

Inventarizace kamenitých akumulací v Bukovohorském středohoří (severní Čechy, Česká republika)

Inventorying of stony accumulations in the Bukovohorské Středohoří Mts (northern Bohemia, Czech Republic)

Tomáš MAREK

Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i., V Holešovičkách 41, CZ-182 09 Praha 8
a Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze, Albertov 6, CZ-128 43 Praha 2;
e-mail: tmarek@irms.cas.cz

Abstract. The paper provides information on the spatial distribution, morphology, and material characteristics of stony accumulations in the Bukovohorské Středohoří Mts (part of the České Středohoří Mts, Czech Republic). Stony accumulations and their specific position in the landscape are of significant importance in landscape ecology too. The study area is formed mainly by Tertiary neovolcanites, relicts of Mesozoic sediments and recent sediments. Stony accumulations were created by disintegration of rock blocks (so-called frost-riven cliffs or rocky cliffs) in the periglacial environment. This area of the Bohemian Massif is very liable to various forms of slope deformations. In the study area, altogether thirty localities of stony accumulations were found. Their occurrence is concentrated in four areas, which are situated mainly in the marginal parts of the study area with a morphologically varied relief. Characteristics of stony accumulations were determined based on statistical processing and evaluation of morphometric and other field data. Most of the stony accumulations localities (67%) have eastern exposure (NNE–SSW), the mean altitude of the localities is about 445 m a.s.l., the mean slope is approximately 22°. Most localities are extended in horizontal direction (60%), 23% are extended in vertical direction and 17% are approximately equal in length and width. The largest stony accumulation is situated on the southern slope of the Kamenec Hill – its horizontal width is 560 m and vertical length is 280 m. Most of the accumulation localities (83%) are located in the central part of the slope (and only 17% at the foot). The rocky/frost-riven cliffs as source of material for future development to stony accumulations were found near to only two stony accumulations localities. These rocky/frost-riven cliffs have a strongly disturbed and intensively disintegrated shape, their height is 10–15 m. All localities are formed by volcanic material. Most of the rock fragments have a diameter of 25–50 cm (whereas the localities with rocky/frost-riven cliffs have a diameter greater than 100 cm), rounded edges, weathered surface and the accumulation material is distinctly sorted by gravitation. Especially the humid northern slopes are covered by mosses and lichens. A simplified model with five stages of slope evolution, including disintegration of the rocky/frost-riven cliff and creation of the stony accumulations, is presented by the author.

Key words: České Středohoří Mts, Bukovohorské Středohoří Mts, periglacial landforms, stony accumulations, frost-riven cliff, rockfall

ÚVOD

Kamenité akumulace jsou jak z pohledu vývoje, stáří i tvaru velmi proměnlivý typ formy reliéfu. Samotné akumulace vznikají hromaděním materiálu z rozpadajících se skal (tzv. skalních, příp. mrazových srubů) vlivem různých typů zvětrávání za přispění gravitace (Obr. 2 a 3). Jejich tvar je závislý nejen na druhu a odolnosti horniny, intenzitě zvětrávání apod., ale také na morfologii terénu, kde se odlamovaný materiál akumuluje. Rozpad skalních bloků různou intenzitou probíhá i v dnešní době a mnohde do značné míry ohrožuje především

dopravní stavby, lidská sídla, v krajním případě i lidské životy. Rozpad skalních bloků neboli skalní řícení je jedním z typů tzv. svahových pohybů (Nemčok et al. 1974).

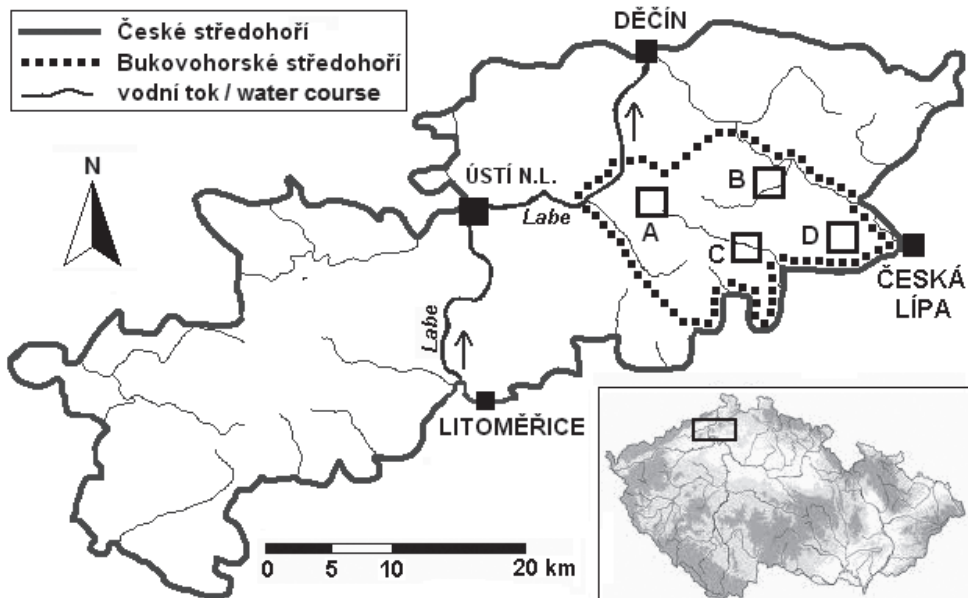
Stejně jako samotné akumulace, tak i názvosloví těchto krajinných objektů prochází poměrně dynamickým vývojem. Terminologickou diskuzi v české i zahraniční literatuře shrnuje například ve své disertační práci Raška (2011). Dnes je v českém jazyce pro daný geomorfologický tvar patrně nejčastěji užíván právě pojem kamenitá akumulace. Veřejnost často používá také pojem kamenné moře, ten však v odborné terminologii představuje zcela odlišný genetický tvar.

Kromě relativně malého prostoru, který byl v České republice přímo modelován kontinentálním ledovcem, jsou podstatně hojněji rozšířené právě tvary reliéfu, vzniklé v tzv. periglaciálním prostředí. Periglaciálními tvary je míněna široká skupina mikro- až mezotvarů vznikající působením periglaciálních procesů, které souvisejí s působením mrazu a zejména s regelací (viz dále). Tyto tvary jsou geneticky vázány na klima dané lokality, která je výslednicí konfigurace reliéfu, jejich rozmístění není náhodné a nesou v sobě informaci o podmínkách vzniku těchto klimaticky a litologicky podmíněných tvarů (Křížek et al. 2007). Hlavním výsledkem působení periglaciálních procesů je především celková vertikální redukce a deformace všech skupin typů reliéfu, jak je známe z dnešní doby, a dále také vytvoření specifických periglaciálních tvarů reliéfu, mezi které patří mj. kamenitá akumulace. Nutné je však uvést, že kamenitá akumulace se prokazatelně tvoří také v dnešní době, vznikají tak nejen v periglaciálních podmínkách.

Při rozpadu skalních bloků se uplatňuje především fyzikální (mechanická) forma zvětrávání, která je doplněna celou řadou dalších faktorů. V dlouhodobém horizontu má rozhodující vliv již zmíněné střídání klimatických podmínek (glaciál vs. interglaciál), v krátkodobém horizontu pak roční i denní výkyvy teplot (opakované tání a mrznutí – regelace vody v puklinách), působení srážek, nelze vyloučit také eolické a jiné vlivy. Důležitým faktorem pro rozpad horniny jsou nepochybně také geologické podmínky nebo míra puklinatosti horniny v dané oblasti. Nezanedbatelnou roli při destrukci skal má také tzv. biologické zvětrávání, neboť prorůstání kořenových systémů do skal značně narušuje homogenitu podloží. Nelze také vyloučit lokální působení chemického zvětrávání. Zvětráváním skalních bloků, řícením odlamovaného materiálu vlivem tzv. gravitačních geomorfologických procesů dochází k tvorbě různých forem kamenitých akumulací. Ty se v Českém středohoří tvoří nejčastěji v terénní depresi, konkávní části svahu nebo za terénní překážkou (Obr. 2). Zcela zde tedy chybí tzv. vrcholová kamenná moře, tak jak je známe například z našich severních pohraničních hor.

