

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

*KATEDRA FYZICKÉ GEOGRAFIE A GEOEKOLOGIE*



PETRA STEFFANOVÁ

**MORFOLOGIE ÚDOLNÍHO UZÁVĚRU MORAVICE,  
HRUBÝ JESENÍK**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

PRAHA 2010

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

**ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ AUTORA:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, veškeré použité materiály a zdroje dat pro tvorbu DMR uvádím v seznamu literatury.

V Praze dne:

.....

## **PODĚKOVÁNÍ:**

Ráda bych touto cestou poděkovala RNDr. Zbyňku Engelovi, Ph.D. za cenné rady při vytváření diplomové práce. Poděkování patří také Doc. RNDr. Jakobovi Langhammerovi, Ph.D. a RNDr. Marku Křížkovi, Ph.D. za poskytnutí měřících přístrojů, které byly stěžejní pro terénní výzkum a RNDr. Přemyslu Štychovi, Ph.D. za pomoc při řešení problémů při vytváření analýz v prostředí GIS.

Zvláštní poděkování patří i mé rodině a přátelům za podporu během mého studia.

## **ABSTRAKT**

V Hrubém Jeseníku se vyskytuje několik velkých amfiteatrálních údolních uzávěrů. Velká kotlina situovaná od pod Vysokou Holí je předmětem zájmu již od konce 19. století. Na možnost pleistocénního zalednění bylo poukázáno několika geomorfologickými výzkumy oblasti.

Cílem diplomové práce je rozšířit poznatky o morfologii a genezi Velké kotliny. Sledované území bylo ohraničeno rozvodnicí po první pravostranný přítok Moravice. Morfometrie karového uzávěru byla zpracována analýzou morfometrických charakteristik v prostředí GIS 9.3. Identifikace tvaru a rozsahu glaciálních akumulčních forem, při kterých bylo využito především podélného a příčného profilování v terénu, poukázala na možnost kvartérního zalednění. Kar Velké kotliny je budován méně pevnými horninami, důkazy zalednění tedy nejsou tak signifikantní jako například u karů na Šumavě a v Krkonoších.

V údolí Moravice byly identifikovány dva relikt morén. Výše položený relikt morény byl vytvořen během posledního ústupu ledovce a dělí dno karu na dva stupně. Relikt čelní morény, který představuje maximální dosah zalednění, přesahuje přes dno karu. Identifikace obou reliktů morén byla podpořena analýzou sedimentů a georadarovou metodou. Přestože popsané relikt morén potvrzují úvahu o zalednění, bylo by dobré v budoucnu ověřit jejich genezi také radiokarbonovou metodou. Rozsah a geneze tvarů reliéfu jsou popsány v geomorfologické mapě.

## **ABSTRACT**

There are several amphitheatrical valley heads in the Hrubý Jeseník mountains. Velká kotlina is situated below Vysoká hora mountain and has been an object of interest since 19th century. Several methods of geomorphological research were used to prove pleistocene glaciation in the area. The aim of diploma work is to extend knowledge about morphology and genesis of Velká kotlina. Study area was limited by distribution board till the first right affluent of Moravice. Morphometrics characteristic of the cirque were analyzed in GIS 9.3 environment. Identification of the shape and size of glacial accumulations during which was used method of longitudinal and transverse shaping showed the possibility of Quaternary glaciation. Cirque is built with less resistant rocks that caused that evidence of the glaciation is not so significant as it is in Šumava mountains or Krkonoše mountains. There are two moraines identified at the valley of river Moravice. The upper one that was created during the last recession of glacier divides cirque floor into two degrees. Frontal moraine is situated behind the lip of the cirque and shows the maximum of glacier expansion. Identification of these two moraines were supported by analysis of glacier sediments and by georadar method. Even though existence of moraines suggests pleistocene glaciation it is also recommended to use radiocarbon method to verify their genesis in the future research. Size and genesis of relief are described in Geomorphology map.

## OBSAH

ABSTRAKT	
1. ÚVOD.....	1
2. CÍLE.....	2
3. VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....	4
4. FYZICKO-GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA.....	5
4.1 GEOLOGICKÉ POMĚRY .....	5
4.2 GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY .....	9
4.3 KLIMATICKÉ POMĚRY .....	13
4.4 HYDROLOGICKÉ POMĚRY.....	17
4.5 PEDOLOGICKÉ POMĚRY .....	20
5. SHRUTÍ POZNATKŮ O ZALEDNĚNÍ A VÝVOJI RELIÉFU VELKÉ KOTLINY .....	22
5.1 PŘEHLED NÁZORŮ NA ZALEDNĚNÍ SLEDOVANÉ OBLASTI.....	22
5.2 PŘEHLED NÁZORŮ NA GENEZI SLEDOVANÉHO ÚZEMÍ.....	24
6. METODIKA.....	26
6.1 GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY (GIS) .....	26
6.2 TERÉNNÍ VÝZKUM.....	29
6.3 LABORATORNÍ METODY .....	33
7. VÝSLEDKY.....	35
7.1 MORFOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY.....	35
7.2 PODÉLNÉ A PŘÍČNÉ PROFILOVÁNÍ .....	45
7.2.1 Podélné a příčné profilování naměřené v terénu .....	45
7.2.2 Podélné a příčné profilování realizované v prostředí gis.....	55
7.3 VÝSLEDKY GEOMORFOLOGICKÉHO MAPOVÁNÍ.....	60
7.4 PUKLINOVÁ ANALÝZA .....	73
7.5 ANALÝZA ODEBRANÝCH SEDIMENTŮ A GRANULOMETRIE .....	75
7.6 ANALÝZA MĚŘENÍ GEORADAREM .....	79
7.7 SNĚŽNÁ ČÁRA – ELA (EQUILIBRIUM-LINE ALTITUDE) .....	82
8. SHRUTÍ A DISKUZE.....	84
9. ZÁVĚR .....	91
10. SEZNAM LITERATURY .....	93
SEZNAM OBRÁZKŮ	
SEZNAM TABULEK	
PŘÍLOHY	

## 1. ÚVOD

Problematikou zalednění údolního uzávěru Velké kotliny se autoři zabývají již od konce 19. století. V roce 1953 RATSBURG a PETRÁNEK uvažovali o pleistocénní existenci karového ledovce v uzávěru údolí Moravice v Hrubém Jeseníku (PROSOVÁ 1973, CZUDEK 2005). Rozsáhlým výzkumům o zalednění Hrubého Jeseníku s potvrzením výskytu karového ledovce v údolním uzávěru Moravice se věnovala PROSOVÁ (1954, 1958, 1973).

Nověji však ADAMEC et al. (2004) in CZUDEK (2005) a CZUDEK (2005) uvádějí, že Velká kotlina nemá morfologické znaky typické pro ledovcové kary a sporná je i existence morén.

Dosud neexistuje jednotná definice karů. Nejpoužívanější z nich byla stanovená organizací The British Geomorphological Research Group (EVAN & COX, 1974). Kar je zde definován jako cirkovitá sníženina otevřená směrem dolů, v horní části ohraničená strmou karovou stěnou, jež obloukovitě obklopuje dno s mírnějším sklonem. Předpokládá se, že sklon karové stěny dosahuje minimálně  $35^\circ$  a sklon dna karu je menší než  $20^\circ$  (VILBORG 1977).

Práce si klade za úkol nejen ověřit existenci pleistocénního zalednění a zhodnotit míru glaciálního přemodelování údolního uzávěru Moravice, ale také přispět výsledky současných dosud neaplikovaných metod výzkumu k rozšíření poznatků o tomto území.

## 2. CÍLE

Cílem diplomové práce je geomorfologická charakteristika údolního uzávěru Moravice s důrazem na identifikaci a analýzu glaciálních tvarů. Význam práce spočívá v prohloubení dosavadních poznatků o druhu a rozsahu zalednění Velké kotliny a analýze povrchových tvarů. Karová deprese Velké kotliny se nachází na území CHKO Jeseníky, proto byl terénní výzkum omezen možnostmi využít pouze nedestruktivní metody.

Pro splnění hlavního cíle bylo definováno několik dílčích cílů:

### 1. *analýza morfometrických charakteristik se zaměřením na ledovcové tvary reliéfu*

Význam výzkumu morfometrických charakteristik spočívá zejména v možnosti porovnání karů zájmové oblasti s glaciálními formami reliéfu v jiných oblastech se srovnatelným typem reliéfu. Podstatné je vytipování konkrétních morfometrických charakteristik, které jejich vzájemné srovnání umožní.

### 2. *vymezení glaciálních tvarů a dalších hlavních genetických typů reliéfu*

a) *analýza forem reliéfu*: zpracování geomorfologické mapy a její analýza umožnila určit rozsah a genezi tvarů reliéfu v prostoru údolního dna a zhodnotit míru jeho glaciálního přemodelování.

Přestože práce je zaměřena především na analýzu glaciálních forem reliéfu ve sledované oblasti byly pro úplnost geomorfologické mapy zmapovány všechny formy reliéfu.

b) *identifikace tvaru a rozsahu glaciálních akumulčních forem*: identifikace tvaru a rozsahu forem reliéfu byla v údolí Moravice značně problematická díky daným geologickým podmínkám, současným geomorfologickým procesům a rozsáhlému zalesnění oblasti. Podélné a příčné profilování usnadnilo v tomto případě vymezení hranic glaciálních akumulčních forem a poznání tvaru údolního uzávěru.

c) *analýza mocnosti ledovcových sedimentů*: pro vymezení hranic a charakter glaciálních akumulčních forem bylo vhodné využití georadaru, zařízení pro detekci podpovrchových objektů. Povaha sedimentů byla analyzována z radarových snímků naměřených pomocí vyslání rádiového signálu a zaznamenání odražené vlny

### 3. *ověření geneze akumulčních forem reliéfu*

Glaciální sedimenty jsou charakteristické svou nevytřídností a zvláštním druhem opracování. Analýza sedimentárních vzorků a granulometrie byly stěžejními prostředky



pro upřesnění geneze akumulčních tvarů identifikovaných na dně údolního uzávěru Moravice.

**4. *analýza strukturních podmínek a jejich vliv na sledované území***

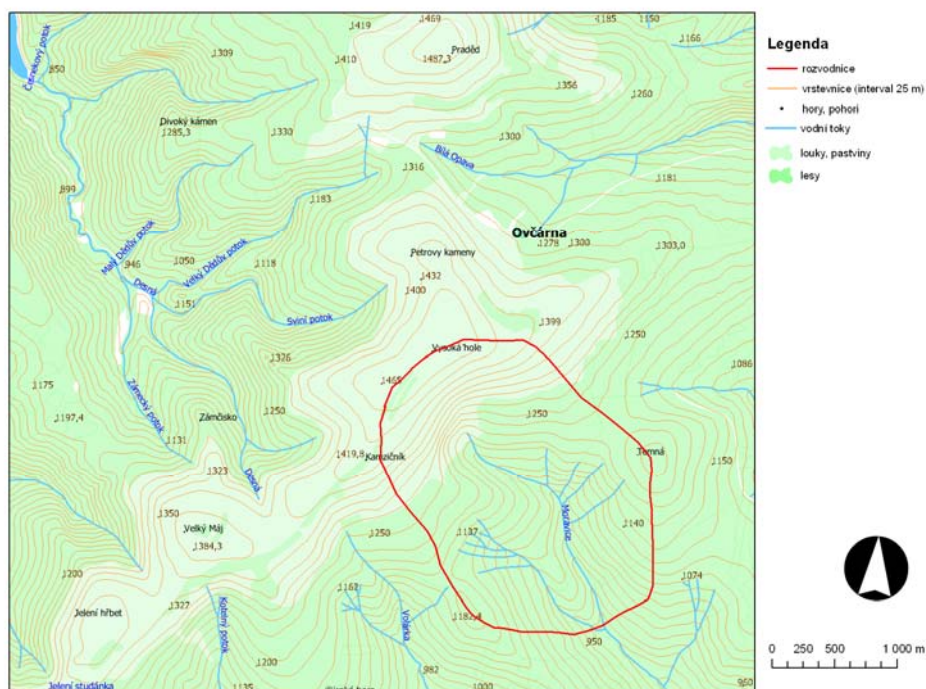
Pukliny podmiňují vznik a charakter sledovaných forem reliéfu, proto bylo do cílů diplomové práce zařazeno také měření puklin a jejich analýza.

**5. *analýza glaciálních podmínek sledované oblasti v pleistocénu***

Glaciální tvary reliéfu jsou využívány i k určení sněžné čáry (ELA) a jejich výzkum má tak značný význam pro poznání vývoje krajiny v širším kontextu (CARRIVICK & BREWER 2004 in MENTLÍK 2005). Přestože vymezení ELA není vždy jednoznačné, může poskytnout cenné informace pro poznání charakteru a geneze dříve zaledněných oblastí.

### 3. VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Karová deprese Velké kotliny o rozloze 32,79 ha leží v jihovýchodním svahu Vysoké Hole. Představuje amfiteatrální sníženou údolní uzavěru Moravice obklopenou vrcholovými partiemi Vysoké hole (1463 m n. m.), Kamzičnicku (1420 m n. m.) a Temné (1263 m n. m.). Parovinný ráz vrcholových částí, které byly vyzdviženy pravděpodobně v oligocénu, je zachován téměř ve své původní podobě. Typickým příkladem je rozsáhlá plošina na vrcholu Vysoké hole se sklonem 3-4°. Svah Vysoké hole svažující se směrem do karové deprese tvoří strmé skalní výchozy. Největších sklonů, místy převisů, dosahují svahy v nadmořské výšce v rozmezí 1250-1350 m n. m. Dále svah přechází v mírně ukloněné dno, rozdělené valem ústupové morény na dvě výškové úrovně. Hranice sledované oblasti, vymezená rozvodnicí, začíná soutokem pramene Moravice s prvním pravostranným přítokem (obr. 1). Od soutoku směrem na západ stoupá hranice k rozvodnímu hřbetu Temné (1263 m n. m.), dále přes krátké sedlo pokračuje hranice jihovýchodním směrem po hřebeni až k vrcholu Vysoké Hole (1464 m n. m.). Po zarovnaném povrchu Vysoké Hole se hranice sledovaného území mírně svažuje jižním směrem k vrcholu Kamzičnick (1420 m n. m.). Odtud postupně klesá po jižním hřebeni k rozvodnímu hřbetu Pod Májem (1185 m n. m.), kde po jde po spádnicí až k výše zmíněnému soutoku. Údolí pravostranného přítoku není geomorfologicky výrazné. Před soutokem s Moravicí se na jeho levém břehu nachází několik skalních výchozů.



Obr. 1: Vymezení zájmového území

Zdroj: vlastní zpracování dle portal.cenia.cz

## 4. FYZICKO-GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA

### 4.1 GEOLOGICKÉ POMĚRY

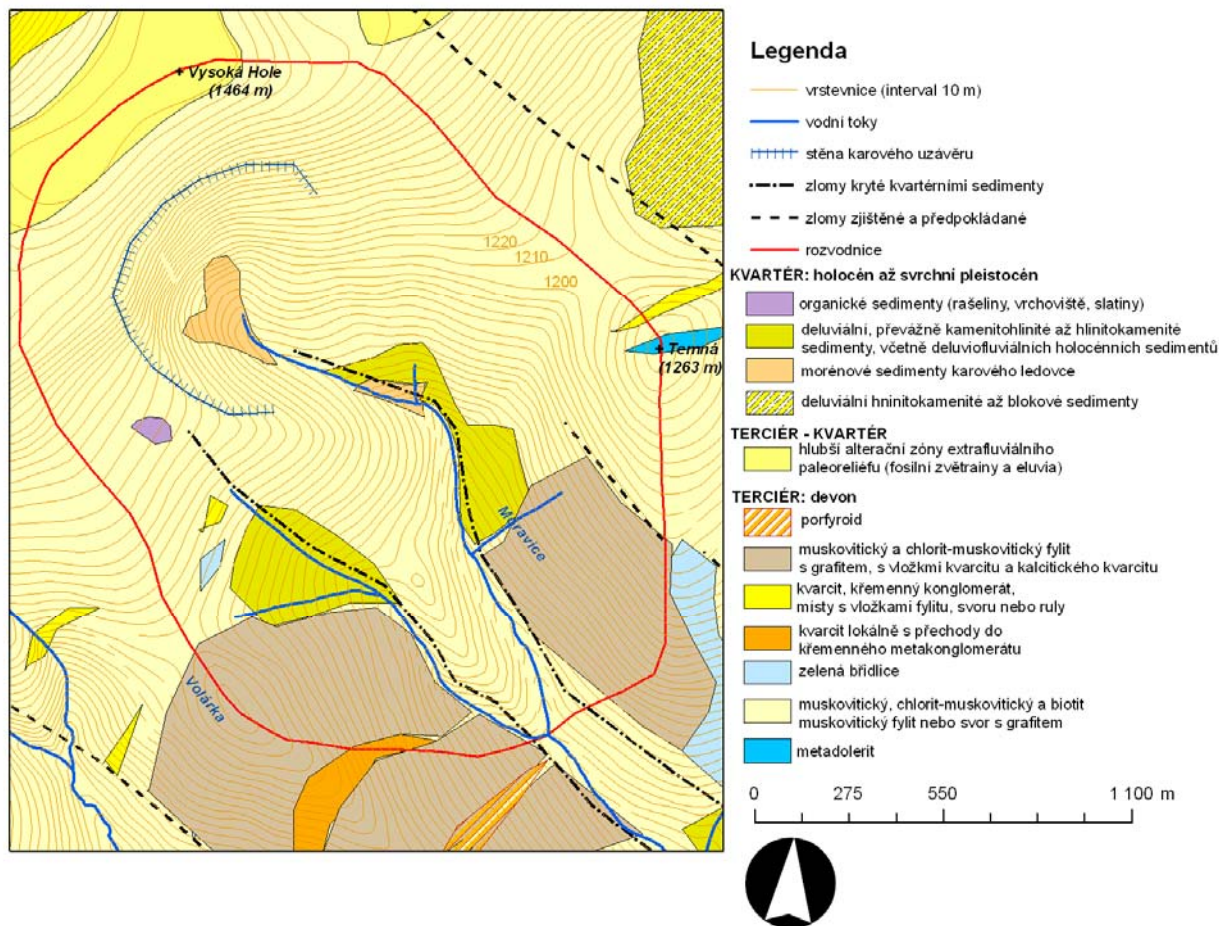
Sledované území náleží do desenské skupiny silesika - jednotky s velkou deformací a regionální metamorfózou hercynského stáří. Diskordantní poměr devonu k předdevonskému podloží umožňuje podle MÍSAŘE (1983) rozdělit silesikum na dvě strukturně a také stratigraficky odlišná patra :

- hercynské, tj. devonské patro silesika
- předdevonské patro

Předdevonské patro je nejlépe odkryto v západní polovině silesika. Má monotónnější charakter s hojným zastoupením biotitických a dvojsídných rul a svorů. Hlavní deformační i metamorfnní fáze předdevonského patra spadají do kadomského geotektonického cyklu (MÍSAŘ 1983).

Jedním z jader kleneb silesika, kterým je budované předdevonské patro je desenská skupina. Jejím základem jsou monotónní biotitické a dvojsídné ruly slabě migmatizované, které místy obsahují pestřejší vložky, jako amfibolity, kvarcity, popř. erlány, což platí zvláště pro styk klenby desenské s keprnickou v koutském synklinoriu (MÍSAŘ 1983).

Setkáme se zde s horninami orturoluvého vzhledu, okatými a perlovými migmatity. Svéráznými horninami desenské skupiny jsou páskované magnetitové rudy (POUBA 1971 in MÍSAŘ 1983).



**Obr. 2: Geologické poměry okolí Velké kotliny**

Zdroj: vlastní zpracování dle geologické mapy ČR 1:50 000 (14-42 Rýmařov, 14-24 Bělá pod Pradědem) a Zabaged 1:10 000

Pestrost hornin v jednotlivých částech Hrubého Jeseníku se projevuje různě vzhledem k směru hlavních hřbetních čar a vzhledem k převládajícímu směru vrstev. PROSOVÁ (1958) uvádí, že vrcholová partie hlavního hřbetu Hrubého Jeseníku, která se táhne severozápadně od Pradědu je přetínána směrem vrstev (převládá h 3-4), proto tu zastihneme veškerou pestrost horninového složení. Naopak hřbet táhnoucí se od Pradědu na jihozápad, kam patří i sledované území, zachovává směr téměř shodný se směrem vrstevním. Horniny tedy nepřetínají vrcholovou plošinu, ale táhnou se shodným směrem v pruzích nebo vyklíňují v čočkách.

Podle PROSOVÉ (1958) má hřbet Hrubého Jeseníku táhnoucí se od Petrových kamenů na jihozápad, počínaje Vysokou Holí a končíc Pecí charakter odlišný od ostatního okolí. Celá tato vrcholová partie je tvořena grafitickými fylity, na západě lemovanými křemenci (obr. 3) , jež s fylity tvoří mnoho přechodných hornin. Fylity navíc místy obsahují vložky diabasů.



**Obr. 3: Detail křemencové vložky ve fylitech**

Zdroj: vlastní zpracování (2009)

Na parovinném reliéfu vrcholových částí se nezjistily žádné zvláštní souvislosti, pokud jde o ovlivnění vertikálních rozdílů horninami. Podle PROSOVÉ (1958) je naopak nápadné, že tvrdší horniny vystupují celkem ve stejné výšce jako horniny méně odolné. Selektce podle PROSOVÉ (1958) není nápadná ani u nápadných výchozů, které jsou budovány jak svory, tak rulami, křemenci apod.

PROSOVÁ (1958) charakterizuje u určitých hornin predispozici některých zjevů, případně jejich zachování z dob periglaciálního klimatu. Jde především o křemence, na které jsou vázána kamenná moře a nejlépe zachované polygonální půdy. Křemence a fylity tvoří v Hrubém Jeseníku dva póly odolnosti hornin. Oba tyto protipóly však mají mezi sebou množství přechodů, takže vztah půdy k horninovému podkladu je závislé na určitých lokalitách.

Nápadnost výskytu fylitů na nejvyšších vrcholech jihozápadního hřbetu, např. Vysoké Hole se dá poměrně dobře vysvětlit vyztužováním fylitů křemencovými pruhy (obr. 4) (PROSOVÁ 1958).

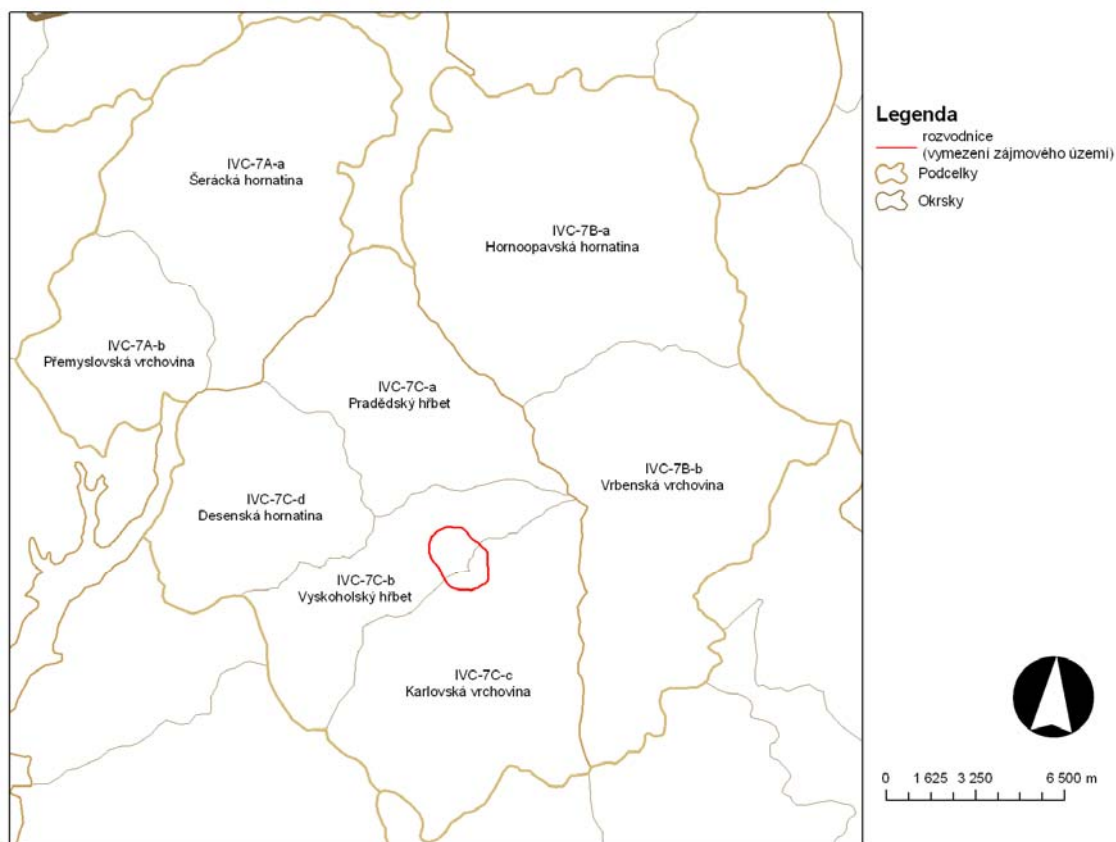


**Obr. 4: Křemencová žíla ve stěně karové deprese**

Zdroj: vlastní zpracování (2009)

Horninový komplex byl několikrát převrásněn. Důkazem nejstaršího vrásnění je uspořádání hornin do paralelních textur a břidličnatost (foliace). Foliace je deformována v dalších etapách geologického vývoje. Z mladších deformací bylo nevíce intenzivní v pořadí třetí, které způsobilo ohyb páskování a foliace. Mladší vrásnění zcela změnilo směr původní foliace. Staré foliace v mladých vrásách mají směr sklonu  $150^{\circ}$ - $160^{\circ}$ / $50^{\circ}$ - $60^{\circ}$  nebo  $340^{\circ}$ / $60^{\circ}$ . Vrásnění tlaky způsobily na horninách pukliny, které mají sklon  $240^{\circ}$ - $250^{\circ}$ / $40^{\circ}$ - $50^{\circ}$ . Pukliny nejsou pravidelné a podél nich dochází k intenzivnímu zvětrávání. Podél puklin je založen i centrální žleb Velké kotliny a sleduje je údolí Moravice (VALENTA 1983).

## 4.2 GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY



**Obr. 5:** Zařazení zájmového území do systému geomorfologického členění

Zdroj: vlastní zpracování dle DEMEK (1987) a portal.cenia.cz

<b>PROVINCIE ČESKÁ VYSOČINA</b>
IV. Krkonošsko-jesenická subprovincie
IVC. Jesenícká oblast
IVC-7. Hrubý Jeseník
IVC-7C. Pradědská hornatina
IVC-7C-a. Pradědský hřbet
<b>IVC-7C-b. Vysokoholský hřbet</b>
<b>IVC-7C-c. Karlovska vrchovina</b>
IVC-7C-d. Desenská hornatina

**Tab. 1:** Zařazení zájmového území do systému geomorfologického členění

Zdroj: vlastní zpracování dle DEMEK (1987)

Sledované území je součástí Hrubého Jeseníku, trupového pohoří, omezeného vůči svému okolí morfologicky významnými zlomy. Jde o strukturní tvar, který byl do dnešní podoby různě modelován exogenními činiteli.

Hrubý Jeseník byl původně součástí oligocenní paroviny, rozprostírající se na území střední Evropy (PROSOVÁ 1958). Do současné středohorské polohy byl vyzdvižen při alpínském vrásnění, kdy byl následkem orogenetických pohybů rozlámán na kry s různým postavením a různými relativními výškovými rozdíly. Vzniklé tektonické linie, směru sudetského a krušnohorského, se zřetelně odrážejí v morfologické stavbě Hrubého Jeseníku. Linie omezují hlavní hřbet, podmiňují průběh rozsoch a jsou na nich založeny údolní systémy (PROSOVÁ 1958).

KLEMENT (1928) in PROSOVÁ (1958) nepovažuje vyzdviženou parovinu za trupovou rovinu, nýbrž za mírně zvlněnou pahorkatinu s výškovými rozdíly do 500 m. Všechny tvary nad izohypsou ve výšce 1000 m n. m. považuje za součást této původní pahorkatiny. Vysvětluje tím existenci nápadných zarovnaní v této výšce. Zarovnaní v jiných úrovních vysvětluje diferencovanými pohyby, které se v různé intenzitě projevovaly od svrchního oligocénu do spodního miocénu.

Rozdílné výsledky publikují MUTHAAMA a NETOPIL (1956) in PROSOVÁ (1958). Při výzkumu Hrubého Jeseníku zjistili oba autoři ve vývoji pohoří tři po sobě jdoucí cykly:

- parovinný cyklus – zaujímá tzv. úvalovitá údolí (podle Klementa by spadaly do původní paroviny). Jedná se o údolí vyznačujících se sklony od 10° do 20°.
- dva poparovinné cykly

Parovinný ráz, o jehož původu není už dnes pochyb, je na vrcholových částech zachován téměř ve své původní podobě. Tvarově byl pozměněn jen minimálně, a to především v době glaciální. Výškové rozdíly původní paroviny jsou obvykle okolo 100 m, ojediněle také 200 až 250 m (PROSOVÁ 1958). PROSOVÁ (1958) nesdílí Klementův názor, že původní parovina měla lokální výškové rozdíly až 500 m, a že sem spadá všechny povrch nad izohypsou 100 m n. m. Tvrdí, že morfologický vývoj podobné pahorkatiny by se musel ubírat docela jiným směrem. Dnes bychom měli před sebou daleko rozčleněnější hřbetní čáru, než jakou vidíme dnes. Splach na prudších svazích by totiž nepomáhal zpětné erozi v členění trupu. Dnešní průběh hřbetní linie je podle PROSOVÉ (1958) již částečně rozrušen zpětnou erozí, dokonce je původní souvislá parovinná plocha na několika místech úplně přerušena.

V oligocénu došlo při zvedání Hrubého Jeseníku k oživení erozní činnosti vodních toků a zahloubení údolí (DEMEK 1971). Údolí mají většinou tvar písmene „V“ a sledují tektonické poruchy. Toky začínají výraznými pramennými mísami, vytvořenými zpětnou erozí a sufozí. Změna geomorfologických pochodů měla za následek vytvoření polygenetického reliéfu. Podle



DEMKA (1971) zde nacházíme tvary několika geologických období tzn. tvary současné, fosilní a exhumované. Výšková pásmovitost geomorfologických pochodů způsobuje, že v nižších polohách působí pochody typické pro humidní oblasti a ve vyšších polohách působí kryogenní pochody. V nejvyšších polohách, zejména na rozvodnicích, byly vytvořeny rozsáhlé plošiny se sklonem 3-4°, např. na Vysoké Holi ve výšce 1460 m n. m., na Mravenečníku a Dlouhé stráni 1340 – 1350 m n. m. a Keprníku 1423 m n. m. Téměř pravidelně se na plošinách vyskytují izolované skály a mrazové sruby, které jsou pozorovatelné nejen na svazích, ale i na rozvodnicových částech terénu. Stejně jako PROSOVÁ (1958) považuje i DEMEK (1971) plošiny na Vysoké Holi, Máji a Jelením hřbetu za zbytky paleogenního zarovnaného povrchu, jež byly saxonskou ektogenezí v neogenu vyzdviženy do různých výškových poloh.

Nejnovější výzkumy posledních desetiletí ukázaly, že většina plošin na rozvodích vznikla v periglaciální klimamorfogenetické zóně v pleistocénu, které jsou charakterizovány jako kryoplanační terasy (DEMEK 1971). Postupným ustupování svahů se kryoplanační terasy spojily a vznikla tak kryoplanační plošina. Z menší části mohou být plošiny na rozvodích pozůstatky etchplainu.

Na kryoplanačních terasách se často vyskytují izolované skály, mrazové srázy a mrazové sruby. Mrazovým srubem jsou i Petrovy kameny, které se nachází nedaleko Vysoké hole. Podle DEMKA (1971) jde o 3 m vysoký a 50 m dlouhý mrazový srub a zároveň také 100 m dlouhý mrazový sráz se sklonem 20°.

V Jeseníkách existují i jiné formy mrazového třídění. Jde především o kamenné polygony, balvanové proudy, kamenné moře a thufury. Kamenné polygony se vytvořily v okolí Petrových kamenů, na Břidličné hoře a mezi Ztracenými kameny a Ztracenými skalami. Na kryoplanační terase Keprníku jsou thufury a na Břidličné hoře brázděné půdy (PROSOVÁ 1954). Svahová eroze a působení gravitace způsobila v údolních částech a na úpatí svahů nahromadění materiálů. DEMEK (1971) uvádí mocnost nahromaděného materiálu při úpatí jihozápadního svahu Bílé Opavy v Karlově Studánce až 32 m.

Velká kotlina je situována do jihovýchodního svahu Vysoké Hole (1464 m). Sklon svahu se z plošiny Vysoké hole postupně zvětšuje a dosahuje maxima ve výškách mezi 1350 a 1200 m n. m., kde se pohybuje okolo 30 – 40 °. Svah tvoří skalní stěny, které přecházejí v mírně ukloněné dno, na jehož konci se nachází ústupová moréna přecházející poměrně příkrým svahem na dno karu (KŘÍŽ 1988).

