

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY

Katedra fyzické geografie a geoekologie

**GLACIÁLNÍ MODELACE RELIÉFU
V ÚDOLÍ JEZERNÍHO POTOKA**

(bakalářská práce)

Václav Mach

Vedoucí práce: RNDr. Zbyněk Engel, Ph.D.

PRAHA 2009

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje.

V Telči 20.8.2009

Podpis:

Abstrakt

Glacial landforms in the valley of Jezerní potok Brook, the Šumava mountains.

This work deals with the glacial morphology in the valley of Jezerní potok Brook. An overall description of the study area is presented first part of the work together with historical perspective of glacial landscape investigation. The next part is aimed at brief morphologic analysis of the study area with special attention to glacial landforms. The results obtained are discussed with respect to published hypothesis of authors, who were interested in the glacial phenomenon in the study area.

OBSAH

1. ÚVOD	6
1.1. TÉMA A CÍL PRÁCE	6
1.2. POLOHA A VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	6
1.3. VÝZKUMY PLEISTOCÉNNÍHO ZALEDNĚNÍ V OBLASTI	8
2. FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	11
2.1. GEOLOGICKÁ STAVBA	11
2.2. RELIÉF	12
2.3. HYDROGRAFIE	14
2.4. KLIMA	15
2.5. PŮDY	17
2.6. VEGETACE	18
2.7. OCHRANA PŘÍRODY	20
3. METODY ZPRACOVÁNÍ A POSTUPY	21
3.1. VSTUPNÍ DATA PRO ANALÝZY GIS	21
3.2. MORFOMETRICKÉ A MORFOGRAFICKÉ POMĚRY	21
3.2.1. Rozložení nadmořských výšek	22
3.2.2. Sklon svahů	22
3.2.3. Orientace svahů	22
3.2.4 Zastínění svahů	22
3.2.5. Podélné a příčné profilování	23
4. VÝSLEDKY	24
4.1. ZHODNOCENÍ MORFOMETRICKÝCH A MORFOGRAFICKÝCH POMĚRŮ	24
4.1.1. Rozložení nadmořských výšek	24
4.1.2. Sklon svahů	25
4.1.3. Orientace svahů	27
4.1.4 Zastínění svahů	29
4.1.5. Podélné a příčné profilování	29
5. DISKUSE	33
5.1. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VZNIK A CHARAKTER ZALEDNĚNÍ	33
5.2. VYMEZENÍ KARU	34
5.3. VÝVOJ ÚZEMÍ BĚHEM POSLEDNÍHO ZALEDNĚNÍ	35
6. ZÁVĚR	37
7. LITERATURA	38

8. SEZNAM PŘÍLOH	42
8.1. TABULKY	42
8.2. GRAFY	42
8.3. OBRÁZKY	42

1. ÚVOD

1.1. TÉMA A CÍL PRÁCE

Šumava patří mezi nejvýznamnější pohoří v české kotlině. Stejně jako většina dalších pohoří v České republice byl základ Šumavy vytvořen variskou větvi hercynského vrásnění v prvohorách (Stettner, 1971). V dalších obdobích byla Šumava denudována, čímž vznikly nynější zarovnané tvary (Votýpka, 1979). Na přelomu druhohor a třetihor byla Šumava poznamenána alpínským vrásněním (Stettner, 1971). Šumava byla, vzhledem ke svojí výšce, v období poslední doby ledové poznamenána několika vlnami zalednění (Priehäuser, 1930). Ve středoevropských pohořích podobného typu nebyla výjimkou. I zde se vyvinulo několik karových ledovců. Během těchto cyklů vznikly na Šumavě nejmladší makro, mezo i mikroformy reliéfu, které jsou patrné dodnes. Vzhledem k malému rozsahu pleistocénního zalednění na Šumavě však krajinný ráz ovlivnily jen v konkrétních areálech. Z hlediska celého pohoří ledovcová činnost není hlavním aspektem rázu Šumavy. Karový ledovec, který se vytvořil v severovýchodním úbočí masivu Plechého (1378 m.n.m) měl zásadní vliv na morfologii celého zájmového území, především pak v nejvyšších polohách. Zalednění mělo vliv i na níže ležící polohy, kam již ledovec sám nezasáhl. I pod úrovní čelní morény ovlivnil geomorfologii v údolí Jezerního potoka, ať už tavnými vodami či periglaciálními podmínkami.

Cílem práce jsou tři hlavní body. Prvním je rešerše již vzniklých prací na téma glaciální modelace v oblasti a porovnání současného stavu poznání problematiky zalednění ve studovaném území s ostatními lokalitami na Šumavě. Druhým bodem je analýza glaciálních tvarů v zájmovém území provedená pomocí morfometrických a morfografických poměrů reliéfu. Třetím bodem je určení pravděpodobného charakteru a podmínek vzniku zalednění v zájmovém území.

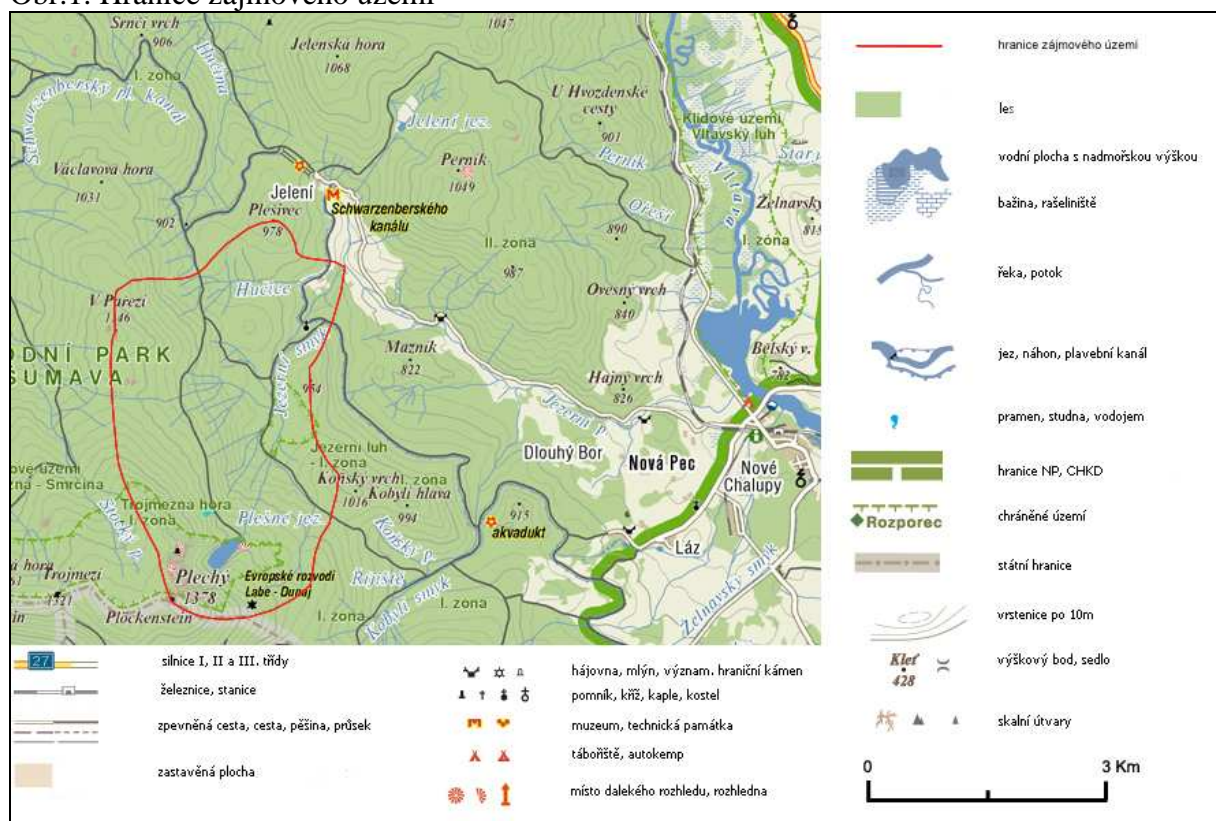
1.2. POLOHA A VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Údolí Jezerního potoka se nachází na české straně Šumavy, v oblasti Trojmezenské hornatiny. Nejvýše položená část údolí se nachází v horních partiích severovýchodního svahu masivu Plechého, nejvyšší hory české strany Šumavy. Horní část údolí směřuje od vrcholu Plechého severoseverovýchodním směrem v délce přibližně osmi kilometrů. V této části je údolí úzké a

sevěnené okolními hřbety. Na jihozápadním úpatí Perníku (1049 m n.m.) se Jezerní potok stéká s jedním z významnějších přítoků (818 m n.m.), Jelením potokem, který pramení v Jelením jezírku. V oblasti soutoku se směr toku Jeleního potoka i celého údolí ostře láme k východojihovýchodu. Dále je již údolí podstatně širší a svým charakterem odpovídá střednímu toku. Tímto směrem tok pokračuje až k vesnici Nová Pec, u které údolí Jezerního potoka ústí do údolí Vltavy. Dnes se Jezerní potok vlévá přímo do Lipenské přehradní nádrže ve výšce hladiny 720 m n.m.

Zájmové území odpovídá části povodí Jezerního potoka, ale je omezeno pouze nad ústí levostranného přítoku Jeleního potoka (818 m n.m.). Průběh hranice lze zhruba popsat pomocí rozvodnice mezi několika nejvýznamnějšími vrcholy. Od ústí Jeleního potoka do Jezerního potoka to jsou ve směru hodinových ručiček Koňský vrch (1016 m.n.m), Plechý (1378 m.n.m), V Pařezí (1146 m.n.m) a Plešivec (978 m.n.m). Přesněji je průběh rozvodnice zobrazen na Obr.1.

Obr.1. Hranice zájmového území



Zdroj: www.mapy.cz, staženo 13.5.2009

Červená linie – rozvodnice III. řádu, hranice zájmového území

Vlastní předmět této práce, glaciální modelace reliéfu, je ponejvíce omezen na horní část údolí Jezerního potoka, zhruba po úroveň křížení Jezerního potoka se Schwarzenberským plavebním kanálem. Největší koncentrace glaciálních forem reliéfu je v okolí Plešného jezera a jeho karové stěně. Nejdůležitější oblast lze tedy vymezit linií od Schwarzenberského plavebního kanálu hřbetem přes kótu 954 na Koňský vrch, poté hřbetem kopíruje rozvodnici kolem Plešného jezera, přes vrchol Plechého hřbetem na vrchol V Pařezí a po nevýrazném hřbetu zpět ke Schwarzenberskému plavebnímu kanálu.

1.3. VÝZKUMY PLEISTOCÉNNÍHO ZALEDNĚNÍ V OBLASTI

První výzkumy přírodovědeckého charakteru Šumavy proběhly již ke konci 19. století a přesto dodnes Šumava patří mezi méně prozkoumaná česká pohoří. V druhé polovině 20. století výzkumy téměř neprobíhaly kvůli politické situaci a poloze Šumavy na hranicích východního a západního bloku. Nejvíce prací o zalednění Šumavy pochází ze začátku 20. století a byly shrnuty v článku „Přehled vývoje názorů na otázku zalednění Šumavy“ S. Chábery (1975). J. Kunský (1933) shrnul již existující názory na zalednění Šumavy a podrobil je diskusi.

První názor na vznik karu Plechého patří F. Hochstetterovi (1856), který se zabýval především geologickým mapováním oblasti (např. uvedl název plekštejnská žula, je ekvivalentem žuly eisgarnské). Podle Hochstettera kar vznikl katastrofálním zřícením skalní stěny. Tento názor byl kritizován, protože nebyl podložen podrobným výzkumem. Zároveň nutno podotknout, že Hochstetter přišel první s myšlenkou bývalého zalednění Šumavy (Chábera, 1975).

První výzkumy zalednění na Šumavě byly dělány pro celé horstvo, výzkumy se orientovaly na rozsah a stáří zalednění. Roku 1886 F. Bayberger odmítá verzi Hochstettera a první prezentuje názor o glaciálním vzniku Plešného, stejně jako ostatních šumavských jezer. Bayberger však předpokládal velký firnový ledovec nad hranicí 1000 m n.m., především pak na české straně, který měl dlouhé údolní splazy až do výšek 450 m n.m. Největší mocnost tohoto ledovce měla být v místech dnešních karů. Tento názor podporuje svým terénním výzkumem i F. Priehäusser (1928) v práci „Der Bayrische Wald in Eiszeitalter“.

I názor Baybergera nebyl přijat. Odmítána byla představa o rozsáhlém zalednění. Malý rozsah zalednění, omezený na kary, zastával A. Rodler (1887), či P. Wagner (1900).

L. Puffer (1910, 1925) též souhlasil s malým rozsahem zalednění a představil teorii dvojího zalednění Šumavy (würm a riss), G. Priehäusser (1927-1931) dokonce rozděluje Šumavské zalednění na dvě fáze risské a tři würmské.