Této problematice se v České republice dlouhodobě věnuje nebo věnovala jak obecně, tak regionálně celá řada vědců – např. Czudek (2005), Král (1966), Křížek et al. (2007), Treml et al. (2003) nebo Raška (2011). Výzkumu kamenitých akumulací v Bukovohorském středohoří se detailně věnují mj. ve své bakalářské práci (Marek 2009).

Právě České středohoří patří v rámci České republiky k oblastem s největší náchylností k různým typům svahových pohybů, a to především sesuvům a skalním řícením (Raška & Dubišar 2010). Cílem tohoto příspěvku je poskytnout přehled o základních morfologických, morfometrických, horninových a částečně také environmentálních poznatcích kamenitých akumulací včetně jejich prostorového rozmístění v geomorfologickém okrsku Bukovohorské středohoří, tvořícím severovýchodní část Českého středohoří (Obr. 1).



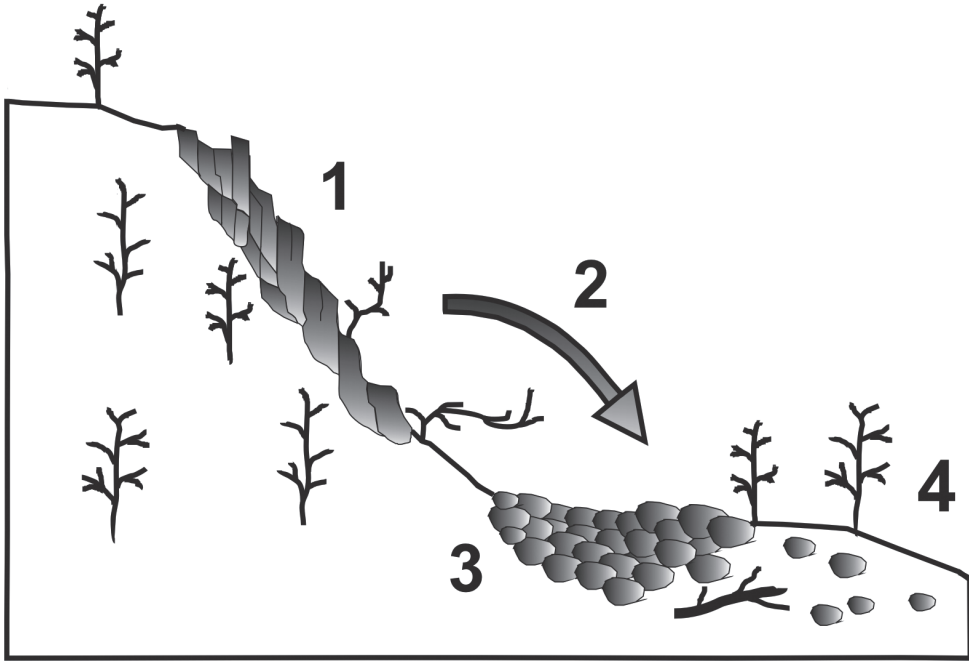
Obr. 1. Poloha Českého středohoří v rámci České republiky (vpravo dole) a Bukovohorského středohoří v rámci Českého středohoří. Prostorové rozmístění čtyř oblastí s výskytem kamenitých akumulací (A–D): A – Buková hora – Kočičí vrch, B – Bobří soutěska – Binov, C – Kamenec, D – Kozelský hřeben (detailní rozmístění viz Obr. 5 a 6). 1 – Benešov nad Ploučnicí, 2 – Žandov, 3 – Verneřice, 4 – Malé Březno (Zabaged data, upravil autor).

Fig. 1. Position of the České Středohoří Mts in the Czech Republic (bottom right) and of the Bukovohorské Středohoří Mts in the České Středohoří Mts. Four areas with occurrence of the stony accumulations localities (A–D) are shown: A – Buková Hora Hill – Kočičí Vrch Hill, B – Bobří Soutěska Gorge – Binov, C – Kamenec Hill, D – Kozelský Hřeben Ridge (for detailed distribution see Figs. 5 and 6). 1 – Benešov nad Ploučnicí, 2 – Žandov, 3 – Verneřice, 4 – Malé Březno (Zabaged data, edited by the author).

GEOLOGIE A GEOMORFOLOGIE OBLASTI

České středohoří je součástí složitého systému podkrušnohorské tektonické struktury, která tvoří rozhraní dvou regionálně významných jednotek Českého masivu: krušnohorskodurynské oblasti na SZ a tepelsko-barrandienské oblasti na JV. V tomto prostoru docházelo především v terciéru k intenzivní tektonické a vulkanické aktivitě, jež je často prezentována jako odezva na alpínské horotvorné procesy (např. Chlupáč et al. 2002).

Vulkanismus zde probíhal v několika fázích. Hlavní období pravděpodobně probíhalo před 40 až 16 mil. let. Vystupující vulkanický materiál měl však v cestě až stovky metrů křídových sedimentů. Tím se vytvořil složitý geologický komplex v podobě intruzivních vulkanických těles, které pronikly do starších sedimentů. Podstatný vliv na tvary dnešního reliéfu měla intenzivní erozní a denudační činnost, probíhající od terciéru po současnost, kterou byla obnažena intruzivní vulkanická tělesa. Část dnešních typických vulkanických tvarů (kužele, kupy apod.) vznikla až druhotně a nejedná se tedy o prvotně vytvořený vulkanický reliéf (Cajz 1996).



Obr. 2. Ilustrace svahu se skalním/mrazovým srubem a příklad vzniku kamenité akumulace v konkávní části svahu. 1 – mrazový srub, 2 – směr řícení, 3 – kamenitá akumulace, 4 – suťový les (sestavil autor).

Fig. 2. A slope with a rocky/frost-riven cliff and an example of the development of the stony accumulation at the concave part of the slope. 1 – frost-riven cliff, 2 – direction of rockfall, 3 – stony accumulation, 4 – scree forest (created by the author).

Také Bukovohorské středohoří je zjednodušeně budováno převážně horninami vystupujícími intruzími terciérních vulkanitů, dále také relikty mezozoických sedimentů a ve sníženinách nebo v okolí vodních toků též nejmladšími kvartérními sedimenty (Obr. 4). Na zjednodušené zakryté geologické mapě (Obr. 4) je patrný rostoucí podíl sedimentárních hornin směrem k východu a jihovýchodu do České tabule, který kopíruje celkový sklon reliéfu tímto směrem (Chaloupský 1990).

Geomorfologický okrsek Bukovohorské středohoří má rozlohu 182 km² a je situován na rozhraní Ústeckého a Libereckého kraje, přibližně do prostoru mezi Malým Březnem v údolí Labe a Českou Lípou (Obr. 1 a 5). Podle geomorfologického členění reliéfu (Balatka & Kalvoda 2006) náleží k vyššímu podcelku Verneřické středohoří. Verneřické středohoří narozdíl od Milešovského se kromě labského údolí a jeho přítoků vyznačuje poměrně rozsáhlými zarovnanými plochami s výrazně menším výskytem typických vulkanických strukturních tvarů v podobě kuželů nebo kup.

Bukovohorské středohoří je morfologicky značně pestré a dnešní vzhled je silně ovlivněn jak lokálními strukturními podmínkami odolných vulkanických hornin, tak výrazným vlivem eroze a denudace původního povrchu. Nejvíce vertikálně členité je na západním okraji, kde svahy prudce klesají z Bukové hory (683 m n. m., nejvyšší bod) do údolí Labe (125 m n. m.,



Obr. 3. Kamenitá akumulace a skalní/mrazový srub jako zdroj materiálu, Bobří soutěska (foto autor, 2009).