Od postglaciálu (po ústupu ledovce) se vyvíjel pokryv ve Velké kotlině. Značně rozšířeným typem pokryvu jsou eluvia (zvětralinový plášť), která vznikají na horských hřbetech

a plošinách do sklonu 5 až 8° kongelifrakcí. Na svazích přecházejí eluvia do deluviálních sedimentů. Tyto sedimenty jsou tvořeny většinou svahovými sutěmi a mají polygenetický i polycyklický charakter. Vytvářejí kamenné proudy a suťové kužely. Podél Moravice a jejích přítoků se vytvořil fluviodeluviální pokryv. Typické fluviální uloženiny ve Velké kotlině chybí (VALENTA 1983).

### 4.3 KLIMATICKÉ POMĚRY

**Pohoří Hrubého Jeseníku** leží na rozhraní dvou klimatických oblastí. Západní hranice kontinentálního klimatu se zde setkává s doznívajícími vlivy klimatu atlantického. Hrubý Jeseník se vyznačuje vysokou relativní vlhkostí a převládajícím západním větrným prouděním, které přináší značné množství srážek. Podle "Klimatických oblastí Česko-slovenska" (QUITT 1971) je karová deprese Velké kotliny řazena k chladné oblasti CH4.

**CH4** - léto velmi krátké, chladné a vlhké, přechodné období velmi dlouhé s chladným jarem a mírně chladným podzimem, zima velmi dlouhá, velmi chladná, vlhká s velmi dlouhým trváním sněhové pokrývky (oblast Pradědu, Šeráku-Keprníku-Vozky, Orlíku).

<i>jednotky CH4</i>	CH4
Počet letních dnů	0-20
Počet dnů s průměr. tepl. 10 °C a více	80-120
Počet mrazových dnů	160-180
Počet ledových dnů	60-70
Prům. teplota v lednu (°C)	-6 až -7
Prům. teplota v červenci (°C)	12-14
Prům. teplota v dubnu (°C)	2-4
Prům. teplota v říjnu (°C)	4-5
Prům. poč. dnů se srážkami 1mm a více	120-140
Srážkový úhrn ve veget. období v mm	600-700
Srážkový úhrn v zimním období v mm	400-500
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	140-160
Počet dnů zamračených	130-150
Počet dnů jasných	30-40

**Tab. 2: Klimatické charakteristiky**

*Zdroj: vlastní zpracování dle QUITTA (1971)*

Pro oblast Hrubého Jeseníku jsou charakteristické velké klimatické rozdíly na poměrně krátké vzdálenosti, což úzce souvisí s velkými rozdíly v nadmořské výšce. Často bývá počasí na obou stranách hlavního hřebene Hrubého Jeseníku zcela odlišné. Každoročně se v Hrubém Jeseníku vyskytují inverze, kdy ve vyšších polohách je teplo a slunečno zatímco v údolích a kotlinách jsou mlhy. Na některých lokalitách se výrazně uplatňuje vliv mikro a mezoklimatu. V Hrubém Jeseníku měří dlouhodobě meteorologické stanice na Pradědu (zrušena), Rejvíze, v Rýmařově a v Jeseníku.

Charakteristika	Měrná jednotka	Hodnota	Datum
Teplota vzduchu extrémní:			
minimální	°C	-32,6	9.2.1956
maximální	°C	25,2	27.7.1983
Teplota vzduchu, denní průměr:			
minimální	°C	-27,7	9.2.1956
maximální	°C	20,5	27.7.1983
Max.denní úhrn srážek	mm	104,8	11.6.1965
Max.výška nového sněhu	cm	50,0	28.1.1962
Průměrné roční maximum sněhové pokrývky	cm	195,0	
Sněžení první	5.8.1976		
Sněžení poslední	17.7.1970		
Sněhová pokrývka první	9.9.1971		
Sněhová pokrývka poslední	13.6.1967		
Maximální náraz větru	m/s	51	28.10.1959

**Tab. 3: Extrémní hodnoty vybraných meteorologických prvků stanice Praděd (1947 – 1985)**

Zdroj: vlastní zpracování dle [www.nature.cz](http://www.nature.cz)

Průměr. počet dní se sněžením	113
Průměr. počet dní se sněhovou pokrývkou $\geq 1$ cm	171
Průměr. počet dní ledových ( $T_{\max} \geq 0,1$ °C)	127
Průměr. počet dní arktických ( $T_{\min} \geq -10$ °C)	16
Průměr. počet dní s vichřicí ( rychlost větru $\geq 19$ m/s)	70
Průměr. počet dní s mlhou	293

**Tab. 4: Průměrný počet dnů v roce s charakteristickými hodnotami vybraných meteorologických prvků stanice Praděd (1947 – 1985)**

Zdroj: vlastní zpracování dle [www.nature.cz](http://www.nature.cz)

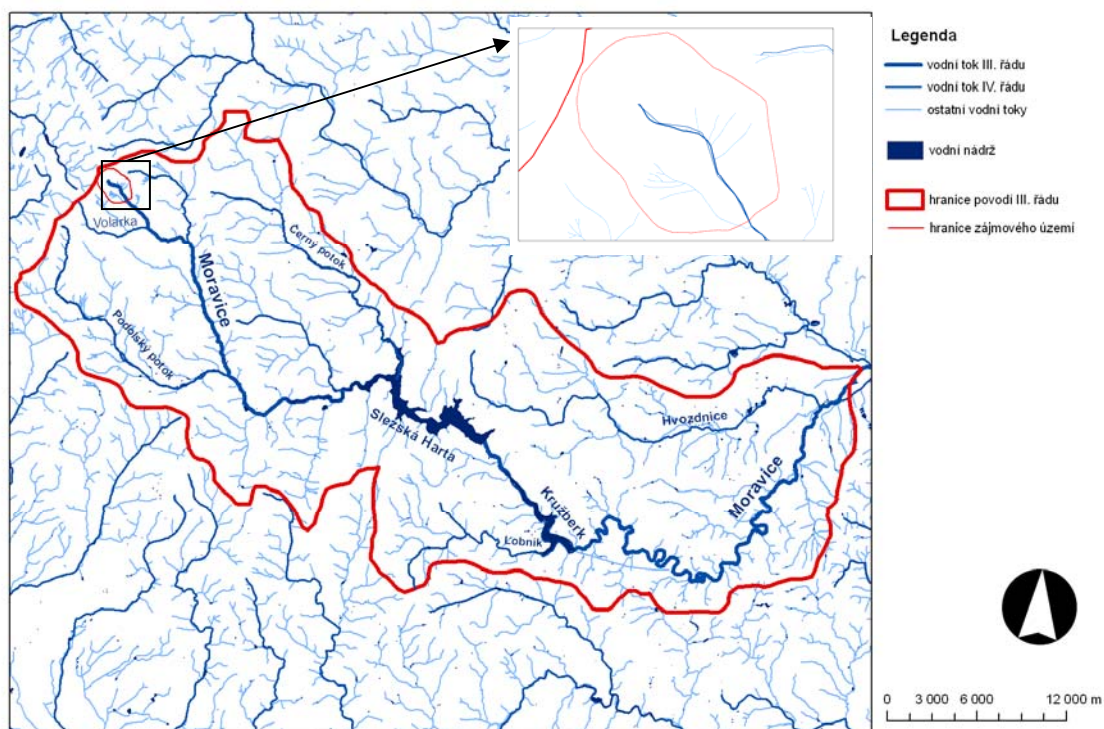
Na meteorologické stanici Praděd byla naměřena průměrná roční teplota 0,9 °C, průměrná červencová teplota 9,6°C, průměrná lednová teplota -7,4°C. Průměrný roční úhrn srážek odpovídá hodnotě 1231 mm/rok. Ve vrcholových polohách Hrubého Jeseníku je možnost mrazů po celý rok. Teploty pod 0 °C byly na Pradědu naměřeny i v červenci a srpnu. Letní dny s maximální teplotou nad 25 °C se v těchto polohách nevyskytují. Výška sněhové pokrývky kulminuje v březnu, kdy dosahuje v dlouhodobém průměru 160 cm. Souvislá sněhová pokrývka trvá na Pradědu v dlouhodobém průměru od 30.11. do 19.4. Ještě déle drží sníh na některých dalších místech, zejména ve Velké kotlině odtávají snežníky do začátku července.

Velká kotlina leží v anemoorografickém systému Divoké Desné a Merty. Jedná se o lokální větry, kdy západní proudění naráží na hlavní hřeben Hrubého Jeseníku a stáčí se mírně k jihu proti toku Divoké Desné a vystupuje na hřeben mezi Vysokou holí, Petrovými kameny a Kamzičnickem. V tomto prostoru se setkává s lokálním větrem Merty, který vzniká usměrněním západního větru podél jižního svahu masívu Mravenečník. Tento lokální vítr se dělí na dvě složky. Jedna složka přefukuje do Malé kotliny a druhá na hřeben Kamzičnicku a Vysoké hole. Tato druhá složka se setkává na hřebenu Vysoké hole s lokálním větrem Divoké Desné a sráží tento vítr východním směrem do prostoru Velké kotliny, kde se vytváří turbulentní proudění. Právě závětrné turbulentní proudění vytváří významnou sedimentační zónu pro biotu. Proudění má větší četnost v zimním období. Z Bruntálské nížiny proudí proti proudu Moravice tzv. kompenzační proudění, které doplňuje odsávaný vzduch v prostoru Velké kotliny (JENÍK 1961).

Díky příznivým sněhovým, větrným, geomorfologickým podmínkám a fyzikálním vlastnostem sněhu je Velká kotlina významným lavinnovým pásmem Hrubého Jeseníku. Sníh se hromadí díky složitému anemoorografickému systému v závěru údolí, kde sklon dosahuje 30-40°C. Velká kotlina má celkem 8 lavinových drah. V roce 1953 byla v oblasti zaznamenána

lavina dlouhá 300 m a široká 60 m s objemem 25 000 m<sup>3</sup>. V roce 1987 se uvolnila lavina o délce 450 m, šířce 250 m a objemu 30 000 m<sup>3</sup>. Právě laviny a další přírodní vlivy se podílejí na vytváření pestrosti a bohatosti biotopů. Opakovaný výskyt lavin brání v zápoji a rozšíření konkurenčních dřevin do vnitřní části Velké kotliny (Kříž 1995).

## 4.4 HYDROLOGICKE POMERY



**Obr. 5: Povodí řeky Moravice**

Zdroj: vlastní zpracování dle Zabaged 1:10 000 a portal.cenia.cz

Řeka Moravice je nejdůležitějším pravostranným přítokem řeky Opavy. Soutok Moravice a Opavy se nachází východně od obce Opava v nadmořské výšce 241 m n. m. V diplomové práci není analyzováno celé povodí řeky Moravice, avšak pouze její pramenná část (obr 5). Moravice pramení ve výšce 1303 m n. m. na jihovýchodním svahu hřebene Velké kotliny mezi Kamzičником (1420 m n. m.) a Vysokou holí (1464 m n. m.). Ústí řeky, respektive závěrový profil sledovaného karu se nachází v nadmořské výšce 890 m n. m. Její délka tak dosahuje 2071 m. Dle systému absolutní řádovosti, kde řekou prvního řádu je řeka ústící do moře, je Moravice řekou třetího řádu (Odra – Opava – Moravice). Její přítoky budou tedy logicky vyšších řádů. Řeka Moravice spadá do úmoří Baltského moře. Sledované povodí je vějířovitého typu.

Plocha povodí	$P$	<b>3,79 km<sup>2</sup></b>
Délka toku	$L$	<b>2,07 km</b>
Délka rozvodnice	$L_R$	<b>7,84 km</b>
Nejvyšší kóta povodí	$h_{max}$	<b>1463,9 m n. m.</b>
Nejnižší kóta povodí	$h_{min}$	<b>890,0 m n. m.</b>

**Tab. 5: Hydrografické údaje pramenné oblasti Moravice**

Zdroj: vlastní zpracování dle Zabaged 1: 10 000

Koeficient protaženosti povodí	$\alpha$	<b>0,89</b>
Střední šířka povodí	$\check{s}$	<b>1,83 km</b>
Spád toku	$\Delta H$	<b>413 m</b>
Střední sklon povodí	$I_p$	<b>292,79 ‰</b>
Střední sklon toku	$I$	<b>199,52 ‰</b>
Převýšení	$\Delta h$	<b>570 m</b>

**Tab. 6: Hydrografické sklonitostní a tvarové charakteristiky pramenné oblasti**

**Moravice**

Zdroj: Zabaged 1: 10 000

V 70. letech byl v oblasti Velké kotliny prováděn podrobný hydrologický průzkum teploty a vydatnosti jednotlivých pramenů. Výsledky výzkumu shrnul KŘÍŽ (1988) následovně. V zájmovém území se nachází 14 stálých a 10 občasných pramenů. Nejvydatnějším stálým pramenem je pramen Moravice. Na relativně hlubší oběh vody poukazuje teplota vody u pramene, která se pohybuje kolem 4°C. Některé prameny dosahují až 20 °C, což je důkazem mělkého oběhu vody. Z fyzikálního a chemického hlediska mají prameny ve Velké kotlině poměrně dobré vlastnosti. Voda má výborné sensorické vlastnosti, je čirá, bezbarvá a bez zápachu. Hodnoty pH jsou kyselé. Voda má nízký obsah anorganických sloučenin, nízký obsah organických látek a malou mineralizaci.

Na prameni Moravice (obr. 7) byl prováděn výzkum jednou týdně v letech od července 1971 do března 1977. Za nepříznivých sněhových podmínek byly údaje doplňovány na základě korelační závislosti s průtokem Moravice v Karlově.

Shrnutí výsledků z výzkumu pramene Moravice podle KŘÍŽE (1988):

- průměrná vydatnost ( $Q_a$ ) pramene Moravice je  $6,62 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$
- největší vydatnost je v době tání (duben, květen)
- nejmenší vydatnost je v období před táním (únor, březen)
- maximální vydatnost pramene byla  $30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (měření za více než 5-leté období)



- nejmenší vydatnost byla  $1,23 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$
- nejvyšší teplota nedosáhla  $5^\circ\text{C}$
- nejnižší teplota neklesla pod  $2,5^\circ\text{C}$

Ve Velké kotlině se projevuje hypodermický odtok, který navyšuje průtok Moravice pod reliktem čelní morény. Nachází se zde i několik vodopádů, které překonávají výškové rozdíly až 10 m (Kříž 1988).



***Obr. 7: Horní tok Moravice***

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

## 4.5 PEDOLOGICKÉ POMĚRY

Půdní pokryv ve Velké kotlině je silně ovlivněn především klimatem, vodním režimem a vegetací. Skalní podklad sledované oblasti je tvořen fyilitickými břidlicemi (viz. Geologické poměry).

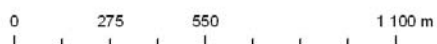
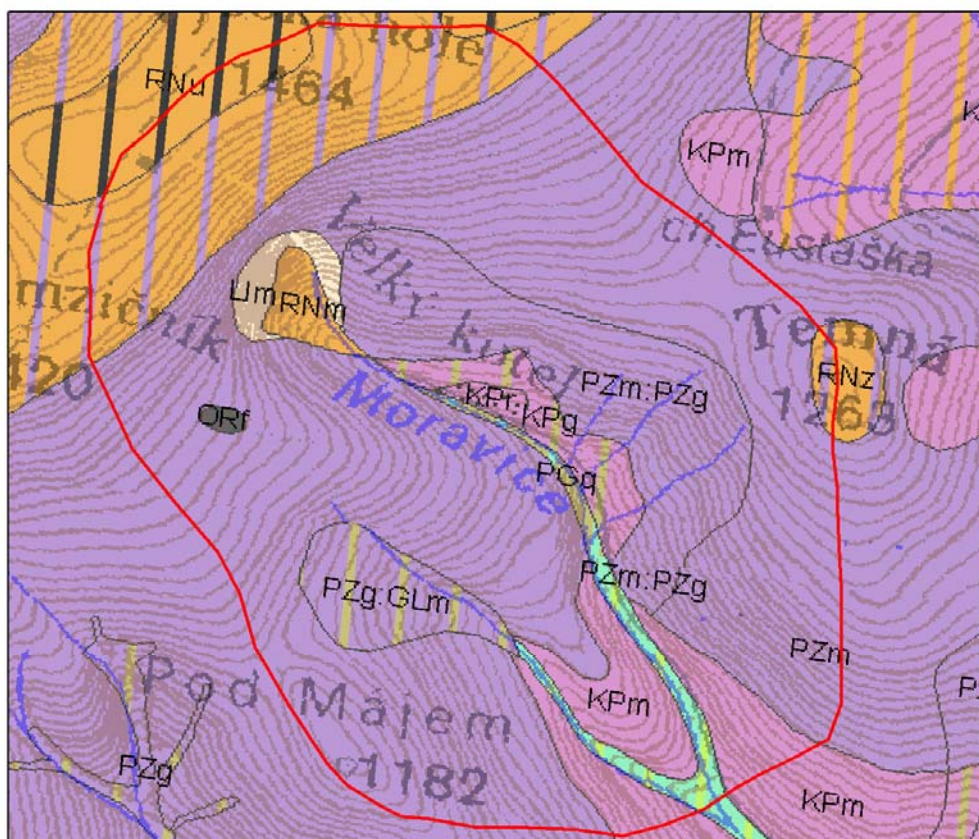
TOMÁŠEK (2003) vymezuje na Půdní mapě České republiky tři půdní typy. Rezivé půdy s podzoly se nacházejí v nejnižších oblastech, ve vyšších polohách se vyskytují podzoly a vrcholové partie tvoří alpínské půdní formy.

Velká kotlina je charakteristická zřetelnými půdními rozdíly od hřebene k úpatí svahu, které jsou výsledkem změn v transportu erodovaného materiálu a vodního režimu půd. Značné rozdíly jsou i ve stáří půd. Nejstarší půdní typy se nacházejí na ploché hřebenové části a na mírně ukloněných svazích. Jde především o hnědé podzoly a podzoly. Na vznik těchto půd má vliv bilance mezi srážkami, evapotranspirací a vztahy mezi vstupem vody a stupněm propustnosti půdy (PELÍŠEK 1972).

Jedním z důležitých faktorů, kterým se liší karová deprese Velké kotliny například od krkonošských karů je značný výskyt pramenů. Voda je snadno infiltrována a vyvěrá na povrch díky propustnému substrátu. Zejména tento faktor podmiňuje vznik semihydromorfních a hydromorfních půd na svazích. Půdy jsou písčitohlinité se zvýšeným obsahem štěrku. Význam těchto půd spočívá v jejich propustnosti. Dobře zachycují atmosferické srážky a spolu s lesním porostem se významně podílejí na regulaci odtokových poměrů pramenné oblasti (PELÍŠEK 1972).

V důsledku vývěru pramenů a přísunu živin vznikají na menších plochách v pravé části karové deprese v sutích na úpatí svahů organické půdy.

Dalšího zástupce vývojově mladých půd představují půdy nivní, vyskytující se podél toku Moravice, kde se prolínají s gleji, pseudogleji a oglejenými formami jiných půdních typů. Většina půd má velmi kyselou až velmi silně kyselou reakci (více než 47%) tj. pH 1-4,5, asi 16% má kyselou reakci tj. pH od 4,5 do 5,5, mírně kyselou má 23% půd tj. pH 4,5-7 a neutrální reakci má 11% tj. pH okolo 7 (KLIMEŠ-RAUCH (1994) in HARASIM 1998).



### Půdní jednotka (TKSP)

	litozem modální		kryptopodzol modální		glej modální; glej mesobazický; glej hydroeluviovaný
	ranker modální		kryptopodzol mělce umbrický		glej fluvický
	ranker umbrický		kryptopodzol oglejený		glej akvický
	ranker kambický		kryptopodzol rankerový		
	ranker podzolový		kryptopodzol arenický		
	ranker litický		podzol modální		
	ranker sutový		podzol mělce umbrický		
			podzol oglejený		
			podzol rankerový		
			podzol arenický		

**Obr. 8: Půdní poměry okolí Velké kotliny**

Zdroj: vlastní zpracování dle půdní mapy ČR 1:50 000 (14-42 Rýmařov, 14-24 Bělá pod Pradědem) a Zabaged 1:10 000

## 5. SHRUTÍ POZNATKŮ O ZALEDNĚNÍ A VÝVOJI RELIÉFU VELKÉ KOTLINY

### 5.1 PŘEHLED NÁZORŮ NA ZALEDNĚNÍ SLEDOVANÉ OBLASTI

Kromě jednoznačných dokladů horského zalednění v Krkonoších a na Šumavě pokročil v poslední době také výzkum dlouho diskutovaného zalednění v Hrubém Jeseníku.

Stejně jako v ostatních českých horách rozhodovaly o zalednění údolního uzávěru Moravice v pleistocénu převážně klimatické a geomorfologické poměry. Z klimatických faktorů jde především o množství atmosférických sněhových srážek v jednotlivých různě trvajících chladných obdobích a větrné poměry. Vliv nadmořské výšky, charakter rozvodních částí terénu a expozice preglaciálních karových depresí patří mezi geomorfologické poměry.

Naskytá se však myšlenka, že výskyt ledovcových karů a základní morfologie jsou spíše funkcí geologických podmínek (tektonických zdvihů, systému puklin) a souboru pliocenních a pleistocenních geomorfologických procesů, než samostatné ledovcové činnosti. Z pleistocenních procesů to bylo zejména mrazové zvětrávání a odnos zvětralin (CZUDEK 2005). Podle CZUDKA (2005) by nebyly ledovcové kary zcela, respektive výrazně jiné, kdyby v nich karové ledovce nebyly.

Rozlišení horských karových depresí, kde byly ledovce (i se studenou bází) a kde se nacházel jen sníh a firn, není vždy nijak jednoduché, (KUNSKÝ 1948 IN CZUDEK 2005). CZUDEK (2005) také uvádí, že v pevných horninách bývají karové deprese silně vázány na systém puklin.

Ke stejnému názoru dospěl také VOTÝPKA (1971, 1975) in HARASIM (1998): dosavadní výzkumy ukazují, že karové deprese vznikly v periglaciálních podmínkách pleistocénu. Hlavní význam při jejich vývoji mělo v České vysočině mrazové zvětrávání podél systému křížících se puklin (frekvence puklin a tzv. mezní plocha probíhá ve směru L puklin), které vedlo k odpadávání bloků ze skalních stěn včetně skalního řízení a odnos materiálu geliflukcí a dalšími svahovými procesy.

Významnou, nikoliv však stěžejní roli, měl sníh jako dodavatel vody. Voda jednak při zamrzávání v puklinách zintenzivňovala zvětrávání a jednak se podílela na odnosu materiálu.

V pleistocénu zasáhlo Evropu kontinentální zalednění. Území našeho státu bylo zaledněno v době sálské a halštrovské. Kontinentální ledovec zasahoval do oblasti Moravské brány, Šluknovského výběžku a Frýdlantského výběžku. Důkazy o zalednění horským ledovcem byly nalezeny na Šumavě, v Krkonoších a Hrubém Jeseníku.

Geomorfologickou modelaci Velké kotliny datuje PROSOVÁ (1973) na počátek pleistocénu.

V tomto období vznikala cirkovitý tvar Velké kotliny. Díky příznivým klimatickým podmínkám se vytvořil krátký karový ledovec, v jehož okolí probíhalo intenzivní mrazové zvětrávání. Vznik ledovce je spjat především s poklesem teploty a se snížením sněžné čáry. Jak uvádí PROSOVÁ (1973) bylo údolí před snížením teploty zakončeno přirozeným erozním uzávěrem s typickými tvary, jež jsou vytvořeny zpětnou erozí. Po snížení sněžné čáry došlo k udržování sněhu v údolí. Sníh byl mimo jiné dodáván i z vrcholových deflačních plošin. Opětovné zamrznání a tání sněhu způsobovalo intenzivní mrazové zvětrávání. Zvětrávání zapříčinilo silnou erozi méně odolných hornin. Erozi produkovaná kamenitá suť byla ledovcem pohlcována a současně se přesouvala po ledovci do níže položených oblastí. Během následného oteplování a ústupu ledovce akumuloval materiál obsažený v ledovci na místě, kde roztál. Tím vznikly dva morénové valy, umístěné napříč karu Velké kotliny (PROSOVÁ 1973).

## 5.2 PŘEHLED NÁZORŮ NA GENEZI SLEDOVANÉHO ÚZEMÍ

V Hrubém Jeseníku se vyskytuje několik velkých amfiteatrálních pramenných mís. Předmětem zájmu je již od konce 19. století uzávěr údolí Moravice (Velká kotlina). Velká kotlina, situovaná pod Vysokou holí (1464 m n. m.), je obrácena k V až JV. CZUDEK (2005) udává její nadmořskou výšku do rozmezí 1150 – 1350 m n. m., šířku horních okrajů posuzuje na 1 – 1,6 km.

Poprvé karovitý uzávěr Moravice označují za kar v roce 1903 Grammer a Foster (PROSOVÁ 1958). KRETSCHMER (1918) označuje koncovou morénu a pokládá ji do výšky 700 m n. m. Toto zjištění správně kritizuje jak Klement (1928) tak Rathsburg (1932) in PROSOVÁ (1958).

Jako jediný předpokládá výskyt většího množství ledovců LUCERNA (1924), a to dokonce „několika tuctů“. Proti této teorii se prudce ohrazuje Rathsburg. Lucernou identifikované morénové valy označuje za suťové, vzniklé běžným opadáváním sutí ze stěn a jejím svahovým transportem.

KLEMENT (1928) in CZUDEK (2005) považoval Velkou Kotlinu za dvojitý ledovcový kar.

O menším zalednění Hrubého Jeseníku s malými údolními ledovci uvažuje ve své práci PROSOVÁ (1958). Vyvrací Rathsburgovo tvrzení o neexistenci karů, pokud není dokázána ledovcovými ohlasy, morénami a dokonale vyvinutými karovými stěnami a zdůrazňuje fakt, že ledovec je prakticky jen pasivním hostem v již dříve vytvořeném karu. Sama však poukazuje na skutečnost, že údolí nebyla přetvořena do typických ledovcových údolí, čímž výskyt ledovcových splazů vylučuje.

Kromě Klementa označil Velkou kotlinu, pramenný uzávěr Moravice, za dvojitý stupňovitý kar také Rathsburg (PROSOVÁ 1958). Určil několik znaků, které prokazují zalednění kotle:

- dvě karové podlahy položené nad sebou a oddělené svahem o sklonu 45°
- příkré karové stěny
- „oblíky“ nad karovými stěnami
- předpokládaná existence morénových bloků asi 20 m pod dolním karovým dnem o rozměrech 2,5 x 2 x 2m a 3 x 2 x 2m
- dvojitý morénový val ve výši asi 1086 m n. m. Valy jsou od sebe vzdáleny asi 25 m, odděleny zvlněnou pávní

Podle PROSOVÉ (1958) však Rathsburg při svém výzkumu podcenil některé důležité okolnosti jako například extraglaciální zvětrávání. Podle posledních výzkumů byl totiž dokázán jeho zásadní vliv na modelaci karovitých uzávěrů. Přestože Rathsburg upozorňuje na odlišnosti

způsobené různorodostí hornin, nedbá petrografických poměrů. Jak uvádí PROSOVÁ (1958), je přirozené, že jinak budou vypadat kary na Šumavě a v Krkonoších vyskytující se v granitových horninách s přísným puklinovým systémem tří na sobě kolmých směrů a jinak v Jeseníkách, kde převládají snadno zvětrávající krystalické břidlice, v nichž by se vertikální stěny sotva udržely.

Při svém výzkumu došla PROSOVÁ (1958) k následujícím závěrům:

Pramenná mísa Moravice, zvaná Velká kotlina je zahlobena do JV svahu Vysoké Hole. Dolní část kotle je přetvořena na dva tvarově dokonalé výklenky, z nichž jeden karové dno nemá, druhý (jižnější) má dna dvě, oddělené stupněm o sklonu 45°. Velká kotlina se nachází pod největší deflační plošinou v Jeseníkách. Byla proto vždy hojně zásobena sněhem a vodou, která umožňovala intenzivní periglaciální zvětrávání. Ve Velké kotlině je osa uzávěru kolmá na směr vrstev, což podporuje dokonalejší zaokrouhlení tvaru karovitěho uzávěru a pravděpodobnější závislost na umístění karu vzhledem ke směru a sklonu vrstev a na petrologických podmínkách. Měkké grafitické fylity nedovolovaly sice vytvořit příkré skalní stěny, ale umožnily vznik dokonale okrouhlého tvaru. Výsledky výzkumu suťového valu při vyústění kotliny neprokázaly zda jde o morénu nebo pouze suťový val. Velikost úlomků byla malá 5-10-20-30 cm, ojediněle okolo 0,75m. Val je morfologicky nápadný jen při pohledu od východu. Severní část valu je zachována zatímco v jižní části je rozrušen fluviální erozí. Nad stupněm oddělujícím karová dna je uložena pasivní moréna představující uloženiny posledního stádia karového ledovce.

Nověji PROSOVÁ (1973) uvádí, že existence firnových ledovců bez splazů se zdá být v Hrubém Jeseníku dokázána. Lze proto i s RATSBURGEM, PETRÁNKEM (1953) a VITÁSKEM (1956) uvažovat o pleistocénní existenci karového ledovce v uzávěru údolí Moravice v Hrubém Jeseníku (PROSOVÁ 1973, CZUDEK 2005). Ten mohl již v mindelu a později v rissu a würmu využít a jen mírně pozměnit již existující preglaciální terénní depresi. Nemohl ji však vytvořit (CZUDEK, 2005).

Jako jeden z posledních autorů se k zalednění dolního uzávěru Moravice vyjadřuje také ADAMEC et al. (2004) in Czudek (2005). Poukazuje na spornou existenci morén a popírá existenci morfografických znaků typických pro ledovcové kary.

Velké, respektive větší karovité deprese byly tedy sekundárně využity a modelovány firnem, z něhož alespoň dočasně vznikly i menší karové ledovce (zřejmě vesměs se studenou bází) CZUDEK (2005).

Přestože rozsah horského a kontinentálního zalednění zřejmě nebyl zcela synchronní, blízkost kontinentálního zalednění, výška pohoří a do jisté míry i rozloha rozvodních částí terénu přímo naznačují možnost tvorby karového ledovce ve sledované oblasti. Tvorba Velké kotliny prostřednictvím horských ledovců však dosud dokázána nebyla.

## 6. METODIKA

### 6.1 GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY (GIS)

Podkladem pro generování reprezentací DMR (TIN, grid) v aplikacích v prostředí GIS jsou vrstevnice (ZABAGED 1: 10 000). Jako další kvalitní zdroje bylo použito také leteckého snímkování.

Morfometrické analýzy v prostředí GIS mají oproti měření v terénu mnoho výhod. Kromě rychlosti je jejich velkým potenciálem databáze, kterou je možné upravovat podle potřeby upravit. Jakákoliv kvalitní analýza je však vždy závislá na přesnosti zdrojových dat. Při využití vstupních dat ze ZABAGED je nutné počítat s několikametrovou tolerancí. U tvorby DMR z vrstevnic o intervalu  $n$ , je nutné počítat s chybou  $\pm n/2$  m (FEDERICI & SPAGNOLO 2004).

Určitá přesnost zpracování morfometrických charakteristik v prostředí GIS byla v případě údolního uzávěru Velké Moravice podpořena geomorfologickým mapováním. Zvláště vymezení jednotlivých elementárních forem v karu (hranice karu, karové stěny a dna karu) bylo založeno téměř výhradně na měření v terénu.

#### ***VSTUPNÍ DATA***

Jako podklad pro tvorbu digitálního modelu reliéfu byla použita data ZABAGED 1: 10 000. ZABAGED je digitální topografický model území ČR odvozený z mapového obrazu Základní mapy České republiky 1: 10 000 v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému baltském - po vyrovnání. Správcem a poskytovatelem dat ZABAGED je Zeměměřičský úřad.

#### ***TVORBA DMR (TIN)***

Vytvořením polygonového tématu bylo vymezeno zájmové území pro tvorbu DMR, např.: povodí, karová deprese a její části, formy reliéfu aj.

Při prezentaci povrchů i samostatných prvků v krajinné sféře byly při vytváření DMR zvoleny reprezentace TIN a grid.

Ze základních vstupních dat (vrstevnice, vodní toky, zájmové území pro tvorbu DMR) byl prostřednictvím funkce *Create TIN*, *Create TIN From Features* v rozšíření *3D Analyst* vytvořen TIN. Vrstva vodní toky byla při triangulaci použita jako *hard line*, vrstevnice jako *mass points*, hranice zájmového území pro tvorbu DMR jako *soft clip*.



TIN jednotlivých částí glaciálních forem (dno, stěna karu) lze z DMR zájmového území jednoduše separovat pomocí rozšíření *3D Analyst* a funkce *Create/Modify TIN* a *Add Features to TIN* nastavením jako *soft clip*.