Proti vizi velkého firnového ledovce byl též A. Rathsburg (1928 - 1930), především pro velkou vzdálenost Šumavy od oceánu způsobující kontinentální klima a tedy příliš málo srážek pro vznik zalednění tak velkého rozsahu. Zastával názor malých svahových ledovců v karech a to pouze během würmu. Své tvrzení opíral o terénní výzkumy a dobrou znalost morfologie terénu. Zároveň se domníval, že tyto malé ledovce zasahovaly za úroveň dodnes zachovaných morén hradících jezera (u Plešného jezera až o 150 m níže) a že kary byly vyhloubeny činností ledovců a procesem periglaciálního zvětrávání.

Přírodními podmínkami pro vznik ledovců na Šumavě i mimo ni se zabývali J. Prosová & J. Sekyra (1961). Nejvhodnější expozicí svahů pro vznik ledovců je východní, severovýchodní a severní. Je to způsobeno především menší insolací na těchto svazích, čímž se zde déle udrží sníh. Dále je důležité svívání sněhu do těchto karů z vrcholových partií pro naše území typickým západním větrem, který byl dominantní i v dobách šumavských ledovců (Prosová & J. Sekyra, 1961).

Výzkumy po druhé světové válce se již většinou zabývají zaledněním konkrétních karů, nebo jde o výzkumy metodou porovnávání jednotlivých oblastí. Na české straně je citelná koncentrace na SZ Šumavy, kde se nachází na relativně malé ploše všechny významné šumavské kary právě s výjimkou Plechého. Na německé straně se výzkumy týkají především oblasti kolem Velkého a Malého Javoru.

Další výzkumy zalednění prováděl v oblasti až J. Votýpka v letech 1975 – 1981. Podle něj docházelo k hromadění sněhu pouze ve vrcholových částech hřbetů. Mělké deprese (základ karu) však vznikaly periglaciálním zvětráváním ještě dříve než začal vznikat samotný ledovec. Votýpka tedy nepředpokládal, že by vznik celého karu, jezerní pánve a morény bylo dílem pouze samotného ledovce. Před vznikem ledovce pod Plechým existovala hluboká předhlubeň vzniklá periglaciálním zvětráváním, pro což jsou v SV svahu Plechého vhodné podmínky. Jde především o zastíněnost, dostatečně nízkou teplotu a převažující směr západních větrů, které převíváním zásobují předhlubeň sněhem z hřbetu. Dalším „předpokladem pro vznik údolních uzávěrů se skalní stěnou je na granitových horninách specifické uspořádání puklinových systémů“ (Votýpka, 1979), navíc je puklinatost velmi hustá. Asymetrická stavba žulové klenby měla svádět většinu vody právě do puklin na SV svah, kde docházelo k velkému vsaku. Proto zde docházelo ve velkém měřítku ke kongelifrakci, zejména během dlouhých chladných period. Hlavní role ledovce podle Votýpky spočívala v rychlém transportu materiálu. V otázce stáří zalednění dospěl Votýpka k dvoufázovému würmskému zalednění.

Z poslední doby je práce zabývající se srovnáním morfometrických charakteristik vybraných oblastí s glaciální modelací reliéfu autorů Housarové & Mentlíka (2004). Pomocí porovnání všech šumavských karů našli spojitost mezi morfostrukturními podmínkami a vznikem zalednění. Tektonické poruchy, u kterých převažuje S-J směr podmínily vznik strmých a vysokých východních svahů, na které navazují uzávěry údolí v S nebo J směru. Právě tyto východní svahy se svou studenou expozicí, a již dříve zmiňovaným zásobováním sněhem, měly mít rozhodující vliv na vznik šumavských ledovců.

V jiných oblastech Šumavy jsou v poslední době aktivní P. Mentlík (2002 - 2005) v oblasti Prášilského jezera a jezera Laka. V roce 2007 Steffanová & Mentlík navázali na práci Housarové porovnáním morfometrických charakteristik všech karů v české části Šumavy.

Mezi významné německé autory patřil F. Pfaffl. V roce 1986 provedl v oblasti Roklanu a Velkého Javoru geomorfologické výzkumy zaměřené na glaciální tvary. Zabýval se především vztahem zalednění k nadmořské výšce oblasti. Vznik šumavských jezer datoval do würmu. V roce 1992 se zabýval morfometrií a hledal souvislost mezi velikostí jezera, velikostí ledovce a nadmořskou výškou. Prokázal souvislost mezi nadmořskou výškou vyživovací oblasti ledovce a délkou ledovce, a mezi hloubkou jezera a geologickým podložím.

T. Raab a J. Völkel (1999, 2003) se na Malém Javorském jezeře zabývali analýzou glaciálních sedimentů.

Z výčtu nejnovějších prací je citelný zájem o výzkum šumavských karů. Na německé straně je zájem omezen na oblast kolem Velkého a Malého Javoru. Výzkumy v české části Šumavy se věnují již i malým karům, jako například oblast Staré jímký či Roklanu. Oblast Plešného jezera a jeho glaciální původ je dlouhodobě mimo zájem konkrétně lokalizovaných výzkumů.

2. FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

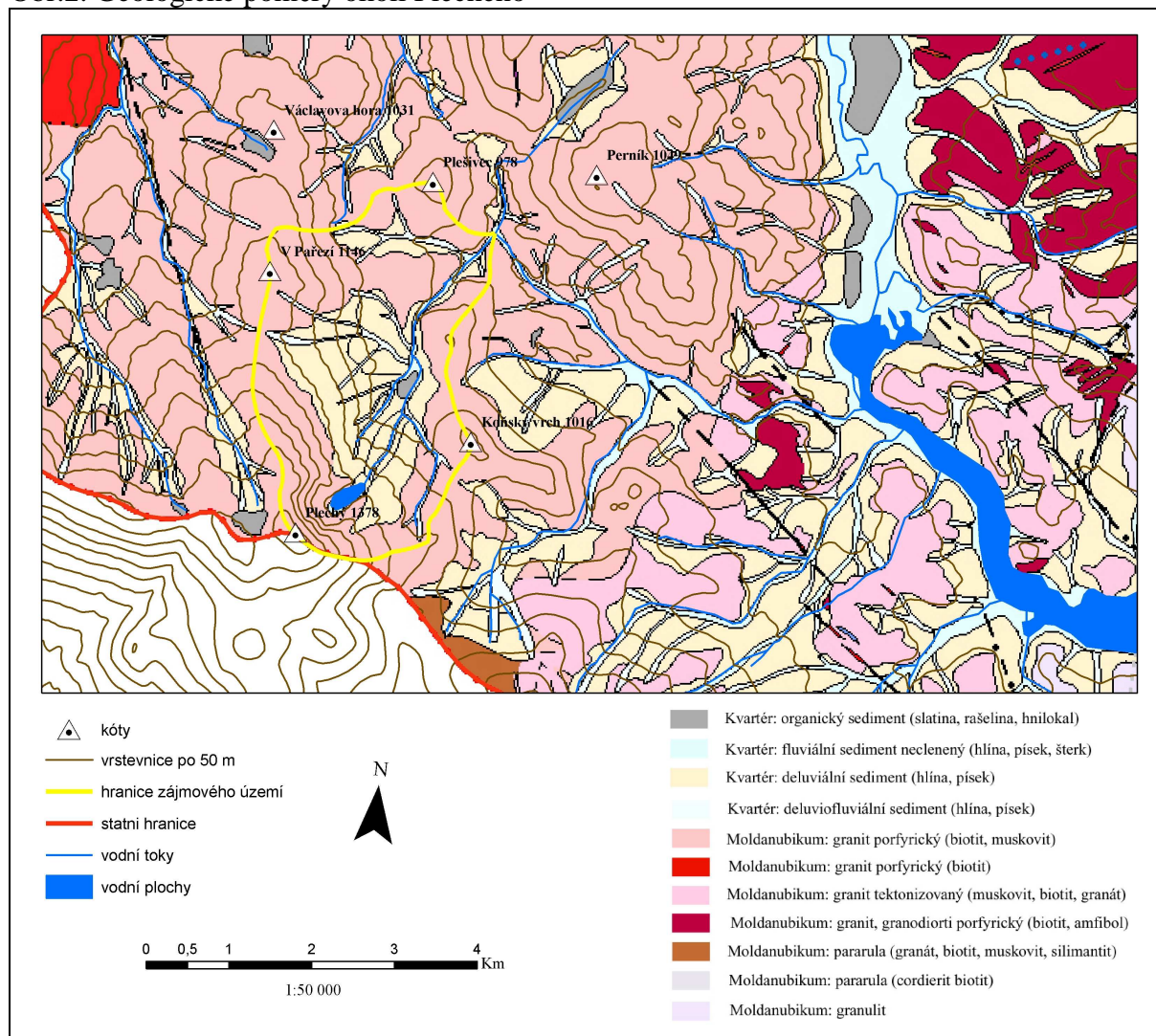
2.1. GEOLOGICKÁ STAVBA

V oblasti Šumavy se nachází jedna z větví prekambričského moldanubického plutonu, která je tvořena silně metamorfovanými horninami. Masiv Plechého je tvořen největší granitovou intruzí moldanubického plutonu na Šumavě (Beneš & kol., 1983), který vznikl ke konci variské orogeneze v permu. Podle toho, ve kterém období varijské orogeneze granitové intruze vznikaly, se dále dělí na starší weinsberský typ a mladší eisgarnský typ (třetí, rastenberský typ zasahuje na Šumavu pouze nepatrně v JV části). Dále byla celá Šumava (moldanubikum i s plutony) během druhohor až do třetihor pod vlivem tektonických pohybů a hlavní zlomy vedou ve směru ZSZ-VJV až SSZ-JJV. Během alpínského orogénu probíhala na Šumavě poslední významná tektonika – saxonská, která hlavně během miocénu rozčlenila původní paroviny na kry.

Zájmové území je z převážné části budováno granitovou intruzí, je tedy téměř výhradně tvořeno prvohorními žulami. Dále se v zájmovém území hojně vyskytují kvartérní sedimenty. Rozšíření jednotlivých hornin je vidět na mapě (Obr.2.). Jak již bylo zmíněno výše, granitový pluton moldanubika masivu Plechého je tvořen dvěma základními typy žuly, přičemž v zájmovém území se vyskytuje pouze žula eisgarnská.

Eisgarnská žula je světlá, dvojslídá hrubozrnná žula a své pojmenování dostala od rakouských geologů. F. Hochstetter (1855) stejný typ pojmenoval plekštejská. Též podle Pertoldové & kol. (2004) se granit Plechého složením velmi dobře podobá eisgarnské žule. Stáří granitu Plechého určili Pertoldová & kol. (2004) na 337 +/- 6,5 milionů let. Granit Plechého je středně zrnitý až hrubozrnný a místy porfyrický.

Obr.2. Geologické poměry okolí Plechého



Zdroj: Česká geologická služba

2.2. RELIÉF

Zájmové území náleží do geomorfologického okrsku Plešská hornatina (Demek & kol., 1987), zařazení v systému geomorfologické regionalizace je uvedeno v Tab.1. Hranice okrsku, názvy a hranice okolních geomorfologických jednotek jsou patrné z Obr.3.

Celá Trojmezenská hornatina, v níž se Plešská hornatina nachází, je vrásnozломového původu. Základním prvkem rázu krajiny jsou dvě denudační úrovně terénu, které leží v rozdílných nadmořských výškách.

První je vrcholová partie Plechého (úroveň 1332 – 1378 m n.m.), druhá se nachází v oblasti Perníku, Hvozdu a Jelenské hory (úroveň 990 – 1068 m n.m.) (Votýpka, 1981). Ve velké míře zde docházelo ke kryoplanaci, soliflukčním a denudačním procesům. Mezi

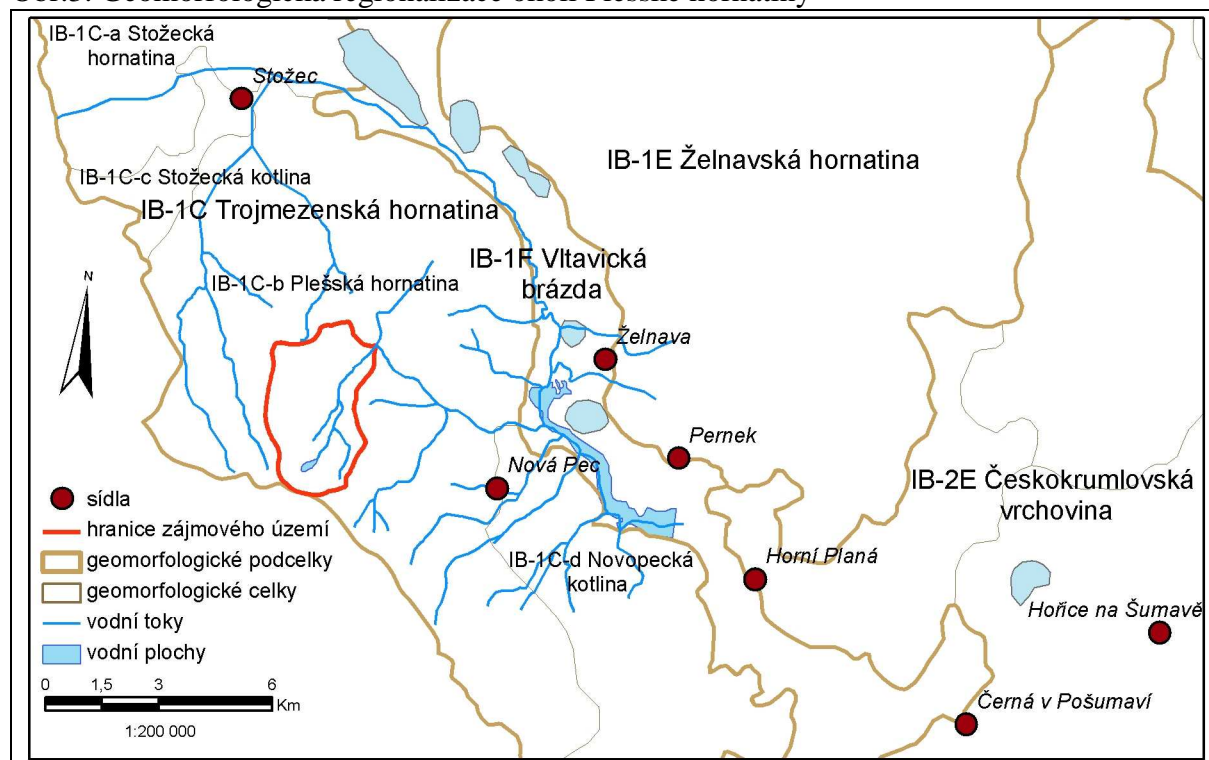
zarovnanými úrovněmi je oblast charakteristická velkými sklony reliéfu. Dalším důležitým aspektem reliéfu je místy dokonale vyvinutý puklinový systém podloží, který měl na vývoj reliéfu vliv (Votýpka, 1981).