Fig. 3. Stony accumulation and a rocky/frost-riven cliff as a source material, Bobří Soutěska Gorge (photo by the author, 2009).

nejnižší bod) a jeho přítoků. Vertikální amplituda dosahuje 558 m na vzdálenosti pouhých tří kilometrů. Z Bukové hory směrem k východu reliéf pozvolna klesá do sedimentární České tabule (cca 250 m n. m. v údolí Ploučnice u České Lípy). Na JZ je území ohraničeno nápadným údolím Lučního a Červeného potoka, přibližně v linii Malé Březno (130 m n. m.) – Zubrnice (275 m n. m.) – Lovečkovice (450 m n. m.) – Úštěk (250 m n. m.).

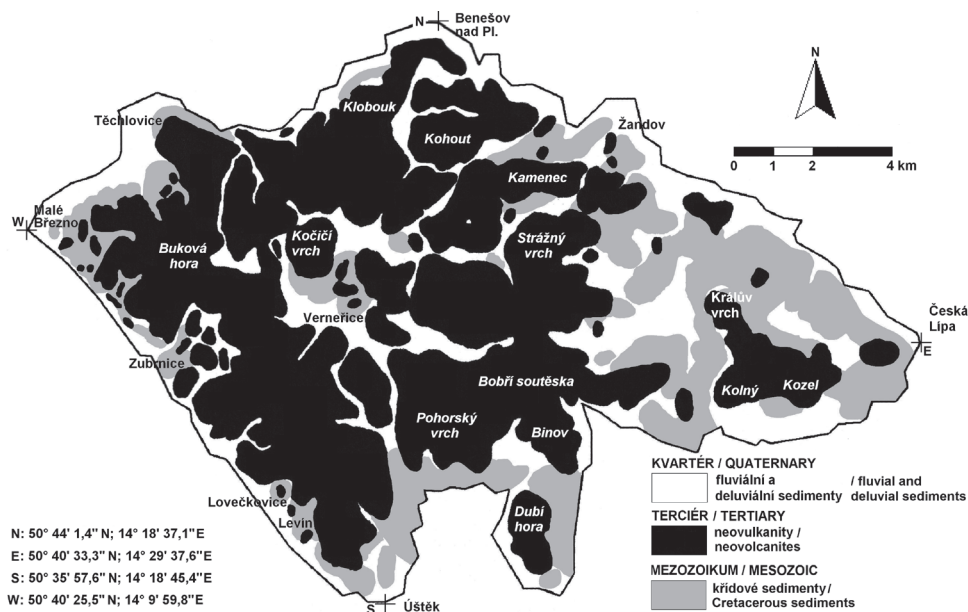
Především v centrální části (okolí Verneřic) má území zarovnaný povrch s mírnými sklony svahů, odpovídající charakteru pahorkatiny. Okrajové části území klesající do údolí Ploučnice, včetně východního cípu s Kozelským hřebenem, mají charakter vrchovin s větším výškovým rozpětím. V těchto částech je reliéf převážně zarovnaný, ovšem s vystupujícími vulkanickými strukturními hřbety a suky (Demek et al. 2006). Naopak západní část území, morfologicky nejčlenitější, již odpovídá díky výrazným údolním tvarům Lučního potoka a především Labe morfografické třídě hornatin (Balatka & Kalvoda 2006). Obecně tedy platí, že území je nejvíce členěné ve svých okrajových částech vlivem zahlubování vodních toků do původního reliéfu. Pro spádové křivky především menších toků jsou pak příznačné četné nerovnosti v podobě vodopádů nebo kaskád, které napovídají, že se jedná o relativně mladá údolí, intenzivně se zahlubující do podkladu (neboli eroze probíhá rychleji než vyhlazení spádových křivek).

METODIKA, SBĚR DAT, VÝBĚR LOKALIT

Většina informací o prostorovém rozmištění, morfologických, morfometrických, horninových i vegetačních charakteristikách byla získána detailními a poměrně časově náročnými terénními průzkumy a mapováním. Tyto informace byly doplněny z topografických map v měřítku 1:10 000 nebo leteckých snímků webového portálu Mapy.cz z let 2003–2011. Získané informace byly statisticky zpracovány a vyhodnoceny, čímž bylo možné nalézt interakce mezi jednotlivými parametry kamenitých akumulací, jako jsou orientace svahu k vegetačnímu pokryvu, vliv rozpadu skalních bloků na přítomnou vegetaci atd. Při terénních průzkumech bylo využito základní technické vybavení: turistická GPS, laserový dálkoměr Leica DISTO D5, sklonoměr a fotoaparát.

Detailní výskyt kamenitých akumulací, případně přilehlých skalních / mrazových srubů, je prezentován zákresem do map 1:10 000 (Obr. 5 a 6). Součástí výsledků je vytvoření obecného modelu vývoje svahu s rozpadem skalního bloku a znázornění tvorby kamenité akumulace na úpatí svahu (Obr. 7). Základní morfometrické charakteristiky, informace o nadmořské výšce atd. všech lokalit jsou pro lepší ilustraci znázorněny v souhrnném grafu (Obr. 8). Hodnoty byly odečteny z mapových podkladů a doplněny o terénní měření.

Jelikož různé úlomky ze skalních bloků pokrývají v Českém středohoří velkou část především zalesněných a těžce přístupných míst, bylo nutné před vlastními terénními průzkumy stanovit kritérium pro výběr sledovaných terénních tvarů. Na základě vlastní rekognoskace byla zvolena tato kritéria: musí se jednat o tzv. otevřené kamenité akumulace, tvořící souvislé plochy úlomků (klastů), bez souvislého vegetačního pokryvu vzrostlých dřevin, které jsou téměř ve všech případech snadno identifikovatelné z běžně dostupných leteckých snímků a minimální rozloha těchto tvarů je 400 m². Díky těmto kritériím bylo možné eliminovat místa o zanedbatelné rozloze, dále např. suťové lesy, balvanové proudy ve vegetaci zarostlých roklicích atd.



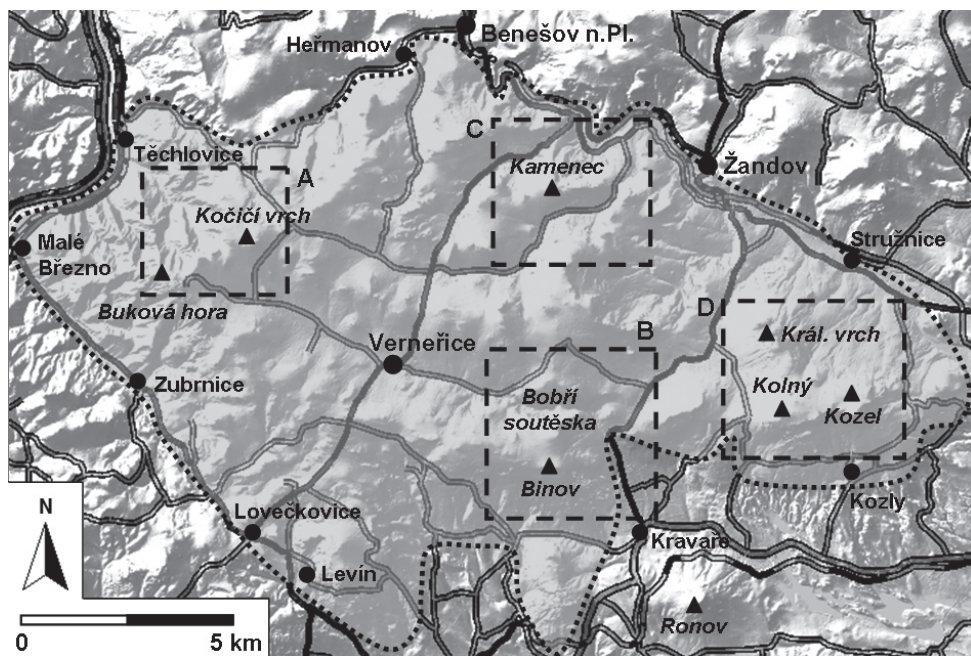
Obr. 4. Silně zjednodušená zakrytá geologická mapa Bukovohorského středohoří se zastoupením terciérních vulkanitů a sedimentárního pokryvu (podle geologické mapy 1:50 000, upravil autor).

