

# BLOKOVBAHENNÍ PROUDY V MASIVU SMRKU (MORAVSKOSLEZSKÉ BESKYDY; ČESKÁ REPUBLIKA)

KAREL ŠILHÁN\*, TOMÁŠ PÁNEK\*

**Karel Šilhán, Tomáš Pánek: Mountain group of the Smrk Mt. in the Moravskoslezské Beskydy Mts. one of the most suitable preconditions for genesis of fast slope movements in the scope of the Czech flysh Carpathians. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 7, 2007, 1, 10 Figs., xx Refs.**

The most significant predisposition factors, giving this localities passing position are morphometrics characteristics. There are debris flows accumulations located almost at all valleys of this massif. They have mostly shape of elongated mounds, which are located in riverbeds, gravitational lines on slopes or shape of variedly morphologically shaped fans in place of abrupt decrease dynamics of valley systems. The border in longitudinal profile between koluvial and fluvial segment was morphometrically approximated and compared with maximal debris flow distance in reality. Generally, we can differ two basic types of debris flow accumulations in our research area. Fossil flows individualize by large volumes and large spatial extent, but recent flows have small volumes and they usually occur in upper part of valleys or on slopes. There is the largest accumulation of study area situated in upper part of the Bučací potok valley. There were identified 4 mutually overlapped accumulations there, on the base of methods of relative dating. The Bučací brook valley was investigated in detail, because there is large alluvial fan in its upper part. There was studied interaction between product of strictly slope processes and connecting proluvial sediments here.

**Key words:** Debris flows, alluvial fans, preparatory factors, sedimentology, relative dating, Moravskoslezské Beskydy Mts.

## 1 ÚVOD

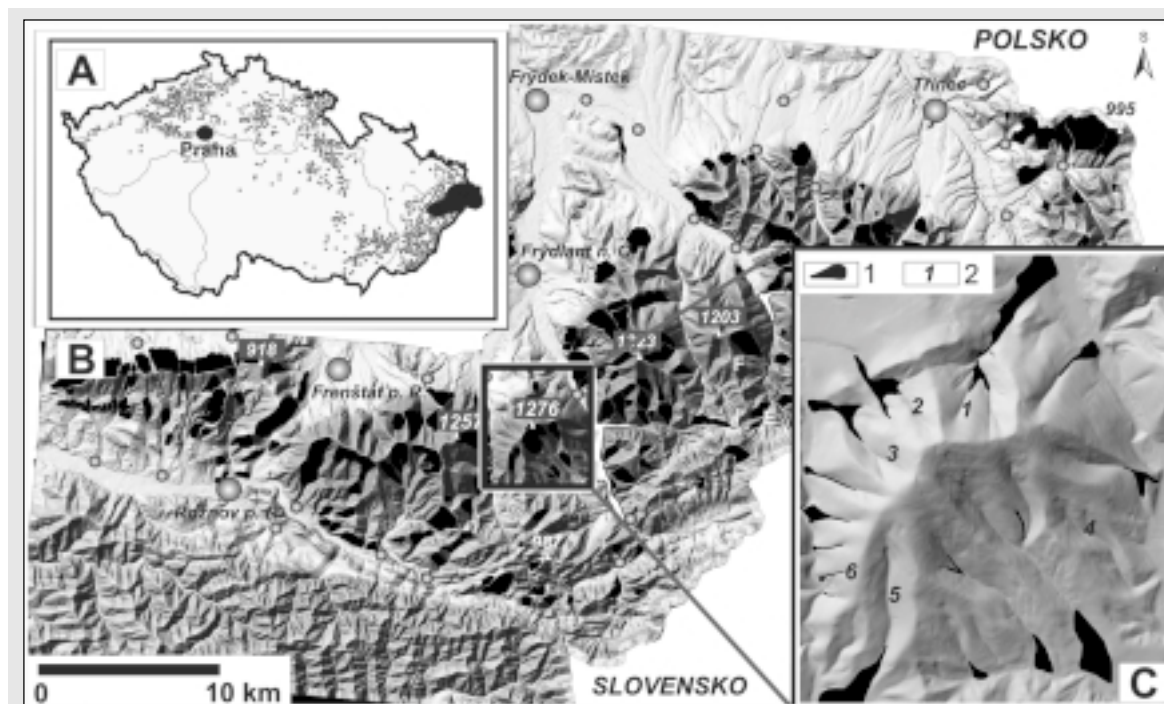
Katastroficky rychlé typy svahových deformací (blokovobahenní proudy, skalní laviny) jsou poměrně vzácnými typy svahových procesů v současných geoeologických podmínkách flyšových Západních Karpat. V posledních letech se ukazuje, že mnoho akumulací, které byly v tomto území mapovány jako důsledek fluvialních, periglaciálních či dokonce glaciálních procesů (BUZEK et al. 1986; PELÍŠEK 1953), jsou produkty rychlých gravitačních pohybů (ŠILHÁN a PÁNEK 2006). Výskyt rozsáhlých fosilních akumulací blokovobahenních proudů (debris flows) je v rámci území české části flyšových Karpat nejpatrnější v horském masivu Smrku (1 276 m) v Moravskoslezských Beskydách. Zdejší akumulace jsou zajímavým dokladem intenzivní blokovobahenní aktivity v minulosti a zároveň pravděpodobně poukazují na paleoenvironmentální změny v pleistocénu a starším holocénu. Recentní akumulace blokovobahenních proudů jsou rovněž v tomto území zastoupeny, ale dosahují řádově nižších objemů a mají menší hybnost než prokazatelně starší formy.

Výzkum faktorů vzniku akumulací blokovobahenních proudů, které mají dosah mnohdy až do současných zastavěných niv či nízkých teras hlavních vodních toků, má význam pro hodnocení rizik spojených s možnou aktivizací rychlých svahových procesů. Cílem této studie je poukázat na morfometrickou predispozici vzniku rychlých sesuvů v masivu Smrku, jejich sedimentologické vlastnosti a relativní stáří. Zvláštní důraz je kladen na hodnocení vlivu fosilních i současných blokovobahenních proudů vzhledem k formování svahů a údolních den zdejších údolí.

