

## Zpracování dat přirozených a indukovaných seismických jevů registrovaných na seismické stanici Ostrava-Krásné Pole (OKC)

Karel Holub<sup>1</sup>, Jaromír Kejzlík<sup>1</sup>, Jana Rušajová<sup>1</sup> a Josef Novák<sup>2</sup>

### Data processing of natural and induced events recorded at the seismic station Ostrava-Krásné Pole (OKC)

The operation of the seismic station Ostrava-Krásné Pole (OKC) ( $\phi = 49.8352^\circ\text{N}$ ;  $\lambda = 18.1422^\circ\text{E}$ ) which is situated at present in an experimental gallery nearby the Ostrava planetarium started in the year 1983 being equipped initially by analogue instrumentation. Modernization of instrumentation at the station was aimed at the installation of a new digital data acquisition system and the respective software packages for data interpretation and transmission.

Data acquisition system VISTEC is based on PC which enables continuous recording of three-component short-period and medium-period systems with the sampling frequency of 20 Hz. The basic advantage of the OS Linux adopted allows remote access (telnet) and the possibility of the recorded data transmission (ftp). Possible troubles in the seismic station operation can be quickly detected (even automatically) and all recorded data are with minimum delay on disposal. The use of the remote access makes possible also to change the parameters of measuring set-up. The standard form of output data allows the application of standard software packages for visualisation and evaluation. There are on disposal following formats: GSE2/CM6, GSE2/INT and MiniSEED. The output data sets can be compressed by a special procedure. For interactive interpretation of digital seismic data, software package EVENT developed in the Geophysical Institute AS CR and package WAVE developed in the Institute of Geonics AS CR are used.

Experimental operation of digital seismographs at the station OKC confirmed justification of its incorporation into the seismic stations of the Czech national seismological network (CNSN). Based on the preliminary analysis of digital data it proved that following groups of seismic events are recorded: earthquakes, induced seismic events from Polish copper and coal mines, induced seismic events from the Ostrava-Karviná Coal Basin, quarry blasts and weak regional seismic events of the tectonic nature.

Daily direct access to the digital data and their transmission via Internet makes it possible continuous evaluation and storage of seismic activity recorded in the frame of the CNSN and also the incorporation of interpreted data into the seismic bulletins prepared in the computer centre of the Geophysical Institute AS CR in Prague.

**Key words:** seismological observations, digital data, natural and mining-induced seismic events.

### Úvod

Jedním ze základních předpokladů pro účinné zapojení seismické stanice OKC do systému České národní seismické sítě, sestávající z 10 širokopásmových stanic (Skácelová & Zedník, 2000), byla její zásadní modernizace. Tato modernizace se týkala jak vlastního přístrojového vybavení, tak i postupného zavádění nových metod při zpracování seismických dat, včetně přenosu těchto dat do vyhodnocovacích center Geofyzikálního ústavu AV ČR v Praze a Ústavu geoniky AV ČR v Ostravě.

Tato seismická stanice byla vybudována v r. 1983 jako součást Báňské měřické základny při VŠB Ostrava a z počátku byla vybavena dvěma tříšložkovými registračními systémy, a to systémem krátkoperiodickým a systémem středně periodickým s klasickým analogovým (galvanometrickým) záznamem (Staňková et al., 1989). Původní návrh výstavby seismické stanice doporučoval její situování do míst, kde by podloží stanice podle předpokladů tvořily kompaktnější horniny (Tobyáš & Holub, 1975). Z důvodu omezení finančních prostředků byla pro její vybudování zvolena lokalita jiná, jejíž podloží tvořily nezpevněné glacienní sedimenty. To se později projevilo na zvýšené úrovni krátkoperiodického neklidu, neboť akustický odpor podloží způsoboval zesílení amplitud tohoto neklidu, což dovoľovalo přípustné zvětšení krátkoperiodických seismogramů  $V \approx 20\ 000$ .

V souvislosti s vybudováním Regionálního seismického polygonu OKD (RDP) v r. 1988 byla přibližně v místech původně doporučené lokality pro výstavbu seismického sklepa, pro jednu ze stanic RDP, vyražena krátká štola (cca 30 m) a zde byl na fundament umístěn jednak tříšložkový seismometr WDS monitorovacího systému Lennartz Electronic (RDP) a současně zde byl instalován krátkoperiodický vertikální seismograf SVKM-3 (OKC). Jeho přemístění ze seismického sklepa do štoly umožnilo dosažení téměř dvojnásobného zvětšení. Zlepšení registračních podmínek ve štole vůči seismickému sklepu bylo prokázáno i v průběhu řešení grantového projektu GA ČR č. 105/96/1519 (Holub a Knejzlík, 1998). Proto se v následném grantovém projektu GA ČR č. 205/98/0858 přistoupilo k přemístění obou systémů (krátkoperiodického i středněperiodického) ze seismického sklepa do zmíněné štoly.

