

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA EKONOMICKÁ

Bakalářská práce

Geomorfologická analýza kamenných akumulací vrchu

Žďár

Geomorphological analysis of the block accumulations

of the Žďár hill

Pavel Sedláček

Plzeň 2014

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma

„Geomorfologická analýza kamenných akumulací vrchu Žďár“

vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího bakalářské práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

V Rokycanech dne: 25. 4. 2014

.....

podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval doc. RNDr. Pavlu Mentlíkovi, Ph.D. za odborné vedení práce a RNDr. Václavu Stackemu, Ph.D za praktické rady a pomoc při terénní části výzkumu.

Dále pak Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovi v Praze za zapůjčení techniky na geofyzikální průzkum a také Českému úřadu zeměměřickému a katastrálnímu za poskytnutí dat umožňujících analýzu ve 3D prostředí.

V neposlední řadě patří dík také kolegovi Pavlu Krňákovi nejen za pomoc při makrosedimentologickém výzkumu.

Obsah

ÚVOD	7
1. CÍLE PRÁCE	9
2. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	10
2.1 POLOHA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	10
2.2 VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	11
2.3 GEOLOGICKÉ PODMÍNKY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	12
2.3.1 Stratigrafie	13
2.3.2 Strukturně-geologické podmínky	15
2.4 GEOMORFOLOGIE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	16
2.5 ANTROPOGENNÍ VLIV	18
3. ROZBOR LITERATURY	20
3.1 OBECNÁ LITERATURA	20
3.2 STAV GEOMORFOLOGICKÝCH VÝZKUMŮ V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ.....	20
3.3 SVAHOVÉ POCHODY A SVAHOVÉ SEDIMENTY	21
3.4 TVARY KAMENNÝCH AKUMULACÍ	23
3.4 VÝVOJ RELIÉFU ČR V SE ZAMĚŘENÍM NA STŘEDNÍ BRDY	23
4. METODIKA	25
4.1 GEOMORFOLOGICKÉ MAPOVÁNÍ	25
4.1.1 Geomorfologický informační systém.....	25
4.1.2 Problematika elementárních forem reliéfu.....	25
4.1.3 Metodika mapování pomocí GPS.....	25
4.1.4 Metodika mapování kamenných akumulací.....	26
4.2 VSTUPNÍ DATA A TVORBA DMR	27
4.2.1 Tvorba DMR v reprezentaci TIN	28
4.2.2 Tvorba povrchů morfometrických charakteristik v reprezentaci GRID	30
4.3 GEOFYZIKÁLNÍ METODY	31
4.3.1 Elektrická rezistivní tomografie.....	31
4.4 SEDIMENTOLOGICKÉ METODY	31
4.4.1 Makrogranulometrie	31
5. ANALYTICKÁ ČÁST	32
5.2 MORFOMETRIE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	32
5.2.1 Analýza rozložení nadmořských výšek	32
5.2.2 Analýza rozložení sklonů svahů.....	34
5.2.3 Analýza orientace svahů	35
5.3 ANALÝZA VLASTNOSTÍ KAMENNÝCH AKUMULACÍ	37

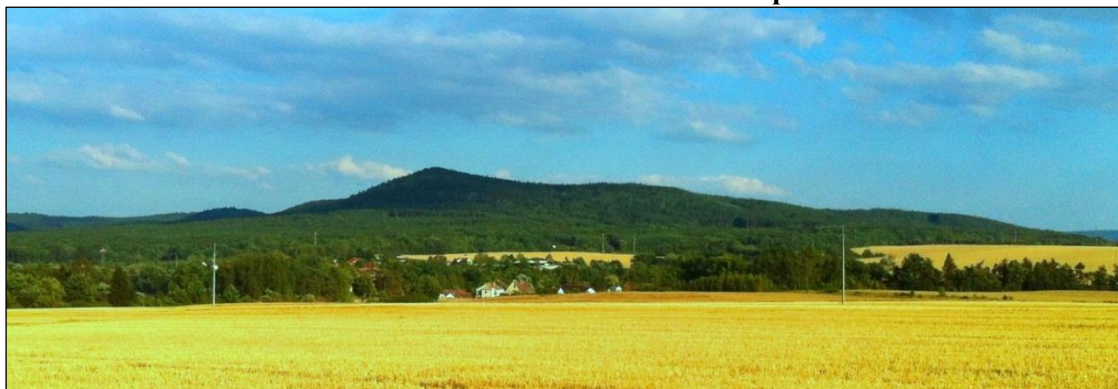
5.3.1 Výsledky geofyzikálního průzkumu	37
5.3.2 Makrosedimentologická analýza	38
5.4 GEOMORFOLOGICKÉ MAPOVÁNÍ	40
6. SHRUTÍ VÝSLEDKŮ A DISKUSE.....	41
ZÁVĚR	42
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	43
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	44
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ELEKTRONICKÝCH ZDROJŮ	45
SEZNAM PŘÍLOH.....	48
PŘÍLOHY	49
ABSTRAKT	53
ABSTRACT.....	54

ÚVOD

Na rozdíl od Českého krasu nebo Šumavy nepatří Brdy mezi lokality s dlouholetou tradicí geomorfologického výzkumu. V případě středních Brd je tento fakt spojen s existencí Vojenského újezdu Brdy. Jeho zřízení roku 1925 znamenalo praktické zamezení vědeckého výzkumu vrcholových partií tohoto pohoří. Při tom je pravděpodobné, že zarovnané vrcholové plošiny středních Brd představují nejstarší dochovaný reliéf České republiky (CÍLEK et al., 2011).

Vrch Žďár (629,45 m n. m.) představuje nejvyšší vrchol Strašické vrchoviny, podcelku Brd v celku Brdské vrchoviny. Jedná se o strukturně podmíněný hřbet ve směru severozápad – jihovýchod o délce přibližně 2,5 km (viz obr. č. 1). Vzhledem ke své okrajové pozici v rámci Brd a nezačlenění do vojenského újezdu představuje tento vrchol s četnými skalními výchozy a periglaciálně přemodelovaným reliéfem nepochybně atraktivní lokalitu pro geomorfologický výzkum (DEMEK et al., 2006).

Obr. č. 1: Pohled na strukturní hřbet vrchu Žďár ze severozápadu



Na vzniku zdejšího reliéfu se výrazně podílela tektonická činnost, jelikož vlivem saxonské tektoniky došlo k posunům na dřívějších zlomech a k rozlámání na jednotlivé horninové kry. Na S a SV úpatí Žďáru probíhá zlom, podél kterého je tato kra ukloněna a posunuta (ŠŤASTNÝ, 2003b). V těchto hřbetových partiích se vyskytují kamenné akumulace kvarterního stáří, které vznikly polygonálním rozpadem skalních výchozů na horním čele ukloněné horninové kry (DEMEK, 1987). Tyto kamenné polygony a jim příbuzné formy pravděpodobně představují nejnižše položené polygony evropského mírného pásma a z toho také vyplývá jejich význam (CÍLEK et al., 2011).

Vymezení, kamenných akumulací proběhla na základě geomorfologického mapování, které je dle MENTLÍKA (2007) chápáno jako základní výstup geomorfologického

výzkumu. Použití technologie GPS (*global positioning system*) a GIS (geografický informační systém) poté umožnilo podstatné vylepšení jak vlastního procesu tematického (geomorfologického) mapování, tak i zpřesnění výsledné geomorfologické mapy a navazujících prostorových analýz (VOŽENÍLEK, 2001).

1. CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem předkládané práce je zmapovat vybrané kvarterní kamenné akumulace ve vrcholových partiích Žďáru a zjistit jejich genezi. Dále pomocí geomorfologických metod prověřit, zda je tato geneze recentní či reliktní a s jakou dynamikou probíhá (probíhala). Dílčí cíle práce se dají shrnout v několika následujících bodech:

- Analýza morfometrických vlastností kamenných akumulací a jejich klasifikace.
- Analýza klastů na vybraném profilu.
- Zjištění vazby mezi čelem strukturního svahu a navazujícím pedimentem.
- Vytvoření návrhu GmIS (geomorfologického informačního systému).

Výstupem práce je mapa elementárních forem reliéfu (EFR) a mapa distribuce kamenných akumulací.

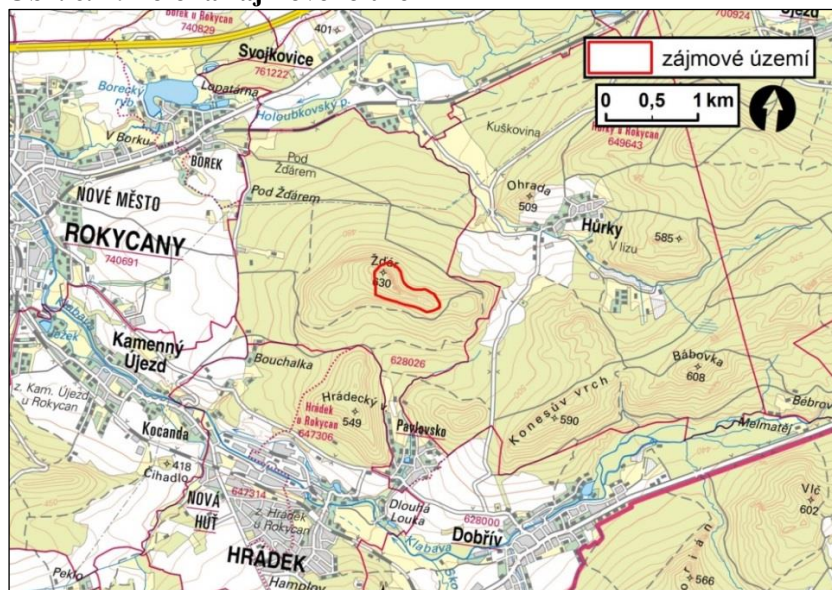
Paralelně s předkládanou prací vznikla pod Oddělením geověd Pedagogické fakulty Západočeské Univerzity v Plzni sesterská bakalářská práce kolegy KRŇÁKA (2014), která se zaměřuje na geomorfologickou analýzu kamenných akumulací vrchu Radče v sousední Křivoklátské vrchovině. Výstupem práce je proto také vzájemná konfrontace zjištěných výsledků.

2. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

2.1 Poloha zájmového území

Vrch Žďár (629 m n. m.) je situován na severozápadním okraji Brdské vrchoviny, jenž je součástí okrsku Strašická vrchovina a zároveň také jejím nejvyšším vrcholem. Nachází se asi 3 km východně od centra města Rokycany (viz obr. č. 1), odkud také vede značená turistická trasa až na jeho nejvyšší bod (WGS84 – N 49° 44,309', E 13° 39,472'). Je třeba zmínit, že Žďár je pro účel práce svojí polohou atraktivní především díky tomu, že nebyl zahrnut do Vojenského újezdu Brdy. Jeho zřízení na počátku 50. let znamenalo znemožnění přístupu a tudíž i dlouhodobějšího geomorfologického výzkumu středních Brd (CÍLEK et al., 2011). Zájmové území tedy představuje jednu z mála volně přístupných brdských lokalit, kde se kamenné akumulace nacházejí. Vrcholové partie zájmové oblasti jsou proto z podstatné části zahrnuty do zvláště chráněných území České republiky. Konkrétně do kategorie přírodní rezervace (PR), která zde byla vyhlášena roku 1953 výnosem tehdejšího Ministerstva školství a osvěty. Jedná se o maloplošně chráněnou oblast, ve které je předmětem ochrany geologické podloží (skalní útvary, suťové pole, kamenná moře atd.) i rostlinná a živočišná společenství (MŽP, 2014). Oblast je zobrazena na SM 5 – listy Plzeň 0-6, 0-7, 1-6 a 1-7 nebo na DMÚ 25 – list M-33-76-C-d.

Obr. č. 2: Poloha zájmového území

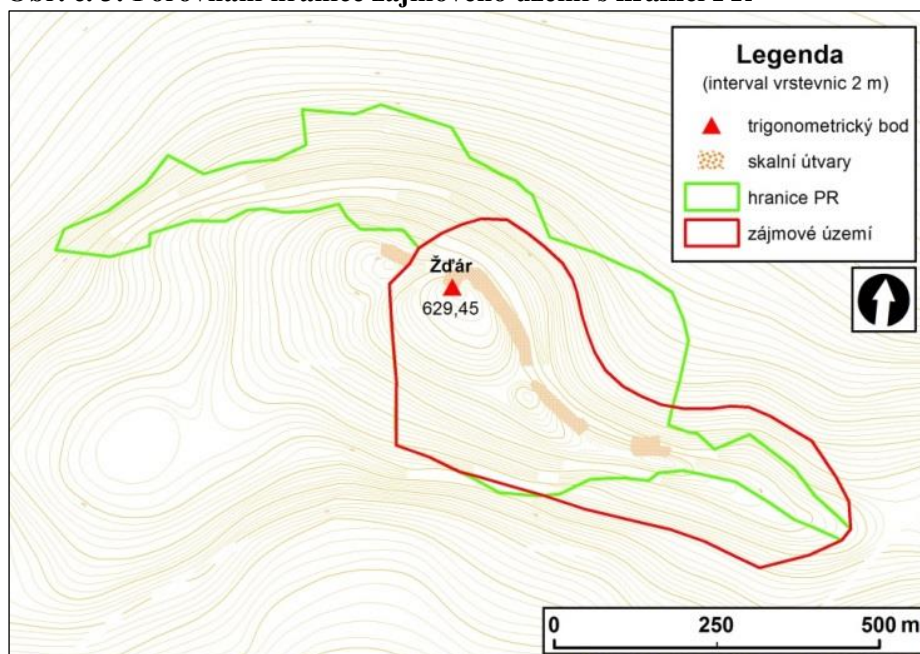


Zdroj: Vlastní zpracování v ArcGIS 10.0; podkladová mapa ZM 50 ©ČÚZK (2014).