## 2 STUDOVANÉ ÚZEMÍ

Smrk (1 276 m) je druhou nejvyšší horou Moravskoslezských Beskyd. Představuje morfologické východní pokračování Radhoštského hřbetu, avšak separované hlubokým zářezem řeky Čeladenky (**obr. 1**). Z východní strany je masiv ohraničen řekou Ostravicí a přehradou Šance. Strukturně se lokalita nachází ve frontální části dlíhého příkrovu godulského ve slezské jed-

\* Katedra fyzické geografie a geoeologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, Chittussiho 10, Ostrava – Slezská Ostrava 71 000, Česká republika, e-mail: karel.silhan@osu.cz, tomas.panek@osu.cz



**Obr. 1** Lokalizace studovaného území

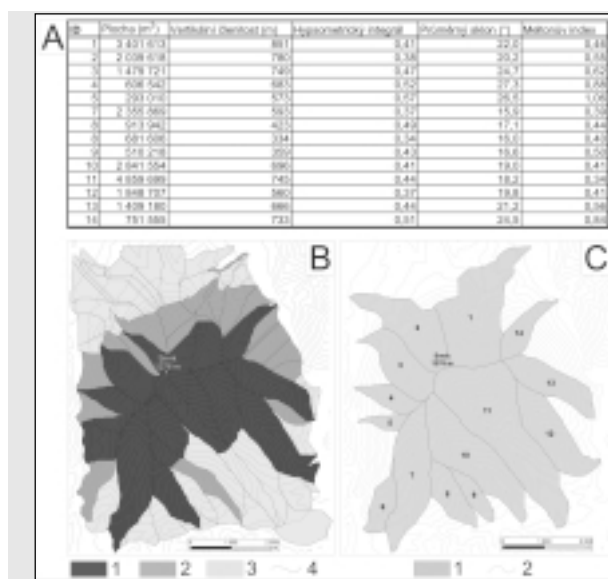
A – v rámci ČR, B – v rámci Moravskoslezských Beskyd, C – stínovaný model masivu Smrku s vyznačením výskytu hlavních blokovabahenních akumulací (1 – blokovabahenní akumulace, 2 – identifikace povodí použitá v **obr. 3**)

notce (MENČÍK et al. 1983). Geologicky je budován převážně mocným středním oddílem godulských vrstev, které jsou zde generelně ukloněné k jihu a jihovýchodu pod úhlem 5-20°. Litologicky převládají mocné lavicovité pískovce (mocnost jednotlivých lavic i více než 2 m) tektonicky deformované zlomy a puklinami převažujících směrů SSZ-JJV a S-J. Srážkově patří tato oblast k nejbohatší v celé ČR, a to co do srážek dešťových, tak sněhových (BUZEK et al. 1986). Tento fakt je velmi významný zejména ve vztahu k potenciálnímu vzniku svahových deformací ze skupiny tečení.

O určité exponované pozici hřbetu Smrku v rámci Moravskoslezských Beskyd svědčí i sporadický výskyt sněhových lavin (např. v lednu 2006 na západních svazích hřbetu), které jsou v této části Karpat velmi vzácné.

### 3 METODY

Elementární povodí masivu Smrku byla vygenerována automaticky nad hydrologicky korektním digi-



**Obr. 2** Morfometrie dílčích povodí Smrku.

A – morfometrické parametry hlavních povodí Smrku, B – náchylnost dílčích povodí Smrku ke vzniku blokovabahenních proudů (1 – nejvíce náchylná povodí, 2 – povodí se střední náchylností, 3 – nejméně náchylná povodí, 4 – vrstevnice 50 m), C – číselná identifikace hlavních povodí Smrku použitá v A (1 – povodí, 2 – vrstevnice 50 m)

tálním modelem reliéfu (DEM) pomocí extenze HEC-GeoHMS 1.1. Pro určení náchyllosti těchto povodí ke vzniku blokovobahenních proudů bylo vyhodnoceno několik morfometrických parametrů, které mají vztah ke studovanému problému. Vypočítána byla plocha, vertikální členitost, hypsometrický integrál, průměrný sklon a Meltonův index povodí. Meltonův index je počítán ze vztahu:

$$R = H_b A_p^{-0.5}, \quad [1]$$

kde  $H_b$  je vertikální členitost povodí a  $A_p$  je plocha povodí (MELTON 1965). Podle DIKAUa et al. (1996) jsou náchylná povodí zejména s hodnotou Meltonova indexu větší než 0,25. Na základě těchto parametrů byla dílčí povodí území rozdělena shlukovou analýzou (k-means) do třech skupin, které nepřímou indikují stupeň exponovanosti k působení blokovobahenních proudů (obr. 2). Cílem tohoto postupu bylo odpovědět na otázku, zda jsou vůbec morfometrické podmínky příhodné pro existenci těchto procesů.

Dalšími postupy byl zkoumán vztah lokálního sklonu v podélných profilech elementárních povodí s plochou zdrojových oblastí (obr. 3). Pomocí této metody lze u většiny horních částí podélných profilů údolí vymezit dva segmenty. V prvním (horním) segmentu nedochází se změnou plochy povodí k výraznějším změnám ve sklonu podélného profilu údolí, zatímco v níže navazujícím segmentu se sklon profilu s postupným zvětšováním plochy povodí exponenciálně zmenšuje.