Vlastní modernizace stanice spočívala v prvé řadě v rekonstrukci původně analogových systémů na systémy digitální (Holub et al., 1999), další fáze modernizace byla zaměřena na implementaci programového modulu EVENT v operačním systému DOS (Musil, 1994) pro interaktivní interpretaci digitálních seismických

<sup>1</sup> Karel Holub, Jaromír Kejzlík, Jana Rušajová Ústav geoniky AV ČR, 708 00 Ostrava-Poruba, Studentská 1768

<sup>2</sup> Josef Novák Institut geodzie a důlního měřictví, HGF, VŠB-Technická universita, 708 33 Ostrava-Poruba, tř. 17. listopadu (Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 14.8.2001)

dat zaznamenaných oběma registračními systémy pomocí sběrného a vyhodnocovacího PC, jež tvoří základ stanice VISTEC. V další fázi modernizace stanice se přistoupilo k přepracování měřicího softwaru pro operační systém Linux (Růžek, 1999), který umožňuje automatizovaný přenos digitálních seismických dat do vyhodnocovacích center GFÚ AV ČR v Praze a ÚGN AV ČR v Ostravě (Holub et al., 2000). Tímto způsobem jsou získávána kontinuální seismická data k okamžitému využití při rychlé lokalizaci ohnisek at přirozených zemětřesení nebo mimořádně silných indukovaných jevů z OKR.

V příspěvku jsou popsány obecné postupy při zpracování průběžně registrovaných seismických jevů na stanici OKC, využití dat při tvorbě seismických bulletinů stanic české národní sítě a při výměně dat v rámci mezinárodní spolupráce geofyzikálních observatoří a seismologických center.

### Zpracování seismických dat a jejich přenos

Předností zavedení OS Linux při zpracování dat se projevilo jednak v možnosti vzdáleného přístupu (telnet), jednak v přenosu registrovaných dat (ftp) a tak došlo k významnému přínosu této stanice do celého systému národní sítě. Kromě toho lze případné defekty při provozu v krátkém čase detekovat, a to i automaticky, a rovněž zaznamenaná data jsou připravena ke zpracování v relativně krátkém čase po vzniku jevu. Na dálku je možno měnit i nastavení parametrů měření, zadávat parametry stanice, modifikovat konfiguraci měřicí karty Adseis, ale také indikovat stav příjmu časových signálů z GPS. Nejvhodnější forma komunikace se stanicí je pomocí Internetu.

Stanice Vistec standardně obsluhuje 3 krátkoperiodické a 3 středněperiodické analogové vstupy, které jsou vzorkovány frekvencí 20 Hz. Původní signál lze volitelně převzorkovat směrem dolů v širokém rozmezí povolených hodnot. Nestability offsetu, které se mohou v průběhu provozu stanice vyskytnout, lze automaticky kompenzovat pomocí digitálního filtru. Modularita programu umožňuje snadné doplňování algoritmy novými. Formát výstupních dat je standardní, aby bylo možné využívat standardních prohlížečích a vyhodnocovacích programů. K dispozici jsou např. formáty GSE2/CM6, GSE2/INT nebo ESSTF. Výstupní soubor zapsaný v jakémkoli z uvedených formátů lze ještě dále komprimovat pomocí Linuxového komprimačního programu gzip. Toto je výhodné zejména u výstupních formátů ESSTF nebo GSE2/INT.

V současné době probíhá přenos kontinuálních digitálních dat ze stanice OKC do datového centra GFÚ Praha prostřednictvím Internetu, kde jsou centrálně interpretována data národní sítě pomocí programu EVENT (Musil, 1994) a unixového programu SeismicHandler za účelem rychlé lokalizace významnějších regionálních jevů (Skácelová a Zedník, 2000). Digitální data jsou archivována na CD.