2.2 Vymezení zájmového území

V dnešních klimatomorfogenetických podmínkách je dle MENTLÍKA^o(2002) vhodné z hlediska geomorfologické analýzy jako zkoumaný region vymežit povodí. V zájmovém území, ani v jeho bezprostředním okolí, se však nenachází jediný vodní tok a role fluviálních geomorfologických procesů, které se podílely na utváření zdejšího reliéfu, je proto marginální. Zájmové území bylo vymezeno tak, aby zahrnovalo většinu kamenných akumulací nacházejících se ve vrcholových partiích Žďáru. Území je protaženo ve směru severozápad – jihovýchod a kopíruje tak převážnou část strukturního hřbetu v přibližném směru východ – západ (ŠŤASTNÝ, 2003b). Tento hřbet zde představují výrazná několik desítek metrů vysoká skalní defilé, jejichž polygonálním rozpadem a následným gravitačně podmíněným pohybem po svahu dochází k akumulaci jednotlivých úlomků na úpatí a následné tvorbě suťových polí (RUBÍN et al., 1986). Jak již bylo zmíněno, toto geologické podloží je součástí PR Žďár a se zájmovým územím předkládané práce se značně překrývá (viz obr. č. 2). Celé se nachází v katastrálním území obce Pavlovsko a svojí rozlohou 1,863 km² zaujímá více než dvě třetiny plochy rezervace (2,556 km²). Hranice zkoumaného území byla na základě ověření v terénu z velké části vymezena vrstevnicí 550 m n. m. Pod touto hranicí se souvislé kamenné akumulace již vyskytují jen sporadicky. Hranice území sleduje vrstevnici 550 m n. m. na S a SV, na V a JV poté hranice stoupá až na nadmořskou výšku 574 m, přičemž zhruba kopíruje vymezení PR. Na J hranice opět klesá na vrstevnici 550 m n. m. a na JZ až Z se poté poměrně prudce zvedá a je cca 300 metrů vedena po hranici PR. Hranice je dále vedena přes hřeben až na původní vrstevnici 550 m n. m. Studovaná oblast má tvar nepravidelného oválu s delší osou o délce cca 807 m vedlejší osou o délce cca 205 m. Maximální nadmořská výška zájmového území je 629,45 m (vrchol Žďáru), minimální nadmořská výška poté 546,9 m. Dynamika reliéfu vychází právě z rozdílu nadmořských výšek 82 m.

Obr. č. 3: Porovnání hranice zájmového území s hranicí PR



Zdroj: Vlastní zpracování v ArcGIS 10.0; podkladová mapa SM 5 ©ČÚZK (2014).

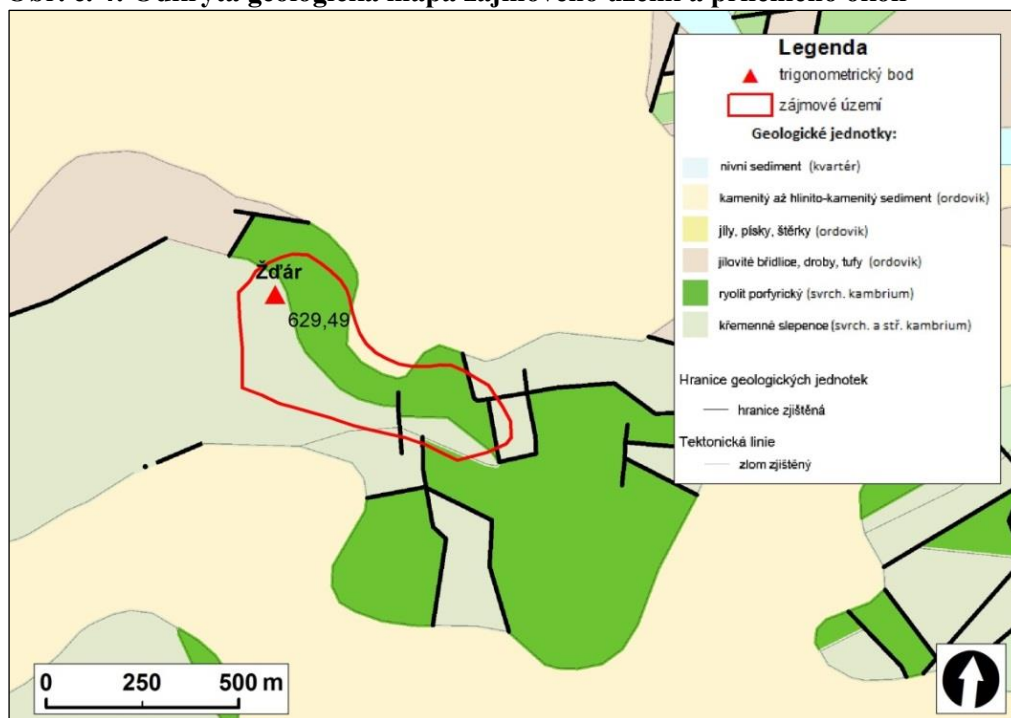
2.3 Geologické podmínky zájmového území

Povaha hornin skládajících oblast zájmového území je rozmanitá a vychází z pestré geologické minulosti tohoto vrchu a jeho okolí. Zájmová oblast se z hlediska geologické regionalizace řadí do nejzápadnější části paleozoika Barrandienu. Tato oblast (nebo spíše některé vybrané lokality) je z pohledu geologického poznání již takřka klasická, zejména od dob výzkumných prací Joachima Barranda v druhé polovině 19. století (CHLUPÁČ et al., 2002). Z hlediska geologického významu lze poté směle hovořit o mezinárodním věhlasu této oblasti, jelikož v Barrandienu je zachován kompletní sled hornin staršího paleozoika, bohatých na cenné fosilie (CHLUPÁČ et al., 1992). Poznáním geologie brdské oblasti se zabývali významní čeští geologové jako např. KETTNER a KODYM (1919), později HAVLÍČEK (1978) a další. Za zmínku jistě stojí práce Cyrila Purkyně (PURKYNĚ, 1914, 1915), který se Žďáru věnoval dlouhodobě a vydal také první kolorovanou geologickou mapu v rámci popisu geologického podloží jednotlivých polesí města Rokycan (KRAFT in ŠTASTNÝ, 2006).

2.3.1 Stratigrafie

Geologická stavba zájmové oblasti (viz obr. č. 4) převážně náleží sedimentům staršího paleozoika (kambrium a ordovik), které zde leží na proterozoickém základu. Ze středního kambria se na geologické stavbě podílí sedimenty ohrazenického souvrství, ze svrchního kambria poté sedimenty souvrství pavlovského a také vulkanity tzv. *křivoklátsko-rokycanského komplexu*. Ordovik je zde zastoupen klabavským souvrstvím, na kterém spočívají sedimenty karbonského stáří (CHLUPÁČ et al., 2002, KRAFT in ŠŤASTNÝ, 2006). Všechny tyto vrstvy jsou z podstatné části překryty kvarterními sedimenty, které dle RŮŽIČKOVÉ (2003) pokrývají přibližně 90% povrchu území České republiky. Podrobnější charakteristika stratigrafie a geologického vývoje zájmového území je shrnuta níže.

Obr. č. 4: Odkrytá geologická mapa zájmového území a přilehlého okolí



Zdroj: Vlastní zpracování v ArcGIS 10.0; podkladová mapa GeoČR 50 ©ČGS (2014).

Nejstarší horniny, které tvoří geologický základ Žďáru, vznikaly v mladším proterozoiku. Nachází se v podloží všech mladších hornin, přestože v zájmové oblasti ani v jejím nejbližším okolí nevycházejí na povrch (KRAFT in ŠŤASTNÝ, 2006). Ve starším paleozoiku dochází v důsledku kadomských horotvorných procesů k tvorbě depresí a sedimentačních pánví. V případě oblasti dnešních Brd a Příbramska se jednalo o tzv. *příbramsko-jineckou sedimentační pánev*. Tento staropaleozoický sedimentační

prostor, se vyznačuje jak kontinentálními uloženinami ve spodním kambriu, tak marinními uloženinami ve středním kambriu. Jedná se o systém tektonicky podmíněných sníženin, které zabírají podstatnou část Brdské vrchoviny. Během spodního kambria byla příbramsko-jinecká pánev zaplňována hrubozrnným a středně zrnitým úlomkovým materiálem, z něhož vznikaly různé typy slepenců. Právě brdský segment příbramsko-jinecké pánve obsahuje kambrické uloženiny o mocnosti až 3 km (CHLUPÁČ et al., 1992, KUNSKÝ, 1968).

Horniny spodního kambria na Rokycansku zcela chybí, jelikož na proterozoickém podkladu bezprostředně spočívají slepence z mladších souvrství, přesněji ze středního a svrchního kambria (KRAFT in ŠTASTNÝ, 2006). Střední kambrium je v zájmovém území zastoupeno jako ohrazenického souvrství. Ohrazenické souvrství se zde vyznačuje dobře vytríděnými monomiktními slepenci. Velikost klastů v těchto sedimentárních horninách se pohybuje v rozmezí od 20 do 50 mm, ojediněle však stoupá až na 350 mm (CHLUPÁČ et al., 1992).

Pavlovské souvrství, již datované do kambria svrchního, spočívá v západní části Brd na ohrazenickém souvrství středního kambria. Stejně jako ohrazenické souvrství je tvořeno slepenci, které jsou však více polymiktní. Svrchní kambrium bylo doprovázeno velkými paleografickými změnami. Ve svrchním kambriu se totiž začíná v oblasti dnešních Brd a Příbramska projevovat kaledonské vrásnění, které s ústupem moře podmínilo obnovení vulkanické činnosti *křivoklátsko-rokycanského komplexu* (KUNSKÝ, 1968). V zájmové oblasti se nacházejí podpovrchová ryolitová efuziva, přestože se oblast vyskytuje mimo vlastní vyvřelé pásmo. Tyto ryolitové příkrovy, se nacházejí v podloží pavlovského souvrství. *Křivoklátsko-rokycanský vulkanický komplex* v některých oblastech (např. Hradiště u Březiny) zasahuje až do spodního ordovik (CHLUPÁČ et al., 1992).

Ordovické sedimenty se v zájmovém území vyznačují vývojem mořských jílových a písčitých sedimentů v prostoru nově vzniklé pražské sedimentační pánve. Tento sedimentační prostor vznikl na základě ordovické mořské transgrese (CHLUPÁČ et al., 2002). V zájmovém území ordoviku náleží především jílovité břidlice klabavského souvrství (CHLUPÁČ et al., 1992), které budují zejména severní a západní úpatí Žďáru (viz obr. č 4).

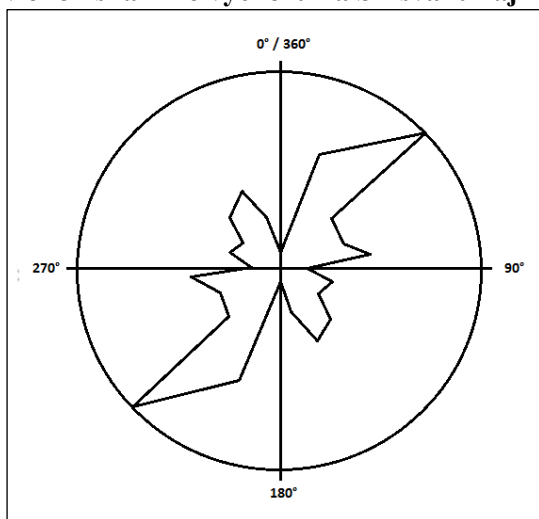
Od středního devonu až po svrchní karbon se začínají projevovat účinky variského orogénu, resp. saxonské tektoniky. Tato tektonická aktivita dala vzniknout malým depresím a pánvím mezi jednotlivými hřbety nově vznikajícího horstva (KRAFT in ŠŤASTNÝ, 2006). Tak vznikly tzv. *limnické černouhelné pánve*, do nichž byl z přilehlých hřbetů přinášen klastický materiál. Výplň těchto pánví tvoří především křemenné pískovce, arkózy, prachovce a jílovce, v menší míře také slepence, které jen nepatrně zasahují na východní úpatí Žďáru. Organogenní uloženiny a možné výskyty uhelných slojí s nimi spojené se v této lokalitě neprokázaly (CHLUPÁČ et al., 2002).

2.3.2 Strukturně-geologické podmínky

Barrandienská oblast byla zvrásněna během orogénu kadomského, variského a nepatrně také kaledonského. Variský orogén byl následován intenzivní tektonickou činností. Tato tektonická činnost (tzv. saxonská tektonika) byla význačná vznikem nebo obnovením četných podélných a příčných zlomů o různých směrech a různé výšce. Kerné zdvihy a poklesy poté vytvořily elevace a deprese různých velikostí (KUNSKÝ, 1968). Zkoumaná oblast se nachází v západní části barrandienského paleozoika, kde je uspořádání zlomů poměrně chaotické, jelikož vertikální ani horizontální zlomy zde nemají přímočarý průběh, ale zalamují se pod tupým až pravým úhlem (viz obr. č. 4). Díky těmto zlomům vznikla mozaika četných různě ukloněných ker, které jsou omezeny krátkými dislokacemi. V případě zájmového území hovoříme o tzv. strašickém zlomovém pásmu, které se nachází na SV okraji brdského segmentu (CHLUPÁČ et al., 1992).

Pro ověření toho zlomového systému bylo v zájmovém území již dříve provedeno měření směrů puklin (ŠŤASTNÝ, 2003b). Puklinový diagram (viz obr. 5) znázorňuje převládající směry vertikální puklin v okolí skalního výchozu na SZ svahu zájmového území s přibližnými hodnotami 120-145° a 35-60°. Pukliny o směru 120-145° směřují přibližně kolmo na čelo ukloněné kry a rozdělují ji tak na řadu skalních forem s relikty skalních výchozů, jejichž vývoj strukturně podmiňují. Pukliny o směru 35-60° poté přibližně rovnoběžně korespondují s průběhem čela ukloněné kry (ŠŤASTNÝ, 2003b).

Obr. č. 5: Diagram znázorňující směry vertikálních puklin v okolí skalního výchozu na SZ svahu zájmového území



Zdroj: Upraveno dle ŠŤASTNÉHO (2003b).

V bezprostřední blízkosti vrchu je uváděn pokles s převýšením 300 – 400 m v souvislosti předvestfálskou fází variské orogeneze (CHLUPÁČ et al., 1992). Zlom, který podmínil tento vertikální posun, se v podstatě nejzásadněji podepsal na vzhledu dnešního strukturního hřbetu. Podél tohoto zlomu totiž došlo k uklonění odolné slepencové kry pod úhlem 20 – 30°. Tato zlomová plocha byla během geomorfologického vývoje obnažena a začala tak podléhat vlivům exogenních procesů (ŠŤASTNÝ, 2003a, 2003b). Dokladem o tomto tektonickém vývoji jsou četná tektonická zrcadla, kterých bylo v zájmovém území zmapováno několik desítek (ŠŤASTNÝ, 2003a). Jako tektonické zrcadlo označuje DEMEK (1988) plochy vyhlazené vzájemným třením jednotlivých ker zemské kůry.

2.4 Geomorfologie zájmového území

Vrch Žďár je se svojí nadmořskou výškou 629,45 metrů nejvyšším bodem Strašické vrchoviny. Jedná se o okrsek podcelku Brd, celku brdská vrchovina. Přehledné zařazení do geomorfologického členění České republiky dle DEMKA (2006) viz tab. č. 1.

Tab. č 1: Zařazení zájmového území do geomorfologického systému

Provincie	Česká vysočina
Soustava	Poberounská V
Podsoustava	Brdská VA
Celek	Brdská vrchovina VA-5
Podcelek	Brdy VA-5A
Okrsek	Strašická vrchovina VA-5A-3

Zdroj: DEMEK et al. (2006).

