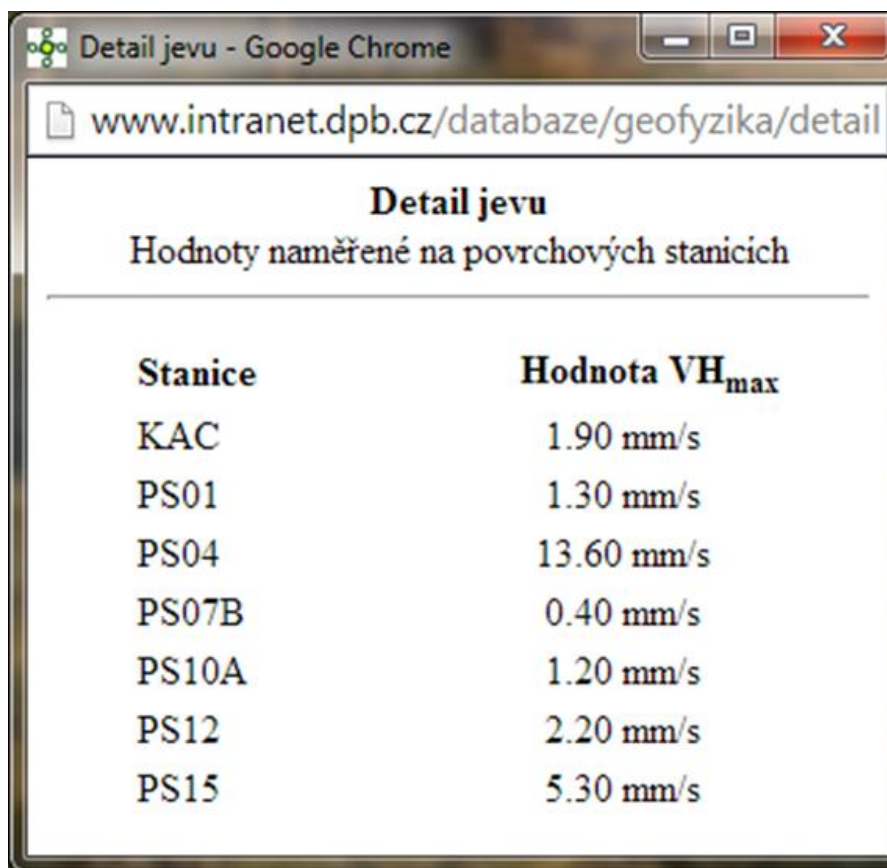
**Obr. 7** Tabulka se souřadnicemi povrchových seismologických stanic (SIS ke dni 31. 5. 2014)

Pro názornou ukázkou jsme vybrali konkrétní SL jev ze dne 7. 6. 2014 s následujícími parametry:

|            |          |         |        |      |          |                               |
|------------|----------|---------|--------|------|----------|-------------------------------|
| 7. 6. 2014 | 05:33:51 | 1103524 | 450740 | -792 | 8.14E+05 | CSM/sever SA R391004 zaval PZ |
|------------|----------|---------|--------|------|----------|-------------------------------|

Hodnoty maximální rychlosti kmitání naměřené na povrchových stanicích pro vybraný SL jev udává tabulka, která je inicializována stiskem tlačítka, které je zobrazeno na konci řádku. Pokud daný jev byl zaregistrován, alespoň jednou povrchovou seismologickou stanicí, zobrazí se na konci řádku červené kolečko s nápisem PS. V opačném případě je kolečko zelené. V konkrétně uvedeném případě to jsou hodnoty uvedené na Obr. 8.

Na Obr. 9 je zelenými trojúhelníky v mapě zobrazena lokalizace seismických stanic, které daný jev zaregistrovaly. Červenými kolečky je zobrazena lokalizace konkrétně zvoleného zaregistrovaného seismologického jevu. V uvedeném příkladu byla na povrchové stanici PS04 naměřena hodnota maximální rychlosti kmitání 13,60 mm/s, která se inicializuje stiskem na symbol stanice (zelený trojúhelník).