Fig. 4. Strongly simplified geological map of the Bukovohorské Středohoří Mts with representation of the Tertiary volcanites and a sedimentary cover (based on the geological map 1:50 000, edited by the author).

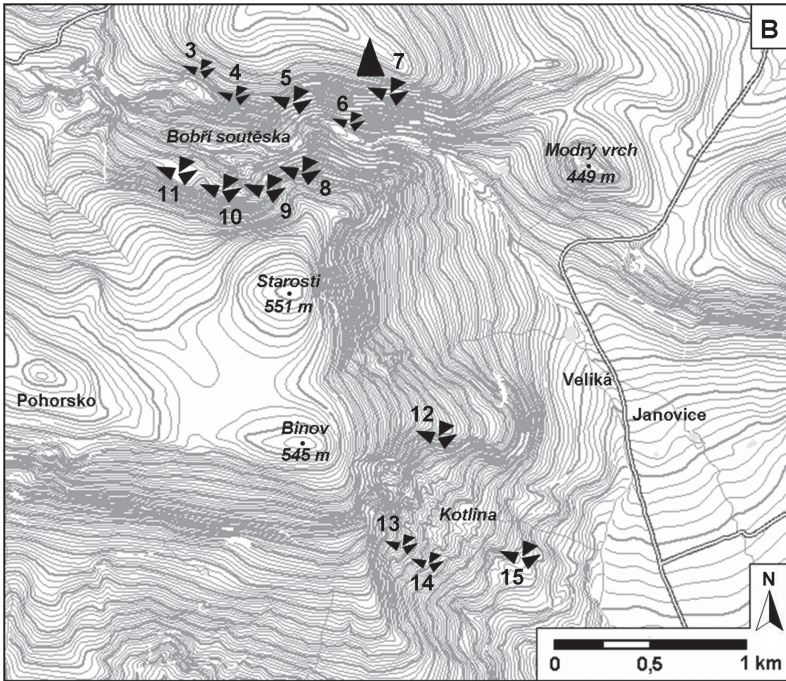
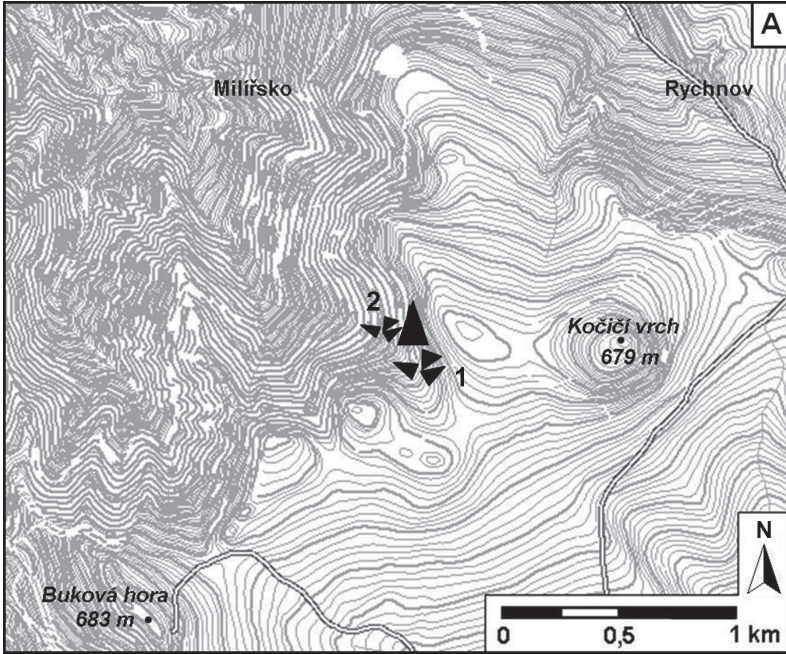
VÝSLEDKY A DISKUSE

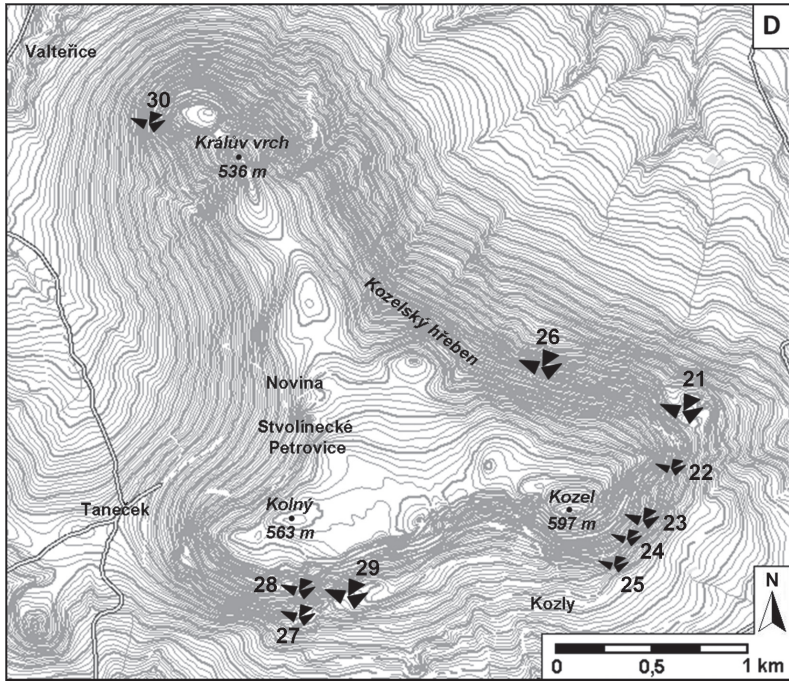
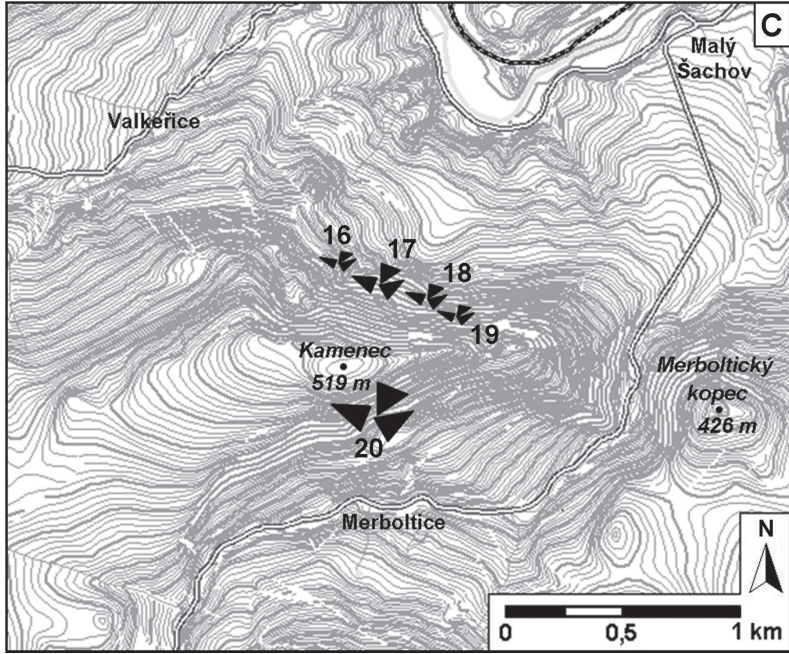
V Bukovohorském středohoří jsem lokalizoval třicet kamenitých akumulací, z toho pouze u dvou jsou i v současné době přítomny skalní / mrazové sruby, jakožto zdroj materiálu skalního říčení. Kamenité akumulace jsou koncentrovány do čtyř oblastí, situovaných převážně v okrajových částech území, jejich prostorové rozmístění je graficky znázorněno v první části výsledků (Obr. 5 a 6). Druhou část této kapitoly věnuji znázornění (ilustraci) obecného modelu vývoje kamenitých akumulací (Obr. 7). Inventarizoval jsem a posléze statisticky vyhodnotil především poznatky o morfologii, morfometrii a litologii daných lokalit, doplněné o lokální vegetační specifika, mající bezprostředně vliv na vývoj těchto tvarů reliéfu. Tyto poznatky jsou prezentovány v dalších částech výsledků. Na základě statistického vyhodnocení bylo možné provést srovnání a nalézt vzájemné interakce mezi vybranými ukazateli – např. vliv vegetace na vývoj akumulace nebo expozice svahu ve vztahu k vegetačnímu pokryvu atd.

