

# HODNOCENÍ RIZIK DOPADU PROJEKTŮ TĚŽBY UHLÍ NA RELIÉF MORAVSKO-SLEZSKÝCH KARPAT V ČESKÉ REPUBLICE: PŘÍPADOVÁ INŽENÝRSKO-GEOMORFOLOGICKÁ STUDIE DOBÝVACÍHO PROSTORU TROJANOVICE

Estimation of risks of coal mining projects on relief of the Moravian-Silesian Carpathians in the Czech Republic: an engineering geomorphological case study the of Trojanovice mining area

Jaromír Demek, Peter Mackovčín, Petr Slavík

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., Průhonice; e-mail: demekj@seznam.cz

(25-23 Rožnov pod Radhoštěm, 25-21 Nový Jičín)

*Key words:* Moravian-Silesian Carpathians, Trojanovice mining area, impact of coal mining on relief, geohazards, engineering geomorphology

## Abstract

*The aim of the paper is prediction and estimation of risks of planned hard coal deep mining in Trojanovice mining area below sensitive young terrain of the Moravian-Silesian Carpathians and impact of mining activities on the relief. The authors carried out detailed geomorphological mapping of the area, compiled digital geomorphological map and 3-D model of geomorphological hazards. The engineering-geomorphological analysis has shown that planned underground mining activities will accelerate geodynamic processes in the area and cause substantial changes of mountain and highland relief.*

## Úvod

Autoři prezentují výsledky inženýrsko-geomorfologického výzkumu dobývacího prostoru černého uhlí Trojanovice v Moravsko-slezských Karpatech s cílem zhodnotit možné dopady projektů dobývání černého uhlí na georeliéf a na rozvoj geohazardů. Dobývací prostor Trojanovice vyhlášený 30. 6. 1989 náleží svojí celkovou plochou 63,17 km<sup>2</sup> mezi největší stanovené dobývací prostory v České republice. Dobývací prostor má zhruba obdélníkový tvar protažený od JZ k SV v okolí Frenštátu pod Radhoštěm (obr. 1). V dobývacím prostoru se nacházejí ložiska Frenštát-západ a Frenštát-východ. Cílem studie bylo na základě geomorfologické analýzy zhodnotit možné dopady plánované hlubinné těžby uhlí na georeliéf a na geomorfologické (zejména katastrofické) pochody v dobývacím prostoru a jeho okolí. Porozumění tvarům zemského povrchu je podstatné pro zabránění potenciálním katastrofám a rizikům spojeným jak s přírodními pochody (geohazardy), tak i s činností lidské společnosti (antropogenní katastrofy). Inženýrská geomorfologie se soustřeďuje na prognózu a hodnocení dopadů technických děl na georeliéf a reliéfovorné procesy s cílem zajištění optimálních řešení, zabránění potenciálním geohazardům a s tím i zpožděním při výstavbě a finančním vícenákladům (Fookes et al. 2007, Szabó et al. 2010).

## Zkoumané území

Zkoumané území se nachází při okraji karpatské fronty, kde došlo od svrchní křídly do terciéru ke kolizi severního okraje africké desky a eurasijské litosférické desky. Zkoumané území se nachází na území moravskoslezského teránu, složeného ze dvou strukturních pater. Spodní patro tvoří krystalinický komplex (brunovistulikum Dudek 1980, Menčík et al. 1983, Martinec et al. 2008), svrchní variské patro pak zvrásněný a rozlámaný devonsko-karbonský

pokryv (Müller ed. 2001). Během alpínského vrásnění koncem mezozoika a terciéru se na erozi zarovnaný okraj moravskoslezského teránu nasunul okraj panonského bloku. Stržišné flyšové příkrovy Vnějších Karpat se ploše nasunuly podél téměř vodorovných násunových ploch (Chlupáč et al. 2002). Vyhodnocení vrtů ukázalo, že mocnost flyšových příkrovů v oblasti dobývacího prostoru Trojanovice dosahuje pod čelním svahem Moravskoslezských Beskyd 850 až 1 200 m. V 80. letech 20. století byly v Trojanovicích vyhloubeny dvě těžní jámy do hloubky přes 1 000 m a vyraženo větrní spojení (Opletal 2008). Nyní jsou těžní jámy zakonzervovány, ale nověji se objevují opět snahy o těžbu černého uhlí a popřípadě těžbu metanu novými technologiemi.