Tab.1. Zařazení Plešské hornatiny

Provincie	Subprovincie	Oblast	Celek	Podcelek	Okrsek
Česká vysočina	Šumavská subprovincie	Šumavská hornatina	Šumava	Trojmezenská hornatina	Plešská hornatina

Zdroj: Demek, J., & Kol. (1987)

Obr.3. Geomorfologická regionalizace okolí Plešské hornatiny



Zdroj dat: Cenia_geomorf, ArcCR500, staženo 12.8.2009.

Významným prvkem reliéfu je kar pod vrcholem Plechý, který vznikl činností ledovce během pleistocénu. Kar směřuje na severovýchod od vrcholu Plechého a výška karové stěny dosahuje až 250 m. Vzniklo zde více mělkých cirkovitých uzávěrů se skalní stěnou i bez ní. Kryogenní a nivační procesy se nepatrně projevují i recentně (mikrokongelifrakce) (Votýpka, 1981).

Vzhledem k pozdnímu osídlení území člověkem zde došlo jen k malým zásahům do reliéfu. V podstatě největším zásahem do krajiny v zájmovém území byla stavba Schwarzenberského plavebního kanálu a úpravy morénové hráze Plešného jezera.

2.3. HYDROGRAFIE

Šumava jako celek je horstvo obklopené níže položeným terénem a je tedy pramennou oblastí řek a tvoří velkou část rozvodí mezi Dunajem a Vltavou. Je tedy částí významného evropského rozvodí mezi Černým a Severním mořem. Pramení zde i Vltava, nejdelší řeka tekoucí na území České republiky, která na svém horním toku u obce Nová Pec přijímá (již v rámci Lipenské přehradní nádrže) pravostranný přítok – Jezerní potok.

Nejvyšší místo celého povodí tvoří vrchol Plechého 1378 m n.m. Nejnižší místo povodí je při ústí do Lipenské nádrže a odpovídá jeho hladině (kolem 725 m n.m.). Jako pramen Jezerního potoka je bráno Plešné jezero, přičemž od hráze Plešného jezera po ústí je tok zhruba 9,5 km dlouhý. Kromě ostré změny směru u obce Jelení Vrchy je tok víceméně přímý a odpovídá tak průběhu nejvyšší části toků. Významným zásahem do původního stavu toku byla bezesporu výstavba Schwarzenberského plavebního kanálu, který tok překonává v dřevěném korytě a přes stavidla odevzdává do plavebního kanálu významnou část svého průtoku.

Plešné jezero tvoří nejvyšší polohu říčního systému toku, ve výše položených částech povodí v karu již není stálý tok. Jedná se o karové jezero hrazené morénou vytvořenou činností údolního ledovce v SV svahu masivu Plechého. Hráz tvoří ledovcová moréna 30 – 40 m vysoká (Švampera, 1912), složená ze žulových balvanů přemístěných ledovcem z karové stěny. Hladina jezera se nachází ve výšce 1090 m n.m. (Švampera, 1912) a jeho plocha dosahuje hodnoty 7,48 ha (Jánský & Vránek, 2002), čímž zapadá na třetí místo ve velikosti šumavských jezer (přehled charakteristik v Tab.2.). Zdrojovou oblast tvoří celý kar, z jehož území voda přirozeně spadá do jezera. Hlavním zdrojem vody je pro jezero tající sníh, který každoročně pokrývá celý kar místy až do výše několika metrů. Dalším významným zdrojem jsou srážky, ať již dopadající přímo do jezera, či na území celého karu, odkud je odtok do jezera vzhledem k velkému sklonu povodí velmi rychlý.

V roce 1790 byla přirozená morénová hráze uměle upravena a zvýšena o 2,5 m, čímž začalo jezero sloužit jako významná retenční nádrž pro zásobování plavebního kanálu vodou (vypustitelná zásoba pro potřeby kanálu činí 177 000 m³). Nejvýznamnější rostlina rostoucí

přímo v jezeře je šídlatka ostnovýtrusá (*Isoetes tenella*). Malé ledovcové jezero je však hlavně na faunu velmi chudé, je bez ryb a běžně se v Plešném jezeře vyskytuje pouze hrotnatka obecná (*Daphnia pulex*), jepice obecná (*Ephemera vulgata L.*) a klešťanka obecná (*Sigara falleni*).

Problémem šumavských jezer byla již v minulém století silná acidifikace způsobená kyselými dešti. Nejhorší situace v atmosféře byla v osmdesátých letech minulého století, avšak již předtím vedla situace k vymření ryb a úbytku mikrobů (Veselý, 1994). Dnes se již situace zlepšuje a dochází k návratu do původního stavu, což je indikováno návratem vznášivky obecné (*Heterocope saliens*) a zotavováním planktonu (Vrba & al. 2001). I přesto je dnes Plešné jezero jedno z nejvíce acidifikovaných na Šumavě (Vrba & al. 2000b).

Z hlediska čistoty vody patří Jezerní potok mezi nejkvalitnější toky Šumavy. Spadá do typu xenosaprobních toků, má i bohaté zastoupení řasových druhů. Další ukazatele kvality vody ukazují jen velmi malé ovlivnění člověkem. Ukazatel pH se pohybuje kolem hodnoty 6 a vodivost 25 uS/cm (Zelenková 2001).

Tab.2. Základní charakteristiky Plešného jezera

Plocha jezera [ha]	7,48
Nadmořská výška [m n.m.]	1090
Obvod jezera [m]	1242
Největší hloubka [m]	18,30
Průměrná hloubka [m]	8,24
Objem zadržované vody [m ³]	617 000
Sběrná oblast [ha]	66,6

Zdroj: Jánský, B., Vránek, T. (2002)

2.4. KLIMA

Klima Šumavy je formováno dvěma hlavními vlivy. Vzdálenost od Atlantského oceánu, od kterého přichází většina srážek a poloha uprostřed Evropy má za následek přechodné klima mezi kontinentálním a oceánickým. Návětrná strana Šumavy (tedy západní strana směřující k Atlantskému oceánu) má více srážek, než oblasti položené ve stínu hlavního hřbetu. Šumava je však zároveň již dostatečně rozsáhlým pohořím, aby na svém území vytvořila své vlastní klima odlišné od okolí. Zároveň dosahuje dostatečné výšky pro vznik výškových klimatických zón.

Území kolem Plešného jezera se nachází na severovýchod od hlavního hřebene a vrcholu Plechého a je tedy, vzhledem k převládajícím západním větrům, na závětrné straně pohoří. Průměrné roční srážky v této oblasti se pohybují kolem 1000 mm (ČHMÚ, 2009) ročně (na hřebeni a nejvýše položených návětrných svazích však může dosahovat až 1500 mm). Množství sněhu je výsledkem kombinací vlivu srážek, větru a teplot, a proto nejvíce sněhu tradičně bývá v pásmu kolem hlavního hřbetu. Průměrné roční teploty se pohybují mezi 4 - 5°C (ČHMÚ, 2009), přičemž nejchladnější bývá leden a nejteplejší červenec. V kotlinách a údolích jsou v zimě časté inverze, při kterých bývají naměřeny nejnižší teploty.

Podle Quittovy klasifikace klima Československa (Quitt, 1971) spadá okolí Plešného jezera do chladné oblasti CH7, avšak exponovanější oblast hřebenů kolem státní hranice a území kolem Plešného jezera spadá již do oblasti CH6.

Oblast CH7 má krátké, chladné a vlhké léto. Přechodná období jaro a léto jsou velmi dlouhá, přičemž jaro je mírně chladné a podzim mírný. Zima je dlouhá, mírně vlhká a vyznačuje se dlouhotrvající sněhovou pokrývkou. Je však relativně mírná.

Oblast CH6 se od předchozí liší mírně vlhčím jarem a zejména poněkud chladnějším podzimem a zimou. Přesné číselné údaje viz. Tab.3.

Tab.3. Charakteristika klimatických oblastí CH6 a CH7

	CH6	CH7
Počet dnů letních	10 – 30	10 – 30
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	120 – 140	120 – 140
Počet dnů mrazových	140 – 160	140 – 160
Ledových	50 – 70	50 – 60
Průměrná teplota v lednu [°C]	-4 - - 5	-3 - -4
Průměrná teplota v červenci [°C]	14 – 15	15 – 16
Průměrná teplota v dubnu [°C]	2 – 4	4 – 6
Průměrná teplota v říjnu [°C]	5 – 6	6 – 7
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	140 – 160	120 – 130
Srážkový úhrn ve vegetačním období	600 – 700	500 – 600
Srážkový úhrn v zimním období	400 – 500	350 – 400
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	120 – 140	100 – 120
Počet dnů zamračených	150 – 160	150 – 160
Počet dnů jasných	40 – 50	40 - 50

Zdroj: Quitt, E. Klimatické oblasti Československa

2.5. PŮDY

Rozšíření typů půd na Šumavě je v první řadě ovlivněno horským charakterem území a skutečností, že většinu podloží tvoří kyselé substráty. Markantní je zonální rozšíření typů půd podle nadmořské výšky, většinou ve spojení s vlivem šumavského klimatu, které na většině území zapříčiňuje dostatek vody. Velkou roli hraje i svažítost území, značná průměrná nadmořská výška a v územích postižených ledovci i pleistocénní vývoj. V neposlední řadě je významným faktorem působícím při vzniku půd vegetace. Velké procento území je pokryto lesy, kdy ve vrcholových partiích je lesem zakryta téměř veškerá plocha. Zde tvoří výjimku jen karová stěna u Plešného jezera. Původním typem vegetace podmiňujícím vývoj půd byl též převážně les. Na rozdíl od dnešní smrkové monokultury je druhově značně pestřejší. Pro kryptozemě a litozemě to byla borovice, pro kambizemě buk, pro podzoly jedle, pro gleje převážně olše a další listnaté stromy, na rankerech rostla druhová směs chudého suťového lesa a pro organozemě je i dnes typický mech (Tomášek, 1996).

Mezi hlavní půdní typy Šumavy patří litozemě, rankery, kambisoly, podzoly, gleje, stagnogleje, fluvizemě a organozemě (Tomášek, 1996). Litozemě a rankery, které jsou rozšířené hlavně ve vrcholových partiích hřbetů a často jsou i v místech postižených glaciální modelací v pleistocénu (surové, málo vyvinuté a mělké půdy) a jsou vázány na prudké svahy. Dále se v okolí hřebenů často vyskytují podzoly. Ve středních polohách Šumavy se často vyskytují kambizemě jako další vývojově mladé půdy. V blízkosti horních částí toků jsou kambizemě často oglejené. Stagnogleje a gleje kopírují střední toky, kde je splněna podmínka dlouhodobého převlhčení celého profilu půdy. V nižších polohách údolí větších potoků a kolem řek se běžně vyskytují fluvizemě. Pro Šumavu je typické značné rozšíření organozemí, podmíněné dostatečnou vlhkostí klimatu a nepříliš vysokými teplotami. Rovinaté a převlhčené vrcholové části Šumavy s malým odtokem vody jsou pro vznik těchto půd ideální.

V zájmovém území lze při popisu rozšíření typů půd postupovat podle nadmořské výšky, neboť na většině území si tyto faktory velmi dobře odpovídají. Ve výškách nad 1200 m n.m. se téměř výhradně vyskytují podzoly (Tomášek, 1996). Jsou hodně skeletovité a místy velmi mělké. Kryptopodzoly navazují rozšířením na podzoly a vyskytují se od výšek kolem 1000 m n.m., někdy i níže. Opět obsahují hodně skeletu. Vyskytují se jako rankerové i modální. Níže, od výšek již kolem 600 m n.m., jsou typické kambizemě, povětšinou dystrické. V nižších polohách je již často střídána i jinými typy půd (Tomášek, 1996).