Prostorové rozmístění kamenitých akumulací



Obr. 5. Bukovohorské středohoří s polohou čtyř oblastí s výskytem kamenitých akumulací (A–D): A – Buková hora – Kočičí vrch, B – Bobří soutěska – Binov, C – Kamenec, D – Kozelský hřeben (podklad ČÚZK data, upravil autor).
Fig. 5. Map of the Bukovohorské Středohoří Mts showing position of four areas of occurrence of stony accumulations (A–D): A – Buková Hora Hill – Kočičí Vrch Hill, B – Bobří Soutěska Gorge – Binov, C – Kamenec Hill, D – Kozelský Hřeben Ridge (ČÚZK data, edited by the author).





Obr. 6. Základní mapy s detailním prostorovým rozmištěním třiceti kamenitých akumulací v oblastech A až D: A – Buková hora – Kočičí vrch, B – Bobří soutěska – Binov, C – Kamenec, D – Kozelský hřeben. Kamenité akumulace jsou převážně na strmých svazích. Skalní, příp. mrazový srub, přiléhající bezprostředně ke kamenité akumulaci, je pouze u lokality pod Kočičím vrchem (A) a v Bobří soutěsce (C) (podklad ČÚZK data, upravil autor).

Fig. 6. Topographic maps showing detailed spatial distribution of thirty stony accumulations localities in A–D areas: A – Buková Hora Hill – Kočičí Vrch Hill, B – Bobří Soutěska Gorge – Binov, C – Kamenec Hill, D – Kozelský Hřeben Ridge. The stony accumulations are situated mainly on steep slopes. The rocky/frost-riven cliff surrounding the stony accumulation is found only near the Kočičí Vrch Hill (A) and in the Bobří Soutěska Gorge (B) (ČÚZK data, edited by the author).

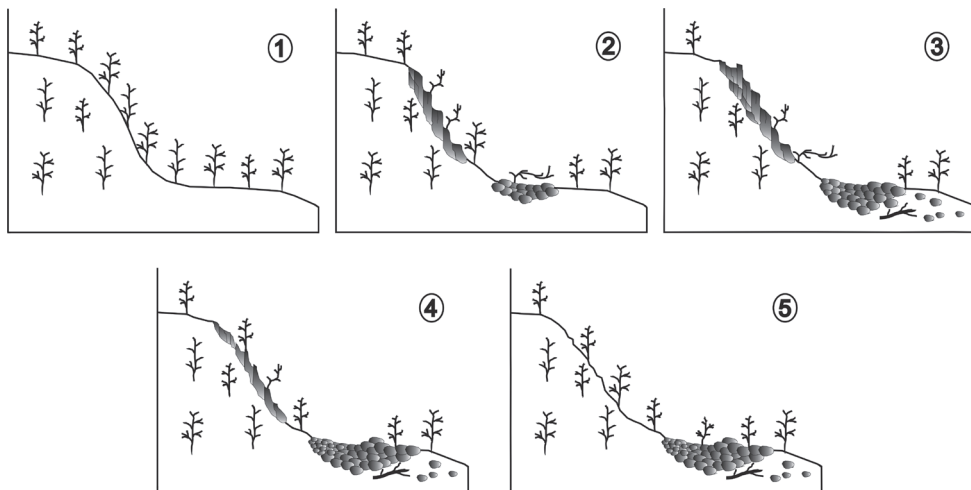
Obecný model vývoje kamenité akumulace

Z terénních průzkumů jsem zjistil, že v Bukovohorském středohoří se kamenité akumulace vyskytují především ve střední části svahu (83 %), případně na úpatí (17 %). Zcela zde absentují akumulace v horních částech svahů nebo vrcholových zarovnaných partiích. Pro lepší ilustraci vývoje svahu, na kterém se formuje kamenitá akumulace, jsem vytvořil obecný grafický model o pěti stádiích (Obr. 7). Z tohoto modelu je patrný vznik skalního, resp. mrazového srubu, který za různých podmínek a v různě dlouhém časovém horizontu začne podléhat zvětrávání a destrukci, dále hromadění padajícího materiálu s tvorbou kamenité akumulace (v tomto případě v konkávní části svahu), až po zánik přísunu materiálu a postupné zarůstání lokality. Jedná se o zjednodušenou ilustraci na příkladu svahu ponechaného přirozenému vývoji.

Morfometrické charakteristiky kamenitých akumulací

Významným ukazatelem různorodosti kamenitých akumulací je převažující expozice. Obecně mají početné zastoupení akumulace orientované východními směry (SSV až JJV). Tyto expozice má dvacet lokalit ze třiceti. V tomto výsledku se tak výrazně odráží převládající expozice svahů ve sledované oblasti, jež je kromě okrajových částí celkově mírně ukloněna východními směry do přilehlé České tabule. Z tohoto důvodu nemohu jednoznačně konstatovat (jak by se mohlo předpokládat), že na vznik akumulací má přednostně vliv expozice lokality například jižními (teplá expozice) nebo severními (studená expozice) směry vlivem rozdílné insolace, teploty, vlhkosti atd. Vývoj svahů v kvartéru právě podle studené nebo teplé expozice popsal například Czudek (2005). Zjistil jsem však, že pozice na teplém nebo studeném svahu se výrazně projevuje ve vegetačních poměrech, které na druhou stranu do značné míry ovlivňují další vývoj akumulace (viz dále).

Základní morfometrické charakteristiky, týkající se nadmořské výšky a rozměrů kamenitých akumulací, jsou graficky znázorněny na Obr. 8A a 8B. Získané hodnoty jsem odečetl z mapových podkladů a doplnil o morfometrická terénní měření. Průměrná nadmořská výška všech akumulací je přibližně 445 m, přičemž průměrná maximální nadmořská výška dosahuje 458 m, průměrná minimální nadmořská výška je okolo 438 m. Průměrná amplituda mezi minimální a maximální nadmořskou výškou dosahuje tedy pouhých 20 m. Většina akumulací však má výškovou amplitudu menší, neboť statistika je značně ovlivněna např. vertikálně značně členitou lokalitou č. 20 na jižním svahu Kamence (oblast C), která má převýšení 100 m. Z Obr. 8A je patrné, že nejvýše jsou položeny akumulace č. 1 a 2, situované v blízkosti Bukové hory, jež dosahují až 600 m n. m. Naopak nejnižší jsou položeny akumulace na severním svahu Kamence, směřující do údolí Ploučnice (lokality č. 16–19).