Flyšové příkrovy v dobývacím prostoru náležejí ke slezské a podslezské jednotce vnější skupiny příkrovů Vnějších Západních Karpat s charakteristickým vrstevním sledem (Chlupáč et al. 2002). Godulský příkrov slezské jednotky se přesunul přes podslezskou jednotku a miocenní usazeniny nasedající diskordantně na podložní produktivní karbon.

## Metody

Autoři při výzkumu použili metodu podrobného geomorfologického mapování v terénu, vyhodnocení vrtů a materiálů dálkového průzkumu Země. Informace získané terénním i dálkovým průzkumem byly vizualizovány v barevné digitální geomorfologické mapě území v měřítku 1 : 10 000. Při zpracování digitální mapy byl použit software ArcGIS 9.2 firmy ESRI. Získané údaje jsou uloženy ve 3 vrstvách databáze (areálové, lineární a bodové) ve formátu ESRI (SHP). Dalšími použitými metodami byly strukturně-geomorfologická analýza a inženýrsko-geomorfologická analýza v prostředí GIS.

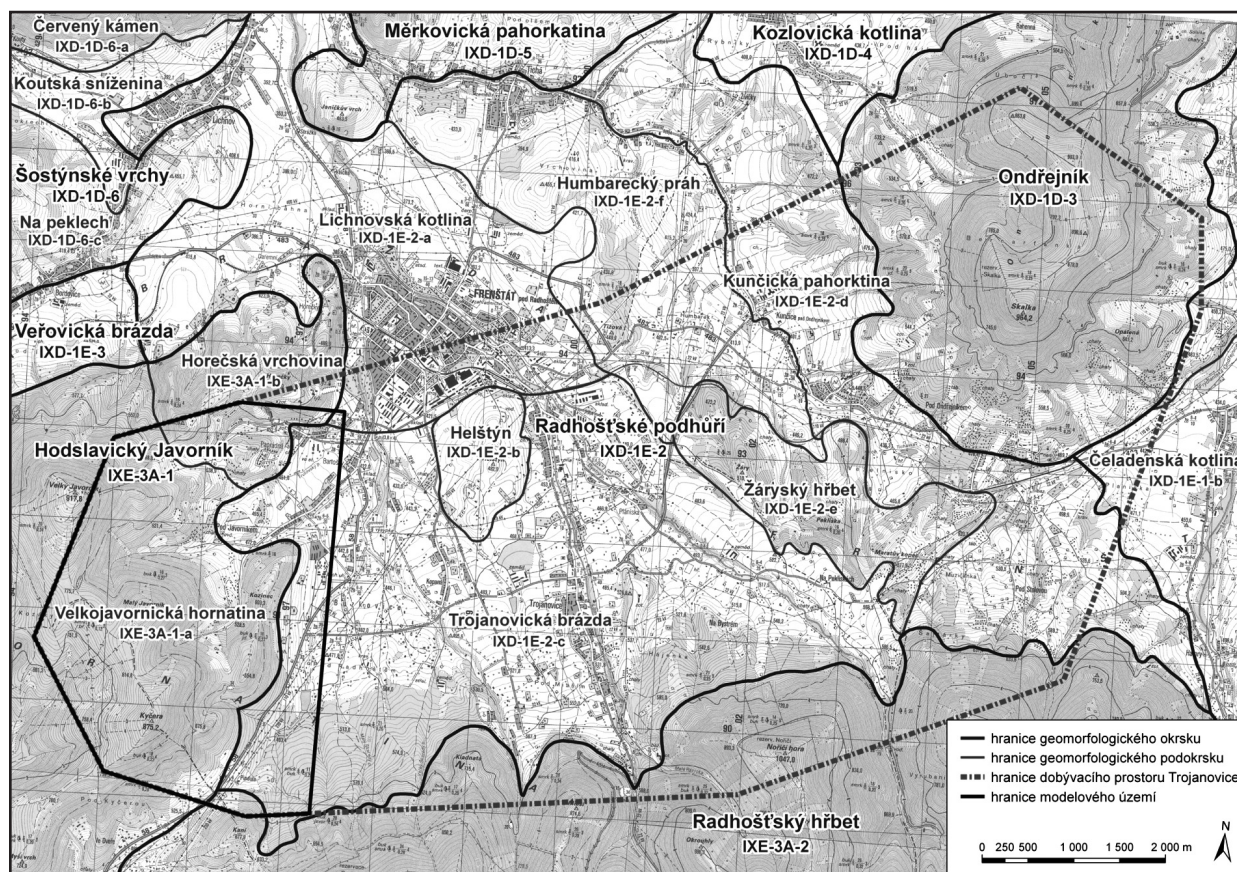
### Geomorfologické poměry

Dobývací prostor Trojanovice zabírá geomorfologicky složitý prostor, který sahá od okraje Moravskoslezských Beskyd na jihozápadě a jihu přes sníženinu Frenštátské brázdy k vrchovině Ondřejníku na severovýchodě (obr. 1). Na jihozápadě dobývací prostor zasahuje do hornatiny Hodslavického Javorníku (okres Moravskoslezských Beskyd). Georeliéf východní části tohoto geomorfologického okrsku je výrazně stupňovitý (Janoš, 2004 – obr. 2). V mapovaném území klesá nadmořská výška jednotlivých stupňů od nejvyššího vrcholu Velkého Javorníku (917,8 m) směrem k východu k sedlu Pindula a Frenštátské brázdě. Jednotlivé plošinaté stupně jsou oddělené příkrými svahy (obr. 2). Při úpatí příkrých svahů se často nacházejí pseudokrasové tvary (např. bezodtokové sníženiny, sufózní závrtky) jako doklady existence hlubokých smykových ploch (obr. 2). Okraje hornatiny rozřezávají hluboká údolí levých přítoků Lubiny. Na údolních svazích jsou četné sesuvy (Žižková – Pánek 