

# GEOMORFOLOGIE NECKOVITÝCH ÚDOLÍ HOSTINSKÉ PAHORKATINY A SKALNÍCH DEFILÉ V KLÁŠTERSKÉ LHOTĚ U HOSTINNÉHO

Geomorphology of flat-floored valleys of the Hostinská pahorkatina  
hilly land and river scarps at Klášterská Lhota near Hostinné

Vlastimil PILOUS

Jiráskova 396, 543 71 Hostinné, e-mail: vlpilous@seznam.cz

Labe vytváří v Podkrkonošské pahorkatině typickou stromovitou říční síť, na níž se významně podílí pánvovitá geologická stavba území. Samotné Labe a v menší míře i Malé Labe a Cistá zde navíc vyhloubily typická neckovitá údolí, v jejichž strmých svazích vzniklo mladou laterální erozí několik skalních defilé v permských sedimentárních horninách. Jejich velmi tenké zvrstvení a husté rozpukání, spolu s velmi malou odolností zdejších aleuropelitů podmiňují mimořádně rychlý průběh erozních procesů a zvětrávání skalních stěn (zvláště v podobě laterální eroze, kongelifrakce, selektivního a biologického zvětrávání), které jsou co do intenzity v našich klimatických podmínkách zcela mimořádné. Čtyři nejtypičtější skalní defilé se nacházejí v Klášterské Lhotě u Hostinného, kde kombinace uvedených procesů podminila vznik celé řady neobvyklých až zcela výjimečných drobných geomorfologických tvarů (lineární skalní terasy, osypy, stržovitě až soutěskovité svahové rokle a zářezy, drobná skalní zřícení, boční koryto Labe, početné občasně vodopádové stupně – v několika případech i visutého typu). Jejich koncentrace nemá jako celek u nás obdobu nejen v permských horninách, ale nejspíše ani v žádných jiných skalních defilé v rámci celé republiky.

**Klíčová slova:** Podkrkonošská pahorkatina, neckovitá údolí, skalní defilé, permské sedimentární horniny, laterální eroze, recentní zvětrávání, skalní zřícení, boční koryto, periodické, efemerní a visuté vodopády

**Keywords:** Podkrkonošská pahorkatina hilly land, flat-floored valley, river scarps, permian sedimentary rocks, lateral erosion, recent weathering, rockfalls, lateral river niche, periodical and hanging waterfalls

## 1. Úvod

Neckovitá údolí a zvláště podélně lineární skalní defilé údolních svahů, patří ke georeliéfovým formám, kterým byla zatím v naší literatuře věnovaná jen malá pozornost. Shodou okolností se s nimi u nás setkáváme nejčastěji právě v regionu východních a severovýchodních Čech, zvláště v křídových sedimentech (slínovcích) severovýchodních okrajových částí České tabule. Ve velmi typické formě se však vyvinuly i v permských sedimentech podkrkonošské pánve, zvláště v povodí Labe. Nejpočetnější a nejlépe vyvinuté úseky neckovitých údolí s několika skalními defilé se nacházejí podél Labe v Hostinské pahorkatině, představující centrální část Podkrkonošské pahorkatiny. Labe je ústředním a nejvodnějším tokem tohoto území, který protíná Podkrkonošskou pahorkatinu napříč v linii Vrchlabí – Hostinné a rozděluje její přibližně kosodélníkový půdorys na dvě téměř stejně velké části. Jeho průměrný průtok v úseku nejpočetnějších skalních defilé mezi oběma zmíněnými městy vzrůstá na dvojnásobek ( $z\ 2,5\ \text{na}\ 5\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ).

Skalní defilé je geomorfologickou formou, které nebyla v naší literatuře zatím věnovaná významnější pozornost. S jeho méně častým geologickým pojetím jako přirozeného



První a současně jediné skalní defilé na karbonském podloží (aleuropelitech) se nachází na levém břehu nad jezem v centru Vrchlabí, které se také jako jediné vyznačuje ve shodě s pánavovitou vrstevnatostí větším sklonem vrstev (25°/J) a v zimním období se vzhledem k hojným průsakům puklinových vod často pokrývá početnými ledovými rampouchy až ledopády. Všechna ostatní skalní defilé v údolí Labe i jeho přítoku Malého Labe vznikla již na permském podloží a to v autunském prosečenském souvrství, tvořeném hnědočervenými aleuropelity, podřadně i jemnozrnnými pískovci, polohami pestrobarevných slínovců, prachovců, ale i vápenců. Některé úseky strmých údolních svahů na podloží vrchlabského a pod Hostinným i chotěvíckého souvrství i s drobnými skalními výchozy lze považovat již pouze za senilní, zanikající nebo již i přímo zaniklá stádia skalních defilé.

Cizorodý prvek v permských sedimentech představují tři drobné výchozy bazaltandositů (melafyrů) ve spodní až úpatní části levého svahu údolí pod soutokem Labe a Malého Labe (PILOUS Z. 1966), který je současně i nejvýhodnějším výskytem těchto hornin na celém území podkrkonošské permokarbonské pánve. Jeden z nich, nejnižší položený, je dokonce i součástí skalního defilé. Představují pravděpodobně ložní žily obnažené hloubkovou erozí a mohou mít souvislost se zlomovou linií procházející od jihovýchodu podélně údolím Labe. Vznik ani vývoj říčních defilé (na rozdíl od údolí Jizery mezi Sytovou a Semily) však tyto melafyry nijak neovlivnily. Ve starší minulosti zde byl jeden z výchozů (situovaný nejbližší k soutoku obou řek) v nepatrné míře i těženy.

Odlíšné litologické vlastnosti jednotlivých hornin a vrstev prosečenského souvrství mají přímý vztah k charakteru a modelaci skalních defilé a výrazně se podílejí na selektivním zvětrávání, které vede ke stupňovitosti a členitosti stěn jednotlivých skalních defilé, zvláště markantně právě u nejrozsáhlejšího (prvního) z nich v Klášterské Lhotě. Velmi významnou roli hraje charakter odlučnosti a z něj vyplývajícího rozpadu a zvětrávání. Permské aleuropelity patří k mimořádně málo odolným horninám. Jejich základní odlučnost je deskovitá, nebo zcela tence destičkovitá, ale většina vrstev se podle příčných vlnových puklin ještě dále rozpadá a výsledné frakce mají proto velmi drobné střípkovitý, resp. kostičkovitý charakter. Tato odlučnost spolu s vysokou nasáklivostí horniny vede k extrémně rychlému mrazovému zvětrávání, které nemá pravděpodobně co do rychlosti v našich podmínkách u skalních hornin obdobu. Malá soudržnost permských hornin vede i k častému odlamování celých drobných bloků podél strmých až svislých puklin, které se převážně vyznačují i klikatým průběhem v důsledku křížení s vrstevními spárami.

Pevnější a soudržnější polohy jemnozrnných pískovců vykazují odlišnou, pouze deskovitou odlučnost a podobně jako tvrdší, tenké vápnité až vápencové vrstvičky (často řádově o mocnosti jen několika cm) mají významnou roli při zvětrávání a detailní modelaci stěn, neboť vytvářejí početné selektivně vypreparované lišty, římsy až terásky ve skalních stěnách.

### **3. Geomorfologické poměry Hostinské vrchoviny**

Hostinská vrchovina zaujímá poměrně nízko položený, výškově homogenní, destrukční povrch, který se jako celek mírně sklání od SZ k JV (DEMEK at al. 1987, DEMEK, MACKOVČIN at al. 2006), tj. od úpatí Krkonoš k průlomovému, antecedentnímu údolí Labe Kocléřovským hřbetem jako jedinému místu, kudy dochází k odvodňování celé střední části Podkrkonošské pahorkatiny. To má za následek vznik lokální stromovité vodní sítě, kde se v prostoru Hostinného vějířovitě stéká pět významnějších vodních toků (Labe, Malé Labe, Čistá, Pilníkovský a Kalenský potok neboli Olešnice). Zdejší stromovitá říční síť, jejíž vznik výrazně podmínila místní geologická stavba (pánvovitý charakter území s celkovým sklonem k jihu a také poloha mezi výše položenými orografickými jednotkami

Krkonoš a kuestovitého Koclěrovského hřbetu) je jednou z nejdokonalejších ukázek tohoto typu odvodňování v celé republice.

Pro celé území Hostinské pahorkatiny jsou charakteristické široké (nejčastěji 2–3 km) meziúdolní hřbety s plochými až úzce plošinovitými temeny, které představují pozůstatky sníženého, mladofetihorního zarovnaného povrchu (pedimenty) a středně zahlobená údolí s poměrně širokými (100–400, výjimečně až 500 m) plochými nivami, jejichž šířka je závislá na vodnosti toků. Nejširší je proto u nejvodnějšího Labe (200–400 m), menších hodnot dosahuje u Malého Labe (200–300 m), u nejmenší u ostatních (Čistá, Pilníkovský a Kalenský potok, 100–200 m).

Samostatnou zmínku zaslouží charakter zdejších hlavních údolí Labe, Malé Labe, Čistá, která byla v minulosti označovaná jako kaňonovitá (BALATKA 1965), ale jejich tvarové i morfometrické znaky odpovídají charakteru neckovitých údolí. Nejhlubší (ponejvíce 40–60 m) a tvarově nejpřipíchnější neckovité údolí s příkrými svahy (20–40°), které skýtají nejpriznivější možnost vzniku skalních defilé, vytvořilo alochtonní a výrazně nejvodnější Labe s velkou erozní schopností a to střídavě v obou údolních svazích, v soulase s častým holocénním přemísťováním toku v údolní nivě a následným střídavým přimykáním řeky k svahům na obou stranách údolí. Reliéfově nejdokonalejší podobu má neckovité údolí právě v úseku u Klášterské Lhoty, což koresponduje s tím, že v tomto úseku vznikla i nedokonalejší a nejdelší skalní defilé.

Údolí druhého největšího alochtonního toku Malého Labe, přítoku Labe nad Hostiným, je přibližně paralelní s Labem a přesto již má pro svou asymetrii v příčném profilu výrazně odlišný charakter. Představuje málo obvyklý případ převážně pouze jednostranně neckovitých údolí, neboť tomuto typu jednoznačně odpovídá pouze pravý, nižší svah údolí. Ten se vyznačuje v celém úseku toku v Hostinské pahorkatině souvislým, strmým svahem (se sklonem 25–50°) s útržkovitými skalními defilé, jen minimálně členěným na několika místech velmi krátkými zářezy (s délkou do několika set metrů) periodických postranních toků. To bezpochyby souvisí s tím, že tok přimyká v celém svém úseku toku na permském podloží výhradně k tomuto svahu, který je tak vystavený laterální erozi. Tento břeh je také výrazně ovlivněn celkovým charakterem říční sítě tohoto území. V 7 km dlouhém úseku celého Dolního Lánova a Prosečného provází Malé Labe ve vzdálenosti pouhých 100–700 m prakticky paralelní a velmi netypický tok Suchého (též Mezilabského) potoka, který je pravděpodobně fosilním torsem někdejšího vodnějšího toku stékajícího z krkonošského krystalinika, který přišel o horní část povodí v důsledku říčního pirátství. Ploché hřbítek, který je odděluje, má charakter jen slabě zvlněného, sníženého zarovnaného povrchu a v koncové části v Prosečném dokonce již jen velmi úzké, ostrohovité plošiny vymezené ostrými okrajovými hranami. Tak úzký hřbítek téměř vylučuje vývoj postranních přítoků a tím i vznik jejich zářezů až údolíček, které by členily strmé svahy recentních i senilních skalních defilé a přispívaly k jejich zániku. Jak ukazuje příklad jednoho z mála pravostranných postranních zářezů v Dolním Lánově, kde je šířka hřbítku poněkud větší (okolo 500 m), nejen přerušuje úsek skalního defilé, ale jeho periodický potůček ústí přímo do koryta visuté svíslou stěnou s vodopádkem, vysokým 2,5 m. Poměrně nízký hřbítek v důsledku pokročilé denudace je však současně i příčinou menší výšky strmých svahů, která dosahuje ponejvíce jen okolo 20–30 m, tedy zhruba poloviční než u Labe. Tím je samozřejmě výrazně menší i výška samotných skalních defilé.

Mnohem delší a vyšší levé údolní svahy mají nápadně menší sklon (10–20°) a postrádají až na krátký úsek v prostoru Prosečného výraznější ostrou horní hranu, něku-li skalní výchoze příznačně pro neckovité údolí. Navíc jsou v celé délce členěny v důsledku řady drobných údolíček svahových přítoků, které z nich stékají. Tato údolní asymetrie je podmíněna vedle vývoje samotné vodní sítě patrně i geologicky (sklonem vrstev) a také

obloukovitým stáčením Malého Labe v celé jeho délce Hostinskou pahorkatinou (tj. úseku na permském podloží), takže vnější, pravý břeh se skalními defilé je na nárazovém břehu, který je tak vystavený stále laterální erozi.

Údolí Čisté, třetího z alochtonních toků a přítoku Labe v Hostinném má neckovitý charakter již méně výrazně a navíc úsekovitě a to pouze v dolní části toku pod tzv. Bělídlem ve spodní části Rudníku. Jeho svahy jsou sice vyšší než u obou předchozích toků, ale s podstatně rovnoměrnějším sklonem v celém profilu a také více členěné zářezy až údolíčky početných svahových přítoků. Jediný krátký úsek strmých svahů, který představuje skalní defilé ve stádiu zániku, ale ještě i s nízkými, lineárními skalními výchozy, se nachází v délce asi 1 km v pravém svahu pod zámekem v Rudníku. Krátké torzo podobného charakteru je ještě na úpatí stejného svahu na horním konci Arnultovic.

