

HISTORICKÁ CHRONOLOGIE BLOKOVABAHEŇNÍCH PROUDŮ V MORAVSKOSLEZSKÝCH BESKYDECH

KAREL ŠILHÁN, TOMÁŠ PÁNEK*

Karel Šilhán, Tomáš Pánek: Historical chronology of debris flows in the Moravskoslezské Beskydy Mts. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 8, 2008, 1, 14 figs., 1 tab., 13 refs.

Absolute debris flows chronology in the Moravskoslezské Beskydy Mts. was not still built. But debris flows accumulation occurs frequently here and permanently emerge new in present. Methods of dendrochronology were used for dating young small accumulations. Reactivizations "firehose effect" were dated on surface of middle large accumulations in gullies on eastern slope of the Smrk Mt., northern slope of the Ostrý Mt. and western slope of the Travný Mt. Specimen of *Picea abies*, *Fagus sylvatica* and *Alnus glutinosa* species were dated. Standard row of annual growths for elimination of climatic influences were built from 30 undisturbed trees by debris flow. Debris flow chronology for last 70 years was determined on the base of this research. 10 years with activity of debris flows were ordained. Intensive development of debris flow fan in last 20 years was proved. There is debris flows activity very frequent on some localities, but individual events are not too big. Whereas there is not very frequent debris flow activity on some localities, but individual events are bigger. Significant dependence exist among debris flows genesis and occurrence of extreme precipitation.

Key words: the Moravskoslezské Beskydy Mts.; debris flow; dendrochronology; precipitation

ÚVOD

Blokovobahenní proudy představují poměrně hojně rozšířený typ svahové deformace v Moravskoslezských Beskydech (ŠILHÁN a PÁNEK V TISKU, 2008). Až donedávna však nebyla těmto svahovým procesům věnována v tomto území větší pozornost, přestože vznikají i dnes. Akumulace proudů mají různou velikost, přičemž objem největších byl odhadnut až na 1.10^6 m^3 . Chronologie blokobahenních proudů zde dosud nebyla stanovena, a tak zatím není známo stáří těchto forem. Je však jasné, že v dnešní době již takto velké proudy nevznikají, a jsou zaznamenány pouze deformace o objemu do 1.10^3 m^3 . Proudů největších rozměrů však zasahují a tvoří části velkých náplavových kuželů v předpolí Moravskoslezských Beskyd (ŽEBERA 1955), u nichž se předpokládá jejich pleistocenní stáří (MENCÍK et al. 1983). Absolutní datování těchto rozsáhlých akumulací je velmi obtížné. V úvahu připadá metoda opticky stimulované luminiscence (OSL) (CHEN et al. 2008), nebo konvenčního radiokarbonového datování ^{14}C (DEGRAFF 1994). Vzhledem k absenci vhodných jemnozrnných proložek, nebo organických zbytků v materiálu akumulací se však aplikace těchto metod ukázala jako nerelevantní. Prozatím tedy byla stanovena alespoň historická chronologie, dnes vznikajících proudů, pomocí dendrogeomorfologických metod.

ÚZEMÍ

Moravskoslezské Beskydy dosud nejsou příliš známy výskytem blokobahenních proudů, přestože zde existují dobré podmínky pro jejich vznik. Zejména morfometrické parametry kulminačních partií jsou srovnatelné s podmínkami, které se vyskytují v pohorích s četným dokumentovaným vznikem těchto svahových deformací.

V rámci Moravskoslezských Beskyd bylo dendrochronologických metod možné použít na jedenácti lokalitách (obr. 1). Na většině lokalit datování ukázalo pouze jednu událost blokobahenního proudů. Avšak na třech lokalitách bylo možné provést komplexní datování a stanovení většího počtu událostí. Jedná se o lokality situované na severním svahu vrchu Ostrý (1 044 m), západním svahu masivu Travný (1 203 m) a východním svahu masivu Smrk (1 276 m).

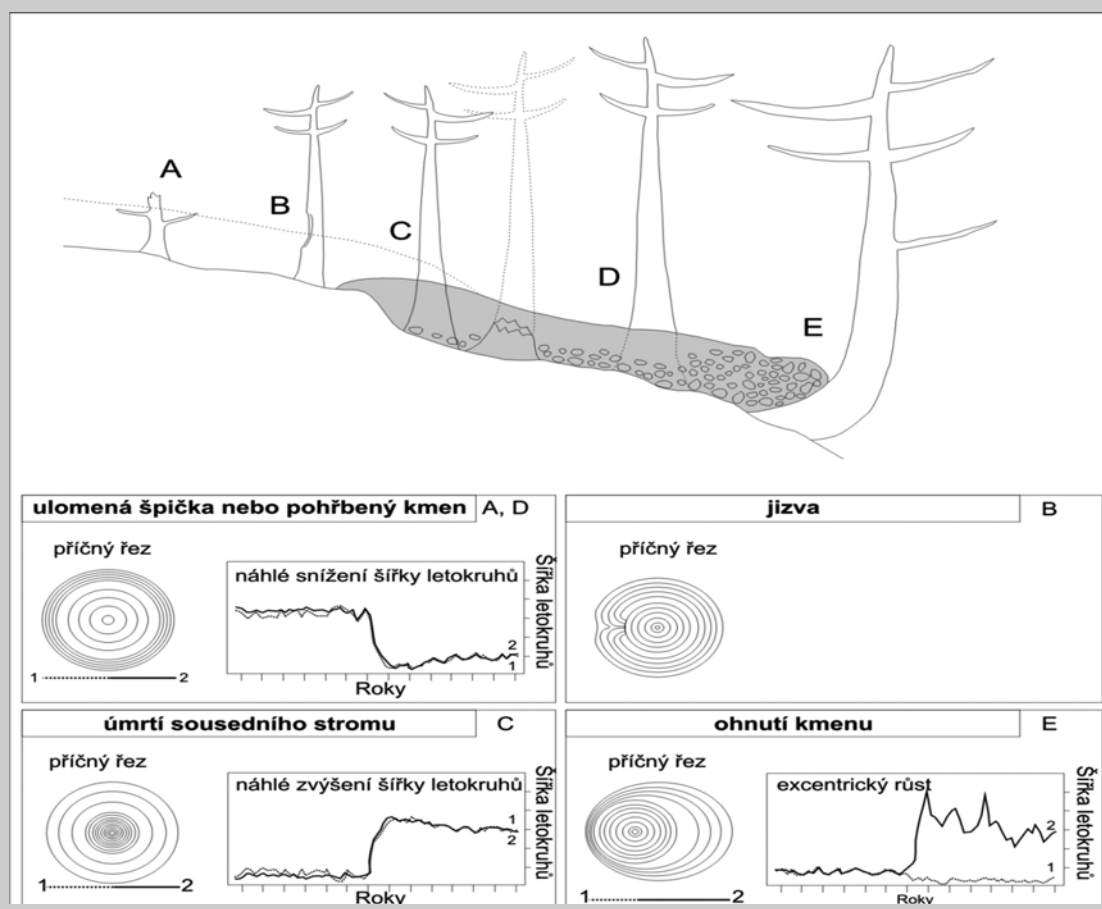
METODY

Pro stanovení historické aktivity byly použity metody dendrochronologie. Základním principem dendrochronologie je předpoklad, že rychlost přírůstu dřevin (šířka letokruhů) je dána faktory okolního prostředí (COOK a KAIRIUKSTIS 1990). Mezi základní projevy působení geomorfologických procesů na