Pro důkladné pochopení geomorfologie zájmového území, je nutné na něj pohlížet v kontextu širšího území (více o vývoji reliéfu kapitola 3.4). Brdská vrchovina lze typologicky zařadit mezi strukturně podmíněnou, členitou vrchovinu. Skládá se ze hřbetů protažených ve směru jihozápad – severovýchod. Na SV východě přechází v méně členitou Pražskou plošinu, na JV hranici zalesněné hřbety Brdské vrchoviny poté ostře vystupují nad reliéf Středočeské pahorkatiny. Výrazná úpatí tvoří SZ a Z svahy, které sousedí Plzeňskou pahorkatinou (DEMEK et al., 1965).

Na výsledném reliéfu Brdské vrchoviny se výrazně podílí rozdílná odolnost hornin vůči zvětrávání a denudaci. Tento pestrý, vrchovinný reliéf je výsledkem rozmanité tvrdosti hornin a rozčlenění zvláště příčnými zlomy (KUNSKÝ, 1968). Charakteristické jsou oblé vrcholy a široké hřbety, rozčleněné širokými údolními. Základní rysy současného reliéfu byly podmíněny variskou orogenezí, která s ústupem moře podmínila ukončení sedimentace. Od této doby je oblast dnešní Brdské vrchoviny z převážné části souší a obnažený reliéf je vystaven intenzivní denudační činnosti (DEMEK et al., 1965).

V kvartéru (největší měrou pravděpodobně v pleistocénu) se na reliéfu nejvíce podepsalo mrazové zvětrávání a to především tvorbou svahových sedimentů typu suťových polí a dalších akumulací, které vznikly fyzikálním rozpadem skalních výchozů. Jedná se o svahy výše položených lokalit z odolných hornin.

ŠŤASTNÝ (2003a, 2003b, 2004) označuje hřbet Žďáru jako hřbet monoklinální. Monoklinální hřbet je typickým tvarem reliéfu na ukloněných horninách. Je složen z hrany, příkrého svahu, úpatí a mírného svahu. Hrana monoklinálního hřbetu představuje styk mírného a příkrého svahu. Příkrý svah (čelo) odpovídá výchozům čel vrstev odolných hornin (RUBÍN et al., 1986).

Hřbety tohoto tvaru jsou nejvýrazněji vyvinuté na mírně ukloněných krátech, složených z hornin, které mají rozdílnou odolnost (DEMEK, 1988). Tímto způsobem vznikají tzv. *asymetrické hřbety*. *Asymetrické hřbety* vznikají souborem exogenních geomorfologických procesů a jejich vývoj je, v závislosti na klimatomorfogenetických podmínkách, velmi výrazně ovlivněn až podmíněn strukturou hornin, na nichž vznikají (DEMEK, 1988). Svým charakterem by se zdálo vhodné označit hřbet zájmové oblasti termínem kuesta. Kuesty se od monoklinálních hřbetů dle DEMKA (1988) liší jen menší výrazností tvaru a větším rozdílem mezi čelním a týlovým svahem. RUBÍN et al. (1986)

však popisuje určující rys, který odlišuje monoklinálním hřbet a kuestu v úklonu horninové kry. Kuesta je charakterizována úklonem vrstev 2 – 10°. Slepencová kra v zájmovém území je však ukloněna pod úhlem 20 – 30° (viz kapitola 2.3.2), a proto ji nelze klasifikovat asymetrický hřbet typu kuesty.

ŠŤASTNÝ (2003a, 2003b) dále označuje zlomovou plochu pod skalními na SZ zájmového území jako *resekventní svah na zlomové čáře*. Svahy na zlomové čáře vznikají dle DEMKA (1988) na místech, kde se vlivem tektonických pohybů stýkají zlomové plochy rozdílně hornin rozdílně odolných vůči zvětrávání. V průběhu vývoje reliéfu tento svah může být zcela zarovnan. V případě Žďáru postupoval odnos rychleji na ordovických usazeninách, tudíž došlo k obnažení původně zakryté části zlomové plochy. Tato obnažená zlomová plocha se poté označuje jako *svah na zlomové čáře*. *Resekventní svah na zlomové čáře* se vyznačuje tím, že je orientován ve stejném směru jako původní zlomový svah. Strukturní (zejména litologická) kontrola svahu je pro tyto svahy typická a podmiňuje úzký vztah mezi svahem a geomorfologickou odolností hornin. Další charakteristická vlastnost, která se často vyskytuje u svahů vázaných na zlomy, je výskyt krátkodobých klouzavých pohybů hmot na svahu podle jedné nebo více smykových ploch – tzv. *gravitační svahové pochody* (viz kapitola 3.3). Rozlišení jednotlivých typů svahů vázaných na zlomy však bývá často náročným úkolem, zvláště v případě polygenetického reliéfu (DEMEK, 1988).

2.5 Antropogenní vliv

Ve vrcholové partii zájmového území se nachází kamenná akumulace, která je prokazatelně antropogenního původu. Přestože vyhodnocení antropogenní modelace reliéfu v zájmovém území není cílem předkládané, je nezbytné tento vliv zmínit, jelikož se ve větší či menší míře musel projevit na tvaru nynějším slepencových kamenných akumulací. Jedná se o vnitřní prstenec fortifikace z kamenných valů, který byl vybudován pravděpodobně v pozdní době bronzové (950 – 800 př. n. l.) v oblasti výskytu tehdejší tzv. *nynické kultury*. *Nynická kultura* tvoří zvláštní skupinu v pravěkých kulturách západních Čech. Jméno dostala podle pohřebiště v Nynicích u Plzně. Valy vnějšího prstence této fortifikace (o celkové výměře téměř 25 ha) již do zájmového území nezasahují a v terénu nejsou zdaleka tak patrné. Na mnoha místech

jsou totiž rozčleněny a celkově mnohem méně zachovány (UHERSKÝ in ŠŤASTNÝ, 2004).

Samotný areál fortifikace, a tedy i historického osídlení archeology označovaného jako tzv. *hradiště* (LÁDKOVÁ, 1995), se nachází na nejvyšší části temene vrchu Žďár. Je nanejvýše pravděpodobné, že nejrozsáhlejší kamenná akumulace, která je situována na SV svahu zájmového území, byla silně postižena antropogenní činností při výstavbě výše zmíněné fortifikace. Dá se předpokládat, že tato akumulace mohla sloužit jako zdroj pro výstavbu kamenného valu (ŠŤASTNÝ, 2003a, 2004). UHERSKÝ in ŠŤASTNÝ (2004) uvádí mocnost vnitřního valu místy až 3 m s průměrnou šířkou základny 12 m. Celková délka valu se poté pohybuje okolo 180 m a ohraničuje tak vrcholovou partii. K jinému zásadnímu antropogennímu impaktu v zájmovém území nedošlo a člověk se tak na zdejším reliéfu podepsal jen málo. Člověk od počátku holocénu až po období neolitu prostředí měnil jen velmi pozvolna a ve své podstatě žil v harmonickém souladu s krajinou (CZUDEK, 2005).

3. ROZBOR LITERATURY

3.1 Obecná literatura

Obecnou literaturu, řešící problematiku předkládané práce, můžeme rozdělit do několika dílčích kategorií. Za prvé se jedná o literaturu, která řeší obecnou geomorfologii. Nevýznamnějším zdrojem je zde DEMEK (1988) dále pak obecná literatura zabývající se typy skalních tvarů (RUBÍN et al., 1986) a svahových sedimentů (RŮŽIČKOVÁ et al., 2003).

Další kategorii zahrnuje literatura regionální geomorfologie a geologie. Z regionální geomorfologie jsou to především DEMEK et al. (1965, 2006), KUNSKÝ (1968), z geologie poté CHLUPÁČ et al. (1992) který popsal a přehledně zpracoval vývoj Barrandienu od kambria po devon a později také uceleně popsal celkový geologický vývoj České republiky od proterozoika až po recent, resp. až po antropogenní impakt (CHLUPÁČ et al., 2002).

Třetí kategorií, kterou lze zařadit pod literaturu obecnou, je kategorie zabývající se kvarterní geomorfologií. Jako stěžejní dílo, které uceleně pojednává o vývoji kvartéru v České republice, lze označit zejména obsáhlou rešeršní práci CZUDKA (2005). Obecné informace o kvartéru, jeho geologii a geomorfologii poté poskytují ZEMAN a DEMEK (1984).

3.2 Stav geomorfologických výzkumů v zájmovém území

Na rozdíl od Českého krasu nebo Šumavy nepatří Brdy mezi lokality s dlouholetou tradicí geomorfologického výzkumu. V případě středních Brd je tento fakt spojen s existencí Vojenského újezdu Brdy. Jeho zřízení roku 1925 znamenalo praktické zamezení vědeckého výzkumu vrcholových partií tohoto pohoří. Při tom je pravděpodobné, že zarovnané vrcholové plošiny středních Brd představují nejstarší dochovaný reliéf České republiky (CÍLEK et al., 2011).

Geologicky je oblast zkoumaná již delší dobu (viz kapitola 2.3). Nejvíce se na jejím prozkoumání podílel PURKYNĚ (1914, 1915). Ve svých pracích se intenzivně věnoval kambrickým sedimentům mezi Starým Plzencem a Žďárem u Rokycan. Ve své práci také popisuje hlavní dislokační směry zlomů Žďáru (PURKYNĚ, 1914). Ve své další

práci (PURKYŇE, 1915) dále charakterizuje tektonické poměry zájmové oblasti, kterou označuje jako část tzv. *Třemošenského vrásnokerného pohoří*.

Geomorfologií Žďáru se nejvíce zabýval ŠŤASTNÝ (2003a, 2003b, 2004) a ŠŤASTNÝ et al. (2006). Popsal typy forem reliéfu na kambrických slepencích Žďáru a jednotlivé formy klasifikoval podle vedoucího genetického faktoru. Dále uvádí strukturní podmíněnost reliéfu (ŠŤASTNÝ, 2003a) a jako první také popisuje unikátní silketové náteky (žlábkové pseudoškrapy) ve skalní dutině v SZ oblasti zájmového území (ŠŤASTNÝ, 2004). Na základě jeho výzkumné práce poté vydal s kolektivem autorů publikaci spíše populárně naučného charakteru, která však jako první podává ucelený pohled na přírodní podmínky a historii osídlení vrchu (ŠŤASTNÝ et al., 2006). Nejkomplexnější informace ohledně geomorfologie Brdské oblasti však uvádí CÍLEK et al. (2011), který ve své práci publikuje v mnoha případech vůbec první informace o reliéfu Brd svého druhu.

3.3 Svahové pochody a svahové sedimenty

Gravitační svahové pochody reprezentují jednu ze skupin svahových pochodů, při nichž se gravitace bezprostředně účastní jako síla způsobující svahový proces. Tíha horniny a vody ve svahu totiž vyvolává v hornině napětí, které je proměnlivé v závislosti na genezi svahu (výška, sklon), jeho odlehčení či změnu hladiny povrchových vod. Tato síla je dle DEMKA (1987) označována jako smykové napětí. Sedimenty, které vznikají na základě svahových pochodů, jsou poté označovány jako svahové sedimenty. Jedná se o typický prvek erozně denudačního reliéfu. Pokud jsou na erozně denudačním reliéfu vyvinuté svahy ovlivněny strukturou, jsou nazývány svahy strukturními. Nejvýrazněji se tyto strukturní vlivy uplatňují na vývoji skalních srubů a příkrých stěn (DEMEK, 1988).

Svahové sedimenty (svahoviny) představují široké rozpětí sedimentů, které vznikly v závislosti na typu a tvaru terénu (DEMEK, 1988). V oblasti denudace, ve které se vyskytuje také zájmové území, jsou svahové sedimenty nejrozšířenějšími kvartérními sedimenty

reprezentují další pestrou škálu uloženin vzniklých v závislosti na substrátu a tvaru terénu: suti, kamenná moře (viz obr. 11.9, 11.10), svahové hlíny, přemístěné jíly aj. V

denudačních oblastech jsou nejrozšířenějšími kvartérními uloženinami. Jde o materiál vzniklý opadem, ronem, splachem, svahovým posunem, sesuvem aj. (DEMEK, 1987).

Svahové uloženiny z období glaciálů bývají drobněji klastické, složené z ostrohranných úlomků, často bez hlinité základní hmoty. Svahové sedimenty z dob interglaciálů a holocénu bývají hrubě balvanitá - sutě s hlinitou frakcí a zvětralými povrchy horninových úlomků. Mocnost těchto sedimentů se v některých vrcholových oblastech Brdské vrchoviny odhaduje až na několik desítek metrů (DEMEK, 1965, 1987).

Podle RŮŽIČKOVÉ et al. (2003) jsou svahové sedimenty hlavním zdrojem pro všechny klastické sedimenty v jiných sedimentačních prostředích. Dále zmiňuje, že právě svahové sedimenty jsou úzce spjaty s geomorfologií oblasti, ve které se vyskytují. Podle charakteru těchto sedimentů je možné odvodit mechanismus, rychlost a celkovou dynamiku svahových pochodů. V českém prostředí je pro sedimenty svahového původu zažité nevhodné označení deluviální sedimenty (RŮŽIČKOVÁ et al., 2003).

Jako vedlejší činitel při genezi svahových sedimentů působí zejména voda (např. v periglaciálních podmínkách pleistocénu umožňuje geliflukci), ale v určité míře také vítr. Podle RŮŽIČKOVÉ et al. (2003), jsou svahové sedimenty rozlišeny podle rozdílného podílu a formy působení těchto vedlejších činitelů do následujících skupin, přičemž kamenné akumulace řadíme do svahových sedimentů *sensu stricto*. Proto je tato skupina blíže specifikována níže:

- Gravitační sedimenty *sensu stricto*
- Gravitační sesuvové sedimenty
- Gravitační proudové sedimenty
- Splachové sedimenty

Geneze **gravitačních sedimentů *sensu stricto*** je význačná tím, že akumulace skalních úlomků je podmíněna výhradně nebo téměř výhradně gravitací. Zdrojem materiálu pro tyto typy svahových sedimentů jsou zvětráváním rozvolněné skalní výchozy. Nejvhodnější podmínky pro tvorbu těchto akumulací proto panovaly v chladnějších dobách pleistocénu. Obecně bývají gravitační sedimenty označovány termínem *sutě*. Mezi nejtypičtější geomorfologická tělesa, která jsou tvořena těmito sutěmi, řadíme suťová pole a droliny, dále pak balvanová (bloková) moře a osypy a suťové kužele (RŮŽIČKOVÁ et al., 2003).