#### **GENEROVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ GRIDŮ**

Nadmořské výšky, sklony a orientace svahů byly analyzovány z gridů zájmových území. Pro tvorbu rastrových prezentací z TIN bylo v rozšíření *3D Analyst* využito funkce *Convert a TIN to Raster*. Velikost buňky byla určena jako 5x5 m.

Rozložení nadmořských výšek do zón po 50 metrech pro celé zájmové území a po 20 metrech pro karový uzávěr bylo dosaženo definicí velikosti intervalu (*Defined Interval, Interval size*) ve vlastnostech gridu (*Properties*).

Sklony (*Slopes*) a orientace (*Aspects*) svahů byly vygenerovány z gridů nadmořských výšek v rozšíření *3D Analyst* pomocí funkce *Surface Analysis* zvolením *Slope* nebo *Aspect*.

Uvedené morfometrické charakteristiky byly následně reklasifikovány v rozšíření *Spatial Analyst* funkcí *Reclassify*. Sklony svahů byly během reklasifikace rozděleny do standardních kategorií dle DEMKA et. al (1985) s hranicemi: 0°, 2°, 5°, 15°, 25°, 35°, 55°. Při reklasifikaci orientace svahů byly sloučeny intervaly severních orientací (0 – 22,5) a (337,5 – 360) v jeden kvadrant.

#### **PRŮMĚRNÉ HODNOTY SKLONŮ SVAHŮ A NADMOŘSKÝCH VÝŠEK**

Během analýzy sklonů svahů byly u sledovaných forem vymezených na základě terénního mapování (karový uzávěr, jeho dno a stěna) sledovány průměrné sklony svahu. Jako další základní morfometrická charakteristika byla analyzována průměrná nadmořská výška karu.

Průměrné hodnoty sklonů svahů a nadmořských výšek jsou uvedeny ve vlastnostech (*Properties*) daných vrstev.

#### **ROZLOHA (A 2D, A 3D), MINIMÁLNÍ A MAXIMÁLNÍ NADMOŘSKÁ VÝŠKA**

Minimální a maximální nadmořskou výšku daných forem lze určit funkcí *Surface Analysis* a *Area and Volume* v rozšíření *3D Analyst*. Prostřednictvím funkce *Calculate* byly zjištěny údaje o rozloze sledovaného území, a to ve 2D nebo také 3D formě.

## **DÉLKA KARU A ŠÍŘKA KARU**

Pro vymezení délky této formy je nutné rozdělit karovitý uzávěr na dvě části o stejně velké ploše. Počátečním bodem odkud je vedena linie délky rozdělující karovitý uzávěr na tyto stejně velké poloviny je střed prahu (*lip*).

Kolmicí na výše uvedenou délku v jejím středu je definována šířka karovitého uzávěru.

## **K-KŘIVKA**

Kary se liší jak tvarem, tak velikostí, přesto lze jejich podélný profil vyjádřit logaritmickou křivkou:  $y = k(1 - x)e^{-x}$  (HAYNES 1968).

kde:  $x$  = horizontální vzdálenost od horní karové hrany k nejhlubšímu místu v karu

$y$  = vertikální vzdálenost mezi přehloubenou částí karu a povrchem (jelikož neznáme přesnou výšku přehloubení, bylo  $y$  nahrazeno  $y'$ , které vyjadřuje vertikální vzdálenost horní karové stěny k nejhlubšímu místu v karu

$e$  = konstanta (2, 718 = základ přirozených logaritmů)

$k$  = koeficient vztahující se ke tvaru sníženiny (obecně bývá v rozmezí 0,5 až 2, čím větší hodnota  $k$ -křivky, tím strmější je karová stěna)

Metoda  $k$ -křivky byla poprvé použita ve Skotku (HAYNES 1968). Prvotním cílem bylo najít jednoduchou křivku, která bude výstižně popisovat běžný tvar karu. Tím se kary oddělily od ostatních horských depresí nevymodelovaných karovým ledovcem.  $K$ -křivka vystihla charakter 81% karů z oblasti zkoumané HAYNES (1968), lze ji tedy použít jako prostředek ke srovnávání karových depresí v různých oblastech.

HAYNES (1968) rozdělila na základě hodnoty  $k$  kary do tří oblastí:

Kary s hodnotou  $k = 0 - 0,5$  mají celkově mírnou modelaci, pokrývá je suť a vegetace. Dno karu není většinou přehloubené, je ukloněno ve stejném směru jako spád údolí .

Kary s hodnotou  $k = 0,5 - 1$  mají stěny strmější a jsou více sevřené než v předchozím případě. Jejich dno je částečně přehloubené, může se v něm nacházet karové jezero.

Kary s hodnotou  $k = 1 - 2$  mají velmi strmé stěny a vytváří uzavřené, dobře vyvinuté cirkové formy. Bývají přehloubené s jezerem na dně. V případě, že přehloubení není dostatečně výrazné, není jezero vyvinuto.

## 6.2 TERÉNNÍ VÝZKUM

### *MAPOVÁNÍ HRANIC FOREM RELIÉFU*

První rekognoskační pochůzky zájmového území byly uskutečněny v létě 2008. Samotné terénní mapování a sběr dat pro vytvoření geomorfologické mapy probíhaly od května do října 2009.

Vlastní geomorfologické mapování podle DEMKA et al. (1972) se skládalo ze čtyř hlavních etap:

- vypracování projektu – stanovení cílů mapování, zpracování plánu postupu prací a stanovení pracovních metod. Metoda mapování hranic spočívala ve vymezení forem reliéfu. Na vymezení hranic následovaly pochůzky napříč tvarem, přičemž byly vymezeny důležité linie (hřbetnice morén apod.).
- příprava mapování – studium literatury, přírodních mapových podkladů a leteckých snímků, zpracování morfometrických podkladů a profilů
- terénní mapování – samotné mapování hranic reliéfu pomocí přístroje Garmin GRSmap 76CS a Garmin etrex – Vista, identifikace forem reliéfu a pořizování fotografických snímků
- zpracování materiálů – vyhotovení geomorfologické mapy a její analýza

Mapování bylo především zaměřeno na glaciální formy reliéfu, ale pro úplnost geomorfologické mapy byly zaznamenány jeho všechny elementární formy.

### *PODÉLNÉ A PŘÍČNÉ PROFILOVÁNÍ*

V zájmovém území bylo vytvořeno 7 podélných a 25 příčných profilů. Jelikož profilování pomocí ArcGIS 9.3 nemělo potřebnou vypovídající úroveň byly vybrané profily měřeny během terénního výzkumu. K měření sklonů svahů a vzdáleností mezi jednotlivými body byl použit digitální sklonoměr LaserAce. Pozice jednotlivých bodů byly pak zaznamenávány přístrojem GPS. Primárně šlo o celkové vyjádření tvaru karu podélným profilem a identifikaci hranic čelní a ústupové morény. Zaznamenávány byly všechny lokality, kde docházelo k výrazným změnám sklonu. Všechny příčné profily byly vedeny pouze přes glaciální akumulační segmenty. Dva profily procházející napříč počátkem čelní morény a několik desítek metrů od jejího konce byly využity pro měření georadarem.

### *URČENÍ SNĚŽNÉ ČÁRY – ELA*

Karové ledovce jsou pro svoje nevelké rozměry citlivé na lokální klimatické podmínky. Bývají proto považovány za indikátory klimatických změn. Lokální klimatické rozdíly ovlivňují

výšku ve které se ledovec nachází. Na S a SV orientovaných svazích s limitovaným slunečním zářením karové ledovce leží u stejných pohoří v nižších nadmořských výškách než je tomu u teplých J a JV svahů (AHNERT 1998).

Jedním z nejvíce užitečných parametrů, které podávají svědectví o vlivu klimatu na ledovec je sněžná čára – ELA (Equilibrium-Line Altitude) (NESJE & DAHL 2000).

ELA je pomyslná čára v určité nadmořské výšce, kde se každoroční akumulace sněhu rovnají ablaci (NESJE & DAHL 2000).

Pro určení pleistocénní ELA ve sledované oblasti byly vybrány čtyři: metoda MELM, THAR, cirque floor altitude a TP & TPW ELA.

Metoda MELM určuje výšku sněžné čáry podle maximální nadmořské výšky horního konce boční morény (PORTER 2001). Vychází se z předpokladu, že se materiál morén ukládá v oblační zóně ledovce, tudíž pod jeho sněžnou čarou.

Druhá z metod (THAR) je založena na předpokladu, že firnová čára na ledovcích mírného podnebí leží na konci oblační sezóny často na polovině vzdálenosti mezi počátkem a koncem ledovce. Výpočtem sněžné čáry je tedy aritmetický průměr nadmořské výšky konce ledovce a průměrné nadmořské výšky horského hřbetu nad počátkem ledovce. Pro spodní limit ledovce byla použita průměrná nadmořská výška čelní morény. Jelikož na karovou depresi Velké kotliny se netýčí horský hřbet jako takový, byla místo průměrné nadmořské výšky horského hřbetu využita průměrná nadmořská výška karové stěny. Jak uvádí PORTER (2001), vysoké a příkré karové stěny mohou zapříčinit rozdíly v řádu desítek až stovek metrů.

Sněžná čára pomocí metody THAR byla vypočtena pomocí vzorce:  $ELA = A_t + THAR(A_h - A_t)$ , kde:

$A_t$  = průměrná nadmořská výška hřbetu čelní morény

$A_h$  = průměrná nadmořská výška karové stěny

THAR koeficient = 0,5

Tato metoda počítá s tím, že poměr rozsahu nadmořských výšek ledovce nad sněžnou čarou ku rozsahu nadmořských výšek celého ledovce odpovídá hodnotě 0,5 (PORTER 2001).

Metoda cirque-floor altitude předpokládá konec ledovce na karovém stupni či nedaleko od něj, proto pro výpočet sněžné čáry používá průměrnou nadmořskou výšku dna karu.

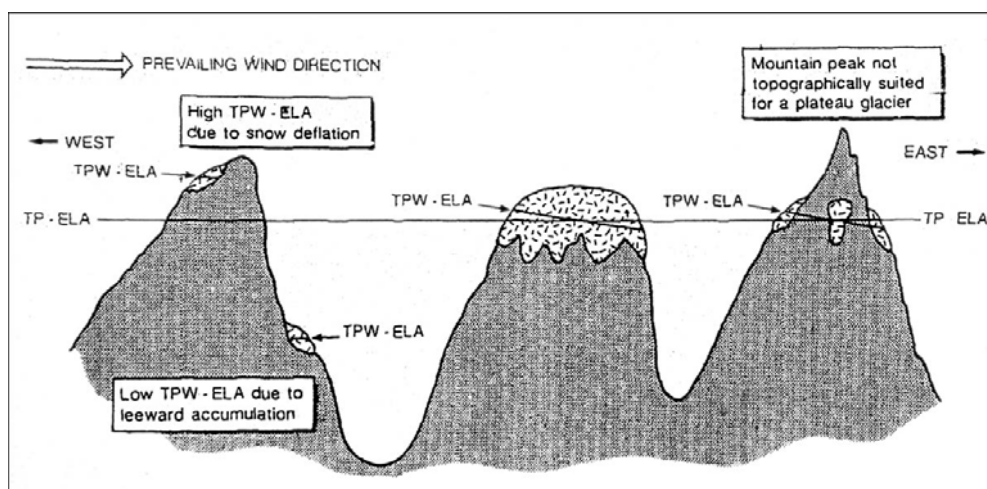
Klimatické procesy ovlivňující polohu ELA na ledovci zahrnují převážně dva procesy: tání v průběhu teplých období a akumulaci sněhových srážek v chladných periodách. Podle NESJE & DAHL (2000) se na základě kombinace vlivu místní sezónní teploty tání a zimních srážek se měří TP-ELA (*Temperature-Precipitation ELA*).

V hlubokých depresích, které jsou obklopeny rozsáhlou horskou plošinou (deflační plošina) může být sníh odvíván z plošiny a akumulovat se v karu buď přímou akumulací sněhu

v karové depresi nebo pozdějšími lavinovými procesy po strmém svahu karové stěny (SISSOUS & SUTHERLAND 1976 in NESJE & DAHL 2000). Proudění větru je proto považováno je jeden z důležitých faktorů při tvorbě karového ledovce.

NESJE & DAHL (2000) využili proudění větru také při stanovení TPW-ELA (*Temperature-Precipitation-Wind ELA*) v oblastech horských karů (obr. 9). Jejich výzkum prokázal, že se TPW-ELA nachází signifikantně níže než TP-ELA, a to nejen o desítky, ale i o stovky metrů (např: v Jotunheimenu v jižním Norsku tvoří tento rozdíl 50 m, v oblasti Troms v severním Norsku 250-300m) (NESJE & DAHL 2000).

Stejně jako u vymezení TPW-ELA u karů na Šumavě a v Bavorském lese (STEFFANOVÁ 2006) můžeme i v oblasti Velké kotliny předpokládat západní proudění větru v období vzniku zkoumané glaciální formy. Nad Velkou kotlinou je situována rozlehlá deflační plošina, kde se v minulosti mohly hromadit masy sněhu. Ty pak byly přímo nebo pozdějšími lavinovými procesy transportovány přes karovou stěnu do deprese nacházející se bezprostředně pod nimi. Na dně karovitého uzávěru se sníh hromadil a regelací přeměnil v led. Pohybem ledovce byla karovitá deprese erozní činností rozrušována do současné podoby.



Obr. 9: Zjednodušený příklad výškového rozdílu mezi TP-ELA a TPW-ELA

Zdroj: převzato z NESJE & DAHLA (2000)

Ve sledované oblasti doposud nebylo prokázáno horské zalednění. Nadmořská výška Velké kotliny a blízkost pleistocenního pevninského zalednění však poukazuje na reálnou možnost jeho výskytu. Rozlišení TP-ELA a TPW-ELA se proto zdá být v tomto případě vhodné.

Vzhledem k faktu, že výskyt karů bývá podmíněn výskytem deflačních plošin v bezprostřední blízkosti karových depresí, je možné je považovat za určující pro vymezení TP-

ELA (STEFFANOVÁ 2006). TP-ELA byla v případě karového uzávěru Velká kotlina vymezena jako průměrná nadmořská výška deflační plošiny nacházející se na vrcholu Vysoké hole.

Pro přibližný výpočet fosilní TPW ELA byla zvolena jasně morfometricky vymežitelná charakteristika, u níž můžeme předpokládat závislost na intenzitě glaciální činnosti, a to průměrné nejhlubší místo dna karu (stejně jako u metody cirque-floor altitude).

#### ***MORFOSTRUKTURA – MĚŘENÍ PUKLIN***

Doplňující metodou pro zjištění vlivu morfologie na strukturní podmínky bylo měření sklonu a směru puklin na skalních výchozech. K měření byla použita běžná buzola, úhломěr a zavěšená olovnice. Na výchozech bylo uskutečněno celkem 100 měření směrů a sklonů puklin. Data byla vizualizovaná formou růžicového diagramu.

#### ***GEORADAR***

Při zjišťování mocnosti sedimentů v údolním uzávěru Moravice byl použit Georadar Ramac CUII. Georadar pracuje na principu vysílání a příjmu elektromagnetických vln. Souprava se skládá z řídicí jednotky, nestíněné 50 MHz antény a zařízení na určování polohy. Princip měření spočívá ve vyslání rádiového signálu a zaznamenání odražené vlny (zachycení fázového posunu, intenzity, hloubky). Pro výpočet hloubky byly použity údaje o rychlosti šíření odražených vln.

Georadarové snímky jsou výsledky průniku a odrazu elektromagnetických rádiových vln do podpovrchových částí zemské kůry. Vysílané vlny jsou odraženy zpět k povrchu z rozhraní jednotlivých vrstev, které mají odlišné dielektrické vlastnosti. Část vysílané energie je pohlcena okolním nadzemním prostředím, část se odrazí k povrchu, kde je zachycena přijímací anténou a zbývající část energie je rozptýlena do podloží. Podíl pohlcené a odražené energie vln je často ovlivněn změnami v obsahu vody spojenými v různých typech sedimentů, velikostí zrn, pórovitostí a soudržností zkoumaného podloží (BURÁŇ 2009).

## 6.3 LABORATORNÍ METODY

### **ROZBOR SEDIMENTŮ A GRANULOMETRIE**

Glaciální sedimenty jsou typické svou nevytříděností. Účelem rozboru sedimentů ve sledované oblasti bylo zjistit zda sedimenty odpovídají charakteristikám sedimentů glaciálně přemodelovaných oblastí.

Profil byl vykopán v místě, kde je relikt čelní morény hluboce erodován tokem Moravice. Výkop byl hluboký 150 cm, odebráno bylo cca 16 kg sedimentárních vzorků. Vzorky byly po vysušení podrobeny laboratorní zrnitostní analýze na přesívače FVR C9S s použitím sít o velikosti 125, 63, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0,5, 0,125, 0,063, 0,50, 0,040 mm. Jednotlivé zrnitostní kategorie byly zváženy na elektronické váze VIBRA, typ CG. Z výsledků analýzy byla vyhotovena kumulační granulometrická křivka.

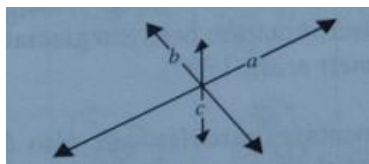
Z granulometrické křivky (obr. 66) byla vypočtena hodnota koeficientu vytřídění od FOLK & WARD in BEZVODOVÁ et al. 1985 podle vzorce:  $\sigma = \frac{(P84 - P16)}{4} + \frac{(P95 - P5)}{6,6}$ , výsledek byl vyhodnocen dle kategorie vytříděnosti sedimentárních vzorků (tab. 7).

koeficient vytřídění	charakteristika vzorku
pod 0,35	velmi dobře vytříděný
0,35 - 0,50	dobře vytříděný
0,50 - 0,70	středně vytříděný
0,70 - 1,00	slabě vytříděný
1,00 - 2,00	špatně vytříděný
2,00 - 4,00	velmi špatně vytříděný

**Tab. 7: Kategorie vytříděnosti sedimentárních vzorků**

Zdroj: vlastní zpracování podle BEZVODOVÉ et al. (1985)

Rozbor tvaru klastů spočívá v hodnocení celkového tvaru klastů. Kromě 16 kg vzorků bylo z výkopu odebráno také 50 klastů, u kterých byly změřeny tři hlavní, na sebe kolmé osy (obr. 10).



**Obr. 10: Ortogonální rozložení os klastů (a, b, c)**

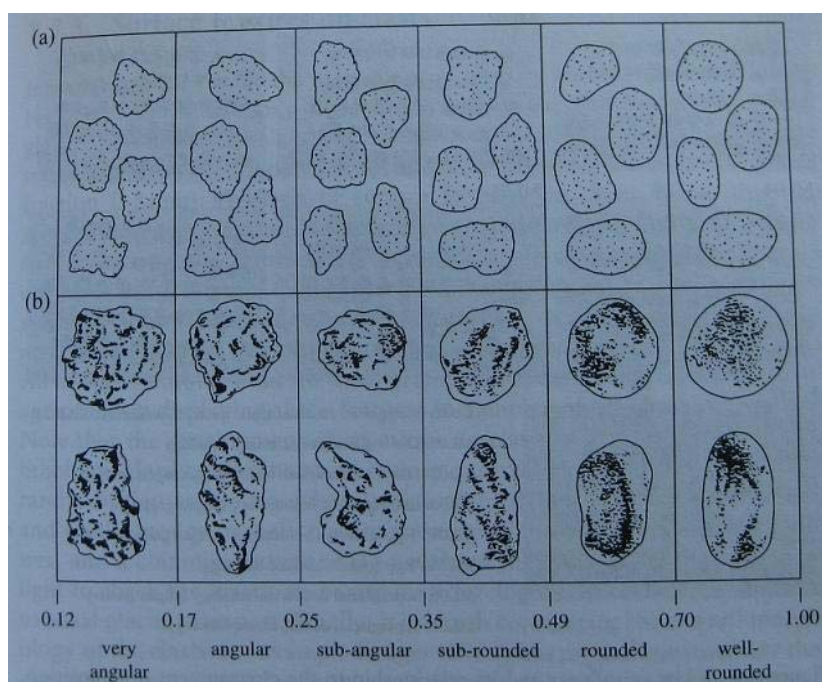
Zdroj: vlastní zpracování dle HUBBARD & GLASSER (2005)

Naměřené hodnoty všech tří os u 50 vzorků byly dosazeny do trojúhelníkového diagramu, který je v glaciologii často využíván (BENN & EVANS 1998, HUBBARD & GLASSER 2005). Tvar částic je v grafu číselně vyjádřen hodnotou C40.

Částice nacházející se nad linií C40, mají převážně pravidelný tvar, předpokládá se u nich opracování delším glaciálním transportem.

Po celé ploše grafu, většinou však pod výše zmíněnou linií, jsou pak podle BENN & EVANS 1998 rozptýleny klasty ze suti svrchních morén popřípadě hranáče vzniklé kryogenním zvětráváním.

Zaoblení 50 analyzovaných vzorků bylo posuzováno vizuálně dle klasifikace od POWERSE (1953) in HUBBARD & GLASSER (2005) (obr. 11). Výsledky rozboru zaoblení částic jsou prezentovány ve formě histogramu. Číselně lze zaoblení části vyjádřit poměrem skupiny VA a A jako hodnota RA (%).



**Obr. 11: Tvar a míra zaoblení sedimentů**

Zdroj: vlastní zpracování dle HUBBARD & GLASSER (2005)



## 7. VÝSLEDKY

### 7.1 MORFOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY

Morfometrické charakteristiky vybrané pro analýzu karu Velké kotliny lze podle GORGONA (1977) rozdělit do tří základních skupin na základě vlastnosti, kterou popisují:

- Morfometrické charakteristiky popisující velikost zkoumaných karů: (*celková plocha karu – A 2D, A 3D, hloubka, délka a šířka karu*)
- Morfometrické charakteristiky popisující tvar zkoumaných karů: (*poměr délky a výšky karu – L/H, poměr délky a šířky karu – L/W, průměrný sklon dna karu, průměrný sklon karové stěny, průměrné sklony svahů karu*)
- Doplňující morfometrické charakteristiky zkoumaných karů (*mimimální a maximální nadmořská výška karu, průměrná nadmořská výška karu, rozložení nadmořských výšek v karu, orientace karu*)

Morfometrické charakteristiky Velké Kotliny	
H [m]	253,4
L [m]	642,6
W [m]	593,0
L/H [-]	2,54
L/W [-]	1,08
Minimální nadmořská výška [m n. m.]	1110,0
Maximální nadmořská výška [m n. m.]	1363,4
Průměrná nadmořská výška [m n. m.]	1225,8
A 2D [ha]	28,76
A 3D [ha]	32,79
A 3D/A 2D [-]	1,14
Průměrný sklon karu [°]	26,5
Průměrný sklon dna karu [°]	16,6
Průměrný sklon karové stěny [°]	35,1

Tab. 8: Přehled morfometrických charakteristik karu Velká kotlina

Zdroj: Vlastní zpracování dle ZABAGED 1:10 000

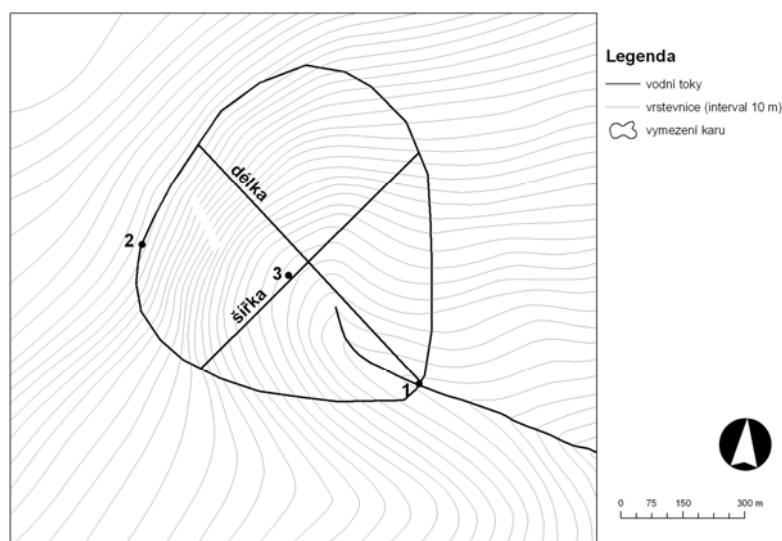
## **CELKOVÁ PLOCHA KARŮ (A 2D, A 3D) A JEJICH POMĚR, VÝŠKA, DÉLKA A ŠÍŘKA ZKOUMANÝCH KARŮ**

Členitost karových depresí je možné jednoduše vyjádřit poměrem  $A\ 3D/A\ 2D$  (tab. 8). Hodnota  $A\ 2D$  (28,76 ha) v tomto případě zastupuje půdorys zkoumané formy,  $A\ 3D$  (32,79 ha) tvoří skutečnou plochu odvozenou z trojrozměrného modelu DMR.

Obecné morfometrické charakteristiky, jakými je rozloha forem či jejich členitost, jsou ze sledovaných morfometrických charakteristik asi nejvíce závislé na strukturních a topografických podmínkách a jejich využití pro genetickou interpretaci je omezené. Proto jim je podle MENTLÍKA (2005) v rámci celkového hodnocení morfometrických charakteristik přiřkládán nejmenší význam.

Výška karového uzávěru (253,4 m) byla určena jako rozdíl jeho maximální a minimální nadmořské výšky. Maximální nadmořská výška odpovídá nejvyššímu bodu na horní hranici karové stěny. Minimální nadmořská výška byla naměřena na dolním okraji karové deprese (lip karu).

Délka karu odpovídá hodnotě 642,6 m, šířka byla stanovena na 593,0 m.

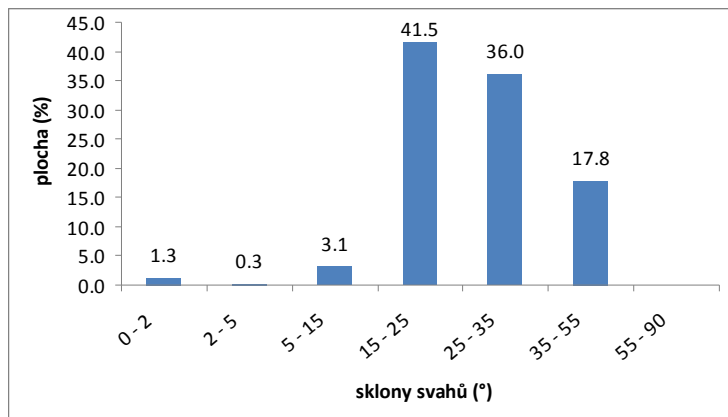


**Obr. 12: Rozložení vybraných morfometrických charakteristik v karu Velké kotliny**

*Bod 1: minimální nadmořská výška (1110 m n. m.), bod 2: maximální nadmořská výška (1363 m n. m.), předpokládaná maximální hloubka ve vyšší úrovni dna karu (1165 m n. m.)*

Zdroj: vlastní zpracování dle Zabaged 1: 10 000

### PODÍL SKLONŮ SVAHŮ NA PLOŠE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

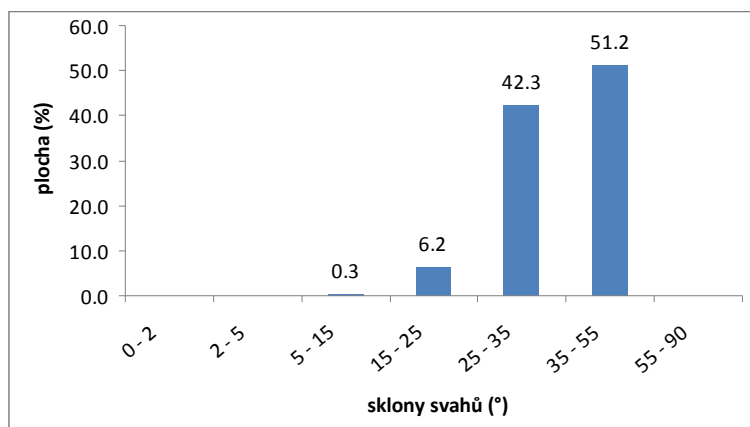


**Obr. 13:** Podíl sklonů svahů na ploše karu Velké kotliny

Zdroj: Vlastní zpracování dle počtu buněk v gridu karu Velké kotliny

Majoritní zastoupení sklonů svahů na ploše karového uzávěru (41,5 %) je v intervalu 15-25° (obr. 13). Poměrně významné jsou sklony v rozmezí 25-35° (36,0 %). Sklony svahů nad 35° se ve srovnání s ostatními sklony tak hojně nevyskytují, přesto se jim v souvislosti s genezí karů přikládá velký význam. Strmé svahy jsou jedním z důležitých faktorů při transportu sněhové pokrývky do karové deprese.

Pro glaciální formy nejsou typické jen velké sklony svahů zvyšující intenzitu svahových pochodů, častý je také výskyt stupňů. V případě Velké kotliny se však sklony 0-2° (1,3 %) objevují jen v malé míře a sklony svahů v rozmezí od 2-5° téměř chybí.

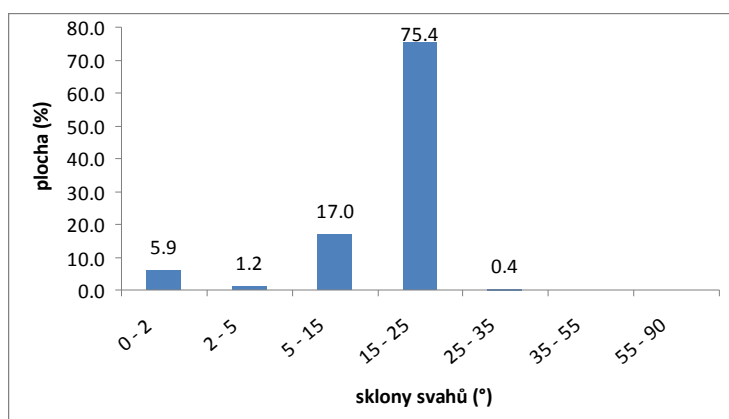


**Obr. 14:** Podíl sklonů svahů na ploše karové stěny Velké kotliny

Zdroj: Vlastní zpracování dle počtu buněk v gridu karové stěny Velké kotliny

V karové stěně dominují sklony svahů v intervalu 35-55° (51,2 %), druhou nejpočetnější skupinu tvoří interval 25-35° (42,3 %). Sklony svahů v rozmezí 0-15 nejsou v karové stěně výrazně plošně zastoupeny (obr. 14).

Hodnoty sklonů svahů nad 55° se podle výpočtů ze souřadnic ZABAGED 1: 10 000 ve sledovaném území vůbec nevyskytují. Měřením v terénu však bylo zjištěno, že velká část skalních výchozů, které se v karové stěně vyskytují má sklon nad 55°. Žádný ze skalních výchozů nedosahuje výšky 10 m, zřejmě proto nejsou patrné v digitálním modelu reliéfu. Díky nedostupnosti terénu nebyly hranice kamenných výchozů v karové stěně, které přesahují 55° přesně zmapovány.



**Obr. 15: Podíl sklonů svahů na ploše dna karu Velké kotliny**

*Zdroj: Vlastní zpracování dle počtu buněk v gridu dna karu Velké kotliny*

Sklony na dně zkoumané glaciální formy spadají do intervalu 15-25° (75,4 %). Ve výrazně menší míře jsou zastoupeny hodnoty sklonů svahů v rozmezí 5-15° (17,0 %). Jak už bylo zmíněno v celkovém hodnocení sklonů svahů v karu hodnoty v intervalu 2-5° jsou zastoupeny i na dně karu minimálně (5,9 %). Sklony svahů dna Velké kotliny v rozmezí nad 25° se téměř nevyskytují (obr. 15).

Z uvedené analýzy vyplývá poměrně vysoký sklon dna karu. Přesto však odpovídá nejčastěji používané definici karu stanovené organizací *British Geomorphological Research Group* na setkání v Durhamu v roce 1973 (EVANS & Cox 1974 in BENN & EVANS 1998), (kapitola 8).