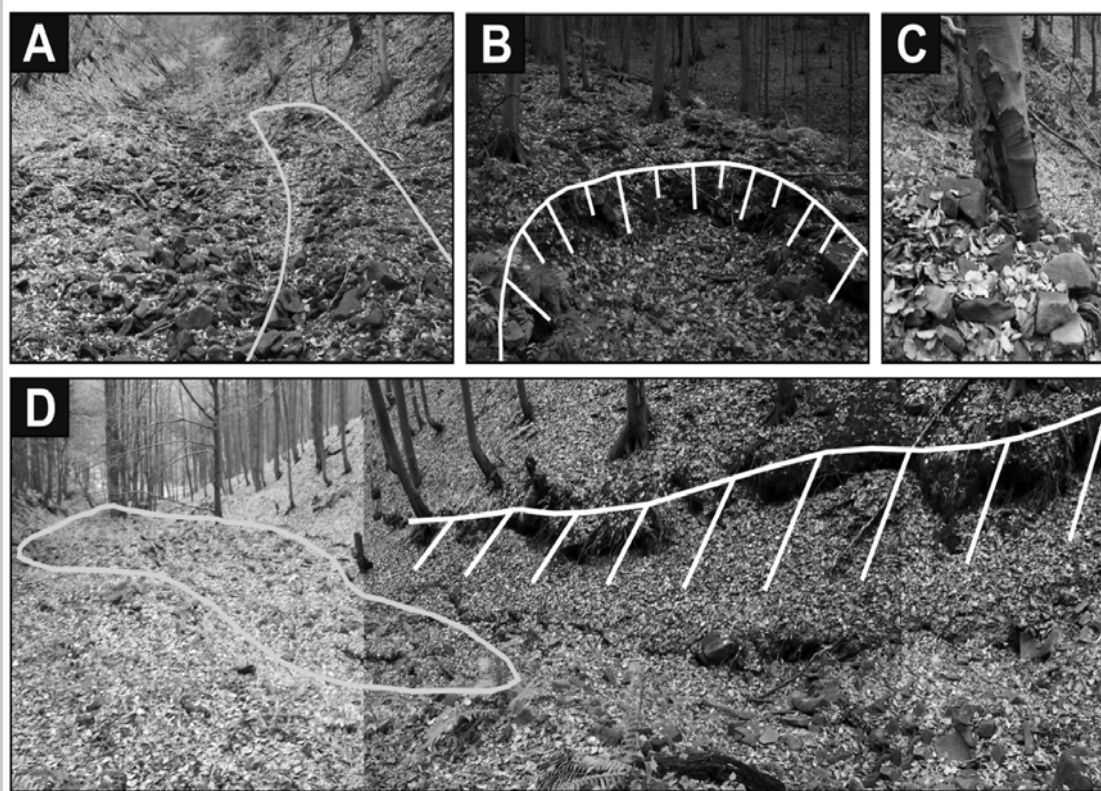
* Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, Chittussiho 10, Ostrava – Slezská Ostrava 710 00, e-mail: karel.silhan@osu.cz, tomas.panek@osu.cz



Obr. 1 Lokality aplikace dendrochronologických metod



Obr. 2 Růstové reakce dřevin postižených blokovobahenním proudem
(upraveno podle Bollschweiler et al. 2007)



Obr. 3 A – boční val blokovobahenního proudu z roku 1977, B – 1 m vysoká odlučná zóna reaktivizace staré akumulace z roku 1977, C – zasypaná část kmene buku lesního (*Fagus sylvatica*) z roku 1996, D – transportní a akumulační zóna blokovobahenního proudu z roku 1996

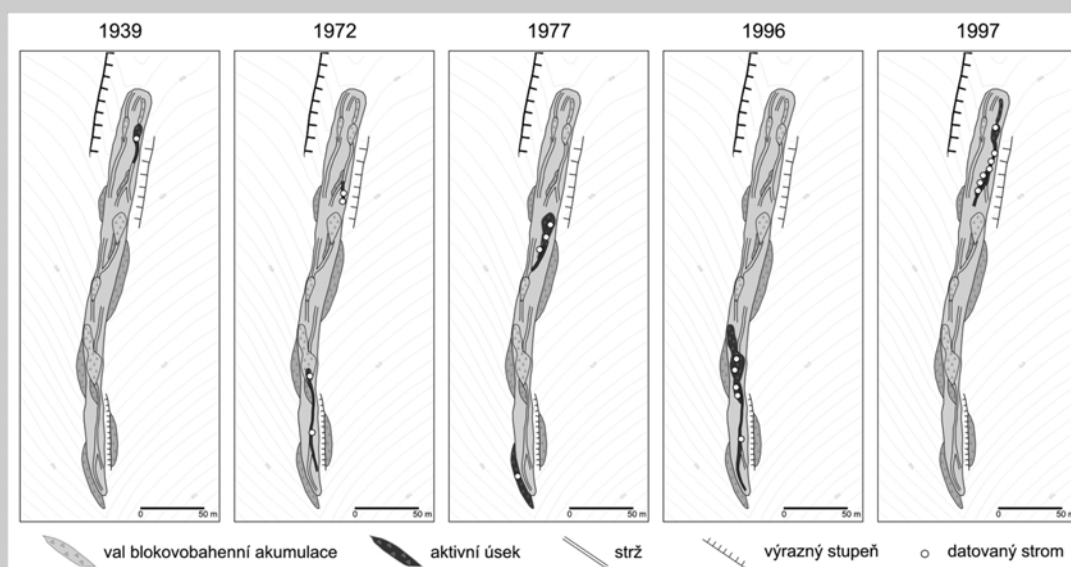
dřeviny patří jizvy na kmenech a kořenech (BODOQUE et al. 2005) (**obr. 2B**), tvorba výmladků na subhorizontálně uložených kmenech, přírůstové anomálie na stranách dřeviny různě orientovaných ke směru působení procesu (BOLLSCHWEILER et al. 2007, STOFFEL et al. 2008) (**obr. 2E**), vznik reakčního dřeva (např. “adventitious roots”) (STRUNK 1997), nebo přírůstové anomálie způsobené eliminací okolních stromů (**obr. 2C**), či pohřbením části kmene (**obr. 2D**).

Rok aktivity svahové deformace byl identifikován podle **obr. 2**. Výhody těchto metod jsou rychlost provedení analýzy (včetně laboratorního zpracování několik dní) a vysoká přesnost, která však může být snížena u reakčního dřeva max. o 3 roky (STRUNK 1997).

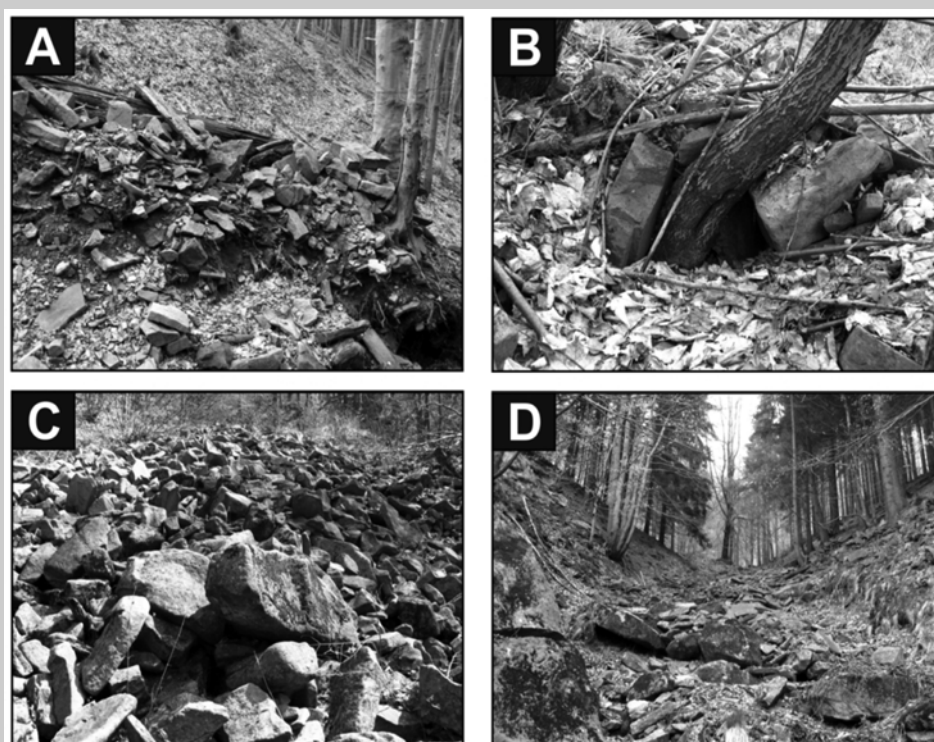
V terénu byly odebírány vzorky pro datování na lokalitách, na kterých vykazovaly dřeviny stopy po aktivitě blokovobahenního proudu (jizvy na kmenech, obnažené a poškozené kořeny stromů, částečně zasypané kmene). Odběr byl proveden dvojím způsobem. U poškozených a zajizvených kořenů byl ruční pilou proveden řez napříč zajizvenou částí a odebrán asi 2 cm mocný disk. U poškoze-