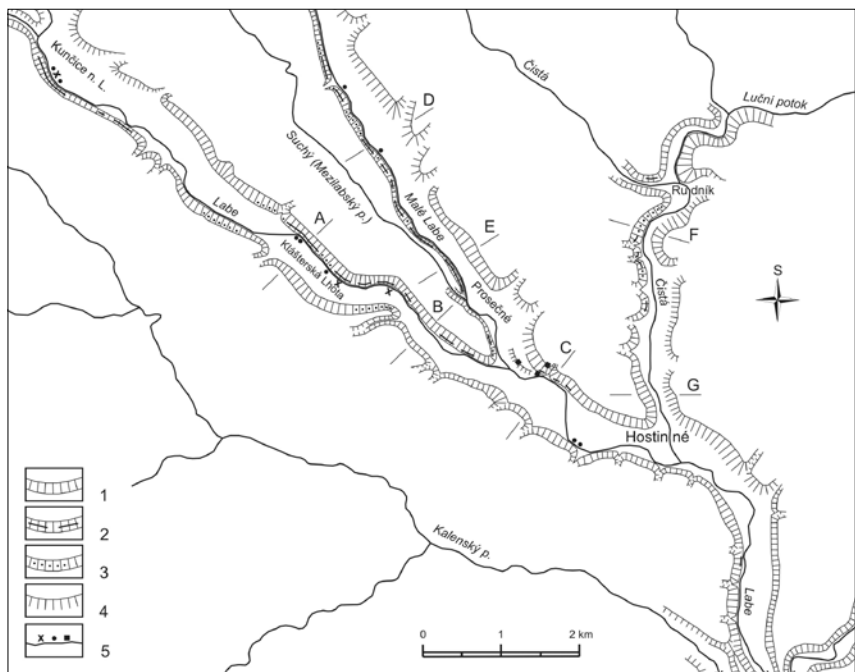
Pilníkovský a Kalenský potok, poslední dva z větších přítoků Labe v prostoru Hostinného jsou odlišné hlavně v tom, že se jedná o zcela autochtonní toky, které protékají v celé délce na podloží podkrkonošského permu. Projevuje se to i na zcela odlišném charakteru jejich údolí, která jsou široce rozvětvěná a vyznačují se podstatně mírnějšími svahy. Až na nejspodnější část přes ústím do Labe proto téměř postrádají strmé úseky úpatních svahů vytvářené mladou laterální erozí a nevystupují v nich ani skalní defilé.

Útržkovitá skalní defilé na permském podloží se nacházejí i v údolí Úpy v Trutnově a mezi Suchovřícemi a Havlovcemi (s největší koncentrací v prostoru Úpice), ale liší se litologicky (výrazně zde převažují homogennější a mocnější vrstvy saxonských červených pískovců trutnovského souvrství), což podmiňuje i podstatně pomalejší postup zvětrávacích procesů a z toho vyplývající odlišnou modelaci stěn. Navíc se z velké části nalézají přímo v dosahu intravilánů a proto jsou často v různé míře poznamenané antropogenními zásahy (hlavně urbánními a komunikačními).

#### **4. Vznik a vývoj skalních defilé v údolí Labe**

Pro vznik skalních defilé v Hostinské pahorkatině je rozhodujícím faktorem neckovitý charakter údolí Labe, který díky ploché údolní nivě umožňoval přemísťování toku v geologické minulosti. Vlastní řečiště tak střídavě přimykalo a i v současnosti přimyká k pravému i levému svahu. Oba svahy byly vzhledem k malé odolnosti permských hornin, zvláště aleuropelitů a naopak neporovnatelně tvrdšímu unášenému materiálu z krkonošského žulového plutonu a krystalinika (odsud zvláště svorovému, fylitovému a ortorulovému) vystavené po celý holocén intenzivní laterální erozi, která je bezprostředním faktorem vzniku zdejších skalních defilé.

V úseku mezi Kunčicemi n. L. a Hostinným je celkem 8 výraznějších skalních defilé (dvě na pravém břehu v Kunčicích n. L., čtyři na levém v Klášterské Lhotě a těsně pod ní, jedno další na též na levém nad jezem nad soutokem Labe s Malým Labem a jedno v Hostinném pod tímto soutokem, též na levém proti místní čtvrti Dobrá Mysl). Některé z nich (zvláště první v Kunčicích n. L., první, druhé a čtvrté v Klášterské Lhotě) jsou provázené paralelními úseky peřejí a nízkých prahů na skalním podloží v korytě, vesměs výrazně ovlivněných velmi mírně ukloněnou vrstevnatostí horniny a u prahů i charakterem a směrem vertikálních puklin. Nejvýznamnější je tzv. Práh Labe v Klášterské Lhotě (PILLOUS V. 2005). Několik dalších úseků představuje senilní, popř. již i přímo zanikající a zaniklá skalní defilé. Ty mají podobu strmých svahů (35–50°), jen s útržkovitými a nízkými skalními výchozy, které jen slabě vystupují z roviny svahu. Vedle laterální eroze je pro charakter zdejších skalních defilé nejvýznamnější velmi malá odolnost zdejších permských hornin, zvláště aleuropelitů vůči erozi i zvětrávání a proto zdejší skalní defilé rychle vznikají, ale stejně tak i zanikají. Nejvyšší a nejskalnatější partie defilé jsou proto v úseku, kde vodní tok poprvé přimyká, nebo spíše přímo naráží na úpatí svahu a koryto tu

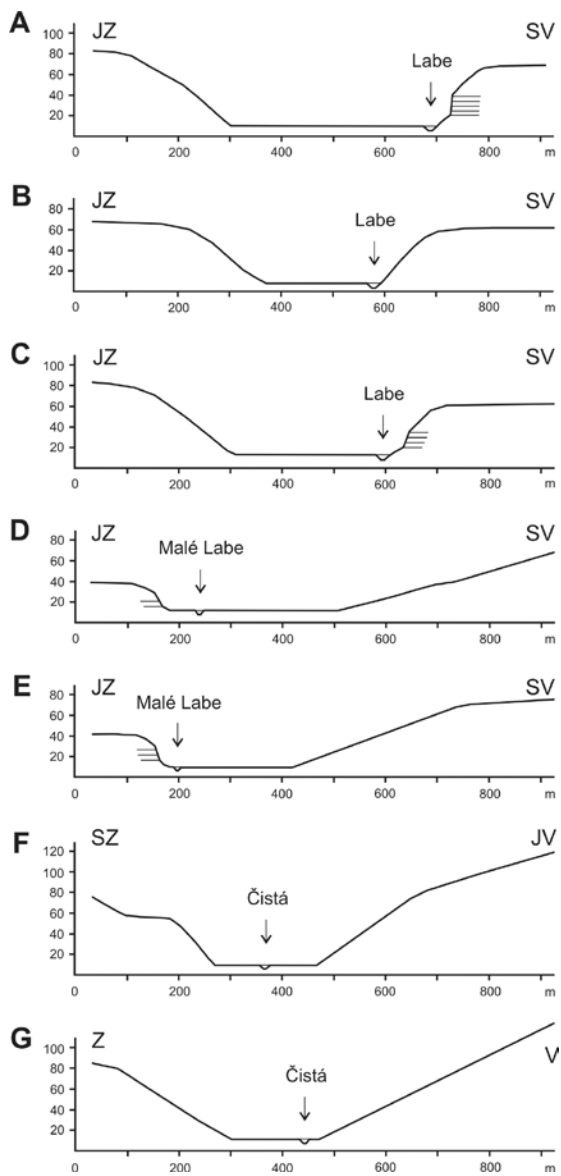


**Obr. 1:** Údolí Labe, Malého Labe a Čisté v Hostinské pahorkatině. A-G – linie příčných profilů. Legenda: 1. Svahy neckovitého údolí, 2. skalní defilé, 3. senilní a zanikající části skalních defilé, 4. ostatní erozně-denudační svahy údolí menšího sklonu, 5. říční prahy, peřeje a skalní dna koryt, výchozy melafyrových ložnic žil (zleva doprava).

**Fig. 1:** The Labe, Malé Labe and Čistá Rivers in the Hostinská pahorkatina hilly land. A-G lines of transverse profiles. Explanations: 1. Slopes of the flat-floored valley, 2. river scarps, 3. senile and perishing parts of river scarps, 4. other erosion-denudation valley slopes of more gentle declination, 5. step-like rapids, rapids and rocky channel bottoms, melaphyre sill outcrops (from left to right).

proto vytváří různě výrazný ohyb, zatímco dále směrem po toku, kde teče již paralelně se svahem, laterální eroze slábne a začínají nad ní převažovat destruktivní, zvětrávací procesy. Skalní stěny tu proto pozvolna vyznívají a přecházejí nejdříve ve skalnatý svah a posléze již jen pouhý, byť nápadně strmý svah. Jedinou výjimku tvoří část prvního a celé druhé a třetí skalní defilé v Klášterské Lhotě. Příčina spočívá v tom, že Labe zde teče přímo při levém úpatí svahu a úpatí skalních defilé zapadají do blízkosti řečiště, nebo dokonce přímo do něj. Délka těchto tří skalních defilé, v souhrnu výrazně převyšující všechna ostatní je pravděpodobně podmíněná i místním sklonem vrstev, byť velmi mírným (1–5° k S až SZ); ty proto zapadají do svahu a k řečišti jsou proto obrácená jejich čela.

Významným prvkem v modelaci zdejších skalních defilé je odlišná odolnost jednotlivých souvrství, která se projevuje v terasovitém členění některých partií jejich stěn anebo i senilních úseků a přilehlých skalnatých svahů. Průběh teras nápadně kopíruje lokální sklon vrstev, a jelikož je převážně přibližně horizontální, vznikají na nich i zcela drobné útržky ospů.



**Obr. 2:** Příčné profily údolími Labe, Malého Labe a Čistá (lokalizace viz na obr. 1) Vodorovné čárky vyznačují skalní defilé.

**Fig. 2:** Transverse profiles of the Labe, Malé Labe and Čistá Rivers (for location see Fig. 1). Horizontal lines indicate river scarps.

## 5. Geomorfologie skalních defilé v Klášterské Lhotě

Poloha skalních defilé v prostoru Klášterské Lhoty není náhodná, neboť právě v tomto úseku vytváří Labe vůbec nejhlubší a nejvýraznější neckovité údolí v rámci celého Podkrkonoší. Nacházejí se ve strmém údolním svahu na levém břehu Labe, tedy opačném než obec a vytvářejí významný krajinný prvek, zdůrazněný ještě nápadným červenohnědým zbarvením skal, které je typické pro permské horniny, vznikající v horkém pustinném klimatu. Jsou celkem čtyři, z čehož dvě horní se nacházejí v bezprostřední blízkosti intravilánu Klášterské Lhoty za řekou, třetí a čtvrtá mírně pod ním směrem po toku, kde se již řečiště vzdaluje od obce.

Stratigraficky odpovídají zdejší skalní defilé svrchní části prosečenského souvrství autunu, které je produktem nejjemnější sedimentace v celém podkrkonošském permokarbonu (PROUZA 2005). Litologicky se jedná o hnědočervené aleuropelity, tj. prachovité jílovce až jílovité prachovce, s nepravidelně rozptýlenou prachovitou (vločky prachovců), až jemně písčitou složkou (pískovce), zpravidla vápnitou (vločky prachovitých vápenců). Vyznačují se výraznou vrstevnatostí a zřetelnou deskovitou odlučností, v některých polohách jsou však i nevrstevnaté (textura bahna). Polohy nevytříděných pískovců jsou uloženinami z někdejších koryt. Oddíl převládajících aleuropelitů u Klášterské Lhoty má mocnost okolo 66 m, celková mocnost prosečenského souvrství u nedalekého Hostiného však až 400 m. Místy v nich vystupují i poměrně tenké polohy (od několika cm až dm) jemnozrnných pískovců a také polohy slaběji či silněji vápnité (TÁSLER 1968). Směr vrstev je většinou Z–V, popř. až JZ–SV, se sklonem 1–5°/S až SZ.

Výškově se však každé skalní defilé nachází v jiném souvrství, což vyplývá již ze sklonových poměrů geologických vrstev i toku. Úsek údolí se skalními defilé je dlouhý 1 500 m, sklon hladiny Labe je zde 6,66 ‰ a sklon vrstev průměrně 3° směrem proti toku; při těchto hodnotách je zřejmé, že úpatí každého z nich je v jiné absolutní výšce, a tedy i v jiných vrstvách. Proto jsou navzdory poměrně malé vzájemné vzdálenosti jak samotná skalní defilé, tak svahové úseky, které je oddělují, výrazně odlišného charakteru.

První skalní defilé je nejvyšší, ale členěné skalními teráskami a v důsledku výšky i nejvýznamněji postižené skalním řícením. V současnosti však již není přímo modelované laterální erozí Labe a proto je na úpatí lemované výraznými osypy. Druhé směrem po toku je již sotva poloviční výšky, ale jeho skalní stěna je podstatně jednodušší a výrazněji ovlivněná recentní laterální erozí Labe a třetí je nejnižší, ale jeho stěna je nejsouvislejší a minimálně členěná, neboť je bezprostředně silně recentně modelované laterální erozí Labe. Čtvrté, více izolované, se nachází opět v mírném ohybu řeky a lze v něm odlišit dvě výškové úrovně, přičemž spodní, litologicky odlišné (mj. naředlým zbarvením horniny) je sice nízko nad hladinou řeky, ale k bezprostřední laterální erozi zde nedochází. Přímě pod ním se nachází další horizontální práh Labe, ale v méně dokonalé podobě než hlavní výše v obci.