2006). Ve své jižní části zasahuje dobývací prostor do Radhoštského hřbetu (okres Moravskoslezských Beskyd). Příkrý severní svah hřbetu rozřezávají údolí Lubiny a jejích přítoků. Stupně na svahu jsou pokleslé kry středních godulských vrstev. Při úpatí okrajového svahu se vyvinuly pedimenty. Jádru dobývacího prostoru se nachází na území geomorfologického podcelku Frenštátská brázda. Těžní jámy byly vybudovány v geomorfologickém podokrsku Trojanovická brázda, jehož

ploché dno tvoří tři úrovně pedimentů částečně pokryté šterky náplavových kuželů Lubiny a jejích přítoků. Náplavové kužely splývají v bahadu (Demek et al. 2011). Město Frenštát pod Radhoštěm je postavené na bahadě. Nad městem se nad dno brázdy zvedá suk Helštýnu (482,0 m) kontrolovaný vulkanity. Na východě Trojanovickou brázdou výrazně ohraničují strmé svahy strukturálního podokrsku Žárského hřbetu. Na svazích hřbetu jsou četné sesuvy, zčásti aktivní. Na severozápadě na Žárský hřbet navazuje méně výrazný Humbarecký práh. Sníženina Kunčické pahorkatiny na východě, odvodňovaná Tichávkou, lemují jak úpatí Radhoštského hřbetu, tak úpatí Ondřejníku. Její dno tvoří jak pedimenty, tak i náplavové kužely splývající v bahadu. Hřbet Ondřejníku dosahující na k. Skalka výšky 964,2 m je výrazným geomorfologickým okrskem Štramberské vrchoviny. Hřbet složený z odolných středních godulských vrstev je rozsednut a postižen řadou geodynamických pochodů (Rybář et al. 2006). Na svazích se nacházejí rozsáhlé sesuvy. V rozsednuté vrcholové části se vyvinuly pseudokrasové tvary (včetně pseudokrasových jeskyní – Hromas (ed.) a kol. 2009).

### Inženýrsko-geomorfologický model deformací georeliéfu ve vztahu k dopadům těžby ložiska Frenštát-západ

Podle výsledků podrobného inženýrsko-geomorfologického mapování by těžba měla největší dopady



Obr. 1: Poloha dobývacího prostoru Trojanovice v Moravsko-slezských Karpatech vzhledem ke geomorfologickým jednotkám a poloha 3-D modelu.