Vztah mezi sklonem údolí a plochou povodí lze vyjádřit vztahem (DUVALL, KIRBY a BURBANK 2004; KORUP 2006):

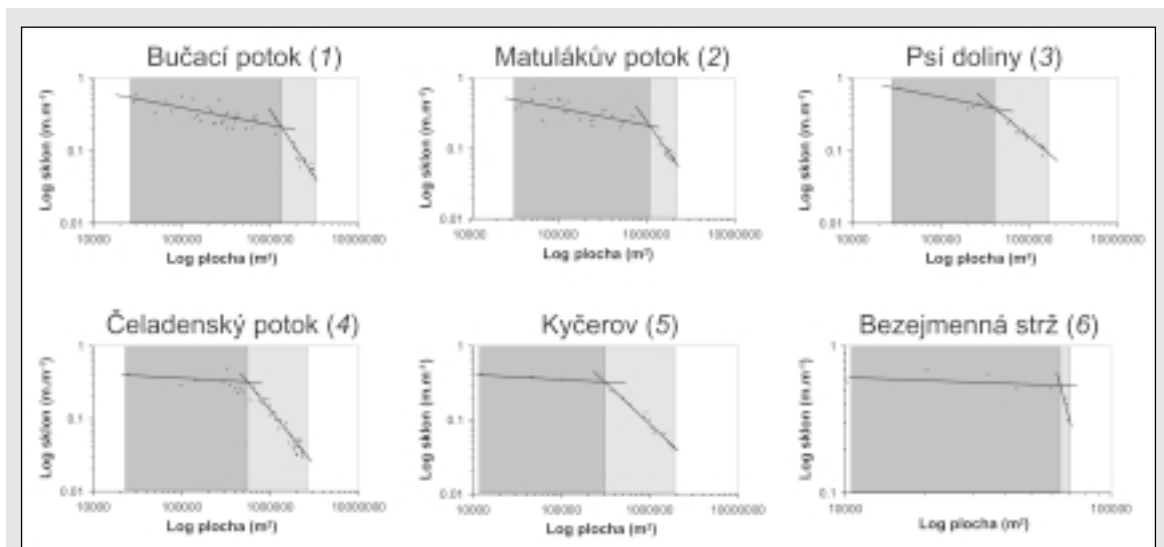
$$S = k_s A, \quad [2]$$

kde  $S$  je sklon podélného profilu údolí v daném bodě,  $A$  je plocha povodí nad daným bodem podélného profilu,  $k_s$  je index strmosti údolí a  $\alpha$  je index konkáv-

nosti údolí. Podle STOCKA a DIETRICH (2003) lze tímto postupem určit exaktně v podélném profilu horských údolí hranici mezi horní částí údolí s převládajícím působením svahových procesů (tzv. koluviální segment) a dolní částí s převládajícím působením fluvialních procesů. Rozložení těchto morfometricky odlišných segmentů údolí bylo porovnáváno v terénu s výskytem fosilních i současných akumulací blokovobahenních proudů.

Morfologicky pestrá fosilní akumulace blokovobahenních proudů v údolí Bučacího potoka byla podrobně geodeticky zaměřena a byl vytvořen její DEM v prostředí programu *Surfer 8*. Pro vybrané lokality s výskytem blokovobahenních akumulací byla vytvořena jejich podrobná geomorfologická mapa, zachycující základní morfologické rysy daných oblastí (boční a podélné valy, strže, terénní stupně, atd.). Geomorfologicky byl zmapován i velký náplavový kužel při vyústění Bučacího potoka do údolí Ostravice.

Vztah akumulací blokovobahenních proudů a na ně navazujících náplavových kuželů byl studován pomocí sedimentologických metod. Tento přístup byl aplikován na rozsáhlém komplexu propojené akumulace fosilního blokovobahenního proudu a níže ležícího náplavového kuželu Bučacího potoka. Vzorky na náplavovém kuželu byly odebírány z jeho podélného profilu v pravidelných vzdálenostech. U akumulací blokovobahenních proudů byla použita stejná metoda podélných profilů, aplikovaná na jednotlivé morfologicky výrazné valy. Na místě odběru byl vytvořen vertikální profil sedimenty a z něho byl odebrán maximálně reprezentativní vzorek. Metoda byla zvolena pro zachycení změn sedimentologických vlastností akumulace s rostoucí vzdáleností od zdroje dotace materiálu. Pro analýzu tvaru a zaoblení klastů sedimentu bylo na každém místě vybráno 50 částic o velikosti 20-100 mm. Byly vybírány pouze litologicky homogenní částice tvoře-



Obr. 3 Sklon/plocha grafy pro vybraná údolí masivu Smrku

Tmavě šedý úsek – převážně koluviální segment údolního dna, světle šedý úsek – převážně fluvialní segment údolního dna



**Obr. 4** Vývoj indexu strmosti v podélném profilu vybraných povodí Smrku  
šedé body – hodnoty indexu strmosti v konkrétních místech údolního dna, černá linie – klouzavý průměr z pěti bodových hodnot indexu strmosti, šedá linie – podélný profil údolního dna, svislý šedý pruh – hranice koluviálního a fluviálního segmentu koryta

né pískovcem. Jílovcové klasty nejsou pro tuto analýzu relevantní vzhledem k jejich snadnému sekundárnímu zvětrávání uvnitř akumulací. Pro analýzu tvaru byly měřeny 3 základní osy každého vzorku a z nich byly dále vypočítány další ukazatele tvaru. Tvar a zablžení každého klastu byl posuzován subjektivně, opíraje se o 6-ti stupňovou klasifikaci (KRUMBEIN 1941). Stejně tak z podélného profilu bylo v pravidelných intervalech měřeno usměrnění (směr sklonu/velikost sklonu) nejdelší osy částic sedimentu (osa  $\alpha$ ). V každém studovaném místě byla změřena orientace 40-75 os klastů.