Rozdílnost je patrná i na svahových úsecích, které oddělují jednotlivá skalní defilé. Svah mezi prvním a druhým defilé je velmi strmý (40–50°) s ostrou horní hranou a jsou v něm zachovalé i útržkovité skalní výchozy (včetně jednoho vloženého, malého a nedokonalého skalního defilé pod horní hranou), zatímco mezi druhým a třetím defilé pod betonovým mostem ve spodní části obce je již jen mírnější svah (okolo 15–20°) až k vrcholové plošině a zcela bez skalních výchozů. Tento úsek, a pravděpodobně i výše položené části svahu nad třetím skalním defilé vykazují znaky staré antropogenní, montánní modelace. Nachází se tu jeden rozsáhlejší zemník s odvalem směrem po svahu, ale hlinité zvětraliny se tu podle netypických sklonových poměrů i modelace svahů i svahových rýh zřejmě těžily i na dalších místech. S touto těžbou souvisí některé drobné komunikační



tvary reliéfu v tomto prostoru (cesty na svahových náspech a úvozy). Opět jiný charakter má svah mezi třetím a čtvrtým defilé; v horní části je mírnější a ve spodní části nad řečištěm se sklon výrazně zvětšuje, přičemž tato strmá část se směrem ke čtvrtému, vyššímu defilé také zvyšuje.

Celková výška levých svahů neckovitého údolí v tomto úseku dosahuje až 60 m, celkový sklon od 20 do 40°, ale v úsecích navazující na skalní defilé, resp. představující jejich zaniklé části až 50°. V řečišti Labe zde vystupují početné subhorizontální skalní plotny na vrstevních plochách; nejdelší a nejsouvislejší jsou v prostoru svahů mezi prvním a druhým defilé, ale pokračují ještě podél výše ležící části druhého skalního defilé, kde jsou ukončené nejvýraznější stupněm, tzv. Práhem Labe (PILOUS 2005). Pokud je jejich povrch hrboletý, vytvářejí nízké peřeje a proudy, některé, jako právě Labský práh však vytvářejí i lavice s hladkou horní vrstevní plochou.

Regulace levého břehu řeky v údolní nivě nad obcí končí v horní části prvního skalního defilé, níže však už je levý břeh přírodní. Opačný, pravý břeh Labe směrem do aluvia je s ohledem na obec v celé délce uměle upravený regulací vysokou okolo 3 m a pod obcí i nízkou protipovodňovou hrází.

Významným znakem všech stěn zdejších skalních defilé, který zasluží samostatnou poznámku je mimořádně rychlé recentní, zvláště pak mrazové zvětrávání velmi málo soudržných a odolných permských hornin, které pravděpodobně nemá co do intenzity u nás nikde obdobu a lze ho pozorovat pouhým okem i v jediném meziročním časovém měřítku. Zásadní podíl má na tom charakter odlučnosti a tedy i rozpadu hornin. Ve zdejších velmi tence vrstevnatých horninách výrazně převládá deskovitá odlučnost, ale v detailu se u jednotlivých poloh ještě dosti liší. V kompaktnějších tvrdších (hlavně jemně pískovcových až prachovcových) probíhá rozpad v rozměrnějších deskách (o průměru řádově nejčastěji decimetrů, příležitostně až metrů), a i ty se dále rozpadají v deskovité podobě. U jílovcových probíhá rozpad primárně také ve velmi drobně destičkovité podobě (o průměru řádově nejčastěji cm), ale ty se v další fázi v masovém měřítku dále rozpadají podél příčných vlnovitých puklinek a výsledný tvar frakci je proto nejčastěji zcela drobně střípkovitý, resp. nepravidelně kostičkovitý, řádově o průměru převážně již jen mm. Lokálně se ve zdejších aleuropelitech nacházejí i partie s drobně lasturovitou, nebo dokonce sférickou odlučností.

Velmi významným činitelem který zásadně přispívá k intenzitě procesů rozpadu a kongelifrakce (popř. i gelivace), je obecně velmi silná průlinová i puklinová propustnost všech zdejších hornin, která je ještě znásobena lokálními poměry v podobě j. až jz. expozice skalních stěn, ale i jejich výškové kombinace se svahovými úseky. To se projevuje nejvýrazněji v zimním a předjarním období, kdy zde dochází k nejintenzivnějšímu zvětrávání. Sníh na výše ležících částech svahů i na teráskách skal vlivem expozice za silných oblev a předjarním tání nejrychleji odtává a (popř. spolu s případnými dešťovými srážkami) stéká a vsakuje podle sítě miniaturních puklinek i větších trhlin do skalní stěny. Rozsáhlé zvlhčené partie až záteky jsou v těchto obdobích na stěnách velmi dobře patrné, neboť díky červenohnědému zbarvení horniny ještě více ztmavnou. Následné zmrznutí způsobuje extrémně silné trhání málo soudržné horniny a tím i intenzivní opad oněch drobných částecek při dalším oteplení. Koncem zim – zvláště takových, které vykazují velké teplotní výkyvy – lze na jaře pozorovat na úpatí stěn na sněhu (ve třetím skalním defilé i na ledových krustách), ale i loňské suché vegetaci a napadaném listí jako významně masový jev vrstvičky (o mocnosti několika mm) anebo celé kupičky těchto drobně zrnitých zvětralín, vzniklých za jedinou zimu. Nejintenzivnější je tento proces v místě úpatních osypů a koresponduje to se skutečností, že jejich vrcholy přiléhající ke stěnám jsou trvale

obnažené bez vegetace, neboť ani nestačí zarůst. Mimoto lze na jaře ve stěnách hojně pozorovat i drobné labilní partie skalního povrchu, vykloněné pod nejrůznějším úhlem, jejichž zřícení je často otázkou pouhých dní nebo týdnů. Ve stejném období lze ve sněhu na úpatí pozorovat i větší zřícené deskovité úlomky kompaktnějších vrstev, které často ve sněhu vytvoří i červenavý otisk. O intenzitě zvětrávání a opadu a z nich vyplývajícího celkového rychlého ústupu stěn svědčí hojně případy stromů a keřů, jejichž kořenové systémy vyčnívají až několik decimetrů (často i horizontálně) ze skalní stěny. Také tento jev nelze v našich podmínkách v takové míře pozorovat nejspíše nikde jinde. A poslední mohu z četných osobních pozorování v tomto ročním období potvrdit i akustický projev tohoto procesu. Slabé harašení provázející opad a sypání drobných úlomků se stěn se v některých partiích ozývá až v minutových intervalech. Taková intenzita zvětrávání nemá v našich klimatických podmínkách nikde jinde pravděpodobně obdobu.

Vedle těchto miniaturních, ale zato hojných projevů zvětrávání se ve stěnách zdejších skalních defilé uplatňují i relativně častá skalní zřícení. V obecném měřítku patří vesměs mezi malá, ale i mezi nimi jsou značné rozdíly. Většina má podobu pouze několika sespaných balvanů o celkové kubatuře jen 1–2 m<sup>3</sup>, které se po dopadu na úpatních osypech většinou roztrhají na menší úlomky (s osami do 0,5 m dlouhými). Ta jsou zde tak častá, že každý rok (většinou v předjarním až jarním období) lze nějaké evidovat a někdy je jich i více. Výmluvně o nich svědčí i velmi početné vyhojené jizvy na kmenech mladých stromů porůstajících poměrně hustě úpatní osypy. Jsou vesměs ve spodní části kmenů dřevin na straně obrácené ke stěně a je zřejmé, že je způsobily padající a skákající kameny.

Za posledních několik desetiletí zde však vzniklo i deset rozsáhlejších skalních zřícení, kdy se odtrhla a zřítla celá část stěny (popř. blok) o objemu několika m<sup>3</sup> až desítek m<sup>3</sup>. Pokud se skalní masa zřítla přímo do koryta, povodně jejich akumulace velmi rychle odstraní, ale na úpatních osypech zůstávají zachované řádově desetiletí, v závislosti na velikosti úlomků. Na vzniku skalních zřícení se podílejí nejvíce výrazné strmé až svislé pukliny nebo trhliny, které jsou přibližně paralelní se skalní stěnou, nebo s nimi svírající velmi ostrý úhel. Ty také nejčastěji ohraničují výrazněji vystupující bloky vystupující ze stěn. V některých případech ale výškově vymezují vyřícené partie také jednotlivé zhruba horizontální tvrdší vrstvy a polohy, popř. jejich vrstevní spáry a v těchto případech je horní, popř. i dolní linie odtrhu horizontální a přímočará.

Litologické vlastnosti zdejších hornin však umožňují i mimořádně významné uplatnění biologického zvětrávání až přímé destrukce, které lze sledovat přímo i na mnoha konkrétních příkladech. Velká členitost skalních stěn, dílčí terásky, ale i silné rozpukání a malá odolnost horniny usnadňuje hojně uchytávání dřevin (stromů i keřů) z náletu. Jejich kořenové systémy, postupující hlavně po puklinách a trhlínách pak způsobují rozvolňování horniny, které vede na některých místech k odtržení celých bloků skály tj. drobným skalním zřícením. Kořeny, resp. celá část kořenových systémů se pak ocitají v délce i několika metrů na povrchu. Paradoxně tu však lze však registrovat i opačné případy, kdy některé drobnější výstupky skalního povrchu drží pohromadě kořenový systém určitého keře a dočasně tak brání jejich zřícení. Nejvýrazněji se to projevuje u některých drobných vodopádových stupňů popsaných dále, kdy na jejich horní skalní hraně roste strom, jehož kořeny vytvoří novou horní hranu a brání tak po určitou dobu jejímu eroznímu rozrušování a snižování a tím i ústupu vodopádu.

## 6. Charakteristika skalních defilé v Klášterské Lhotě

První skalní defilé se nachází naproti horní části obce, v místě kde řeka přitéká diagonálně údolní nivou a přimyká k levému svahu. Je ze všech nejdelší (370 m, se senilní, méně souvislou částí směrem po toku 420 m) a nejvyšší (výška samotných skalních stěn

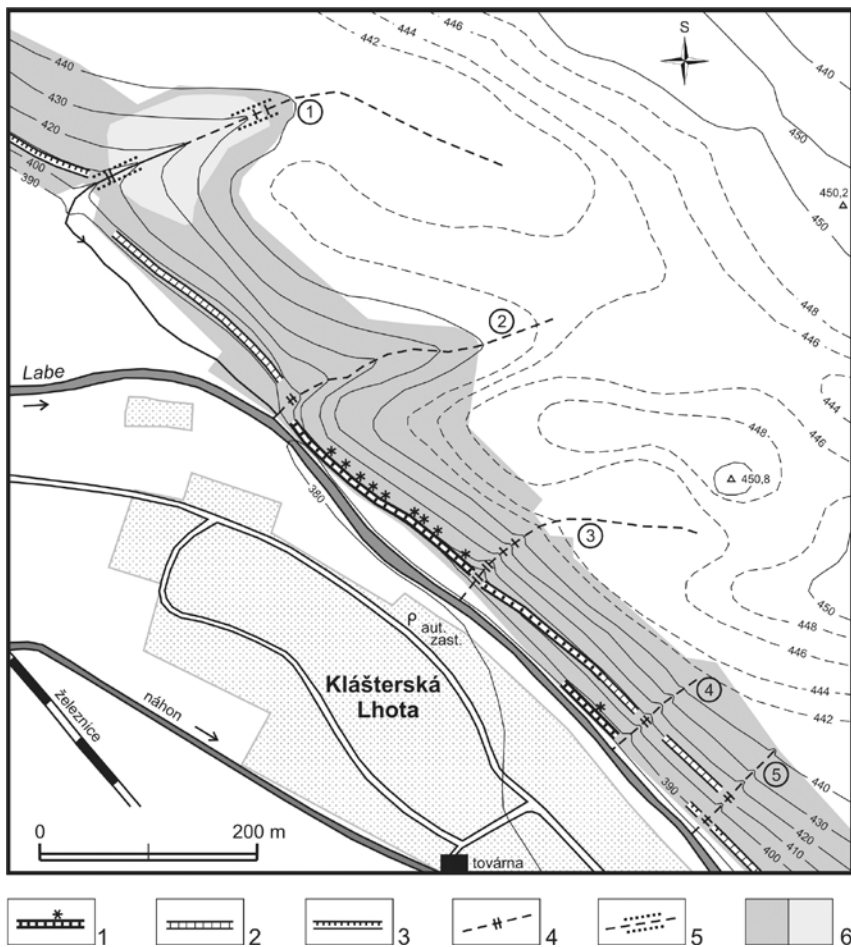
dosahuje až 20 m, k čemuž přistupují ještě 6–10 m vysoké úpatní osypy) a také krajinářsky nejméně výraznější. Ve směru toku Labe začíná hned za visutým zářezovitým údolíčkem periodického potůčku. V prvním úseku, dlouhém 130 m tvoří téměř souvislou stěnu v celé výšce, ale i tak členěnou lištami a římsami. Poté se v soulase s litologickými poměry pozvolna rozčleňuje na dva stupně, které sledují dvě výrazně tvrdší polohy. Zhruba v polovině výšky stěny je odděluje vrstva nejméně odolných aleuropelitů, která vytváří terásku, na níž spočívá miniaturní pruh osypů. Ta provází skalní defilé po celé délce. Horní okraj defilé není horizontální ani jednolitý, ale vykazuje až několikametrové výškové rozdíly. V době vzniku skalního defilé zde řečiště dosahovalo jistě až k úpatí stěny, ale později, nejspíše i v důsledku umělých zásahů (výstavbou regulace v údolní nivě, která na levém břehu končí až v úpatních osypech 45 m pod horním začátkem skalního defilé) se poněkud odklonilo a na úpatí se proto začaly vytvářet velmi mladé, ale poměrně výrazné osypy vysoké 6–10 m, v krátkých úsecích dokonce až 12 m. Osypy však nespádají přímo do řečiště, ale jsou od něj dnes oddělené zvýšeným břehem, širokým 2–16 m, který vznikl v důsledku laterální akumulace vysokých, povodňových vod a místy snad i umělých úprav řečiště.