Fig. 1: Location of the Trojanovice mining area in the Moravian-Silesian Carpathians in relation to geomorphological units and location of the 3-D model.

na georeliéf v zalesněné východní části Hodslavického Javorníku. Proto autoři zpracovali na základě digitální geomorfologické mapy pro tuto část těžebního prostoru (polohu a vymezení viz obr. 1) inženýrsko-geomorfologický model předpokládaných deformací georeliéfu v případě těžby černého uhlí (obr. 3). Z geomorfologické mapy (obr. 2) vyplývá, že na severním svahu Velkého Javorníku je rozsáhlé aktivní stupňovité sesuvné území se skalní odlučnou plochou. Sesuvem probíhá severozápadní hranice dobývacího území. Při úpatí východního svahu Velkého Javorníku se v poklesové oblasti nachází terénní stupeň ukloněný proti celkovému sklonu svahu, který je starou hlubokou svahovou deformací omezenou rotační smykovou plochou. Pod odlučnou stěnou vysokou 2–6 m jsou rozevřené tahové trhliny, v nichž jsou výrazné bezodtokové sníženiny a sufózní závrt (obr. 2). Svahovou deformací je rovněž další nižší terénní stupeň na hraně poklesové kotliny kolem k. 495,4 m v pramenné části Myslíkovského potoka pojmenovaný na mapě AČR 1 : 25 000 „Pod Javorníkem“. Odlučná plocha této deformace má výšku až 15 m. Podle analýzy smykových ploch povede dolování v dnešní poklesové kotlině se středem u místní části Trojanovic Pod Javorníkem ke katastrofickému pohybu celé horninové kry podél těchto hlubokých smykových ploch (obr. 3). Další svahové deformace se nacházejí na hřbetu Kozinec (603,3 m), kde je třeba při těžbě předpokládat oživení fosilní svahové deformace a možné poškození silnice č. 58. V jihozápadní části dobývacího prostoru mezi vrcholem Malý Javorník (839,2 m) a Kyčera (875,2 m) jsou četné stopy rozsednutí skalních masivů, které mohou vést k horizontálním pohybům nakypřených hornin. Navíc na východním svahu vrchu Kyčera se nachází stará svahová deformace s odlučnou stěnou vysokou až 10 m, která je dokladem pohybů ker flyšových pískovců. Poklesy

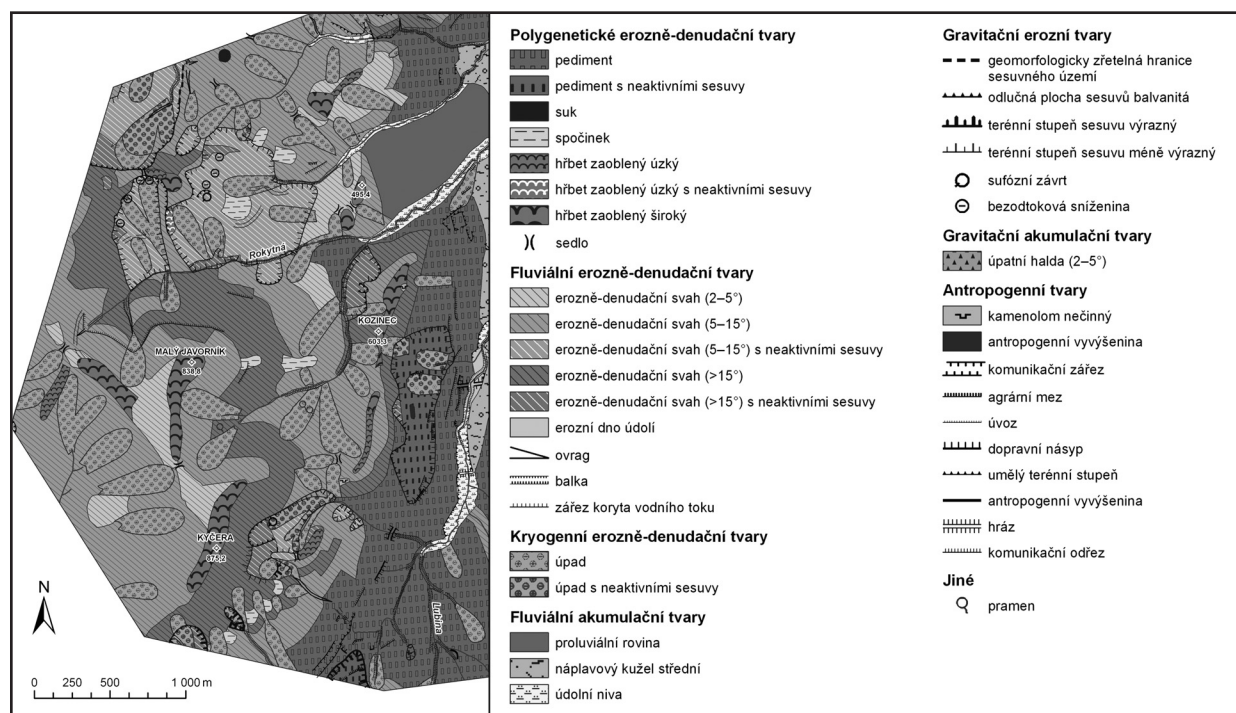
na vrcholu Helštýna nad městem Frenštát pod Radhoštěm by případně mohly ohrozit továrny postavené na severním svahu vrcholu.