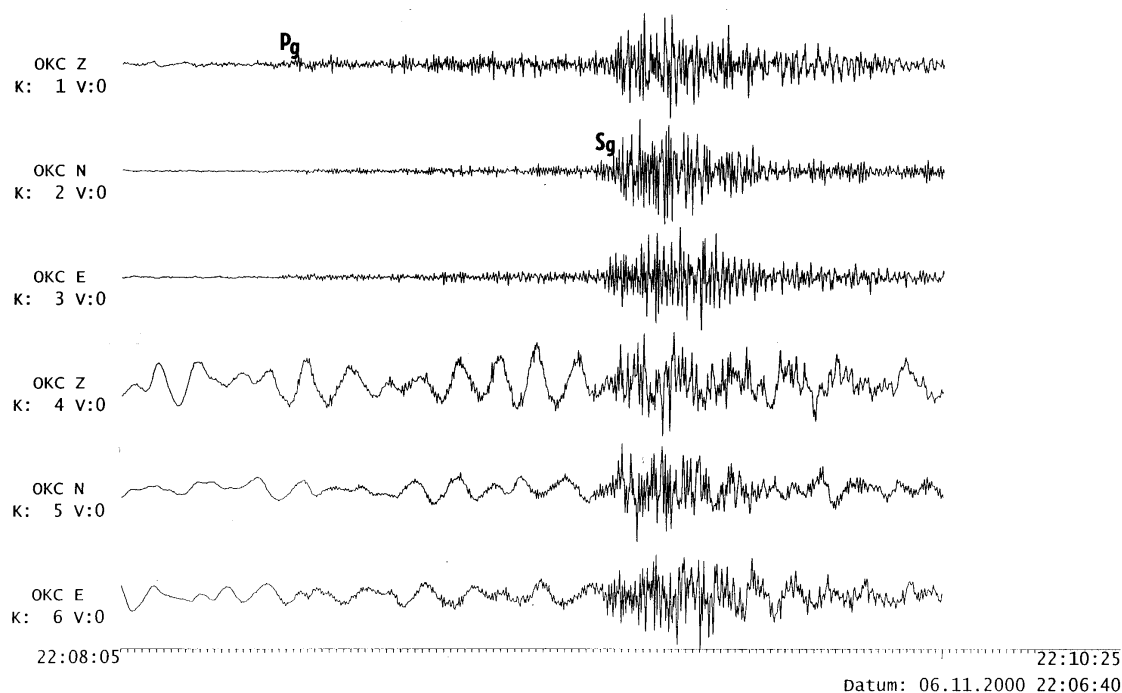
Druhou větev přenosu představuje propojení stanice OKC s vyhodnocovacím centrem ÚGN Ostrava-Poruba rovněž prostřednictvím Internetu. Zde jsou úplná kontinuální digitální data jednak archivována na CD, jednak jsou podrobena detailní analýze s využitím programu EVENT (Musil, 1994). Variabilita tohoto programového modulu umožňuje provádět řadu operací, jako např. volbu hodnoty komprimace dat pro zobrazení části souboru, volbu počtu zobrazovaných kanálů, odečet časů příchodu prostorových vln a jejich dynamické parametry (amplitudy a periody), výpočet a zobrazení různých druhů spekter (amplitudová nebo výkonová) pro zvolený úsek příslušného kanálu. Pomocí téhož programu jsou vybírány úseky časových řad zahrnující záznamy užitečných signálů (zemětřesení a indukované seismické jevy) s interpretovanými fázemi. Rovněž tato data jsou pak pro další použití archivována na CD. Experimentálně byly testovány i možnosti využití programového modulu VISUAL při analýzách digitálně zaznamenaných vlnových obrazů (Toth, 1991), jejichž výsledky budou popsány dále.

Vzhledem ke geografické poloze stanice OKC vůči ostatním stanicím národní sítě má tato stanice vyjimečné postavení v tom, že se nachází v epicentrální vzdálenosti 20-30 km od ohniskových oblastí důlních indukovaných seismických jevů, tj. od ostravsko-karvinského revíru. Veškeré indukované jevy vzniklé v této oblasti jsou nepřetržitě monitorovány a lokalizovány jak lokální, tak regionální seismickou sítí. Výsledky interpretace jsou archivovány v příslušných databázích a představují významnou pomoc při zpracování dat seismické stanice OKC, zejména při výběru indukovaných jevů pro sestavování databáze významných otřesových jevů, obvykle s energiemi  $E \geq 10^4$  J. Je pochopitelné, že souřadnice ohnisek a časy vzniku jevů určených na základě dat obou zmíněných sítí, které poskytuje DPB Paskov, jsou přesnější než souřadnice ohnisek stanovovaných na základě dat české národní sítě nebo sítě mezinárodních stanic. Proto mají tato data svoji důležitost nejen při konečném zpracování seismických bulletinů, ale zejména poskytují nové informace pro zpřesnění rychlostního modelu pro lokalizaci jevů v rámci národní seismické sítě. Výsledná databáze indukovaných jevů zaznamenaných na stanici OKC se skládá ze dvou částí, a to: a) z tabelovaných hodnot (datum, čas vzniku, souřadnice  $f$  a  $l$ , hloubka ohniska, energie a lokační čtverec pro rychlou orientaci polohy ohniska v OKR) a b) z vybraných úseků vlnových obrazů jevů zahrnutých do databáze jevů ad a). Poloha stanice OKC je výhodná i vůči ohniskovým oblastem důlních indukovaných jevů v hornoslezské uhelné pánvi na území Polska, tj. vůči důlním oblastem v širším okolí Katovic a Jastrzebia. Naší snahou nyní je vytvořit obdobnou databázi významných jevů zniklých na polském území a zaznamenaných stanicí OKC. Dílčí informace o otřesech k tomuto účelu byly již získány z Glowneho Instytutu Gorniczego (GIG) v Katovicích, ale vytvoření

representativní databáze jevů v rámci mezinárodní spolupráce představuje dlouhodobý úkol. Jeho splnění by mělo přispět k dalšímu zpřesnění rychlostní charakteristiky vyšetřovaného území, zejména při sestavování rychlostního modelu pro potřeby lokalizace.

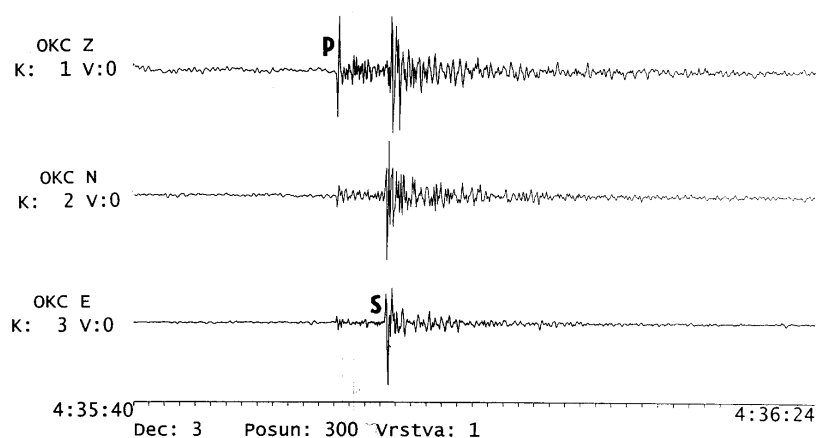
### Stručné charakteristiky registrovaných seismických jevů