3.4 Tvary kamenných akumulací

Tvary kamenných akumulací vznikají nejrůznějšími způsoby mechanického a chemického zvětrávání obnažených skalních povrchů. Tyto povrchy se poté rozpadají na jednotlivé izolované klasty hornin. Velikost těchto klastů kolísá od milimetrových až po několik metrů velké klasty. Při velkém nahromadění těchto klastů vzniká již určitý tvar reliéfu (svah, proud, kužel). Podle společných rysů jsou tyto tvary akumulací klastů dle RUBÍNA et al. (1986) rozčleněné do následujících kategorií:

- **Balvanová moře**
- **Suťová pole**
- **Suťové proudy**
- **Suťové kužele**
- **Osypy**

3.4 Vývoj reliéfu ČR v se zaměřením na střední Brdy

Mořská transgrese ve svrchní třídě postupovala v severojižním směru a pravděpodobně se zastavila právě na čáře Brd a Hřebenů, jelikož za touto linií již nebyly nalezeny žádné křídové sedimenty. V této době panovalo v našich podmínkách humidní klima, tropické klima a docházelo spíše k celkovému zarovnávaní povrchů. Na přelomu starších a mladších třetihor však dochází k zásadní změně situace. Alpínsko-himalájská orogeneze zasahující od jihu totiž na našem území měla svou odezvu ve formě tzv. saxonské tektoniky. Díky této tektonické aktivitě došlo k rozlámání jednolitého zarovnaného povrchu na jednotlivé horninové kry podél sítě predisponovaných zlomů. Právě rozlámání těchto ker a jejich rozdílné úklony a vertikální či horizontální posuny se výrazně podepsaly na charakteru dnešního reliéfu Brd (CÍLEK et al., 2011).

Je velmi pravděpodobné, že vrcholové plošiny středních Brd představují nejstarší dochovaný reliéf na území české republiky. Tento reliéf pravděpodobně představuje zbytky rozsáhlé třetihorní střeoevropské roviny, která byla výsledným reliéfem mezozoicko-paleogenního procesu zarovnávaní, tj. dlouhé doby relativního tektonického klidu. CÍLEK et al. (2011) uvádí čtyři hlavní faktory, podle kterých představují střední Brdy nejstarší reliéf České republiky:

- 1) Střední Brdy jsou tvořeny horninami extrémně odolných křemitých pískovců a slepenců, které jen velmi málo zvětrávají. Slepence, spojené křemitým tmelem, jsou natolik odolné, že praskají napříč valouny.
- 2) Střední Brdy nemají vyvinutou příliš bohatou říční síť a také leží ve srážkovém stínu pohraničních hor, tudíž zde jen omezeně mohla působit kvarterní fluvialní eroze, která by povrch více přepracovala.
- 3) Plošná a hloubková eroze je potlačena tvorbou sutí a nevznikají tak charakteristické říční nivy a údolí.
- 4) Kambrické slepence jsou z hlediska svahových pochodů uloženy ve stabilních horizontálních až subhorizontálních polohách.

Během kvartéru se již celkový ráz brdského pohoří příliš neměnil. Největší měrou se zde vytvářely suťové pláště, které zakrývaly starší formy reliéfu (CÍLEK et al., 2011). V chladných dobách pleistocénu se na celkovém vývoji reliéfu Brd výrazně podílelo fyzikální mrazové zvětrávání (CZUDEK, 2005). Toto mrazové zvětrávání pochopitelně působilo i v oblasti zájmového území (ŠŤASTNÝ, 2003a, 2003b). Fyzikální zvětrávání je pochod, při kterém se původně masivní hornina drobí na různě velké úlomky, ale nemění se její chemické složení. Hlavní proces fyzikálního zvětrávání spočívá v objemových změnách cizorodé látky (většinou vody) do pórů a puklin v hornině. Takový proces je označován jako mrazové zvětrávání, neboli pochod, při kterém dochází k tříštění horniny tlakem způsobeným růstem ledu v pórech a puklinách (STRAHLER, 2011). Faktory intenzity mrazového zvětrávání jsou obsah vody a rychlost zmrznutí vody. CZUDEK (2005) předpokládá, že nejintenzivnější mrazové zvětrávání na našem území pravděpodobně neprobíhalo v nejchladnějších obdobích pleistocénu, kdy se průměrná roční teplota pohybovala relativně nízko a převážnou část roku tak mrzlo. Mrazové zvětrávání je totiž vázáno na cyklické zamrzání a roztávání, z čehož CZUDEK (2005) usuzuje, že nejintenzivnější mrazové zvětrávání muselo probíhat v pozdějších dobách pleistocénu, kdy se průměrné denní teploty zimních měsíců pohybovaly lehce nad nulou.

4. METODIKA

4.1 Geomorfologické mapování

Geomorfologické mapování je hlavní výzkumná metoda, která je využívána v geomorfologii v mnoha zemích. Tvorba geomorfologické mapy v určitém měřítku a vysvětlení geneze jednotlivých forem je ve své podstatě cílem geomorfologických výzkumů. Komplexní geomorfologická mapa řeší studované území jako celek a odráží se v ní celkový vývoj území i vzájemné vztahy jednotlivých forem (MENTLÍK, 2007)

4.1.1 Geomorfologický informační systém

Geomorfologický informační systém (GmIS) je speciálním variantou geografického informačního systému (GIS) se zaměřením na geomorfologii. Může být využívat při všech činnostech geomorfologického výzkumu. Základní funkčnost GmIS spočívá v podpoře sběru, ukládání a správy dat v geomorfologické databázi. Jedná se například o tvorbu digitálního modelu reliéfu a z něj odvozených povrchů, tvorbu elementárních forem, nástroje pro podporu terénního mapování a jeho zpracování, výpočty morfometrických charakteristik (nejen) elementárních forem, tvorbu vyšších hierarchických forem, vymezení povodí, nástroje pro podporu tvorby geomorfologické mřížky, atp (JEDLIČKA, 2009).

4.1.2 Problematika elementárních forem reliéfu

Elementarizace georeliéfu představuje rozčlenění na co nejmenší homogenní celky, které dále nelze dělit. Jedná se o nejmenší prostorové jednotky georeliéfu, které jsou morfometricky, geneticky a potencionálně i morfodynamicky homogenní. Vnitřní struktura (diferenciace) těchto elementárních forem je pak z hlediska geomorfologického poznání irelevantní (MENTLÍK, 2013). MINÁR (2001) označuje tyto základní stavební jednotky reliéfu jako geotopy.

4.1.3 Metodika mapování pomocí GPS

Výhody navigačních systémů, jako je možnost určovat přesně libovolnou pozici na zemském povrchu v reálném čase, způsobily intenzivní využívání GPS v geomorfologickém mapování. To bylo ještě donedávna prováděno tradičním způsobem. Propojení geoinformačních technologií, především GPS a GIS, posunuje nyní geomorfologické mapování o výrazný vývojový krok dopředu (VOŽENÍLEK, 2001).

Geomorfologické mapování s GPS se neomezuje jen na obvyčejné využívání navigačních možností přístroje při terénní práci geomorfologa. Geomorfologické mapování pomocí GPS probíhá v krocích podle následující osnovy (VOŽENÍLEK, 2000):

- Studium zájmového území
- Příprava prostorových databází
- Přípravné analýzy
- Nastavení GPS parametrů
- Kalibrace a plánování GPS měření
- Vlastní geomorfologické mapování s GPS
- Převod GPS dat do formátu prostorových databází
- Navazující analýzy
- Tvorba počítačové geomorfologické mapy

Pro samotné GPS mapování byla použita outdoorová navigace Garmin ETREX 30. Sice se nejedná o profesionální zařízení, ale z hlediska potřeb předkládané práce bylo více než dostačující. I v zalesněném terénu nebo pod skalními stěnami nebyl problém dostat se na přesnost horizontální přesnost pod 3 m. Toto zařízení totiž využívá nejen družic GPS, ale také družic GLONASS a GALIELO. Taková přesnost je pro potřeby geomorfologického mapování dle VOŽENÍLKA (2001) více než dostačující. Kalibrace zařízení probíhala na známých výškových bodech, konkrétně na výškovém bodě, který se nachází na vrcholu zájmového území.

4.1.4 Metodika mapování kamenných akumulací

Vlastní mapování kamenných akumulací pomocí GPS probíhalo v terénu za použití výše zmíněné navigace Garmin ETREX 30. Některé akumulace byly vymezeny pomocí funkce *Výpočet plochy*, po jejímž spuštění byly jednotlivé akumulace obcházeny. Zároveň byly akumulace vymežovány pomocí tvorby trasových bodů (funkce *Vytvořit trasový bod*). Při převodu do prostředí GIS nebyl pozorován významný rozdíl mezi přesností zaměřené akumulace pomocí funkce *Výpočet plochy* a *Vytvořit trasový bod*.

Naměřené body a polygony ve formátu *.gpx* byly dále převedeny pomocí programu DNRGPS do formátu *.sph* (shapefile). Tyto shapefiley bylo dále nutné převést ze souřadnicového systému WGS84, ve kterém pracuje většina komerčních GPS, do souřadnicového systému S-JTSK, ve kterém byl vytvořen digitální model reliéfu celého

zájmového území. K této transformaci souřadnicových systémů došlo přímo v prostředí ArcGIS 10.0.

4.2 Vstupní data a tvorba DMR

Přesnost a charakter vstupních dat jsou faktory, které významně ovlivňují užití DMR (digitálního modelu reliéfu) pro geomorfologickou analýzu (MENTLÍK, 2006). DMR vyjadřuje tvar zemského povrchu jako bezrozměrnou plochu. Drtivou většinu těchto ploch reprezentují svahy – plochy, které nejsou rovnoběžné s geopotencionální hladinou země o sklonu v rozmezí $0,2 - 90^\circ$ (MENTLÍK, 2013). Jako vstupní data pro tvorbu DMR byla použita data poskytnutá Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK). V případě kvalifikačních prací se jedná o bezplatně poskytnutou službu studentům vysokých škol. Pro účel předkládané práce je z hlediska podrobnosti více než dostačující produkt DMR 4G (Digitální model reliéfu 4. generace). DMR 4G reprezentuje zemský povrch v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v pravidelné síti (5×5 m) bodů. Poloha každého bodu je vyjádřena třemi souřadnicemi x , y , h , kde h představuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt (ČÚZK, 2014). Dosavadní ověřovací zkoušky parametrů přesnosti DMR 4G potvrzují, že garantovaná úplná střední chyba výšky tohoto generalizovaného modelu georeliéfu je pouze 0,3 m v terénu bez souvislé vegetace a 1 m v terénech pokrytých hustou vegetací (BRÁZDIL et al., 2012). VOŽENÍLEK (2001) uvádí pro geomorfologické mapování ideální přesnost od 6 do 10 m. V tomto ohledu poskytuje DMR 4G nadměru relevantní zdroj dat pro hlubší geomorfologickou analýzu.

Model vznikl z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky v letech 2009 až 2013 (ČÚZK, 2014). Letecké laserové skenování (LIDAR – *Light Detection And Ranging*) je poměrně mladou technologií, která umožňuje sběr bodů pro tvorbu digitálního modelu reliéfu i v zalesněných oblastech. Jedná se o technologii k detekci objektů a k měření vzdálenosti. Vlastní princip LIDARu je ve své podstatě velmi jednoduchý. Přístroj obsahuje zdroj laserového záření (emitor), optickou soustavu, mechanický prvek, detektor elektromagnetického záření a velmi přesné hodiny. Svazek paprsků laserového záření z emitoru je vyslán směrem ke snímanému objektu, od něhož se odražen vrací k detektoru. Hodiny poté mají za úkol změřit čas od vyslání svazku paprsků emitorem

po jejich detekci na detektoru. Na základě znalosti rychlosti šíření světla je následně možné velmi přesně stanovit vzdálenost LIDARu od snímaného objektu a tudíž také polohu každého měřeného bodu z vysílaného svazku paprsku (DOLANSKÝ, 2004). Jako nosič celého laserového zařízení zpravidla bývá využíváno letadlo či vrtulník, na rozdíl od pozemního laserového skenování, které umožňuje umístění zařízení přímo v terénu nebo na pozemním vozidle (GEODIS, 2014).

Výsledkem zpracování leteckých laserových dat jsou georeferencované soubory výškových bodů DMR 4G reprezentované souřadnicemi X, Y v matematickém souřadnicovém referenčním systému JTSK (realizace S-JTSK/Krovak East North – EPSG:102067, kdy $x=-y_{\text{JTSK}}$ a $y=-x_{\text{JTSK}}$) a H ve výškovém referenčním systému Bpv, uložené v ukládacích jednotkách odpovídajících kladu mapových listů SM 5 (BRÁZDIL et al., 2012). V případě zájmového území se jedná o jednotky odpovídající celkem čtyřem mapovým listům SM 5. Jedná se o listy Plzeň 0-6, Plzeň 0-7, Plzeň 1-6 a Plzeň 1-7.

Výsledný DMR zájmového území byl tvořen z georeferencovaných výškových bodů naměřených leteckým laserovým snímáním. Takto naměřené body daleko lépe vystihují reliéf než DMR vytvořené na základě značně generalizovaných vrstevnic ZABAGED (Základní báze geografických dat České republiky). V případě modelů reliéfů vytvořených na základě dat ZABAGED, znemožňuje generalizace vrstevnic (zejména v členitém reliéfu) vymezení podrobnějších prvků jako jsou elementární formy reliéfu, popřípadě konkrétní typy tvaru reliéfu (MENTLÍK, 2002). Oproti tomu DMR, vytvořený na základě leteckého laserového snímání, poskytuje nesrovnatelně přesnější údaje o tvaru reliéfu a nabízí tak mnohem širší uplatnění při geomorfologickém výzkumu.

4.2.1 Tvorba DMR v reprezentaci TIN

Nepravidelná trojúhelníková síť TIN (*triangulated irregular network*) představuje vektorová data, která rozdělují geografický prostor do souvislých, nepřekrývajících se trojúhelníků (GIS Dictionary, 2014). Všechny vrcholy jsou tvořeny tzv. *uzly* (angl. *nodes*) nesoucí hodnoty x , y a z . Nespojitosti jsou v reprezentaci TIN vyjádřeny jako hrany (angl. *edges*) jednotlivých trojúhelníků. Při tvorbě takovéto nepravidelné

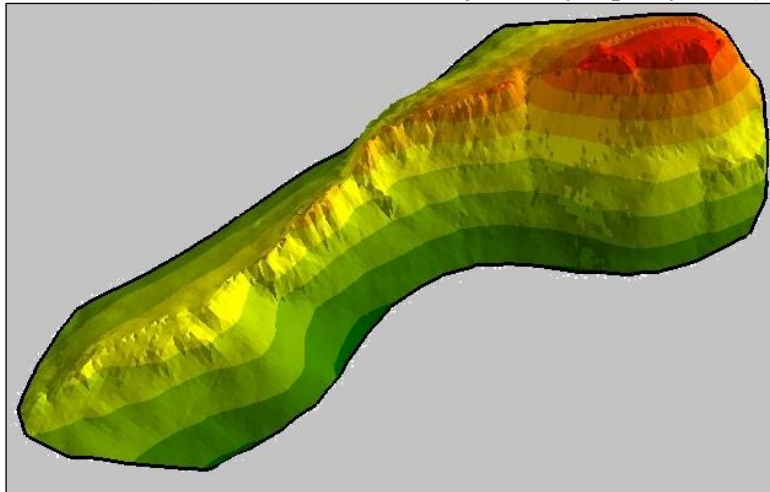
trojúhelníkovité síť, která tvoří pouze rovnostranné trojúhelníky, se hovoří o tzv. *Delaunayho triangulaci* (MENTLÍK, 2013).