#### **PRŮMĚRNÉ SKLONY ZKOUMANÝCH FOREM**

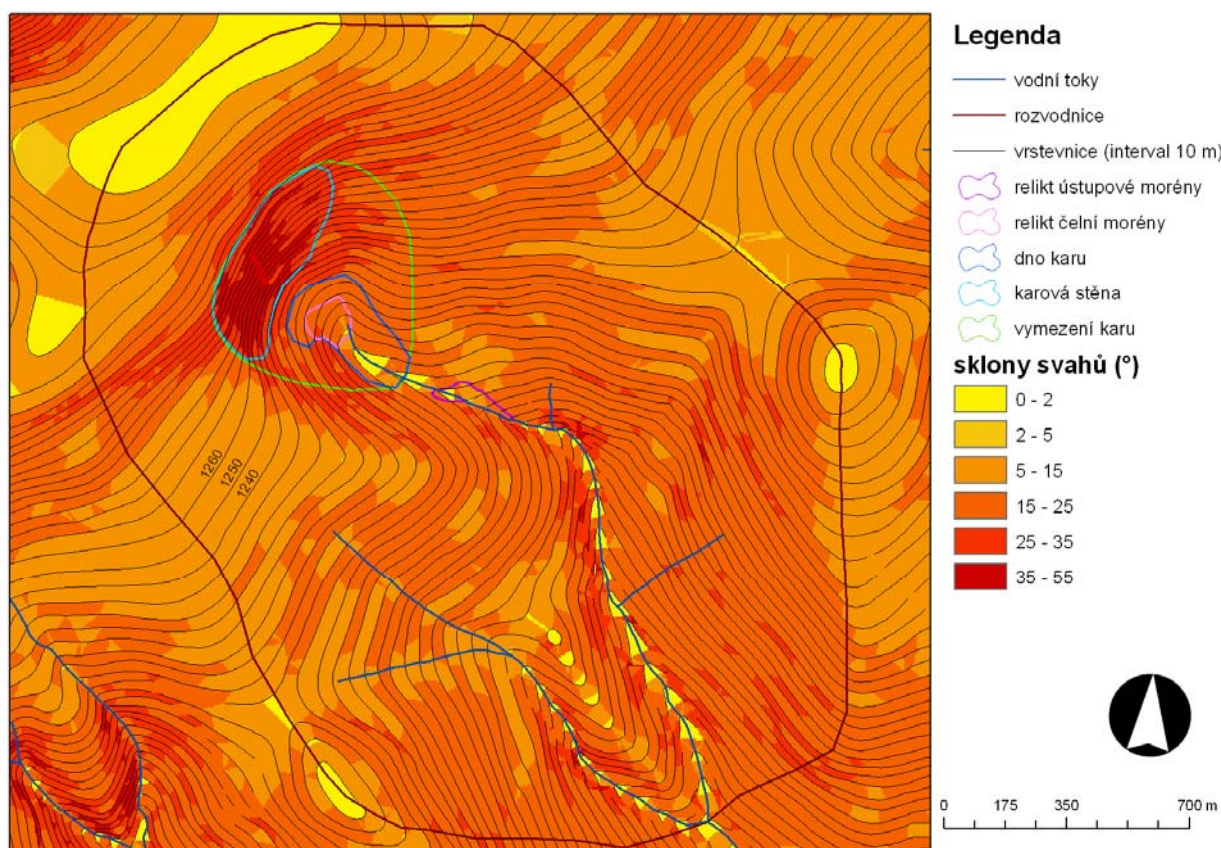
Základními charakteristikami, které byly v rámci analýzy sklonů svahů sledovány jsou: průměrný sklon karu, karové stěny a dna karu (obr. 16). Karová stěna je definována vysokými sklony, její hranice byla upřesněna měřením v terénu. Odpovídá ploše mezi horní hranou karové

stěny a dnem karu. Dno karu, rozdělené reliktem ústupové morény na dva stupně, navazuje na spodní hranici karové stěny a končí karovým uzávěrem.

Nejvyšších hodnot dosahuje podle očekávání průměrný sklon karové stěny ( $35,1^\circ$ )

Průměrný sklon dna karu byl vypočten na  $16,6^\circ$ . Obě hodnoty odpovídají popisu průměrných sklonů v karové depresi od Evans & Cox (1974) in BENN & EVANS (1998) viz. Kapitola 9.1.

Ze všech charakteristik průměrných hodnot sklonů zkoumaných forem, které popisují tvar karu, je nejuvýstižnější průměrný sklon karové deprese jako celku. V případě Velké kotliny odpovídá průměrný sklon karové deprese hodnotě  $26,9^\circ$ .



**Obr. 16:** Rozložení průměrných sklonů svahů v zájmovém území

Zdroj: Vlastní zpracování dle ZABAGED 1:10 000

#### **POMĚRY DÉLKA/VÝŠKA A DÉLKA/ŠÍŘKA**

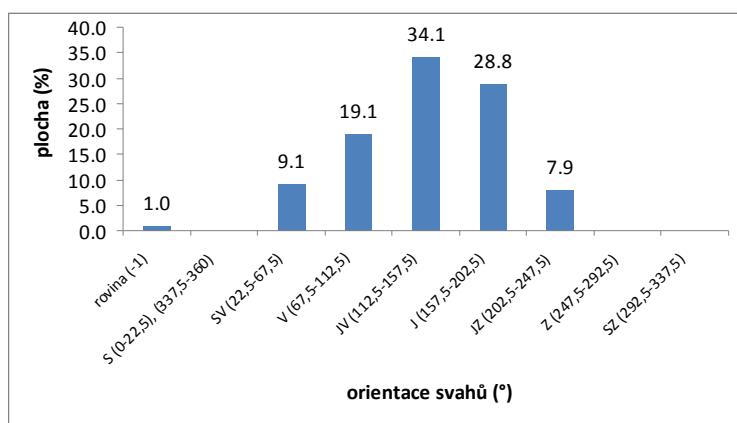
Karovou depresi Velké kotliny zařazuje DAMIANIHO & PANNUZIHO (1987) klasifikace s hodnotou 1,08 do třetí kategorie - kary, ve kterých se nachází nebo nacházel karový ledovec s dlouhým ledovcovým splazem ( $L/W > 1$ ).

Karový uzávěr Velké kotliny ( $L/W = 1,08$ ) se v klasifikaci GARCÍA-RUIZ *et al.* (2000) nejvíce shoduje se čtvrtou skupinou, kde jsou zastoupeny okrouhlé kary s mírným sklonem dna a nevýrazným přehloubením.

Obecným předpokladem hodnocení  $L/W$  však zůstává, že čím více se hodnota  $L/W$  blíží 1, tím více má tvar karové deprese charakter kruhu.

Ze srovnání pěti různých prací zabývajících se výzkumem morfometrických charakteristik karů z různých oblastí FEDERICI & SPAGNOLO (2004) dále vyvozují, že hodnota poměru šířky a výšky karu ( $L/H$ ) je větší (2,7–4,7) v pohořích tvořených paleozoickými pohořími, než v horských oblastech meso–kenozoických (alpínských) – hodnoty 1,43–2,5 (MENTLÍK 2005). Průměrná hodnota  $L/H$  karu zkoumané oblasti (2,54) odpovídá typu paleozoického pohoří.

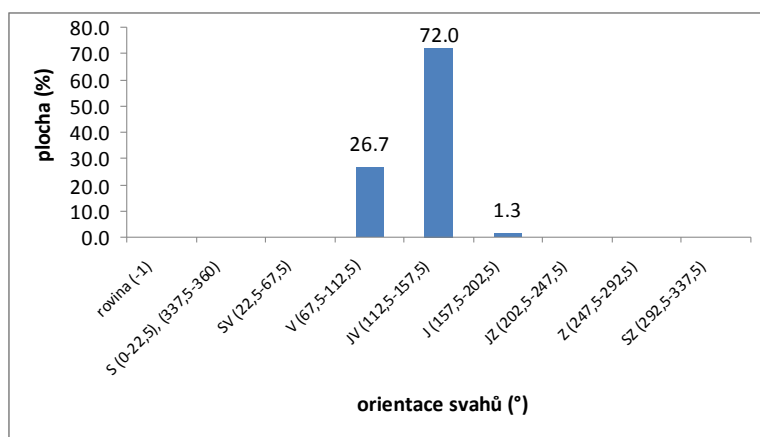
### **ORIENTACE SVAHŮ**



**Obr. 17: Podíl orientace svahů na ploše karu Velké kotliny**

Zdroj: Vlastní zpracování dle počtu buněk v gridu karu Velké kotliny

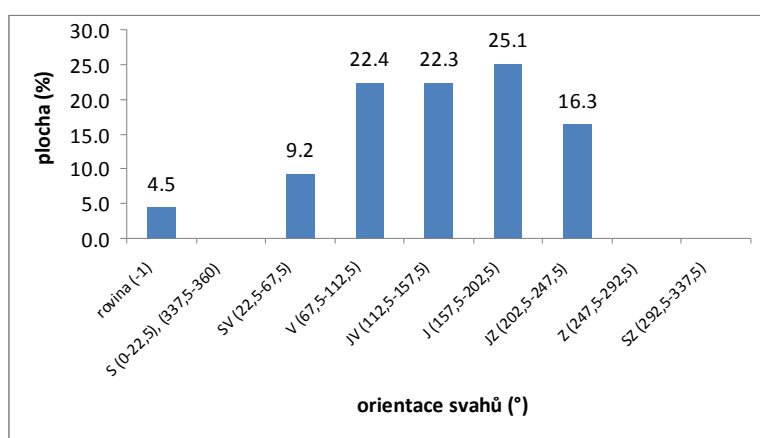
V karové depresi Velké kotliny převažuje jihovýchodní orientace, zaujímá 34,1% plochy karu (obr. 17). Hojně je zastoupena také jižní (28,8%), o něco méně pak východní strana (19,1%).



**Obr. 18: Podíl orientace svahů na ploše karové stěny Velké kotliny**

Zdroj: Vlastní zpracování dle počtu buněk v gridu karové stěny Velké kotliny

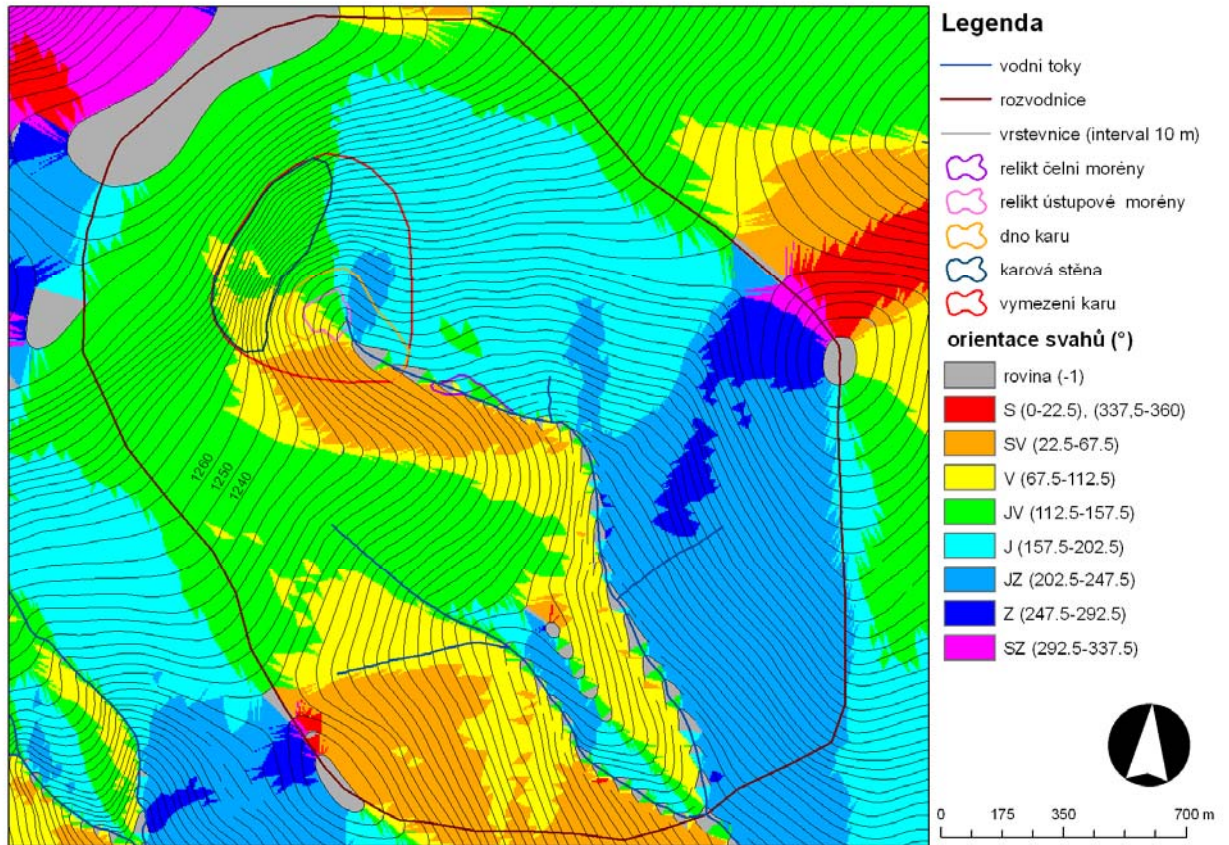
Orientace karové stěny je stejně jako celková orientace karového uzávěru ve směru jihovýchodním (72 %) (obr. 18). Výrazně je zde zastoupena i východní orientace (26,7%), která obecně umožňuje delší trvání sněhové pokrývky. S jižní orientací se lze v karové stěně setkat ve velmi omezeném měřítku (1,3%).



**Obr. 19: Podíl orientace svahů na ploše dna karu Velké kotliny**

Zdroj: Vlastní zpracování dle počtu buněk v gridu dna karu Velké kotliny

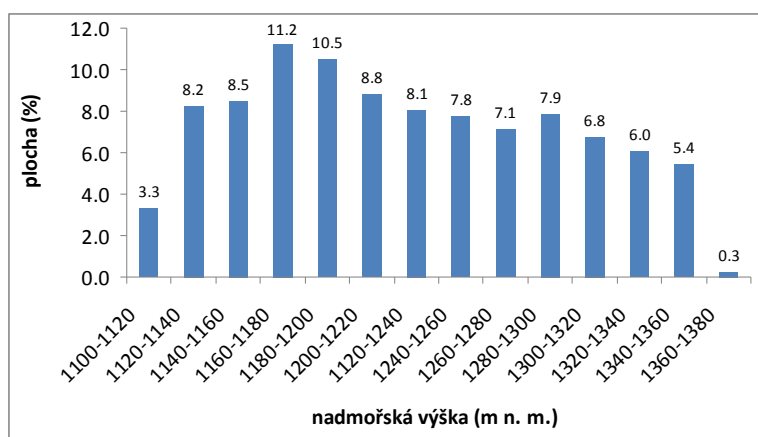
Dno karového uzávěru se v případě převážného rozložení jižní orientace svahů neshoduje s karovou depresí celkově. Rozdíl mezi jižní (25,1 %) a v karové depresi převažující jihovýchodní (22,3 %) orientací však není markantní (obr. 19). Druhé největší zastoupení orientace na ploše dna karu patří do východní orientace (22,4 %).



**Obr. 20: Rozložení orientace svahů v zájmovém území**

Zdroj: Vlastní zpracování dle ZABAGED 1:10 000

**MINIMÁLNÍ A MAXIMÁLNÍ NADMOŘSKÁ VÝŠKA KARU, PRŮMĚRNÁ NADMOŘSKÁ VÝŠKA KARU**

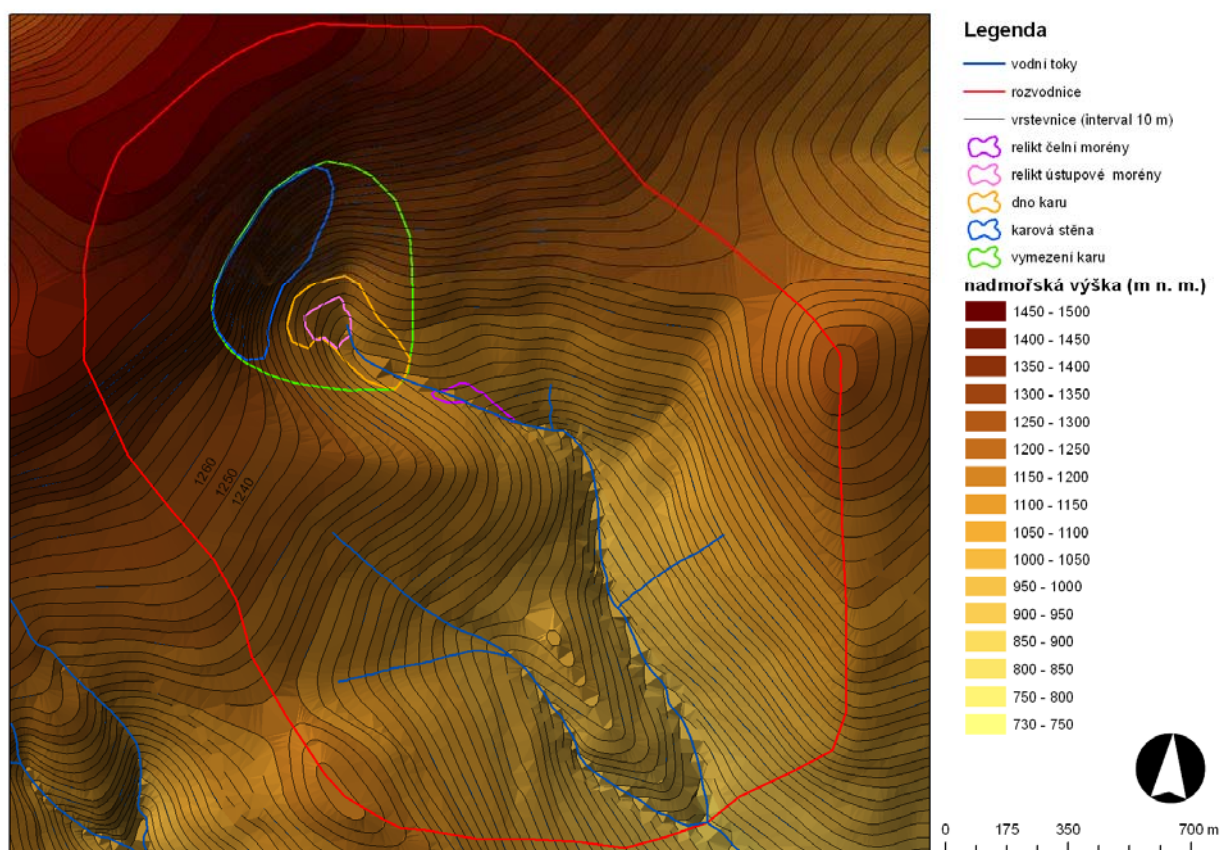


**Obr. 21: Podíl nadmořských výšek na ploše karu Velké kotliny**

Zdroj: Vlastní zpracování dle počtu buněk v gridu karu Velké kotliny



Průměrná nadmořská výška zkoumané karové deprese je 1225,8 m n. m, přičemž minimální nadmořská výška odpovídá hodnotě 1110,0 m n. m. a maximální nadmořská výška dosahuje 1363,4 m n. m. (obr. 21). Plošně nejrozsáhlejší část karového uzávěru (11,2 %) spadá do intervalu nadmořských výšek 1160 – 1180 m n. m. Nejméně (0,3 %) je plošně zastoupen interval 1360 – 1380 m n. m.



**Obr. 22: Rozložení nadmořských výšek v zájmovém území**

Zdroj: Vlastní zpracování dle ZABAGED 1:10 000

### ***K-KŘIVKA***

V případě karové deprese Velké kotliny byla vertikální vzdálenost mezi přehloubenou částí karu a povrchem (jelikož neznáme přesnou výšku přehloubení) nahrazena vertikální vzdáleností horní karové stěny k nejhlubšímu místu v karu. Ta byla vypočtena dvěma způsoby:

$y'$  - vzdálenost nejvyššího bodu karové stěny a nejhlubším místem v karu (0,85)

$y''$  - vzdálenost nejvíce strmého úseku mezi horní hranou karové stěny a nejhlubším místem v karu (0,80)

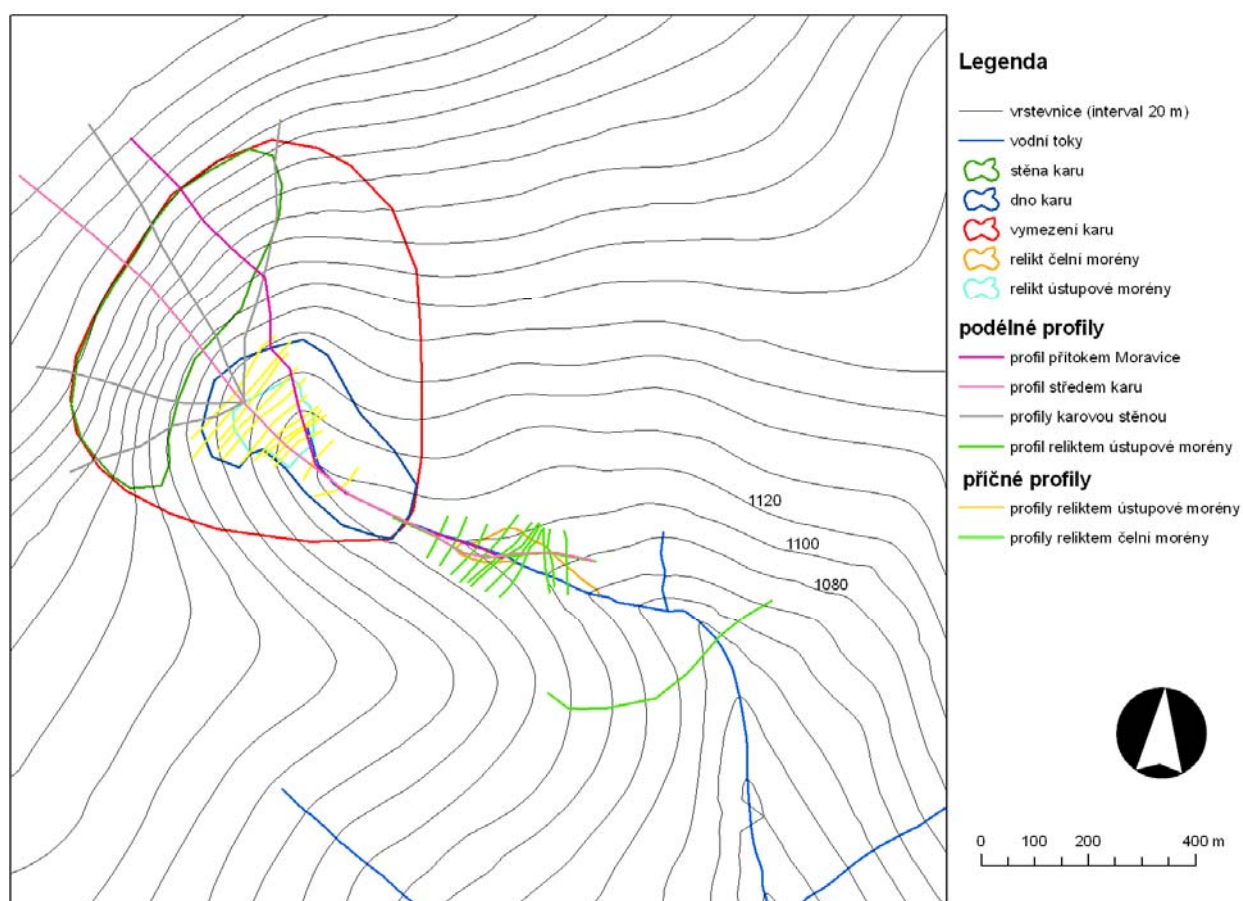
Obě hodnoty k-křivky karové deprese Velké kotliny odpovídají druhé klasifikaci dle HAYNES (1968), kdy jsou stěny karu strmější a více sevřené a dno karu je částečně přehloubené,

## 7.2 PODÉLNÉ A PŘÍČNÉ PROFILOVÁNÍ

Při zpracování morfologie karového uzávěru byla jako jedna z metod použita metoda podélného a příčného profilování. Důraz byl kladen na morfologii sledovaných forem reliéfu, výrazné přechody jednotlivých úrovní – hrany, stupně apod.

### 7.2.1 PODÉLNÉ A PŘÍČNÉ PROFILOVÁNÍ NAMĚŘENÉ V TERÉNU

Podélné a příčné profilování v terénu bylo využito především k upřesnění identifikace hranic reliktních čelní a ústupové morény a ke zpracování více podrobného podélného profilu karového uzávěru. Poloha jednotlivých podélných a příčných profilů je vyobrazena níže (obr. 23).

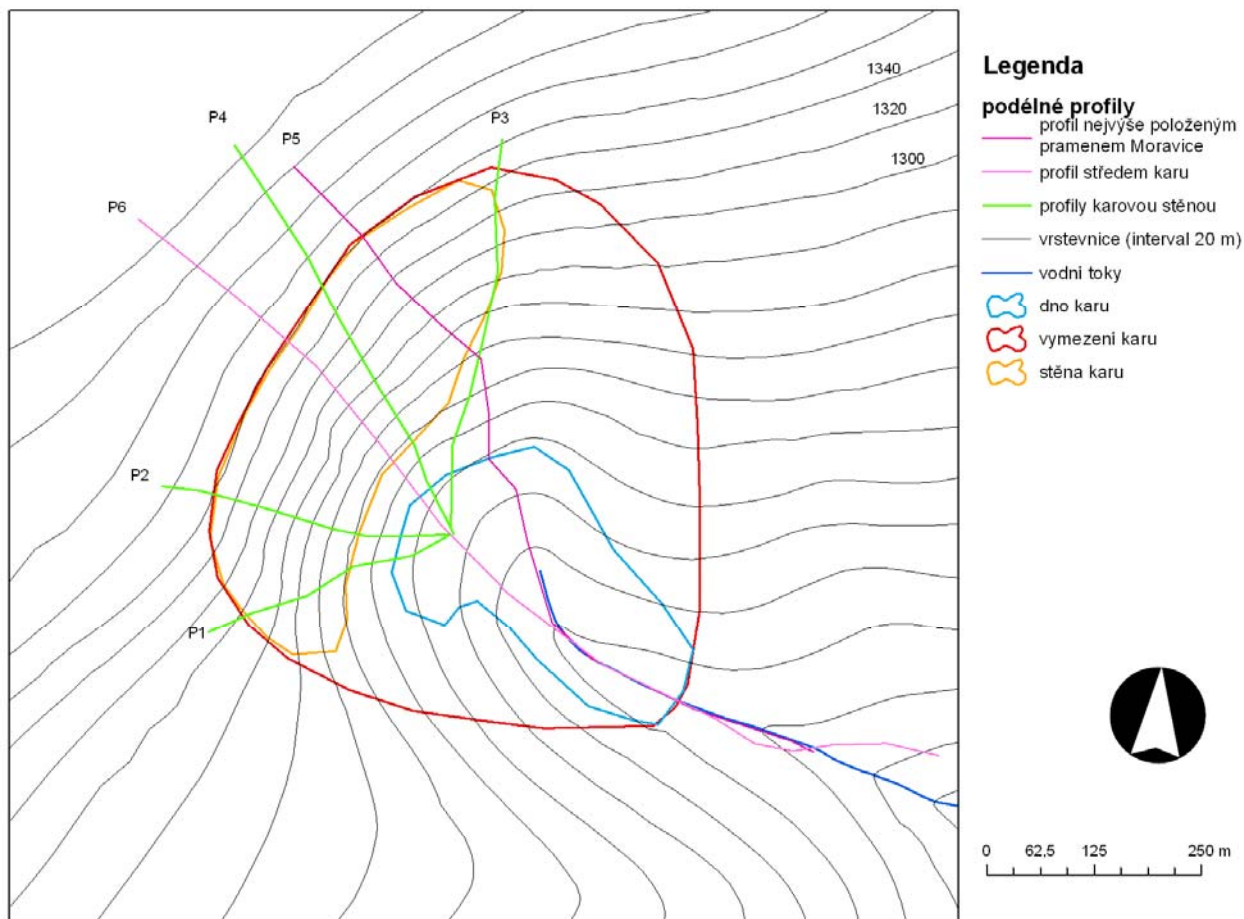


**Obr. 23: Poloha podélných a příčných profilů v karu**

Zdroj: vlastní zpracování dle Zabaged 1:10 000

## PODÉLNÉ PROFILOVÁNÍ

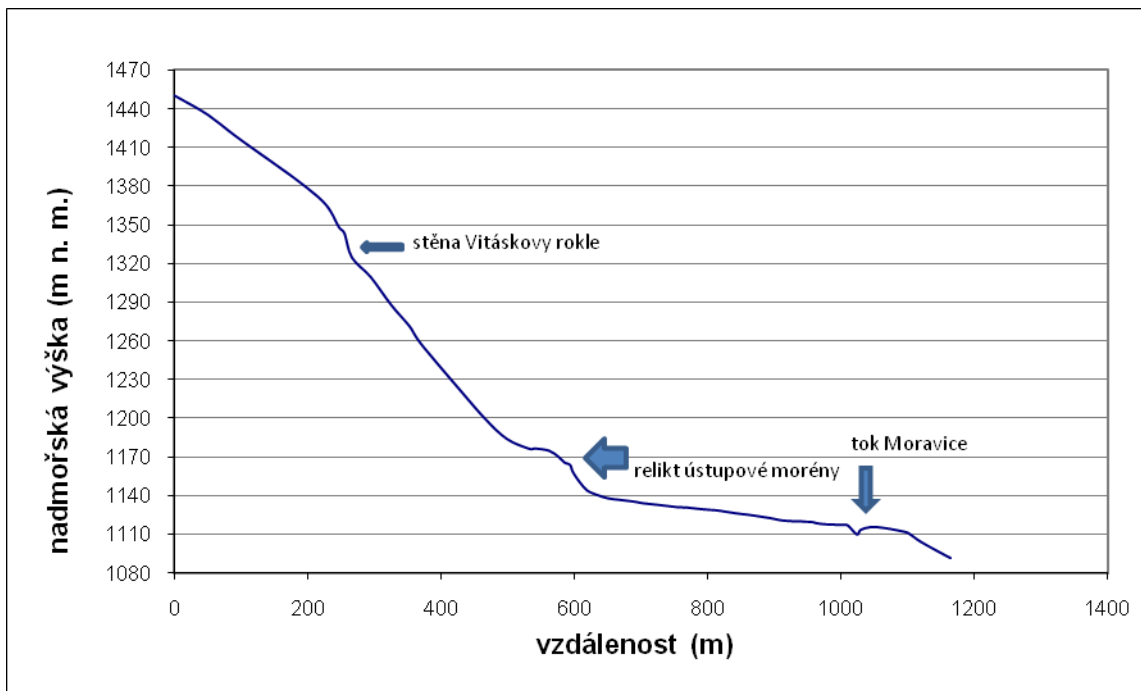
Podélné profily ukazují spád koryta a případné nerovnosti terénu. Výrazné stupně jsou pak dokladem jednotlivých etap zahlubování údolí.



**Obr. 24: Poloha podélných profilů v karu a v karové stěně**

Zdroj: vlastní zpracování dle ZABAGED 1:10 000

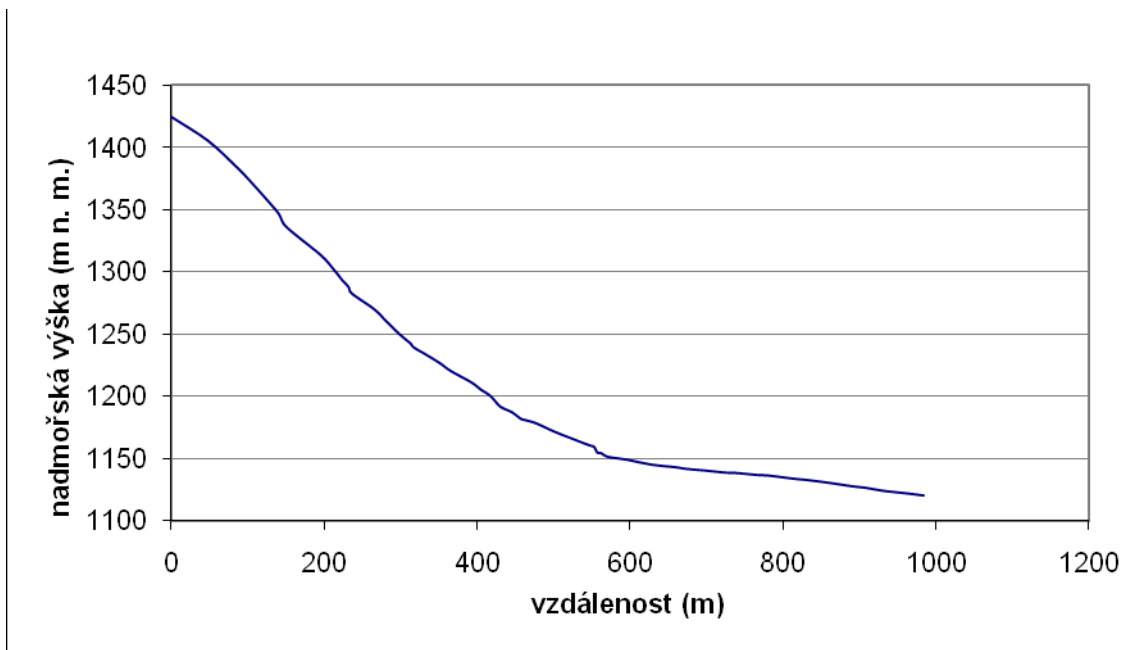
Podélný profil karem byl veden jeho středem od nadmořské výšky 1451 m n. m., přes Vitáskovu rokli, relikv ústupové a čelní morény a ještě dále za její úpatí do nadmořské výšky 1090 m n. m. (obr. 24). Z profilové křivky jsou patrné výrazné stupně.