Další typy již nejsou tak jednoznačně závislé na zonálnosti a více odpovídají dalším vlivům působícím na vznik půd. Ranker, jako půda málo vyvinutá a skeletovitá, vznikající na přemístěné mateční hornině, odpovídá polohám zasaženým ledovcovou modelací. Proto se v zájmovém území nalézá na karové stěně (podzolový) a na moréně (kambický a modální). Ojedinele se nachází i na vrcholcích kolem skalních výchozů. Významnou skupinou jsou půdy vázané svým vznikem více či méně na vodu. Nejméně s ní spojená je oglejená kambizem vyskytující se v územích s velkou hustotou malých toků. Oglejení bývá malé. Glej se vyskytuje jako nostický, zrašeliněný a v nižších polohách je zpravidla fluvický. V nejnižší poloze zájmového území, při ústí Jezerního potoka do Lipenské nádrže, je rozšířena fluvizem, povětšinou glejová. Typické sedimenty fluvizemě se však spíše vyskytují až v údolí Vltavy než Jezerního potoka.

Zbývající dva typy půd se vyskytují v zájmovém území jen velmi sporadicky. Litozemě (modální) se jako velmi málo vyvinutá půda vyskytuje na kamenném moři východně od Plešného jezera. Organozemě, pro Šumavu tak typické, se vyskytují kolem pramenných oblastí všech větších toků. Lze předpokládat, že tato území byla v pleistocénu pokryta alespoň sněžníky, čímž vznikly mělké prohlubně v terénu s omezeným odtokem.

2.6. VEGETACE

Obecně flóra Šumavy odpovídá středohorám střední Evropy. Vzhledem k malým rozdílům v přírodních podmínkách na celém území Šumavy a stejnému vývoji od posledního glaciálu se na celém území vyskytují poměrně jednotná druhová společenstva. Z hlediska fytogeografického členění patří Šumava do středoevropské květenné oblasti temperátního pásma, přičemž se v rámci Šumavy člení na dvě oblasti – mezofytikum, typické pro střední Evropu, a oreofytikum, jehož výskyt je podmíněn právě odlišnou nadmořskou výškou a tedy výskytem chladnomilnějších druhů (Hendrych, 1983).

Mezofytikum je v oblasti Šumavy typické výskytem bučin a jedlin, nižší polohy odpovídají horní hranici rozšíření dubu zimního (*Quercus petraea* Matusch), lípy srdčité (*Tilia cordata*), svízele přituly (*galium aparine*) a třezalky tečkované (*Hypericum perforatum*).

Šumavské oreofytikum je typické převahou jehličnatých lesů. Časté jsou klimaxové smrčiny, na vlhkých místech značně podmáčené, dále jedliny a výjimečně bukové porosty (Hendrych, 1983). Mimo lesy převažují horské louky a pastviny, vodní plochy jsou v drtivé

většině oligotrofní jezera, či typické šumavské rašeliniště. I zde dochází k postupné změně převažujících druhů s rostoucí nadmořskou výškou. Je zde dosažena horní hranice výskytu např. borovice blatky, jedle, jilmu, lipnice oddálené a vachty trojlisté, naproti tomu se od této zóny začíná vyskytovat oměj šalamounek, šťovík horský, papratka alpská, plavuník alpský a hořec šumavský (Ekrt & Zývalová, 2005). Celkem se na území Šumavy vyskytuje necelých devadesát chráněných rostlinných druhů, sedmdesát z nich se vyskytuje na území národního parku.

Mezi nejvzácnější endemické druhy patří hořeček mnohotvarý pravý (*Gentianella praecox subsp. praecox*), který již patrně vyhynul. Dalšími endemity jsou např. oměj šalamounek (*Aconitum plicatum*) a v roce 1982 právě ze Šumavy nově popsany zvláštní poddruh prstnatce májového - prstnatec májový rašelinný (*Dactylorhiza majalis subsp. turfosa*) (Ekrt & Zývalová, 2005).

Další vzácné druhy šumavské květeny jsou pozůstatkem poslední doby ledové, kdy se před postupujícím ledovcem v chladných podmínkách šířily na jih arktické a subarktické druhy ze severní Skandinávie (druhy glaciálně reliktní). Přežívají především v ledovcových karech a mrazových kotlinách. Například lze uvést břízu trpasličí (*Betula nana*), suchopýrek trsnatý (*Trichophorum cespitosum*), ostřici bažinnou (*Carex limosa*), suchopýrek alpský (*Trichophorum alpinum*), šídlatku jezerní (*Isoetes lacustris*), vrbu borůvkovitou (*Salix myrtilloides*) a popelivku sibiřskou (*Ligularia sibirica*). Většina z těchto druhů je svým výskytem omezena na kotlinu horní Vltavy (Ekrt & Zývalová, 2005).

Na území Šumavy se však rozšiřovaly druhy i od jihu, z Alp, a nemalý počet druhů má původ i v subatlantské oblasti. Zde dochází k diferenciaci, kdy se původně alpské druhy vyskytují převážně v JV části Šumavy, kdežto subatlantské druhy převážně v SZ části. Alpské druhy se šířily již během posledního glaciálu a pokračovaly ve vlnách i v postglaciálu (Ekrt & Zývalová, 2005). Z těchto se běžně vyskytují třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), podbělice alpská (*Homogyne alpina*) a prha chlumní (*Arnica montana*), naopak mezi velmi vzácné patří chrpa horská (*Centaurea montana*), jestřábník oranžový (*Hieracium aurantiacum*) a vrbovka nící (*Epilobium nutans*). K subatlantským zástupcům rozšířeným na SZ Šumavy patří zejména svízel hercynský (*Galium saxatilel*), mokřýš vstřícniolistý (*Chrysosplenium oppositifolium*) a sítina ostrokvětá (*Juncus acutiflorus*) (Ekrt & Zývalová, 2005).

Šumava je velmi zajímavá výskytem primárního i sekundárního bezlesí. Zatímco výskyt primárního bezlesí odpovídá přírodním podmínkám (nejčastější místa jsou

ledovcové kotle, rašeliniště, skalní výchozy, kamenná moře, sezónní náplavy a otevřená prameniště), výskyt sekundárního bezlesí a přechodného typu je ovlivněn člověkem. Protože vliv člověka na Šumavě je relativně malý a hlavně krátký, je zde tudíž malé propojení primárního a sekundárního bezlesí, tak časté z kulturní krajiny (Sádlo, 2001).

2.7. OCHRANA PŘÍRODY

Systematicky je šumavská příroda chráněna od 27.12.1963, kdy bylo vyhlášeno CHKO Šumava. Další významný krok byl učiněn 20.3.1991, kdy byl na nejcennější části vyhlášen národní park Šumava (68 064 ha), který se stal plošně největším národním parkem v České republice. Ochranné pásmo NP tvoří CHKO Šumava (99 624 ha). Nejvíce jsou na Šumavě ceněny původní horské klimatické smrčiny, které pokrývají téměř celé pohoří a jsou hlavním předmětem ochrany NP. V oblasti Plešného jezera jsou vedle horských klimatických smrčín předmětem ochrany i geologické a geomorfologické vzácnosti, stejně jako jezero samotné (Správa NP, 2009).

Vážným problémem ochrany přírody je v současnosti šíření lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*), který se ve smrkových monokulturách rychle šíří a dělá velké škody. K dispozici jsou dvě základní metody boje proti lýkožroutu – tzv. přírodní cesta a nebo umělý boj (Hladilin, 1996). Která z nich je lepší lze dnes těžko posoudit, obě metody mají své zastánce i odpůrce. V údolí Jezerního potoka se zatím kůrovec vyskytuje SV od Plešného jezera, na rakouské straně masivu Plechého, na J od Plešného jezera muselo být hodně stromů vykáceno.

Velké lesní komplexy Šumavy poskytují přirozené životní prostředí pro velké množství původních středoevropských lesních druhů. Člověkem vyhuben byl však medvěd, vlk, rys, los a zubr. Rys ostrovid byl v 80. letech úspěšně reintrodukován a jejich populace se postupně stává stabilní. V jižní části Šumavy se vyskytuje i menší stádo losů. Dále je Šumava velmi významná jako hnízdiště ptáků, kterých hlavně ve vyšších polohách žije velké množství kusů i druhů. V nepříístupných karových stěnách někdy hnízdí sokol stěhovavý (*Falco peregrinus*), zároveň jsou domovem endemického a vzácného druhu stěvlíka (*Oreonebria castanea sumavica*).

Významným problémem je nepříznivý vývoj a budoucnost šumavských rašelinišť.

3. METODY ZPRACOVÁNÍ A POSTUPY

3.1. VSTUPNÍ DATA PRO ANALÝZY GIS

Všechny mapy, morfometrické i morfografické analýzy byly vytvořeny v programu ArcGIS 9.2. Pro morfometrické a morfografické analýzy byly použity extenze Spatial Analyst a 3D Analyst. Pro tvorbu profilů byl použit nástroj Profile Graph Title.

Jako vstupní topografická data byla použita databáze DMÚ 25, která je součástí Vojenského informačního systému, zpracovávaného Toposlužbou Armády České republiky. Jde o vektorovou databázi, jejíž informační hodnota odpovídá topografické mapě 1 : 25 000 a vrstevnice jsou v intervalu 5 m. Zájmové území se nachází na dvou mapových listech. Konkrétně jde o listy M-33-112-d-a a M-33-112-d-b. Všechny analýzy byly provedeny pomocí digitálního modelu reliéfu (DMR), který byl vytvořen pomocí těchto dat.

DMR byl vytvořen v podobě TIN (triangulated irregular network), což je nepravidelná trojúhelníková síť, jejichž vrcholům jsou přiřazeny výškové hodnoty. Velikost kroku odpovídá intervalu použitých vrstevnic 5 m. Tento DMR byl použit při tvorbě mapy rozložení nadmořských výšek.

Na tvorbu map pro morfografické charakteristiky byly vytvořeny DMR v datovém modelu GRID (raster). Pro tvorbu těchto DMR byly použity příslušné nástroje extenze 3D Analyst v ArcGIS 9.2. Tento model byl použit pro tvorbu map sklonu svahů, orientace svahů a zastínění svahů. DMR ve formě GRID má strukturu matice buněk jako rastr, velikost buňky byla nastavena na 5 x 5 m. Hodnota buňky odpovídá hodnotě v jejím středu.

3.2. MORFOMETRICKÉ A MORFOGRAFICKÉ POMĚRY

Morfometrické poměry zájmového území byly zjištěny z DMR. Z tohoto modelu ve formě TIN byly vytvořeny mapy rozložení nadmořských výšek, sklonu svahů, orientace svahů a zastínění území.

3.2.1. Rozložení nadmořských výšek

Rozložení nadmořských výšek lze nejlépe prezentovat barevnou hypsometrickou mapou, která je v podstatě grafickým vyjádřením TINu. Výškové rozpětí zájmového území 818 – 1375 m n.m. bylo pokryto 6-ti intervaly, každý po 100 výškových metrech (rozsah intervalů je tedy 800 – 1400 m n.m.).

3.2.2. Sklon svahů

Pro sklonitostní mapu byl použit nástroj Slope programu ArcGis 9.2. Zvoleno bylo 10 kategorií strmosti svahů (kategorie byly vymezeny hodnotami 0-2°, 2-5°, 5-7°, 7-12°, 12-15°, 15-20°, 20-25°, 25-35°, 35-55° a nad 55°). Podle sklonitostní mapy byly též vymezeny deflační plošiny.

3.2.3. Orientace svahů

Orientace svahů v reliéfu karu je velmi důležitá vzhledem k podmínkám nutným pro vznik a zachování ledovce. K tvorbě sloužil nástroj Aspect programu ArcGis 9.2. Orientaci svahu lze vysvětlit jako azimut (směrovou orientaci vzhledem ke světovým stranám) směru největšího sklonu svahu. Orientace svahu může nabývat všech hodnot azimutu. Nejlépe se tedy tento rozsah pokryje osmi pravidelnými intervaly podle světových stran (S, SV, V, JV, J, JZ, Z, SZ) po 45 stupních. Sever tedy zabírá azimut (337,5°- 22,5°, ostatní směry analogicky zaujímají své výseče. Navíc však přibývá 9. interval pro svahy bez možnosti určení orientace, tedy roviny. Rovina je v tomto případě brána jako svah do sklonu 2°.

3.2.4 Zastínění svahů

Mapa zastínění svahů byla vytvořena pro celé zájmové území, nicméně větší význam má samozřejmě jen v karu Plešného jezera, kde lze nalézt významnější oblasti bez přímého slunečního svitu ve 12 hodin místního času.

Nejprve byly připraveny mapy pro jednotlivé měsíce chladné části roku (listopad až duben). Použita byla funkce Hillshade programu Arcgis 9.2., vždy pro poledne daného dne,

tedy azimut slunce 180°. Pro každý měsíc byl brán vždy první den měsíce, pro který bylo nutné spočítat deklinaci slunce. Navíc byly přidány pro větší informativní hodnotu dny slunovratů, tedy největšího a nejmenšího zastínění během roku. Potřebnou hodnotu výšky slunce nad obzorem lze spočítat podle vzorce $h = 90^\circ - \varphi \pm \delta$, kde h je výška slunce nad obzorem ve stupních, φ je zeměpisná šířka místa a δ je deklinace slunce pro daný den.