ných stromů bylo odebráno vrtné jádro pomocí Presslerova nebozezu v místě poškození a druhé z opačné strany kmene (BOLLSCHWEILER et al. 2007). U zasypaných kmenů byla odebrána vrtná jádra z obou stran kmene ve standardní výšce 1,3 m nad zemským povrchem (BOLLSCHWEILER et al. 2007). Všechny vzorky byly odebrány z druhů smrk ztepilý (*Picea abies*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a olše lepkavá (*Alnus glutinosa*). Všechny použité druhy jsou vedeny v databázi ITRDB (International Tree-Ring Data Bank). Druhy *P. abies* a *F. sylvatica* mají v této databázi přiřazený CDI (Cross Dating Index) hodnoty 2. Jsou to tedy druhy hojně používané v dendrochronologii a mají zásadní význam v „cross dating“ datování. Druh *A. glutinosa* má hodnotu CDI 1 a má menší význam, avšak je používán. Druh *P. abies* je navíc velmi kladně hodnocen pro dendrogeomorfologickou analýzu z důvodu vytváření velmi malého počtu falešných nebo chybějících letokruhů, snadného zpracování vzorků a odečítání letokruhů (BOLLSCHWEILER et al. 2007).

Všechny vzorky byly následně několik dní sušeny. Vrtná jádra byla poté zafixována do



Obr. 4 Prostorově časová rekonstrukce aktivity blokovobahenních proudů v údolí na severním svahu vrchu Ostrý (1 044 m)



Obr. 5 A – boční val ve střední části údolí, B – zasypané kmeny na kuželu, C – hyperkoncentrovaný proud na kuželu, D – čelo korytové akumulace

dřevěných drážek, zbrušena a vyhlazena pro lepší čitelnost letokruhů. Řezy napříč kořeny byly rovněž zbrušeny a vyhlazeny. Vlastní měření šířek letokruhů bylo provedeno na mě-

řícím stole *VIAS Time Table* propojeného s PC a pomocí mikroskopu SZP 11 – T – ZOOM. Vyhodnocení bylo provedeno v prostředí software PAST 4.2.

VÝSLEDKY

**DENDROCHRONOLOGIE SEVERNÍHO SVAHU
VRCHU OSTRÝ**

Lokalita se nachází v úzce zařízlém údolí se severní orientací přímo pod vrchem Ostrý (**obr. 1**). Hlavní akumulace vyplňuje údolní dno v délce asi 300 m a šířce až 30 m. Zdrojová zóna tohoto materiálu leží ve výšce asi 950 m n. m. Tuto vlastní akumulaci však nebylo možné datovat dendrochronologicky. Datovány byly pouze reaktivizace jejího materiálu jako “firehose effect”¹ (LARSEN et al. 2006) (**obr. 3D**). Tímto procesem zde bylo vytvořeno 8 bočních valů, přičemž některé z nich jsou nahnuty až do svahů (**obr. 3A**). Většina z nich již nemá patrnou zdrojovou ani transportní zónu. Akumulací se zachovalou transportní a někdy i zdrojovou zónou je zde celkem 5. Některé však vznikaly opakovaným nakládáním materiálu při jednotlivých událostech. Ve většině akumulacích zón došlo k zasypání částí kmenů stromů (**obr. 3C**). Datovány byly výhradně jedinci druhu *F. sylvatica*.

Pro odfiltrování vlivu klimatu na deformaci letokruhů bylo odebráno 30 vzorků ze stromů z této lokality nepostižených blokodobahenním proudem (BOLLSCHWEILER et al. 2007) a zprůměrovány šířky jejich letokruhů.

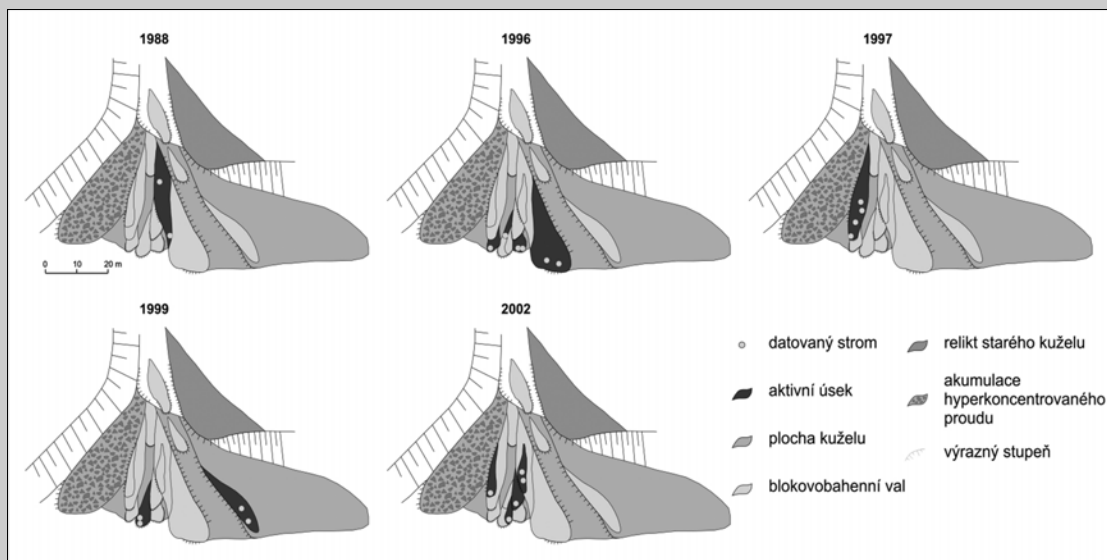
Tato křivka byla následně vizuálně porovnána s křivkami ze vzorků datovaných stromů.

Datování na této lokalitě prokázalo celkem 5 roků (1939, 1972, 1977, 1996 a 1997), kdy došlo k události alespoň jednoho blokodobahenního proudu (**obr. 4**).

Nejstarší datovaná událost nejen zde, ale i v celém zájmovém území je z roku 1939. Došlo k ní ve frontální části hlavní akumulace. Nebylo možné zrekonstruovat průběh celého proudu, ale předpokládá se jeho pouze krátký dosah (do 40 m).

V roce 1972 došlo ke dvěma událostem. První se udála jen o pár metrů výše nad proudem z roku 1939. Má krátkou, ale výraznou transportní zónu (do 20 m) a odlučnou hranu vysokou téměř 2 m, která je však pravděpodobně zvýrazněna zpětnou erozí. Její akumulací část byla pravděpodobně rozplavena nebo odnesena při aktivitě novějšího proudu. Výše ležící akumulace proudu z tohoto roku má transportní zónu dlouhou téměř 80 m. Zdrojová zóna je nevýrazná a akumulací je překryta novější akumulací.

V roce 1977 došlo rovněž ke dvěma událostem. K jedné došlo ve střední části hlavní akumulace a má zachované všechny 3 zóny, které jsou morfologicky velmi výrazné, včetně bočního valu. Zdrojová zóna je až 1 m vysoká (**obr. 3B**) a transportní zóna je téměř 40 m dlouhá. Akumulace tvoří výrazný kužel. Dru-



Obr. 6 Prostorově časová rekonstrukce aktivity blokodobahenních proudů na kuželu na západním svahu masivu Travný (1 203 m)

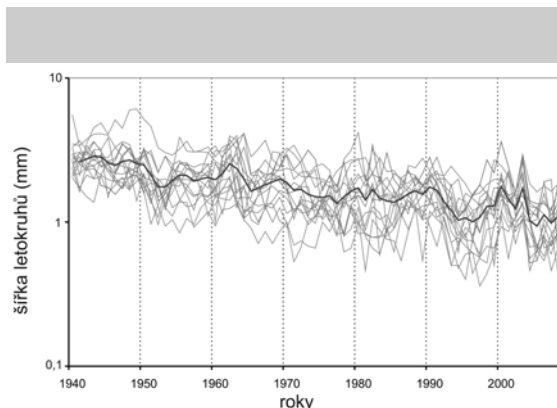
¹“Firehose effect“ je proces kdy pokryvy zvětraliny ve dnech údolí nebo v koluviálních částech svahů mohou být přetransformovány do blokodobahenního proudu vlivem povrchově tekoucí vody. Menší tok zprvu nenasycený sedimenty může během vyšších vodních stavů velmi intenzivně erodovat přilehlé vrstvy zvětraliny a zvyšovat tak jejich koncentraci v proudu vody až dosáhne hodnoty kdy je již možný proud označit za blokodobahenní.

há událost se dnes morfologicky projevuje pouze v podobě téměř 50 m dlouhého bočního valu v nejvyšší poloze hlavní akumulace (**obr. 3A**). Nemá zachovalou transportní ani zdrojovou zónu.