Stěna jeví výrazné znaky selektivního zvětrávání v závislosti na litologických vlastnostech a odolnosti jednotlivých horizontálních až subhorizontálních vrstev. Prachovce a zvláště jemnozrné pískovce jsou poněkud tvrdší než jílovce a jejich vrstvičky proto vystupují ze stěny v podobě lišt a říms, někdy jen o mocnosti řádově centimetrů, u jiných až decimetrů. Měkčí jílovce naopak tvoří mělké převisy až výklenky.

V druhé polovině směrem po toku (za vodopádovou rýhou č. 3) se začíná charakter skalního defilé měnit. V soulase s úklonem vrstev a sklonem toku se jeho tvrdší souvrství posouvá stále výše do svahu, přičemž se samotná skalní stěna zvolna snižuje a v závěrečné části dlouhé okolo 50 m již přechází do senilní, útržkovité podoby a vyznívá ve svahu. V soulase s tím, také úpatní osypy přecházejí do strmého svahu porostlého lesem. Souběžně s vyklínováním hlavního horního defilé však se na úpatí svahu (1 m nad a 2 m od koryta Labe) začíná formovat jiné, i když podstatně menší, jehož souvislá část je dlouhá 60 m, a vysoká 3–4 m; pouze v jednom výrazněji říťivém úseku dosahuje výšku až 6 m.

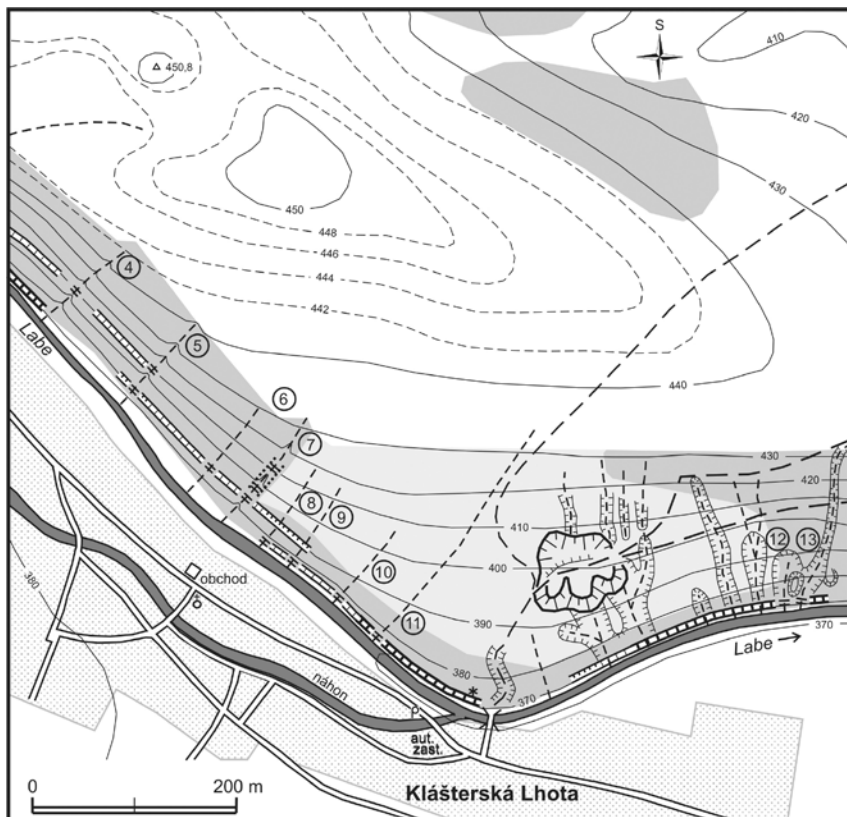
Pod koncem této spodní úrovně prvního skalního defilé následuje ve spodní polovině celého údolního svahu v délce téměř 250 m strmý svah, jehož velký sklon (40–50°) však svědčí o tom, že se jedná též o destruovaný, zaniklý úsek defilé, jak ukazuje i nízké torzo (okolo 3 m) skalního pásma v jeho horní části mezi prvními dvěma svahovými rýhami, které zde spadají (je to poslední pozůstatek souvrství hlavního skalního defilé). Mimo něj však zde vystupuje skalní podloží jen útržkovitě až sporadicky, hlavně v erozních amfiteátrech v rýhách tří periodických svahových vodotečí. Koryto Labe se tu také více vzdaluje od úpatí, které je navíc v různé výškové úrovni, místy i zdvojené nebo i poměrně málo jednoznačné; vyloučit se nedají v tomto prostoru ani starší antropogenní úpravy

Při výše popsané rychlosti zvětrávání je pochopitelné, že růst úpatních osypů je taktéž mimořádně rychlý, tím spíše, že k němu přispívají i malá, ale relativně častá skalní zřícení. Dnes lze na osypech prvního skalního defilé pozorovat akumulace celkem devíti drobných skalních zřícení, z nichž pět prokazatelně vzniklo až za posledních 40 let. Akumulace však svědčí o tom, že ani zbylá nebudou o mnoho starší, neboť jejich balvany viditelně podléhají rychlému rozpadu a akumulace v horizontu jednoho století zanikají a splynou s okolím. Přesněji zdokumentované skalní zřícení je však jen poslední z nich, vzniklé v první polovině října 1990 (PILLOUS 1991). Všechna jsou soustředěná do krátkého úseku pouhých 200 m mezi koncem levobřežní regulace a vodopádovou rýhou č. 3 (viz dále) a výrazně převažují zřícení vzniklá ve spodní části stěny. Za touto rýhou již není žádné, přestože zde skalní defilé pokračuje v poměrně výrazné podobě ještě přes 100 m.



**Obr. 3:** Mapa prvního skalního defilé v Klášterské Lhotě (v horní části obce). Čísla vyznačují svahové rokle a erozní zářezy s vodopádovými stupni (číslování viz text). Legenda: 1. Skalní defilé s polohou skalních zřícení (hvězdičky), 2. senilní stádia skalních defilé, 3. strmé svahy zaniklých skalních defilé, 4. občasné (sezónní, periodické a efemerní) vodopády, 5. soutěskovitě úseky, 6. les, paseka se sporadickým porostem.

**Fig. 3:** A map of the first river scarp at Klášterská Lhota (upper part of the village). Minor slope gorges and erosional cuts with waterfalls steps are indicated by numbers. Explanations: 1. A river scarp with rockfalls (asterisk), 2. senile stages of river scarp, 3. steep slopes of the destroyed river scarps, 4. seasonal, periodical and ephemeral waterfalls, 5. gorge sections, 6. forest, glade with sparse vegetation cover.



**Obr. 4:** Mapa druhého a třetího skalního defilé (v dolní části obce a pod ní). Legenda viz u obr. 3.

**Fig. 4:** A map of second and third river scarps (lower part of the village). For explanation see Fig. 3.

Pokud jsou vyřícené plochy zahloubené (obvykle podle puklin) více do stěny, jsou identifikovatelné i po létech, ale u většiny je již obtížné stanovit přesnou plochu odlomené skály. Někdy jí dodnes vyznačují i obnažené kořeny dřevin pod horní linií odtrhu. Lépe jsou však identifikovatelné jejich akumulace, vyznačené na osypech většími balvany. První od severu se nachází přímo na zakončení regulace a nemá ani souvislou akumulaci, ale její součástí je koncový deskovitý balvan ( $1 \times 2 \times 1,4 \times 0,2$  m), který se na výšku zastavil o dvojí strom – v době vzniku zřícení však ještě spíše dosti mladý. To ukazuje na stáří rámcově několika málo desetiletí. Druhé skalní zřícení má odtrh o ploše  $6 \times 4$  m, zahloubený až  $1,5$  m a akumulace má plochu  $6 \times 7$  m; některé balvany s osami až  $2$  m dlouhými se zastavily o skupinu mladších vrb.

U třetí akumulace s délkou  $16$  m (na osypech od úpatí stěny až k řečišti), šířkou  $8$  m a mocností do  $1$  m nelze vyloučit, že pochází z dvou samostatných zřícení – staršího v horní části stěny a mladšího (s rozměry  $4 \times 5 \times 1,5$  m) ve spodní. Podle stromů které jí porůstají však je poněkud starší jako celek a její balvany jsou také je více rozptýlené. Největší balvan s rozměry  $2,4 \times 1,3 \times 1,2$  m leží až přímo na okraji řečiště Labe.

Následující zřícení je menší (odtrh  $2 \times 3 \times 1$  m) a nemá ani souvislou akumulaci, ale jeho masa se rozpadla na jednotlivé, po osypu roztroušené balvany (největší  $1,6 \times 1,2 \times 0,5$  m). Trhliny ve skále vedle odtrhové plochy však svědčí, že zde v dohledné době dojde k dalšímu zřícení.

Páté je ono jediné přesněji datované, zmíněné výše (PILLOUS 1991) a současně největší. Vzniklo v horní polovině stěny, proto mělo i největší kinetickou energii. Odtrh vznikl přímo pod horním okrajem skalní stěny na ploše o šířce okolo  $8$  m a výšce  $6$  m. Jeho světlejší plocha je dodnes patrná. Skalní blok, který se zřítíl, byl již předtím oddělený trhlinou paralelní se stěnou, která se zvětráváním stále rozšiřovala. Padající skalní masa smetla vegetaci i zvětralínu na níže ležících teráskách a nejspodnější z nich jí vzhledem k převislému charakteru přímo „katapultovala“. Proto dopadla dál od úpatí stěny a její balvanová akumulace začíná až níže v osypech. Má délku  $18$  m a u úpatí osypů širokou  $10$ – $16$  m. Dosahovala mocnosti až  $1$  m, ale neměla jednotný charakter, neboť jednotlivé vrstvy zřícené masy si zachovaly i v akumulaci odlišný charakter. Tence vrstevnaté a málo kompaktní se rozpadly na malé úlomky, ale jedna z tvrdších vrstev prachovců a hlavně další, nejvýraznější z jemnozrných pískovců, vytvářející ve stěně nápadnou polohu o mocnosti okolo až  $90$  cm, se pádem rozpadly na několik větších deskovitých balvanů. Největší z nich má rozměr  $6 \times 2,5 \times 0,9$  m, ale ještě další tři mají nejdelší osu přes  $2,5$  m dlouhou. Velké balvany s největší energií se zřítily nejdál (největší se zastavil  $2$  m od okraje koryta, patrně za přispění zde rostoucího stromu s průměrem  $40$  cm, který přerazil) a pokácely i některé stromy v břehovém porostu.

Následující šesté je opět drobnější (odtrh  $6 \times 4$  m ve spodní části stěny) a s akumulací o rozměrech  $8 \times 10 \times 1,5$  m v celé délce svahu osypu, ale nejvýraznější při úpatí a pod ním, na horní ploše vyvýšeného terasovitého břehu až  $16$  m od koryta Labe.

Jen pouhých  $3$ – $5$  m vedle vzniklo i nejmladší zřícení z předjaří 2012. Patří ale k nejmenším, jeho odtrhová plocha je jen okolo  $2 \times 1,5$  m, ale dobře jí identifikují obnažené kořeny keřů, které prorůstaly po puklinové ploše. Akumulace o ploše  $6 \times 4$  m končí současně s úpatím osypů a tvoří jí menší balvany (s osami do  $60$  cm), rozprostřené do plochy, takže netvoří ani výraznější konvexní akumulaci.

O  $30$  m dále je patrně nejstarší skalní zřícení, jehož odlučná plocha ve spodní části stěny je již neidentifikovatelná. Málo souvislá a  $20$  m široká akumulace se třemi většími skupinami balvanů dokonce nevyklučuje, že se jedná o zčásti spojenou skupinu tří drobných zřícení.

Poslední zřícení v této části skalního defilé se nachází jen 10 m před vodopádovou rýhou č. 3. Do stran málo zřetelný odtrh je opět ve spodní části stěny a jeho masa vytvořila 8 m dlouhou, 7 m širokou a 1 m mocnou akumulaci ve spodní části až 10 m vysokých osypů. Zastavila se o hustou skupinu vrb, která jí téměř skrývá. Jednotlivé balvany mají osy i přes 1 m dlouhé.

V předjaří roku 2011 došlo k malému skalnímu zřícení v krátkém úseku, který se zvedá přímo nad řečištěm na spodním zakončení prvního skalního defilé. Vyřícená část stěny má plochu  $2 \times 2$  m a akumulace o ploše  $4 \times 4$  m se nalézá z větší části na nízké břehové lavici; jeden z deskovitých balvanů s nejdelší osou dlouhou přes 1 m však dopadl až přímo do vody v korytě.