U nejrozsáhlejší několikagenerační akumulace blokovo-bahenního proudu v údolí Bučacího potoka bylo studováno relativní stáří jednotlivých akumulacích valů pomocí Schmidt Hammer testu (SHT) aplikovaného na zjištění stupně navětrání povrchu klastů. Metoda testování je založena na různé schopnosti hornin odlišného stáří (a tedy i povrchového navětrání), ale stejného litologického složení, odrazit úderník, který dopadá na jejich povrch konstantní silou. Vychází se z pravidla menších hodnot zpětného rázu (R) u hornin s vyšším stupněm navětrání (a tedy i vyšším relativním stářím povrchu), oproti vyšším hodnotám zpětného rázu u hornin navětralých méně (horniny s povrchem relativně mladším). Na potenciálně různých generacích jednotlivých proudů bylo testováno 25 vzorků vždy v několika pozicích (2-4). Na každém vybraném klastu byl aplikován SHT celkem 4x a výsledné hodnoty se zprůměrovaly. Pro statistické vyhodnocení bylo použito jak 5 nejvyšších hodnot získaných z jednotlivých akumulací (viz. MENTLÍK 2005), tak průměr ze všech měření.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 MORFOMETRICKÁ PREDISPOZICE

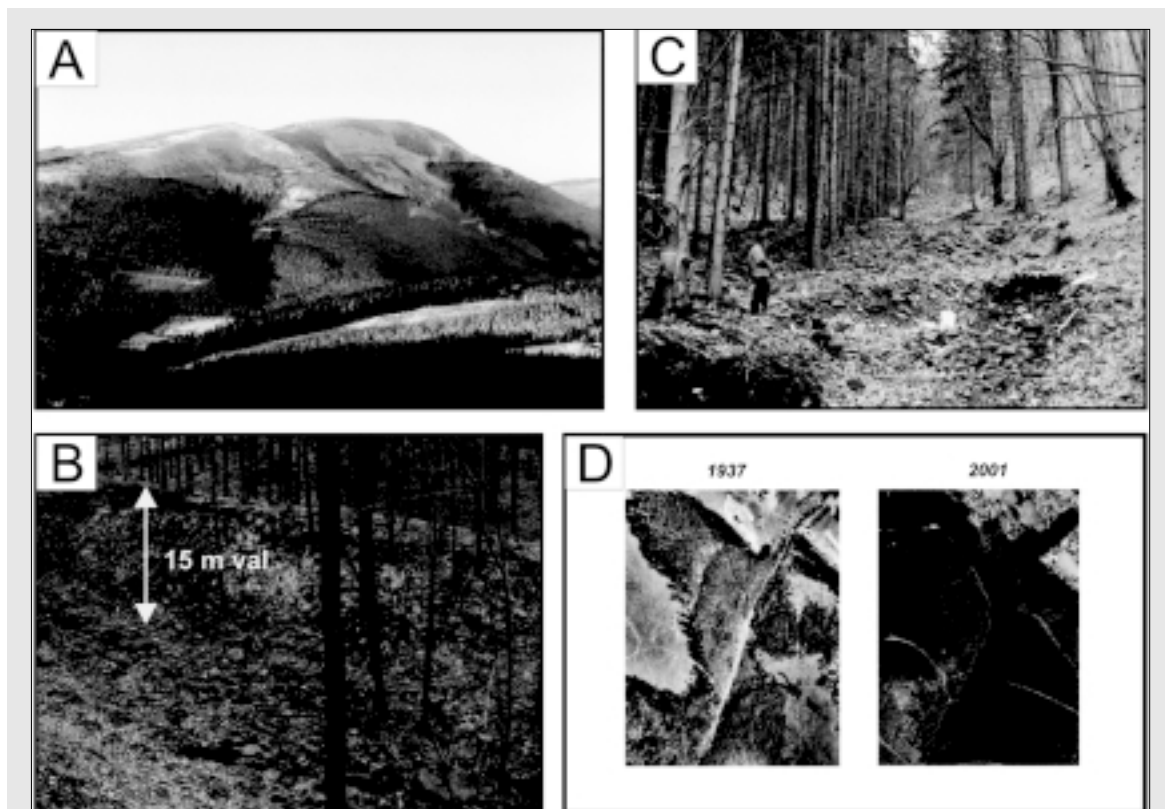
Předpoklad vlivu morfometrických podmínek na vznik murových proudů ověřila provedená morfometricko-statistická analýza. Shluková analýza dílčích povodí Smrku na základě jejich morfometrických parametrů potvrdila, že v povodích s potenciálně nejvýhodnějšími podmínkami vznikly v minulosti nejroz-

sáhlejší (často několikagenerační) akumulace blokovo-bahenních proudů. Získané parametry jsou srovnatelné s jinými světovými oblastmi, kde se vyskytují fosilní či recentní blokovo-bahenní proudy (SCALLY a OWENS 2004). Areály mikropovodí s maximální potenciální náchylností se shlukly kolem vrcholové partie masivu. Po jejich obvodu následují areály se střední náchylností a na samém okraji celého masivu se vyskytují mikropovodí s nejmenším potenciálním rizikem vzniku blokovo-bahenních proudů (**obr. 2B**). Samotné akumulace se vyskytují nejen v maximálně ohrožených areálech, ale často i v areálech na ně navazujících, s nižším stupněm náchylnosti. To dokazuje značný dosah blokovo-bahenních proudů, které zasahují i do míst, ve kterých lokální morfometrie jejich vznik neumožňuje. Ze srovnání polohy teoretické hranice mezi koluviálním a fluviálním segmentem odvozené z grafu vztahu sklonu a plochy povodí (**obr. 3**) s reálným dosahem jednotlivých generací proudů vyplývá, že starší akumulace (s objemy řádově  $10^5$ - $10^6$  m<sup>3</sup>) zasahují daleko do fluviálních segmentů údolí, zatímco čela mladších (recentních a historických) akumulací s objemy řádově  $10^2$ - $10^4$  m<sup>3</sup> zpravidla korelují s polohou inflexních bodů mezi koluviálními a fluviálními segmenty údolí (**obr. 3**).

Podélný profil údolního dna byl u jednotlivých údolí analyzován i z hlediska změn indexu strmosti ( $K_s$ ) v jeho průběhu. Základem tohoto postupu byl vztah opírající se o výše zmíněnou analýzu mezi sklonem podélného profilu a plochou povodí. Abychom mohli sledovat změny indexu strmosti v podélném profilu údolního dna bylo nutné použít konstantní hodnotu indexu konkávnosti. Ta by zvolena =0,3 jako průměrná hodnota pro celé studované území. Tato hodnota je všeobecně doporučovaná při práci s horskými údolními (KORUP 2006). Výsledky poukazují na fakt, že v místě podélného profilu s lokalizovanou hranicí mezi koluviálním a fluviálním segmentem dochází k prudkému poklesu indexu strmosti (**obr. 4**).