Prvořadým úkolem seismických stanic je průběžné zaznamenávání zemětřesení, ať již blízkých nebo vzdálených, mělkých či hlubokých, a to se záměrem lokalizace jejich ohnisek a stanovení jejich magnitudy, příp. uvolněné seismické energie při studiu celosvětové seismicity. K těmto přirozeným jevům je nutno v některých oblastech přiřadit i seismické jevy indukované antropogenní činností, tj. povrchovým i hlubinným dobýváním nerostných surovin. Ještě v době nedávno minulé byly monitorovací systémy zaměřeny i na detekci a lokalizaci jaderných výbuchů prováděných na testovacích polygonech USA, SSSR, Číny, příp. Francie.



Obr.1. Záznamy zemětřesení ze zemětřesného roje v západních Čechách z epicentrální vzdálenosti  $r \approx 397$  km a magnitudem  $M = 3,4$ , registrované 6.11.2000 seismickou stanicí OKC; krátkoperiodický (K:1-3) a středněperiodický systém (K:4-6).

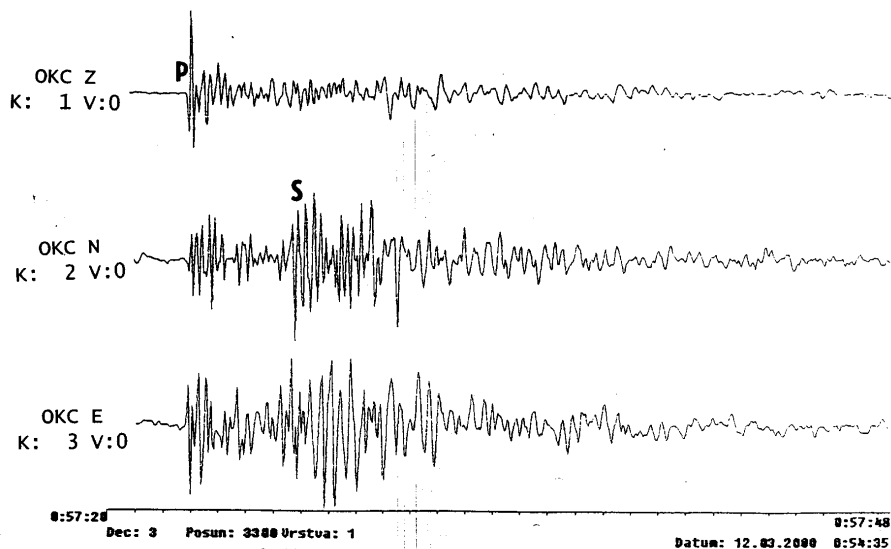
Fig.1. Seismograms of an earthquake from the earthquake swarm in the Western Bohemia recorded at the seismic station OKC on November 6, 2000; epicentral distance  $r \approx 397$  km and the magnitude  $M = 3.4$ ; short-period (K: 1-3) and medium-period (K: 4-6) systems.



Obr.2. Seismický jev tektonického původu z Opavska zaznamenaný krátkoperiodickými seismografy 2.10.2000,  $r \approx 21$  km.

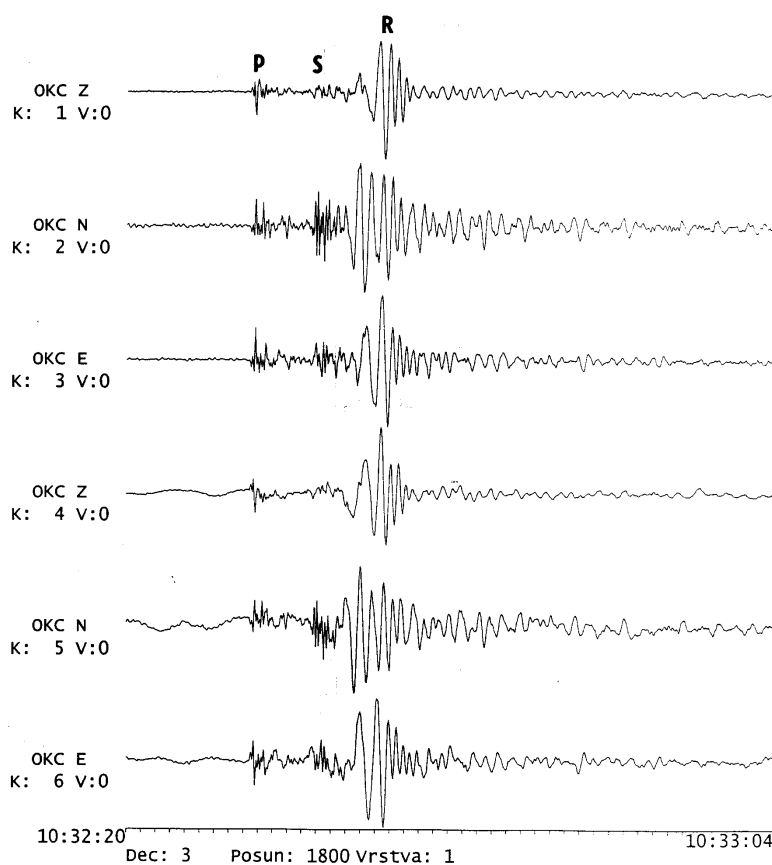
Fig.2. Seismic event of the tectonic origin recorded by short-period seismographs which occurred in the Opava region on October 2, 2000; epicentral distance  $r \approx 21$  km.