Tvorba DMR v TIN za použití dat z LIDARu probíhala v prostředí ArcGIS 10.0 od firmy ESRI s rozšířením *3D Analyst*. Při tvorbě reprezentace bylo nejprve nutné převést výškové body formátu *.xyz* na vhodnou třídu prvků (*feature class*) využitím funkce *ASCII 3D To Feature Class* v rozšíření *3D Analyst*. Tato funkce umožňuje na základě importovaných *ASCII* dat ve formátu *.xyz* generovat novou třídu prvků (GIS Dictionary, 2014). Jako výstupní třída prvků byla v tomto případě zvolena třída bodová (*point*). Dále bylo nutné těmto bodům přiřadit informaci o poloze a nadmořské výšce. To umožňuje funkce *Add XY Coordinates (Data management tools)*, která přiřazuje jednotlivým bodům souřadnice *x* a *y* a vypočítává jejich hodnoty. Pokud vstupní prvky obsahují údaje o výšce, funkce jim přiřazuje hodnotu souřadnice *z* (GIS Dictionary, 2014). Po vytvoření bodové třídy prvků bylo již možné přikročit k samotné tvorbě TINu pomocí funkce *Create TIN* v rozšíření *3D Analyst*. Jako vstupní třída prvků byla zvolena nově vytvořená bodová třída prvků. Při zadávání souřadnicového systému byl použit systém *S-JTSK Krovak EastNorth.prj*, jelikož reprezentuje rovinné souřadnice (*projected coordinate systems*) namísto zeměpisných souřadnic (*geographic coordinate systems*). Při tvorbě již výše zmiňované *Delaunayho triangulace* na základě zeměpisných souřadnic totiž může dojít k produkci nepřesných a zavádějících výsledků (ArcGIS Resources, 2014). Bodová třída prvků vstupuje při tvorbě DMR jako tzv. *mass points*. Zásadním krokem je poté nastavit správné údaje o nadmořské výšce (*height field*) vyjádřené v bodové třídě prvků souřadnicí *z* (*Point Z*). MENTLÍK (2006) zmiňuje, že při tvorbě DMR je pro dosažení co nejhomogennějšího povrchu vhodné zahustit bodové pole o další známé liniové a polygonové prvky. Vzhledem k tomu, že výsledný TIN byl vytvořen na základě podrobného leteckého laserového snímkování, tento krok již nebyl relevantní. Zahušťování bodů o další údaje by bylo relevantní pouze v případě použití ZABAGED pro zpřesnění generalizovaného povrchu.

Vytvořený TIN představoval DMR, který odpovídal celým čtyřem mapovým listům SM 5 a ne jen samotnému zájmovému území. Z tohoto důvodu bylo nutné výsledný TIN upravit pomocí funkce *Edit TIN* v rozšíření *3D Analyst*. Tato funkce umožňuje upravit TIN pomocí vstupujících bodových, liniových či polygonových tříd prvků

(*feature classes*) a více tak zahušťuje (a v ideálním případě také zpřesňuje) bodové pole (GIS Dictionary, 2014). Pro vymezení zájmového území byl vytvořen polygonový shapefile, který vstoupil jako polygonová třída prvků vymežující oblast pro výpočet výsledného TINu (viz obr. č. 6). Funkce *Edit TIN* tedy v tomto případě sloužila pouze jako nástroj pro oříznutí TINu polygonem, který reprezentoval zájmové území a nikoliv jako nástroj pro zahuštění bodového pole. V případě zájmového území a jeho morfometrické charakteristiky byl generován TIN reprezentující rozložení nadmořských výšek.

Obr. č. 6: Ukázka zobrazení výsledného DMR zájmového území vArcScene (pro větší názornost s dvojnásobným převýšením)



Zdroj: Vlastní zpracování v ArcGIS 10.0 ©ČÚZK (2014).

4.2.2 Tvorba povrchů morfometrických charakteristik v reprezentaci GRID

Pro tvorbu rastrových témat základních morfometrických charakteristik jako je sklon svahů a orientace vůči světovým stranám byl také využit software ArcGIS 10.0 od firmy ESRI. Jako inspirace posloužila práce MENTLÍKA (2006), STACKEHO (2008) a CIMPELOVÉ (2009). Pro zjištění morfometrických charakteristik byly z TINU generovány jednotlivé *gridy* pomocí funkce *TIN to Raster* v rozšíření *3D Analyst*. Tato funkce převádí nepravidelnou trojúhelníkovou síť do rasteru (*gridu*) pomocí interpolace (GIS Dictionary, 2014). *Grid* je formátem firmy ESRI, který je určený pro ukládání rastrových dat (MENTLÍK, 2006). Rastrová data poté interpretují prostor jako pole (sítě) stejně velkých čtvercových buněk, uspořádaných v řádcích a sloupcích. Každá buňka nese číselnou hodnotu, která představuje geografický údaj pro danou jednotku prostoru. Při zobrazení *gridu* ve formě mapového výstupu jsou každé buňce čtvercové sítě

přiřazeny barvy podle jejich číselné hodnoty. (GIS Dictionary, 2014). V případě zájmového území byly generovány *gridy*, složené ze čtvercových buněk se stranou o velikosti 1 m.

Další morfometrické charakteristiky byly vytvořeny v rozšíření *Spatial Analyst*. Pro znázornění orientace ploch vůči světovým stranám byla využita funkce *Aspect*. Pro znázornění sklonů svahů v zájmovém území byla poté použita funkce *Slope*. Tvorba ostatních morfometrických charakteristik nebyla vzhledem k povaze předkládané práce relevantní.

4.3 Geofyzikální metody

V rámci předkládané práce byla z geofyzikálních metod použita metoda elektrické odporové tomografie (ERT)

4.3.1 Elektrická rezistivní tomografie

Elektrická rezistivní tomografie (ERT) je nejpoužívanější geofyzikální metodou v geomorfologickém výzkumu (HUBBARD a GLASSER, 2005). Jedná se o dvojrozměrnou techniku mělkého podpovrchového průzkumu podloží s vysokým stupněm rozlišení. Princip měření je založen na výpočtu rozložení odporu pod zemským povrchem. Mezi párem elektrod je měřený elektrický potenciál, který je průchodem stejnosměrného proudu mezi párem dalších dvou elektrod. Nastavené elektrody je ovládáno systémem ARES, který obsahuje ohmmetr, přepínací jednotku a počítač (TÁBOŘÍK a PÁNEK, 2010).

Elektrická rezistivní tomografie nachází poměrně široké uplatnění v geomorfologickém výzkumu. Její uplatnění nacházíme ve všech formách reliéfu. Vždy však musí být zvolený vhodný počet elektrod a interval mezi nimi, aby výsledek mohl být relevantní (SCHROTT a SASS, 2008).

4.4 Sedimentologické metody

4.4.1 Makrogranulometrie

Pro makrogranulometrický výzkum byl zvolen profil, který byl totožný s profilem pro výzkum geofyzikální. Celkem bylo změřeno 48 klastů v intervalu 1,5 m o celkové délce profilu 70,5 m.

5. ANALYTICKÁ ČÁST

5.2 Morfometrie zájmového území

Morfometrické charakteristiky zájmového území byly pro účel práce omezeny na analýzu rozložení nadmořských výšek, analýzu sklonitosti svahů a analýzu orientace svahů vůči světovým stranám.

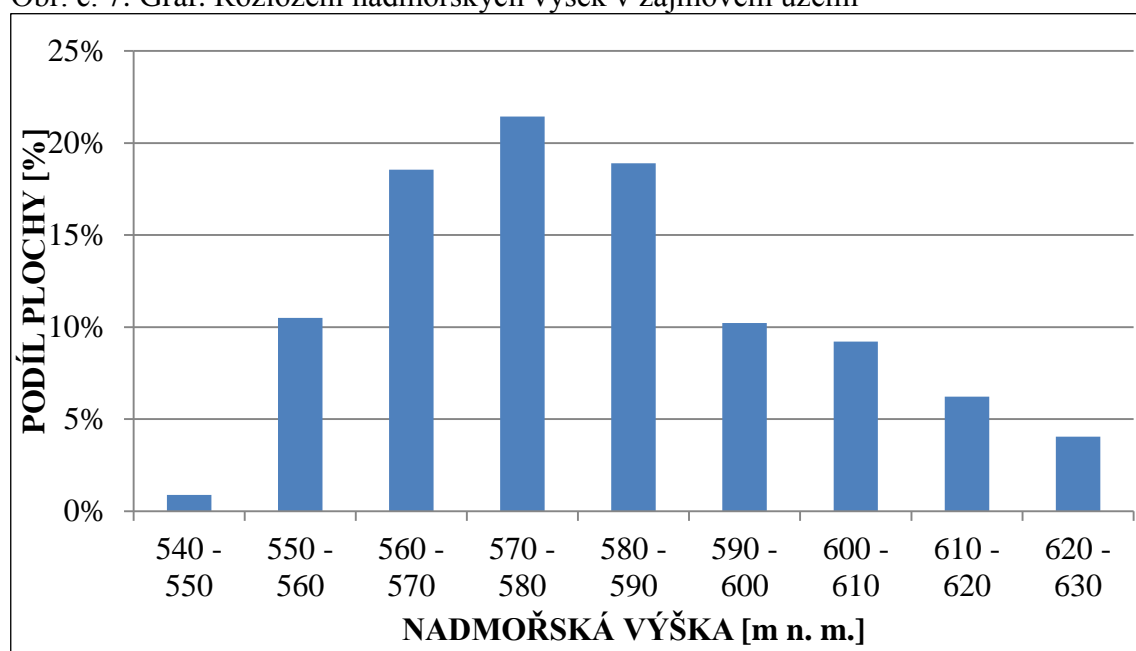
5.2.1 Analýza rozložení nadmořských výšek

Tab. č. 2: Rozložení nadmořských výšek v zájmovém území

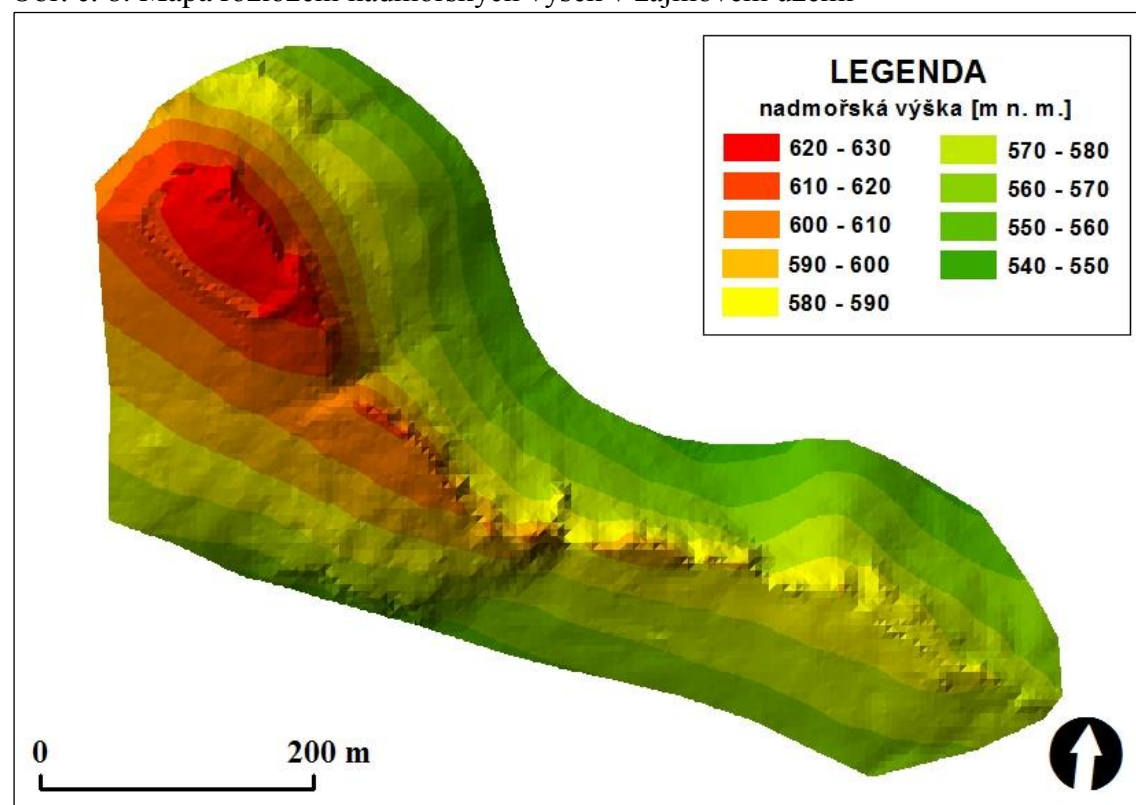
nadmořská výška [m n. m.]	podíl ploch [%]
540 - 550	0,89
550 - 560	10,51
560 - 570	18,56
570 - 580	21,43
580 - 590	18,89
590 - 600	10,22
600 - 610	9,22
610 - 620	6,22
620 - 630	4,06

S tabulky lze snadno vypočítat, že největší zastoupení ploch v zájmovém území mají plochy o nadmořské výšce 570 – 580 m. Naopak nejslaběji jsou zastoupeny plochy o nadmořské výšce 540 – 550. Minimální nadmořská výška zastoupena v zájmovém území má hodnotu 546 m a vyskytuje se na severním okraji zájmové oblasti. Maximální nadmořská výška ve sledované oblasti byla zjištěna 629,45 m. Tato nadmořská výška zároveň reprezentuje vrchol zkoumaného vrchu.

Obr. č. 7: Graf. Rozložení nadmořských výšek v zájmovém území



Obr. č. 8: Mapa rozložení nadmořských výšek v zájmovém území



Zdroj: Vlastní zpracování v ArcGIS 10.0 ©ČÚZK (2014).