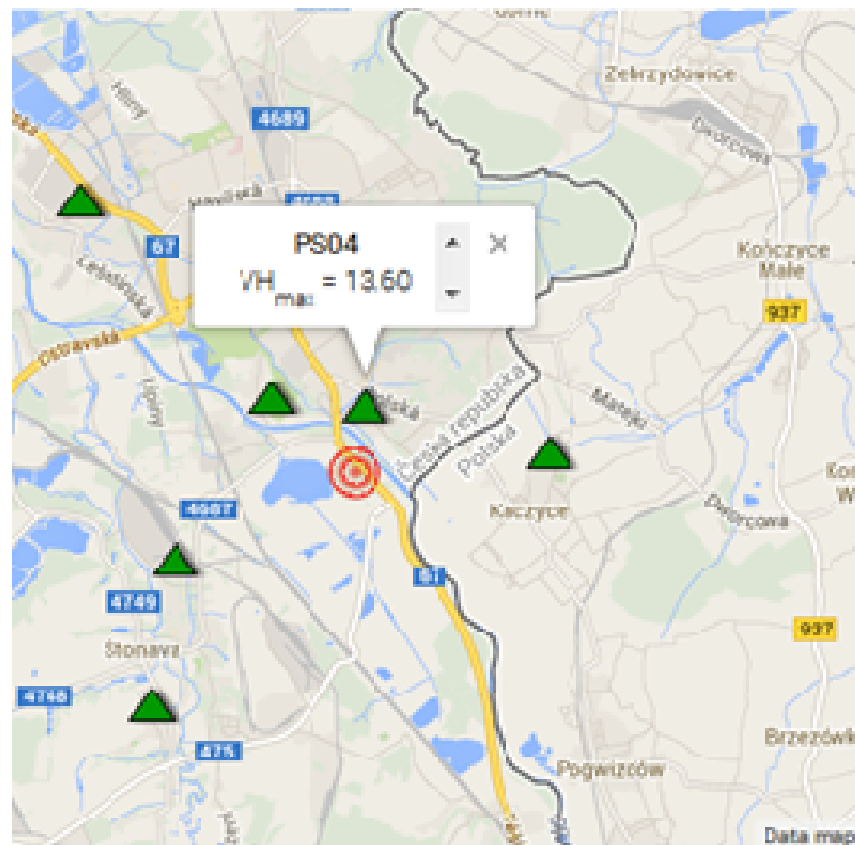


Detail jevu - Google Chrome  
www.intranet.dpb.cz/database/geofyzika/detail

**Detail jevu**  
Hodnoty naměřené na povrchových stanicích

| Stanice | Hodnota $VH_{max}$ |
|---------|--------------------|
| KAC     | 1.90 mm/s          |
| PS01    | 1.30 mm/s          |
| PS04    | 13.60 mm/s         |
| PS07B   | 0.40 mm/s          |
| PS10A   | 1.20 mm/s          |
| PS12    | 2.20 mm/s          |
| PS15    | 5.30 mm/s          |

**Obr. 8** Tabulka se zobrazením naměřených rychlostí kmitání konkrétního jevu na povrchových stanicích (SL jev ze dne 7. 6. 2014)



**Obr. 9** Mapa s lokalizací jevu ze dne 7. 6. 2014 a naměřenou hodnotou maximální rychlosti kmitání na stanici PS04

### 3 Výsledky měření povrchovými stanicemi

Do 31. 5. 2014 bylo těmito povrchovými seismologickými stanicemi zaznamenáno celkem 1280 energeticky významných SL jevů. V Tabulce 1 jsou uvedeny roční četnosti energeticky významných SL jevů (zkráceně označeno EVSLJ) zaznamenaných na seismických

**Tab. 1 Počet EVSLJ zaregistrovaných alespoň jednou PS**

| Počet EVSLJ zaregistrovaných na PS |            |            |            |            |            |            |             |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Energetická třída                  | 2009       | 2010       | 2011       | 2012       | 2013       | 1–5/2014   | 2009–2014   |
| E+04 J                             | 99         | 155        | 162        | 251        | 237        | 126        | 1030        |
| E+05 J                             | 36         | 29         | 33         | 38         | 39         | 39         | 214         |
| E+06 J                             | 4          | 2          | 8          | 10         | 4          | 7          | 35          |
| E+07 J                             | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 1           |
| <b>Celkem</b>                      | <b>139</b> | <b>186</b> | <b>204</b> | <b>299</b> | <b>280</b> | <b>172</b> | <b>1280</b> |

povrchových stanicích (alespoň jednou povrchovou stanicí) z OKR za období 2009 až 2014 v jednotlivých energetických třídách. Počet všech záznamů výše uvedených energeticky významných SL jevů do května roku 2014 pořízených povrchovými stanicemi, je uveden v následující Tabulce 2.