**Obr. 25: Podélný profil karem (P6)**

Zdroj: vlastní měření

Na průběhu profilové křivky jsou dobře patrné erozní a akumulční oblasti (obr. 25). První výrazný stupeň v nadmořské výšce 1320 až 1360 m n. m. odpovídá Vitáskově rokli v karové stěně. Linie profilu dosahuje ve výšce 1345 m n. m. sklonu 54,9°, zřetelně tedy vymezuje přechod přes jeden ze skalních výchozů. Pro nepřístupnost terénu není na profilové křivce patrný převis zmíněného skalního výchozu. Dále profilová linie pokračuje srázem o průměrném sklonu 32,6°. Druhý výrazný stupeň vymezuje počátek, průběh a konec reliktu ústupové morény. Zhruba 10 metrů nad spodním okrajem reliktu ústupové morény dosahují sklony svahů hodnot až 52,9°. Mírným sklonem svahu přechází dno karu do reliktu čelní morény. Jak na profilové křivce, tak ani v terénu není přechod mezi dolní úrovní karového dna a reliktem čelní morény výrazný, jeho přesné vymezení je problematické. Ani úpatí reliktu čelní morény není na profilové křivce příliš výrazné, je však dobře zřetelné v terénu, proto nebylo problém s jeho identifikací a vymezením.



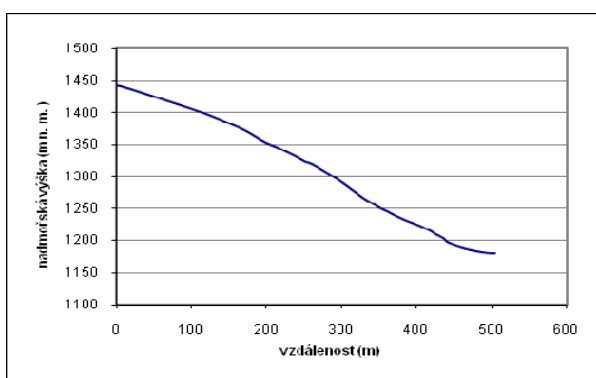
**Obr. 26: Podélný profil pramene Moravice (P5)**

Zdroj: vlastní měření

Linie na obr. 26 zobrazuje profil nejvýše položeného pramene Moravice po jeho soutok s hlavním pramenem Moravice.

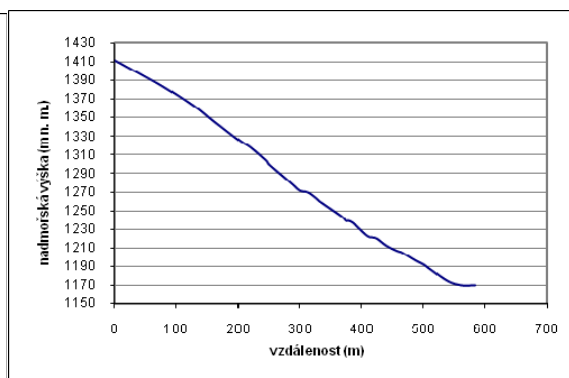
Na rozdíl od předchozího podélného profilu jsou stupně na křivce méně výrazné. Téměř všechny zobrazené stupně na podélné křivce odpovídají kaskádám nebo vodopádům, které se na přítoku hojně vyskytují. Největší z nich je patrný v nadmořské výšce nad 1150 m n. m.

Čtyři podélné profily v karové stěně byly vedeny paprskovitě z vybraného místa na dně karu v nadmořské výšce 1170 m n. m. situovaného nedaleko stupně reliktu ústupové morény. Trasy profilů zohledňují přístupnost terénu. Poloha profilů je znázorněno na obr. 24.



**Obr. 27: Podélný profil karovou stěnou (P3)**

Zdroj: vlastní měření



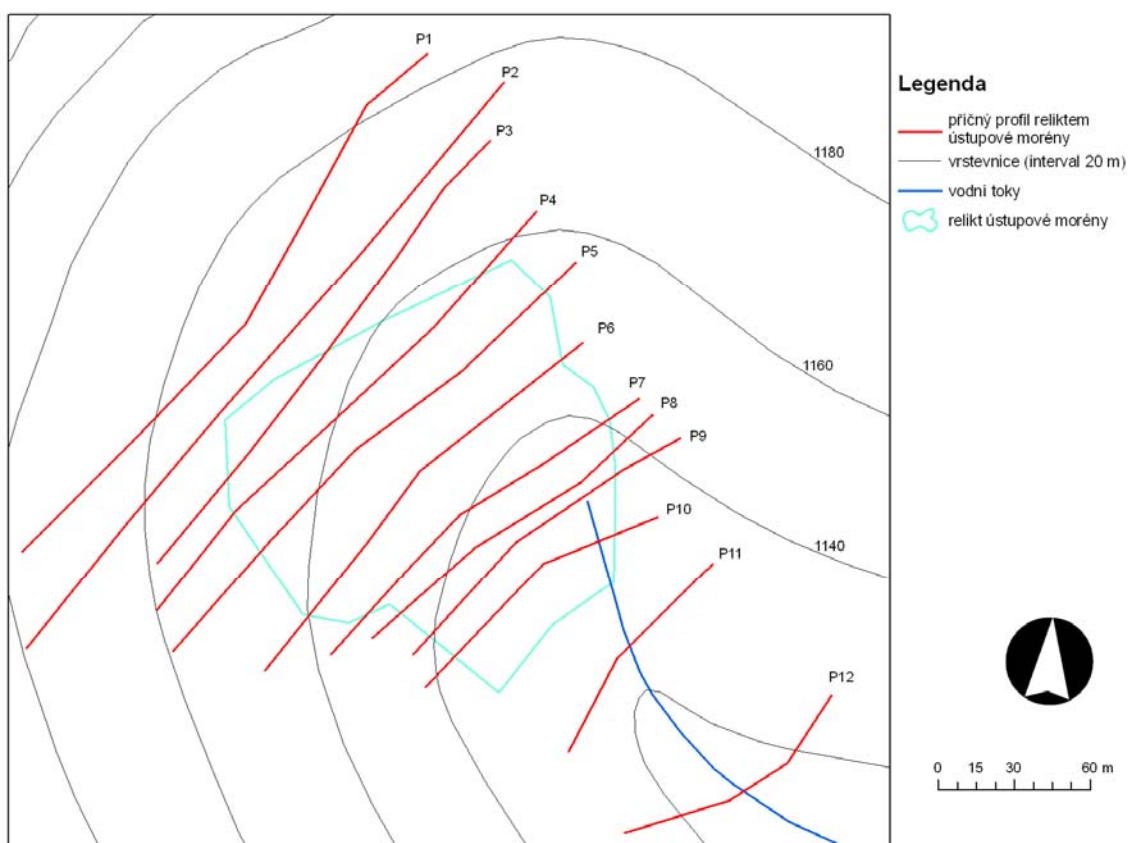
**Obr. 28: Podélný profil karovou stěnou (P4)**

Zdroj: vlastní měření

Profilové linie karovou stěnou vykreslují plynulý průběh karové stěny. Důvodem je výběr tras profilů, které byly zvoleny podle přístupnosti terénu, většinou však v prostorech mezi skalními výchozy (obr. 27 a 28). Proto také na profilech nejsou zohledněny jejich strmé přechody a převisy, kdy se svahy skalních výchozů odchylovaly od svislice až o 40°.

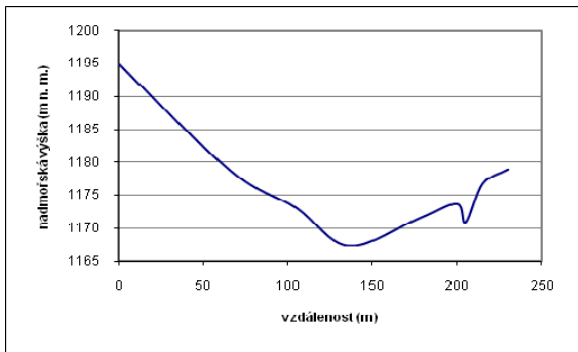
#### PŘÍČNÉ PROFILY ÚSTUPOVÉ MORÉNY

Z příčných profilů je patrný především tvar údolí – jeho hloubka, symetrie (resp. asymetrie) a sklon svahů. K vystižení charakteru a průběhu ústupové morény bylo na daném území naměřeno 12 příčných profilů, z toho 2 profily jsou umístěny na horní úrovni karového dna ještě před začátkem reliktu ústupové morény a dva za jeho úpatí (1130 – 1110 m n. m.). Přesná poloha příčných profilů je zobrazeno na obr. 29.



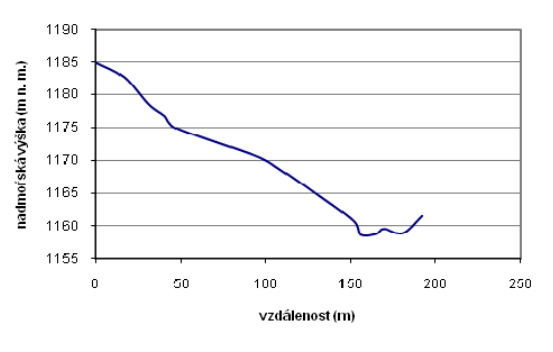
**Obr. 29: Poloha příčných profilů v oblasti reliktu ústupové morény**

Zdroj: vlastní zpracování dle ZABAGED 1:10 000



**Obr. 30: Příčný profil reliktem ústupové morény (P2)**

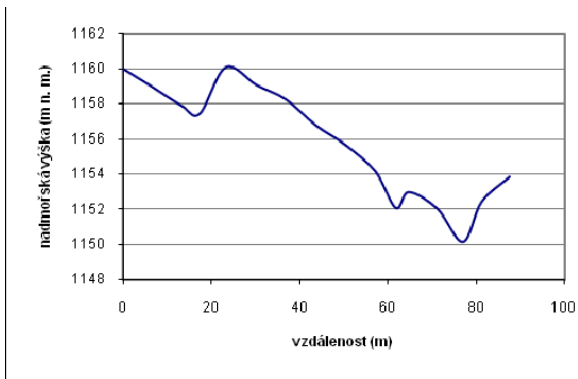
Zdroj: vlastní měření



**Obr. 31: Příčný profil reliktem ústupové morény (P5)**

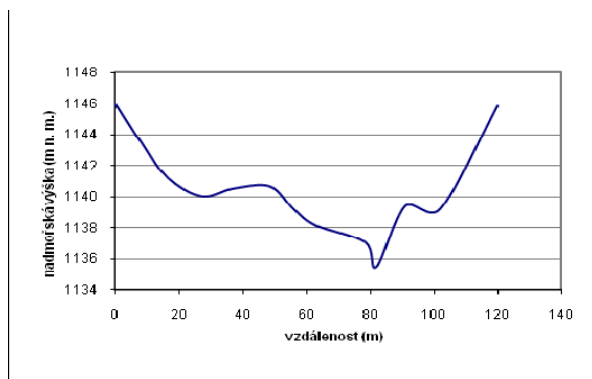
Zdroj: vlastní měření

Linie příčného profilu P2 (obr. 30) ukazuje pohled na dno karového uzávěru těsně před horním okrajem reliktu morény. V depresi charakteristické profilem tvaru U je pouze jediný výrazný zářez, který reprezentuje pramen Moravice. Na příčném profilu P5 (obr. 31) je patrné zmírnění sklonu svahu v nadmořské výšce 1175 m n. m., které odpovídá přechodu svahu karu v relikt ústupové morény. Vrchol reliktu morény není v tomto profilu příliš morfologicky nápadný. Relikt morény končí erozním zářezem do povrchu reliéfu ve výšce 1158 m n. m.



**Obr. 32: Příčný profil reliktem ústupové morény (P7)**

Zdroj: vlastní měření



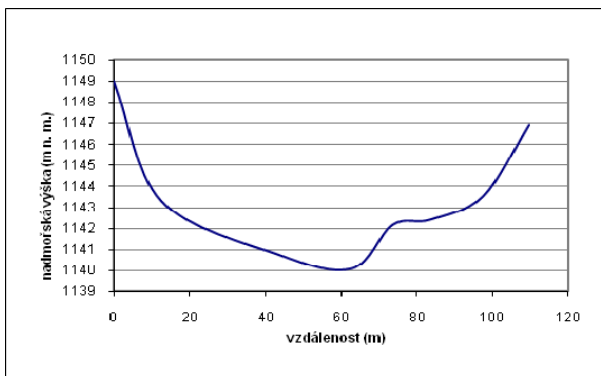
**Obr. 33: Příčný profil reliktem ústupové morény (P9)**

Zdroj: vlastní měření

Nejvýrazněji lze relikt ústupové morény spatřit právě na těchto dvou profilech: příčný profil P7 (obr. 32) a příčný profil P9 (obr. 33). Linie profilové křivky P7 zřetelně zobrazuje výrazné rozhraní svahu karu a začátku reliktu ústupové morény, přičemž je evidentní asymetrický průběh reliktu morény vzhledem k ose údolí. Na pravé straně břehu Moravice dosahuje hřbet reliktu ústupové morény největších nadmořských výšek v bodě 1160 m n. m., zatímco na levém břehu řeky sahá pouze do výšky 1139 m n. m. Směrem dolů po svahu se symetrie morénového valu vzhledem k ose údolí vyrovnává. Nejvyšší bod reliktu morény na

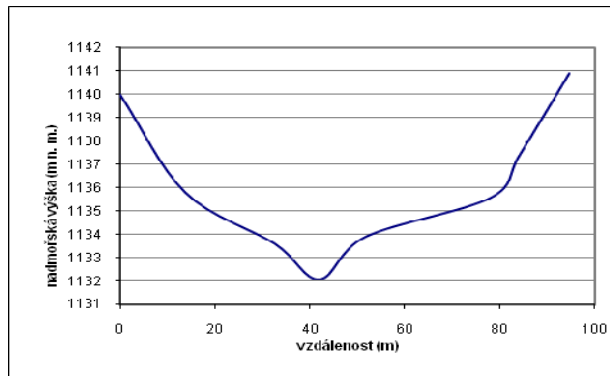


levém břehu dosahuje výšky 1141 m n. m., na pravé straně zůstává na 1139 m n. m. Na obou profilech jsou zřetelné erozní zářezy koryta řeky, přičemž k soutoku obou pramenů dochází v oblasti mezi nimi.



**Obr. 34: Příčný profil reliktem ústupové morény (P10)**

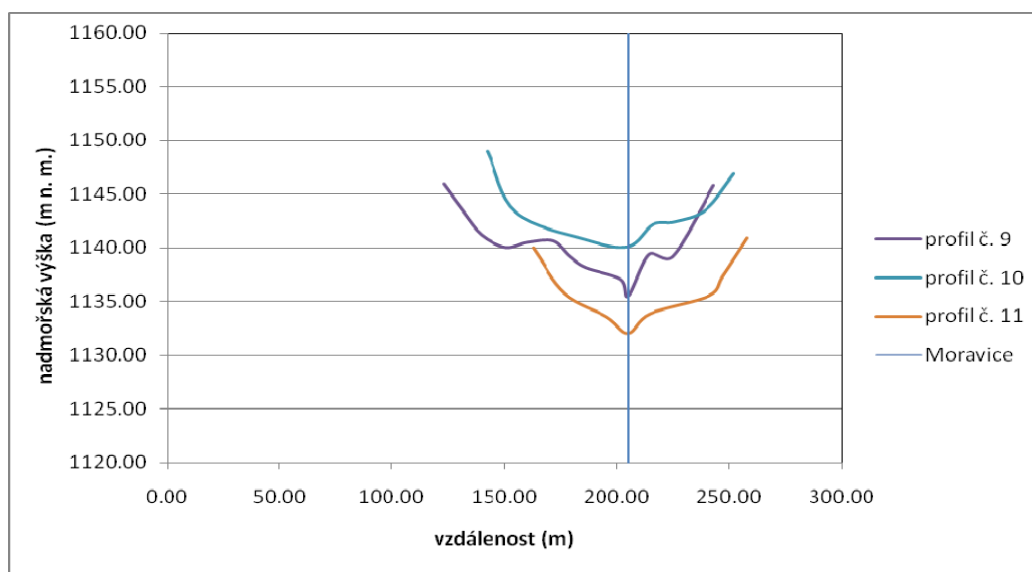
Zdroj: vlastní měření



**Obr. 35: Příčný profil reliktem ústupové morény (P11)**

Zdroj: vlastní měření

Konec reliktu ústupové morény můžeme pozorovat na profilové křivce P10 (obr. 34), a to pouze na levém břehu řeky Moravice. Právě z levé části břehu řeky se v níže položených oblastech pravděpodobně hromadily polygenetické akumulace, viz. geomorfologická mapa. Nejnižší bod na profilové křivce patří i v tomto případě korytu řeky. Profilová linie P11 (obr. 35) zobrazuje symetrické glaciální údolí tvaru U s zřetelným zářezem koryta řeky umístěným mírně vpravo od osy údolí.

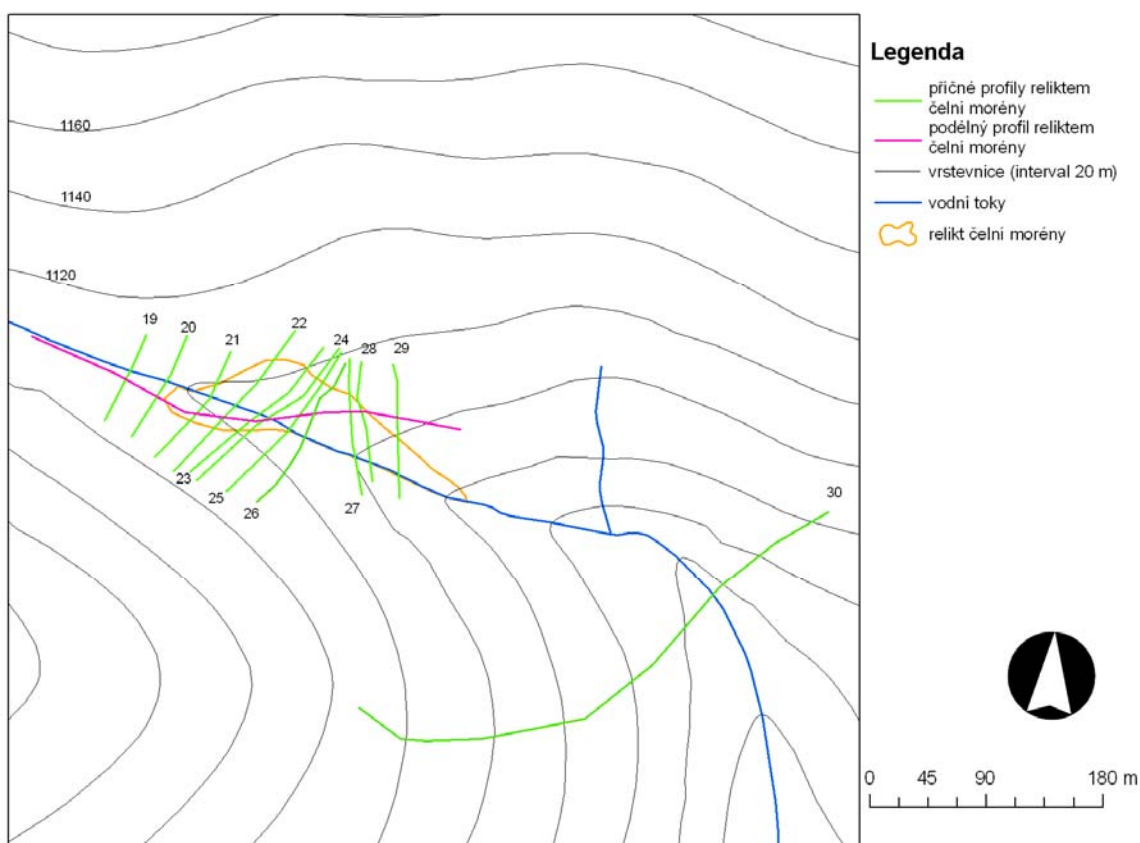


**Obr. 36: Souhrnný graf příčných profilů vedených přes reliktní ústupové morény**

Zdroj: vlastní měření 2009

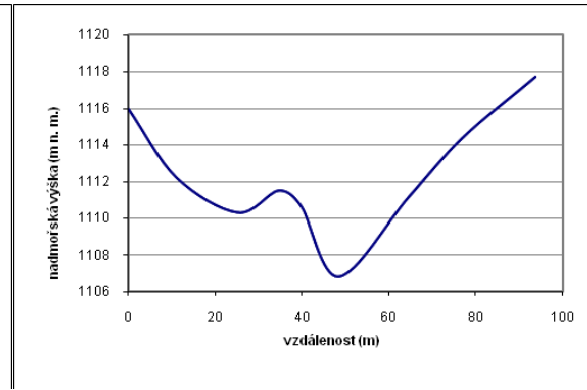
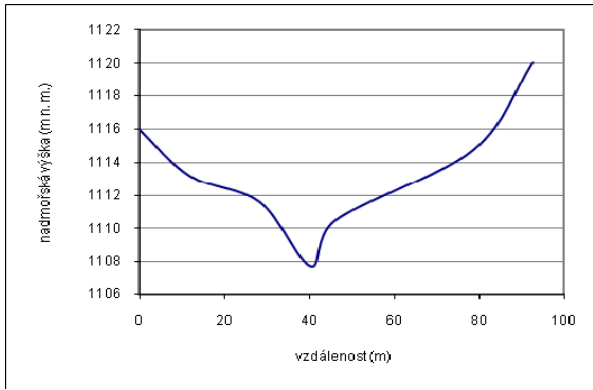
## PŘÍČNÉ PROFILY RELIKTEM ČELNÍ MORÉNY

Jak už bylo zmíněno, vymezení reliktu čelní morény bylo značně problematické. Přes relikt morénového valu bylo vedeno 8 příčných profilů (obr. 37). K vymezení začátku reliktu čelní morény a odlišení od fluviálních akumulací nižší úrovně byly naměřeny dva příčné profily (č. 19 a 20). Před úpatím reliktu morény byla pro její zřetelné rozhraní vedena pouze jedna profilové linie č. 29. Příčný profil č. 30 umístěný několik desítek metrů níže po svahu (1120 m n. m.) za úpatím reliktu čelní morény již žádné známky glaciálního přemodelování neukazuje.



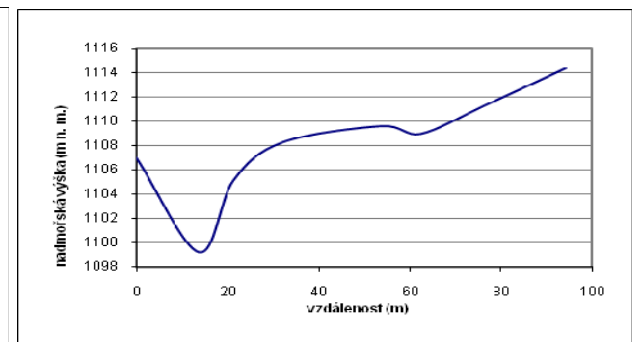
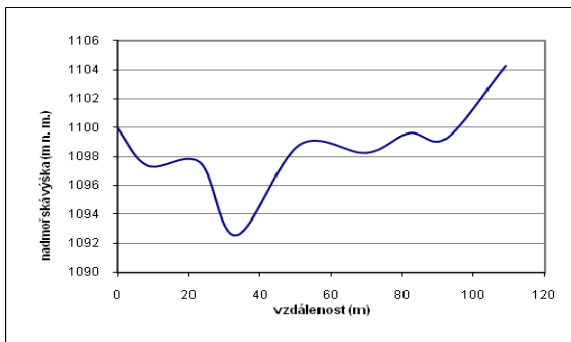
**Obr. 37: Poloha podélného profilu a příčných profilů vedených přes relikt čelní morény**

Zdroj: vlastní zpracování dle Zabaged 1:10 000



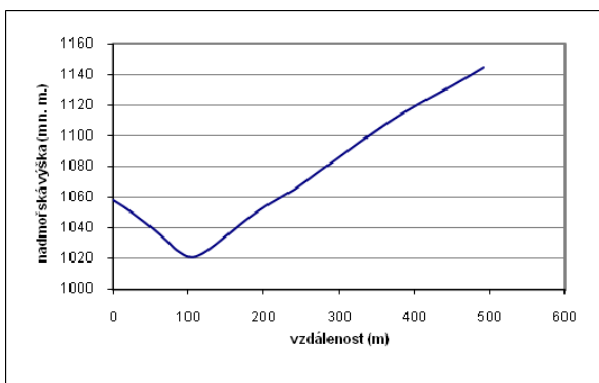
**Obr. 38: Příčný profil reliktem čelní morény (č. 20)** **Obr. 39: Příčný profil reliktem čelní morény (č. 21)**  
 Zdroj: vlastní měření

Příčný profil č. 20 (obr. 37) reprezentuje údolí tvaru U přemodelované ledovcem. Začátek reliktu čelní morény lze pozorovat na pravém břehu řeky Moravice s nejvyšším bodem ve výšce 1111 m n. m. (obr. 39).



**Obr. 40: Příčný profil reliktem čelní morény (č. 23)** **Obr. 41: Příčný profil reliktem čelní morény (č. 26)**  
 Zdroj: vlastní měření

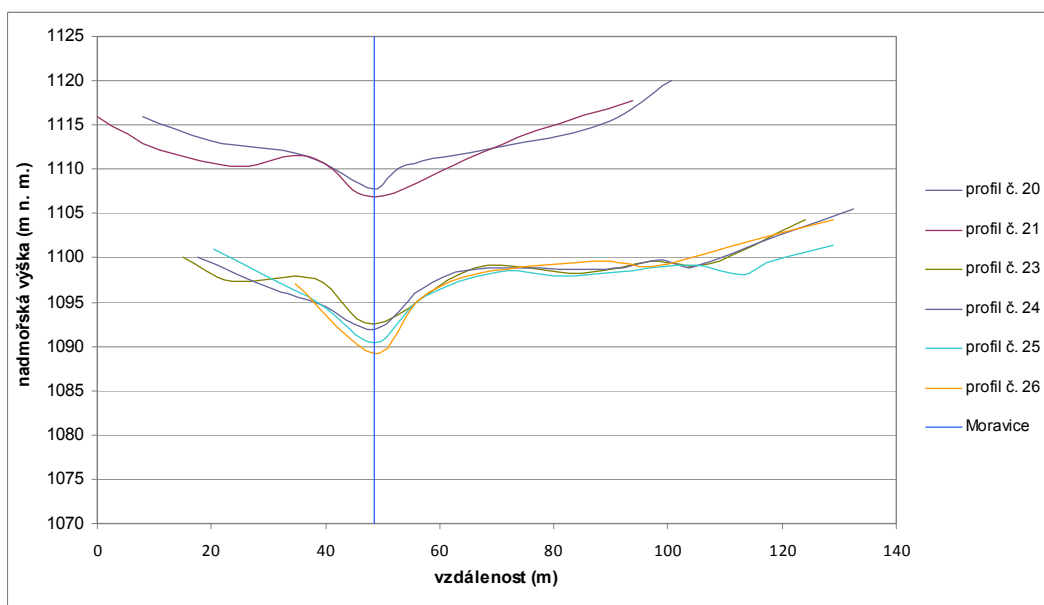
Profilová linie č. 23 (obr. 40) zobrazuje celou šířku reliktu čelní morény. Na pravém břehu řeky Moravice začíná úpatí reliktu morény v nadmořské výšce 1097 m. n. m. na levém břehu v nadmořské výšce 1099 m n. m. V této oblasti sahá relikt morény na obě strany břehu. Profilová linie č. 26 (obr. 41) zobrazuje přechod reliktu čelní morény z obou stran vodního toku na pouze levý břeh, kde pokračuje cca 45 metrů až k rozhraní mezi úpatím reliktu čelní morény a svahu karu. Zároveň jde také o místo, kde se řeka zařezává hluboko do reliktu morénového valu, a tak odkrývá ledovcové sedimenty.



**Obr. 42: Příčný profil reliktem čelní morény (č. 30)**

Zdroj: vlastní měření

Z profilové křivky č. 30 (obr. 42) již nevidíme žádné stupně s glaciálními akumulacemi. Také stojí za povšimnutí změna tvaru údolí z tvaru U na tvar V, což popírá přítomnost ledovcového splazu. Podle příčných profilů a výrazné morfologie konce reliktu čelní morény lze usuzovat na skutečnost, že splaz karového ledovce nesahal níže než 1060 m n. m.

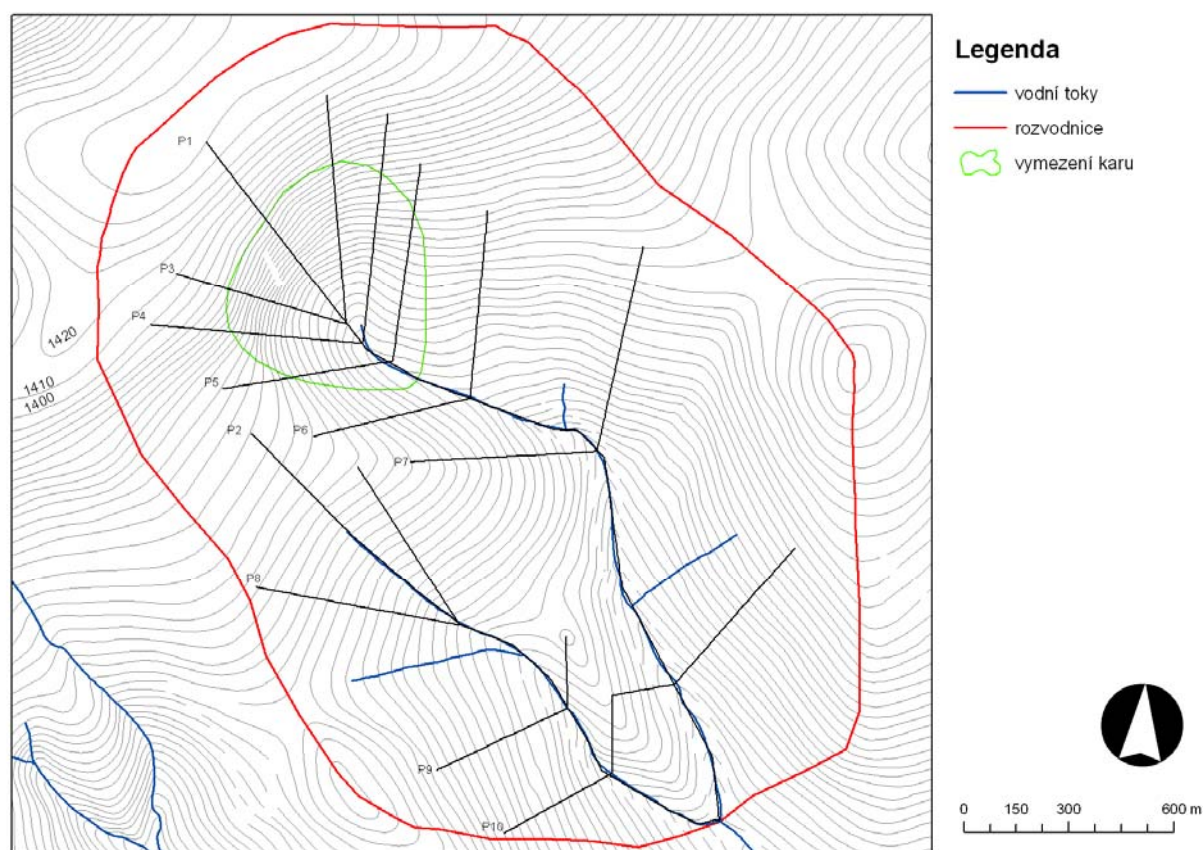


**Obr. 43: Souhrnný graf příčných profilů vedených přes relik čelní morény**

Zdroj: vlastní měření

## 7.2.2 PODÉLNÉ A PŘÍČNÉ PROFILOVÁNÍ REALIZOVANÉ V PROSTŘEDÍ GIS

Úvahy o genezi údolního uzávěru Moravice a údolí vytvořeného prvním pravostranným přítokem Moravice lze podpořit výsledky podélného a příčného profilování. Analyzovány a srovnávány byly profilové křivky obou údolí. Rozložení všech podélných a příčných profilů vytvořených v prostředí GIS 9.3 v zájmové oblasti je zobrazeno na obr. 44.



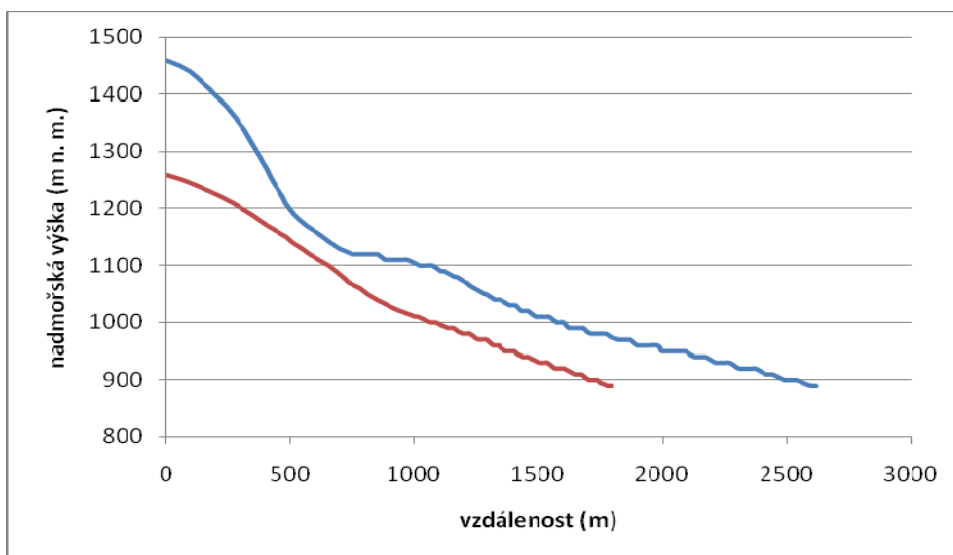
**Obr. 44: Přehled podélných a příčných profilů ve sledovaném území v prostředí GIS**

Zdroj: vlastní zpracování dle Zabaged 1: 10 000

## PODÉLNÉ PROFILY

K ověření úvahy o zalednění karového uzávěru Velké kotliny bylo vhodné srovnat karovou depresi s jiným údolím ve stejné oblasti. Za tímto účelem byly vytvořeny podélné profily údolní uzávěrem Moravice a údolím prvního pravostranného přítoku v prostředí GIS 9. 3 (obr. 45).