Z těchto map byla provedena syntéza tak, aby vždy měsíc, v němž bylo zastínění menší, byl zobrazen „nad“ měsícem s větším zastíněním tak, aby byly vidět detaily pro všechny měsíce. Výsledné polygony byly pro větší přehlednost generalizovány, filtrovány byly plochy menší než 400 m².

3.2.5. Podélné a příčné profilování

Podélné i příčné profily byly vytvořeny nástrojem Profile Graph programu Arcgis 9.2. Vstupními daty byl TIN s hodnotami po 5 m. Vytvořeny byly 4 příčné profily kolmo na osu údolí Jezerního potoka a podélný profil celým údolím Jezerního potoka podél osy údolí. Všechny profily byly označeny písmeny, čísla byl označen jejich počátek a konec. Průběh profilů v terénu je zobrazen v mapě na Obr.8.

4. VÝSLEDKY

4.1. ZHODNOCENÍ MORFOMETRICKÝCH A MORFOGRAFICKÝCH POMĚRŮ

V této kapitole je výčet výsledků morfometrických a výstupy morfografických charakteristik zájmového území. Mapy jsou pro lepší představu okolí zájmového území vytvořeny i pro nejbližší okolí, číselné a grafové výstupy vždy odpovídají zájmovému území. Vybrané průměrné, minimální a maximální morfometrické charakteristiky jsou uvedeny v Tab.4.

Tab.4. Vybrané morfometrické poměry zájmového území

	Rozloha [ha]	Nadmořská výška [m n.m.]			Sklon [°]			Orientace	
		Min	Max	Průměr	Min	Max	Průměr	Nejčtenější	procent
Povodí Jezerního potoka	2978	730	1378	935	0	73	8,6	SV, JV, V	22,19,14
Zájmové území	946	815	1378	1022	0	73	8,5	SV, V, S	33,26,11
Kar Plešného jezera	52	1085	1353	1171	0	73	23	SV, JV, V	25,19,18

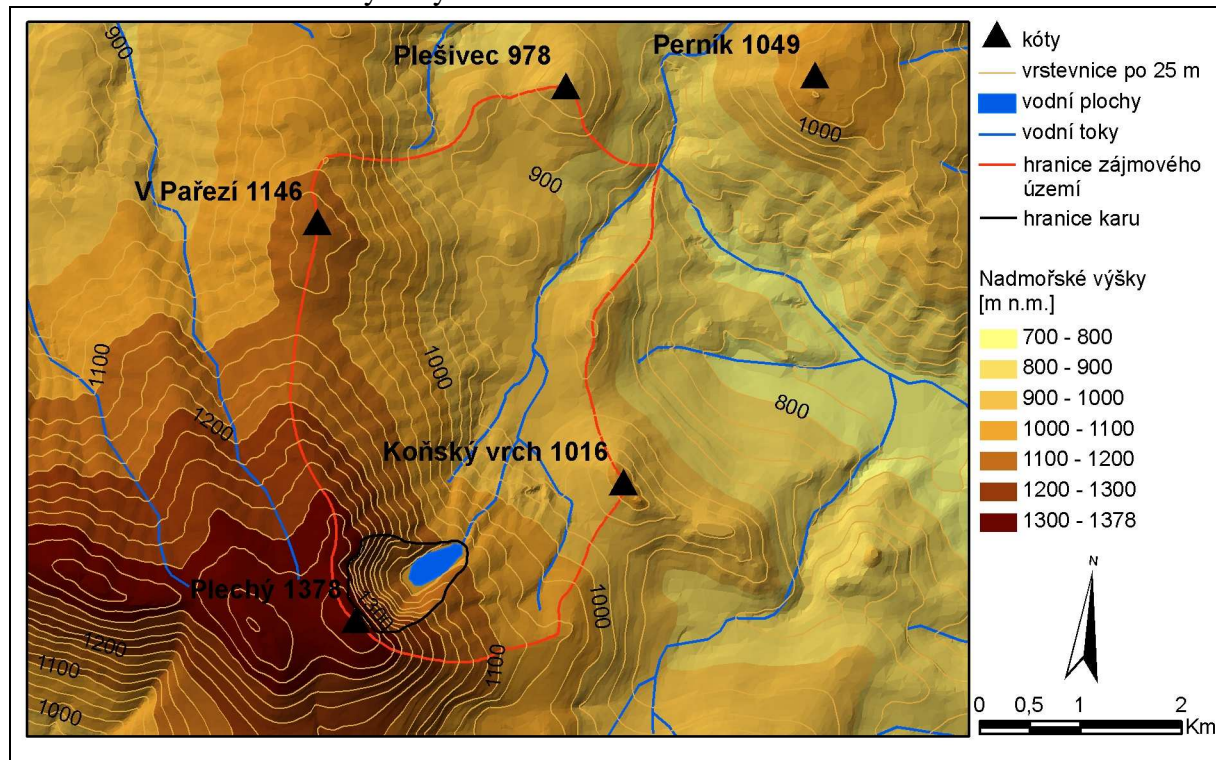
4.1.1. Rozložení nadmořských výšek

Výškový rozsah zájmového území je značný. Rozdíl výšek vrcholu Plechého a soutoku Jezerního potoka s Jelením potokem dosahuje 560 m, přičemž tato dvě místa jsou od sebe vzdáleny jen 4,3 km. Hodnota převýšení 600 m na území 16 km² odpovídá reliéfu hornatin.

Z pohledu rozložení nadmořských výšek je zájmové území na první pohled asymetrické, jak je vidět na Obr.4. Nejvyšší polohy jsou v JZ části zájmového území, kdežto níže položené polohy převažují v SV části. Stejně tak je na Obr.4. patrné, jak masiv Plechého výrazně vyčnívá nad okolní terén a tvoří tak dominantu krajiny. Pouze v západním směru vybíhá hřbet, který po krátkou vzdálenost udržuje výšku srovnatelnou s Plechým. Nejvýše položená je tedy oblast vrcholu Plechého, z níž vybíhá téměř severním směrem hřbet ohraničující zájmové území. Až k vrcholu V Pařezí tento hřbet neklesá pod 1100 m n.m., čímž tvoří kromě samotného Plechého nejvýše položenou oblast zájmového území. Ostatní hřbety tvořící hranici zájmového území zasahují nejvýše do výšky 1000 m n.m., tedy 100 m

pod úroveň hřbetu mezi Plechým a V Pařezí. Pouze oblast karu se nachází ve srovnatelné výšce jako vrchol V Pařezí, jelikož jeho nejnižší polohy sahají jen nepatrně pod hranici 1100 m n.m.

Obr.4. Rozložení nadmořských výšek

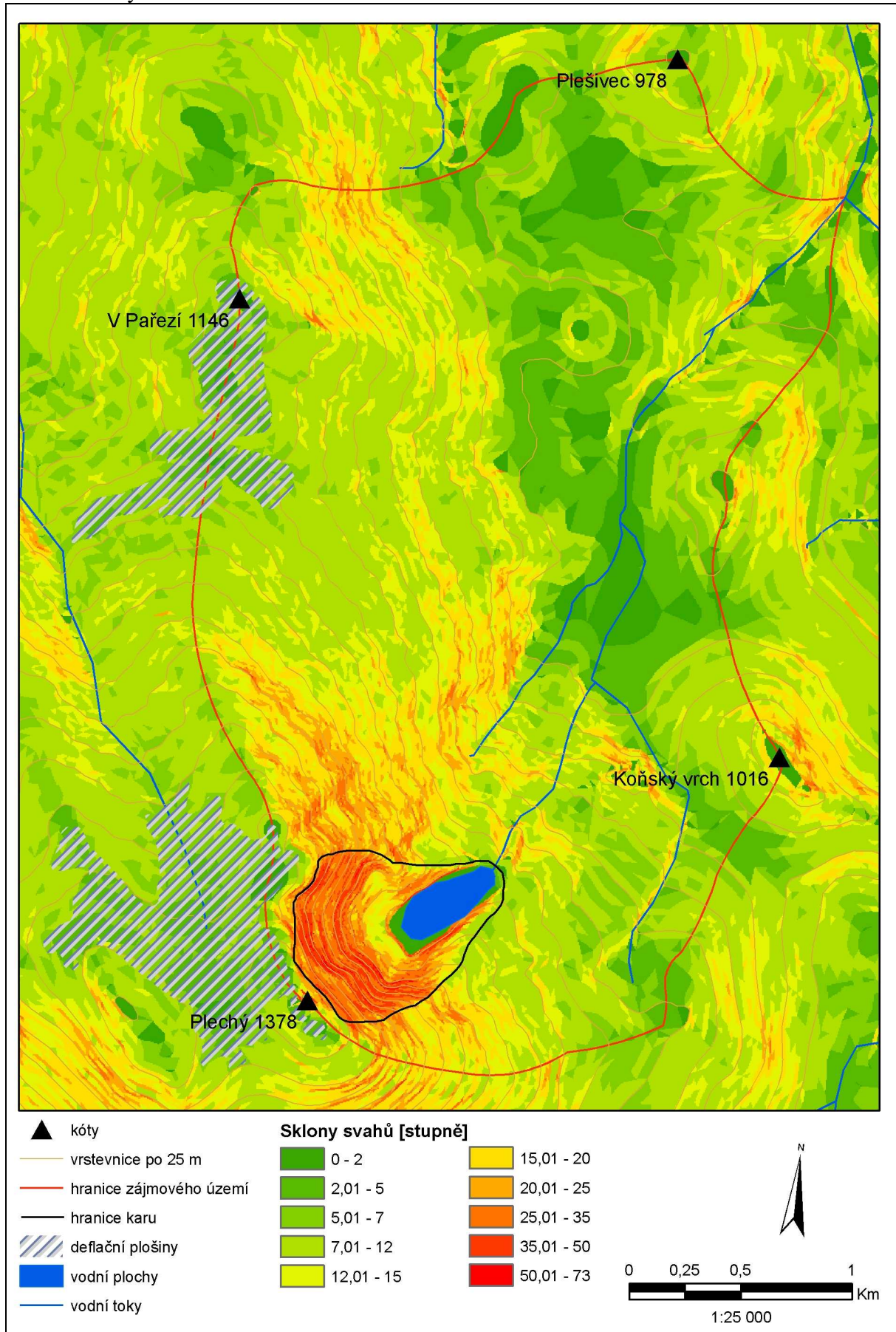


4.1.2. Sklon svahů

V zájmovém území se vyskytuje celá škála sklonů svahů od rovin až po svislé části karové stěny. Svědčí to o velmi pestrém mladém horském reliéfu. Největší sklony svahů se vyskytují v karové stěně (Obr.5.), přičemž velikost sklonu klesá při horním i spodním okraji karové stěny. Dále je znatelné větší zastoupení strmých svahů na S od karu, k již dříve zmiňovanému hřbetu mezi Plechým a V Pařezí. Celkově nejstrmější svahy odpovídají erozním částem reliéfu.

V zájmovém území se rovněž vyskytují dvě úrovně méně skloněných svahů. Ve vrcholových polohách se jedná o deflační plošiny – staré zarovnané plošiny, postižené kryogenní modelací, které byly zásobárnami sněhu svívaného do karu. Deflační plošiny jsou nejčastěji definovány jako vrcholové vyživovací oblasti do sklonu 5-7° (Šebesta & Treml, 1976). V případě postižení kryoplanací se mohou nacházet i na sklonech do 12° (Demek, 1969).

Obr.5. Sklony svahů



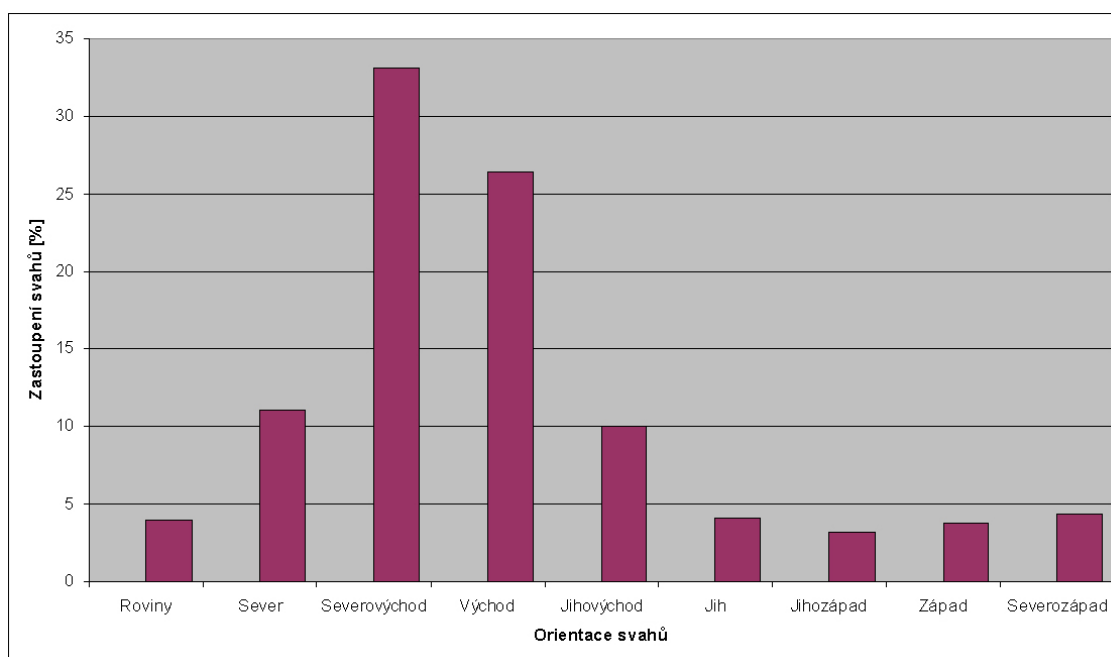
Druhá úroveň málo ukloněných svahů a rovin se nachází na dně údolí v nízko položených polohách.