**Tab. 2 Počet záznamů na PS**

| Energetická třída | Počet záznamů na PS |            |            |            |            |            |             |
|-------------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
|                   | 2009                | 2010       | 2011       | 2012       | 2013       | 1 – 5/2014 | 2009 – 2014 |
| E+04 J            | 167                 | 362        | 313        | 475        | 474        | 230        | 2021        |
| E+05 J            | 120                 | 120        | 138        | 159        | 160        | 119        | 816         |
| E+06 J            | 27                  | 18         | 67         | 79         | 26         | 48         | 265         |
| E+07 J            | 0                   | 0          | 12         | 0          | 0          | 0          | 12          |
| <b>Celkem</b>     | <b>314</b>          | <b>500</b> | <b>530</b> | <b>713</b> | <b>660</b> | <b>397</b> | <b>3114</b> |

Z předložených statistik rovněž vyplývá, že v období měření povrchovými stanicemi (PS) se na dolech OKD, a.s. vyskytovaly SL jevy nejvýše do energie  $1,4 \times 10^7$  J (jeden jev v roce 2011).

**Tab. 3 Počet záznamů EVSLJ zaregistrovaných na PS v procentuálním podílu**

| [VH <sub>max</sub> ] [mm/s] | Počet záznamu EVSLJ zaregistrovaných na PS | Procentuální podíl |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
| 0–3                         | 2737                                       | 87,9%              |
| 3–5                         | 237                                        | 7,6%               |
| 5–10                        | 114                                        | 3,7%               |
| 10–15                       | 18                                         | 0,6%               |
| >15                         | 8                                          | 0,3%               |

**Tab. 4 Základní parametry indukované seismicity oblasti OKR**

| Sledované parametry                                                           | Oblast dolů OKD     |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Hodnocené období                                                              | 6/2009 – 5/2014     |
| Maximální hodnota horizontální složky rychlosti kmitání [mm.s <sup>-1</sup> ] | 33                  |
| Čas trvání kmitů v epicentrální oblasti [s]                                   | 0,5 – 10            |
| Frekvence kmitů energeticky silných seismických jevů [Hz]                     | 1 – 15              |
| Frekvence kmitů seismických jevů regionálního charakteru [Hz]                 | 0,5 – 5             |
| Největší hodnota seismické energie [J]                                        | 1,4x10 <sup>7</sup> |
| Největší hodnota magnitudo                                                    | 2,6                 |
| Poměr PGA/PGV                                                                 | 15 – 35             |

Tabulka 4. Srovnáním s údaji GIG Katovice, se ukazuje, že základní parametry seismických jevů vyvolaných hornickou činností jsou jak v české, tak v polské části hornoslezské uhelné pánve obdobné. Případy zaznamenaných nižších hodnot poměru PGA/PGV (poměr špičkové hodnoty zrychlení a maximální hodnoty horizontální složky rychlosti kmitání) naznačují větší podíl nízkofrekvenčních kmitů na záznamu, tedy i výskyt kmitů nebezpečnějších pro povrchové budovy.

Případy zaznamenaných nižších hodnot poměru PGA/PGV (poměr špičkové hodnoty zrychlení a maximální hodnoty horizontální složky rychlosti kmitání) naznačují větší podíl nízkofrekvenčních kmitů na záznamu, tedy i výskyt kmitů nebezpečnějších pro povrchové budovy.

U převážné většiny záznamů SL jevů byla na PS naměřena maximální amplituda horizontální složky rychlosti kmitání [VH<sub>max</sub>] do 3 mm/s. Vyskytovaly se však i hodnoty [VH<sub>max</sub>], které již překračovaly meze stupňů poškození objektů podle naší normy pro technickou seismicitu ČSN 730040, přičemž se zohledňuje, že převažující frekvence zaznamenaných seismických jevů jsou  $f < 10,0$  Hz. (viz.Tab.3) Dále se zohledňují i další faktory - začlenění kategorie stavby, základové půdy a naměřená max. Hodnota rychlosti kmitání.