K největší události blokodobahenního proudu došlo v roce **1996**. Tento proud nemá zachovanou zdrojovou oblast. Transportní zóna je však přes 80 m dlouhá s vyvinutým bočním valem v její spodní části a proud využil dráhu proudu z roku 1972 a úplně překryl jeho akumulaci. Akumulace je téměř 40 m dlouhá a místy až 15 m široká (**obr. 3D**).

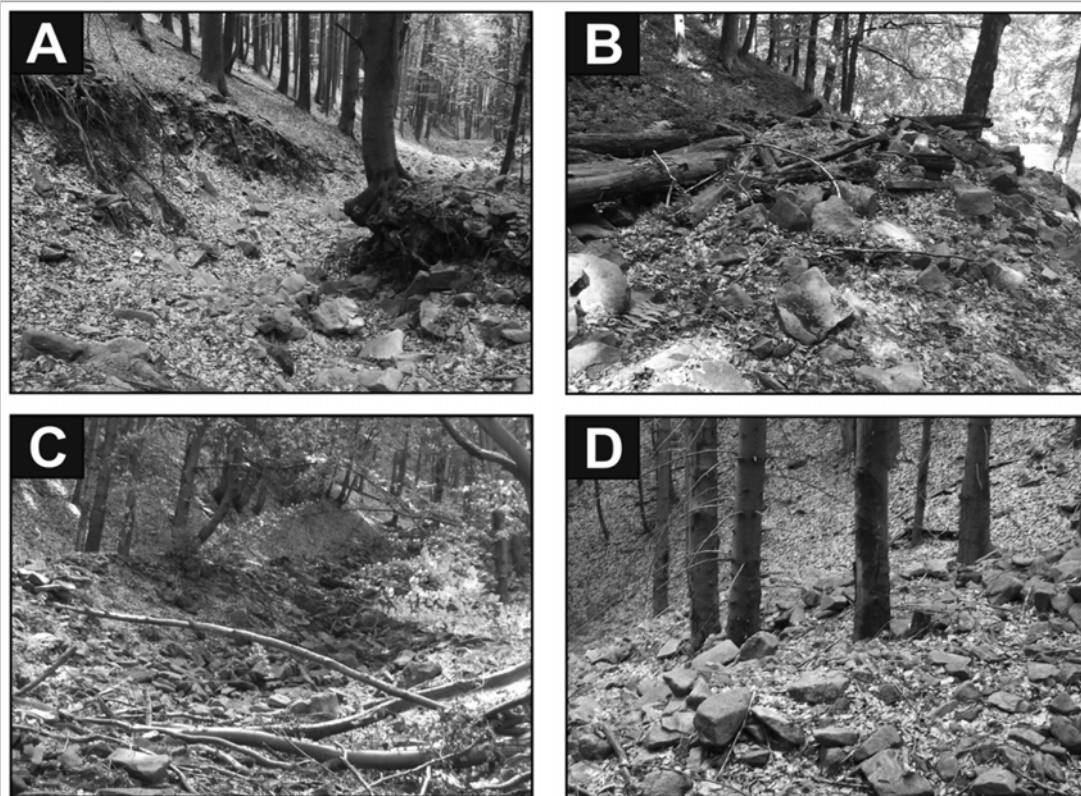
Nejmladší datovaný proud je z roku **1997**. Zaktivoval se ve spodní části hlavní akumulace a pravděpodobně odnesl materiál uložený v roce 1972 a z části překryl akumulaci z roku 1939. Má výraznou zdrojovou zónu a téměř 50 m dlouhou transportní zónu s vyvinutým bočním valem.

Dendrochronologická analýza prokázala na této lokalitě celkem 7 blokodobahenních proudů za posledních 70 let. Všechny pravděpo-

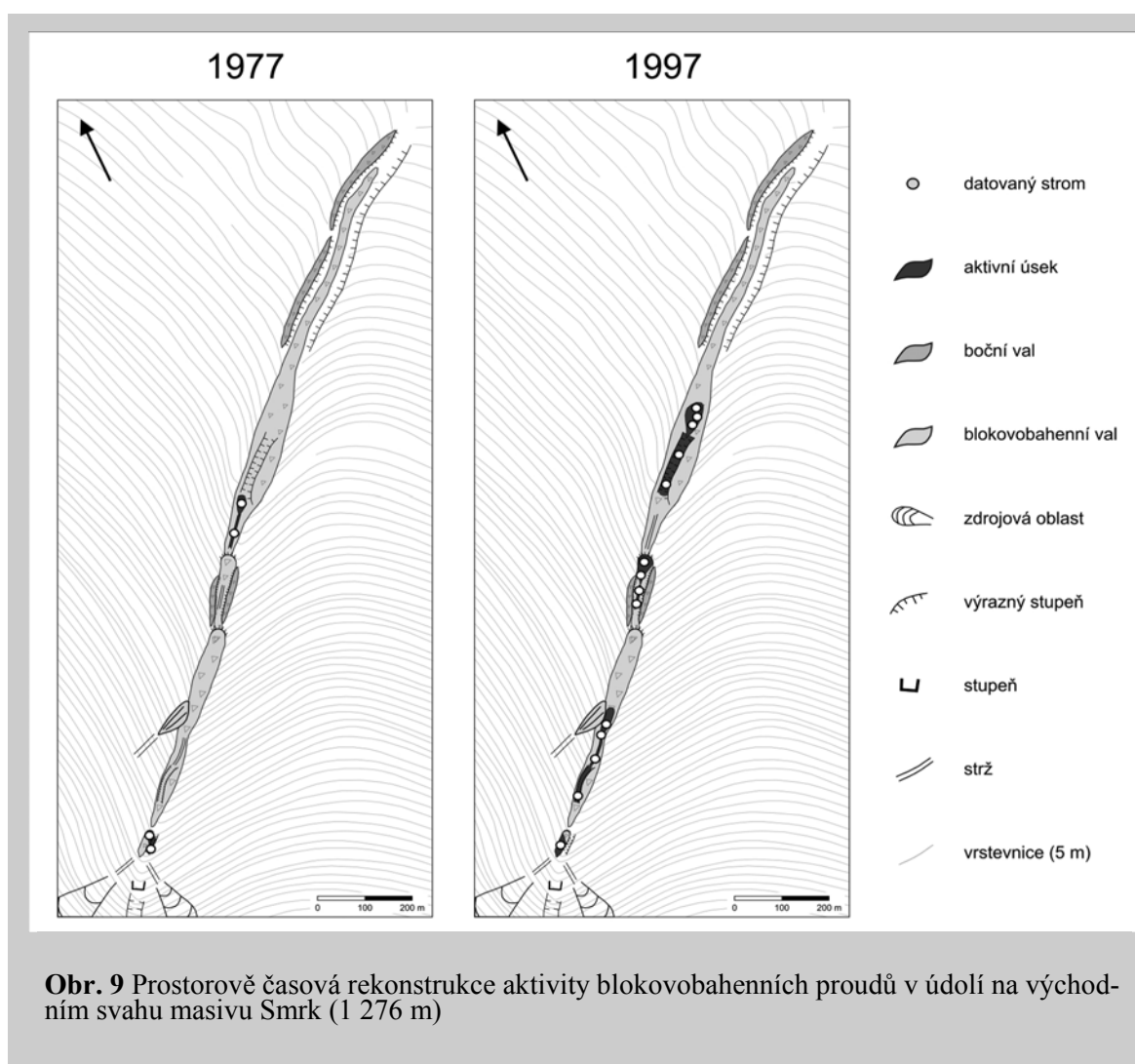


Obr. 7 Standardizovaná přírůstová křivka (černě) druhu *Picea abies* pro lokalitu na východním svahu masivu Smrk

dobně vznikly v procesu “firehose effect“ jako reaktivizace původní rozsáhlé akumulace. Prostorová rekonstrukce pak ukazuje na 2 transportní zóny, které byly aktivní vícekrát v různých letech. Ostatní reaktivizace vznikaly



Obr. 8 A – stržová transportní zóna s poškozeným kořenovým systémem přilehlé vegetace, B – val proudu z roku 1997 s velkým zastoupením mrtvých kmenů, C – transportní zóna proudu z roku 1997 s bočním valem, D – pohrbené části kmenů stromů (1997)



nepravidelně v různých částech hlavní akumulace.