Z níže uvedeného grafu je dobře patrný odlišný charakter obou profilových linií. Na profilové křivce vyznačené modrou barvou je zobrazen uzávěr karové deprese Velké kotliny v nadmořské výšce 1110 m n. m. Stupeň ve výšce 1130 m n. m. odpovídá úpatí reliktu ústupové morény. Průběh profilové křivky vyznačené červeně na rozdíl od předchozího popisu žádné výrazné stupně nevykazuje.

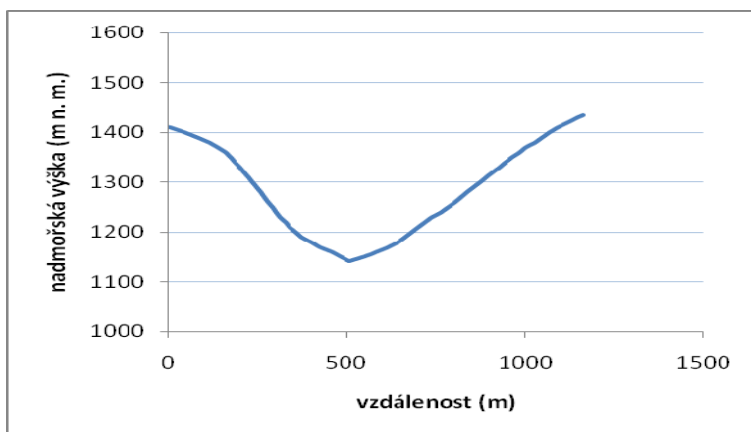


**Obr. 45: Podélný profil údolním uzávěrem Moravice (P1 – modrá linie) a podélný profil údolím prvního pravostranného přítoku Moravice (P2 – červená linie)**

Zdroj: vlastní zpracování dle ZABAGED 1:10 000

## PŘÍČNÉ PROFILY

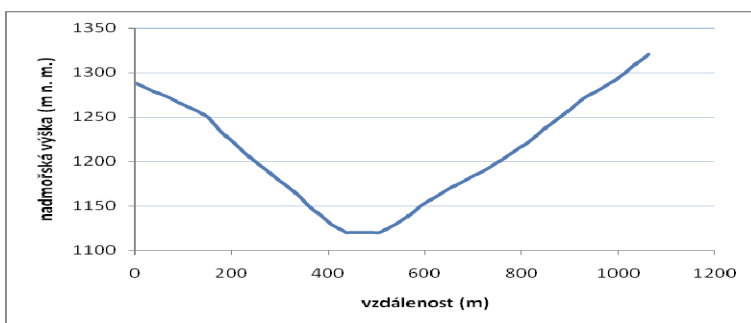
Vytvořením příčných profilů byl umožněno srovnání tvaru obou srovnávaných údolí a tím porovnat jejich genezi.



**Obr. 46: Příčný profil karovou depresí Velká kotlina (P3)**

Zdroj: vlastní měření

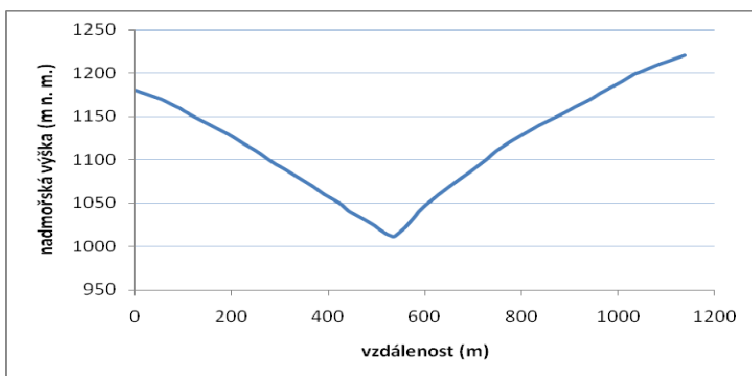
Údolí Velké kotliny ve tvaru U, což je typické pro glaciálně přemodelované typy reliéfu, je dobře patrné na obr. 46. Na dně údolí je nevýrazným stupněm zobrazen tok řeky Moravice.



**Obr. 47: Příčný profil karovou depresí Velká kotlina (P5)**

Zdroj: vlastní měření

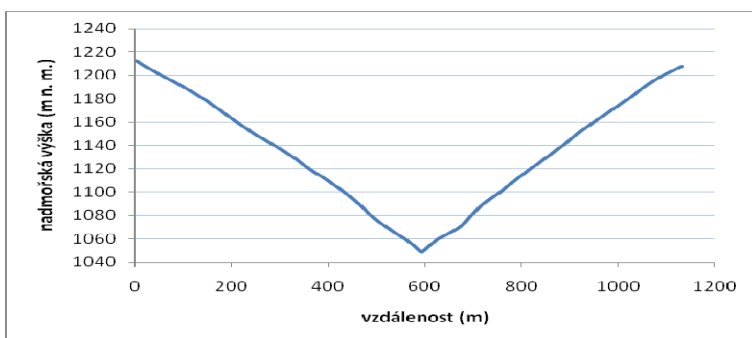
Na obr. 47 vidíme postupný přechod mezi údolí tvaru U a tvaru V, tedy pravděpodobně přechod mezi glaciálně a fluvialně přemodelovaným typem reliéfu.



**Obr. 48: Přičný profil údolním uzávěrem Velká kotlina (P7)**

Zdroj: vlastní měření

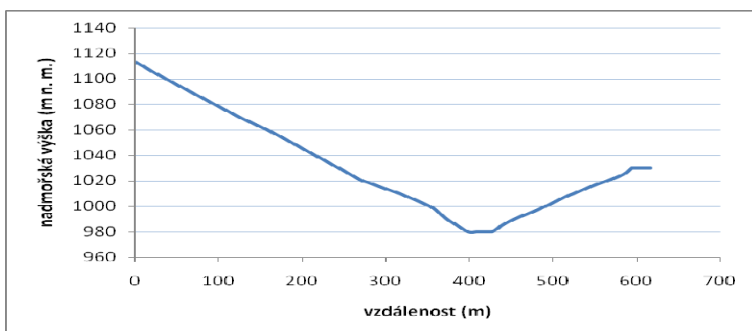
Obr. 48 je příkladem fluvialně přemodelovaného údolí, bez známek glaciální geneze. Z profilu je zřejmé, že do nadmořských výšek pod 1100 m n. m. ledovcový splaz již nezasahoval.



**Obr. 49: Přičný profil údolím prvního pravostranného přítoku (P8)**

Zdroj: vlastní měření

Tvar příčného profilu prvního pravostranného přítoku (obr. 49) je téměř shodný s průběhem profilové linie údolního uzávěru Moravice (obr. 48). Profilová křivka opět popírá možnost glaciální geneze údolí.



**Obr. 50: Přičný profil údolím prvního pravostranného přítoku (P9)**

Zdroj: vlastní měření



Profilová linie ukazuje na zmírnění sklonu svahů sledovaného údolí, jinak se tvar údolí oproti předchozí křivce (obr. 49) výrazně nezměnil. Z obou uvedených profilů údolí prvního pravostranného přítoku je zřejmé, že jeho vznik byl podmíněn převážně říční erozí.

## 7.3 VÝSLEDKY GEOMORFOLOGICKÉHO MAPOVÁNÍ



*Obr. 51: Velká kotlina – pohled z jihovýchodní strany Vysoké Hole (nad horní hranicí karové stěny)*

*Zdroj: Vlastní zpracování (2009)*

Plošně nejrozsáhlejší zastoupení mají erozně denudační tvary, přičemž nejčetnější jsou jednoznačně svahy o sklonu 15-25°. Mírné svahy se sklonem do 5° se rozkládají především ve vrcholových částech Vysoké hole, v malém měřítku také na dně údolního uzávěru Moravice.

Značná část studovaného území je pokryta akumulacemi, přičemž výrazně převažují akumulace svahové, především díky poměrně velkým sklonům ve sledované oblasti. Velká pozornost byla vzhledem k tematickému zaměření práce věnována akumulacím na dně údolí.

Tvary podmíněné strukturou převážně v podobě skalních výchozů jsou umístěny podélném pásu karové stěny cca 500 m širokém v nadmořské výšce od 1220 do 1363 m n. m.

V oblasti jsou zastoupeny také antropogenní tvary.

### **EROZNĚ DENUDAČNÍ TVARY**

#### ***TVARY STRUKTURNÍ***

##### ***Skalní výchozy***

Se skalními výchozy se setkáme převážně v úrovni karové stěny v intervalu nadmořských výšek 1210 – 1364 m n. m. (obr. 52). Vyskytují se skupinově, v určitých liniích nebo samostatně. Nejvýrazněji jsou skalních výchozy zastoupeny ve Vitáskově rokli, kdy je linie těchto tvarů téměř rovnoběžná se spádnicí svahu ve kterém se nachází. Další výrazná skupina skalních výchozů přerušovaná pouze porostem či erozními rýhami je východně od Vitáskovy rokly.

Samostatné skalní výchozy jsou většinou umístěny v jihovýchodní části karové stěny. Největší z nich dosahuje šířky cca 40 m a výšky cca 12 m a má charakter skalního srubu.

Přestože se jedná o tvarově různorodou skupinu forem, je pro velkou část skalních výchozů charakteristické mírné odchylení od svislice o 10 až 40°.



*Obr. 52: Skalní výchoz (pod Vításkovou roklí)*

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

### ***TVARY DENUDAČNÍ***

#### ***Denudační plošiny a svahy***

Vysoká hole je reprezentativní ukázkou vrcholové denudační plošiny (obr. 53). Do zájmového území patří její jihovýchodní pás o délce přes 800 m a rozpětí šířek od 80 do 140 m v nadmořské výšce 1440-1464 m n. m. Denudační plošiny se vyznačují plochým nebo mírně zvlněným povrchem s malou výškovou členitostí. S podobnými tvary, ale daleko menšími rozměry se setkáváme i na vrcholu Temné (1263 m n. m.) a Kamzičnicku (1420 m n. m.).



*Obr. 53: Vysoká hole (pohled k jihovýchodu)- deflační plošina nad Velkou kotlinou a celková ukázka zarovnaných povrchů ve sledované oblasti*

*Zdroj: images/google.cz*

Druhým typem tvarů nejvyšších poloh jsou denudační svahy, při jejichž vývoji se neuplatnila erozní činnost stálých vodních toků (VILÍMEK 1993). Svými horními okraji navazují denudační svahy na denudační plošiny, spodní část přechází v erozní svahy. Deflační svahy daného území byly vymezeny intervalem  $2-5^\circ$ , ve většině případů kopírují úzkým pruhem denudační plošiny. Pro jejich minimální podíl na ploše sledovaného území byly v mapě vyznačeny společně s denudačními plošinami a zařazeny do intervalu  $0-5^\circ$ .

### ***TVARÝ EROZNÍ***

#### ***Erozní svahy a srázy***

V geomorfologické mapě jsou tyto formy reliéfu vymezeny intervalem svahů ( $15-35^\circ$ ). Největší zastoupení erozních svahů do  $35^\circ$  je podle předpokladů vázáno na plochu karové stěny. Ve stejné oblasti se setkáváme s erozními srázy s typickými sklony svahů  $35-55^\circ$ . Z 50 % lemují erozní svahy do  $35^\circ$  erozní srázy a z 50 % vyplňují svah se skalními výchozy jihovýchodně od Vitáskovy rokle.

### ***Erozní rýhy***

Více nebo méně hlubokou rýhu v povrchu svažitého terénu, která vzniká výmolnou neboli erozní činností stékající srážkové či povrchové vody označují RUBÍN & BALATKA (1986) jako erozní rýhu. Rozsáhlá soustava erozních rýh je zahloubena do karové stěny a erozních srázů. V této lokalitě převažují mělké tvary, v některých případech je málo zřetelný příčný profil tvaru písmene V (obr. 55). Důvodem je malá odolnost hornin, ve kterých rýhy vznikají.

Nejdelší, nejrozlehlejší a tvarově nejlépe vyvinutá je erozní rýha na levé straně od toku Moravice začínající nedaleko vrcholu Temná dvěma menšími erozními rýhami, které se zhruba po 80 metrech spojují v jednu (obr. 54). Její stěny dosahují maximální výšky až 5 m v první třetině její délky (cca 600 m). Zhruba v polovině jejího průběhu se na pravé straně nachází několik pramenných mís.



***Obr. 54: Erozní rýha (vyústění pod reliktem čelní morény)***

*Erozní rýhy níže v údolí dosahují výrazně větších rozměrů jak do délky, tak i do hloubky.*

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

Další dvě výrazné erozní rýhy se nacházejí ve stejném svahu blíže ke karové depresi. Sice již nedosahují takových rozměrů, ale vyznačují se přítomností výrazných dejekčních kuželů při kontaktu s Moravicí – viz. fluviální akumulace.



**Obr. 55: Erozní rýha v karovém stupni – svahy nepřesahují hloubku 1 m**

*Tečkovanou linií je vyznačen profil erozní rýhy, která vznikla erozí karové stěny jedním z mnoha občasných toků, které se v oblasti nacházejí. Šipky ukazují směr toku.*

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

### ***Nivační deprese***

Charakteristickým tvarem pro karový stupeň táhnoucí se v karové stěně východně od Vitáskovy rokle v nadmořské výšce 1300 až 1340 m n. m. a jihovýchodně ve výšce 1320 až 1360 m n. m. jsou nivační deprese. Nivační deprese mají tvar plochých mísovitých depresí, tvoří se především v místech intenzivnějšího rozpukání podloží. Jsou oválné, v některých případech rozvětvené. Plošně nejrozsáhlejší nivační deprese jsou umístěny na jihovýchodním okraji karového stupně (obr. 56). Jejich hloubka ve svahu dosahuje 5 až 8 m. Ve většině nivačních depresí se nachází občasné či stálé prameny. Působením vody z pramenů či sněžníků tak dochází ke zpětné a hloubkové erozi, která deprese plošně zvětšuje a prohlubuje.



**Obr. 56: Nivační deprese v karovém stupni**

*Tečkovaná linie vyznačuje hranice nivační deprese, šipka ukazuje na směr odtoku z pramene, který vyvěrá na povrch na dně nivační deprese.*

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

### **Skalní ohlazy**

RUBÍN & BALATKA (1986) definují skalní ohlazy jako nápadně hladkou skalní plochu vzniklou působením přírodních sil. Skalní ohlazy v karové depresi Velké kotliny, známé jako Fiekovy ohlazy se rozprostírají východně od Vitáskovy rokle (obr. 57). Šířka ohlazů je cca 250 m, délka byla kvůli nepřístupnosti terénu odhadnuta na necelých 100 m.



**Obr. 57: Fiekovy ohlazy – východní část karové stěny**

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

## **AKUMULAČNÍ TVARY**

### ***Svahové akumulace***

#### *Suťové kužely*

Suťové kužely jsou ve sledované oblasti nejvíce patrné na horní úrovni dna, navazují na spodní okraj karové stěny. Ve většině případů jsou výsledkem zvětrávání, transportu a akumulace částic z karové stěny. Morfologie kuželů odpovídá tvaru trojúhelníku, který se rozšiřuje od karové stěny směrem do údolí (obr. 58). Úlomky větších rozměrů dosahují největších vzdáleností od zdroje. Jemnější materiál zůstává při vrcholu kužele, pokud není vodní erozí přemístěn do nižších poloh. Nejvýraznější svahové akumulace tohoto typu nalezneme v blízkosti Vitáskovy rokle, kdy vrcholy kuželů sahají do prostor mezi jednotlivými skalními výchozy, jejich spodní hranice končí v horní úrovni karového dna. Typické je vzájemné překrývání starších suťových kuželů mladšími či mohutnějšími. Mapovány byly suťové kužely, jejichž nejširší část přesahovala 20 m. Morfologicky nejvíce patrný suťový kužel dosahuje délky přes 100 m, šířka spodní základny měří až 60 m (obr. 58), kde je umístěn nejvíce vlevo.



***Obr. 58: Suťové kužely (v pozadí – Vitáskova rokle)***

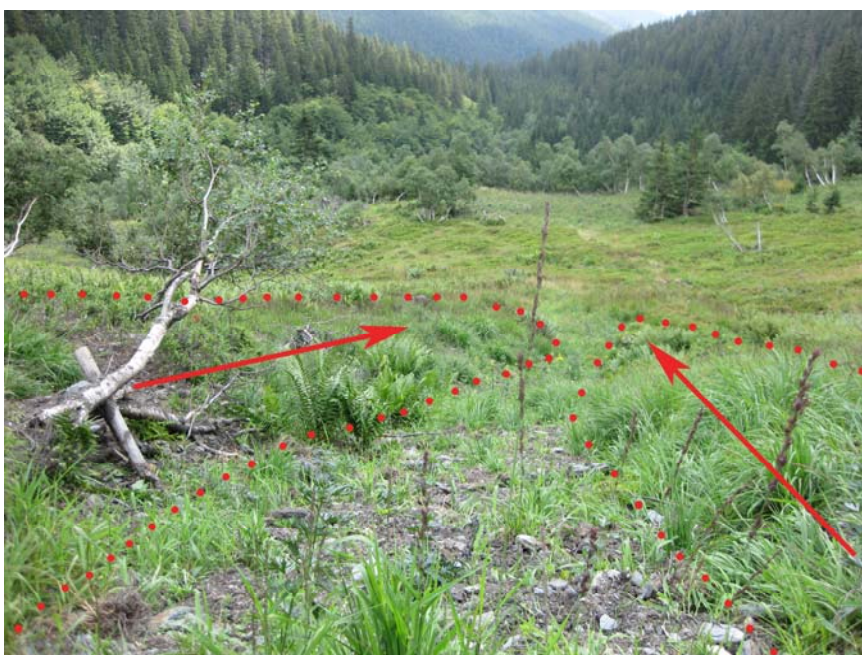
*Tečkovaná linie naznačuje hranice několika suťových kuželů ve Vitáskově rokli.*

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*



## *Mury*

Mury vznikají následkem rychlého stékání hlinitých a úlomkovitých svahových zvětralin po příkrých horských svazích působením přívalových vod. V našich podmínkách bývají mury zapříčiněny přívalovými srážkami. V oblasti Velké kotliny se kromě přívalových srážek podílí na tvorbě této formy také tání sněhu. Mura identifikovaná na horní úrovni karového dna, pod karovou stěnou umístěná východně od Vitáskovy rokly vznikla pravděpodobně transportem zvětralého materiálu prostřednictvím přívalových srážek a vody z odtávajícího sněhu (obr. 59). Ze tvaru mury, můžeme usuzovat na rychlejší pohyb částic uvnitř mury a pomalejší na okrajích. Okraje této formy mají konvexní tvar přičemž prostřední část je naopak konkávní. Levý val mury dosahuje délky 45 m, pravý měří až přes 50 m. Nejširší část této svahové deformace nepřesahuje 20 m, hloubka mury je do 1 m. Zdrojovou oblastí pro muru jsou Fiekovy ohlazy, po kterých je sezónně transportován zvětralý materiál. Materiál není transportován po povrchu karové stěny, ale přepadá přes skalní výchoz v karové stěně, který umístěný přímo nad murou.



**Obr. 59: Mura (pod Fiekovými ohlazy)**

*Tečkovanou linií jsou vyznačeny hranice obou ramen mury, šipky pak ukazují směr pohybu materiálu.*

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

## *Sesuvy*

Ve sledovaném území byl nalezen sesuv, umístěný na levém břehu Moravice (obr. 60). Podle klasifikace ZÁRUBY a MENCLA (1974) in DEMEK (1985) lze sesuv začlenit do klasifikace

„svahových pohybů pokravných sesuvů“, konkrétně „plošných povrchových sesuvů“. Sesuv je dlouhý 100 m, šířka byla díky nevyvinutým bočním valům odhadnuta na 50 až 60 m. Zleva je sesuv ohraničen erozní rýhou. Nevýrazná odlučná stěna sesuvu 0,5 až 1 m vysoká. Výrazná morfologie sesuvu je doplněna o dílčí odlučnou stěnu nedaleko spodní linie sesuvu s výškovými rozměry 1 až 1,5 m. V pravé části sesuvu byly nalezeny dvě pramenné mísy.



**Obr. 60:** Sesuv nalezený na levé části břehu Moravice – dokresli okraje.

Tečkovanou linií a šipkami je vyznačena odlučná plocha a směr pohybu materiálu, druhou tečkovanou linií je naznačen počátek akumulace materiálu.

Zdroj: vlastní zpracování (2009)

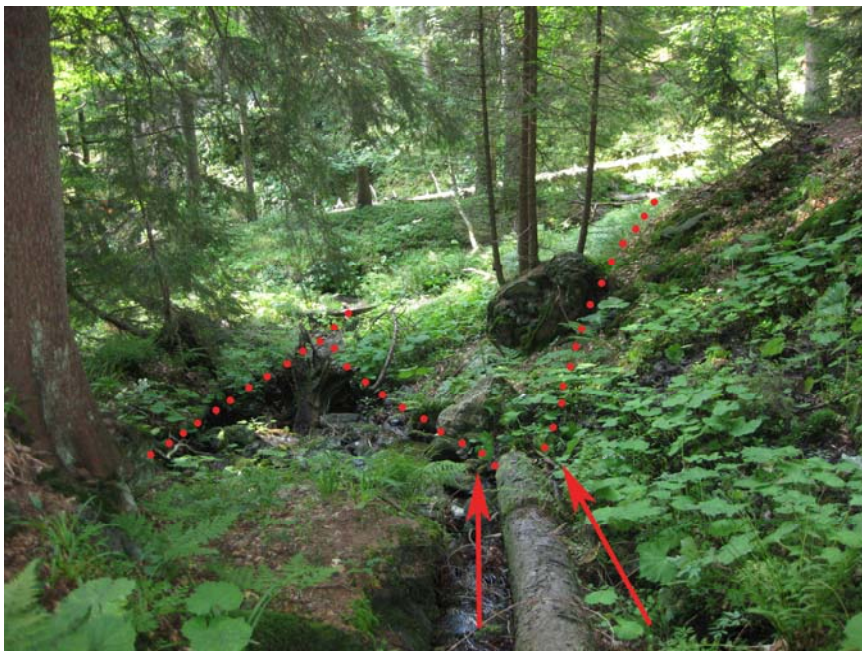
### **Fluviální akumulace**

#### *Dejekční (výplavové) kužele*

Dejekční (výplavové) kužele se vytvářejí v místech, kde postranní údolí vodních toků ústí do údolí vyššího řádu. Sedimenty kužele bývají tříděny podle toho, jak tok postupně ztrácí svou unášecí schopnost – tj. hmotnější sedimenty blíže paty svahu (DEMEK 1987).

Morfologicky nejvíce patrné jsou dejekční kužely umístěné při toku Moravice v rozmezí nadmořských výšek 1050 – 1010 m n. m. (obr. 61). Jejich vydatnou zdrojovou oblastí jsou již zmíněné erozní rýhy (obr. 54) jejichž počátek byl identifikován nedaleko vrcholu Temná. Na

dejekční kužel položený nejvýše proti směru toku navazují dva menší. Ze spodních částí kuželů jsou sedimenty postupně odnášeny tokem Moravice. Pro velmi malou vzdálenost čelní morény od dejekčních kuželů lze usuzovat na jejich nejen fluvialní ale také fluvio-glaciální charakter.



**Obr. 61: Dejekční kužely – zvýrazněné je vyústění erozní rýhy uvedené na obr. 54)**

*Tečkovaná linie vyznačuje rozsah dejekčních kuželů. Na levé straně obrázku je vidět pouze pravá část kužele.*

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

#### *Fluviální akumulace – vyšší úrovně*

Termínem fluvialní akumulace vyšší úrovně jsou v údolním uzávěru Moravice označeny akumulární tvary na dně údolí, které mají podobu stupně s nápadně rovným povrchem, přičemž výška stupně kolísá v rozmezí 2 až 4 m nad hladinou řeky. Ve sledovaném povodí byly identifikovány pouze dvě vyšší úrovně fluvialní akumulace. Důvodem je svažité terén horního toku Moravice s vyššími sklony svahů v příčném i podélném profilu údolního uzávěru. Obě akumulace jsou umístěny nedaleko soutoku Moravice s prvním pravostranným přítokem (130 m a 700 m od soutoku). Akumulace umístěna blíže soutoku je výrazně rozlehlejší, nachází se v nadmořské výšce 930 – 900 m n. m., je dlouhá 215 m. Její šířka sahá od 30 m do 53 m.

Druhá fluvialní akumulace vyšší úrovně byla identifikována v nadmořské výšce 970 – 960 m n. m. Je plošně menší, 100 m dlouhá a 35 až 45 m široká.

### *Fluviální akumulace nižší úrovně*

Mezi reliktem ústupové a čelní morény (1127 – 1102 m n. m.) se v údolí Moravice výrazně zmenšují spády toků, což zapříčiňuje převahu činnosti sedimentační nad erozní. Téměř plochý povrch podél toku řeky byl vymezen jako fluviální akumulace nižší úrovně. Výška této akumulace sahá do 1 m nad hladinou řeky. V období tání a silných přivalových dešťů bývá tato forma sezónně zaplavovaná, přes celý rok je její dno v některých částech podmáčeno. Na levé straně Moravice dosahuje fluviální akumulace nižší úrovně délky necelých 200 m na pravé straně koryta řeky délky 260 m. maximální šířka je 65 m.

Další akumulace podobného charakteru nalezneme níže po směru toku, v oblasti kde řeka začíná meandrovat (940 – 925 m n. m.). Jedná se o souvislou více než 200 m dlouhou akumulaci, šířka však nepřesahuje 15 m. V oblasti pravostranného přítoku Moravice se fluviální akumulace nižší úrovně díky velkým spádům údolí nevyskytují.

### ***Glacigenní akumulace***

#### *Morény*

Lineární tvary špatně tříděného nebo netříděného úlomkovitého materiálu, který se pohybuje činností ledovce nebo který byl ledovcem akumulován, se označují jako morény (RUBÍN & BALATKA 1986). Důkazy o výskytu morén vypovídají mnohé o vývoji a genezi karové deprese Velké kotliny, proto jim byla věnována zvýšená pozornost. I přes velké zalesnění terénu a značné pokrytí svahovými sedimenty a akumulacemi z lavinových procesů byly v oblasti vymezeny dva reliktu morén. Z pozice uložení glaciálních akumulací jde v obou případech o reliktu čelních morén. Materiál reliktu morény, který je uložen v nadmořské výšce 1130 až 1170 m n. m., zde byl pravděpodobně ponechán v období ústupu ledovce. Sledovaný tvar reliéfu byl tedy označen za relikt ústupové morény (obr. 62). V horní části navazuje na dno karu výrazným morfologickým stupněm. V dolní části přechází na pravé straně břehu Moravice strmým svahem ve fluviální akumulace nižší úrovně. Na levé straně břehu se mezi morénou a fluviálními akumulacemi nižší úrovně nacházejí ještě akumulace polygenetické. Největší šířka reliktu ústupové morény je 123 m, nejužší je tato sledovaná forma při úpatí (55 m). Délka reliktu morénového valu odpovídá hodnotě 115 m. V levé části je relikt morény protkán dvěma výraznými prameny, které byly v minulosti významnými transportéry morénového materiálu.

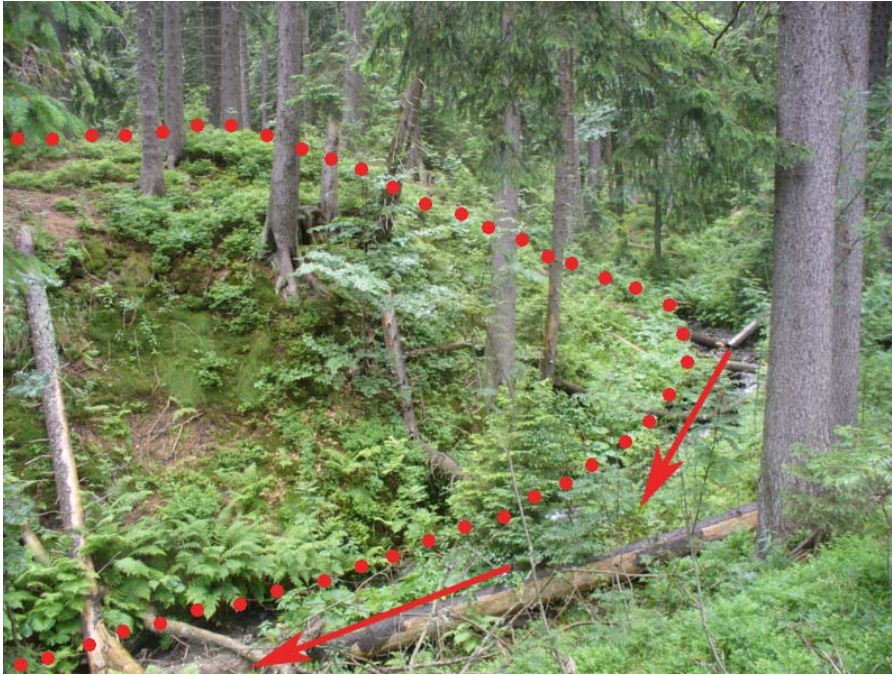


**Obr. 62: Relikt ústupové morény na dně karu – načrtni hřbetnici, tečky smaž**

*Tečkovaná linie označuje hřbet reliktu ústupové morény.*

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

V případě níže položeného reliktu morény (1060 až 1100 m n. m.) je určování geneze reliktu morénového valu díky zalesnění a recentním geomorfologickým procesům velmi problematické. Samotné vymezení hranic reliktu morény bylo upřesněno až po analýze podélného a příčných profilů vedených přes tuto glaciální akumulaci formu. Jelikož v nižších nadmořských výškách nebyla identifikována žádná jiná lokalita, která by v podobě glaciálních sedimentů svědčila o výskytu karového ledovce, byl reliktní morény označen jako čelní (obr. 63). Relikt čelní morény je situován do nadmořské výšky 1060 až 1100 m n. m. Délka reliktu morény dosahuje necelých 230 m, největší šířky (48 m) bylo naměřeno v bodě, kdy je reliktní morény erodován tokem Moravice.



**Obr. 63: Relikt čelní morény – erozní zářez v reliktu morénového valu řekou Moravicí**

*Tečkovaná linie ohraničuje zřetelný relikv čelní morény. Šipky ukazují směr toku Moravice, která se postupně zařezávala do reliktu čelní morény až do současné podoby.*

*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

### ***Polygenetické akumulace***

Akumulace, které vznikly působením více činitelů byly označeny jako polygenetické. Nejčastěji se jedná o kombinaci glaciálních, fluviálních a svahových akumulací. Polygenetické akumulace byly ve sledované oblasti identifikovány pod reliktem ústupové morény, na levém břehu Moravice v nadmořské výšce 1130 – 1120 m n. m. Jejich vznik je výsledkem eroze, transportu a akumulace částic při odtoku ze srážek, při tání sněhové pokrývky, lavinovými procesy, fluviálním transportem stálými i občasnými prameny Moravice nebo také kombinacemi uvedených procesů.

### ***Antropogenní tvary***

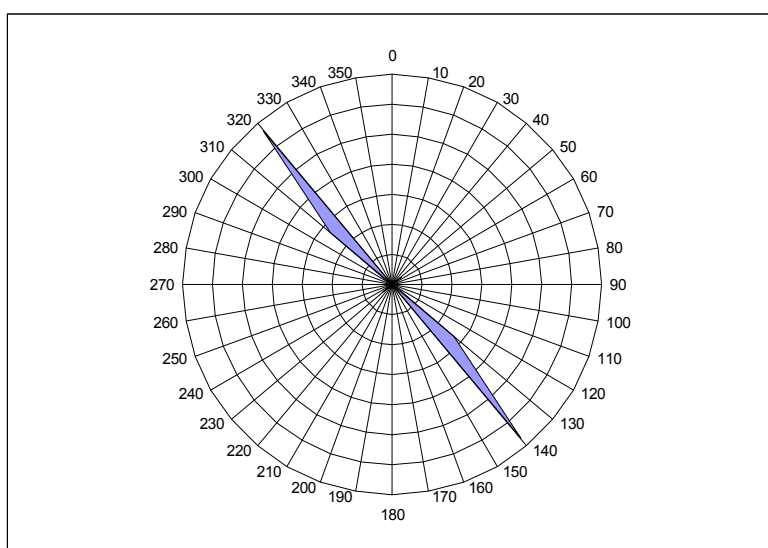
Z antropogenních tvarů, které se v oblasti vyskytují lze uvést asfaltovou silnici, občasně zpevnění břehů Moravice kameny.