Středně ukloněné svahy zaujímají střední polohy oblasti (vyjma karové části reliéfu), na přechodech mezi vrcholovými deflačními plošinami a prudkými svahy a v horních částech údolí. Do této kategorie spadají i svahy o sklonech 7 – 12°, které jsou v zájmovém území zastoupeny zdaleka nejvíce (32 %). Často odpovídají akumulárnímu reliéfu, a proto se i přes velké procentuální zastoupení téměř nevyskytují v karu.

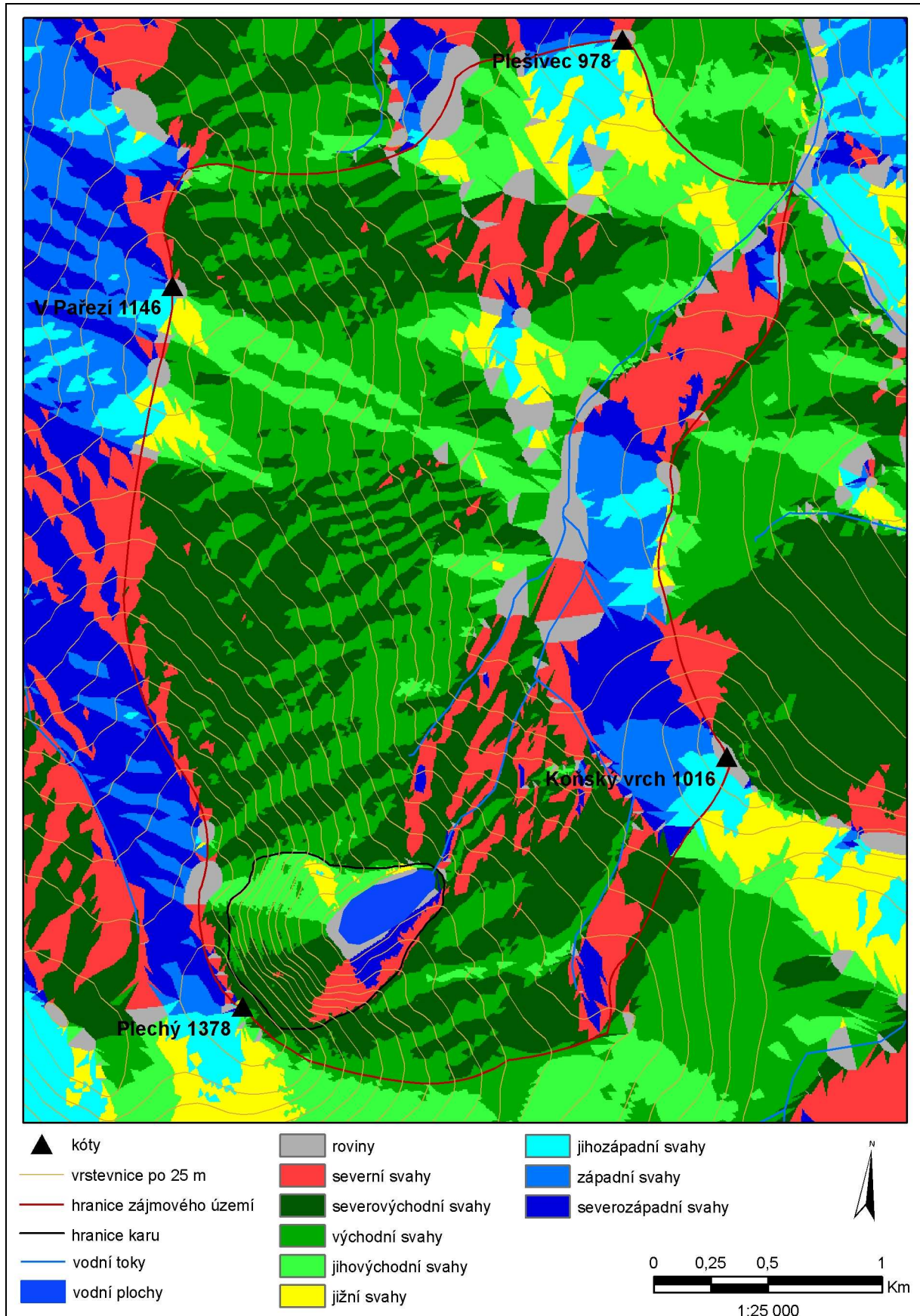
4.1.3. Orientace svahů

Osa údolí Jezerního potoka v zájmovém území se projevuje i v rozložení orientace svahů, přičemž na západ od osy dominují východní svahy, kdežto na východ od osy dominují svahy západní. Na Obr.6. je tato symetričnost dobře patrná, zelené barvy představují východní svahy, modré barvy představují západní svahy. Převaha severovýchodně orientovaných svahů je opravdu markantní, tvoří 33 %. Se svahy východními a severními dohromady zaujímají 70 % (Graf.1.). Dobře patrné je malé zastoupení severních svahů, což je u severovýchodně orientovaného karu překvapivé. V porovnání se svahy jihovýchodními zaujímají o pouhé 1 % více plochy, tedy 11 % oproti 10 %. Naopak podle očekávání se v zájmovém území téměř nevyskytují svahy jižní, zaujímají 4 % plochy.

Graf.1. Orientace svahů v zájmovém území



Obr.6. Orientace svahů



4.1.4 Zastínění svahů

Zastínění terénu okolním reliéfem před insolací je pro vznik a zachování ledovců velmi důležité, neboť významně ovlivňuje velikost dopadající energie na povrch. Radiace hraje v energetické bilanci ledovce významnou roli, protože ovlivňuje míru ablace sněžné pokrývky. V tepelné bilanci ledovce je radiace nejdůležitější složkou (Evans, 1977). Navíc ovlivňuje kryogenní zvětvávání, neboť vystavení či nevystavení zemského povrchu slunečnímu záření často rozhoduje o dočasné změně skupenství vody nacházející se blízko povrchu či na povrchu.

Na Obr.7. je zpracovaná mapa zastínění karu Plešného jezera během roku, přičemž dobře patrná je stinná oblast při J okraji karu a několik menších oblastí v okolí karu. Tato orientace je mírně ovlivněna skutečností, že zastínění je bráno vždy pro pravé poledne, slunce se tedy nachází na azimutu 180° . Největší zastínění je přirozeně dosaženo při zimním slunovratu, kdy je slunce nad obzorem nejnižší. Měsíce jsou v legendě i vrstvách nad sebou zobrazeny tak, aby vždy měsíc s menším zastíněním ležel nad měsícem s větším zastíněním. Měsíc leden není zobrazen, téměř přesně odpovídá situaci při zimním slunovratu.

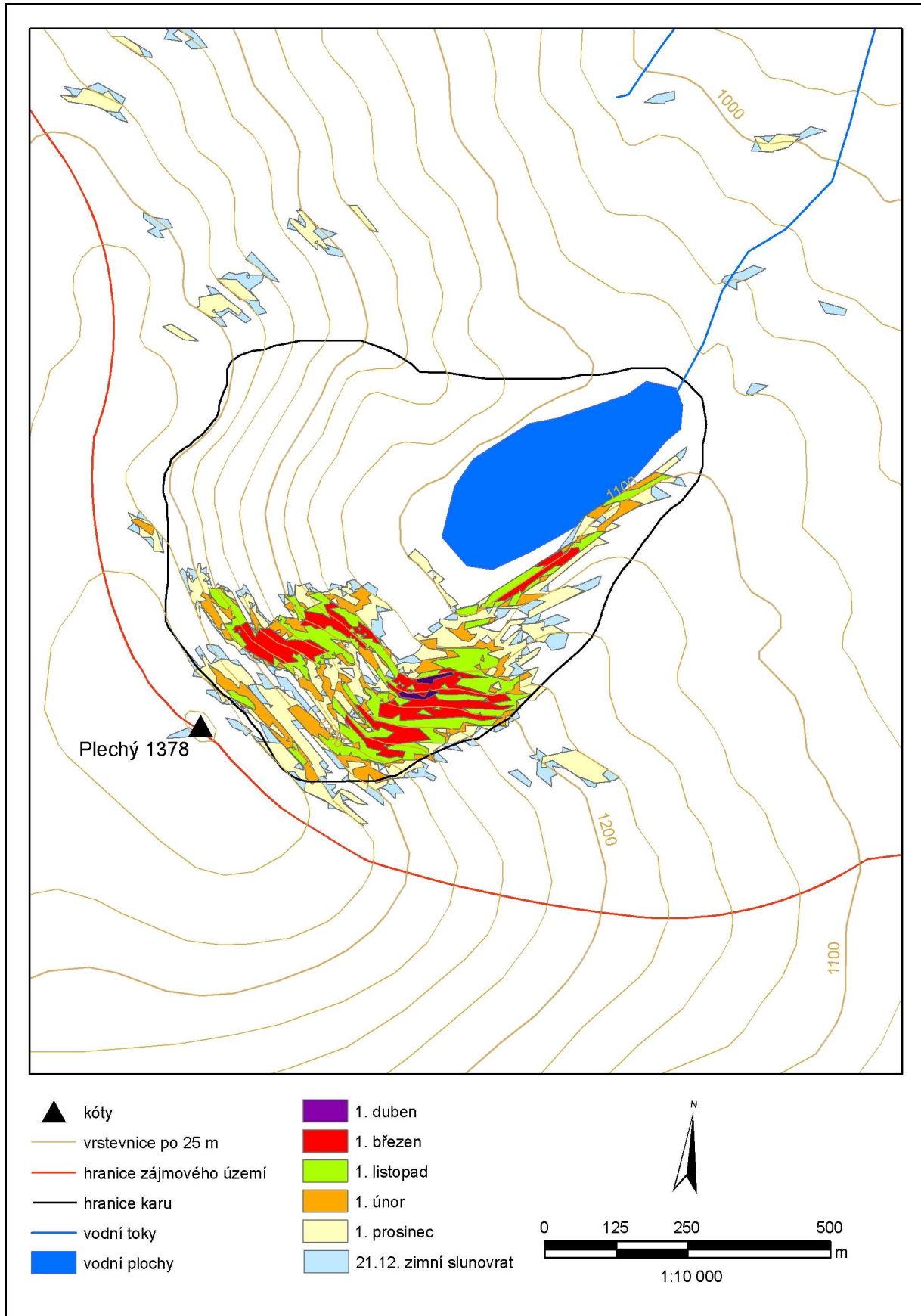
Oblasti, které jsou zastíněné několik měsíců v roce, mají největší potenciál pro akumulaci sněhu a měly by být i nejchladnějšími místy karu.

Při zvyšování výšky slunce nad obzorem během přirozeného ročního oběhu postupně zastíněných míst ubývá, až v případě karu Plešného jezera nezůstane žádné (při použití dostupných zdrojových dat skutečně při letním slunovratu vychází osvětlení celého karu, i když při ideální přesnosti by tomu tak být nemělo vzhledem k rozsahu sklonitosti svahu až k hodnotě 90°).