DENDROCHRONOLOGIE ZÁPADNÍHO ÚDOLÍ MASIVU TRAVNÝ

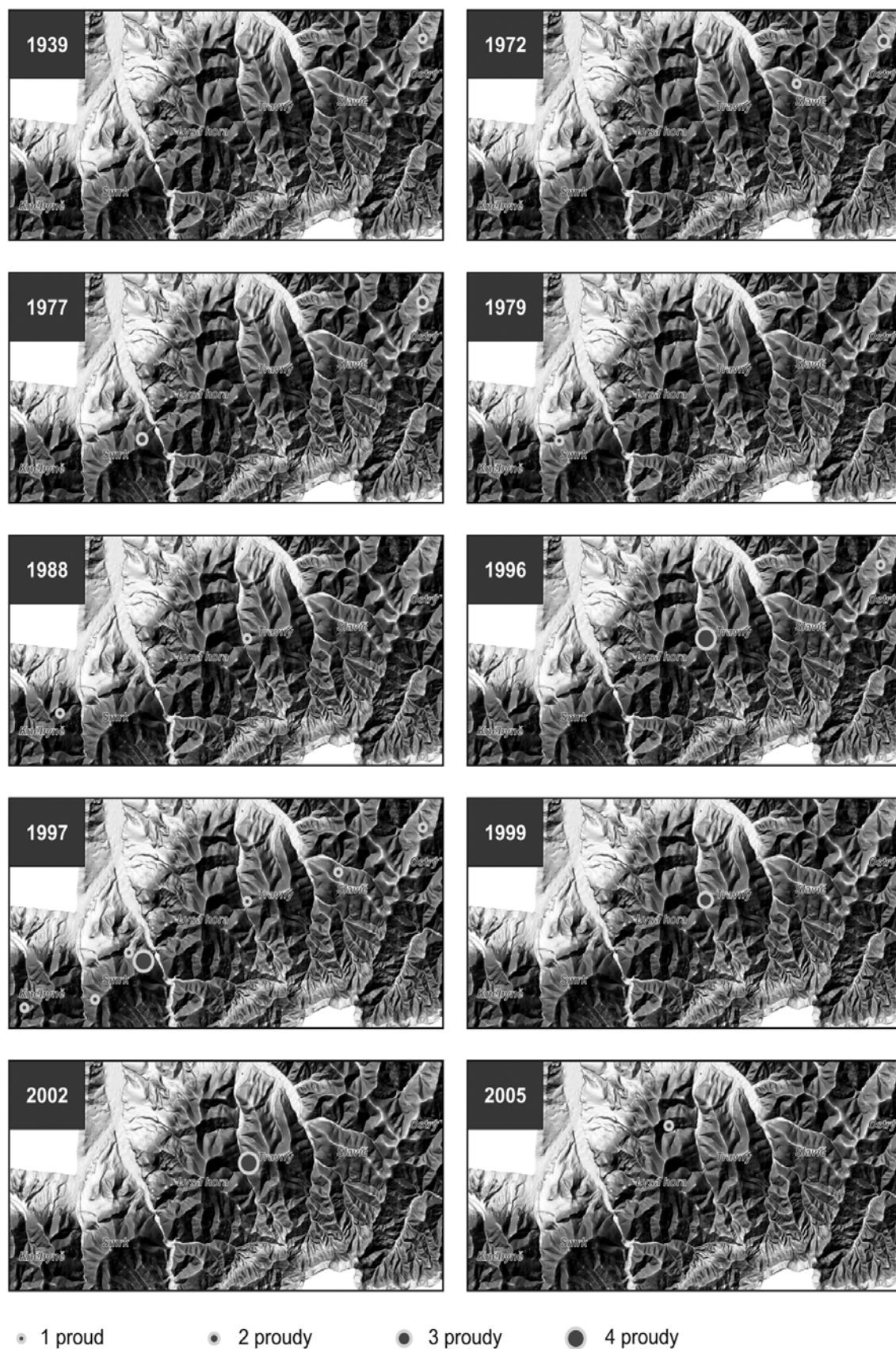
Druhá komplexně datovaná lokalita se nachází na západním svahu masivu Travný. Jedná se o menší, úzce zařízlé údolí ve středních godulských vrstvách. Zdrojová zóna proudů se nachází ve výšce asi 750 m n. m. a je tvořena pěti výraznými, aktivními stržemi. Ve střední části údolí leží několik čerstvých bočních valů až 5 vysoko nad údolním dnem, natlačených na kmeny stromů (**obr. 5A**). Níže je údolní dno vyplněno protáhlými akumulacemi s četnými stupni a čely (**obr. 5D**), což napovídá pohybu proudů v podobě periodických vln (LI et al. 1983) a většímu počtu proudů.

Ve spodní části při ústí údolí se nachází erozní zbytek původně rozsáhlejšího kuželu, dnes vysoký až 10 m. V oderodované části tohoto kuželu je vytvořen kužel nový, asymet-

rický, široký až 80 m. Povrch kuželu má velmi členitou morfologii, tvořenou velkým množstvím podélných valů jako výsledků po opakující se aktivitě blokovobahenních proudů, budujících tělo kuželu. O čerstvosti jednotlivých valů svědčí částečné zakrytí kmenů stromů na kuželu (**obr. 5B**). V severní části je na kuželu dobře patrný pravděpodobně hyperkoncentrovaný proud na zcela odlesněném úseku (**obr. 5C**). Materiál je tvořen čistě klasty o velikosti nad 25 cm s kusy dřev.

Jediným datovaným druhem na povrchu kuželu byla olše lepkavá (*Alnus glutinosa*). Vzhledem k hustému pokrytí kuželu těmito stromy bylo možné odebrat několik vzorků pro každý individuální val. I zde bylo odebráno 30 vzorků ze stromů neovlivněných blokovobahenní aktivitou pro sestavení křivky eliminující klimatické vlivy.

Datování na této lokalitě ukázalo 5 roků s aktivitou blokovobahenních proudů jak na samotném kuželu, tak ve střední části povodí (1988, 1996, 1997, 1999 a 2002). Prostorově časovou rekonstrukci aktivity blokovobahen-



Obr. 10 Prostorově časová rekonstrukce historické aktivity blokovobahenních proudů v zájmovém území

ních proudů na kuželu ukazuje **obr. 6**. U žádného proudu není patrna výrazná zdrojová zóna. Proudů tak mohly vzniknout podobně jako na lokalitě pod Ostrým jako “firehose effect” z uloženého materiálu ve spodní části povodí a být dopraveny až na kužel.

Nejstarší událost zaznamenaná na stromech kuželu je z roku **1988**. Pozůstatky po ní mají dnes podobu asi 30 m dlouhého, výrazného valu ve střední části kuželu.

K dalším událostem došlo v roce **1996**. Byl při ní vytvořen téměř 40 m dlouhý val ve střední části kuželu, obtékající val z roku **1988**. Na čele kuželu došlo k jeho lalokovitěmu rozliti do stran. Na čele kuželu se vyskytují ještě další 3 akumulční valy z tohoto roku s rozměry do 10 m. Tyto valy jsou však již částečně překryty mladšími proudy.