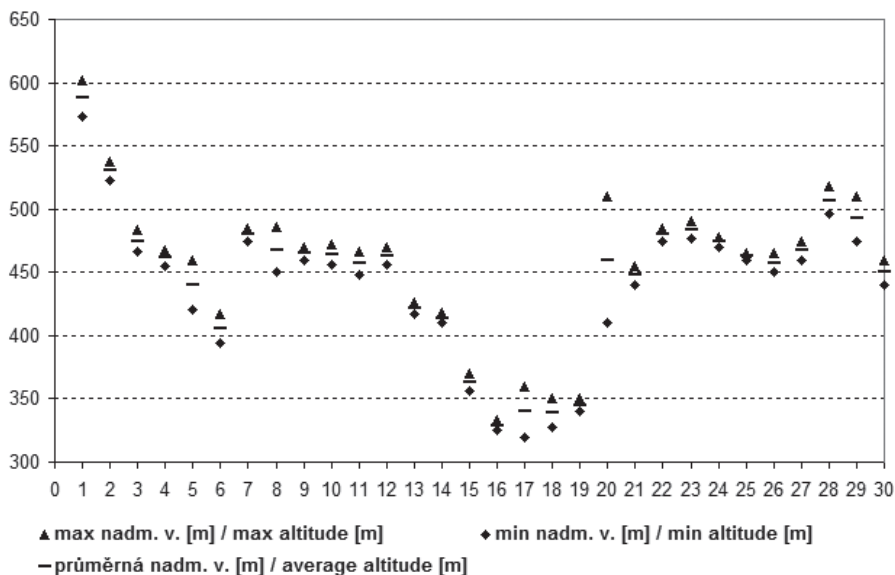


Obr. 7. Zjednodušená ilustrace vývoje svahu s rozpadajícím se skalním, příp. mrazovým srubem a tvorba kamenité akumulace v konkávní části svahu (sestavil autor): 1 – původní svah bez skalního výchozu (v dnešní době zpravidla zalesněný, těžce přístupný, hospodářsky nevyužívaný a přirozenému vývoji ponechaný svah). V tomto stádiu ještě bez obnažení skalního masivu, který posléze začne podléhat destrukci a stane se zdrojem materiálu pro tvorbu akumulace; 2 – počátek vývoje akumulace: nejčastěji exogenními vlivy dochází k narušení svahového pokryvu, k denudaci a k postupnému obnažení skalního masivu. Působením exogenních a strukturních pochodů (zvětvávání, svahové pohyby, eroze, puklinové systémy, litologie atd.) začíná destrukce masivu a ukládání odlamovaného materiálu v terénní depresi, za terénní překážkou atd. Vytváří se základ kamenité akumulace; 3 – nejdynamičtější vývoj: skalní masiv podléhá intenzivní destrukci, pod ním se tvoří kamenitá akumulace různých tvarů a rozměrů, na které se větší úlomky gravitačním tříděním ukládají dále od zdroje materiálu a naopak; 4 – omezení přísunu materiálu: skalní masiv se již z větší části rozpadl nebo došlo ke zmenšení sklonu svahu natolik, že postupně zarostl vegetací. Dochází k ukončení nebo přerušení přísunu materiálu a tvorby akumulace; 5 – konečné stádium: zdroj materiálu zanikl. Akumulaci především na severních, humidních svazích pokryje vegetace a postupně zarůstá. Může dojít k postupnému zazemnění kamenité akumulace pomalým rozpadem balvanů a propadáním menších úlomků níže. Tento prostor se může přeměnit v suťový les s výskytem libovolně rozmístěných balvanů nebo tyto balvany zcela absentují.

Fig. 7. Simplified model of the slope evolution with disintegration of the rocky/frost-riven cliff and creation of the stony accumulation at the concave part of the slope (created by author): 1 – today, mostly forest slope with natural evolution, without a rocky/frost-riven cliff and stony accumulation; 2 – beginning of development of stony accumulation: disturbance of the slope and rock basis by exogenous and structural processes (e.g. weathering, slope movements, erosion, tectonic systems, lithology etc.), beginning of destruction of the rocky/frost-riven cliff, accumulation of rock fragments, basis of stony accumulation; 3 – dynamic evolution: intensive disintegration of the rocky/frost-riven cliff and creation of the stony accumulation in a terrain depression or in the concave part of the slope, material of the accumulation is distinctly sorted by gravitation; 4 – limited supply of the material: end of rocky/frost-riven cliff disintegration; 5 – last/final stage: slope without a rocky/frost-riven cliff, no supply of the material, stony accumulation is covered by vegetation.

Na jižním svahu Kamence se nachází plošně největší a vertikálně nejčlenitější, již zmíněná akumulace č. 20, jejíž výšková amplituda je 100 m. Největší počet lokalit se však pohybuje okolo střední hodnoty 445 m n. m.

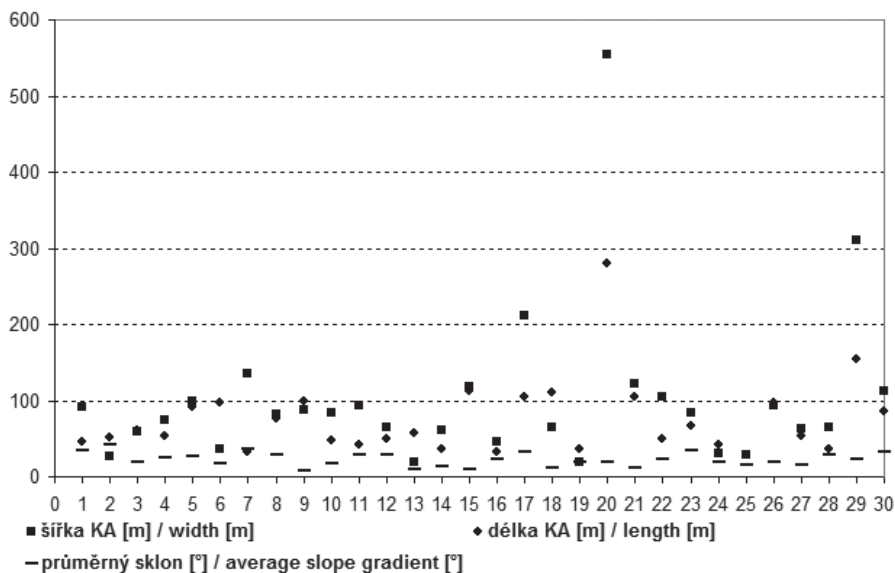
Celkem 18 akumulací (60 %) má rozměrově větší šířku než délku, tzn. je více protažena horizontálním než vertikálním směrem, dále 7 akumulací má větší délku než šířku (23 %) a zbývajících 5 lokalit (17 %) má délku a šířku prakticky vyrovnanou, resp. rozdíl šířky a dél-



Obr. 8A. Graf vybraných morfometrických charakteristik kamenitých akumulací (KA): osa x – číslo KA, osa y – nadmořská výška. KA č. 1–2 (oblast A); KA č. 3–15 (oblast B); KA č. 16–20 (oblast C) a KA č. 21–30 (oblast D).
 Fig. 8A. Graph of the selected morphometric characteristics of stony accumulations localities (KA): axis x – number of the stony accumulations, axis y – altitude. Stony accumulations (KA) no. 1–2 (A area); stone accum. no. 3–15 (B area); stone accum. no. 16–20 (C area) and stone accum. no. 21–30 (D area).

ky je menší než 10 m. Rozměrově je opět největší lokalita č. 20 na jižním svahu Kamence, jejíž šířka je 560 m a délka 280 m. Druhou v pořadí je akumulace č. 29 na jižních svazích Kozelského hřebene, která je široká 310 m a dlouhá 155 m, třetí v pořadí je č. 17 na severním svahu Kamence, která je široká přes 210 m a dlouhá okolo 110 m. Všechny tři největší akumulace mají výrazně větší šířku než délku. Při zohlednění prostorového rozmístění je zřejmé, že akumulace s převládající šířkou nad délkou dominují všem čtyřem oblastem. Ze získaných dat nemohu tedy jednoznačně konstatovat, že na velikost akumulace má vliv expozice, sklon svahu, druh materiálu nebo jiné ukazatele. Posledním ukazatelem na Obr. 8B je průměrný sklon akumulací, který dosahuje hodnoty 22°. Největší sklon má lokalita č. 2 s 41° a č. 7 s 36° na strmých svazích Bukové hory a Bobří soutěsky. Pouhé tyto dvě lokality se vyznačují přítomností rozpadajícího se skalního, příp. mrazového srubu. Ani v tomto případě však nemohu jednoznačně říci, že existuje závislost mezi sklonem svahu a přítomností srubu, neboť několik dalších lokalit má obdobný sklon přes 30° a srub již nemají. Naopak nejmenší sklon má lokalita č. 9 (7,5°) též v Bobří soutěsce.