Z tohoto pohledu seismická stanice OKC se řadí mezi stanice registrující nejen přirozená zemětřesení, ale i seismické jevy indukované těžbou uhlí a rud. Pro vzdálená zemětřesení jsou typická první nasazení vln PKP, pro zemětřesení ze středních epicentrálních vzdáleností jsou charakteristická první nasazení P a S vln. Na obr. 1 jsou záznamy blízkého zemětřesení, a to jednoho z roje blízkých zemětřesení v západních Čechách, které bylo od srpna 2000 dosud zemětřesením nejsilnějším v této oblasti. Charakteristickou fází u těchto zemětřesení je vlna Sg, vlny Pg, příp. Pn jsou spolehlivě identifikovány pouze v ojedinělých případech.



Obr.3. Důlní indukovaný seismický jev na Dole Darkov zaznamenaný krátkoperiodickými seismografy 12.3.2000,  $r \approx 26$  km.

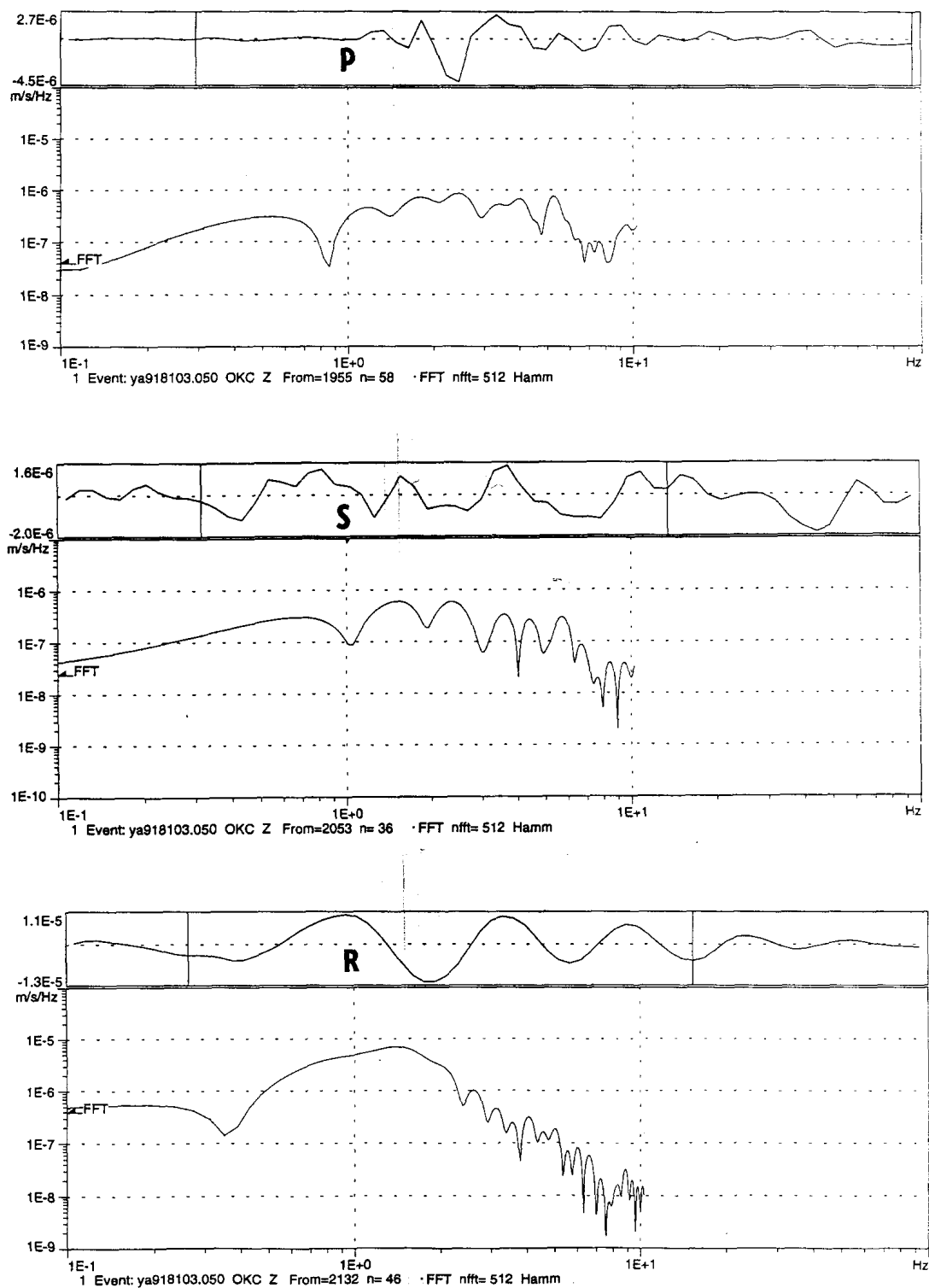
Fig.3. Mining induced seismic event in Darkov Mine recorded by short-period seismographs which occurred on March 12, 2000; epicentral distance  $r \approx 26$  km.