Výrazným antropogenním tvarem ve sledované oblasti jsou militární krátery vytvořené po výbuchu granátů. Vyskytují se hojně (méně než 100) nad horní hranicí karu. Svým tvarem se nápadně podobají krasovým závrťům. Nacházejí se převážně ve výšce 1325 – 1450 m v pásu 700 m dlouhém a cca 400 m širokém. Krátery mají ve většině případů klasický mísovitý tvar o průměru 4 – 8 a hloubce 1 – 1,5 m (HARASIM, 1988).

## 7.4 PUKLINOVÁ ANALÝZA

Puklinová struktura je nejrozšířenější disjunktivní mezoskopickou strukturou hornin. Pukliny vznikají v pevných horninách sekundárně v důsledku tektonických tlaků. Jedná se o spáry skutečného rozpadu horniny, na nichž je ovšem pohyb z geologického hlediska zanedbatelný. Pukliny rozdělují horninové těleso na drobné kry a bloky. Rozčlenění skalního výchozu puklinami přispívá k výraznějšímu uplatnění mrazového zvětrávání. Pukliny tedy podmiňují vznik a charakter forem reliéfu jako jsou kryogenně modelované skalní výchozy, mrazové sruby a ostrohranné sutě (JAROŠ & VACHTL (1992) in SOUKUPOVÁ (2008).

Puklinová analýza byla naměřena na 7 lokalitách, 5 z nich se nachází přímo ve Vitáskově rokli. Výsledky měření jsou vyneseny do puklinového diagramu směrové růžice (v desetistupňových intervalech), který znázorňuje rozložení směrů puklinových ploch na jednotlivých lokalitách (obr. 64).



**Obr. 64: Směrová růžice**

*Zdroj: vlastní měření*

Zlomy kryté kvartérními sedimenty v karové depresi Velké kotliny jsou přibližně kolmé na směr foliace, a stejně tak i osa karu. Podobně je tomu i u většiny naměřených směrů puklin. Ze směrové růžice je jeden převažující směr puklin (140/ 320°) dobře patrný. Pukliny rozčleňují horninu do sloupců o různé šířce. V místech výrazných puklinových systémů jsou puklinové spáry rozevřené až 5 cm (obr 65). Převažující směr puklin pravděpodobně podporuje erozní procesy, které probíhají v karové stěně.

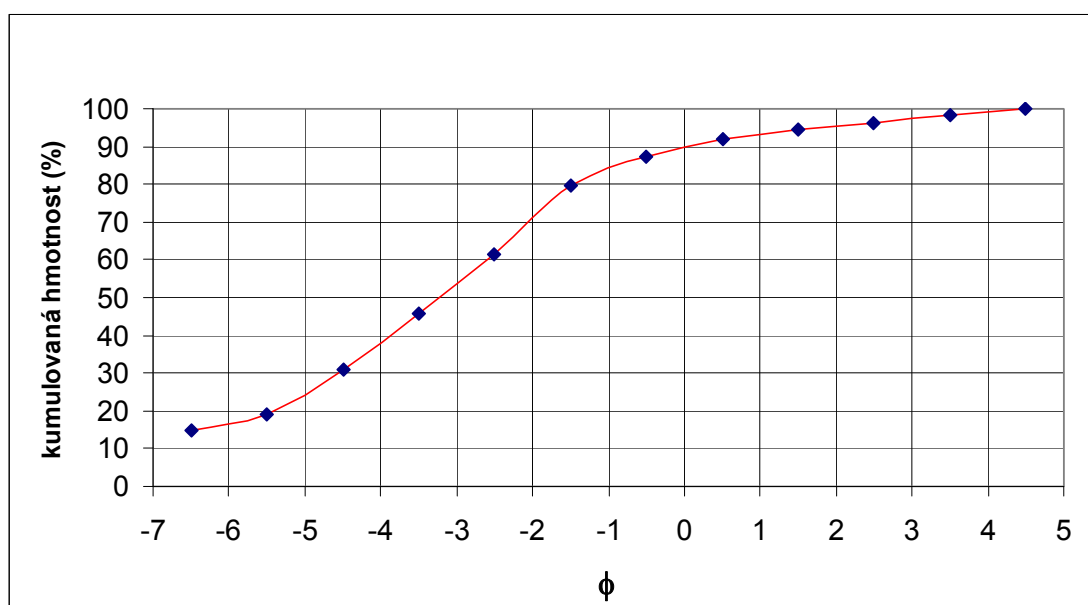


***Obr. 65: Pukliny v jednom ze skalních výchozů ve Vításkově rokli***  
*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*



## 7.5 ANALÝZA ODEBRANÝCH SEDIMENTŮ A GRANULOMETRIE

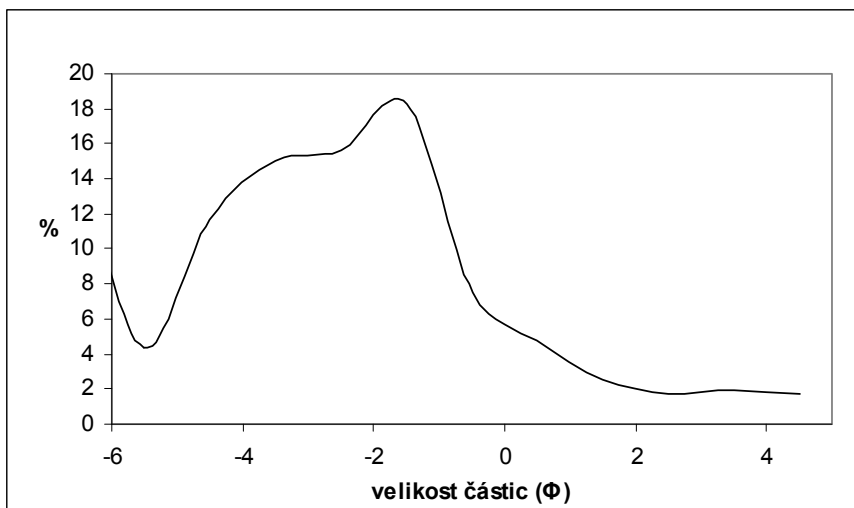
Přibližně 16 kg vzorků bylo odebráno z reliktu čelní morény z profilu umístěného cca 150 cm pod povrchem. Z granulometrické křivky (obr. 66) je patrná četnost jednotlivých frakcí sedimentů. Nejvíce procent (18,3 %) z celkové hmotnosti sedimentů náleží do skupiny o velikosti částic 2-4 mm, 15, 7% sedimentů do skupiny 4-8 mm, téměř 15% dosahují skupiny 8-16 mm a 63-125 mm. Největší zastoupení skupiny pod 1 mm má skupina částic o velikosti 0,5-1 mm (4,8%).



**Obr. 66:** Kumulativní granulometrická křivka - vzorky z profilu reliktu čelní morény

Zdroj: vlastní měření

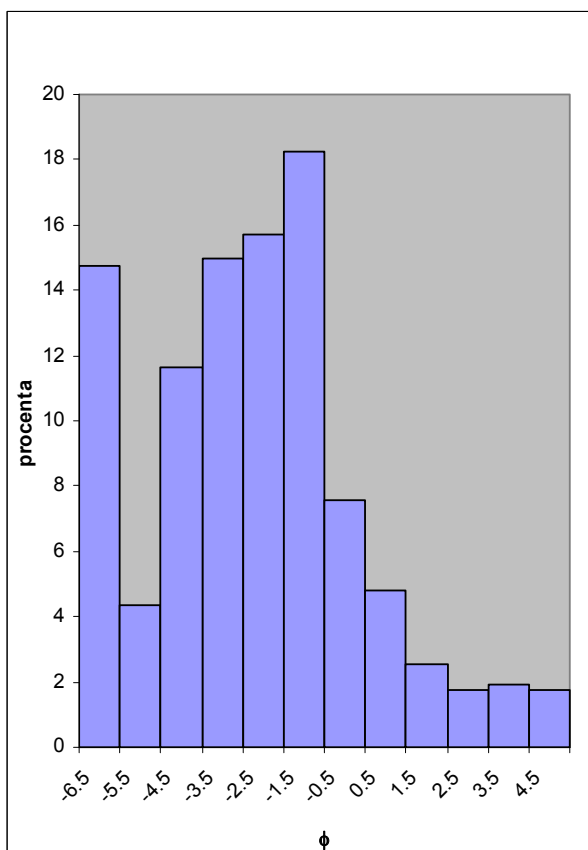
Z kumulativní granulometrické křivky (obr. 66) byla vypočtena hodnota koeficientu vytrřídění podle FOLK & WARD in BEZVODOVÁ et al. 1985. Vypočtená hodnota 2,9 odpovídá charakteristice vzorku: *velmi špatně vytrříděný*, což podle autorů BEZVODOVÁ et al. 1985 a HUBBARD & GLASSER (2005) vypovídá o možnosti glaciální geneze sedimentů.



**Obr. 67:** Zrnitostní složení sedimentů z hloubky 150 cm pod povrchem reliktu čelní morény

Zdroj: vlastní měření

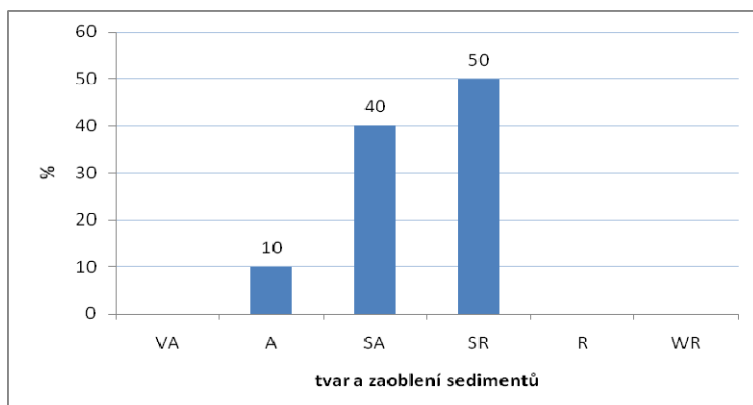
Obr. 67 a 68 zobrazuje zrnitostní složení odebraného vzorku. Z obou grafů je patrné, že převážná většina klastů (79,7 %) je větší jak 2 mm.



**Obr. 68:** Zrnitostní složení sedimentů z hloubky 150 cm pod povrchem reliktu čelní morény

Zdroj: vlastní měření

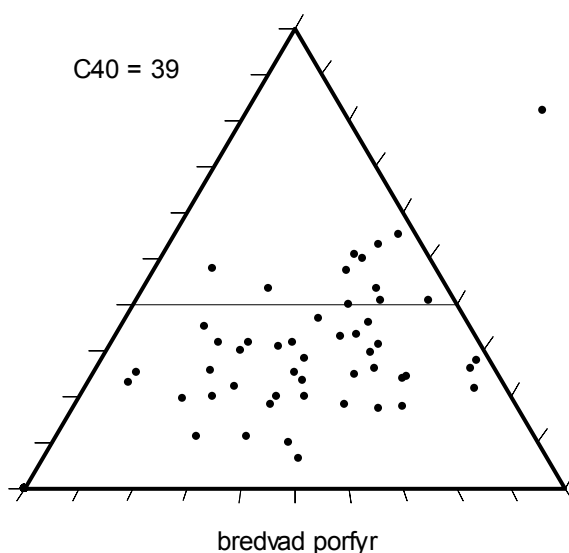
Tvar a zaoblení sedimentů bylo dále posuzováno dle klasifikace od POWERSE (1953) in HUBBARD & GLASSER (2005). Ze všech 50 hodnocených klastů bylo 50% zařazeno do skupiny nedokonale zaoblených (*sub-rounded*), 40% klastů náleží do skupiny nedokonale hranatých (*sub-angular*) a 10% do skupiny hranatých (*angular*) (obr. 69).



**Obr. 69: Histogram tvaru a zaoblení sedimentů**

Zdroj: vlastní měření

Naměřené hodnoty tří ortogonálních os u 50 vzorků (obr. 71), které byly odebrány 150 cm pod povrchem reliktu čelní morény, byly dosazeny do trojúhelníkového diagramu (viz. kapitola 6)



**Obr. 70: Trojúhelníkový diagram vzorků odebraných z hloubky 150 cm pod povrchem reliktu čelní morény**

Zdroj: vlastní měření

Hodnota C40 je 39. 11 částic, které se nacházejí nad linií C40, má převážně pravidelný tvar, je u nich pravděpodobné opracování delším glaciálním transportem.

Pod uvedenou linií, jsou pak podle BENN & EVANS (1998) rozptýleny klasty ze suti svrchních morén popřípadě hranáče vzniklé kryogenním zvětráváním.

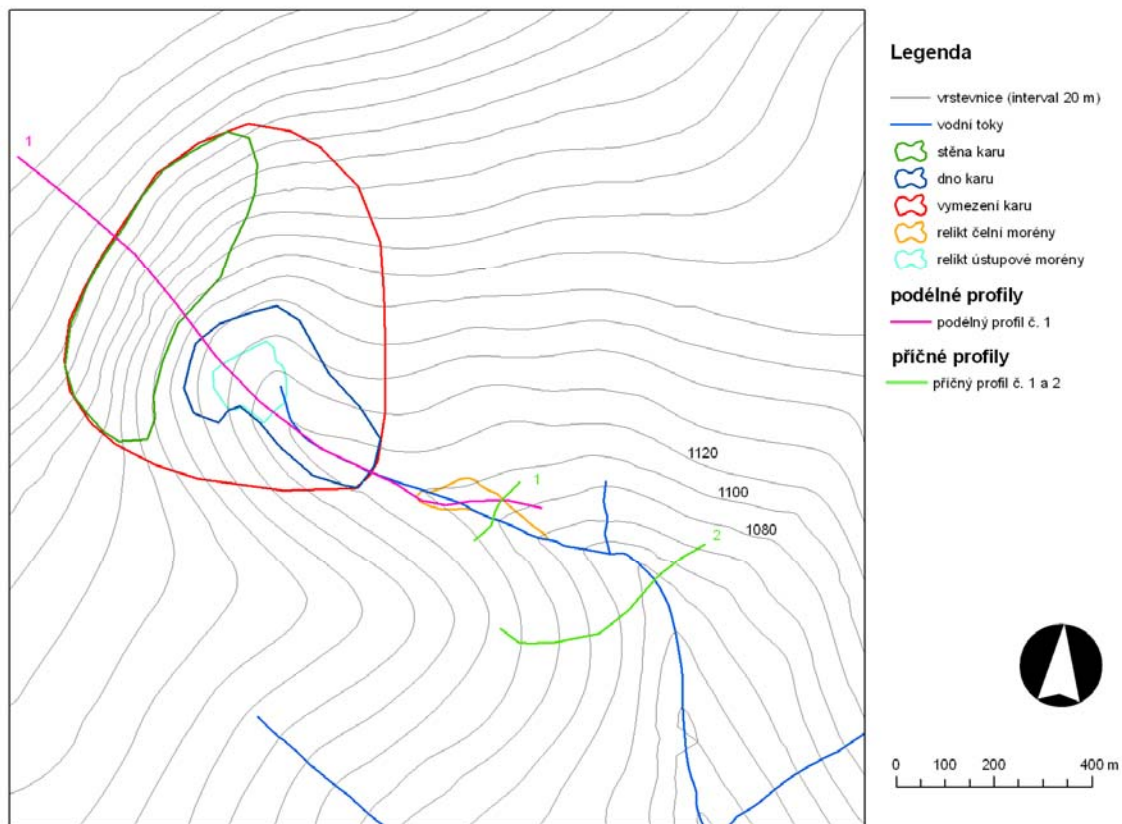
Nepočetnější skupina sedimentů o velikosti částic 2-4 mm nebyla v tomto případě využita kvůli znehodnocení daného vzorku.



***Obr. 71: Klastické sedimenty reliktu čelní morény***

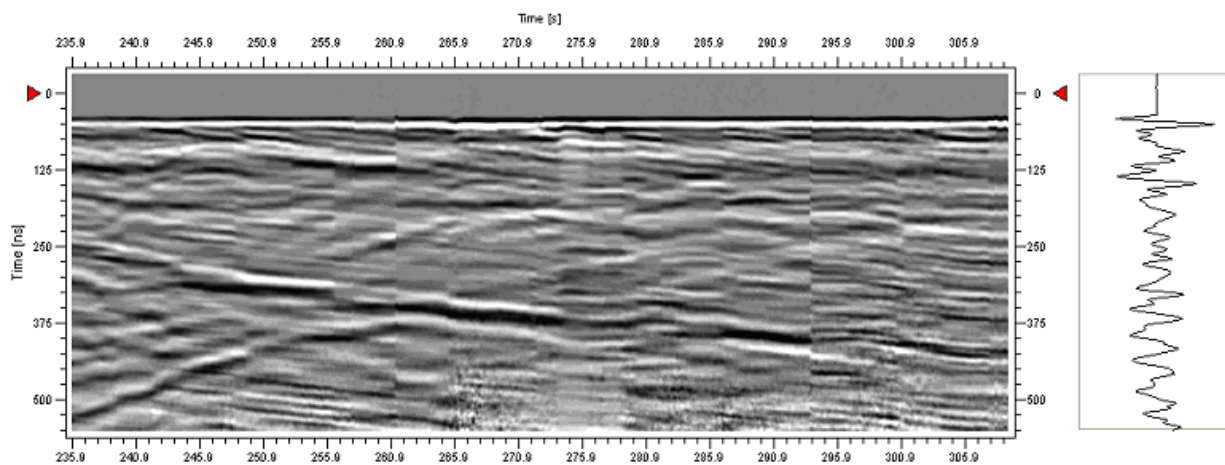
*Zdroj: vlastní zpracování (2009)*

## 7.6 ANALÝZA MĚŘENÍ GEORADAREM



**Obr. 72: Poloha georadarových profilů v údolním uzávěru Velké Moravice**

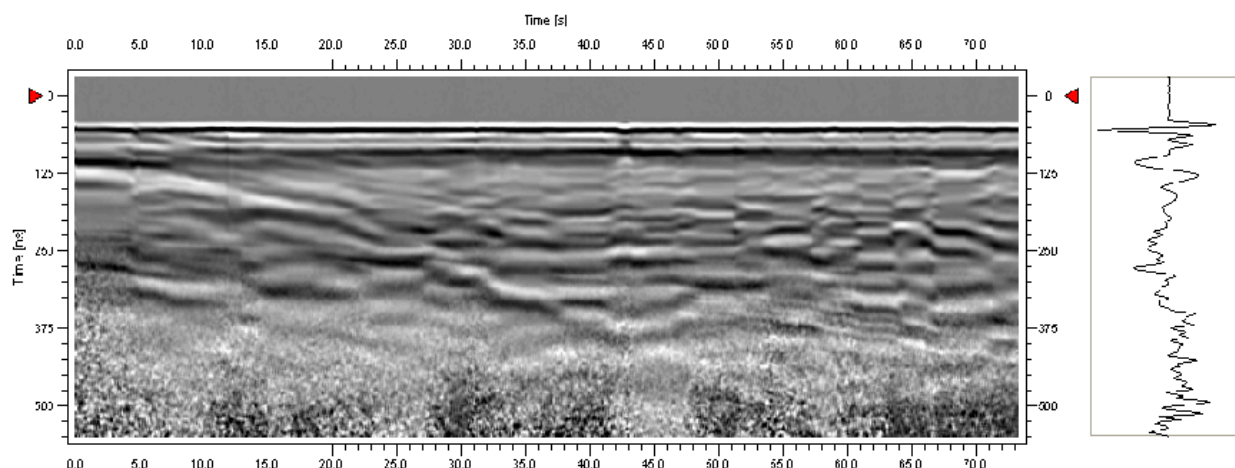
Zdroj: vlastní měření a Zabage 1: 10 000



**Obr. 73: Radarový snímek – příčný profil č. 2**

Zdroj: vlastní měření

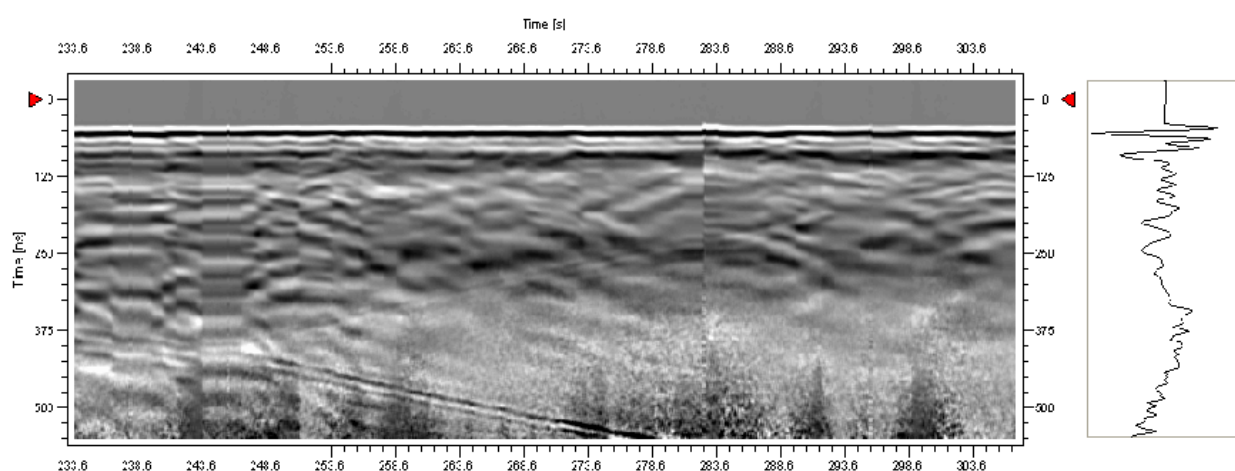
Radarový snímek byl pořízen při příčném profilování reliktu čelní morény (obr 73). Výrazné linie pozorovány ve 260 a 325 ns (obr. 73) pravděpodobně reprezentují bázi akumulací na povrchu skalního podloží.



**Obr. 74: Radarový snímek – podélný profil č 1. a**

*Zdroj: vlastní měření*

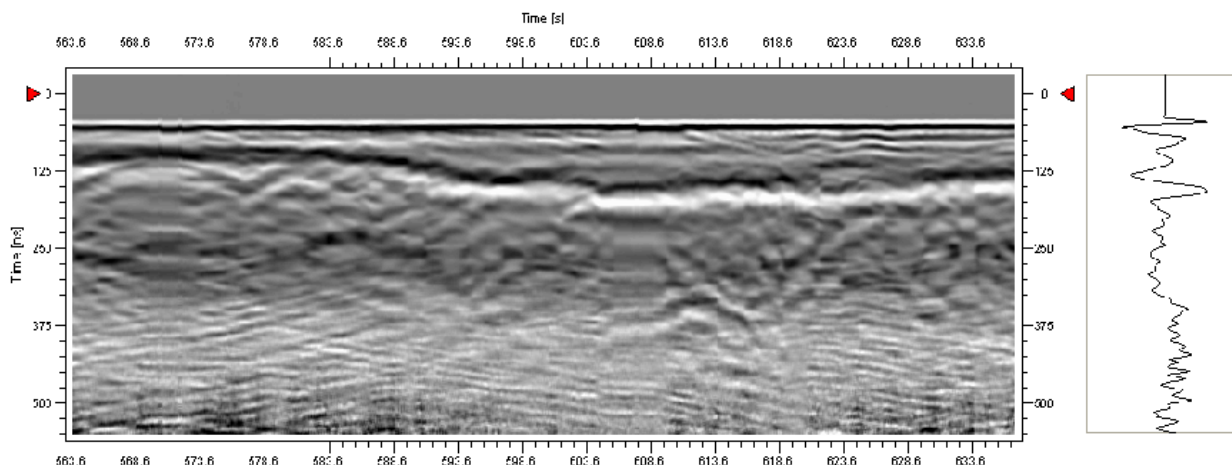
Výše uvedený snímek byl pořízen při podélném profilování (obr. 74) v místech pod Vitáskovou roklí. Narůstající hloubka výrazného odrazového rozhraní, které začíná ve 125 ns odpovídá svahovým akumulacím nahromaděným v podobě suťových kuželů.



**Obr. 75: Radarový snímek – podélný profil č 1. b**

*Zdroj: vlastní měření*

Snímek (obr. 75) byl pořízen v místě, kde v horní úrovni karového dna začíná relikt ústupové morény. Rozhraní skalního povrchu bylo zjištěno v 375 ns.



**Obr. 76: Radarový snímek – podélný profil č 1. c**

*Zdroj: vlastní měření*

Ze snímku jsou vidět dvě výrazná rozhraní. V horní části obrázku (obr. 76) je nejvýraznější linií zpozorované ve 100 ns oddělena část s horizontálně usazenými vrstvami. Podle polohy ve kterých byly tyto hodnoty naměřeny lze usuzovat na bázi fluvialních akumulací nižší úrovně. toku Moravice. Nejsvrchnější paralelní vrstvy jsou zřejmě sedimenty po recentních sezónních záplavách daného území.

V úrovni 250 ns je druhé rozhraní, které pravděpodobně odpovídá sedimentární výplni dna údolního uzávěru (fluvialní, glaciální sedimenty popř. jejich kombinace). Pod uvedeným rozhraním se nejspíše nachází skalní podloží .

## 7.7 SNĚŽNÁ ČÁRA – ELA (EQUILIBRIUM-LINE ALTITUDE)

	ELA (m n. m.)
<b>MELM</b>	1108
<b>THAR</b>	1198
<b>Cirque-floor altitude</b>	1146
<b>TP ELA</b>	1447
<b>TPW ELA</b>	1146

*Tab. 9: Přehled ELA vymezených pro karový uzávěr Velké kotliny*

*Zdroj: vlastní zpracování na základě terénního měření a ZABAGED 1: 10 000*

### **MELM**

Metodou MELM se výška sněžné čáry určuje jako tzn. maximální mořská výška boční morény (viz. kapitola 6). Při příčném a podélném profilování ani při samotném vymezení forem reliéfu však nebyla boční moréna spolehlivě identifikovaná. Pro výpočet sněžné čáry byla jako určující vzata výška nejvýše položeného kamenného bloku, umístěného vlevo od toku Moravice nad čelní morénou. Tento i další kamenné bloky vyskytující se níže byli pravděpodobně do údolí dopraveny prostřednictvím karového ledovce. Uvedenou hypotézu podporuje fakt, že pod výškovou úroveň reliktu čelní morény (1060 m n. m.) se kamenné bloky téměř nevyskytují. Naopak v místě reliktu čelní morény a několik metrů nad ní (1110 – 1060 m n. m.) je kamenných bloků početně nejvíce. Výška sněžné čáry určená metodou MELM (1108 m n. m.) je ze všech sněžných čar položená do nejnižší polohy. Z důvodů jejího problematického vymezení má tato metoda nejmenší vypovídající hodnotu.

### **THAR**

Metoda poskytuje velmi hrubý odhad ELA, protože při výpočtu nekalkuluje s hypsometrií a klimatem. Zároveň je však rychlou metodou pro výpočet ELA v odlehlých oblastech, pro které nejsou dostupné mapy (BENN & EVANS 1998).

Sněžná čára vypočtená metodou THAR je vymezena v nadmořské výšce 1198 m. n. m., což je zároveň nejvýše ze všech 4 metod.



### **CIRQUE-FLOOR ALTITUDE**

Průměrná nadmořská výška dna karu byla určena pomocí zonální statistiky v DMR. Její vymezení odpovídá hodnotě 1146 m n. m. Stejně jako metoda Cirque-floor altitude, byla průměrná nadmořská výška dna karu využita při určení TPW ELA – viz. níže.

### **TP&TPW ELA**

TP-ELA vymezena jako průměrná nadmořská výška deflační plošiny nacházející se na vrcholu Vysoké hole byla vymezena do nadmořské výšky 1447 m n. m.

TPW-ELA byla stanovena jako průměrná nadmořská výška dna karu (1 146 m n. m.).

Je zřejmé, že vymezení TP-ELA a TPW-ELA může být důležitým parametrem pro bližší poznání charakteru a rozšíření zalednění dané oblasti.

Přestože metody určení sněžné čáry nejsou vždy jednoznačné, mají značné využití z hlediska poznání charakteru a geneze dříve zaledněných oblastí.

## 8. SHRNUÍ A DISKUZE

### PROBLEMATIKA TERMINOLOGIE A VYMEZENÍ ELEMENTÁRNÍCH FOREM V KARU

Údolní uzávěr Velké kotliny je v literatuře označován různými způsoby, nejčastěji však jako kar nebo karovitá deprese.

RUBÍN & BALATKA (1986) definují kar (ledovcový kotel, cirk) jako prostorný údolní uzávěr amfiteátrovitého tvaru se strmými až svislými, silně skalnatými svahy nebo stěnami a zhruba rovným až vkleslým dnem, který vznikl převážně hloubkovou erozí karových ledovců. Mimoto se na jeho vzniku intenzívně podílí i mrazové zvětrávání a různé soliflukční procesy. Na tvaru karů se uplatňují petrologické, strukturní a stratigrafické faktory. Dno karu je v důsledku silné hloubkové eroze rovné nebo často i přehloubené – v tomto případě bývají deprese zatopeny karovými jezery.

DEMEK (1987) charakterizuje kar jako oválnou prohlubeninu otevřenou jedním směrem s příkrými, často svislými skalními stěnami s konkávním dnem a se stupněm při úpatí na otevřené straně. Kar vzniká nivací, přičemž dno bývá vyplněno jezerem, močálem nebo firmem.

Mnoho autorů přijalo a používá definici karu stanovenou organizací *British Geomorphological Research Group* na setkání v Durhamu v roce 1973 (EVANS & COX 1974 in BENN & EVANS 1998). Kar zde byl definován jako ledovcovou činností vytvořená cirkovitá sníženina otevřená směrem dolů, v horní části ohraničená strmou karovou stěnou, která obloukovitě obklopuje dno s mírným sklonem. Sklon karové stěny dosahuje 35° a sklon dna karu je menší než 20°. Část karové stěny vznikla s subaerickým prostředím. Rozvodí leží v dostatečné blízkosti nejvyššího bodu karové stěny, takže led proudící z vyšších částí se na modelaci karové stěny podílí minimálně, popřípadě vůbec.

V Českém masívu a ve Vnějších Západních Karpatech jsou častým jevem erozní tvary připomínající kary. Bývají označovány jako karoidy (RUBÍN & BALATKA, 1986) nebo karovité deprese (CZUDEK 2005).

Karovité deprese se vyskytují zhruba od 300 m n. m. do nejvyšších poloh České republiky. Jsou to nápadné, v pevných horninách strukturně podmíněné vhloubené tvary různých rozměrů na svazích, v začátcích svahových úpadů, suchých říčních údolích (CZUDEK 2005).

Karovité tvary mají převážně amfiteatrální tvar. Sklon svahů mívá okolo 25-30°, místy také přes 40°. Vyšší okolní terén bývá oddělen výraznou hranou (CZUDEK 2005). V dnešní době je pravděpodobně většina těchto tvarů nejen porostlá vegetací, ale také antropogenně ovlivněna.

Dno karovitých uzávěrů je často nerovné, můžou se vyskytovat kamenné valy a proudy. Podle CZUDKA (2005) je důležitým faktorem karovitých tvarů jejich svahová orientace ke všem světovým stranám.

Karoidy mají stejnou genezi jako kary, vznikly však v místech slabšího zalednění. Jsou proto menších rozměrů i méně dokonalých forem (mírnější svahy, svažitá dna aj.), RUBÍN & BALATKA (1986).

V případě výzkumu glaciální deprese Velké kotliny odpovídá sklon karové stěny ( $35,0^\circ$ ) a průměrný sklon dna ( $16,6^\circ$ ) definici karu od *British Geomorphological Research Group* (EVANS & Cox 1974 in BENN & EVANS 1998).

Naproti tomu srovnáme-li glaciální depresi Velké kotliny s definicí karovitěho uzávěru od CZUDKA (2005), konkrétně průměrný sklon glaciální deprese ( $20 - 30^\circ$ ), pak se sledované území ztotožňuje hodnotou sklonu svahů  $26,5^\circ$  i s touto definicí. Z dalších znaků, které nasvědčují o klasifikaci dolního uzávěru Velké kotliny jako karovitě deprese jsou: malé rozměry glaciální sníženiny, amfiteatrální tvar (stejně jako u definic karu), nerovné dno, svahy porostlé vegetací a orientace nejen na severní a východní kvadranty, ale na všechny světové strany.

O velké podobnosti jednotlivých definic glaciálních tvarů vypovídá také definice karoidu od RUBÍNA & BALATKY (1986). Přestože se zkoumané území za karoid nepovažuje, jeho charakteristika vystihuje většinu vlastností Velké kotliny: glaciální genezi, vznik v místech slabšího zalednění, menší rozměry i méně dokonalé formy, svažitá dna aj.