Vzhledem k charakteru reliéfu je naprostá většina kamenitých akumulací situována ve střední části svahu (25 akumulací), resp. zbývajících pět na úpatí. Vrcholová kamenná moře, známá např. z českých pohraničních hor, se zde nevyskytují. Díky dominující poloze ve střední části svahu má většina akumulací planární tvar, naopak akumulace situované například ve stržích se zde nevyskytují vůbec.



Obr. 8B. Graf vybraných morfometrických charakteristik kamenitých akumulací (KA): osa x – číslo KA, osa y – šířka, délka, průměrný sklon. KA č. 1–2 (oblast A); KA č. 3–15 (oblast B); KA č. 16–20 (oblast C) a KA č. 21–30 (oblast D).
 Fig. 8B. Graph of the selected morphometric characteristics of stony accumulations (KA): axis x – number of the stony accumulations, axis y – width, length, slope gradient. Stony accumulations (KA) no. 1–2 (A area); stone accum. no. 3–15 (B area); stone accum. no. 16–20 (C area) and stone accum. no. 21–30 (D area).

Dnešní vzhled kamenitých akumulací výrazně ovlivnila činnost člověka. Akumulace byly cenným a snadno dostupným zdrojem stavebního materiálu, díky tomu se na jedné třetině všech lokalit dochovaly relikty minulosti v podobě vyskládaných cest a stezek, protínajících napříč plochy kamení.

Naproti tomu přírodně formované „nerovnosti“ a zvláštnosti mají druhově podstatně pestřejší zastoupení. Na dvaceti akumulacích byl pozorován efekt výstupů chladného vzduchu v letních měsících formou tzv. ledových jeskyní, přibližně na šesti akumulacích se shodně vyskytují přírodní terasy, haldy či jiné tvary. Výskyt ledových jeskyní v letních měsících a zřetelné výrony teplého vzduchu (ventaroly) v zimním období naznačují na funkční vnitřní cirkulaci vzduchu v akumulaci. Tento jev popisuje např. Kubát (1974) nebo Raška et al. (2011).

Skalní, příp. mrazové sruby, které bezprostředně souvisí s kamenitými akumulacemi a jsou tak primárním zdrojem materiálu pro jejich tvorbu, byly nalezeny pouze dva – jeden pod Bukovou horou a druhý v Bobří soutěsce pod Verneřicemi (lokalita č. 2 a 7, Obr. 6A a 6B). Výška srubů je odhadem mezi 10 až 15 m se značně nekompatním tvarem, vyznačují se zřetelným vysokým stupněm rozpadu, pozorovaném například na čerstvých jizvách v kmenech stromů, rostoucích v dráhách skalního říčení. U srubu pod Bukovou horou byl dokonce pozorován úbytek hmoty v průběhu jednoho zimního období. Z charakteru srubů je patrné, že na destrukci bloků mají značný vliv nejen povětrnostní podmínky, ale také hojně narušení homogenity horniny kořenovými systémy.

Charakteristika litologie kamenitých akumulací

Shodným parametrem pro všechny kamenité akumulace jsou vulkanické horniny, které se však podle geologických map dělí do několika skupin. Nejvíce jsou zastoupeny akumulace se skupinou hornin olivinických alkalických bazaltů, bazanitů a limburgitů, dále skupina pyroklastik bazaltických hornin a pouze zanedbatelné množství lokalit je budováno skupinou fonolitů, trachytů až trachybazaltů. Poslední skupina tvoří pouze dvě lokality pod Bukovou horou (Chaloupský 1990).

Podle velikosti úlomků mají na akumulacích největší zastoupení klasty o průměru 25–50 cm, méně 50–100 cm – ty jsem lokalizoval například na neaktivnějších lokalitách pod Bukovou horou a v Bobří soutěsce. Pouze malé zastoupení mají klasty s průměrem do 25 cm a nad 1 m. Vždy však platí (s výjimkou dvou lokalit s rozpadajícími se skalními / mrazovými sruby), že větší klasty vlivem tzv. gravitačního třídění jsou v průběhu času deponovány do nižších částí akumulace.

Drtivá většina úlomků má zaoblené hrany, výrazně méně dokonce hrany oblé, na kterých je již značně patrné postupující zvětrávání povrchu horniny. Nejmenší zastoupení mají angulární (ostrohranné) úlomky, které dominují především na výše zmíněných lokalitách s „čerstvým“ přísunem materiálu ze srubů.

Na povrchu klastů se do značné míry kromě zvětrávání podílí také expozice svahu a s ním spojený výskyt vegetačního pokryvu, především pak porostů mechů a lišejníků vázaných na kyselé, v našem případě vulkanické horniny. Souvislé koberce mechů a lišejníků s pronikáním jejich kořenových vláken do horniny značně napomáhají narušení povrchu klastů, které posléze snáze podléhají zvětrávání, resp. rozpadu. Hladký povrch klastů bez větších známek zvětrávání jsem pozoroval opět pouze u dvou lokalit pod skalními / mrazovými sruby. Je zřejmé, že většina akumulací se nachází již v pokročilém stádiu vývoje. V okrajové přechodné zóně (ekotonu) akumulací se navíc často hojně vyskytují další byliny či dřeviny. Opadanka, odumřelé části vegetace atd. společně se zvětráváním úlomků způsobují postupné zazemnění akumulace, čímž dochází k postupnému zmenšování plochy těchto krajinných objektů. Tento proces jsem identifikoval především na severně orientovaných lokalitách s výskytem bujné vegetace.

ZÁVĚR

V Bukovohorském středohoří jsem lokalizoval třicet kamenitých akumulací. Kamenité akumulace jsou koncentrovány do čtyř oblastí o poměrně malé rozloze, nacházejících se téměř v okrajových částech sledovaného území, které jsou morfologicky nejčlenitější. Mezi společné znaky akumulací patří např. materiál z vulkanických hornin, poloha na špatně přístupných a zalesněných svazích se sklonem nejčastěji kolem 22°, zřetelné třídění materiálu působením gravitace, kromě dvou akumulací absence skalních / mrazových srubů a obdobné charakteristiky úlomků a vegetačních poměrů pro většinu lokalit. Na rozdíl od kamenitých akumulací v jiných částech labského údolí nebo na sopečných kuzelech Milešovského středohoří zde mají pouhé dvě lokality v bezprostřední blízkosti skalní/mrazový srub, představující zdroj materiálu pro jejich další vývoj. Pro ilustraci – v Bobří soutěsce se na 1 km² nachází celkem devět kamenitých akumulací prakticky se shodnými podmínkami a z toho pouze jedna má skalní/mrazový srub. Intenzivní odlamování horniny a úbytek materiálu na těchto dvou srubech však byl pozorován i během jedné zimní sezóny.

Většina akumulací se tak podle vytvořeného modelu a relativního datování nachází v posledním vývojovém stádiu (s výjimkou dvou výše zmíněných akumulací ve třetím dynamickém stádiu), neboť již neexistuje zdroj materiálu pro další tvorbu a dochází tak k postupnému zarůstání a zmenšování plochy na úkor sousedního biotopu. Především na příkrých svazích nelze do budoucna vyloučit, že působením hlavně vnějších činitelů (eroze, vyvrácení stromu atd.) může dojít kdekoliv k obnažení dalšího skalního masivu, který začne pochopitelně v určitém časovém horizontu přirozeně podléhat zvětrávání a destrukci. Takovým případem může být např. také rozpad masivu v opuštěných lomech nebo v místech sesuvů atd. Kamenité akumulace mají několik významů – např. v geomorfologii a geologii poskytují informace o vývoji krajiny v relativně nedávné době, dále jsou také významnými biogeografickými objekty v krajině, úzce spjatými s tímto specifickým prostředím, vyznačujícím se mj. vlastními klimatickými podmínkami, výskytem suťových a xerothermních dřevin atd.