Obr.4. Odšťel v kamenolomu Jakubčovice, epicentrální vzdálenost  $r \approx 28,5$  km; krátkoperiodický (K:1-3) a středněperiodický systém (K:4-6).

Fig.4. Blasting operation in the quarry Jakubčovice; epicentral distance  $r \approx 28.5$  km.; short-period (K: 1-3) and medium-period (K: 4-6) systems.

Jeseníky a Opavsko jsou ohniskovými oblastmi lokálních tektonických zemětřesení, které mají někdy i charakter zemětřesného roje (Procházková, 1988, Holub et al., 1994, Kaláb & Skácelová, 1999), ačkoli co do četnosti zdaleka nedosahují četnosti západočeských zemětřesení. Na obr. 2 je ukázka jednoho ze zemětřesení z října 2000 zaznamenaného stanicí OKC, kde právě nasazení P vln má na vertikální složce charakter komprese (+), naproti tomu jsou nasazení S vln dynamicky výrazná na horizontálních složkách.

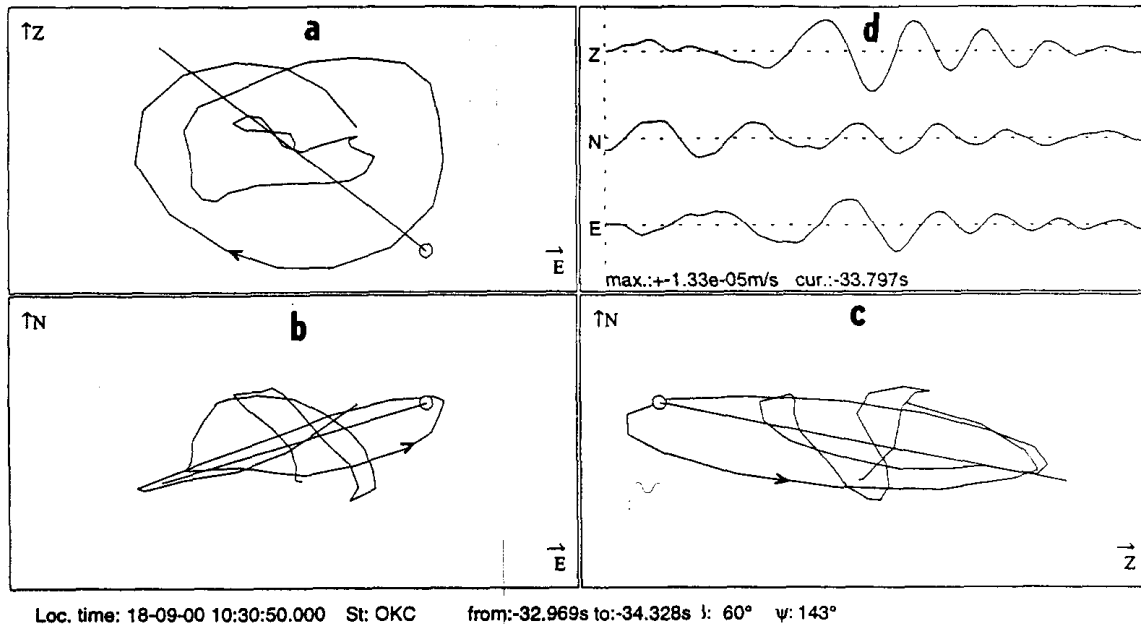


Obr. 5. Výsledky spektrální analýzy vln prostorových (P a S) a povrchových Rayleighových (R) zaznamenaných vertikálním krátkoperiodickým seismografem.

Fig. 5. Results of spectral analysis of body waves (P and S) and Rayleigh surface waves (R) recorded by short-period seismographs.