Přehled základních parametrů indukované seismicity v oblasti OKR zjištěné ze záznamů povrchových seismických stanic uvádí

Stavební povrchové objekty posuzujeme pouze z hlediska naměřených, resp. ze stanic stanovených údajů seismických účinků (rychlosti kmitání) v místě zájmových objektů. Pro hodnocení seismických účinků využíváme normy ČSN 73 0040 „Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva“ (březen 1996), která platí pro stanovení seismického zatížení technickou seismicitou a odezvy stavebních objektů bytových, občanských a objektů pro průmyslovou a zemědělskou výrobu v oblastech s výskytem technických otřesů na území ČR“.

Shrňme-li výsledky posuzování seismických účinků v uplynulých letech v období působení seismických stanic, bylo námi posouzeno celkem 390 povrchových objektů. Z hlediska ČSN 73 0040 převažovaly objekty zejména třídy odolnosti B a C, tj. bytová zástavba – rodinné a panelové domy. V ojedinělých případech se jednalo o narušené či chatrné stavby nebo stavby historické třídy A nebo mostní konstrukce třídy D (resp. E).

Zařazení posuzovaných stavebních objektů do tříd odolnosti objektu dle platné ČSN 730040:

- Třída odolnosti objektu „A“ jedná se o chatrné stavby, neodpovídající stavebním předpisům, zříceniny, historické budovy z neopracovaného kamene nebo cihel s klenutými překlady, průvlaky a plošnými klenbami nad místnostmi v přízemí a suterénu. Kamenné a zděné pomníky a kašny, budovy s rozsáhlou plastickou výzdobou a budovy ve zvláštní památkové péči a archeologické objekty: *posouzeny tři objekty.*
- Třída odolnosti objektu „B“ jedná se o běžné cihelné stavby, izolované nebo řadové domky s půdorysnou plochou do 200 m<sup>2</sup>, nejvýše o 3 podlažích: *posouzeno tři sta dvacet devět objektů.*
- Třída odolnosti objektu „C“ jedná se o veliké objekty z cihel a tvárnic, dobře ztužené stavby panelové a montované z betonových prvků: *posouzeny byly padesát dva objekty.*
- Konstrukce mostů, kde objekty by mohly být zařazeny do třídy odolnosti objektu „D“ jedná se o opěry mostů z opracovaného kamene, monolitické vodojemy, nebo také do třídy odolnosti objektu „E“ železobetonové inženýrské stavby, ocelové stožáry: *posouzeno bylo šest objektů.*

Z provedených posouzení vyplývá, že z celkového počtu posuzovaných povrchových objektů (390 objektů) bylo podle normy ČSN 730040 začleněno do jednotlivých stupňů poškození:

- *181 objektů* – poškození stupně „0“, (Bez poškození. Nevznikají žádná viditelná poškození. Funkce objektů, jako např. vodotěsnost nádrží apod., jsou plně zachovány)
- *170 objektů* – poškození stupně „1“, (První známky poškození. Trhliny šířky do 1 mm na styku stavebních prvků (ve stropních fabio-nech))
- *39 objektů* – poškození stupně „2“, (Lehká rozrušení s malými škodami. Trhliny šířky do 5 mm v omítce, příčkách, v komínovém zdivu, opadávání omítky, uvolnění krytiny)

## 4 Závěr

Instalací sítě povrchových seismických stanic v karvinské části OKR byly vytvořeny předpoklady pro objektivnější hodnocení účinků seismicity indukované hornickou činností doly OKD, a.s.

Podle povrchových měření provedených do května 2014 v karvinské části OKR lze účinky seismických jevů na povrchu podle české normy pro posuzování technické seismicity ČSN 730040 pro rodinné domy zařadit převážně do stupně 0 a 1, ojediněle do stupně 2, pro panelové domy převážně do stupně 0, ojediněle do stupně 1. To potvrzují i ohlášené škody na objektech, které se převážně projevují na vnitřních a vnějších omítkách. Nejčastěji se jedná o drobné trhliny, rozšíření dřívějších prasklin nebo starého poškození, opadání uvolněné omítky, drobné trhliny kolem dveří či oken apod. Seismické jevy až dosud na objektech nezpůsobily vážnější škody (poškození nosných prvků, narušení statiky objektu).