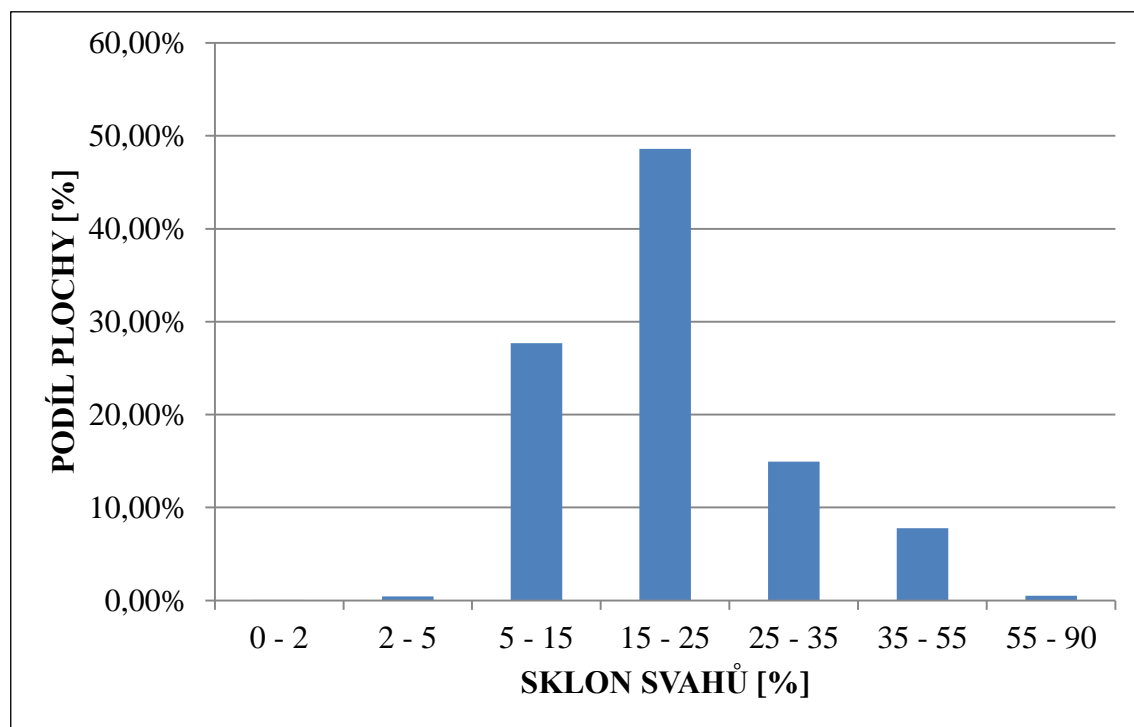
5.2.2 Analýza rozložení sklonů svahů

Podíl jednotlivých sklonů svahů v zájmovém území je velmi různorodý. Rovinné a mírné skloněné plochy do 5° se v zájmovém území vyskytují jen okrajově. Oproti tomu mají největší zastoupení plochy od 15° do 25°, které reprezentují velmi příkře skloněné plochy. Na těchto plochách se také nejčastěji vyskytují kamenné akumulace. Skalní stěny a srázy o sklonu větším než 35° poté zabírají přibližně 8,5% zájmové oblasti a jejich zvětvávání je zdrojem pro tvorbu zmiňovaných kamenných akumulací.

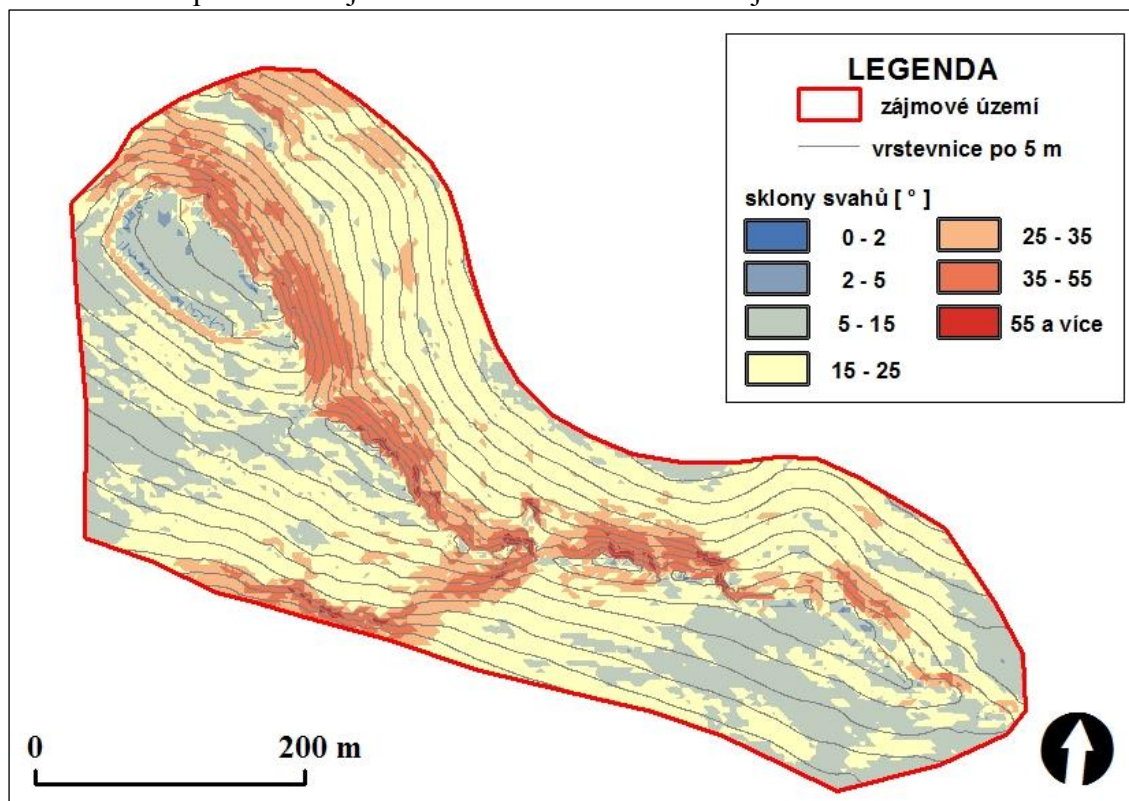
Tab. č. 3: Podíl jednotlivých sklonů svahů v zájmovém území

Sklon [°]	podíl ploch [%]
0 - 2	0,06
2 - 5	0,44
5 - 15	27,70
15 - 25	48,58
25 - 35	14,92
35 - 55	7,78
55 - 90	0,51

Obr. č. 9: Graf. Histogram znázorňující podíl sklonů svahů



Obr. č. 10: Mapa znázorňující rozložení sklonů svahů v zájmovém území



Zdroj: Vlastní zpracování v ArcGIS 10.0 ©ČÚZK (2014).

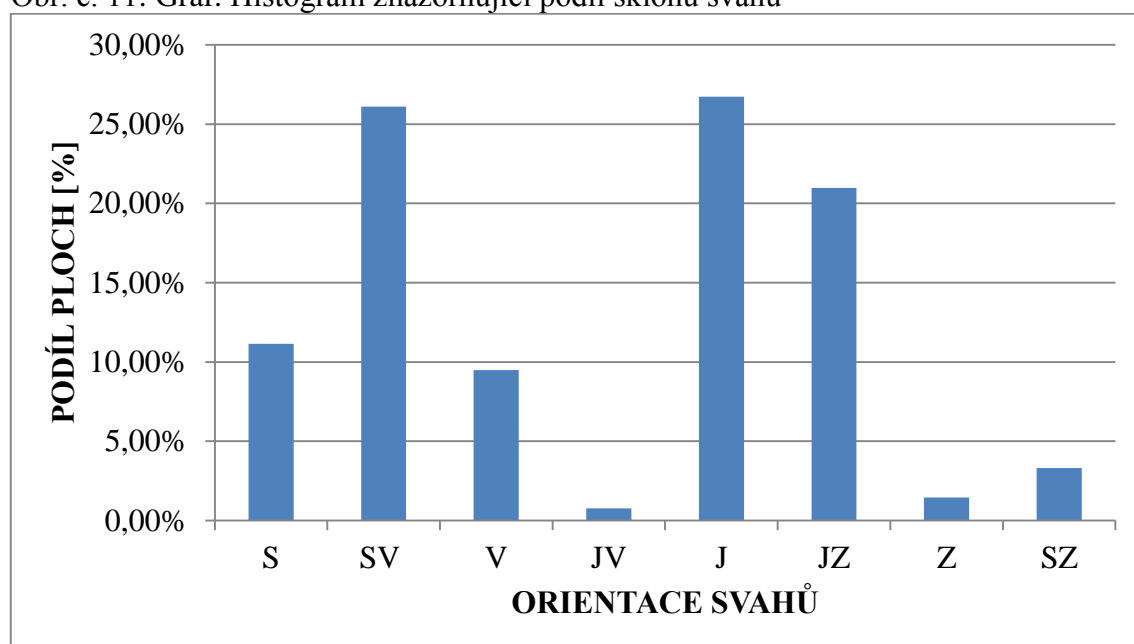
5.2.3 Analýza orientace svahů

Vzhledem ke strukturálnímu podmínění reliéfu zájmového území převažují plochy o orientacích S-SV a J-JZ. Dohromady zaujímají více než dvě třetiny plochy zájmového území. Nejméně se v zájmové oblasti vyskytují plochy o JV-V a SZ-Z orientaci. Tato skutečnost je dána protažením hřbetu ve směru jihovýchod – severozápad.

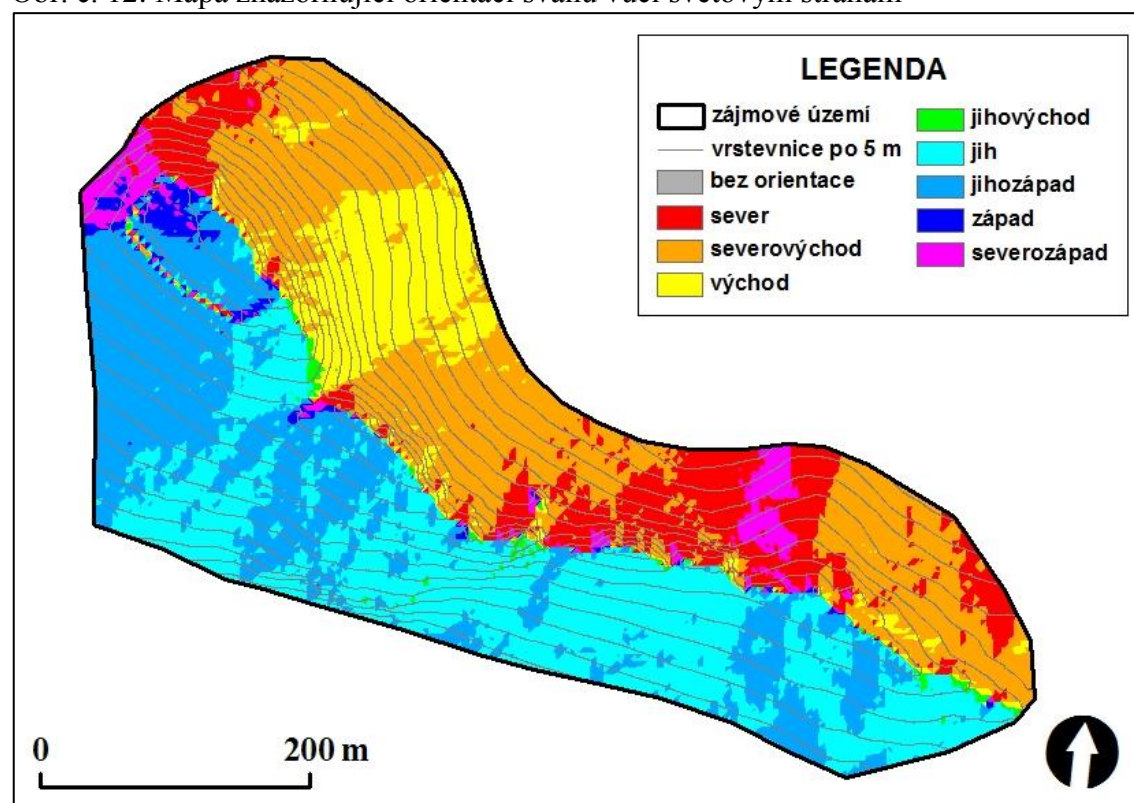
Tab. č. 4: Podíl orientací svahů v zájmovém území

orientace	podíl ploch [%]
S	11,14
SV	26,11
V	9,49
JV	0,77
J	26,74
JZ	20,99
Z	1,46
SZ	3,32

Obr. č. 11: Graf. Histogram znázorňující podíl sklonů svahů



Obr. č. 12: Mapa znázorňující orientaci svahů vůči světovým stranám



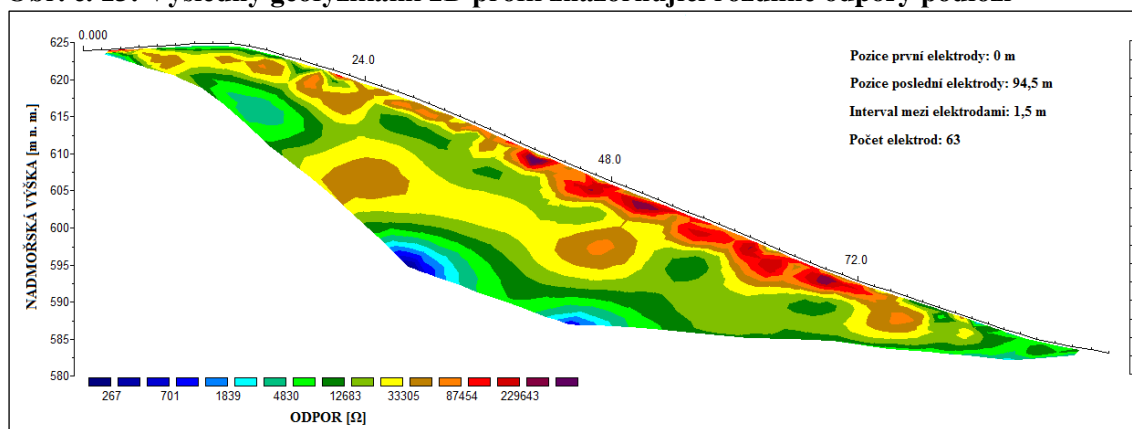
Zdroj: Vlastní zpracování v ArcGIS 10.0 ©ČÚZK (2014).