O obecné náchylnosti skalních stěn z permských sedimentů ke skalním zřícením svědčí i další z nich, vzniklé v 90. letech minulého století v tzv. Permské stěně u Hynčic na Broumovsku. Jedná se též o skalní defilé zvedající se přímo nad korytem Stěnavy. Zde se však vyřítíl celý jeden rozsáhlý blok o šířce přes 10 m, ale v tomto případě v celé výšce skalní stěny. Proto svými rozměry silně převyšuje všechny procesy tohoto typu v Klášterské Lhotě a představuje patrně největší recentní skalní zřícení v permských horninách v celé republice.

Níže po toku, přibližně od úrovně kaple v obci se začíná formovat skalní stěna druhého skalního defilé, které je odlišného charakteru než u prvního. Jeho souvislá část je dlouhá 190 m, spolu se senilní, útržkovitou částí směrem proti toku 310 m. Řečiště se tu opět začíná přibližovat k úpatí skalní stěny. Zpočátku, v útržkovité části je odděluje vyvýšený (do 2 m) náplavový břeh spolu s nevýraznými úpatními osypy široký až 14 m, níže se však přibližují (střídavě na 2–7 m) a u tzv. Prahu Labe dokonce stěna v krátkém úseku (15 m) sestupuje přímo do koryta. Za vysokých stavů se však hladina Labe přímo dotýká stěny dokonce ve větší části celého tohoto defilé. Pod prahem se však v důsledku stáčení toku od stěny opět vzdaluje (až na 14 m u spodního konce), ale nelze vyloučit, že se na odklonu zčásti podílejí i umělé zásahy (regulace, stavba mostu, vyústění náhonu). Proto se tu opět na úpatí vzhledem k intenzivnímu zvětrávání stěny tvoří drobné osypy (vysoké 1–3 m, široké do 5 m). Druhé skalní defilé končí směrem po toku náhle a to u betonového můstku přes řeku ve spodní části obce.

Specifickým rysem tohoto druhého skalního defilé je erozní svahová terasa, která v celé jeho délce vystupuje ve spodní části svahů. Skalní defilé je tedy v jejím úbočí a nikoliv v hlavním údolním svahu jako u všech ostatní skalních defilé v údolí Labe. Terasa se vyčleňuje z hlavního údolního svahu v prostoru erozních rýh 9 a 10 (viz dále) a výškově přibližně navazuje na svahovou hranu senilního skalního defilé směrem proti toku. Její horní plošina je zpočátku užší (15–20 m), a má větší sklon ( $10^\circ$ ). Dále po toku se rozšiřuje až na 40 m a její sklon se zmenšuje (do  $5^\circ$ ), přičemž sklon hlavního svahu nad ní je okolo  $20^\circ$ . Výška plošiny nad hladinou Labe je okolo 15 m, směrem po toku se mírně zmenšuje na 12 m. V prostoru betonového můstku je antropogenně narušená hlubokým úvozem cesty a dalšími rýhovitými nerovnostmi, ztrácí svou jednodušnost a pozvolna vyznívá směrem ke třetímu skalnímu defilé.

Avšak ani hlavní stěna (tj. jeho souvislá část) tohoto druhého skalního defilé není jednotného charakteru. V kratším úseku přímo nad a proti proudu od prahu Labe je nejvyšší (do 9–10 m), ale stěna je tu i více členěná zvětralinovými teráskami a její horní část je méně zřetelně a laločnatě vymezená proti výše ležícímu svahu terasy. Poproudná část skalního defilé od prahu je poněkud nižší (5–6,5 m), ale delší a jeho stěna je v podstatě souvislá a výškově téměř jednotná. Z velké části je svislá nebo dokonce i převislá. Teráskovitě členění se v ní uplatňuje jen minimálně, vystupují z ní ale početné římsy a lišty tvrdších

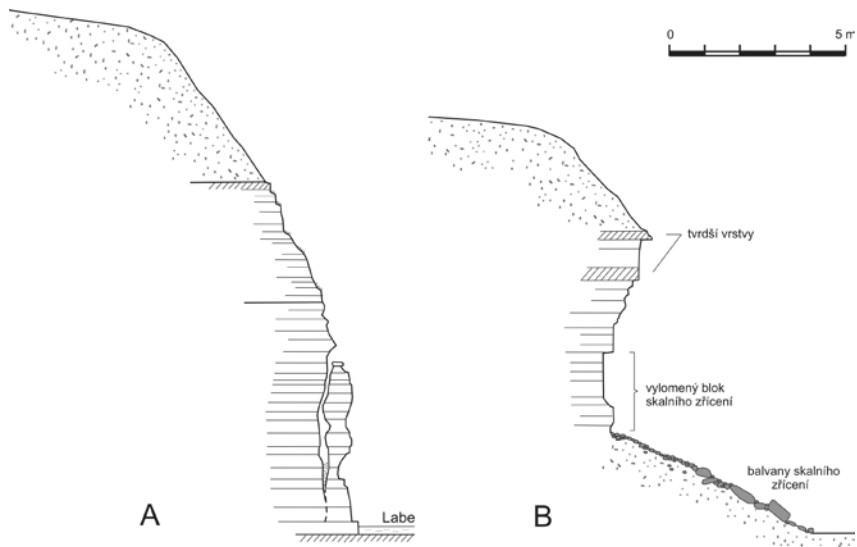
vrstev. Dobře je v ní patrný velmi mírný úklon vrstev (2–5°/SZ), tj. proti proudu Labe. V některých úsecích zakončují horní okraj stěny tenké, ale odolné vrstvy, které pak tvoří deskovité až střečovité mělké převisy. Ze všech zdejších skalních defilé je tento úsek nejkompaktnější a nejdokonalejší, ale vzhledem k tomu, že se zvedá do menší celkové výšky nad hladinu Labe a nad ním již pokračuje jen travnatý svah terasy o menším sklonu, působí méně impozantně než předešlé (první).

Menší výška a větší kompaktnost horniny jsou patrně příčinou, že toto skalní defilé není tak náchylné ke skalním zřícením jako první, jedno se zde však přesto nachází a to nedaleko (40 m) od můstku na spodním konci defilé. V souhlase s menší výškou stěny co do rozměrů je také podstatně menší než zřícení v prvním defilé. Odtrhla se tu pouze spodní část stěny o výšce 2–2,5 m a šířce 6 m, kde je v důsledku toho dodnes ostrohranně ohraničený výklenek. Akumulace má plochu zhruba 4 × 6 m, mocnost okolo 0,5 m a její největší deskovité balvany mají osy okolo 1 m dlouhé. Přispěla i ke zvětšení úpatního osypu, který tím dosáhl největšího rozměru v celém druhém skalním defilé.

Po zhruba stometrovém úseku pouze svažitého úseku pod zmíněným mostem začíná třetí úsek skalního defilé, který má opět odlišný charakter. Na úpatí svahu přímo nad řečištěm nejdříve vystupují jen nízké útržkovité skalky, které postupně přecházejí do souvislého, 200 m dlouhého a pouze 3–4 m vysokého skalního defilé. Vzhledem k malé výšce ho zčásti zakrývají dlouhé převislé větve starých smrků, rostoucích na jeho horní hraně. Vyznačuje se dokonale vodorovnou vrstevnatostí stěn. Od obou předchozích se liší tím, že řečiště Labe zde v celé délce přiléhá přímo k úpatí skalní stěny ale přesto k přímému kontaktu vodního proudu a stěny a tedy i laterální erozi dochází jen za zvýšených stavů. Při nižší hladině za běžných vodních stavů je situace komplikovanější. Nedaleko horního konce skalního defilé je v řečišti šterková lavice, která zrychleným proudem odklání vodu přímo ke stěně. V té však již po několika metrech vystupuje na úpatí z vody vodorovná, výrazně kompaktnější a tvrdá pískovcová lavice o mocnosti 15 cm s hrbolatou horní plochou, která ve shodě se sklonem hladiny vystupuje stále výše a výrazněji a opět vodu odklání od úpatí. Spolu s podložními vrstvami, které také chrání proti postupu eroze tak vytváří skalní plotnu, která se ve spodní části defilé směrem po proudu zvyšuje až na 0,6 m a dosahuje šířky nad letní hladinou okolo 2 m. Plotna se však člení na dvě odlišné části: tvrdá lavice s rovnou horní vrstevní plochou má boční stěnu zcela svislou, zatímco svažitá plotna měkkí vrstvy bezprostředně pod ní, pokračuje až do poloviny šířky řečiště. V jejich prohlubních můžeme pozorovat zachycené valouny žuly, svoru a ortoruly, transportované až z krkonošského krystalinika.

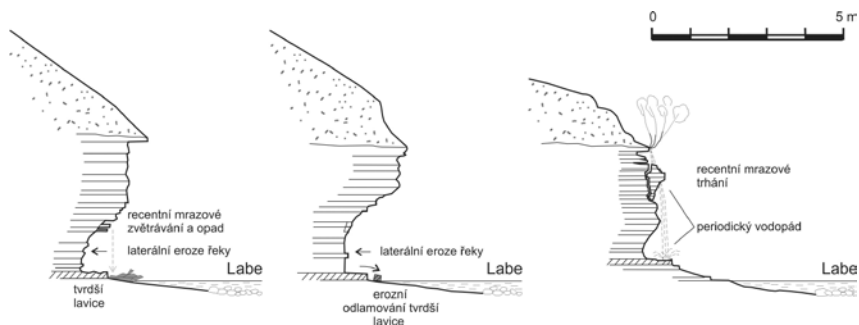
I v poměrně nízké stěně tohoto skalního defilé se hustě střídají vrstvičky aleuropelitu (s mocností převážně jen několik mm až cm) s odlišným charakterem zvětrávání – některé produkují tence destičkovité, ale současně poněkud větší úlomky, jiné jen velmi drobné kostičkovité (o průměru řádově mm až cm). Hornina je velmi hustě rozpukaná v nejrůznějších směrech a to průběžnými i neprůběžnými puklinami, které přispívají velmi významně k rychlému zvětrávání: nejvýznamnější jsou průběžné pukliny přibližně paralelní s tokem Labe. Nerovnoměrným zvětráním zde (zvláště ve více členité spodní části skalního defilé pod zakončením bočního koryta) dokonce příležitostně vznikají nepatrné skalní perforace (s otvory o rozměrech jen několik cm až dm). Pokud jsou puklinového (resp. trhlínového) charakteru je jejich otvor výrazně delší ve vertikální ose, u vrstevních naopak v horizontální. V posledním desetiletí jsem zde zaznamenal čtyři (z toho 3 puklinové, a 1 vrstevní). Jejich společný znak je však to, že vzhledem k výše popsaným litologickým vlastnostem a rychlosti zdejších procesů zvětrávání vznikají i zanikají v horizontu pouhých několika let a to tím spíše, když jsou v dosahu působení eroze vysokých povodňových vod.





**Obr. 5:** Příčné profily 2. skalního defilé. A – v linii Práhu Labe, B – v linii drobného skalního zřícení nad mostem ve spodní části obce.

**Fig. 5:** Transverse profiles of the second river scarp. A – along the line of water step Práh Labe, B – along the line of a minor rockfall upstream from the bridge in the lower part of the village.



**Obr. 6:** Příčné profily na 3. skalním defilé v úseku bočního koryta (řazené po směru toku), dokumentují podíl několika různých procesů na jeho vzniku a modelaci.

**Fig. 6:** Transverse profiles across the third river scarp (arranged in downstream direction) in the section of the lateral river niche, document the involvement of several different processes in its origin a further shaping.

Největší zajímavostí této části je však recentní boční koryto, které provází část stěny skalního defilé v délce 70 m. Začíná v místě, kde na dně koryta (ještě pod hladinou) začíná vystupovat zmíněná tvrdá lavice a končí zhruba uprostřed mezi oběma občasnými vodopády (viz dále). Výška jeho převisu se směrem po toku zvětšuje (z 1 m do 1,7 m), ale pouze směrem nahoru, neboť dolů ho vymezuje výše zmíněná tvrdá lavice. Jeho horizontální hloubka je do 1,1 m. V soulase s horizontální vrstevnatostí a souběžným klesáním hladiny začíná nahoře v úrovni nízké letní hladiny, zatímco u spodního zakončení je jeho dno již více než 0,5 m nad ní. To jasně ukazuje, že na jeho modelaci se podílejí jen zvýšené a povodňové stavy.

Na jeho vzniku se však podílí vedle vlastní laterální eroze v měkké hornině nad tvrdou lavicí a její téměř horizontální vrstevnatosti s výraznými vrstevními spárami sice netypicky, ale velmi výrazně i kongelifrakce. Ve větší části délky bočního koryta vystupují ve spodní polovině stěny početné průsaky až výrony pozemních vod (místa až v souvislých úsecích) a to jak po vrstevních spárách, tak po puklinách a to vůbec nejvíce právě za zimních oblev a jarního tání. V mrazivých obdobích jsou velmi dobře zvýrazněné liniemi rampouchů, ledových povlaků a krust, až nízkých ledopádů, které se na úpatní tvrdé lavici někdy spojují až v souvislý ledový příkrov. V důsledku i pouhého denního a nočního kolísání teplot tak dochází i k několikanásobnému opakování regelace během několika dnů. Intenzita kongelifrakce je zde proto naprosto extrémní, o čemž svědčí drobné kupičky až útržovité linie úlomků napadených na povrch úpatního ledového příkrovu; díky tomu lze časově dobře určit, že vznikají třeba i jen za jediný týden.