Úkolem sítě povrchových stanic bude posuzování účinků indukované seismicity na povrchové objekty dále zpřesňovat. Do budoucna to znamená síť povrchových stanic dále rozšiřovat (zahustit), tak aby byla schopna zaznamenávat lépe lokální změny pokryvných geologických vrstev – což platí zejména v případě použití regionálního vzorce pro výpočet maximální hodnoty rychlosti kmitání v celé zájmové oblasti. Rovněž, na základě pořizovaného souboru záznamů silných seismických jevů naměřených povrchovými stanicemi, bude možno vypracovat věrohodnější lokální závislosti.

## Reference

- HOLEČKO J., KONÍČEK P. *Selected geological factors impacting effects of induced seismicity on surface in conditions of Ostrava-Karviná coalfield in the Czech Republic*. In 11-th Congress of the International Society for Rock Mechanics – Ribero e Sousa, Olalla & Grossmann (eds), Taylor & Francis Group, London, p.1177–1184, 2007
- HOLEČKO, J., MOŘKOVSKÁ, E. AND SUCHANEK, E. *Induced seismicity in the Ostrava-Karviná Coalfield*. Proc. Geomech. and Geophys. Colloquium. K. Souček. & P. Koníček P. (eds), ÚGN AV ČR, Ostrava, 98–107, 2007 (in Czech).
- HOLEČKO, J. *New seismic network for monitoring of influence of mining seismicity on the surface in Ostrava-Karviná Coalfield*. Documenta Geonica 2010/1 (Eds. P. Koníček, K. Souček), Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of Geonics, Ostrava, 115–125, (in Czech).
- CHODACKI J. *Określenie modelu propagacji fal sejsmicznych w ośrodku skalnym z uwzględnieniem lokalnych warunków geologicznych dla GZW, Górnictwo Zagrożenia Naturalne 2011*, Prace Naukowe GIG Górnictwo i Środowisko nr 4/2/2011, 60–68.
- JOYNER, W. B., & BOORE, D. M. *Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake*. Bulletin of the Seismological Society of America, 71 (6), 1981, 2011–2038.
- KONÍČEK P., HOLEČKO J. (2006) *Impact assessment of induced seismicity on surface in conditions of Czech part of Upper Silesian Coal Basin (OKR)*. In: Warsztaty Górnictwo 2006, IGSMiE PAN, Kraków, 157–166.
- MUTKE, G. *Metoda prognozowania parametrów drgań podłoża generowanych wstrząsami górnictwymi w obszarze GZW*. Rozprawa doktorska, Główny Instytut Górnictwa – Katowice 1991.
- MUTKE, G. *Seismic monitoring and the forecast of the influence of mining seismic events on the surface basing on Mining Instrumental Scale of Seismic Intensity GSIGZW – Monitorowanie drgań i prognoza oddziaływania wstrząsów górniczych na powierzchnię w oparciu o Górnictwą Skalę Intensywności drgań*

GSIGZW. Documenta Geonica 2010/1 (Eds. P. Koníček, K. Souček). Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of Geonics, Ostrava, 49–66, (in Polish).

MUTKE, G., CHODACKI, J. *Charakterystyki parametrów drgań od najsilniejszych wstrząsów regionalnych w GZW w aspekcie kryteriów oceny intensywności w oparciu o skalę GSIGZW*. Wstrząsy górnicze – charakterystyka parametrów drgań oraz kryteria oceny wpływu na obiekty budowlane, Prace Naukowe GIG Górnictwo i Środowisko nr 4/4/2010, 65–80.

ČSN 73 0040 *Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva*.

ČSN EN 1998–1 Eurokód 8: *Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení* – Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby.

---

#### **Autoři**

<sup>1</sup>Ing. Jan Adámek, Green Gas DPB, a.s., Rudé armády 637, 739 21, Paskov, tel.: 558 612 219, [jan.adamek@dpb.cz](mailto:jan.adamek@dpb.cz)

<sup>2</sup>RNDr. Josef Holečko, Green Gas DPB, a.s., Rudé armády 637, 739 21, Paskov, tel.: 558 612 331, [josef.holecko@dpb.cz](mailto:josef.holecko@dpb.cz)