### Očekávané dopady těžby ložiska Frenštát-východ na georeliéf

Autoři očekávají, že k problémům při poddolování dojde v oblasti Žárýského hřbetu, kde jsou příkré svahy a i dnes se nachází velký počet jak fosilních, tak i aktivních sesuvů. Geomorfologický výzkum dále potvrdil výskyt velkého počtu pseudokrasových tvarů na hřbetu Ondřejníku, které dokládají rozsednutí středních godulských vrstev podél hlubokých smykových ploch. K sesouvání dochází i na příkrých svazích amfiteatrální sníženiny v pramenném úseku u Kozlovické Ondřejnice v lesní trati Bernartanka. I malý antropogenní zásah do tohoto citlivého území vyvolá rozsáhlé svahové deformace.

### Diskuze

Autoři došli k názoru, že největším problémem z hlediska stability georeliéfu v souvislosti s hlubinnou těžbou uhlí v dobývacím prostoru je porušení hornatiny Moravskoslezských Beskyd, Žárýského hřbetu a vrchoviny Ondřejníku rozsáhlými a často hluboce založenými gravitačními deformacemi. Inženýrsko-geomorfologický výzkum prokázal, že největší předpokládaný rozsah gravitačního porušení je v dobývacím prostoru překvapivě vázán na území složené z geomorfologicky velmi odolných pískovců středních godulských vrstev, tj. hornin patřících v území mezi nejpevnější a nejvíce odolné vůči zvětrávání. Geomorfologickým mapováním autoři na hřbetu Ondřejníku potvrdili řadu výrazných pseudokrasových tvarů. Dosažené závěry z dobývacího prostoru potvrzují poznatky z jeho širšího okolí.