V roce **1997** vznikl na kuželu asi 30 m dlouhý val, který zčásti překrývá akumulaci hyperkoncentrovaného proudu. Ve své spodní části pak překrývá proud z roku 1996.

V roce **1999** vznikl asi 30 m dlouhý val v jižní části kuželu. V této části je to jediná výraznější stopa po čerstvější aktivitě blokobahenních proudů. Je situovaný na okraji hlavní strže prořezávající kužel a může se tak jednat o boční val proudu, jehož hlavní akumulace se dostala až do vodního toku a byla odnesena. Druhým projevem na kuželu z tohoto roku je asi 20 m dlouhý val ve frontální části kuželu, který překrývá proudy z roku 1996. V roce 1999 vznikly i boční valy (**obr. 5A**) a korytová akumulace ve střední a spodní části údolí (**obr. 5D**).

Nejmladší zaznamenané události jsou z roku **2002**. Z tohoto roku je val, částečně překrývající akumulaci z roku 1997 a okraj hyperkoncentrovaného proudu. Další událost je zachycena ve střední části kuželu. Morfologicky má charakter tří proudů v celkové délce přes 30 m, překrývajících akumulaci z roku 1988, 1996 a 1999. Není však vyloučeno, že se jedná pouze o jeden proud, který překryl akumulaci starší a přijal jejich povrchovou morfologii. Mohlo k tomu dojít z důvodu malé mocnosti sedimentů nového proudu, které jen přetekly po starších formách.

Prostorově časová analýza zde ukázala velmi dynamický vývoj kuželu za posledních 20 let, kdy se jeho morfologie vyvíjela pod vlivem střídající se intenzivní aktivity blokobahenních proudů.

DENDROCHRONOLOGIE VÝCHODNÍHO ÚDOLÍ MASIVU SMRK

Třetí komplexně datovaná lokalita leží v jednom údolí na východním svahu masivu

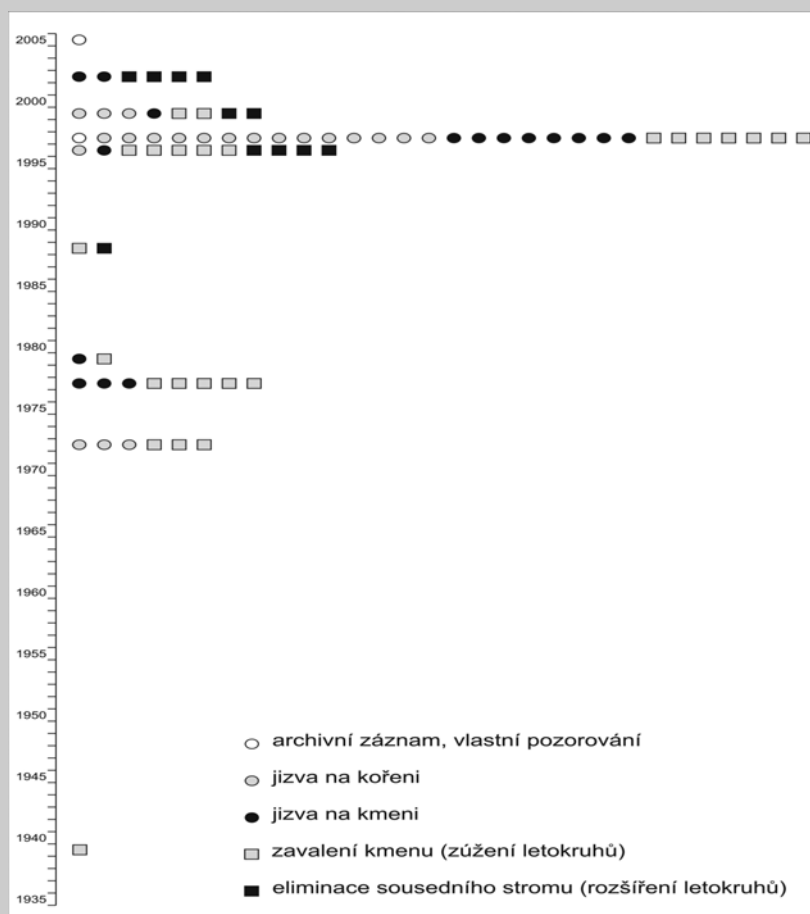
Smrk (**obr. 1**). Jedná se o údolí úzce zařízlé ve středním oddílu godulských vrstev. Situace je zde velice podobná té na severním svahu vrcholu Ostrý. Údolní dno je zde rovněž vyplněno korytovou akumulací, avšak v délce téměř 1 km. Zdrojová zóna je ve výšce asi 850 m n. m. Tato hlavní akumulace má v nejširším místě až 30 m. Povrch tohoto materiálu je silně rozbrázděný i několik metrů hlubokými stržemi (**obr. 8A**), které slouží jako transportní zóny reaktivizací drobných proudů (firehose effect).

Jediným datovaným druhem zde byl smrk ztepilý (*Picea abies*). I zde bylo odebráno 30 vzorků ze stromů neovlivněných aktivitou blokobahenních proudů a vytvořena standardizovaná řada šířek letokruhů pro odfiltrování vlivu klimatu na deformaci letokruhů u vzorků použitých pro datování (**obr. 7**).

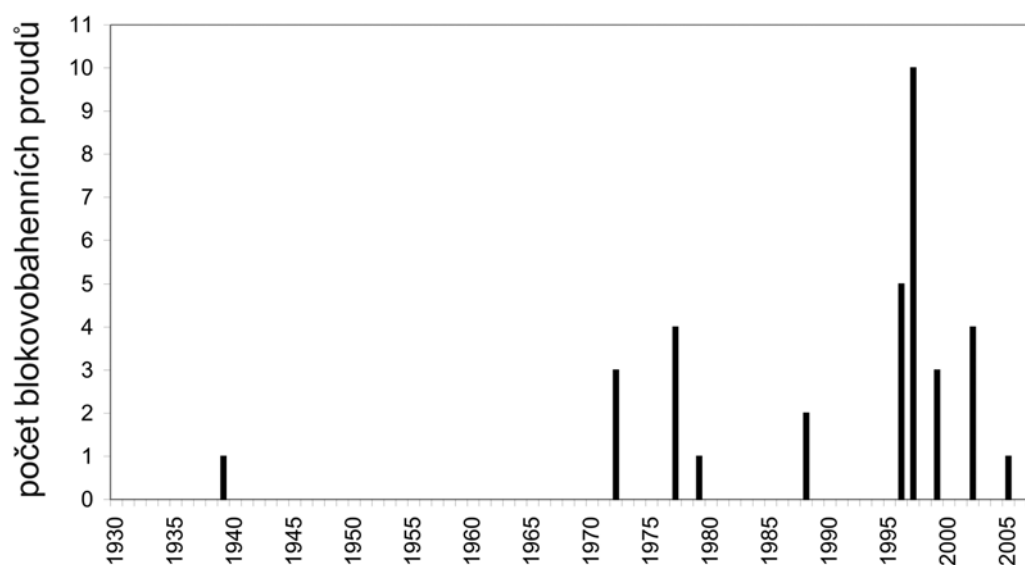
Datováním na této lokalitě byly prokazatelně určeny dva roky, v nichž došlo alespoň k jedné události blokobahenního proudu (**obr. 9**).

Starší z událostí spadá do roku **1977**. V tomto roce zde vznikly dva proudy. Nižší je situován ve střední části svahu. Stopy po něm jsou pouze v podobě téměř 80 m dlouhé strže. Akumulační část se nezachovala a stala se pravděpodobně zdrojem materiálu pro novější proud. Druhý proud v tomto roce vznikl v nejvyšší části hlavní akumulace. Má délku asi 40 m a pravděpodobně nevznikl jako “firehose effect”, protože jsou dobře patrné zbytky jeho zdrojové zóny na přilehlém svahu.