Boční koryta jsou na našich tocích vzácným jevem; nejpočetnější a nejdokonalější byla u nás popsána ve skalních defilé Jizery v křídlových vápničitých pískovcích v okolí Mnichova Hradiště (BALATKA 1958). Zdejší boční koryto jim nemůže délkou a hlavně dokonalostí tvarů konkurovat, což vyplývá již z odlišných litologických vlastností obou hornin, ale přesto je pozoruhodné, neboť je jedinou zatím známou formou tohoto typu v permských horninách. Navíc je na rozdíl od výše uvedených fosilních forem na Jizeře bezprostředně recentní neboť se stále se vyvíjí a naprostým unikátem je i podíl zcela mimořádně intenzivní kongelifrakce na jeho vzniku.

Stěny tohoto skalního defilé jsou ze zdejších tří nejméně členité a výrazně nejnížší, ale přesto i zde dochází k drobným skalním zřícením. V roce 1992 jsem zde zaznamenal drobnou akumulaci (1,6 × 1,0 × 0,3 m) tohoto původu na úpatí stěny, přesněji na plotně před převisem bočního koryta. Vzhledem k tomu, že úpatí je zde součástí koryta za vyšších stavů, mají však takové akumulace efemerní životnost a jsou beze zbytku odstraněny první následující povodní.

Poslední skalní defilé následuje po 80 m nad dalším mírným ohybem toku. Je dlouhé 110 m a vysoké 10–15 m. Skalní výchozy jsou zde ve dvou úrovních. Horní tvoří souvislejší a vyšší skalní stěna (3–5 m) s kostičkovitou odlučností jako u ostatních, zatímco spodní (do 2 m nad řečištěm) je dlouhá jen 28 m a je tvořená jako jediná našedlými jílovci s velmi tenkou, dokonale deskovitou odlučností. V dolní části jsou měkkí, a proto se zde vytváří horizontální převisy hluboké 0,5–1,5 m, které vyvolávají říčení stropních desek. Dvě z nich, o rozměrech 3 × 2 × 0,6 a 2 × 2 × 0,8 se nacházejí na břehu řeky, přičemž jedna se při pádu opřela o kmen stromu v úhlu 60° a v této neobvyklé poloze se rozpadá na podél vrstevnatosti na velké množství drobných destiček.

Pod tímto defilé vystupuje v řečišti kompaktní pískovcová vrstva o sklonu okolo 5° proti směru toku, která vytváří ještě jeden práh, dokonce poněkud vyšší (35 cm), než onen výše zmíněný v obci. Je však mnohem méně dokonalý nejen z důvodu nepravidelnějšího rozpukání horniny, ale i většího erozního rozrušení na dva stupně a ostrohrannou, křivolakou přepadovou linií, která je navíc jako celek silně zakřivená. Při pravém břehu jí

dokonce překrývá nanesený štěrk. V důsledku zpětné eroze se stále snižuje; podle skalního břehu na levé straně je zřejmé, že v minulosti dosahoval výšky až 75 cm a skalní dno má i velká část tůň pod prahem. Práh v obci je však podstatně lépe patrný s ohledem na menší průtok, snížený odběrem vody do náhonu.

### 7. Vodopády skalních defilé

Skalní defilé v Klášterské Lhotě jsou unikátní i tím, že přes ně stéká několik periodických a efemerních vodotečí, které na skalních stěnách, popř. některých jejich tvrdších partiích vytvářejí vodopádové stupně. Vodopády ve skalních defilé v sedimentárních horninách nejsou příliš časté, protože zde vzhledem k jejich malé odolnosti stačí zařezávání i málo vodných, nebo dokonce i nestálých toků obvykle v hlubkové erozi hlavnímu toku. U nás jsou dosud známé jen ze skalních defilé v údolí Jizery mezi Rakousy a Turnovem, kde je nachází jeden sezónní (PILOUS 1992) a několik efemerních vodopádů tohoto typu. Výjimkou jsou však i ve skalních defilé na permském podloží. Mimo Klášterské Lhoty se nacházejí již jen dva kaskádovitě, též periodické vodopády na dvou samostatných vodotečích ve skalním defilé na pravém břehu v Kunčicích nad Labem. Zajímavější je západněji situovaný, kaskádovitý vodopád (se sklonem 70°), vysoký 5 m, nacházející se asi v polovině výšky svahu. Na stěnu skalního defilé vytéká ze skalnaté, esovitě prohnuté a až 10 m hluboké rokle, v níž tvoří na skalním podloží potok soustavu peřejí se dvěma do 1 m vysokými, svislými skoky. V červnu 2012 byla zableskové průtrže mračen rokle proláchnutá mohutným přívalem vody, kdy šířka vodopádu, dosahovala až 4,5 m (při normálu 0,5–1 m). Účinek zvýšil i plošný splach z polí nad roklí. Přívál vyplavil z rokle a úpatního osypu zvětraliny, které v korytě Labe vytvořily rozsáhlý (5 × 14 m), i když jen plochý náplavový kužel. U východnějšího z nich o 60 m dále má stupeň výšku 5 m, ale vodopádový charakter z toho tvoří jen 1,8 m. U této lokality skalního defilé jsou zajímavé i prahy na jednotlivých horizontálních lavicích v korytě samotného Labe, vysoké až do 0,5 m. Jeden nízký periodický vodopád zmíněný výše je ještě v Dolním Lánově v údolí Malého Labe, který se ale nachází v místě kde je skalní defilé přerušené a není tedy mezi nimi přímá souvislost.

Všechny zdejší vodopády mají několik společných geomorfologických rysů. Nacházejí se v místech, kde ve stěnách a svazích vycházejí na povrch tvrdší vrstvy, nejvíce odolné vůči erozi a zvětrávání. To převážně koresponduje i nejstrmějšími partiemi skalních defilé ve stejné výškové úrovni po stranách vodopádů. Jejich stěny jsou vesměs výrazně horizontálně až subhorizontálně tence vrstevnaté. Tato vrstevnatost spolu s hustým střídáním různě tvrdých vrstev také podmiňují modelaci a podobu vodopádů a to co se týče jejich typologie (svislé, převisové, kaskádovitě, peřejovitě kaskádovitě atd.), tak i jejich členění na více samostatných stupňů nebo detailní podobu stěny (výška a hustota dílčích skoků a kaskádek). Většina vodopádů vznikla v místě, kde vodoteč protínají příčné (popř. diagonální), svislé nebo strmé poruchy a pukliny, tj. víceméně paralelní s linií skalních stěn. Vzhledem k velmi rychle postupující erozi ve zdejších horninách však mohly některé vodopádové stěny již ustoupit i o několik metrů proti toku od původní pukliny. Erozi sbroušené horní hrany vodopádů mohou být někdy nejednoznačné a také v několika případech i druhotně navýšené silnými kořeny poblíže rostoucích stromů; ty navíc zpomalují erozi a tím destrukci i ústup vodopádu, byť dočasně. Silný snos zvětralin strmými vodotečemi způsobuje, že se zde prakticky nevyskytují úpatní vývařiska, ale vodopády spadají do zvětralin, nebo na vrcholy drobných náplavových kuželů. Vzhledem k tomu, že zdejší občasné vodopády jsou nejčastěji protékány za silných zimních oblev a v předjaří, podílejí se na silnějším zvlhčování okolních stěn a proto i nejintenzivnější kongelifrakci těchto partií.

Existence toků s vodopády však není podmíněná jen samotným skalním defilé, ale hydrografickými poměry nad ním. V případě Klášterské Lhoty je to poměrně rozsáhlá plošina sníženého zarovnaného povrchu, tvořící meziférický hřbet mezi Labem a Suchým (též Mezilabským) potokem, která dosahuje šířky až 400 m a velmi mírně se sklání k Labi. Rozkládají se na ní pole a louky. Na okraji neckovitého údolí přechází výraznou a ostrou hranou do strmých a zalesněných erozních svahů, v jejichž spodní části jsou skalní defilé. I s přilehlými partiemi svahů jimi stéká celkem 14 vodotečí, jejichž hydrologický typ je přímo úměrný rozloze jejich povodí, které se zmenšuje od severu k jihu, tedy ve směru toku Labe. Nejsevernější z nich, jejíž povodí přesahuje jako jediné plochu 10 ha, je ve spodní části sezónní (tj. sice víceméně stálá, ale s nepatrným průtokem v sušších obdobích roku), ostatní, s povodím (povrchovým, popř. i hypotetickým podzemním) 2–6 ha jsou již jen periodické (tj. tečou maximálně několikrát do roka při silných oblevách, tání sněhu a po mimořádných deštích) a zbylé se sběrnou plochou 0,5–2 ha již jen efemérní, tj. tečou jen mimořádně, někdy i jen jednou za několik let. To je přímo úměrné i jejich modelační schopnosti: nejsevernější tvoří krátké (250 m), ale výrazně nejvíce stržovitě a ve spodní části až soutěskovitě zahloubené svahové údolíčko, které je jen v mírně visuté poloze. Druhé o 250 m dál, kterým začíná samotné skalní defilé je kratší (necelých 200 m), méně zahloubené a s mírnějšími svahy, ale zato již výrazně visuté, neboť tvoří na svém ústí v linii skalního defilé výrazný vodopád. Následující vodoteč, zhruba v úrovni horní autobusové zastávky, již překonává údolní svah se skalním defilé v dolní části v místě jeho vůbec největší výšky. Na celkové modelaci tvaru neckovitého údolí se však na rozdíl od předešlých podílí již jen nepatrně, neboť tvoří pouhý úzký, mělký zářez (hluboký do 6 m, dole až 8 m), zcela kopírující sklon svahu (35°–40°) a vytvářející i několik vodopádových stupňů. Ale i tento tok má na vrcholové plošině naznačenou poměrně rozsáhlou, byť velmi mělkou sníženinu (hlubokou do 2 m, se sklony svahů jen 1–3° a nemá tedy v žádném případě charakter úpadu), tvořící vyživovací plochu za silných dešťů, oblev a zvláště jarního tání sněhu. Nelze však vyloučit i její částečné přemodelování dlouhodobou agrární činností. Všechny další občasné vodoteče směrem k jihu již ani nemají žádné povrchové sběrné plochy. Začínají nestálými prameny, které vyvěrají až v prostoru výrazné horní hrany neckovitého údolí i když jsou samozřejmě napájené v podzemí z mírných svahů nad nimi, které jsou součástí meziúdolní plošiny. Jsou proto i vesměs podstatně méně zahloubené a mají až na jednu, mělce soutěskovitou výjimku již pouze rýhovitý nebo dokonce jen mělce rýhovitý charakter. Přesto však vytvářejí vodopádové stupně, ať již v drobných, amfiteátrovitých nebo kotlovitých depresích, nebo přímo na skalní stěně, z níž spadají visuté přímo do koryta nebo nivy Labe.

Vodoteče a tedy i jejich vodopády tvoří dvě skupiny, co se týče kulminace jejich průtoků. Tři nejsevernější a současně s největším povodím a tedy i nejvyššími průtoky kulminují za jarního tání obvykle o několik dní později než ostatní. Je to způsobené tím, že jejich hlavní sběrná plocha se nachází až na téměř rovné plošině a navíc je orientovaná k západu (jejich tok směřuje téměř protiproudně proti toku Labe), zatímco u ostatních je svažitéjší a obrácená k jihu. Proto zde dochází k časnějšímu odtávání sněhové pokrývky. Popis vodopádů vychází z typologie, kterou navrhl PíLOUS (2009). Pro přehlednost jsou jednotlivé vodoteče s vodopády očíslované.

1. Nejsevernější vodopádové stupně se nacházejí ve svahovém údolíčko stržovitého až soutěskovitého charakteru s V profilem, které se vytvořilo ve strmém svahu neckovitého údolí Labe v úrovni silničního a železničního mostu nad obcí. Není přímo součástí skalního defilé, ale oboustranně strmé svahy neckovitého údolí (se sklonem okolo 45°) v nichž je zahloubené ukazují, že jím v minulosti nejspíše byly; jedná se tedy o jeho

zaniklý úsek. Toto jediné údolí má ve spodní části stálou vodu, byť v sušších obdobích je průtok zanedbatelný. Na dně vystupuje úsekovitě skalní podloží a na horizontálních až subhorizontálních lavicích tvoří několik drobných, schodovitě kaskádovitých vodopádků a peřejí. Větší výšky dosahují dva stupně v horní části (1,6 a 2,8 m), nejvýznamnější je však až ve spodní části rokle. Nachází se ve skalnatém amfiteátru v soutěskovitém úseku se stěnami vysokými do 5 m. Celý stupeň je vysoký 3,4 m při sklonu 25°; horní peřejovitě kaskádovitá část má sklon větší (35°), spodní menší (20°), při spíše kaskádovitě peřejovitěm charakteru. Údolíčko bylo původně výrazně visutého charakteru, ale vlivem rychlé zpětné eroze v málo odolné hornině již koncový stupeň postoupil asi o 50 m proti toku a visutý charakter se tak vytrácí. Svědčí o něm však i krátký, ale strmý náplavový kužel ve vlastním ústí do údolní nivy Labe, narušený však antropogenními (komunikačními) úpravami.