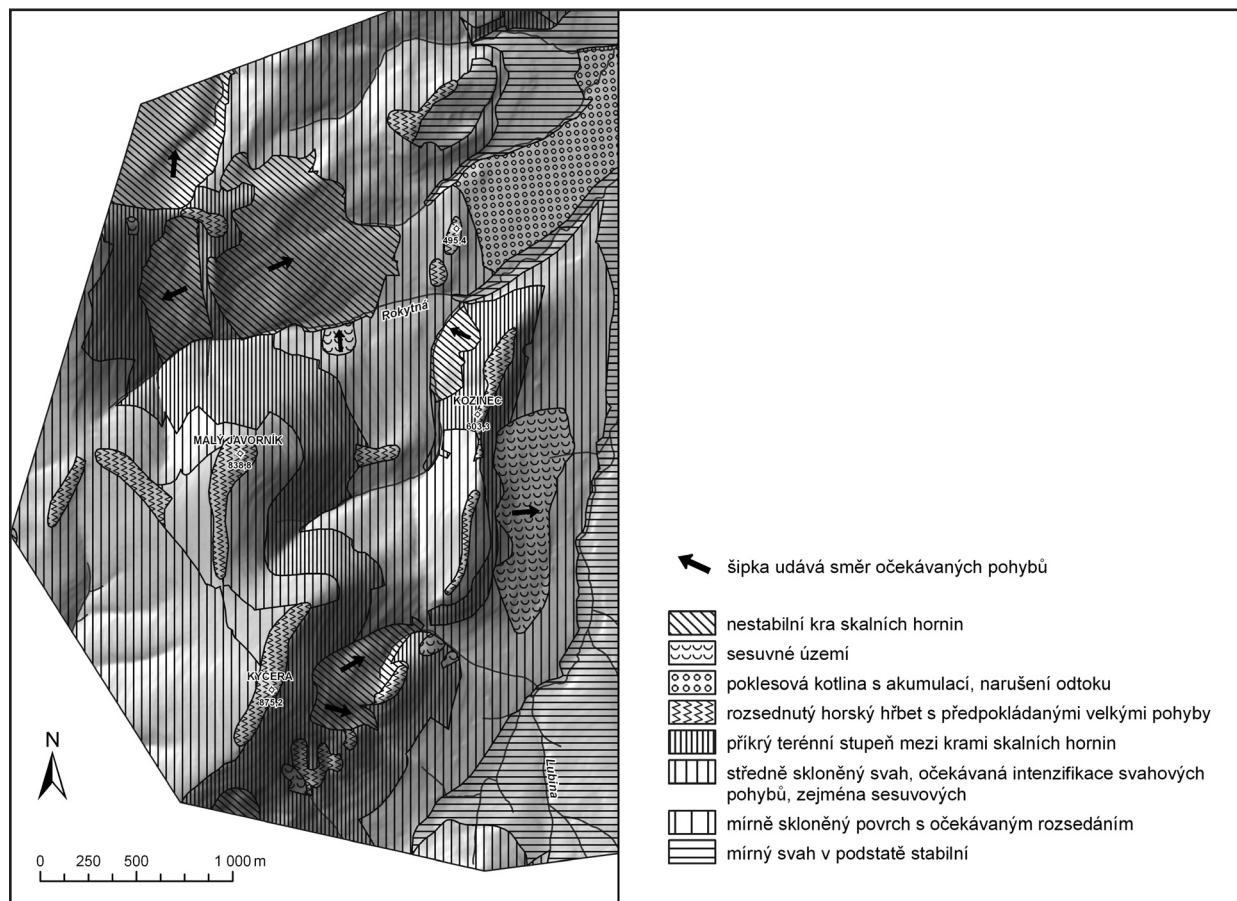
Obr. 2 : Výřez z podrobné digitální geomorfologické mapy.  
Fig. 2: Cut out of the detailed digital geomorphological map.

Horské vrcholy Moravskoslezských Beskyd totiž dosahují větších nadmořských výšek (Radhošť 1 128,7 m n. m.), než by se dalo předpokládat při jednoduchém plochém násunu slezského a podslézského příkrovu přes fundament moravskoslezského teránu a jeho neogenní pokryv (Krejčí et al. 2004). Po násunu příkrovů tak muselo celé zkoumané území prodělat neotektonický a izostatický zdvih, gravitační rozlámání a rozsednutí. Tyto geodynamické pochody způsobily nerovnováhu v horninách a velké napětí, které ještě zvýšilo rozřezání pohoří hlubokými údolními vodními toků. Napětí se tak projevilo četnými a hlubokými deformacemi skalních hornin patrnými v georeliéfu. Deformace způsobily jednak stupňovitou stavbu území, v němž se střídají terénní stupně s různě ukloněnými plošinami a jednak vznik četných pseudokrasových tvarů jako jsou hluboké a otevřené tahové trhliny s pseudokrasovými jeskyněmi. Tyto procesy a tvary jsou v dobývacím prostoru názorně patrné na čelním svahu Moravskoslezských Beskyd, v Hodslavickém Javorníku (obr. 2) a na svazích Ondřejníku. Velkou hloubku rozsednutí Moravskoslezských Beskyd prokazuje Kněhynská pseudokrasová jeskyně na svahu Kněhyně (1 256,8 m), která je speleologicky prozkoumaná (průlezná) do hloubky 57,6 m s užšími tahovými trhlinami pokračujícími dále do hloubky skalního masivu (Hromas (ed.) a kol. 2009). Další pseudokrasové jeskyně a propasti na rozevřených