5.3 Analýza vlastností kamenných akumulací

5.3.1 Výsledky geofyzikálního průzkumu

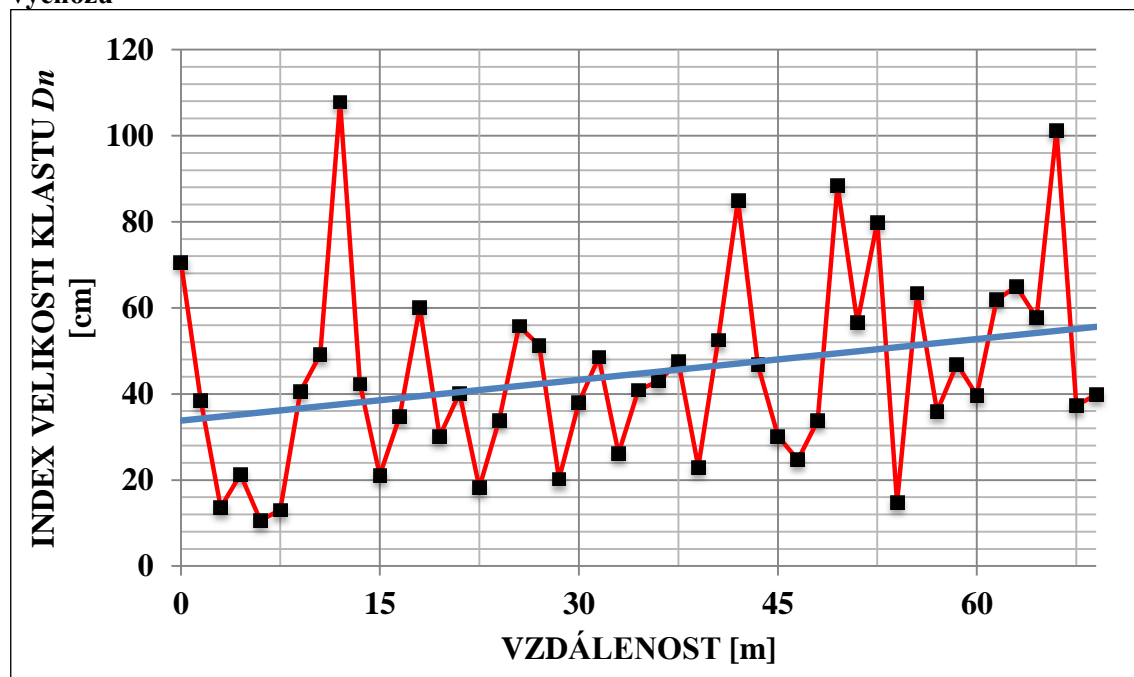
Tato kapitola se věnuje interpretaci dvojrozměrného geofyzikálního profilu. Zpracování výsledku ERT proběhlo v programu RES2DINV, který vyhodnocuje naměřená data prostřednictvím dvourozměrné tomografické inverze (TÁBORÍK a PÁNEK, 2010). Profil byl vedený částečně přes hřbetovou partii zájmového území, jen několik metrů pod nejvyšším vrcholem. V horní části profilu (0-11 m) vykazuje podloží relativně nízké zóny odporu. Tato skutečnost je dána tím, že horní část kamenné akumulace je zanesená jemnější hlinitou frakcí, která mnohem lépe vede elektrický proud. Přibližně od 24 do 72 m vzkazuje podloží vysoké až velmi vysoké hodnoty odporu. Tato střední část profilu je totiž složena pouze z ostrohranných slepencových bloků, mezi kterými se nenachází takřka žádný vodivý materiál. Mocnost této vrstvy se dá na základě geofyzikálního měření odhadnout na přibližně 5 – 7 m. Zóny takto vysokých odporů proto s největší pravděpodobností představují prázdné prostory mezi jednotlivými klasty kamenné akumulace. Obdobně vysoké hodnoty vykazuje také led, resp. sporadický permafrost. Ten by se však musel nacházet ve větší hloubce a ve zdejší nadmořské výšce je jeho existence vysoce nepravděpodobná, zvláště vzhledem k relativně malé mocnosti této akumulace. Při samotném měření bylo také poměrně obtížné tyto elektrody vhodně instalovat mezi rozvolněné skalní bloky. Pohyb a práce na těchto příkře skloněných lokalitách je poměrně fyzicky náročný úkonem, vyžadujícím opatrnost a soustředění.

Obr. č. 13: Výsledný geofyzikální 2D profil znázorňující rozdílné odpory podloží



5.3.2 Makrosedimentologická analýza

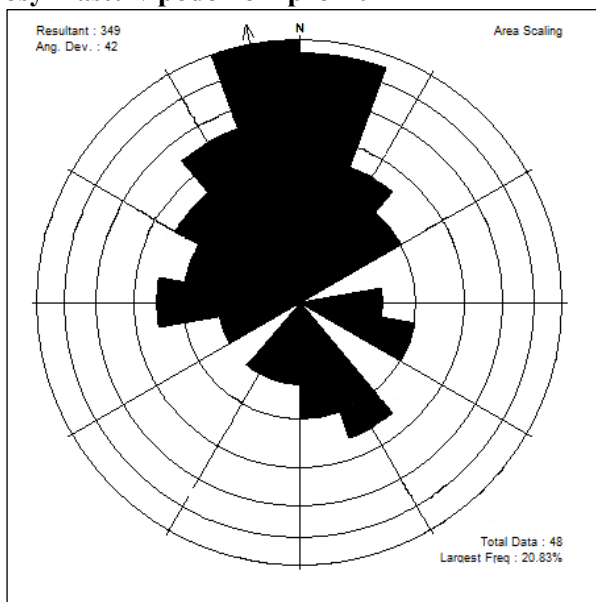
Obr. č. 14: Graf znázorňující velikost klastů v závislosti na vzdálenosti od skalního výchozu



Zdroj: Vlastní zpracování dle terénního měření (2014).

Celkem bylo změřeno 48 klastů v intervalu 1,5 m na profilu vedeném přibližně po spádnicí nejvýznamnější kamenné akumulace na SZ úpatí Žďáru. Měřené klasty kamenné akumulace na SV úpatí Žďáru vykazují mírně narůstající velikost směrem od skalního výchozu (viz obr. č. 14).

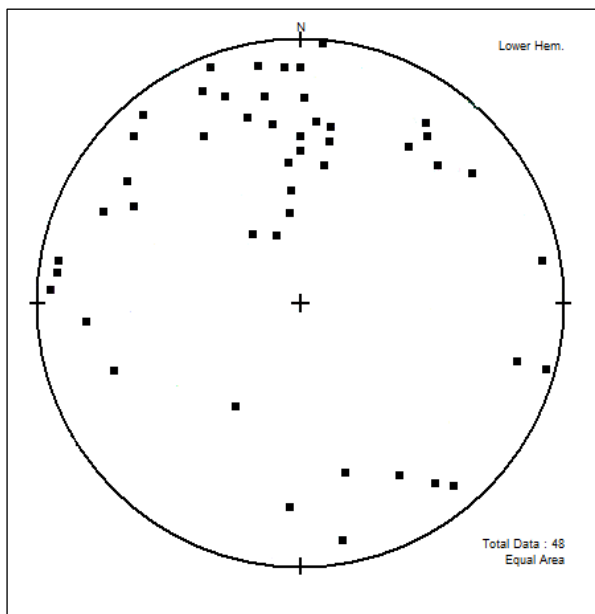
Obr. č. 15: Růžicový diagram četnosti orientace a osy klastů v podélném profilu



Zdroj: Vlastní zpracování v StereoStat (2014).

Růžicový diagram (viz obr. č 15) znázorňuje dominantní směry hlavních os jednotlivých klastů. Hlavní směr ($340 - 20^\circ$) je přibližně paralelní se spádnicí studovaného kamenného pole. Některé bloky dosahovali délek hlavních os okolo 180 cm, což občas činilo měření technicky náročným.

Obr. č. 16: Stereonet sklonu a orientace klastů



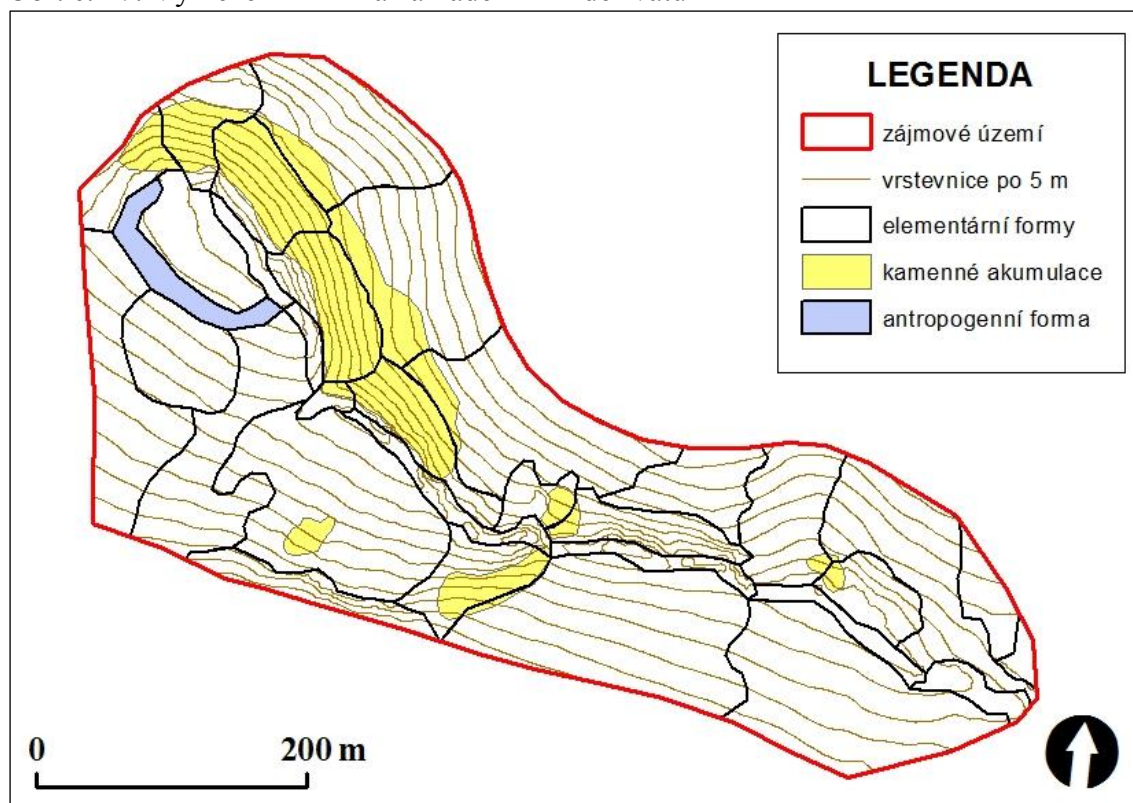
Zdroj: Vlastní zpracování v StereoStat (2014).

Stereonet (viz obr. č. 16) znázorňuje sklon a orientaci klastů studované kamenné akumulace. Převládající sklon klastů v zájmovém území se pohybuje okolo 25° , což

přibližně odpovídá sklonu celé kamenné akumulace. Je však možné, že při měření jednotlivých os došlo k záměně osy hlavní s jednou z os vedlejších a tudíž také ke špatnému určení sklonu a orientace.

5.4 Geomorfologické mapování

Obr. č. 17: Vymezení EFR na základě DMR derivátů



Zdroj: Vlastní zpracování v ArcGIS 10.0 ©ČÚZK (2014).

6. SHRnutí VÝSLEDKŮ A DISKUSE

Předkládaná práce má podstatné rezervy, co se podrobnosti geomorfologického výzkumu týče. Vytvořený návrh GmIS slouží pouze jako vodítka k detailnějšímu zpracování. Metody použité v této práci byly pravděpodobně použity správně, ale pro hlubší pochopení geneze jednotlivých forem na takto složitém polygenetickém reliéfu by bylo zapotřebí tyto metody zpřesnit a obohatit o další, jako např. lichenometrii či dendrochronologii.

Otázkou zůstává antropogenní vliv, který na Žďáru nepochybně zasáhl do mocnosti kamenných akumulací (ŠŤASTNÝ, 2003b). Pro přesné zjištění ovlivnění by se předkládaná práce musela zaměřit na morfometrickou analýzu kamenného valu třeba i za použití archeologických metod.

ŠŤASTNÝ (2003b) také zmiňuje potenciál dané lokality v možném výskytu sporadického permafrostu. Touto problematikou se detailně zajímal BOUDA (2011) na kamenných mořích na Šumavě. Vzhledem ke zjištění relativně malé mocnosti kamenných akumulací a jejich předpokládanému antropogennímu přemodelování během doby bronzové spolu s poměrně nízkou nadmořskou výškou zájmového území se však zdá výskyt sporadického permafrostu velmi nepravděpodobný. Nicméně o mikroklimatickém režimu zdejší kamenné akumulace na SV úpatí nelze pochybovat, jelikož během práce byly mezi rozvolněnými klasty několikrát nalezeny zbytky sněhu, přestože se okolní teplota již dlouhodobě pohybovala v kladných hodnotách. Výsledky geofyzikálního měření v lokalitě studované KRŇÁKEM (2014) se nijak dramaticky neliší. Podstatný rozdíl je však v rozmezí naměřených odporů. Rozdíl naměřených hodnot je podmíněn rozdílnými charakteristikami podloží, které v porovnávané lokalitě vykazuje výraznější spojitost.

ZÁVĚR

Hlavním cílem předkládané práce na téma *Geomorfologická analýza kamenných akumulací vrchu Žďáru* byl analyzovat vlastnosti kamenných akumulací. Tyto akumulace byly vymezeny na základě DMR a jejich derivátů (analýza sklonu svahů, analýza orientace svahů vůči světovým stranám) a následně geomorfologického mapování s pomocí GPS v terénu.

Na základě rozboru literatury byla vymezena antropogenní forma reliéfu, k jejíž genezi byla využita studovaná kamenná akumulace na SV svahu zájmového území.

Byl také vytvořen návrh GmIS vymežující základní elementární formy, doplněn o oblasti výskytu akumulací a antropogenních tvarů.

Z analýzy klastů vyplývá, že převažující orientace hlavních os přibližně odpovídá spádnicí sledované kamenné akumulace. Gravitační vytřídění, které by poukazovalo na recentní opadávání úlomků ze skalních výchozů

Na základě studia literatury a geofyzikálního průzkumu lze vyslovit domněnku, že vznik pedimentu, který tvoří sečný povrch mezi rozdílně odolnými horninami byl podmíněn zlomovou tektonikou a následným obnažením čela kry, které tak mohlo podléhat exogenním procesům a dalo tak vzniknout rozsáhlým kamenným akumulacím.