Díky společné genezi je pochopitelné velké množství společných znaků mezi kary, karovitými depresemi a karoidy. Pro problematiku vymezení jednoho z uvedených termínů byla pozornost obrácena na zahraniční literaturu. Zde jsou za kary považovány všechny glaciální formy, různých rozměrů a vlastností, jejichž vznik je dán (kromě geologické predispozice) modelací karovým ledovcem. Je-li prokázána přítomnost karového ledovce, pak je glaciální forma popisovaná jako kar (*cirque, corrie, karst...*).

Na základě rozboru definic byl údolní uzávěr Velké kotliny podrobněji vymezen jako karová deprese amfiteatrálního tvaru zařizlá do jihovýchodního svahu Vysoké Hole, otevřená směrem do údolí. V horní části deprese ohraničuje strmý svah s četnými skalními výchozy, v dolní části je otevřená směrem do údolí. Hranice karové stěny začíná v horní části karu strmým přechodem z mírného svahu ve strmou karovou stěnu, v dolní části končí svahovými akumulacemi, které plynule navazují na dno karu. Kar je považován za dvoustupňový, vyskytují se zde dvě výškové úrovně dna navzájem oddělené výrazným stupněm reliktu ústupové morény. Výše položené dno je blíže vymezeno svahovými akumulacemi v horní části a morfologicky

dobře viditelným stupněm počátku ústupové morény ve spodní části. Dno položené níže po svahu údolí má počátek na úpatí reliktu ústupové morény a končí v místě začátku reliktu morény čelní. Tento přechod není příliš výrazný. Jeho identifikace byla upřesněna metodou podélného a příčného profilování.

## MORFOLOGIE VELKÉ KOTLINY

Analýzou orientace svahů karové deprese Velké kotliny byla zjištěna převaha jihovýchodní orientace (34,1 %) (obr. 17), poté orientace jižní (28,8 %). Východní orientace zaujímá pouze 19,1 % z plochy karového uzávěru. Převažující jihovýchodní orientace je popisována také v publikacích autorky PROSOVÉ (1958, 1973). Naopak podle CZUDKA (2005) je Velká kotlina situovaná pod Vysokou Holí obrácena k východu až jihovýchodu.

Shoda s výsledky práce CZUDKA (2005) odpovídá umístění karu Velké kotliny do rozmezí nadmořských výšek 1150 až 1350 m n. m. Analýzou nadmořské výšky v této práci byla karová deprese Velké kotliny vymezena do 1110 - 1363,4 m n. m. (obr. 22).

Plocha karu promítnutá do roviny je 28,76 ha.

Mezi morfometrickými charakteristikami popisujícími tvar karové deprese byly porovnávány průměrné sklony karu, průměrné sklony dna a stěny karu. Nejvíce plochy karové deprese (41,5 %) zaujímají sklony svahů 15 – 25° (obr. 13). Druhým nejčetnějším intervalem je 25 – 35° (36,0 %). Strmá karová stěna je charakterizována sklony 35 – 55° (51,2 %), o něco méně plochy (42,3 %) zaujímá interval sklonů 25 – 35° (obr. 14). Na dně karu dominují sklony 15 – 25°, a to 75,4% (obr. 15).

Jedním z nejužitečnějších prostředků pro vyjádření tvarových proporcí karů je poměr délky a šířky zkoumaných forem (FEDERICI & SPAGNOLO 2004). Analýzou této morfometrické charakteristiky v různých částech světa bylo vyvozeno několik klasifikací (viz níže).

Na základě výzkumu glaciálních forem v Apeninách klasifikovali DAMIANI & PANNUZI (1987) in FEDERICI & SPAGNOLO (2004) kary do tří kategorie:

1. kary vysoce erodované v oblasti prahu (*lip*) periglaciálními a fluviálními procesy po skončení zalednění ( $L/W < 0,5$ )
2. kary, ve kterých se nachází nebo nacházel karový ledovec ( $0,5 < L/W < 1$ )
3. kary, ve kterých se nachází nebo nacházel karový ledovec s dlouhým ablačním jazykem ( $L/W > 1$ )

Karovou depresi Velké kotliny zařazuje DAMIANIHO & PANNUZIHO (1987) klasifikace s hodnotou 1,08 do třetí kategorie (viz Tab. 5).

Jiná klasifikace karů byla v roce 2000 zpracována autory GARCÍA-RUIZ *et al.* (2000). Výzkumem glaciálních forem v oblasti centrálních Pyrenejí ve Španělsku dospěli k rozdělení karů do čtyř následujících skupin. Kromě poměrů L/W je v tomto případě analyzována i průměrná plocha karů, která však při hodnocení karu v zájmové oblasti nebyla posuzována.

- 1) velmi široké a hluboké kary o různé velikosti, průměrná hodnota  $L/W = 0,4$ , průměrná rozloha (A 2D) = 45,6 ha.
- 2) dlouhé a úzké kary s mírným sklonem dna, bez přehloubení. Průměrná hodnota  $L/W = 1,48$ , průměrná rozloha (A 2D) = 25,7 ha.
- 3) okrouhlé a hluboké kary. Výskyt karů této skupiny byl ve sledované oblasti nejčastější, tvar karů je tedy považován za nejběžnější. Průměrná rozloha (A 2D) = 22 ha, průměrná hodnota  $L/W = 0,76$ .
- 4) okrouhlé kary s mírným sklonem, bez přehloubení. Průměrná rozloha (A 2D) = 49,6 ha, průměrná hodnota  $L/W = 0,9$ .

Nevýhodou této klasifikace je vymezení skupin na základě absolutních čísel, což znesnadňuje srovnávání karových depresí z různých oblastí.

Karový uzávěr Velké kotliny ( $L/W = 1,08$ ) se v klasifikaci GARCÍA-RUIZ *et al.* (2000) nejvíce shoduje se čtvrtou skupinou, kde jsou zastoupeny okrouhlé kary s mírným sklonem dna a nevýrazným přehloubením

Obecným předpokladem hodnocení  $L/W$  však zůstává, že čím více se hodnota  $L/W$  blíží 1, tím více má tvar karové deprese charakter kruhu.

Ze srovnání pěti různých prací zabývajících se výzkumem morfometrických charakteristik karů z různých oblastí FEDERICI & SPAGNOLO (2004) dále vyvozují, že hodnota poměru šířky a výšky karu ( $L/H$ ) je větší (2,7–4,7) v pohořích tvořených paleozoickými horninami, než v horských oblastech meso–kenozoických (alpínských) – hodnoty 1,43–2,5 (MENTLÍK 2005). Průměrná hodnota  $L/H$  karu zkoumané oblasti (2,54) odpovídá typu pohoří s paleozoickými horninami.

Význam analýzy morfometrických charakteristik karu Velké kotliny spočívá především v možnosti srovnání údolního uzávěru Moravice jednak s údolím prvního pravostranného přítoku Moravice a jednak se srovnatelnými karovými uzávěry středohorských oblastí. Díky výběru

mezinárodně užívaných hodnotících kritérií (tab. 8) bylo možné srovnat zjištěné výsledky (viz výše) s pracemi GORDON (1977) a STEFFANOVÁ (2006).

Ze srovnání morfometrických charakteristik karů v oblasti Kintail-Affric-Cannich v severním Skotsku a karů Šumavy a Bavorského lesa s daty získanými analýzou karu Velké kotliny vyplývá následující:

- většina uvedených autorů uvádí převažující chladnou orientaci sledovaných glaciálních forem mezi severní a východní stranou. Karová deprese Velké kotliny je však orientovaná převážně jihovýchodně. Této orientaci odpovídá pouze kar Roklanského jezera z německé části Šumavy. Karová deprese Čertova jezera je orientovaná převážně na východní stranu, v těsném závěsu je však patrná také orientace jihovýchodní (STEFFANOVÁ 2006).
- průměrný poměr L/W zkoumané karové deprese v zájmové oblasti (1,08) se nejvíce přibližuje průměrným hodnotám L/W karů v oblasti Kintail-Affric-Cannich v severním Skotsku (1,12) (GORDON 1977). V porovnání poměru L/W s glaciálními formami na Šumavě a v Bavorském lese (STEFFANOVÁ 2006) došlo k největší schodě s kary Prášilského a velkého Javorského jezera.
- hodnota průměrného sklonu karu Velké kotliny ( $26,47^\circ$ ) se nejvíce ztotožňuje s hodnotami naměřenými GORDONEM (1977) v severním Skotsku ( $25,9^\circ$ ).
- hodnota průměrného poměru L/H dosahuje na sledovaném území oproti jiným oblastem poměrně vysokých hodnot (2,54). Z porovnávaných autorů se tomuto hodnocení nevíce blíží GORDON (1977) s hodnotou (2,21).

Přestože se karové deprese jedna od druhé liší jak velikostí tak tvarem, lze je v jejich nejjednodušší podobě vyjádřit logaritmickou křivkou (k-křivka od HAYNES, 1968), která byla v případě Velké kotliny vypočtena dvěma způsoby.

$y'$  - vzdálenost nejvyššího bodu karové stěny a nejhlubším místem v karu (0,85)

$y''$  - vzdálenost nejvíce strmého úseku mezi horní hranou karové stěny a nejhlubším místem v karu (0,80)

Obě hodnoty k-křivky karové deprese Velké kotliny odpovídají klasifikaci karu se strmějšími a více sevřenými stěnami, dno karu je částečně přehloubené.

## ÚVAHY O GENEZI KAROVÉ DEPRESE VELKÉ KOTLINY A DŮKAZY KVARTÉRNÍHO ZALEDNĚNÍ

Podle CZUDKA (2005) je výskyt ledovcových karů a základní morfologie spíš funkcí geologických podmínek (tektonických zdvihů, systému puklin) a souboru pliocenních a pleistocenních geomorfologických procesů, než samostatné ledovcové činnosti. Ledovcové kary by podle jeho názoru nebyly ve výsledku výrazně jiné, kdyby v nich karové ledovce nebyly.

Podobně jako v ostatních českých horách rozhodovaly o zalednění zkoumané karové deprese nejen geomorfologické, ale i klimatické podmínky. V pleistocénu byla Evropa zasažena pevninským zaledněním. Konec kontinentálního ledovce sahal až do oblasti Moravské brány, Šluknovského a Frýdlantského výběžku. Podle PROSOVÉ (1973) byly důkazy o horském zalednění nalezeny na Šumavě, v Krkonoších a Hrubém Jeseníku. Při předpokladu stejného západního proudění větru v období formování karové deprese Velké kotliny byly pravděpodobně odvíván do karové deprese sníh z přilehlé deflační plošiny značných rozměrů.

Důkazy o zalednění údolního uzávěru Velké kotliny byly mapovány prostřednictvím terénního výzkumu. Na základě rozboru sklonů svahů v prostředí GIS a pozorování forem reliéfu v terénu byla vymezena hranice karové deprese, hranice karové stěny a dna karu.

Málo odolné horniny a neustále probíhající geomorfologické procesy v karové stěně způsobují velmi problematickou identifikaci tvarů pleistocenního zalednění. Přesto by Fiekovy ohlazy nacházející se východně od Vitáskovy rokle mohly být považovány za ohlazy vzniklé kvartérním ledovcem. Na skalních výchozech v karové stěně se dnes již známky ledovcové eroze nezachovaly.

Na dně karu byly zmapovány dva reliktu morén. Výše položený relikt morénového valu, předělující horní a dolní úroveň dna karu, byl popsán jako relikt ústupové morény (1170 – 1130 m n. m.). Relikt morénového valu za hranicí karu odpovídá pozůstatku čelní morény (1100 – 1060 m n. m.). Upřesnění zmapovaných hranic obou glaciálních akumulací bylo podpořeno příčným a podélným profilováním naměřeným v terénu.

Hypotéza o glaciální genezi reliktů morénových valů byla podpořena výsledky analýzy sedimentů a měřením georadarem. Materiál odebraný z reliktu čelní morény odpovídal klasifikaci velmi špatně vytríděného vzorku podle autorů BEZVODOVÁ et al. 1985 a HUBBARD & GLASSER (2005), což svědčí o možnosti glaciální geneze. Správná identifikace morénových valů (např. na rozdíl od suťových valů) byla podpořena dalšími dvěma metodami: analýzou sedimentů včetně granulometrie a měřením georadarem.

Z hlediska poznání geneze sledovaného území byly srovnány podélné a příčné profily údolního uzávěru Moravice a údolí prvního pravostranného přítoku. Z výsledků porovnání jak

podélných, tak příčných profilů vyplývá glaciální geneze Velké kotliny (obr. 45 a 46). Naopak údolí prvního pravostranného přítoku známky zalednění nepotvrzuje.

Metody určení sněžné čáry nejsou vždy jednoznačné, přesto mají značný význam z hlediska poznání charakteru a geneze dříve zaledněných oblastí. Pro určení pleistocénní ELA byly vybrány čtyři metody (MELM, THAR, cirque-floor altitude a TP & TPW-ELA. Přehled jednotlivých hodnot ELA je uveden v tabulce 9.

Metody TPW ELA a cirque-floor altitude jsou vypočteny na základě stejného parametru, proto jsou shodné (1145,4 m n. m.). Nejnižše sahá sněžná čára vypočtená metodou MELM, a to do nadmořské výšky 1108,0 m n. m., nejvýše do nadmořské výšky 1197,7 m n. m. Hodnota TP ELA (1447 m n. m.) odpovídá výšce sněžné čáry, v případě, že by se v údolním uzávěru Moravice karový ledovec nevyskytoval.

Kvartérní vývoj reliéfu v údolním uzávěru Moravice mohl tedy vypadat následovně: Vlivem celkového ochlazení klimatu na našem území v období pleistocénního pevninského zalednění byly ve vrcholových částech sledovaného území vytvořeny horské ledovce. S ochlazením klimatu souviselo i snížení sněžné čáry, což způsobilo trvalé udržování sněhu v údolní uzávěru vytvořeným zpětnou a hloubkovou erozí. Mimo jiné byl sníh do karové deprese dodáván i z vrcholových deflačních plošin, na jejichž závětrných stranách se v minulosti mohly hromadit masy sněhu. Při předpokladu stejného převládajícího směru proudění větru byl sníh odvíván do sníženiny přímo či pozdějšími lavinovými procesy po strmém svahu karové stěny. Akumulací a opakovanou regelací se sníh měnil ve firm, ledovcový led a karový ledovec. Při pohybech karového ledovce se projevovala jeho erozní a denudační činnost, která dotvarovala glaciální depresi do dnešní podoby. V dolní části karu překročil splaz karového ledovce jeho stupeň (*lip*), o čemž svědčí pozůstatky čelní morény. V době největšího rozsahu zalednění sahal ledovec až do výšky 1100 – 1060 m n. m.



## 9. ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na morfologii údolního uzávěru Moravice s důrazem na identifikaci a analýzu glaciálních tvarů.

Výsledky zpracování morfometrických charakteristik (sklon karové stěny:  $35,0^\circ$  a průměrný sklon dna karu:  $16,6^\circ$ ) umožnily podle rozboru definic a především podle definice karu od *British Geomorphological Research Group* (EVANS & COX 1974 in BENN & EVANS 1998) označit Velkou kotlinu jako karový uzávěr.

Terénním mapováním a analýzou v prostředí GIS 9.3 byla vymezena hranice karu a jeho částí (karová stěna, dno karu).

V karovém uzávěru Velké kotliny převažuje jihovýchodní orientace ( $34,1\%$ ) (obr. 17), menší plochu zaujímá orientace jižní ( $28,8\%$ ).

Výškové rozpětí karu odpovídá nadmořské výšce 1110 - 1363,4 m n. m. (obr. 22).

Plocha karu promítnutá do roviny je 28,76 ha.

Největší část plochy karové deprese ( $41,5\%$ ) zaujímají sklony svahů  $15 - 25^\circ$  (obr. 13), dále pak sklony  $25 - 35^\circ$  ( $36,0\%$ ).

Srovnáním výsledků analýz morfometrických charakteristik s pracemi jiných autorů vyplynula největší shoda glaciální formy Velké kotliny s morfometrickými charakteristikami karových depresí ze severního Skotska (GORDON 1977). Žádná kvantifikativní shoda nebyla oproti očekávání nalezena s žádným s karů na Šumavě a v Bavorském lese (STEFFANOVÁ 2006), ačkoli genezí a charakterem jsou si podobné nejvíce. Důsledkem minimálních shod s okolními glaciálními formami může být považován značně nedokonalý tvar zkoumané glaciální formy, kdy sklon dna karu převyšuje hodnoty jiných zkoumaných forem a naopak sklon karové stěny je oproti srovnávaným karům značně menší.

Využitím různých metod byly ve sledované oblasti identifikovány glaciální formy reliéfu, které dokazují možnost kvartérního zalednění.

Malá odolnost hornin způsobila zahlazení ledovcových stop v karové stěně. Za důkaz glaciálního přemodelování lze považovat skalní ohlazy východně od Vitáskovy rokly (Fiekovy ohlazy).

V době maximálního zalednění karové deprese dosahoval pravděpodobně ledovec až do nadmořských výšek 1100 až 1060 m n. m., kde po sobě zanechal relikty čelní morény.

Mapováním v terénu a analýzou podélných a příčných profilů byly vymezeny hranice dvou relikty morénových valů identifikovaných na dně karu. V místě eroze relikty čelní morény

tokem Moravice byly odebrány vzorky k laboratornímu výzkumu. Sedimenty byly klasifikované jako velmi špatně vytříděné, což podporuje možnost glaciální geneze.

Úvahy o kvartérním zalednění podpořilo také srovnání podélných a příčných profilů údolního uzávěru Moravice s údolím prvního pravostranného přítoku.

Zmapované formy reliéfu byly zakresleny do geomorfologické mapy 1:10 000 (viz. příloha).

## 10. SEZNAM LITERATURY

- AHNERT, F. 1996. Introduction to Geomorphology. London : Arnold. 352 pp.
- ANIYA, M. & WELCH, R. 1981. Morphometric analyses of antarctic cirques from photogrammetric measurements. *Geografiska Annaler*, 63 A. 1–2: 41–53.
- BENN, D. I. & EVANS, J. A. 1998 *Glaciers & Glaciation*. New York: Oxford University Press Inc. 734 pp.
- BEZVODOVÁ, B., DEMEK, J. & ZEMAN, A. 1985. *Metody kvartérně geologického a geomorfologického výzkumu*. Brno : UJEP v Brně (skriptum). Praha : SPN. 207 s.
- BURÁŇ Petr, 2009. *Využití georadaru v základním aplikovaném geologickém výzkumu*. Bakalářská práce na Ústavu geologických věd Masarykovy univerzity. Vedoucí práce: Doc. Mgr. Ondřej Bábek, Dr.
- BUZEK, L. 1979. *Metody v geomorfologii*. Pedagogická fakulta v Ostravě, 156 s.
- CZUDEK, T. 1997. *Reliéf Moravy a Slezka v kvartéru*. Tišnov: Sursum. 213 s.
- CZUDEK, T. 2005. *Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru*. Brno: Moravské zemské muzeum. 238 s.
- DEMEK, J. 1965. *Geomorfologie Českých zemí*. Praha: ČSAV.
- DEMEK, J. (eds.). 1987. *Hory a nížiny*. *Zeměpisný lexikon ČSR*. Praha: Academia. 1987. 584 s.
- DEMEK, J. 1971. *O vzniku povrchových tvarů Hrubého Jeseníku*. *Campanula*, 2, Ostrava: Krajské středisko památkové péče a ochrany přírody, s. 7-19.
- DEMEK, J. eds. 1972. *Manual of detailed geomorphological mapping*. Praha: Academia. 344 pp.
- DEMEK, J., 1982. *Geomorphological mapping: progress and problems in Perspectives in Geomorphology, Vol. III. Applied Geomorphology*, edited by H. S. SHARMA, pp. 221-235, Concept Publishing Co., New Delhi, India, 1982.
- Demek, J., Zeman, A., 1984. *Kvartér: Geologie a geomorfologie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. s 192.
- Demek, J. et. al. 1985. *Metody kvartérně geologického a geomorfologického výzkumu*. Brno: Univerzita J. E. Purkyně.
- DEMEK, J. *Obecná Geomorfologie*. Praha: Academia, 1987.
- ENGEL, Z. 1996. *Geomorfologie Labského dolu*. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, Praha. Vedoucí práce: Prof. RNDr. Jan Kalvoda, DrSc. 66 s.
- EVANS, I. S. 1972. *General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics*. In Chorley, R. J. edit. *Spatial Analysis in Geomorphology*. p. 17–90.

EVANS, I. S. 1977. World-wide variations in the direction and concentration of cirque and glacier aspects. *Geografiska annaler* 59 A, 3–4: 151–175.

FEDERICI, P., R. & SPAGNOLO, M. 2004. Morphometric analysis on the size, shape and areal distribution of glacial cirques in the Maritime Alps (Western French-Italian Alps). *Geografiska Annaler*, 86 A. 3: 235–248.

GARCÍA-RUIZ J. M., GOMÉZ-VILLAR, A. M., ORTIGOSA, L. & MARTÍ-BONO, C. 2000. Morphometry of glacial cirques in the central Spanish Pyrenees. *Geografiska Annaler*, 82 A. 4: 433–442.

GORDON, J., E. 1977. Morphometry of cirques in the Kintail/Affric/Cannish area of northwest Scotland. *Geografiska Annaler*, 59 A. 3–4: 177–194.

HARASIM, M. 1998. Geomorfologie Velké kotliny v Hrubém Jeseníku. 75 s. Diplomová práce na Katedře geografie a geologie Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity. Vedoucí práce: Doc. RNDr. Ladislav Buzek, CSc.

HAYNES, V. M. 1968. The influence of glacial erosion and rock structure on corries in Scotland. *Geografiska Annaler* 50 A, 4: 221–234.

HUBBARD, B. & GLASSER, (2005) N. Field techniques in glaciology and glacial geomorphology. Chichester : John Wiley & Sons, Ltd. 400 pp.

CHLUPÁČ, I. a kol. Geologická minulost České republiky. Praha: Academia, 2002. 1. vyd. 436 s. ISBN 80-200-0914-0.

JENÍK, J. 1961. Alpínská vegetace Krkonoš, Kralického Sněžníku a Hrubého Jeseníku, NČSAV Praha.

KŘÍŽ, V. 1988. Hydrologický výzkum Velké kotliny v Hrubém Jeseníku. Opava: Časopis Slezského Muzea Opava, 37, Slezské Muzeum Opava. S. 135-146.

KŘÍŽ, V. 1995. Laviny Hrubého Jeseníku , Kralického Sněžníku a Moravskoslezských Beskyd. Přírodovědecký sborník Ostravské univerzity, 3, Ostrava. 69-86 s.

KUKAL, Z. (1986) Základy sedimentologie. Akademie: ČSAV, Praha. 466 s.

MARTINI, I. P., BROOKFIELD, M. E. & SADURA, S. 2001. Principles of Glacial Geomorphology and Geology. New Jersey : Prentice-Hall, Inc. 381 pp.

MENTLÍK, P. 2005. Zhodnocení stavu geomorfologických výzkumů v okolí Prášilského jezera a jezera Laka a návrh dalšího postupu výzkumných prací. Písemná práce k disertační zkoušce. Bratislava : Katedra fyzickej geografie a geoekológie. 70 s.

MÍSAŘ, Z. *et al.* Geologie ČSSR I.: Český masív. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983. 1. vyd. 333 s.

NESJE, A. & DAHL, S. 1992. Paleoclimatic implications based on equilibrium-line altitude depressions of reconstructed Younger Dryas and Holocene cirque glaciers in inner Nordfjord, western Norway. *Paleogeography, Paleoklimatology, Paleoecology*. 94: 87-97.

NETOPIĽ, R. 1956. Periglaciální cyklus a současné geomorfologické procesy v povodí Branné v Hrubém Jeseníku. *Sborník Československé společnosti zeměpisné*. Nakladatelství ČSAV. Svazek LXI. s 92-99.

PELÍŠEK, J. 1972. Půdní poměry chráněné krajinné oblasti Jeseníky. *Campanula*, 3, Ostrava. Krajské středisko památkové péče a ochrany přírody. 125-137 s.

PORTER, S. C. 2001. Snowline depression in the tropics during the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews* 20: 1067–1091.

POUBA, Z. 1959. Geologické mapování. Praha: Nakladatelství československé akademie věd.

PROSOVÁ, M. 1954: Studie o periglaciálních zjevech v Hrubém Jeseníku. *Přírodovědecký sborník Ostravského kraje* 15/1: s 1-15.

PROSOVÁ, M. 1958. Kvartér Hrubého Jeseníku (vrcholová část hlavního hřbetu). Disertační práce na Katedře geologie a geologicko-geografické fakulty Univerzity Karlovy, Praha.

PROSOVÁ, M. 1973. Zalednění Hrubého Jeseníku. *Campanula* č. s 115-123.

RAAB, T. & VÖLKEL, J., 2003. Late Pleistocene glaciation of the Kleiner Arbersee area in the Bavarian Forest, south Germany. *Quaternary Science Reviews* 22: 581–593 p.

RUBÍN, J., BALATKA, B., LOŽEK, V., MALKOVSKÝ, M., PILOUS, V. & VÍTEK, J. 1986. Atlas skalních zemin a půdních tvarů. Praha : Academia. 385 s.

SOUKUPOVÁ, L. 2008. Geomorfologie hřebenů v Brdech. Diplomová práce na katedře Fyzické geografie a geoekologie na Přírodovědecké fakultě Karlovy Univerzity v Praze. Vedoucí práce: Prof. RNDr. Jan Kalvoda, DrSc.

STEFFANOVÁ, P. 2006. Srovnání morfometrických charakteristik karů Šumavy a Bavorského lesa. Bakalářská práce na katedře Geografie Pedagogické fakulty Západočeské univerzity v Plzni. Vedoucí práce: RNDr. Pavel Mentlík, PhD. 82 s.

SUMMERFIELD, M. A. 1991. *Global Geomorphology*. Edinburgh : Pearson Education Limited. 537 pp.

SVOBODA, J et al. 1983. Regionální geologie ČSSR. I., Československá akademie věd, Praha.

ŠEBESTA, J., TREML, V. 1976. Glacigenní a nivační modelace údolí a údolních uzávěrů Krkonoš. *Opera Concontica* 13. Správa Krkonošského národního parku ve Státním zemědělském nakladatelství v Praze. s 7-44.

TOMÁŠEK, M. 2003. Půdy České republiky. Česká geologická služba: Praha 2003. ISBN 80-7075-607-1.

TUČEK, J. 1998. GIS – Geografické informační systémy. Praha: Computer Press. 1998 424 s

VALENTA, J. (1983). Inventarizační geologický průzkum ve Velké kotlině. Malá Morávka, CHKO Jeseníky.

VILBORG, L. 1977. The cirque forms of Swedish Lapland. *Geografiska Annaler*, 59 A. 3–4: 89–150.

VOČADLOVÁ, K. & KRÍŽEK, M. 2005. Glacial landforms in the Černé jezero Lake area. *Miscellanea Geographica* 11: 47–63.

VOŽENÍLEK V. eds. 2001. Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu. Olomouc : UP v Olomouci. 1 vyd. 184 s.

ZABAGED. Geografická databáze 1: 10 000.

ZAPLETAL, K. 1929. Morava a Slezko v Pleistocénu. *Příroda XXII*. Brno. s184-185

AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR (online) (cit. 2009-08-20), dostupné z: [www.nature.cz](http://www.nature.cz)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

1. *Vymezení zájmového území*
2. *Geologické poměry okolí Velké kotliny*
3. *Detail křemencové vložky ve fylitech*
4. *Křemencová žíla ve stěně karové deprese*
5. *Zařazení zájmového území do systému geomorfologického členění*
6. *Povodí řeky Moravice*
7. *Horní tok Moravice*
8. *Půdní poměry okolí Velké kotliny*
9. *Zjednodušený příklad výškového rozdílu mezi TP-ELA a TPW-ELA*
10. *Ortogonální rozložení os klastů (a, b, c)*
11. *Tvar a míra zaoblení sedimentů*
12. *Rozložení vybraných morfometrických charakteristik v karu Velké kotliny*
13. *Podíl sklonů svahů na ploše karu Velké kotliny*
14. *Podíl sklonů svahů na ploše karové stěny Velké kotliny*
15. *Podíl sklonů svahů na ploše dna karu Velké kotliny*
16. *Rozložení průměrných sklonů svahů v zájmovém území*
17. *Podíl orientace svahů na ploše karu Velké kotliny*
18. *Podíl orientace svahů na ploše karové stěny Velké kotliny*
19. *Podíl orientace svahů na ploše dna karu Velké kotliny*
20. *Rozložení orientace svahů v zájmovém území*
21. *Podíl nadmořských výšek na ploše karu Velké kotliny*
22. *Rozložení nadmořských výšek v zájmovém území*
23. *Poloha podélných příčných profilů v karu*
24. *Poloha podélných profilů v karu a v karové stěně*
25. *Podélný profil karem (P6)*
26. *Podélný profil pramenem Moravice (P5)*
27. *Podélný profil karovou stěnou (P3)*
28. *Podélný profil karovou stěnou (P4)*
29. *Poloha příčných profilů v oblastech reliktu ústupové morény*
30. *Příčný profil reliktem ústupové morény (P2)*
31. *Příčný profil reliktem ústupové morény (P5)*
32. *Příčný profil reliktem ústupové morény (P7)*

33. *Příčný profil reliktem ústupové morény (P9)*
34. *Příčný profil reliktem ústupové morény (P10)*
35. *Příčný profil reliktem ústupové morény (P11)*
36. *Souhrnný graf příčných profilů vedených přes relikt ústupové morény*
37. *poloha podélného profilu a příčných profilů vedených přes relikt čelní morény*
38. *Příčný profil reliktem čelní morény (č. 20)*
39. *Příčný profil reliktem čelní morény (č. 21)*
40. *Příčný profil reliktem čelní morény (č. 23)*
41. *Příčný profil reliktem čelní morény (č. 26)*
42. *Příčný profil reliktem čelní morény (č. 30)*
43. *Souhrnný graf příčných profilů vedených přes relikt čelní morény*
44. *Poloha podélných a příčných profilů ve sledovaném území v prostředí GIS*
45. *Podélný profil údolním uzávěrem Moravice a údolím prvního pravostranného přítoku*
46. *Příčný profil karovou depresí Velké kotliny (P3)*
47. *Příčný profil karovou depresí Velké kotliny (P5)*
48. *Příčný profil údolním uzávěrem Velké kotliny (P7)*
49. *Příčný profil údolím prvního pravostranného přítoku (P8)*
50. *Příčný profil údolím prvního pravostranného přítoku (P9)*
51. *Velká kotlina – pohled z jihovýchodní strany Vysoké Hole (nad horní hranicí karové stěny)*
52. *Skalní výchoz (pod Vitáskovou roklí)*
53. *Vysoká Hole – pohled k jihovýchodu*
54. *Erozní rýha (vyústění pod reliktem čelní morény)*
55. *Erozní rýha (v karovém stupni)*
56. *Nivační deprese v karovém stupni*
57. *Fiekovy ohlazy – východní část karové stěny*
58. *Suťové kužely (v pozadí – Vitáskova rokle)*
59. *Mura (pod Fiekovými ohlazy)*
60. *Sesuv nalezený na levé části břehu Moravice*
61. *Dejekční kužely*
62. *Relikt ústupové morény na dně karu*
63. *Relikt čelní morény*
64. *Směrová růžice*
65. *Pukliny v jednom ze skalních výchozů ve Vitáskově roklí*



66. *Kumulativní granulometrická křivka*
67. *Zrnitostní složení sedimentů z hloubky 150 cm pod povrchem reliktu čelní morény*
68. *Zrnitostní složení sedimentů z hloubky 150 cm pod povrchem reliktu čelní morény*
69. *Histogram tvaru a zaoblení sedimentů*
70. *Trojúhelníkový diagram vzorků odebraných z hloubky 150 cm pod povrchem reliktu čelní morény*
71. *Klastické sedimenty reliktu čelní morény*
72. *Poloha georadarových profilů v údolním uzávěru Velké kotliny*
73. *Radarový snímek – příčný profil č. 2*
74. *Radarový snímek – podélný profil č. 1. a*
75. *Radarový snímek – podélný profil č. 1. b*
76. *Radarový snímek – podélný profil č. 1. c*

## **SEZNAM TABULEK**

1. *Zařazení zájmového území do systému geomorfologického členění*
2. *Klimatické charakteristiky*
3. *Extrémní hodnoty vybraných meteorologických prvků stanice Praděd (1947 – 1985)*
4. *Průměrný počet dnů v roce s charakteristickými hodnotami vybraných meteorologických prvků stanice Praděd (1947 – 1985)*
5. *Hydrografické údaje pramenné oblasti Moravice*
6. *Hydrografické sklonitostní a tvarové charakteristiky pramenné oblasti Moravice*
7. *Kategorie vytríděnosti sedimentárních vzorků*
8. *Přehled morfometrických charakteristik karu Velké kotliny*
9. *Přehled ELA vymezených pro karový uzávěr Velké kotliny*

**PŘÍLOHY:**

*Geomorfologická mapa údolního uzávěru Velké kotliny*