širokých a hlubokých trhlinách v godulských pískovcích jsou známy již delší dobu (Wagner et al. 1990, Hromas (ed.) a kol. 2009). Dilatometrická měření na tahových trhlinách prokázala, že i v současných podmínkách dochází k pohybům celých skalních masivů (Novosad – Košťák 2002, Stemberk – Rybář 2005, Rybář et al. 2006, Klimeš – Stemberk 2007). Wagner (2004) popsal rozevření tahových puklin na hřbetu Lukšinec u Lysé hory po extrémních atmosférických srážkách v roce 1997. Sufózní tvary (bezodtokové sníženiny, sufózní závrtvy) prokazují rozevření trhlin a pohyby skalních mas. Autory získané poznatky tak potvrzují hypotézu o nerovnováze skalních flyšových masivů v dobývacím prostoru, kterou zjistili již Krejčí et al. (2004) v Moravskoslezských Beskydech a Rybář et al. (2006) na Ondřejníku. Podle digitální geomorfologické mapy dobývacího prostoru se navíc na svazích zkoumaného území nachází velký počet rozsáhlých fosilních, subrecentních a recentních sesuvných území s hluboce založenými gravitačními deformacemi. Proto autoři došli k závěru, že je nutné očekávat změny georeliéfu vyvolané poddolováním právě ve flyšových masivech.

**Závěr**

Dobývací prostor Trojanovice zabírá členité území na rozhraní hornatin Moravskoslezských Beskyd, sníženiny Frenštátské brázdý a Štramberské vrchoviny



Obr. 3: Digitální inženýrsko-geomorfologický 3-D model očekávaných deformací terénu a geohazardů v souvislosti s plánovanou hlubinnou těžbou černého uhlí v západní části dobývacího prostoru Trojanovice odvozený z podrobné digitální geomorfologické mapy. Fig. 3: Digital engineering-geomorphological 3-D model of expected terrain deformations and geohazards in relation to planned deep mining of black coal in the western part of the Trojanovice mining area derived from the digital geomorphological map.

v Moravsko-slezských Karpatech. Autoři na základě terénního inženýrsko-geomorfologického mapování v měřítku 1 : 10 000, vyhodnocení vrtných prací, materiálů dálkového průzkumu a vypracování počítačem podporovaného 3-D modelu očekávaných deformací terénu a geohazardů (obr. 3) došli k závěru, že těžba uhlí v dobývacím prostoru Trojanovice bude mít značný vliv na georeliéf. Dopady těžby vlivem poddolování a důlními otřesy se projeví dalším narušením nerovnovážného stavu flyšových skalních masivů, což bude mít za následek aktivizaci geodynamických procesů. Zejména ložisko Frenštát-západ se z báňsko-technologického hlediska nachází v extrémně komplikované geologické pozici (Opletal 2008). Projekt totiž předpokládá ražení báňských děl čelem karpatského flyšového příkrovu a díla procházejí řadou významných tektonických poruch. Z geomorfologické analýzy tak vyplývá, že hlubinná těžba černého uhlí v dobývacím prostoru Trojanovice může

vzhledem k citlivosti území a probíhajícím současným geodynamickým procesům vést ke značným katastrofickým změnám georeliéfu Moravsko-slezských Karpat.

#### **Poděkování**

*Studie byla zpracována v rámci výzkumného záměru MSM 6293359101 Výzkum zdrojů a indikátorů biodiverzity v kulturní krajině v kontextu dynamiky její fragmentace. Autoři děkují Ministerstvu životního prostředí ČR a České geologické službě za zapůjčení Účelových inženýrskogeologických map stabilitních poměrů 1 : 10 000 dobývacího prostoru a textových vysvětlivek, které využili při výzkumu a zpracování příspěvku. Za cenné připomínky jsou zavázáni pracovníkům České geologické služby RNDr. Zdeňku Stráňkovi, CSc. a Mgr. D. Nývltovi, Ph.D. Autoři rovněž děkují p. starostovi Novotnému za zapůjčení materiálů z archivu OÚ Trojanovice.*