K největší aktivitě došlo v roce **1997**. V tomto roce zde vznikly celkem 4 proudy. Nejvyšší je situovaný v místě vyššího proudu z roku 1977, který jím byl částečně překryt. I tento proud má svoji zdrojovou zónu zachovanou na svahu. Tentokrát na opačné straně. Materiál tohoto proudu obsahuje velké množství mrtvých kmenů (**obr. 8B**), které mají svůj původ právě na svazích. Proto je i jeho vznik jako “firehose effect” vyloučen. U ostatních proudů je však jejich původ jako “firehose effect” téměř jistý. Nižší vzniklý proud je téměř 150 m dlouhý a vytvořil v jeho vrchní části velmi výraznou strž (**obr. 8A**). Akumulační zóna je však minimální. Další proud vznikl v místě mezi dvěma starými bočními valy na svazích (**obr. 8C**). Je dlouhý asi 80 m a v akumulční části vytvořil výrazný lalok. Nejníže vznikl největší proud v tomto roce. Je téměř 200 m dlouhý a transportní zóna je reprezentována velmi výraznou strží, hlubokou místy až 4 m. Akumulace pak zčásti pohřbila několik stromů, z nichž některé pohřbení nepřežily, což svědčí o minimálně 1,8 m mocné vrstvě akumulace (STRUNK 1997).



Obr. 11 Datované projevy aktivity blokovobahenních proudů ze všech vzorků odebraných v zájmovém území



Obr. 12 Četnost výskytu datovaných blokovobahenních proudů v jednotlivých letech

Tato lokalita tedy nevykazuje tak četnou aktivitu blokovobahenních proudů jako předešlé dvě, ale jejich sporadický výskyt dosahuje větších rozměrů i objemů.

DENDROCHRONOLOGIE BLOKOVABAHENNÍCH PROUDŮ V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ

Komplexní výsledky dendrochronologického datování ukazuje **obr. 10**. Celkem bylo ze všech lokalit odebráno 73 vzorků pro datování blokovobahenních proudů. Z toho 21 ze zazjištěných kořenů a 52 z kmenů stromů. Komplexní shrnutí datovaných projevů na dřevinnách v zájmovém území ukazuje **obr. 11**. Z něho vyplývá, že nejvíce se existence blokovobahenních proudů projevuje na přírůstové deformaci letokruhů (36 vzorků), méně pak na poškození kořenů (21) nebo přímo kmenů (16).

Tímto způsobem za přispění 2 údajů z historických záznamů bylo datováno celkem 33 proudů vzniklých od roku 1939 (**obr. 12**), ze kterého pochází nejstarší datovaný proud. Zvýšená aktivita blokovobahenních proudů nastala v 70. letech, kdy od roku 1972 do roku 1979 vzniklo 8 proudů. Nejintenzivnější aktivita pak nastala v 2. polovině 90. let, kdy od roku 1996 do roku 1999 vzniklo 18 nových proudů. Zvýšený výskyt je ještě datován od roku 2002 do 2005 (celkem 5 událostí). K ojedinělému výskytu pak došlo ještě v roce 1988.

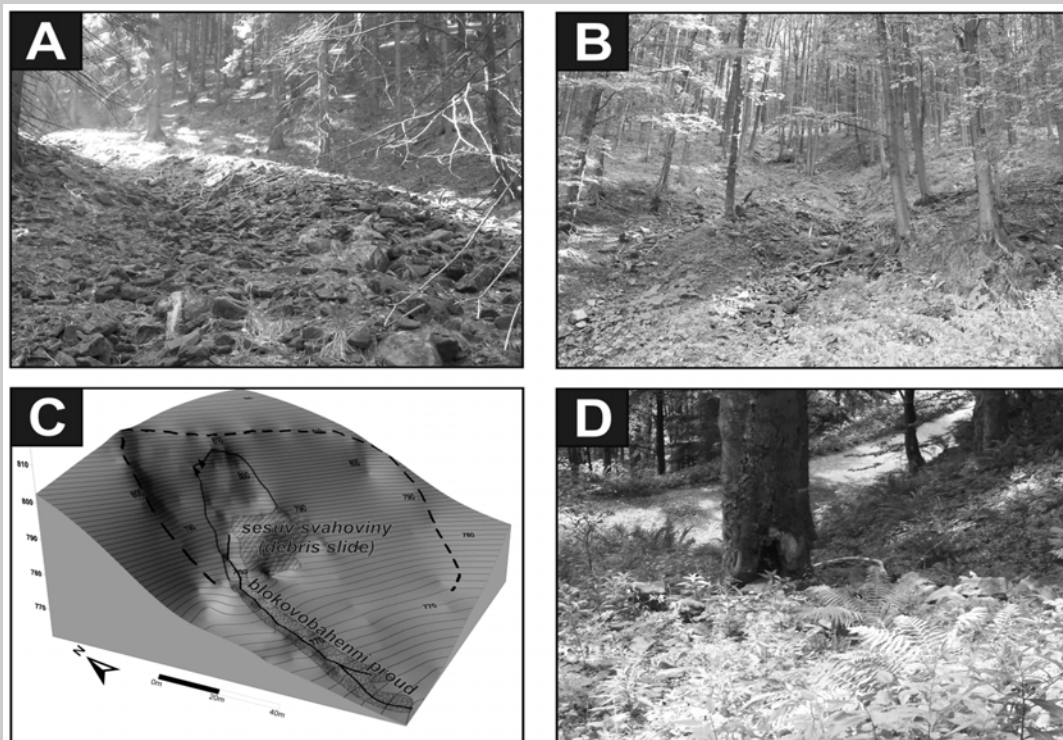
Celkem tedy bylo určeno 10 roků, ve kterých se v zájmovém území vyskytl alespoň jeden blokovobahenní proud. V roce 1939 je datován proud v údolí na severním svahu Ostrého. Z této lokality pocházejí i dva proudy z roku 1972. Jeden proud v tento rok vznikl i v jednom údolí na severním svahu masivu Slavíč (1 054 m). Pozůstatkem po něm je pouze asi 50 m dlouhý boční val. V roce 1977 vznikly celkem 4 proudy. Dva v údolí na severním svahu Ostrého a dva v údolí na východním svahu Smrku. V roce 1979 vznikl pouze jeden proud. Je lokalizován v údolí le-

vostranného přítoku Matulákova potoku na severním svahu Smrku. Proud zde hluboce proříznul starý blokovobahenní kužel až 4 m hlubokou strží a u jejího vyústění zanechal téměř 20 m dlouhý akumulací lalok (**obr. 13A**). Celková délka proudu od předpokládané zdrojové zóny je téměř 150 m. V roce 1988 byly zaznamenány 2 proudy. Jeden na kuželu na západním svahu Travného a druhý v údolí na východním svahu horské skupiny Kněhyně (1 256 m). Tento proud je asi 50 m dlouhý a má zachovanou pouze transportní zónu v podobě asi 2 m hluboké strže na svahu hlavního údolí. Akumulace proudu byla pravděpodobně rozplavena tokem a nezachovala se. Z roku 1996 jsou dochovány známky o pěti proudech. Jeden z údolí na severním svahu Ostrého a čtyři z kuželu na západním svahu Travného. Rok 1997 byl co do počtu nově vzniklých proudů nejhojnější.