Poděkování. Autor děkuje Mgr. Pavlu Raškovi, Ph.D. z Přírodovědecké fakulty Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem za pomoc při organizaci terénních průzkumů.

LITERATURA

- BALATKA B. & KALVODA J. 2006: *Geomorfologické členění reliéfu Čech. (Geomorphological division of relief of Bohemia)*. Kartografie Praha (in Czech and English).
- CAJZ V. 1996: *České středohoří. Geologická a přírodovědná mapa 1:100 000 (příloha). (The České Středohoří Mts – Geology and Nature Features)*. Český geologický ústav, Praha, 85 pp. (in Czech, English summary).
- CZUDEK T. 2005: *Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru*. Moravské zemské muzeum Brno, 238 pp.
- DEMEK J., MACKOVČIN P., BALATKA B., BUČEK A., CIBULKOVÁ P., CULEK M., ČERMÁK P., DOBIÁŠ D., HAVLÍČEK M., HRÁDEK M., KIRCHNER K., LACINA J., PÁNEK T., SLAVÍK P. & VAŠÁTKO J. 2006: *Hory a nížiny: zeměpisný lexikon ČR. [Highlands and lowlands. Geographical lexikon of the Czech Republic]*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno, 580 pp. (in Czech).
- CHALOUPSKÝ J. (ed.) 1990: *Geologická mapa ČR 1:50 000. Listy č. 02-23, 02-41, 02-42*. Ústřední ústav geologický, Praha.
- CHLUPÁČ I., BRZOBOHATÝ R., KOVANDA J. & STRÁNÍK Z. 2002: *Geologická minulost České republiky. [Geological history of the Czech Republic]*. Academia, Praha, 436 pp. (in Czech).
- KRÁL V. 1966: *Geomorfologie střední části Českého středohoří. [Geomorphology of the central part of the České Středohoří Mts]*. *Rozpravy Československé akademie věd*. Academia, Praha, 65 pp. (in Czech).
- KŘÍŽEK M., TREML V. & ENGEL Z. 2007: *Zákonitosti prostorového rozmístění periglaciálních tvarů v Krkonoších nad alpskou hranicí lesa. (Natural relations of spatial distribution of periglacial landforms above the alpine timberline in the Giant Mountains (Czech Republic))*. In: ŠTURSAJ. & KNAPIK R. (eds): *Sborník příspěvků z mezinárodní konference Geoekologické problémy Krkonoš, I. část. (Proceedings of the International Conference Geoecological Problems of the Giant Mountains, vol. I.)*. *Opera Corcontica* **44(1)**: 67–79 (in Czech, English abstract).
- KUBÁT K. 1974: *Proudění vzduchu sutěmi jako ekologický faktor. (Die Luftströmung in den Blockmeeren als ökologischer Faktor)*. *Opera Corcontica* **11**: 53–62 (in Czech, German summary).
- MAREK T. 2009: *Zákonitosti prostorového rozmístění suťových akumulací v Bukovohorském středohoří. [Patterns of spatial distribution of the scree accumulation in the Bukovohorské Středohoří Mts.]*. Unpublished bachelor thesis, deposited in: Přírodovědecká fakulta, Universita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem, 82 pp. (in Czech, English annotation).
- NEMČOK A., PAŠEK J. & RYBÁŘ J. 1974: *Dělení svahových pohybů. Sborník Geologických Věd, Hydrogeologie* **11**: 77–97.
- RAŠKA P. 2011: *Paleogeomorfologický význam a environmentální změna kamenitých akumulací v Českém středohoří. (Paleogeomorphologic significance and environmental changes of stony accumulations in the České středohoří Mts.)*. Unpublished dissertation thesis, deposited in: Masarykova Universita v Brně, 187 pp. (in Czech, English selected chapters).

- RAŠKA P. & DUBIŠAR J. 2010: Historické svahové pohyby v Českém středohoří v záznamech ústeckého regionálního tisku (1856–1902). (Historic landslides in the České středohoří Mts. archived in regional newspapers published in Ústí nad Labem (1856–1902)). Pp. 79–82. In: *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2010* (in Czech, English abstract).
- RAŠKA P., KIRCHNER K. & RAŠKA M. 2011: Winter microclimatic regime of low-altitude scree slopes and its relation to topography: case study from the České Středohoří Mts. (N Czech Republic). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* **34**: 235–246.
- TREML V., ENGEL Z. & KRÍŽEK M. 2003: Periglaciální tvary v alpinském bezlesí Vysokých Sudet. *Geografie – Sborník České Geografické Společnosti* **108**: 304–305.

SUMMARY

The paper is aimed at spatial distribution, morphology, and material characteristics of stony accumulations in the Bukovohorské Středohoří Mts (part of the České Středohoří Mts, Czech Republic). Stony accumulations and their specific position in the landscape are of significant importance in landscape ecology too. The studied mountains are built mainly by Tertiary neovolcanites of the České Středohoří Complex, relicts of Mesozoic sediments and recent sediments. This area is very liable to various forms of dangerous slope deformations – mainly landslides or rockfalls (Raška & Dubišar 2010). Stony accumulations were created by disintegration of the rock blocks (so-called rocky or frost-riven cliffs).

In total, thirty localities of stony accumulations were found in the study area. Their location is concentrated in four areas situated mainly in the marginal parts of the study area with a morphologically varied relief. Characteristics of stony accumulations were determined based on statistical processing and evaluation of morphometric and other field data. Most of the stony accumulations localities (67%) have eastern exposure (NNE-SSW), the mean altitude of the localities is about 445 m a.s.l., the mean maximum altitude is 458 m a.s.l. and minimum altitude 438 m a.s.l., the mean slope is about 22° (ranging from 8° to 41°). Most localities are extended in horizontal direction (60%), 23% are extended in vertical direction and 17% are approximately equal in length and width. The largest stony accumulation is situated on the southern slope of the Kamenec Hill – its horizontal width is 560 m and vertical length is 280 m (Fig. 8). Most of the accumulation localities (83%) are located in the central part of the slope (and only 17% at the foot). On most sites traces of anthropogenic interventions and numerous natural field inequalities were found. A typical phenomenon for stony accumulations is frequent incidence of their own air circulation. This circulation is manifested by occurrence of ice caves in the lower parts during summer and cracks on top of the accumulation through which hot and humid air rises during winter (e.g. Kubát 1974 or Raška et al. 2011). The rocky/frost-riven cliffs as source of material for future development to stony accumulations were found near to only two stony accumulations localities. These rocky/frost-riven cliffs have a strongly disturbed and intensively disintegrated shape, their height is 10–15 m. All localities are formed by volcanic materials, most of the rock fragments have a diameter of 25–50 cm (whereas the localities with rocky/frost-riven cliffs have a diameter greater than 100 cm), rounded edges, weathered surface and the accumulation material is distinctly sorted by gravitation. Especially the humid northern slopes are covered by mosses and lichens.

A simplified illustration model of slope evolution, including disintegration of the rocky/frost-riven cliff and creation of the stony accumulation is presented by the author (Fig. 7). This model has five stages: 1 – mostly forested slope without a rocky/frost-riven cliff and

stony accumulation; 2 – disturbance of the slope and rock basis e.g. by erosion, beginning of rocky/frost-riven cliff weathering and disintegration; 3 – dynamic intensive disintegration of the rocky/frost-riven cliff and creation of the stony accumulation in a terrain depression or a concave part of the slope; 4 – end of rocky/frost-riven cliff disintegration, limited supply of the material; 5 – last/final stage, slope without a frost-riven cliff, no supply of the material, stony accumulation covered by vegetation. Altogether 28 stony accumulations in the study area are in the last stage and only two localities are in the third stage with dynamic evolution.