### 4.2 MORFOLOGICKÉ RYSY BLOKOVBAHENNÍCH PROUDŮ

U většiny studovaných údolí v masivu Smrku byly mapovány 2-4 generace blokovo-bahenních proudů. Nej-

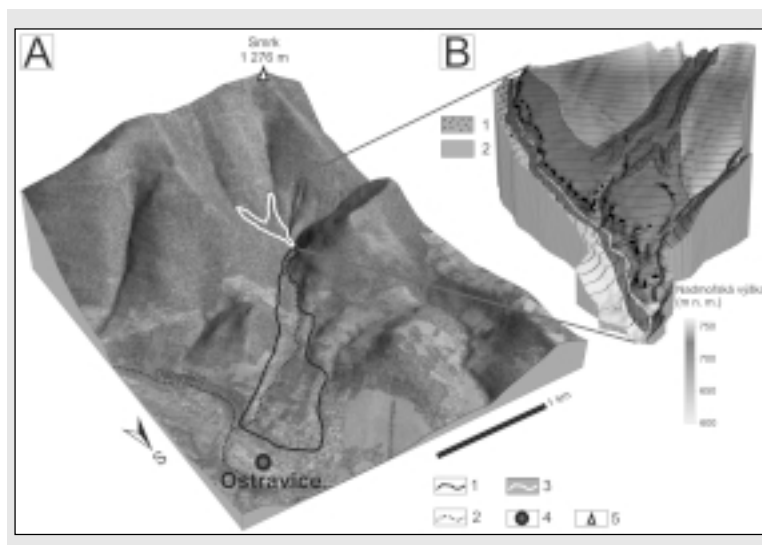


**Obr. 5** A – pohled na masiv Smrku od východu, B – 15 m vysoký val fosilní blokobahenní akumulace v povodí toku Psí doliny, C – valy recentní blokobahenní akumulace ve dně strže na východním svahu Smrku, D – patrná čerstvá aktivita ve strži v C v roce 1937

starší akumulace mají zpravidla největší rozsah a objem. Celkový objem akumulace na severním svahu Smrku při vyústění levostranné zdrojnice Bučacího potoka má předpokládaný objem  $0,6-1,10^6 \text{ m}^3$ , podobných kubatur dosahují akumulace v údolích Matulákovy potoka a Psích dolin. Nejrozsáhlejší akumulace jsou rozčleněné hlubkovou erozí a tvoří 10-15 m vysoké terasy (**obr. 5**). Nejmladší akumulace o objemech řádově  $10^2-10^4 \text{ m}^3$  tvoří výplň strží a v některých přípa-

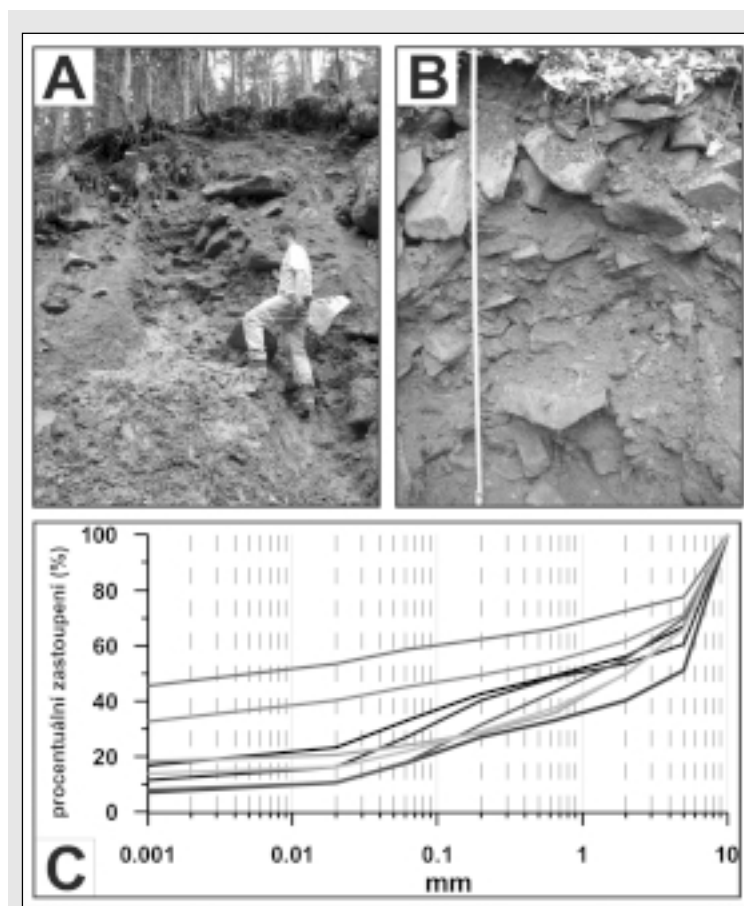
dech pohřbívají hluboce zařezaná údolí do předpokládané hloubky až 5 m. Nejrozsáhlejší ( $\sim 1,5 \cdot 10^4 \text{ m}^3$ ) sub-recentní akumulace vznikla na východním svahu Smrku počátkem 20. století pravděpodobně v kontextu značného odlesnění této části hřbetu (**obr. 5D**).

Typickými morfologickými prvky blokobahenních proudů jsou boční a příčné valy spolu s akumulacemi pískovcových bloků (klasty do 1 m) na povrchu. Většina



**Obr. 6** Celkový pohled na údolí Bučacího potoka

A – pozice blokobahenních akumulací (bílá linie) a navazujícího náplavového kuželu (1 – hranice náplavového kuželu, 2 – vodní tok, 3 – hranice blokobahenních akumulací, 4 – sídlo, 5 – vrchol), B – blokdiagram blokobahenních akumulací (1 – jednotlivé valy, 2 – plocha blokobahenní akumulace).