Vzniklo jich celkem 10 na sedmi různých lokalitách. Jeden v údolí na severním svahu Ostrého, jeden na kuželu na západním svahu Travného a 4 v údolí na východním svahu Smrku. Jeden proud vznikl v jednom údolí na severním svahu masivu Slavíč. Je dlouhý asi 40 m a zčásti překryl boční val proudu z roku 1972. Další proud vznikl na blokovobahenním kuželu na pravém břehu ve střední části údolí Bučacího potoka na severním svahu Smrku. Vznikl jako "firehose effect" a vytvořil asi 30 m dlouhou strž s menším lalokem u jejího vyústění. Jeden proud vznikl těsně pod zdrojovou zónou rozsáhlého kuželu v údolí na západním svahu Smrku (**obr. 13D**). Má nevýraznou povrchovou morfologii a spíše plošný charakter s šířkou až 15 m. Poslední proud v tomto roce vznikl na jižním svahu horské skupiny Kněhyně. Jeho existence byla zjištěna z archivních záznamů. Jeho zdrojová zóna se nachází v umělém zářezu vybudované silnice. Transportní zóna pak probíhá zalesněným svahem, kde byla všechna vegetace proudem odnesena, a vysutě se spojuje s hlavním údolním dnem kde leží i jeho akumulace. V roce 1999 vznikly tři proudy na kuželu na západním svahu Travného a v roce 2002 vznikly 4 proudy

Rok	1939	1972	1977	1996	1997	2006
Datum	26.7.	21.8.	1.8.	7.9.	6.7.	24.8.
Stanice	Lysá hora	Šance	Lysá hora	Šance	Lysá hora	Lysá hora
Množství srážek (mm)	132	214	111,3	182,9	233,8	114,1
Počet proudů	1	3	4	5	10	1

Tab. 1 Příčinné srážky vybraných proudů zjištěných dendrochronologickými metodami ŠTEKL et al. (2001)



Obr. 13 A – akumulční zóna proudu z roku 1979 v údolí Matulákova potoka, B – transportní zóna proudu z roku 1988 v údolí na východním svahu Kněhyně, C – blokdiagram svahové deformace v údolí Jestřábího potoka na východním svahu Lysé hory z roku 2005, D – akumulční zóna proudu z roku 1997 v údolí na západním svahu Smrku

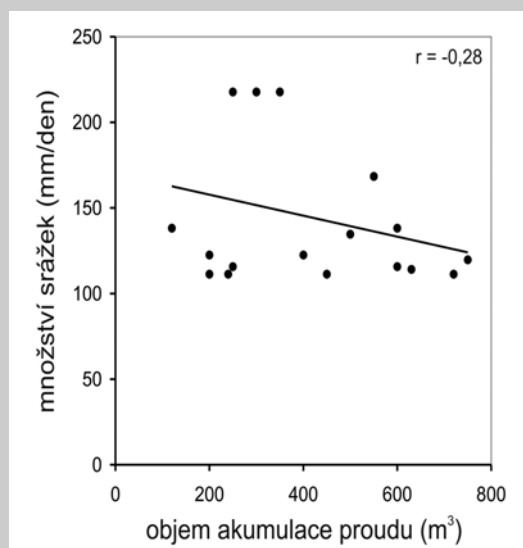
na téže lokalitě. Z roku **2005** je z archivních záznamů znám proud na svahu údolí na východním svahu Lysé hory (1 323 m) (**obr. 13C**). Proud vznikl na místě odlučné oblasti hluboké svahové deformace. Společně s proudem se při této události vytvořil i menší sesuv svahoviny (debris slide). Proud má délku asi 60 m a akumulční zóna je rozdělena ve dva laloky.

Pomocí dendrochronologických metod bylo určeno celkem 10 let od roku 1939 do roku 2000, kdy došlo ke vzniku alespoň jednoho blokavobahenního proudu. Pomocí těchto metod však nelze určit přesně den vzniku, proto se v následujícím postupu počítá pouze s jednotlivými roky a ne dny. Celkem 5 let se shoduje s výskytem alespoň jednoho jednodenního srážkového úhrnu většího jak 100 mm (**tab. 1**). Za toto časové období se v zájmovém území vyskytlo celkem 10 let s výskytem tohoto srážkového úhrnu (ŠTEKL et al. 2001). Lze tedy konstatovat, že pokud se v daný rok vyskytne alespoň 1 den s hodnotou srážek překračující hodnotu 100 mm je 50 % šance na vznik blokavobahenního proudu. Absence vzniku blokavobahenního proudu v letech

s výskytem extrémního srážkového úhrnu může mít několikero vysvětlení. Mohla být velmi nízká nasycenost materiálu na svahu, který stihl srážky absorbovat, bez překročení kritického nasycení. Významnou roli mohla sehrát mocnost materiálu, nebo jeho vegetační pokrývka. Nebo proud skutečně vznikl, ale nepodařilo se ho pomocí použitých metod identifikovat.

Mezi jednodenním množstvím srážek a počtem vzniklých proudů se podařilo nalézt silnější vazbu ($r = 0,71$). U více jak poloviny datovaných proudů bylo možné odhadnout jejich objem. Většinou se jednalo o malé proudy s objemem materiálu maximálně do 800 m³ (**obr. 14**).

Mezi množstvím srážek a objemem vzniklých proudů nebyla nalezena významná vazba ($r = -0,28$). Extrémní srážkový úhrn je tedy prokazatelně hlavní spouštěcím faktorem, ovlivňujícím i počet vzniklých proudů, vlastní velikosti proudů jsou pravděpodobně již ovlivněny lokálními faktory jako je morfologie lokality, nasycení materiálu, jeho mocnost a vegetační pokrývka.



Obr. 14 Vztah objemu proudů a jejich příčině srážky

ZÁVĚR

Aplikace dendrochronologických metod pro stanovení historické chronologie blokovo-bahenních proudů se ukázala ve zkoumaném území jako velmi vhodná. Bohužel těmito metodami nebylo možné datovat více i starších proudů z důvodu absence starších stromů (alespoň 100 let) v místech evidentní existence blokovo-bahenních proudů, které by tyto události byly schopny zachytit ve své fyziologii. Byl prokázán vývoj kuželu pod intenzivním vlivem aktivity blokovo-bahenních proudů za posledních 20 let. Na některých lokalitách dochází k četnému výskytu proudů menších velikostí, a naopak na jiných je aktivita méně častá, ale velikosti proudů jsou větší a využívají stejné dráhy. Tento výzkum tedy poukázal na existující historickou aktivitu blokovo-bahenních proudů v Moravskoslezských Beskydech.

LITERATURA

BODOQUE, J. M., DÍEZ-HERRERO, A., MARTÍN-DUQUE, J. J., RUBIALES, J. M., GODFREY, A., PEDRAZA, J., CARRASCO, R. M., SANZ, M. A. (2005). Sheet erosion rates deter-

mined by using dendrogeomorphological analysis of exposed tree roots: Two examples from Central Spain. *Catena*, 64, 81-102.

BOLLSCHWEILER, M., STOFFEL, M., EH-MISCH, M., MONBARON, M. (2007). Reconstructing spatio-temporal patterns of debris-flow activity using dendrogeomorphological methods. *Geomorphology*, 87, 337-351.

COOK, E. R., KAIRIUKSTIS, L. A. (1990). *Methods of dendrochronology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 1-408.

DEGRAFF, J., V. (1994). The geomorphology of some debris flows in the southern Sierra Nevada, California. *Geomorphology*, 10, 231-252.

CHEN, J., DAI, F., YAO, X. (2008). Holocene debris-flow deposits and their implications on the climate in the upper Jinsha River valley, China. *Geomorphology*, 93, 493-500.

LARSEN, I. J., PEDERSON, J. L., SCHMIDT, J. C. (2006). Geologic versus wildfire controls on hillslope processes and debris flow initiation in the Green River canyons of Dinosaur National Monument. *Geomorphology*, 81, 114-127.

LI, J., JUAN, J., BI, C., LUO, D. (1983). The main features of the mudflow in Juany-Jia Ravine. *Geomorphology*, 27, 325-341.

MENČÍK, E., ed. (1983). *Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny*. ÚÚG v nakladatelství ČSAV, Praha, 1-307.

STOFFEL, M., CONUS, D., GRICHTING, M. A., LIÈVRE, I., MAÎTRE, G. (2008). Unraveling the patterns of late Holocene debris-flow activity on a cone in the Swiss Alps: Chronology, environment and implications for the future. *Global and Planetary Change*, 60, 222-234.

STRUNK, H. (1997). Dating of geomorphological processes using dendrogeomorphological methods. *Catena*, 31, 137-151.

ŠILHÁN, K., PÁNEK, T. (2008). Výzkum a výskyt blokovo-bahenních proudů v Moravskoslezských Beskydech. *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 74-76.

ŠTEKL, J., BRÁZDIL, R., KAKOS, V., JEŽ, J., TOLASZ, R., SOKOL, Z. (2001). *Extrémní denní srážkové úhrny na území ČR v období 1879–2000 a jejich synoptické příčiny*. Národní klimatický program ČR, Praha, 1-140.

ŽEBERA, K. (1955). Ostravské suché delty. *Věstník ústředního ústavu geologického*, 181-184.