2. Další údolíčko, jímž začíná i vlastní (první) skalní defilé vyúsťuje v úrovni okrajových domů v obci. Přes blízkost k předešlému je zcela odlišného rázu a představuje typické visuté údolí. Začíná mělkým, ale zřetelným úpadem, který přechází v širší, rozevřenější erozní zářez, ale po celé délce jen ve svahových zvětralinách, bez skalních výchozů a s menším sklonem dna. Až v posledním úseku se sklon dna zcela náhle zvětšuje a vytváří kaskádovitou peřej (1,4 m vysokou) a 15 m pod ní, již přímo v linii stěny skalního defilé dvoustupňový vodopádový stupeň vysoký celkem 9 m, spadající přímo do údolní nivy Labe. Svislý horní stupeň je vysoký 4,10 m, z toho však tvoří navýšení kořeny na horní hraně o 0,5 m. Po 8 m skalního i kamenitého koryta s celkovou výškou 1,5 m vytváří dolní stupeň, vysoký 3,4 m s celkovým sklonem 57°. Vodopád končí drobným (6 × 5 m) a 1 m vysokým náplavovým kuzelem, spočívajícím již na údolní nivě Labe. Pro jeho vodu je typické červenohnědé zbarvení v době nejvyšších průtoků, způsobené splachem zvětralin a půd stejné barvy na permském podloží.

3. Třetí vodoteč v úrovni horní autobusové zastávky překonává svah údolí i skalní defilé v místě jejich nejvyšší výšky (přes 60 m) vytváří nejvýraznější, místy i skalnatý zářez na zdejších skalních defilé. Nahoře na hraně údolí začíná klínovitým zářezem s ostrou hranou, dlouhým necelých 20 m a hlubokým až 6 m v linii horní údolní hrany. Nižle plynule přechází do svahového zářezu hlubokého též 5–6 m se sklonem 27°, u dna ještě přehloubeného mladou erozí do podoby rýhy se strmými svahy, hluboké okolo 3 m. I když jsou její svahy převážně zvětralinové a jen méně skalnaté, její dno je vyplněné převážně kamenitým materiálem. Uprostřed tohoto úseku se nachází první kaskádový stupeň 2,1 m vysoký. Nižle následují další dva na tvrdších lavicích (vyšší z nich 2,2 m), silně zakryté napadanými kmeny a větvemi. Pod nimi se rýha dále prohlubuje a zužuje za zvětšování sklonu (35°) a její stěny jsou již převážně skalnaté. Koryto je tu vyplněné kamenitými zvětralinami se stěn, které málo vodný tok nestačí odklízet. Pod jejich vrstvou se nachází erozní skalní dno, nepochybně se soustavou drobných nerovností.

Ve vlastním skalním defilé ve spodní části svahů vytváří potůček dva nejvyšší vodopády. Horní dvoustupňový se nachází v mělkém, svahovém skalním amfiteátru a je vysoký 4,4 m. Pod ním pokračuje 15 m dlouhý úsek s nízkými kaskádami i kamenitým dnem (se sklonem 35–40°), který vyúsťuje na poslední, nejvyšší vodopád. Ten dosahuje výšky 5,2 m (z toho spodní 4 m svislé až parabolické), a nachází se v mělkém skalním amfiteátru se stěnami až 8 m vysokými. Vodopádová stěna vznikla podle svislé pukliny směru 140°, zvětráním rozšířeně spíše to trhlínové podoby. Na úpatí voda pokračuje balvanito-kamenitým korytem v úpatních osypech, které snižují výšku vodopádu, která mohla být v některých obdobích vývoje až o několik metrů větší.

Zvětralinová výplň dna velké části rýhy celé vodoteče, i napadané kmeny a větve zakrývají její původní skalní dno a tím i zastiňují skutečnost, že je z typologického hlediska

vodopádovou soustavou o výšce okolo 50 m. I když má jen periodický hydrologický charakter, představuje tak svou výškou v pouze pahorkatinných podmínkách Podkrkonoší, stejně jako ve skalních defilé v rámci celé republiky a zvláště permského podloží unikátní výtvar, který u nás nemá obdobu. Pro srovnání lze uvést, že v permském skalním defilé v Hynčicích na Broumovsku, které co do rozměrů (zvláště výšky) jako jediné snese srovnání se zdejšími, není vůbec žádný tok, který by tvořil vodopády.

4. Následující, pouze efemérní tok vytvořil mělkou rýhu ve zvětralinách. Ústí do Labe jen 15 m od spodního zakončení prvního skalního defilé. Zhruba v polovině výšky svahu protíná výrazněji tvrdší polohu a vytváří v ní rozsáhlý, erozní skalnatý amfiteátr široký 12–14 m a hluboký až 6 m, ve kterém je též vodopádová stěna. Je vysoká 3,7 m, členěná horizontální vrstevnatostí a navýšená kořeny stromů. Amfiteátr se dolů opět klínovitě zužuje do rýhy, v níž ve spodní části svahu tvoří na tvrdší vrstvě ještě jeden drobný kaskádovitý stupeň (1,4 m vysoký).

5. O dalších 110 m směrem po proudu Labe, ústí v místě, kde jsou v řečišti rozsáhlé skalní plotny se svahu další, mělká rýha efemérní vodoteče s převážně hlinitými svahy. Přesto vytváří dva vodopádové stupně. Horní, vysoký 3,8 m je v mělkém amfiteátru, v linii nevýrazné svahové hrany. Po 30 m následuje druhý, dvoustupňový, kaskádovitý a celkem 2 m vysoký vodopádový stupeň. Obě jeho části jsou svislé, oddělené skalním mezistupněm mírnějšího sklonu. Za touto rýhou začíná ve spodní části svahu vystupovat tvrdší souvrství, které vytváří zpočátku jen nevýrazný svahový stupeň, ale níže po toku se na něm formuje skalní stupeň druhého skalního defilé.

6. Následující rýha podobného rázu o 50 m dále po toku je mělká (1–2 m), zahloubená téměř celá jen v hlinitých zvětralinách. Tvoří jediný, 3 m vysoký, kaskádovitý stupeň v mělkém amfiteátru pouhých 15 m od úpatí svahu. Na jeho vzniku se výrazně podílí svislá, k vrstevnicím šikmo příčná (106°) trhлина, podle které se dojde výhledově ke zborcení celé spodní části vodopádu. Rýha končí drobným, ale strmým náplavovým kuzelem, který spadá až k Labi.

7. Po pouhých 35 m následuje (zhruba v úrovni obchodu v obci) výraznější rýha hluboká 3–6 m. Je ze všech nejskalnatější a ve střední části má až mělce soutěskovitý charakter. Je v lese jako předešlé, ale sleduje okraj paseky. Její rýhovitý začátek nemá jakýkoliv náznak úpadu. Nacházejí s v ní celkem tři samostatné, od sebe dosti vzdálené vodopádové stupně. Nejvýše položený, pouhých 8 m pod začátkem je vysoký 1,8 m, kaskádovitého typu.

Druhý stupeň vysoký okolo 4,5 m (nejednoznačné) je o 12 m níže v úzkém, půlkruhovém amfiteátru a skalní zářez se jím prohlubuje v délce okolo 10 m na 5–6 m do mělce soutěskovité podoby se svislými stěnami; níže se opět rozvírá a přechází v nižší (2,5 m) hlinité stěny.

Nejvyšší je třetí stupeň, následující po 30 m. Spadá do výrazného, uzavřeného skalního kotle se svislými až převislými stěnami, který je hluboký až 5 m a vznikl jak erozí vodopádu, tak intenzivním mrazovým zvětráváním tříštivě rozpukaného skalního podloží. Vodopád je vysoký 4,3 m, z čehož je 3,8 m vysoký svislý až převislý skok na půlkruhově formované čelní stěně kotle. Drobné pukliny na jeho vývoj nemají výrazný vliv, ale vznik stupně nejspíše podminila výrazná, příčná trhлина, která prostupuje svah o 4 m po toku a od ní mohl vodopád již postoupit zpětnou erozí až do dnešní polohy. Rýha končí poměrně malým (14 × 12 m), ale strmým náplavovým kuzelem ukončeným ve spodní části ostře stupněm laterální eroze Labe.

Následujícími rýhami 8, 9 a 10 protékají jen zcela efemérní potůčky, které jsou vzhledem k nepatrnému povodí málo vodné i v době jarního tání. Svah je tu rozčleněn výraznou

výše zmíněnou terasou, nad níž jsou svahy podstatně mírnější a bez jakýchkoliv skalních výchozů a nemají proto předpoklad pro vznik jakýchkoliv stupňů: efemerní vodopády zde proto vznikly jen v jejich nejspodnější části, v linii skalního defilé a spadají přímo do nivy Labe. Horní části jejich rýh nad terasou jsou ukryté v křovité vegetaci lesní paseky.

8. Nachází se o 40 m dál od předešlé, v místě, kde se při úpatí svahu začíná formovat druhé, zpočátku nesouvislé skalní defilé o výšce do 3 m, přerušované ještě svažitými úseky. V této podobě se táhne až k rýze 10.

Dokonce ani v době tání sněhu jí vždy voda neprotéká v celé délce, ale vyvěrá asi uprostřed výšky strmého svahu, pod kořenovým systémem mohutného jilmu. Vytváří okolo 3 m vysokou kaskádu na skalním podloží se sklonem 50° a oba její konce jsou skryté pod napadanými větvemi a padlým kmenem smrku.

9. Další vodoteč je jen o 28 m dále a tvoří jako celek jen málo výraznou rýhu. Převážně skalní zářez s nízkou kaskádou (1,5 m) je jen přímo ve hraně terasy a nejvyšší vodopádový stupeň (2,2 m) vzniklý na šikmo příčné svislé puklině je až ve spodní části svahu, v úrovni začínajícího defilé. Na horní hraně je navýšený o 0,5 m kořenem mohutného jilmu a na úpatí naopak snížený naplaveným kuzelem kamenitého i organického materiálu (listí, větve).

10. Následující rýha je poněkud dále (64 m) a na horní plošině terasy je mělká a široká. Na hraně terasy tvoří ve skalnatém zářezu 2 m vysoká přejevitá kaskádku, pod níž pokračuje strmou mělkou rýhou, v níž ve spodní části vystupuje jediný skalní stupeň vysoký 2,8 m, nahoře přejevitě kaskádovitý po vrstvách, dole má podobu převisového vodopádu. Za touto rýhou se již začíná formovat souvislý úsek druhého skalního defilé, lemovaný zpočátku nízkými úpatními osypy (do 1,5 m).

11. Poslední mělká rýha druhého defilé o 68 m dále spadá jen necelých 20 m nad tzv. Práhem Labe, tj. již v místech, kde je souvislá a nejvyšší část druhého skalního defilé. Přímo na linii hrany vytváří její efemerní tok malý skalní amfiteátr s řítivými stěnami, přes které spadá i vodoteč v podobě 1,7 m vysokého, převisového vodopádu. Niže položený hlavní vodopád na vlastní stěně skalního defilé je dvoustupňový, s celkovou výškou 8,5 m, a jeho význačným znakem je, že se nachází v úrovni skalní stěny. Jeho většinu zahlobení brání silná laterální eroze Labe. Horní stupeň je vysoký 3,5 m se sklonem 80° (kaskádovitěho typu), spodní o výšce 3,5–3,7 m (nestejně) je svislý až převislý. Na modelaci horního stupně se podílí vedle vrstevnatosti i dva systémy svislých, vzájemně kolmých puklin. Vodopád dopadá na rovný, kamenitý břeh, který představuje mladý úpatní osyp, přemodelovaný boční erozí za povodňových stavů Labe.

Poslední dva drobné periodické vodopády jsou o několik set metrů dále, již ve třetím skalním defilé, s výše popsaným bočním korytem Labe. Do skalního defilé vyúsťuje celkem pět svahových rýh, ale vodopády se nacházejí jen na dvou největších zářezech ve spodní polovině defilé. Jejich typickým znakem je, že laterální eroze Labe je zde intenzivnější než zpětná eroze vodopádů, které jsou proto přímo v linii skalní stěny, bez jakéhokoliv zahlobení v horizontálním směru.

12. Výše proti toku výše položený vodopád se nachází na v místě, kde rozevřená a široká (8 m) a 1,5 (vlevo) až 3 m (vpravo) hluboká rýha vyúsťuje visutě přímo na horní hranu skalního defilé. Je svislého až převislého typu a výška jeho stěny je 3,1 m. Za nižších stavů se nachází úpatí stěny na horní (vrstevní) ploše postranní lavice, a to až 2 m od okraje vodního proudu Labe. V době průtoku vodopádu, má však i samotné Labe vždy zvýšenou hladinu, nízká lavice je zcela zatopená a parabolický oblouk proto dopadá až na jeho hladinu, takže výška vodopádu bývá fakticky jen okolo 2 m, za mimořádně velkých povodní dokonce ještě méně. Přímo na horní hraně vodopádu roste mohutný keř lísky, jejíž kořenový systém v přítomné době zpomaluje erozi a tedy i snižování vodopádu.

V okolí vodopádu jsou patrné ve spodní části stěny početné výrony podzemních vod (po puklinách i vrstevních spárách), které vysvětlují i malý průtok této vodoteče, neboť velká část vody z povodí svahového zářezu odtéká těmito podzemními cestami. V mrazivých obdobích se podílejí na nejintenzivnější kongelifrakci ze všech zdejších skalních defilé.

13. Poslední vodopád se nachází pouhých 8 m od dolního konce skalního defilé, kde již přechází ve svah. Je těž visutého typu na konci mělké rýhy (2–3 m). Tvoří ho dva svislé stupně, horní nepravý (0,8 m) na zemině spojené kořenovým systémem dvou pařezů na horní hraně, který zanikne záhy po jejich zetlení a spodní pravý (vysoký 1,5 m) spadající přes mělký skalní převis, vzdálený 2,5 m od okraje řečiště Labe.