**Obr. 7** Granulometrické vlastnosti sedimentů blokovabahenních proudů A,B – vertikální profily sedimenty akumulace (A – údolí Bučacího potoka, B – strž na východním svahu Smrku) – patrně inverzně-gradační zvrstvení, C – kumulativní granulometrické křivky sedimentů blokovabahenních proudů

akumulací blokovabahenních proudů přechází plynule v níže ležící náplavové kužely (obr. 6). Pod akumulací v údolí Bučacího potoka došlo k vytvoření rozsáhlého (0,5 km<sup>2</sup>) náplavového kužele, jehož zdrojem materiálu byl nestabilní systém v horní části povodí tvořený příkrým svahem s gravitačními rýhami a několika generacemi blokovabahenních proudů. Zdrojem materiálu všech blokovabahenních proudů v masivu Smrku jsou zejména pleistocénní pokryvy svahů, které v mocnostech do ~3 m pokrývají zdrojové oblasti gravitačních rýh a údolí. Tím se oblast liší od jiných (často morfologetricky méně exponovaných) území v české části flyšových Karpat, kde jsou zdrojem blokovabahenních proudů většinou koluviální sedimenty uvolněné při vzniku hlubokých svahových deformací.

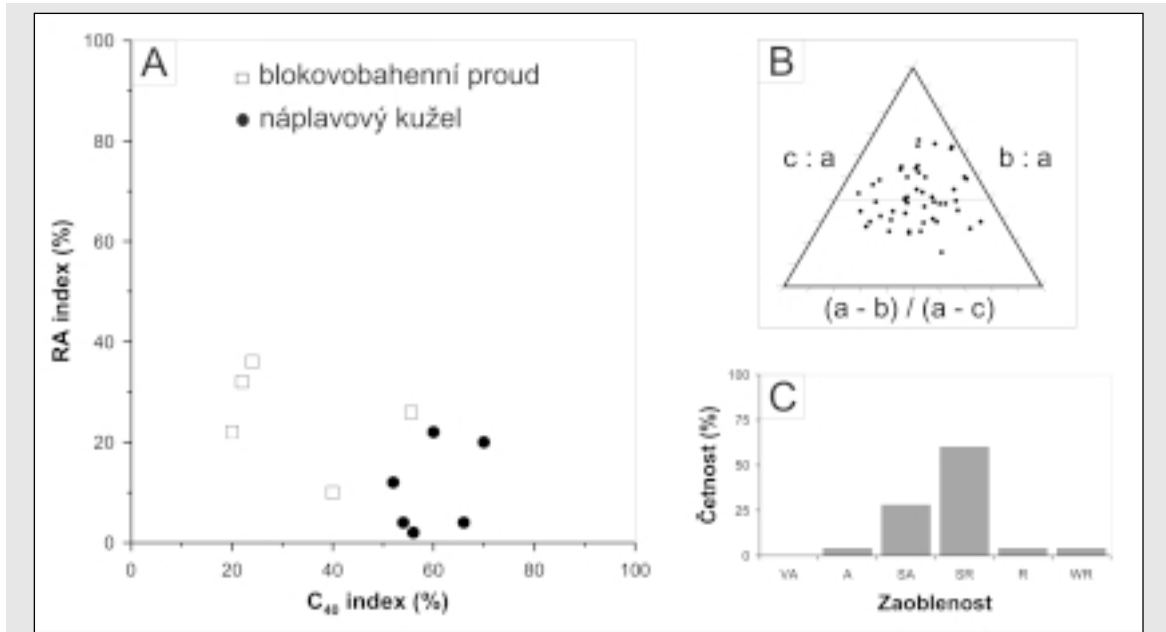
#### 4.3 SEDIMENTOLOGICKÉ PARAMETRY

Sedimentologický rozbor materiálu blokovabahenních akumulací ležících v horní části údolí Bučacího potoka podal výpověď o jejich základních sedimentologických parametrech. Jednou z částých vlastností nakuumulovaného materiálu je jeho inverzně-gradační zvrstvení, patrné v uměle vytvořených vertikálních profilech těchto sedimentů (obr. 7). Provedené granulometrické analýzy poskytly informace o vysokém obsahu jílovité frakce ve všech analyzovaných vzorcích (obr.

7C). Vysoký obsah nejmenších částic je kromě charakteru zdrojových svahových sedimentů zapříčiněn dlouhou dobou intenzivního zvětrávání jílovcových klastů v porézní hmotě akumulace. I tento fakt naznačuje vysoké stáří akumulací.

Kromě granulometrických vlastností materiálu bylo zkoumáno i zaoblení a tvar klastů tvořících sedimenty. Hlavními ukazateli těchto charakteristik jsou indexy  $C_{40}$  (procentuální podíl částic, jejichž kompaktnost  $c/a$  je menší nebo rovna 0,4) (SCALLY a OWENS 2005) a index RA (podíl klastů spadajících do dvou nejméně opracovaných tříd – velmi angulární a angulární).

Vzájemný poměr těchto dvou ukazatelů vyjádřený v grafu  $RA/C_{40}$  ukazuje nízké opracování klastů tvořících materiál blokovabahenních proudů a vyšší stupeň zaoblení klastů tvořících materiál náplavového kužele, vzniklého fluviálním rozplavováním čela jednotlivých generací koluviálních akumulací (obr. 8). Vztah těchto dvou tvarů je patrný zejména v místě prolínání jednotlivých bodů v grafu, které v terénu odpovídá přibližné hranici mezi výskytem blokovabahenních proudů a náplavovým kuželem. Měřením orientace osy  $a$  klastů obnažených přirozeně nebo uměle ve výchozech na jeho povrchu byl zkoumán vliv fluviální akumulace na usměrnění klastů v tělese kužele. Výsledky poměrně názorně ukazují postupnou změ-