Seznam obrázků a tabulek

- Obr. č. 1: Pohled na strukturní hřbet vrchu Žďár ze severozápadu
- Obr. č. 2: Poloha zájmového území
- Obr. č. 3: Porovnání hranice zájmového území s hranicí přírodní rezervace
- Obr. č. 4: Odkrytá geologická mapa zájmového území a bezprostředního okolí
- Obr. č. 5: Diagram znázorňující směry puklin v okolí skalního výchozu na SZ svahu zájmového území
- Obr. č. 6: Ukázka zobrazení výsledného DMR zájmového území v ArcScene 10.0 (pro větší názornost s 2x převýšením)
- Obr. č. 7: Graf. Rozložení nadmořských výšek v zájmovém území
- Obr. č. 8: Mapa rozložení nadmořských výšek v zájmovém území
- Obr. č. 9: Graf. Histogram znázorňující podíl sklonů svahů
- Obr. č. 10: Mapa znázorňující rozložení sklonů svahů v zájmovém území
- Obr. č. 11: Graf. Histogram znázorňující podíl sklonů svahů
- Obr. č. 12: Mapa znázorňující orientaci svahů vůči světovým stranám
- Obr. č. 13: Výsledný geofyzikální 2D profil znázorňující rozdílné odpory podloží
- Obr. č. 14: Graf znázorňující velikost klastů v závislosti na vzdálenosti od skalního výchozu
- Obr. č. 15: Růžicový diagram četnosti orientace a osy klastů v podélném profilu
- Obr. č. 16: Stereonet sklonu a orientace klastů
- Obr. č. 17: Vymezení EFR na základě DMR derivátů
-
- Tab. č. 1: Zařazení zájmového území do geomorfologického systému
- Tab. č. 2: Rozložení nadmořských výšek v zájmovém území
- Tab. č. 3: Podíl jednotlivých sklonů svahů v zájmovém území
- Tab. č. 4: Podíl orientací svahů v zájmovém území

Seznam použitých zkratek

DMR – digitální model reliéfu

EFR – elementární formy reliéfu

ČGS – Česká geologická služba

ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální

GeoČR 50 – Geologická mapa České republiky 1:50 000

GIS – Geografický informační systém

GmIS – Geomorfologický informační systém

GPS – *global positioning system*; globální polohovací systém

LIDAR – *Light Detection And Ranging*; letecké laserové skenování

PR – přírodní rezervace

S–JTSK – Jednotná trigonometrická síť katastrální

SM 5 – Státní mapa 1:5 000

TIN – *triangulated irregular network*; nepravidelná trojúhelníková síť

WGS 84 - *World Geodetic System 1984*, Světový geodetický systém 1984

WMS – *web map service*; webová mapová služba

ZABAGED – Základní báze geografických dat České republiky

ZM 50 – Základní mapa České republiky 1:50 000

Seznam použité literatury a elektronických zdrojů

- ArcGIS Resources, 2014 [online]. *ArcGIS Help 10.1* [cit. 2014-01-20]. Dostupné z: http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/Welcome_to_the_ArcGIS_Help_Library/00qn0000001p000000/
- BEZVODOVÁ, Bohumila, DEMEK, Jaromír a ZEMAN, Antonín, 1985. *Metody kvarterně geologického a geomorfologického výzkumu*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 207 s.
- BOUDA, Jakub, 2011. *Sledování mikroklimatických podmínek vybraných kamenných moří ve hřbetových partiích Šumavy*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 81 s. (diplomová práce)
- BRÁZDIL, Karel et al., 2012. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace (DMR 4G)*. [online]. Geoportál ČÚZK [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_4G_15012012.pdf
- CIMPELOVÁ, Kateřina, 2009. *Geomorfologie vybraných bulžnickových oblastí v okolí Plzně*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 73 s. (bakalářská práce)
- CÍLEK, Václav et al., 2011. *Obráz krajiny: Pohled ze středních Čech*. 1. vydání. Praha: Dokořán, 312 s. ISBN 978-80-7363-205-2.
- CZUDEK, Tadeáš, 2005. *Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru*. 1. vydání. Brno: Moravské zemské muzeum, 238 s. ISBN 80-7028-270-3.
- DEMEK, Jaromír et al., 1965. *Geomorfologie Českých zemí*. 1. vydání. Praha: ČSAV, 336 s.
- DEMEK, Jaromír, 1988. *Obecná geomorfologie*. 1. vydání. Praha: Academia, 480 s.
- DEMEK, Jaromír et al., 2006. *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. 2. vydání. Brno: AOPK ČR. 582 s. ISBN 80-86064-99-9.
- DOLANSKÝ, Tomáš, 2004. Lidary a letecké laserové skenování. In: *Acta Universitatis Purkynianae* **99**. Ústí nad Labem: UJEP FŽP, 100 s. ISBN 80-7044-575-0.
- ESRI, 2014 [online]. *Support: GIS Dictionary*. [cit. 2014-01-20]. Dostupné z: <http://support.esri.com/en/knowledgebase/Gisdictionary/browse>
- GEODIS, 2014 [online]. *Letecké laserové skenování – LIDAR* [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: <http://sluzby.geodis.cz/sluzby/letecky-laserscanning>
- Geoportál ČÚZK, 2014 [online]. *Výškopisná data Zeměměřického úřadu*. [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(pu5kxd45dxht2145io30z3ap\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=vyskopis&side=vyskopis&menu=30](http://geoportal.cuzk.cz/(S(pu5kxd45dxht2145io30z3ap))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=vyskopis&side=vyskopis&menu=30)
- HAVLÍČEK, Václav. 1971. Stratigraphy of the Cambrian of Central Bohemia. In: *Sborník geologických věd: Geologie*, Praha: Státní geologický ústav Československé republiky **20**, 7-52.
- HUBBARD, Bryn, GLASSER, Neil, 2005. *Field techniques in glaciology and glacial geomorphology*. 1. vydání. Chichester: Wiley, 400 s. ISBN-13 978-0-470-84426-7.

- CHLUPÁČ, Ivo et al., 1992. *Paleozoikum Barrandienu: Kambrium – Devon*. 1. vydání. Praha: Český geologický ústav, 296 s. ISBN 80-7075-055-3.
- CHLUPÁČ, Ivo et al., 2002. *Geologická minulost České republiky*. 1. vydání. Praha: Academia, s. 436. ISBN 80-200-0914-0.
- JEDLIČKA, Karel, 2009. *Geomorfologický informační systém*. [online]. ArcDATA Praha [cit. 2014-02-11].
Dostupné z: http://www.arcdata.cz/digitalAssets/137759_DisP2.pdf
- KETTNER, Radim, KODYM, Odolen, 1919. Nová stratigrafie Barrandienu. In: *Časopis Musea Království českého*. Praha: Museum Království českého **93**, 47-55.
- KRŇÁK, Pavel, 2014. *Vývoj kamenných akumulací na severním svahu vrchu Radče*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. (bakalářská práce)
- KUNSKÝ, Josef, 1968. *Fyzický zeměpis Československa*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 537 s.
- LÁDKOVÁ, Lenka, 1995. *Nejstarší historie západočeského regionu*. [online] NATURA časopis o přírodě vědě a civilizaci [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <http://natura.baf.cz/natura/1995/11/9511-5.html> ISSN 1212-6748
- MENTLÍK, Pavel, 2002. Tvorba geomorfologického informačního systému pro oblast Prášílského jezera (Šumava). In *Geomorfologický sborník 1*. Brno: Masarykova univerzita, s. 90-93. ISBN: 80-210-2974-9.
- MENTLÍK, Pavel, 2006. *Geomorfologická analýza a tvorba GmIS okolí Prášílského jezera a jezera Laka na Šumavě (Česká republika)*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 252 s. (disertační práce)
- MENTLÍK, Pavel, 2007. Geomorfologický informační systém jako nástroj geomorfologické analýzy. In: *Miscellanea Geographica 13: Sborník Katedry geografie Pedagogické fakulty Západočeské univerzity v Plzni*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, s. 35-40. ISBN: 978-80-7043-658-5.
- MENTLÍK, Pavel, 2013. *Seminář z GIS ve fyzické geografii: Osobní sdělení*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- MINÁR, Jozef et al., 2001. Geoekologický (komplexný fyzickogeografický) výskum a mapovanie vo veľkých mierkach. In: *Geografické spektrum 3*. Bratislava: Geo-grafika, 209 s. ISBN 80-968146-3-X.
- Ministerstvo životního prostředí, 2014 [online]. *Přírodní rezervace* [cit. 2014-01-20]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/zvlaste_chranena_uzemi
- PURKYNĚ, Cyril, 1914. Kambrium mezi Plzencem a Žďárem u Rokycan. In: *Zvláštní otisk ze Sborníku měst. histor. musea v Plzni*. Plzeň: Měst. hist. museum **3**, 7 s.
- PURKYNĚ, Cyril, 1915. Nástin tektoniky Třemošenského pohoří mezi Strašicemi a Rokycany. In: *Rozpravy České akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění*. Praha: Česká akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění. **24**(46), II., 1-13.
- RUBÍN, Josef, BALATKA, Břetislav et al., 1986. *Atlas skalních, zemních a půdních tvarů*. 1. vydání. Praha: Academia, 385 s.

- RŮŽIČKOVÁ, Eliška et al., 2003. *Kvarterní klastické sedimenty České republiky: Struktury a textury hlavních genetických typů*. 1. vydání. Praha: Česká geologická služba. 68 s. ISBN 80-7075-600-4.
- SCHROTT, Lothar, SASS, Oliver, 2008. Application of field geophysics in geomorphology: Advances and limitations exemplified by case studies. *Geomorphology* **93** (2008), 55–73.
- STACKE, Václav, 2008. *Geomorfologie Slunečné na Šumavě*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 65 s. (bakalářská práce)
- STRAHLER, Alan, 2011. *Introducing physical geography*. 5. vydání. Chichester: Wiley, 655 s. ISBN 13 978-0470-13486-3
- ŠŤASTNÝ, Václav, 2003a. *Typy forem reliéfu na kambrických slepencích v modelovém území vrchu Žďár*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 62 s. (bakalářská práce)
- ŠŤASTNÝ, Václav, 2003b. Vliv struktury na reliéf vrchu Žďár. In: *Geomorfologický sborník 2: sborník z mezinárodního semináře Geomorfologie '03, konaného ve dnech 22. - 23. 4. 2003 v Nečtinech*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, s. 189-194. ISBN 80-7082-946-X.
- ŠŤASTNÝ, Václav, 2004. Silkrety z vrchu Žďár. In: *Sborník ČGS*. Praha: Česká geologická služba. **109**(4), 332–334.
- ŠŤASTNÝ, Václav et al., 2006. *Vrch Žďár u Rokycan*. 1 vydání. Mirošov: Václav Šťastný, 140 s.
- TÁBOŘÍK, Petr, PÁNEK Tomáš, 2010. Elektrická odporová tomografie ve výzkumu horského reliéfu. In: *Geografie pro život ve 21. století: Sborník příspěvků z XXII. sjezdu České geografické společnosti pořádaného Ostravskou univerzitou v Ostravě 31. srpna - 3. září 2010*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, s. 74-81. ISBN 978-80-7368-903-2.
- VOŽENÍLEK, Vít, 2000. GPS v rukou geomorfologů. In: *Geoinfo : specializovaný čtvrtletník pro geoinformační technologie* Ostrava: Computer Press, **4** (2000), 14 – 15. ISSN 1212-4311.
- VOŽENÍLEK, Vít, 2001. Integrace GPS/GIS při mapování krajiny. In: *Sborník 8. konference GIS Ostrava 2001, konané ve dnech 21. – 24. ledna 2001*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava. ISSN 1213-239X.
- ZEMAN, Antonín, DEMEK, Jaromír, 1984. *Kvartér: Geologie a geomorfologie*. 1. vydání. Brno: Univerzita J. E. Purkyně v Brně. 192 s.
- ŽÁN, Miloslav, 1973. *Přírodní rezervace: Žďár*. Plzeň: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody v Plzni.

Seznam příloh

Příloha č. 1: Fotografie. Kamenná akumulace typu autochtonního balvanového moře

Příloha č. 2: Fotografie. Pohled na spodní část největší kamenné akumulace typu suťového pole

Příloha č. 3: Fotografie. Vedení profilu při elektrické odporové tomografii (ERT)

Příloha č. 4: Fotografie. Hlavní jednotka systému ERT

Příloha č. 5: Fotografie. Sedimentologické měření v horní části profilu

Příloha č. 6: Fotografie. Geologický kompas pro měření sklonu a orientace polygonů

Příloha č. 7: Fotografie. Příklad mrazového zvětrávání a tvorby vertikálních puklin

Přílohy

Příloha č. 1: Fotografie. Kamenná akumulace typu autochtonního balvanového moře



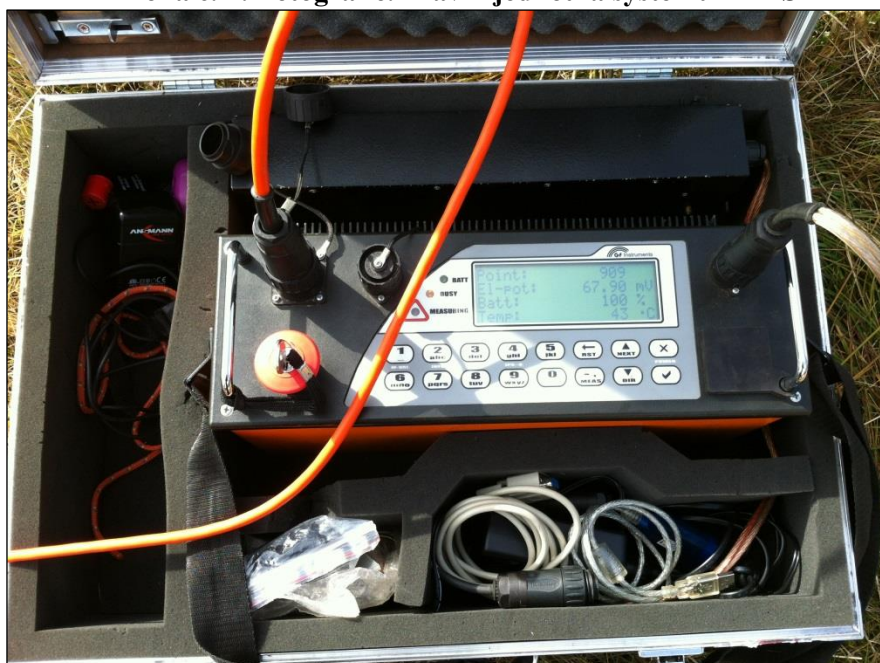
Příloha č. 2: Fotografie: Pohled na spodní část největší kamenné akumulace typu suťového pole



Příloha č. 3: Fotografie. Vedení profilu při elektrické odporové tomografii (ERT)



Příloha č. 4: Fotografie. Hlavní jednotka systému ARES



Příloha č. 7: Fotografie. Příklad mrazového zvětrávání a tvorby vertikálních puklin



Abstrakt

SEDLÁČEK, Pavel, 2014. *Geomorfologická analýza kamenných akumulací vrchu Žďár*. Bakalářská práce. Plzeň: Fakulta ekonomická ZČU v Plzni, 60 s.

Klíčová slova: Brdská vrchovina, Žďár u Rokycan, GmIS, makrogranulometrie, ERT

Tato bakalářská práce je zaměřena geomorfologickou analýzu kamenných akumulací, které se nacházejí ve vrcholových partiích vrchu Žďár na SZ Brdské vrchoviny. Pro výzkum byly zkoumány morfometrické charakteristiky na základě DMR. Byly použity geofyzikální a makrosedimentologické analýzy. Výstupem práce je návrh GmIS s vymezenými elementárními formami reliéfu a zkoumanými kamennými akumulacemi.

Abstract

SEDLÁČEK, Pavel, 2014. *Geomorphological analysis of the block accumulations of the Žďár hill*. Bachelor thesis. Pilsen: Faculty of Economics, University of West Bohemia, 60 s.

Key words: Brdy uplands, Žďár near Rokycany, GmIS, ERT, macrogranulometry

This bachelor thesis deals with geomorphological analysis of the block accumulations of the Žďár hill at northernwest part of Brdy uplands. The research was aimed on morphometrical characteristics based on the DEM. Geophysical and macro-sedimentological methods have been used. Output of the thesis represents suggestion of the functional GmIS with delineated elementary forms and block accumulations.

Rozsah: cca 10 řádek textu, maximální rozsah je jedna strana i s nadpisem a klíčovými slovy.