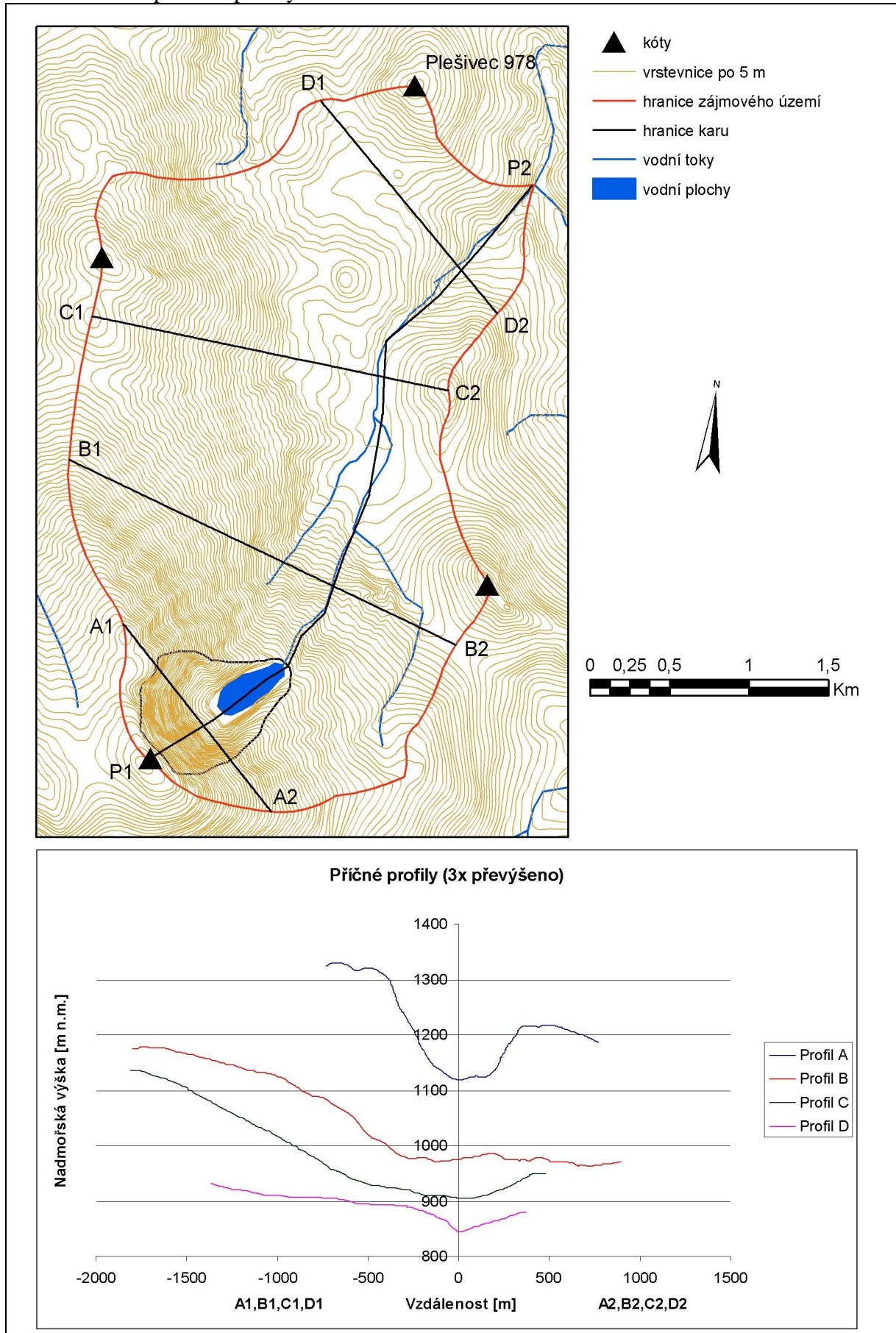
4.1.5. Podélné a příčné profilování

Zpracovány byly 4 příčné profily (Obr.8.) rozmístěné podél osy tak, aby co nejvíce reflektovaly postupnou změnu tvaru údolí v podélném průběhu. Příčné profily byly označeny velkými písmeny A, B, C a D, přičemž podle absolutní pozice jsou řazeny od nejvýše položeného po nejnižší položený (tedy od J k S). Krajní body každého profilu jsou označeny pro snazší orientaci profilu v terénu čísly (např. A1, A2, atd.). Všechny profily jsou 3x převýšeny a pro lepší porovnatelnost umístěny v jednom grafu, přičemž na ose vzdálenosti je na nulové hodnotě umístěna osa údolí, vzdálenosti k východu nabývají kladných hodnot a

Obr.7. Zastínění svahů



Obr.8. Příčné a podélné profily



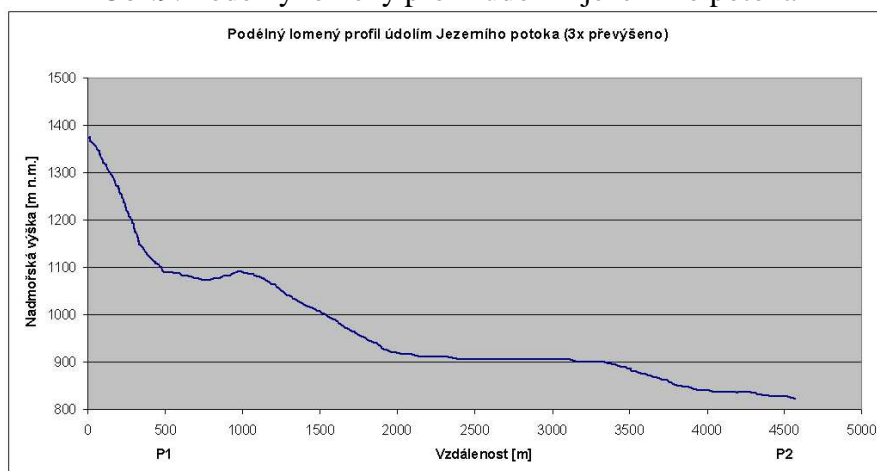
vzdálenosti k západu nabývají záporných hodnot.

Na příčných profilech údolím jsou dobře patrné výškové rozdíly mezi hřbetem a údolnicí, dost dobře tedy zobrazují zahlobení údolí. Profily jsou i na prokázání asymetrie údolí. Dobře patrný je i způsob přemodelování údolí. Na příčných profilech A a B je patrné přehloubení glaciálními procesy, údolí má na průřezu typický tvar písmena U. Naopak na příčných profilech vyniká na průřezu tvar V a jde tedy o část údolí přehloubený fluvialními procesy.

Pro tvar údolí je jasný přechod od údolí tvaru U (profil A) přes údolí bez pravidelného asymetrického tvaru k údolí tvaru V (profil D). Dále je patrný větší výškový rozdíl v průběhu profilu A oproti profilu B a C. Profil D má výškový rozdíl ve svém průběhu zdaleka nejmenší. Třetím jevem je asymetrie údolí patrná na všech profilech, hřbety na západě dosahují vždy mnohem větší výšky, než hřbety na východě. U profilu A a B je znát i podstatně větší sklon západní strany údolí. Na profilu B dokonce dochází k zachování téměř stejné výšky reliéfu až na hranici zájmového území. Dochází zde vlivem natáčení osy údolí k severu k téměř rovnoběžnému průběhu stopy profilu s vrstevnicemi.

Podélný lomený profil (Obr.9.) prochází karovou stěnou a níže osou údolí Jezerního potoka (Obr.9., body P1 a P2). Strmá část profilu odpovídá karové stěně, která prudce spadá až k úpatí karu, kde se sklon mírní. I nadále pokračuje pokles terénu až na dno Plešného jezera. Krátký úsek profilu s negativním sklonem reprezentuje morénu, strmým poklesem její vnější svah. Až dále na konci morény (asi 2 km od vrcholu Plešného) dochází k zmírnění sklonu.

Obr.9. Podélný lomený profil údolím jezerního potoka



5. DISKUSE

Diskuse je zaměřená především na porovnání zjištěných morfometrických a morfografických poměrů s již publikovanými závěry. Do diskuse je tedy zahrnut vznik, charakter a rozsah zalednění v karu pod Plechým. Dále je diskutován problém vymezení ledovcového karu, jehož vymezení se ukázalo jako značně problematické. Poslední část diskuse je věnována problematice chronologie vývoje zalednění.

5.1. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VZNIK A CHARAKTER ZALEDNĚNÍ

Mezi faktory, které nejvíce ovlivňují vznik zalednění, patří vhodný reliéf, klima v oblasti a množství srážek v podobě sněhu (souvisí s klimatem). V případě Šumavy je právě velký význam vedle klimatu přisuzován právě reliéfu (Housarová & Mentlík, 2004). Z morfometrických poměrů karu Plešného jezera je spojitost s podmínkami pro vznik zalednění patrná. Uzávěr údolí otočený k SV, od západu a jihu kryt vysokými hřbety před před sluneční radiací, představuje dobré základní podmínky pro vznik ledovce (Votýpka, 1979). V lokalitě karu Plechého navíc přibývá výhodné umístění vrcholové deflační plošiny fungující jako zásobárna sněhu vzhledem k převažujícím směrům větru. Velikost této zjištěné deflační plošiny na vrcholu Plechého mohla zásobovat kar skutečně velkými objemy sněhu, zaujímá plochu 77 ha. Důvodem této velikosti je poloha ve vrcholové denudační úrovni Šumavy (Votýpka, 1979).

Z mapy zastínění je patrný další faktor, který k zalednění pod Plechým výrazně přispěl. Zastínění bylo v karu prokázáno i v jarních měsících. I přes poledne je zastínění výrazné i na SZ svazích. S, SV a V svahy, tedy lokality obecně považované za „studené“, jsou sice ráno zasaženy sluneční radiací, ale po zbytek dne jsou schovány za masivem Plechého. Výhodou západních svahů, obecně považovaných za „teplé“, je jejich nižší výška vycházející z asymetrie údolí. Tímto jsou podstatně více chráněny před insolací, než kdyby dosahovaly do výšek srovnatelných s východními svahy. Zastínění karu je významné pro množství dopadající sluneční radiace, neboť ta je nejdůležitější složkou v tepelné bilanci ledovce (Evans, 1977). Zastínění karu Plešného jezera však není tak významné, jako například v karu Černého jezera (Vočadlová, 2006). V letních měsících nenajdeme v karu Plešného jezera oproti karu Černého jezera žádné zastíněné místo. To je jistá nevýhoda pro akumulaci sněhu, ale časté změny teplot zvyšují kryogenní zvětrávání, které kvůli častým změnám skupenství vody mohlo hrát významnou roli v SV svazích zájmového území.

Důležitost morfostrukturních podmínek předpokládal již Votýpka (1979), který považoval za nutné nejprve vznik prohlubně periglaciálním zvětráváním, ve které se začal hromadit sníh. Ke spojitosti s Votýpkovou teorií specifických puklinových systémů (1979) lze přidat fakta zjištěná o zastínění území a zásobách sněhu na deflační plošině, který v teplejších obdobích tál. Kombinace těchto třech faktorů mohla způsobit ve velké míře kongelifrakci. To mohlo významně přispět ke vzniku prohlubně, kterou Votýpka předpokládal před vznikem ledovce, a v níž již byly podmínky k ukládání sněhu příznivější. Důležitosti puklinového systému nasvědčuje i fakt, že kar pod Plechým je jako jediný na Šumavě vyvinut pouze na žulovém podloží.

I přesto, že provedenými metodami se dá těžko rozhodnout o přesném rozsahu zalednění, představy starších autorů (Bayberger, 1886) o velkých údolních ledovcích, či dokonce o velkém šumavském firnovém ledovci lze označit za mylné. V morfoskulptuře studované oblasti se po žádném zalednění takového rozsahu žádné stopy nedochovaly. Naopak důkazy o malém karovém zalednění jsou zjevné. Splaz mohl dosáhnout maximálně několika stovek metrů, což předpokládají všichni autoři od druhé světové války, i někteří autoři před válkou, jako Priehäusser (1928), Rodler (1887), Wagner (1900), Puffer (1910, 1925) či Rathsburg (1928).

5.2. VYMEZENÍ KARU

Vymezení karové stěny patří mezi úskalí glaciální morfometrie a morfografie, neboť neexistuje přesná definice jeho vymezení. Celá řada autorů ve svých pracích morfometrii karů srovnává, avšak přesné vymezení hranic karu je nevyřešený problém. I přes různé metody stanovení hranice karu na základě sklonitosti svahů a někdy i charakteru povrchu se většina hranic karu stanovuje subjektivně. Výzkumem karů ve světě bylo stanoveno území karové stěny. V ideálním případě sklon karové stěny neklesá pod 35°. Zároveň však dno karu nepřesáhne 20° (Evans & Cox, 1995). Hranice mezi karovou stěnou a karové dno je dána sklonem 27° (Evans & Cox, 1995), často však o této hranici rozhoduje umístění hranice mezi rozpadlou dolní částí stěny a ohlazeným dnem.

Horní hranice karu je většinou vymezena prudkým nárůstem sklonu do karové stěny a lze ji vymežit subjektivně. Spodní hranice karu je většinou kladena na práh karu (karový stupeň). Právě spodní hranice karu byla při stanovení hranic karu v této práci nejproblematictější, protože morfometricky terén v oblasti hráze kvůli sedimentům

neodpovídá reliéfu během zalednění. Podle sklonitosti území a podélného lomeného grafu údolím lze ve studovaném území karový stupeň očekávat v okolí koruny ledovcové morény, tedy v zhruba v místě dnešní hráze Plešného jezera. Takto postupovali při stanovení hranic karu i další autoři v případech okolních šumavských karů. (Housarová, 2004; Vočadlova 2006). Přesná poloha karového stupně není známa a přes zakrytí sedimenty ani není v terénu patrná.

5.3. VÝVOJ ÚZEMÍ BĚHEM POSLEDNÍHO ZALEDNĚNÍ

Na vývoj území během posledního glaciálu existuje několik hypotéz. Teorie prvních předválečných autorů zmíněných v rešeršní části zde nebudu uvádět, neboť jsou dnes již překonány. Malý karový ledovec je však předpokládán většinou autorů, mezi nimiž jsou Priehäusser (1928), Rodler (1887), Wagner (1900), Puffer (1910, 1925) či Rathsburg (1928), Votýpka (1979).