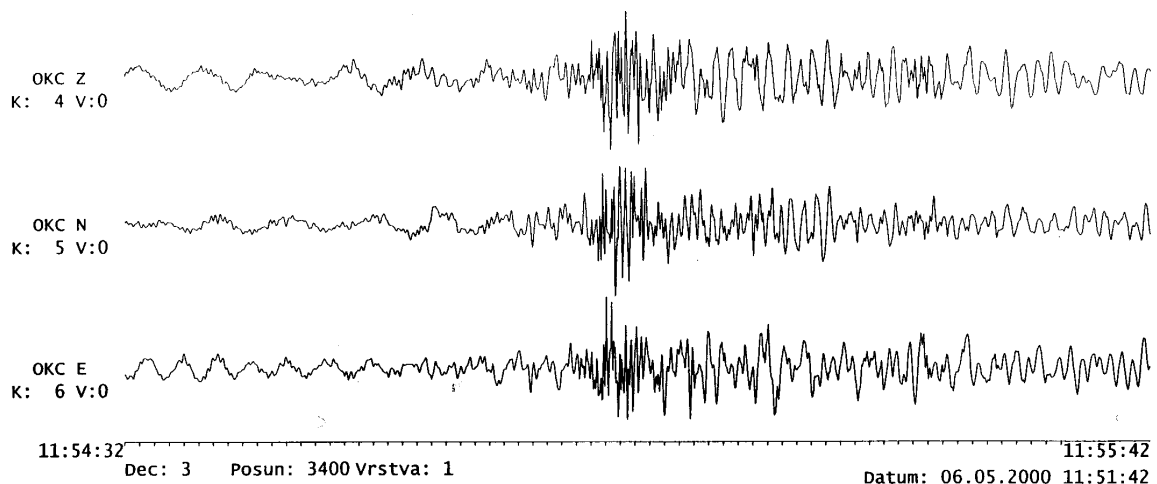
Na obr. 3 jsou záznamy indukovaného seismického jevu z dolu Darkov. Na rozdíl od zemětřesení na obr. 2 existuje zde zásadní rozdíl v charakteru vlnových obrazů. Zatímco na vertikální složce je výrazná pouze skupina P vln, jejichž první nasazení má charakter dilatace (-), S vlny jsou na úrovni šumu. Na horizontálních složkách však dobře vyvinuty jak P, tak i S vlny.

Další významnou skupinu jevů indukovaných hlubinnou těžbou uhlí představují otřesové jevy z oblasti Katovic, Jastrzebia a příhraničních polských dolů (např. Morcynec). V současné době jsou shromažďována data pro databázi polských otřesů, která by měla přispět k zpřesnění interpretace vlnových obrazů zaregistrovaných na stanici OKC. Obdobnou kategorií indukovaných seismických jevů představují otřesy na rudných dolech v oblasti Lubinu, kde se těží měď. Tyto otřesy jsou velmi často natolik intenzivní, že jsou na stanicích české národní seismické sítě, včetně stanice OKC, registrovány vlnové skupiny charakteristické pro blízká zemětřesení, tj. vlny Pn, Pg, Sn a Sg.



Obr. 6. Trajektorie pohybu hmotných částic povrchových vln v rovinách Z-E (a), N-E (b), Z-N (c) a výřez analyzované části vlnového obrazu (d).

Fig.6. Trajectory of particle motions of surface waves in Z-E (a), N-E (b), Z-N (c) planes and a cut of analyzed wave train (d).



Obr.7. Seismické vlny zaznamenané na stanici OKC, které byly indukovány akustickými efekty explozivního charakteru při průletu bolidu nad Frýdeckomísteckem ze dne 6.5.2000.

Fig.7. Seismic waves recorded at the seismic station OKC which were induced by acoustic effects of explosive character during a passage flight of the bolide across the Frýdek-Místek region.

Na záznamech se rovněž často vyskytují seismické jevy vyvolané odpaly v lomech, z nichž některé vykazují intenzivní povrchové vlny Rayleighovy s průkaznou disperzí rychlosti; ukázka takového odpalu je na obr. 4. První nasazení P vln mají na vertikální složce opět charakter komprese (+), S vlny jsou lépe vyvinuty na

složkách horizontálních. Naproti tomu jsou v tomto případě povrchové vlny dobře zaznamenány na všech složkách. Na záznamu exploze jsme experimentálně provedli spektrální analýzu i analýzu trajektorií pohybu hmotných částic. Spektrální analýza na obr. 5 ukázala, že spektra P i S vln nevykazují žádné výrazné maximum, což může být způsobeno např. poměrně nízkou vzorkovací frekvencí ( $f = 20$  Hz). U povrchových vln je výsledek spektrální analýzy uspokojivější, neboť charakter těchto vln je nízkofrekvenční a tudíž jsou lépe provzorkovány. Maximum spektrální křivky se pohybuje v oblasti frekvencí  $f \approx 1$  Hz. Trajektorie pohybu hmotných částic, zejména na obr. 6c nasvědčují tomu, že se jedná o elipticky polarizované vlny retrográdního charakteru, který je příznačný pro Rayleighovy povrchové vlny. Detailní studium vlastností těchto vln by mohlo v budoucnu přispět ke zpřesnění mělké struktury v oblasti moravsko-slezského regionu.

Zcela ojedinělým jevem, který byl na stanici OKC zaznamenán, byl akustický efekt způsobený průletem bolidu nad oblastí Frýdeckomístecka dne 6.5.2000. Tento bolid byl pozorován obyvateli, kteří ho popisovali jako "letící hořící kouli nebo signální raketu". Při průletu atmosférou došlo k explozi (nebo explozím), která způsobila jeho destrukci a dva úlomky tohoto bolidu byly pak nalezeny v okolí Morávky v podhůří Beskyd. Podrobnosti k tomuto bolidu byly zpracovány pracovníky planetaria VŠB-TU Ostrava a byly uveřejněny na internetové adrese <http://www.vsb.cz/planet/w/bolid.htm>. Exploze bolidu byla rovněž zaregistrována stanicemi regionálního seismického polygonu OKD a na těch stanicích, které se nacházely přibližně v oblasti jeho průletu, byla první nasazení, patrně rázové vlny, výrazná. Doznívající akustický efekt, připomínající vzdálenou bouři, byl zaznamenán se zpožděním několika vteřin (Knotek, 2000). Vzhledem k tomu, že stanice OKC, kde je ve štolě současně umístěna i jedna stanice RDP, ležely mimo oblast průletu bolidu, byly na záznamech patrné pouze složité vlnové skupiny související s akustickým efektem destrukce bolidu, jak také dokumentuje ukázka na obr. 7.