## 8. Závěr

Labe se svými přítoky vytváří na permském podloží ve střední části Podkrkonoší (v Hostinské pahorkatině) typicky stromovitou vodní síť, sestávající jak z alochtonních toků (Labe, Malé Labe a Čistá) stékajících z krkonošského krystalinika, tak autochtonních (Pilníkovský a Kalenský potok). Vyvinula se v důsledku pánvovité stavby území (podkrkonošská permokarbonská pánev). Mimořádný podíl na jejím vývoji však má také nesoúměrný, kuestovitý charakter Kocléřovského hřbetu se strmějším čelním svahem obráceným k severu, tj. k podkrkonošské pánvi. Kuestu dokázal v této části proříznout průlomovým údolím jen výrazně nejvodnější tok Labe, který pak k sobě nasměroval zpětnou erozi všechny přítoky. Hostinská pahorkatina je tvořená sníženým, mladotřetihorním zarovnaným povrchem, ve kterém vyhloubily alochtonní toky v měkkých permských sedimentech podkrkonošské pánve typická neckovitá údolí se strmými svahy a širokou, plochou údolní nivou. Nejdokonalejší podobu mají u Labe mezi Vrchlabím a Hostinným, méně typické jsou i u Malého Labe a Čisté.

Ve svazích neckovitého údolí Labe mezi Vrchlabím a Hostinným se nachází několik skalních defilé, která jsou svou genezí na našem území výjimečná až unikátní. Na jejich vzniku a následném vývoji a detailní modelaci se podílejí vedle samotné mladé laterální eroze reky i litologické poměry, přesně řečeno extrémně malá odolnost zdejších permských hornin (aleuropelitů, prachovců a jílovců, méně i pískovců). Vznik skalních defilé je velmi těsně vázaný na holocenní přemísťování vodního toku v ploché údolní nivě a místa, kde řečiště přimyká k údolnímu svahu; po jeho odklonění opět podléhají relativně velmi rychle destrukci a zániku a mění se na strmé části svahů ve spodní části údolního profilu.

Největších rozměrů co do výšky a zvláště délky dosahují skalní defilé v Klášterské Lhotě. Na detailní modelaci jejich skalních stěn můžeme pozorovat znaky několika samostatných procesů, jako jsou recentní plošné zvětrávání (s nejvýraznějším podílem kongelifrakce), selektivní zvětrávání (skalní lišty, římsy a terásky), svahové procesy v podobě drobných skalních zřícení, recentní laterální eroze Labe (úpatní boční koryto) i biologické zvětrávání až destrukce. Specifickým fenoménem, který nemá u nás nikde jinde obdobu je i lineární eroze několika drobných, občasných (periodických i efemérních) přítoků Labe, které v návaznosti na výraznou vrstevnatost a rozpuštění horniny vytvářejí skalnaté stržovité zářezy a rýhy s miniaturními soutěskovitými a amfiteátrovitými úseky s drobnými vodopádovými stupni. Unikátní formou je boční koryto, které zde vzniklo laterální erozí Labe za vysokých stavů (povodní) za spolupůsobení kongelifrakce. Kombinace všech těchto procesů, stejně jako výsledné tvary, které jimi vznikají, nemají u nás jinde obdobu nejen v permských horninách, ale ani v ostatních skalních defilé v rámci celé republiky. Za zcela výjimečný fenomén je však třeba považovat i samotnou extrémní rychlost uvedených recentních procesů, která souvisí s litologickými vlastnostmi zdejších



hornin (zvláště mimořádně tenká vrstevnatost, velmi husté rozpukání vedoucí ke drobně kostičkovité odlučnosti i samotná malá soudržnost horniny), kterou lze pozorovat dokonce i v pouhých meziročních intervalech.

Lokalita by pro svou výjimečnost a mimořádnou koncentraci dílčích forem zasloužila, spolu s přilehlým peřejovitým korytem Labe a nejvýznamnějším výtvozem Labským prahem vyhlášení za chráněný objekt.

### Summary

Several river scarps are developed in the slopes of the Labe River flat-floored valley in the Podkrkonošská pahorkatina hilly land between Vrchlabí and Hostinné. Their origin and subsequent development and modelling are controlled not only by the young lateral river erosion itself but also by lithological conditions, namely the extremely low resistance of the local rocks of Permian age (mudstones, siltstones and claystones, less commonly sandstones). The origin of the river scarps is linked very closely with the Holocene shift of the river course in the flat alluvial plain and concentrates to places where the river channel is closely adjacent to the valley slopes. After the deflection of the river, the scarps are subjected to a very rapid destruction and turn into steep slopes.

The highest, and especially the longest river scarps are located at Klášterská Lhota. The detailed shaping of their faces show signs of several independent processes, such as Recent areal weathering (with congelifraction being the most important factor), selective weathering rock ledges, notches and small terraces in the rock wall), mass movements having the character of minor free rockfalls, present lateral erosion of the Labe River (horizontal river niche) and biological weathering and destruction. Linear erosion of several small, intermittent (periodical and ephemeral) tributaries of the Labe River is a specific phenomenon unparalleled elsewhere in the Czech Republic. In relation with prominent bedding these streams developed rocky incisions of gully character and rills with miniature narrows and amphitheatres with minute waterfalls steps. A combination of these processes, much like the resulting landforms thus originated, have no parallel either in the Permian rocks or in other river scarps across the whole country. A fully exceptional phenomenon is also the extremely high rate of the above mentioned processes at present, which is determined by local lithology (especially the exceptionally high density of bedding planes and joints, and the weak consistency of the rocks) and can be massively observed even over annual intervals. This site should be therefore proclaimed a nature-protected object, together with the adjacent Labe River channel and the step-like rapid as its most prominent landform.

### Literatura

- BALATKA B., 1958: Bočná koryta v údolí Jizery u Mnichova Hradiště. *Sborník Čs. spol. zeměpisné*, 63: 1: 10–18, Praha.
- ČEPEK L. ed. 1963: Vysvětlivky k přehledné geologické mapě 1:200 000, list M-33-XVI (Hradec Králové). 202 s. *ÚÚG v NČSAV, Praha*.
- DEMEK J. et al., 1965: Geomorfologie Českých zemí, 334 s. *Nakl. ČSAV, Praha*.
- DEMEK J., ed. 1987: Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny. 584 s., *Academia, Praha*.
- DEMEK J., MACKOVČIN P., ed. 2006: Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. 582 s. *AOPK, Brno*.
- CHALOUPSKÝ J., ed. 1992: Geologická mapa ČR 1:50 000, list 03-41 Semily. *ÚÚG, Praha*.
- CHLUPÁČ I. et al., 2002: Geologická minulost České republiky. 432 s. *Academia, Praha*.
- PEŠEK J. et al., 2001: Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví České republiky. 243 s. *ČGÚ, Praha*.
- PILOUS V., 1991: Skalní zřícení. *Krkonoše*, 24:5:8. *Vrchlabí*.
- PILOUS V., 1992: Dolánecký vodopád u Turnova. *Ochrana přírody*, 47:4: 115–116. *Praha*.
- PILOUS V., 2005: Práh Labe a skalní dlažba v Klášterské Lhotě u Hostinného. *Vě. sb. přír. – Práce a studie*, 12: 29–36. *Pardubice*.
- PILOUS V., 2009: Vodopády Krkonoš. *Krkonoše – Jizerské hory* 42:1: 22–25. *Vrchlabí*.
- PILOUS Z., 1966: Neznámý výskyt melafyru u Hostinného. *Vlastivědná práce Trutnovska 2 (leden)*. Muzeum Podkrkonoší, *Trutnov*. s 1–3.
- PROUZA V., ed. 1990: Geologická mapa ČR 1:50 000, list 03–42 Trutnov. *ÚÚG, Praha*.

PROUZA V., 2005: Permokarbon západní a centrální části podkrkonošské pánve. *Exkurze Čes. Geol. Spol., jaro 2005, 13 s. ČGS, Praha.*

TÁSLER R., 1968: Vrt Pě-1, Litologický profil (Úkol 3/01). *ÚÚG, Praha.*

VEJLUPEK M., ed. 1987: Geologická mapa ČSR 1:50 000, list 03–44 Dvůr Králové nad Labem. *ÚÚG, Praha.*

+ foto v barevné příloze

Došlo: 3.1.2013



**Obr. 7:** Detail odlučné plochy drobného skalního zřícení, vzniklého za přispění kořenového systému, který zůstal následně obnažený na povrchu. Jeden z mnoha zdejších příkladů biologického zvětvávání skal (1. skalní defilé, úpatí zářezu č. 3).

**Fig. 7:** A close-up view of a detachment plane of a minor rockfall induced by root activity. The root system remained exposed to the surface. One of the many local examples of biological weathering of rocks (first river scarp, base of cut No. 3).



**Obr. 8:** Detail zvětrávání aleuropelitů na 2. skalním defilé. Hladký povrch vlevo je puklinová plocha, podél níž došlo ke skalnímu zřícení.

**Fig. 8:** A detail of mudstone weathering in the second river scarp. The smooth surface on the left is a joint plane along which the rockfall occurred.



**Obr. 9:** Totožná partie s barevným foto 18 po roztání ledu. S takovým množstvím zvětralin za jedinou zimu, které je tu pravidlem, se setkáme jen málokde. V pozadí spodní konec bočního koryta.

**Fig. 9:** An identical site as in coloured photo 18. after thawing of ice. Such large amount of weathering products accumulated within a single winter, common for this site, can be hardly encountered elsewhere. Lower end of lateral river niche in the background.



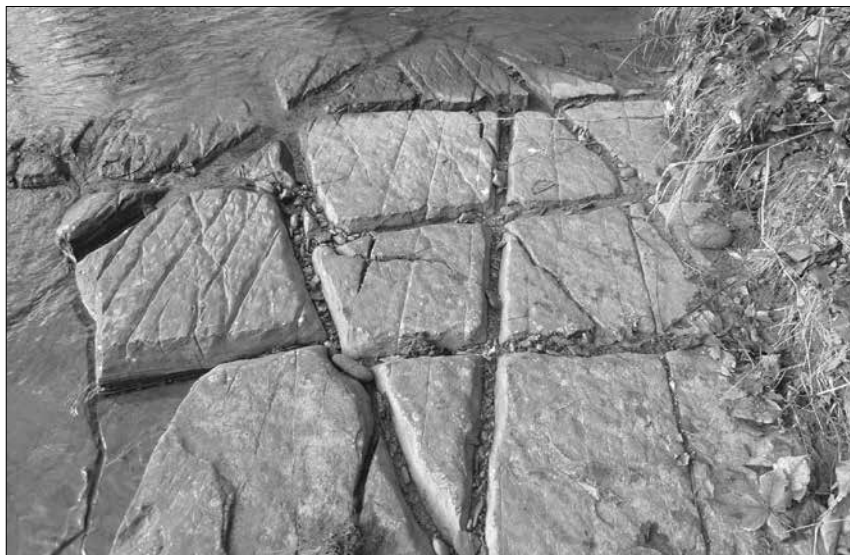
**Obr. 10:** Detail kongelifrakce ve skalní stěně třetího skalního defilé.

**Fig. 10:** A close-up view of congelifraction in the face of third river scarp.



**Obr. 11:** Zřícený skalní blok na úpatí 4. skalního defilé se zastavil o kmen stromu a následně se mrazově rozpadá podél velmi tenké vrstevnatosti.

**Fig. 11:** A fallen rock block at the base of the fourth river scarp was halted by a tree trunk. Now, it is being disintegrated by frost weathering into very thin fragments along bedding planes.



**Obr. 12:** Detail puklin na vrstevní ploše skalního práhu Labe pod 4. skalním defilé.

**Fig. 12:** A close-up view of joints on bedding plane of the step-like rapid downstream of the fourth river scarp.



**Obr. 13:** Kaskáda ve spodní části rokle č. 1.

**Fig. 13:** A cascade in the lower part of gorge No. 1.



**Obr. 14:** Dvoustupňový vodopád na visutém ústí svahového údolíčka (č. 2).

**Fig. 14:** A two-steps waterfall in the hanging mouth of a small slope valley (No. 2)



**Obr. 15:** Nejvýraznější spodní část nejvyššího z vodopádů skalních defilé v Klášterské Lhotě (zářez č. 3).

**Fig. 15:** The most distinct lower part of the highest waterfall of the river scarps at Klášterská Lhota (erosional cut No. 3)



**Obr. 16:** Detail koncového, hlavního stupně vodopádu v zářezu č. 3. Ve skalní stěně je patrné střídání různě odolných vrstev aleuropelitů a pískovců (na úpatí vodopádu). Osypy jsou zde v důsledku rychlého rozpadu horniny téměř hlinité.

**Fig. 16:** A close-up view of the lower, main step of the waterfall in erosional cut No.3. The cliff face features alternation of mudstone / sandstone beds of contrasting resistance. The talus cones are dominated by loam due to the rapid decomposition of the rock.





**Obr. 17:** Spodní vodopád v soutěskovitém zářezu č. 7 vytváří drobný skalní amfiteátr s výrazně tence vrstevnatými aleuropelity.

**Fig. 17:** The lower waterfall in a narrow erosional cut No. 7 creates a small alcove in distinctly thin-bedded mudstones.



**Obr. 18:** Vodopád na visutém vyústění zářezu č. 12 dopadá téměř vždy přímo na zvýšenou hladinu Labe (3. skalní defilé). Foto obr. 7–18 V. Pilous.

**Fig. 18:** The waterfall in the hanging mouth of erosional cut No. 12 falls almost always directly on the elevated water level of the Labe River (third river scarp). Photos of fig. 7–18 V. Pilous.