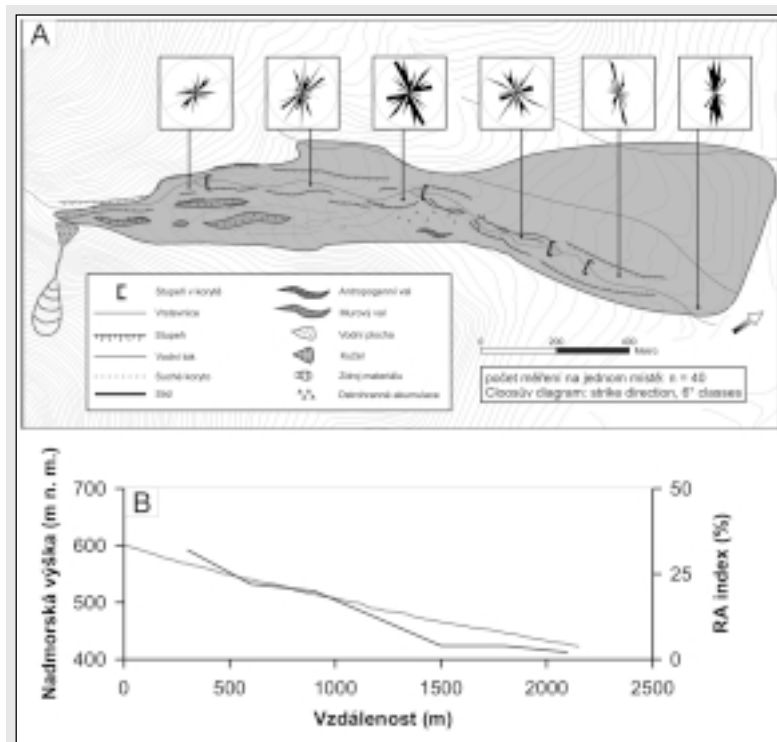
**Obr. 8** Vztah tvaru a zaoblení klastů sedimentů v údolí Bučacího potoka

A – RA x C<sub>40</sub> graf pro sedimenty náplavového kuželu i blokovobahenních akumulací, B – ukázka odvození indexu C<sub>40</sub>, který je roven procentuálnímu zastoupení počtu klastů pod linií dělicí graf na horní a dolní část, C – ukázka histogramu zaoblení klastů (VA – very angular, A – angular, SA – sub angular, SR – sub rounded, R – rounded, WR – well rounded)

nu usměrnění v podélném profilu kuželu od jeho proximálních k distálním částem vzhledem ke zdroji materiálu (**obr. 9**).

Zatímco v horních částech je usměrnění značně nezřetelné a nedominuje mu žádný směr, v dolních

částech je silně patrná imbrikace klastů ve směru kolmém (SSZ-JJV) na směr toku Bučacího potoka, což je obecně platící pravidlo usměrnění os *a* při fluvialním transportu a akumulaci. Na této lokalitě je tedy patrná fluvialní redukce blokovobahenních akumulací a



**Obr. 9** Změna sedimentologických vlastností materiálu náplavového kuželu v údolí Bučacího potoka v jeho podélném profilu

A – vývoj orientace osy a klastů v podélném profilu náplavového kuželu, B – regresivní vývoj (černá linie) RA indexu (viz. text) v podélném profilu náplavového kuželu (šedá linie)

následně ukládání erodovaného materiálu, spojené s jeho významným opracováním v podobě náplavového kuželu v předpolí.

#### 4.4 RELATIVNÍ STÁŘÍ AKUMULACÍ

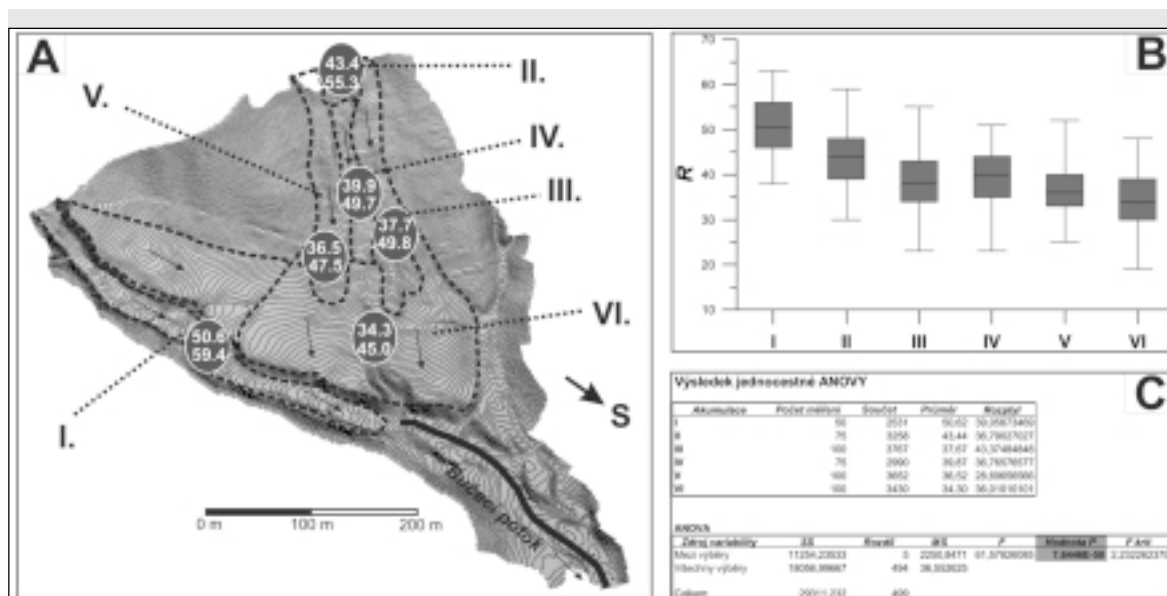
Fosilní blokovobahenní proudy nebylo možno datovat pomocí metod absolutní geochronologie. Akumulace se vyznačují nedostatkem organického materiálu a proložek jemných sedimentů, které by bylo možno datovat pomocí radiokarbonové metody případně opticky stimulované luminiscence. Stupeň rozčlenění, poloha vůči současným erozním bázím a pokročilá pedogeneze indikují v případě velkých akumulací pleistocénní a spodnholocénní stáří. Komplikované několikagenerační akumulace přechází v případě Bučacího potoka, Matulákova potoka a Psích dolin kontinuálně v povrch náplavových kuželů, které jsou pozdně glaciálního, případně i staršího založení (MENCÍK at al. 1983).