### Závěry

Stanice Ostrava-Krásné Pole (OKC) jako jedna ze stanic české národní seismické sítě poskytuje kontinuální digitální seismická data, která jsou přístupná datovému centru GFÚ AV ČR v Praze prostřednictvím Internetu ke každodenní komplexní interpretaci dat národní sítě. Výsledky interpretace seismogramů této stanice jsou začleněny do seismologických bulletinů i regionálních katalogů na www stránkách Geofyzikálního ústavu na adrese <http://www.ig.cas.cz>.

V datovém centru ÚGN AV v Ostravě se provádí detailní analýza digitálně zaznamenaných vlnových obrazů pomocí PC programu EVENT, v další fázi zpracování dat se předpokládá využívání programu SeismicHandler. Významné místo zaujímá tato stanice při zpracování digitálních dat, zejména důlních indukovaných seismických jevů z oblasti OKR. V současné době je postupně vytvářena databáze vybraných úseků vlnových obrazů spolu s tabelovanými hodnotami základních parametrů odpovídajících indukovaných jevů (datum, čas vzniku, souřadnice ohniska, uvolněná seismická energie a lokační čtverec). Pro zpřesnění interpretace vlnových obrazů a následně pro sestavení rychlostního modelu zájmového území bude nutno obdobně postupovat i při vytváření databáze jevů z oblasti polských důlních oblastí.

*Poděkování: Předložený materiál byl vypracován v průběhu řešení grantového projektu č. 205/98/0858 za finanční podpory GA ČR.*

### Literatura

- HOLUB, K., ŠTASTNÁ, E., TRYBOVÁ, M.: Oživení seismické aktivity v širším okolí Opavy v roce 1993. Uhlí, rudy a geologický průzkum, 1, č. 11, 1994, s. 430-435.
- HOLUB, K., KNEJZLÍK, J., RUŠAJOVÁ, J.: Tříložkové digitální seismografy na seismické stanici Ostrava-Poruba (OKC). In Postavení seismologie a inženýrské geofyziky v geologických průzkumech. Z. Kaláb (ed.), ÚGN AV ČR, Ostrava, 1999, s. 176-189.
- HOLUB, K., KNEJZLÍK, J., RUŠAJOVÁ, J., RŮŽEK, B.: Současné poznatky z provozu seismické stanice Ostrava-Krásné Pole (OKC). In Správa dat a výsledků v seismologii a inženýrské geofyzice. Z. Kaláb (ed.), ÚGN AV ČR, Ostrava, 2000, s. 261-267.
- HOLUB, K., KNEJZLÍK, J., RUŠAJOVÁ, J.: Recent status of digital recording at the seismic station Ostrava (OKC), Czech Republic. XXVII generální zasedání ESC, Poster and Book of abstracts & papers, Lisabon, 2000, SSA2-05-P a s. 57.
- KALÁB, Z., SKÁCELOVÁ, Z.: Zemětřesení u Opavy dne 20. a 21. února 1999: Lokace a další vlastnosti. In Postavení seismologie a inženýrské geofyziky v geologických průzkumech. Z. Kaláb (ed.), ÚGN AV ČR, Ostrava, 1999, s. 190-198.
- KNOTEK, S.: Výsledky interpretace seismogramů stanic regionálního seismického polygonu při průletu bolidu nad územím severní Moravy. 2000, (ústní sdělení)
- MUSIL, M.: Manuál pro interaktivní interpretaci digitálních seismických dat. Geofyzikální ústav AV ČR, Praha 1994. (nepublikováno)

- PROCHÁZKOVÁ, D.: Earthquakes in the Jeseníky Mts in 1986. Travaux Géophysiques, XXXVI (1988-1992), Geophys. Inst. AS CR, Praha, 1994, s. 28-38.
- RŮŽEK, B.: Manuál pro využití OS Linux při zpracování a přenosu seismických dat. Geofyzikální ústav AV ČR, Praha, 1999. (nepublikováno)
- SKÁCELOVÁ, Z., ZEDNÍK, J.: Česká národní seismologická síť. In Správa dat a výsledků v seismologii a inženýrské geofyzice. Z. Kaláb (ed.), ÚGN AV ČR, Ostrava, 2000, s. 255-260.
- STAŇKOVÁ, E., ARLETHOVÁ, H., HOLEČKO, J., TRÁVNÍČEK, L.: Úloha a postavení seismické stanice Báňské měřické základny Ostrava-Krásné Pole při sledování seismické aktivity. Uhlí, **37**, č. 4, 1989, s. 149-155.
- TOBYÁŠ, V., HOLUB, K.: Zpráva o výsledcích řešení úkolu „Seismická stanice v Ostravě-Porubě“. Geofyzikální ústav ČSAV, Praha, 1975. (nepublikováno)
- TOTH, R.: Interpretační program VISUAL. Zpráva HOÚ ČSAV, Ostrava, 1991. (nepublikováno)