## Literatura

- Buzek, L. (1969): Geomorfologie Štramberké vrchoviny. – Spisy Pedagogické fakulty v Ostravě, 11, 1–91.
- Buzek, L. (1973): Svahy Radhošských Beskyd a Štramberké vrchoviny. – Spisy Pedagogické fakulty v Ostravě, řada E-3, 33, 47–59.
- Demek, J. – Mackovčín, P. – Slavík, P. (2011): Rock pediments and Bahada in the Frenštátská brázda Furrow (The Moravian-Silesian Carpathians, Czech Republic). *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 2011, 1, 42–49.
- Dopita, M. (ed.) – Aust, J. – Brieda, J. – Dvořák, P. – Fialová, V. – Foldyna, J. (1997): Geologie české části hornoslezské pánve. – Ministerstvo životního prostředí ČR Praha.
- Dudek, A. (1980): The crystalline basement block of the Outer Carpathians in Moravia: Bruno-Vistulicum. – *Rozpravy Československé akademie věd, řada MPV*, 90 (8), 1–85.
- Fookes, P. G. – Lee, E. M. – Griffiths, J. S. (2007): *Engineering Geomorphology, Theory and Practice*. – Whittles Publishing, Dunbeath.
- Hromas, J. (ed.) a kol. (2009): Jeskyně. – In: Mackovčín, P. – Sedláček, M. (eds): *Chráněná území ČR, XIV, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno*. Praha.
- Chlupáč, I. – Brzobohatý, R. – Kovanda, J. – Stráník, Z. (2002): *Geologická minulost České republiky*. – Academia Praha.
- Janoš, V. (2004): Svahové deformace severní části Radhošského hřbetu v Moravskoslezských Beskydech. – *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2003*, 63–64.
- Klimeš, J. – Stemberk, J. (2007): Svahové deformace v okolí sedla Pustevny. – In: Hradecký, J. – Pánek, T. (eds.): *Sborník abstraktů a exkurzní průvodce z konference „Stav geomorfologických výzkumů v roce 2007, Malenovice 2.–4. dubna“*, *Geomorfologický sborník*, 6, 72–73, Ostrava.
- Krejčí, O. – Hubatka, F. – Švancara, J. (2004): Gravitational spreading of the elevated mountain ridges in the Moravian-Silesian Beskyds. – *Acta Geodynamica et geomaterialia*, 1, 3, 135, 97–100, Praha.
- Martinec, P. – Dvořák, D. – Kolcun, A. – Malík, J. – Schejbalová, B. – Staš, L. – Šňupárek, R. – Vašíček, Z. (2008): Geologické prostředí a geotechnické vlastnosti pokryvu karbonu v české části hornoslezské pánve. – Ústav geoniky AV ČR v. i. Ostrava.
- Menčík, E. – Adamová, M. – Dvořák, J. – Dudek, A. – Jetel, J. – Jurková, A. – Houša, V. – Peslová, H. – Rybářová, L. – Šmíd, B. – Šebesta, J. – Tyráček, J. – Vašíček, Z. (1983): *Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny*. – Ústřední ústav geologický Praha.
- Müller, V. (ed.) (2001): *Vysvětlivky k souboru geologických a účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000, list 25-21 Nový Jičín*. – Český geologický ústav Praha.
- Novosad, S. – Košťák, B. (2002): Lukšinec Hill. – In: Rybář, J. – Holzer, B. – Kopecký, M. (eds): *Post-Conference Field Trip Guide, 1<sup>st</sup> ECL*, Prague and Bratislava.
- Opletal, M. (2008): *Studie DP Trojanovice geologicko-ložisková část*. – Manuskript, archiv Obecního úřadu v Trojanovicích.
- Rybář, J. – Jánoš, V. – Klimeš, J. – Nýdl, T. (2006): Rozpad synklinálního hřbetu Ondřejníku v Podbeskydské pahorkatině. – *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2006*, 92–96, Česká geologická služba Praha.
- Stemberk, J. – Rybář, J. (2005): Risk assessment of deep-seated slope failures in the Czech Republic. – In: Hungr, O. – Fell, R. – Couture, R. – Eberhardt, E. (eds): *Landslide Risk Management*, 497–502, Taylor and Francis Group, London.
- Szabó, J. – Dávid, L. – Lóczy, D. (eds) (2010): *Anthropogenic Geomorphology*. – Springer, Dordrecht.
- Wagner, J. – Demek, J. – Stráník, Z. (1990): Jeskyně Moravskoslezských Beskyd a okolí. – *Knihovna České speleologické společnosti*, 17, 1–130. Praha.
- Wagner, J. (2004): Pseudokrasové jeskyně v Moravskoslezských Beskydech. – In.: Baroň, I. – Klimeš, J. – Wagner, J. (eds) (2004): *Svahové deformace a pseudokras*. – Elektronický sborník referátů z konference, 1.–3. 4. 2004 v Hutisku-Solanci. ČGS & ÚSMH AV ČR.
- Žižková, B. – Pánek, T. (2006): The geomorphological transformation of the Hodslavický Javorník brachysyncline (The Moravskoslezské Beskydy Mts., Czech Republic). – *Moravian Geographical Report*, 14, 9–18. Brno.