Votýpka (1979) na základě podrobného geomorfologického mapování předpokládal existenci velké prohlubně, která v závěru údolí Jezerního potoka existovala ještě před vznikem ledovce. Ledovec měl svou činností především přemístit periglaciálně zvětralý materiál do nižších poloh údolí, přičemž vytvořil kar prohloubením prohlubně. Otázkou však zůstává, jaký proces odnášel materiál při vzniku prohlubně. Podle sklonitostních poměrů pod hrází Plešného jezera se nenacházejí žádné výrazné sedimentační segmenty reliéfu, tedy většina materiálu z karu Plešného jezera není uložena přímo v dosahu ledovce. Vzhledem ke značným srážkám v zájmové oblasti lze předpokládat i fluviální činnost jako médium pro odnos materiálu. Nejasné je však vysvětlení vzniku karu pod Plechým způsobem, který je u ostatních Šumavských karů nemožný pro jinou geologickou stavbu. Pravdou však je, že se celý kar pod Plechým nachází pro ledovec v geomorfologicky málo hodnotné žule.

Mentlík (2006) vyslovil hypotézu o možném vzniku periglaciálního kamenného ledovce pod Plechým na začátku zalednění. Tím by se mohl vysvětlit odnos materiálu z prohlubně. Tento by však zřejmě netransportoval největší bloky před Plešným jezerem. Mohlo by však jít o proces tvorby předhlubně, který Votýpka (1979) dával do spojitosti s periglaciálním zvětráváním a kongelifrakcí. Odnos měl mít již na svědomí samotný ledovec. Možné je též vysvětlení, že kar pod Plechým je výsledkem několika druhů procesů. Kar tak mohl vzniknout glaciální, fluviální a nivální modelací, kombinací více druhů zvětrávání a svahových procesů.

V otázce stáří zalednění Šumavy se většina autorů shoduje. Poslední zalednění na Šumavě skončilo přibližně před 12 – 13 000 lety. K těmto číslům došli Raab & Völkl (2003) i Veselý & kol. (2004). Začátek zalednění je datován přibližně před 32 000 lety (Raab & Völkl, 2003). Naopak není jasno v počtu etap zalednění, které se podle lokálních podmínek mohly v jednotlivých karech lišit. Žádná chronologie však zatím v oblasti Plešného jezera není známa.

6. ZÁVĚR

Cíle stanovené v úvodu této práce byly splněny. Veškeré výsledky byly diskutovány s literaturou. Z výčtu nejnovějších prací je citelný zájem o výzkum šumavských lokalit zalednění, nikoli však konkrétně o oblast Plešného jezera a jeho glaciální původ. V tématu glaciální modelace reliéfu v údolí Jezerního potoka však stále zůstává mnoho neznámých, kterými by bylo dobré se v budoucnu dále věnovat. Jde především o přesné stanovení počtu etap zalednění, stanovení jejich rozsahu a stáří. Pro získání dalších informací o zalednění v karu Plechého bude potřeba zjistit přesnou polohu karového prahu, která je nutná pro stanovení přesné morfometrie karu. Dalším bodem budoucího výzkumu je analýza sedimentů z předpolí Plešného jezera a přesné stanovení jejich geneze, což by konečně přineslo odpověď na otázku přesného vzniku karu pod Plechým.

7. LITERATURA

- Beneš, K., Holubec, J., Surňáková, R., Zeman, J. (1983): *Geologická stavba šumavského moldanubika. Rozpravy Československé Akademie Věd. Academia Praha. Sešit 7, 67s.*
- Demek, J. (1969): *Cryoplanation Terraces, their Geographical Distribution, Genesis, and Development. Rozpravy ČSAV. Řada matematických a přírodních věd. Praha: Academia, 1969, 79, Sešit 4, 89 s.*
- Demek, J., & Kol. (1987): *Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Brno : Academia, 584 s.*
- Hladilin, V. (1996): *Péče o lesní ekosystémy Národního parku Šumava. Silva Gabreta, vol.1, p.227-230*
- Housarová, M., Mentlík, P. (2004): Srovnání vybraných morfometrických charakteristik některých glaciálně podmíněných forem reliéfu oblasti Šumavy a Bavorského lesa. *Miscellanea Geographica. Plzeň: KGE ZČU, 2004, 10, s. 129-144.*
- Chábera, J. (1975): *Přehled vývoje názorů na otázku zalednění Šumavy. Šumava. Vimperk: Správa NP a CHKO Šumava, 1975, č. 5. S. 5-7.*
- Český hydrometeorologický ústav (2009)[online]: *Informace o klimatu.* Dostupné na URL <http://www.chmi.cz/meteo/ok/infklim.html>, staženo 8.5.2009.
- Ekrt, L., Zývalová, D. (2005): *Flóra Šumavy – skládačka. – Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk.*
- Evans, I. S. (1977): *World-Wide Variations in the Direction of Concentration of Cirque and Glacier Aspect. Geografiska Annaler, Serie A, Physical Geography. 1977, Vol. 59, No. 3/4 (1977), s. 151-175.*
- Evans, I. S., Cox, N. J. (1995): *The form of glacial cirques in the English Lake District, Cumbria. Zeitschrift für Geomorphologie N. F. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger, Juni 1995, 39, 2, s.151 – 175.*
- Hendrych, R. (1983): *Fytogeografie. SPN, Praha.*
- Jankovská, V. (2004): *Plešné jezero – archiv informací o holocénním a svrchněpleistocénním charakteru vegetace, krajiny a jezerního biotopu. Aktuality Šumavského výzkumu II, sborník z konference, s.158-163.*
- Jánský, B., Vránek, T. (2002): *The Plešné Lake (Plešné jezero). Acta Universitatis Carolinae – Geographica, roč. XXXIV, č. 2, s. 31 – 52, Praha.*
- Klečka, A. (1930): *Studie o smilkových porostech na pastvinách šumavských. Sborník Čs. Akademie Zeměd., ser. A, 5: 101-138.*
- Kunský, J. (1933): *Zalednění Šumavy a šumavská jezera. Zvláštní otisk ze Sborníku Československé společnosti zeměpisné. Praha: Československá společnost zeměpisná,*

- 1933, roč. 39, č. 1-4, s. 3-16.
- Mentlík, P., Minár, J. (2006): Geomorfologická analýza a tvorba GmIS okolí Prášilského jezera a jezera Laka na Šumavě (Česká republika). Disertační práce. Univerzita Komenského v Bratislave, Přírodovedecká Fakulta, katedra fyzickej geografie a geoekológie.
- Pertoldová, J., Verner, K., Breitner, K., Sulovský, P. (2004): *Petrostrukturní vztahy metamorfovaných a magmatických hornin v oblasti Nové Pece a Trojmezí (Moldanubikum, Šumava)*. Aktuality Šumavského výzkumu, sborník z konference, s.25-31.
- Pfaffl, F. (1986): Glazialmorphologische Untersuchungen an den Lachen im Arbergebiet/ Bayerischer Wald. Geol. Bl. NO-Bayern. 36/3-4: 269-278. Erlangen.
- Pfaffl, F. (1992): Die Glazialseen des Hohen Böhmerwaldes. Geol. Bl. NO-Bayern. 42/1-2: 143-146. Erlangen.
- Prach, K., Štech, M., Beneš, J. (1996): *Druhotné bezlesí – opomíjená složka biodiversity Šumavy*. Silva Gabreta, vol.1, p.243-247.
- Priehäuser, G. (1930): *Die Eiszeit im Bayrischen Wald*. Abh. d. Geol. Land. d. Bayr. Oberbergamtes. Heft 2. München.
- Prosová, M. & Sekyra, J.: *Vliv svahové expozice na vývoj reliéfu v pleistocénu*. ČMG roč. VI., č. 4. Praha 1961, s. 448 - 463.
- Quitt, E. *Klimatické oblasti Československa*. In *Studia Geographica*. 1. vydání. Brno: Geografický ústav ČSAV v nakl. Academia, 1971, 16. 73. s. + Mapa klimatických oblastí ČSSR. 1:500 000. Praha: kartografické nakladatelství, 1970.
- Raab, T., Völkel, J. (2003): *Late Pleistocen glaciation of the Kleiner Arbersee area in the Bavarian Forest, south Germany*. Quaternary Science Reviews 22: 581–593 p
- Sádlo, J. (2008): *Primární bezlesí na Šumavě*. Aktuality Šumavského výzkumu, sborník z konference, s.47-47.
- Správa N.P. Šumava (2008)[online]: *Příroda a péče o ni*. Dostupné na URL <<http://www.npsumava.cz/1008/sekce/priroda-a-pece-o-ni/>>, staženo 12.3.2009
- Šebesta, J., Treml, V. (1976): *Glacigenní a nivační modelace údolí a údolních uzávěrů Krkonoš*. 1. vydání. Opera Concorctica. Vrchlabí: Správa Krkonošského NP, 1976, 13, s.7-44
- Steffanová, P., Mentlík, P. (2007): *Comparison of morphometric characteristics of cirques in the Bohemian Forest*. Silva Gabreta 1. Vimperk. Vol. 13., s. 191 - 204.
- Stettner, G. (1971): *Orogene Schollentektonik und granitoide Mobilisation im Westtel der*

- Böhmische Masse*. – Geol. Rdsh., 60, 4, 1465 – 1487. Stuttgart.
- Švampera, V. (1912): *Výzkum šumavských jezer*. SČSZ 18.
- Tomášek, M. (1996): *Soil Cover of Šumava National park and Protected Landscape Area*.
Silva Gabreta 1. Vimperk. s. 33 - 35.
- Veselý, J. (1994): *Investigation of the nature of the Šumava lakes: a review*. Časopis
Národního muzea, řada přírodovědná, Praha, 163: 103-120
- Veselý, J., Pražáková, M., Majer, V. (2004): *Enviromentální změny v Plešném jezeře v
průběhu posledních více jak 14 000 let*. In Dvořák, L. & Šustr, P. eds. *Aktuality
šumavského výzkumu II*. Sborník z konference. Vimperk : Správa CHKO a NP
Šumava ve Vimperku. s. 95–96
- Vočadlova, K., Křížek, M. (2006): *Glaciální formy reliéfu v okolí Černého jezera na Šumavě*.
Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, katedra fyzické
geografie a geoekologie.
- Votýpka, J. (1979): *Geomorfologie granitové oblasti masívu Plechého*. Acta Universitatis
Carolinae Geographica. XVI/2, 1979, Pag. 55-83.
- Votýpka, J. (1981): *Geneze a klasifikace granitového reliéfu masívu Plechého*. Jihočeské
muzeum v Českých Budějovicích, Přírodní vědy.
- Voženílek, V., a kol. (2001): *Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu*. Olomouc:
Univerzita Palackého, 2001, 185 s.
- Vrba, J., Bittl, T., Fott, J., Kopáček, J., Nedbalová, L., Nedoma, J. (2000b): *Jedinečný
plankton acidifikovaných šumavských jezer jako důsledek působení hliníku a limitace
fosforem*. In: XII. Limnologická konference. Sborník referátů 47-51. Česká limnol.
společ., Kouty nad Desnou.
- Vrba, J., Bittl, T., Fott, J., Kopáček, J., Nedbalová, L., Nedoma, J. (2001): *Dlouhodobý
limnologický výzkum šumavských jezer a jejich současný stav*. Aktuality šumavského
výzkumu. Sborník z konference v Srní, s. 56-57.
- Zelenková, E. (2001): *Monitoring šumavských toků*. Aktuality Šumavského výzkumu,
sborník z konference, s.95-99.

Mapové podklady

- Geologická mapa 1 : 50 000. List 32 / 14. Mapový server České geologické služby GeoINFO.
[online], dostupné na <http://www.geology.cz/>
- Turistická mapa okolí Plešného jezera. Mapový server Mapy.cz [online], SHOCart, dostupné

na <http://www.mapy.cz>.

AOPK ČR (2005): Půdní mapa ČR 1: 50 000, List 32-14, [online], AOPK ČR.

Digitální podklady

Topografická mapa GŠA ČR (DMÚ 1:25000). Listy M-33-112-d-a a M-33-112-d-b, vrstevnice.

Cenia (2009): Geomorfologická mapa 1 : 50 000. Mapový server Geoportal.cenia.cz [online], Cenia, dostupné na <http://geoportal.cenia.cz>.

ARCDATA Praha (2006): Vektorová mapa České republiky 1 : 500000, arccr500, ARCDATA Praha, s. r. o.

8. SEZNAM PŘÍLOH

8.1. TABULKY

Tabulka 1	Zařazení Plešské hornatiny ...	13
Tabulka 2	Základní charakteristiky Plešného jezera ...	15
Tabulka 3	Charakteristika klimatických oblastí CH6 a CH7 ...	16
Tabulka 4	Vybrané morfometrické poměry zájmového území ...	24

8.2. GRAFY

Graf.1. Orientace svahů v zájmovém území ...	27
--	----

8.3. OBRÁZKY

Obr.1. Hranice zájmového území ...	7
Obr.2. Geologické poměry okolí Plešného ...	12
Obr.3. Geomorfologická regionalizace okolí Plešské hornatiny ...	21
Obr.4. Rozložení nadmořských výšek ...	25
Obr.5. Sklony svahů ...	26
Obr.6. Orientace svahů ...	28
Obr.7. Zastínění svahů ...	30
Obr.8. Příčné a podélné profily ...	31
Obr.9. Podélný lomený profil údolím jezerního potoka ...	32