U nejvýraznější několikagenerační akumulace v údolí Bučacího potoka bylo relativní stáří jednotlivých proudů ověřeno pomocí SHT analýzy (obr. 10). Tato metoda verifikovala morfostratigrafickou polohu jednotlivých akumulací a pomohla určit relativní stáří některých proudů s ne příliš jasnou pozicí. Výsledky této analýzy svědčí o 4 generacích vzájemně se překrývajících akumulací, které se vyvinuly na kontaktu hlavního údolí Bučacího potoka s bezejmennou levostrannou zdrojnicí. Hlavní kužel se vyvinul při vyústění levostranné zdrojnice, která má v celé délce charakter gravitační rýhy bez známek působení fluvialních procesů (v současné době není rýha protékána). Kužel zce-

la pohřbil vyústění této rýhy, která visutě ústí do Bučacího potoka. Hodnoty R pro jednotlivé akumulace (I-VI) se pohybují v případě průměru ze všech měření v rozmezí 34,3-50,6, v případě průměru z 5 nejvyšších hodnot v rámci každé akumulace je rozptýl hodnot 45-59,4. Testování rozdílů v průměrných hodnotách R mezi jednotlivými akumulacemi pomocí jednocestné analýzy variance (ANOVA) ukázalo vysoce signifikantní rozdíly na hladině významnosti  $p=0,01$ . V rámci jednotlivých akumulací vykazují nejbližší hodnoty proudy III, IV a V, které vznikly pravděpodobně během jedné události.

## 5 ZÁVĚR

Blokovobahenní proudy v masivu Smrku představují převážně fosilní, vzhledem k současným podmínkám disharmonické formy georeliéfu. Přes příznivé morfometrické parametry je dnešní stav spojený s hustým zalesněním nepříznivý pro vznik katastrofických procesů, které byly významnými modelačními faktory v tomto území ve starších obdobích holocénu a v pleistocénu. Výraznější akcelerace (kromě menších akumulací v objemech řádově  $10^2$  m<sup>3</sup>) rychlých gravitačních procesů nebyly pozorovány ani během extrémních srážek v červenci 1997. Otázkou zůstává doba vzniku některých středně rozsáhlých ( $10^3$ - $10^4$  m<sup>3</sup>) akumulací, které vyplňují často v celé délce gravitační rýhy a strmá horská údolí. Jedna z těchto akumulací byla akcelerována ve strmém svahovém údolí na východním svahu hřbetu Smrku pravděpodobně v důsledku odlesnění kombinovaného s některou z povodňových fází počátkem 20. století. Blokovobahenní proudy měly zásadní vliv při donáše materiálu do toků a při vzniku



**Obr. 10** Relativní datování rozsáhlé akumulace v povodí Bučacího potoka

A – I-VI – jednotlivé generace blokovobahenních akumulací odlišené hodnotami R – čísla v kolečku, B – boxploty hodnot R pro jednotlivé generace proudů, C – statistické vyhodnocení signifikantnosti rozdílu mezi naměřenými daty na jednotlivých testovaných místech



velkých podhorských náplavových kuželů. Sedimentologické rozborý poukazují na kontinuální přechod produktů rychlých svahových procesů v proluvialní a aluvialní sedimenty.

### PODĚKOVÁNÍ

*Príspevek vznikl v rámci řešení grantového projektu Akademie věd ČR KJB 301870501 „Kvartérní geochronologie svahových deformací v kulminační části Západních Beskyd: absolutní a relativní datování forem reliéfu“.*

### LITERATURA

- BUZEK, L., HAVRLANT, M., KRÍŽ, V., LITSCHMANN, T. (1986). *Beskydy-příroda a vztahy k ostravské průmyslové oblasti*. Pedagogická fakulta v Ostravě, Ostrava, 1-349.
- KORUP, O. (2006). Rock-slope failure and the river long profile. *Geology*, 34, 1, 45-48.
- KRUMBEIN, W. C. (1941). *Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles*. *Journal of Sedimentary Petrology* 11, 2, 64-72.
- DUVALL, A., KIRBY, E., BURBANK, D. (2004). Tectonic and lithologic controls on bedrock channel profiles and processes in coastal Kalifornia. *Journal of geophysical reseach*, 109, F03002.
- MELTON, M. A. (1965). The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. *Journal of Geology*, 73, 1-38.
- MENČÍK, J. et al. (1983). *Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny*. Academia, Praha, 1-307.
- MENTLÍK, P. (2005). The preliminary results of research of accumulation glacial forms in the surroundings of Laka lake. In: *Miscellanea Geographica*, 11. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 29-44.
- PELIŠEK, J. (1953). K otázce zalednění Moravskoslezských Beskyd. *Sborník Československé společnosti zeměpisné*, 57, 60-65.
- SCALLY, F. A., OWENS, I. F. (2004). Morphometric controls and geomorphic responses on fans in the Southern Alps, New Zealand. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29, 3, 311-322.
- SCALLY, F. A., OWENS, I. F. (2005). Depositional processes and particle characteristics on fans in the Southern Alps. New Zealand, *Geomorphology*, 69, 1-4, 46-56.
- STOCK, J., DIETRICH, W. E. (2003). *Valley incision by debris flows: Evidence of a topographic signature*. *Water Resources Research*, 39, 4, 1089.
- ŠILHÁN, K., PÁNEK, T. (2006). Mury v kulminační části Moravskoslezských Beskyd: předběžné výsledky geomorfologických a sedimentologických analýz. In Smolová, I. (ed) *Geomorfologické výzkumy v roce 2006*, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, 264-269.