

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY  
Katedra fyzické geografie a geoekologie

## **Intenzita eroze na turistických stezkách v Hrubém Jeseníku**

Diplomová práce

Petra Maříková

Vedoucí práce: Mgr. Václav Tremel

PRAHA 2006

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracovala sama a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje.

Praha 3.5.2006

podpis

*Marek Lova*

## Poděkování

Chtěla bych poděkovat Mgr. Václavu Tremlovi za odborné a trpělivé vedení mé diplomové práce, cenné připomínky a poskytnutí dat. Poděkování patří i mojí rodině za trpělivost a podporu při přípravě práce a Petru Tomáškovvi za cenné rady, pomoc při získávání dat a především za trpělivost a psychickou podporu.

## **Obsah:**

<b>Abstract</b>	6
<b>1. Úvod</b>	7
<b>2. Definice klíčových pojmů a způsoby řešení dané problematiky</b>	9
2.1. Definice klíčových pojmů	9
2.1.1. Eroze a její činitele	9
2.1.2. Turismus a životní prostředí	10
2.2. Způsoby posuzování vlivu turismu na cestní síť	11
2.2.1. Možnosti sledování vlivu turismu na stav horských stezek	11
2.2.2. Způsoby sledování a hodnocení erozních procesů	13
2.2.3. Měření úhrnů erodovaných částic půdy	14
2.2.4. Mapování erozních tvarů	14
2.3. Hodnocení změn v krajině analýzou sérií leteckých snímků	15
<b>3. Vymezení a základní charakteristiky sledovaného území</b>	16
3.1. Vymezení zájmového území	16
3.2. Fyzickogeografická charakteristika území	17
3.2.1. Geologická stavba	17
3.2.2. Geomorfologie	18
3.2.3. Půdní poměry	19
3.2.4. Hydrologická charakteristika	19
3.2.5. Klimatické poměry	20
3.2.6. Biogeografické poměry	21
3.2.7. Ochrana přírody	22
3.3. Turismus v CHKO Jeseníky	23
<b>4. Metodika</b>	25
4.1. Metodika měření a mapování v terénu	25
4.1.1. Měření profilů	25
4.1.2. Mapování klíčových částí turistických stezek	25
4.2. Metodika vyhodnocování dat z měření	26
4.2.1. Metodika interpretace vývoje profilů	26
4.2.2. Metodika hodnocení závislosti intenzity eroze na jednotlivých faktorech	27

4.3.	Metodika tvorby map a následného vyhodnocení dat z mapování .....	28
4.3.1.	Tvorba tematických map .....	28
4.3.2.	Vyhodnocení dat z mapování .....	29
4.4.	Metodika porovnávání leteckých snímků .....	30
4.4.1.	Zdrojová data .....	30
4.4.2.	Zpracování leteckých snímků .....	30
<b>5.</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>33</b>
5.1.	Intenzita eroze na turistických stezkách .....	33
5.1.1.	Interpretace vývoje jednotlivých profilů .....	33
5.1.2.	Hodnocení závislosti intenzity eroze na jednotlivých faktorech .....	50
5.1.3.	Vyhodnocení dat z mapování klíčových částí turistických stezek .....	60
5.2.	Sledování změn cestní sítě pomocí leteckých snímků .....	66
5.2.1.	Interpretace změn polohy pěšin a cest .....	66
5.2.2.	Porovnání ploch úseků cest .....	68
<b>6.</b>	<b>Diskuse výsledků .....</b>	<b>70</b>
6.1.	Hodnocení eroze na turistických cestách .....	70
6.2.	Změny cestní sítě .....	74
<b>7.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>80</b>
<b>8.</b>	<b>Summary .....</b>	<b>82</b>
<b>9.</b>	<b>Citovaná literatura .....</b>	<b>84</b>
<b>10.</b>	<b>Přílohy</b>	

## 1. Úvod

Hrubý Jeseník je pohoří v České republice neopakovatelné. NPR Praděd je lokalita z přírodovědného hlediska mimořádná. Nacházejí se zde velmi hodnotné ekosystémy, které jsou v bezprostředním kontaktu s intenzivním turismem. Stále se rozšiřující turismus a jeho vliv na přírodní složku NPR Praděd je častým předmětem sporů. Tento problém se stále nedaří uspokojivě řešit. Návrh plánu péče o rezervaci Praděd se pokouší o zvrát tohoto trendu pomocí spojení přírodovědného hodnocení území s analýzou návštěvnosti. V rámci snahy monitorování antropogenního vlivu na krajinu NPR Praděd a jako reakce na požadavek správy CHKO Jeseníky je tato práce zaměřena na hodnocení intenzity eroze na různých frekventovaných turistických stezkách.

Hlavním cílem diplomové práce je snaha o přispění k poznání limitů prostředí NPR Praděd. Práce analyzuje problematiku vlivu turismu na chráněné oblasti pomocí hodnocení intenzity eroze na turistických stezkách a dále pomocí sledování změn v cestní síti v alpském bezlesí NPR Praděd. Z toho vychází dílčí cíle diplomové práce. Prvním je zhodnotit erozní ohrožení jednotlivých částí turistických stezek. Druhým cílem je zjištění nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících erozi na sledovaných stezkách. Třetím cílem je zmapování erozních prvků na stezce údolím Bílé Opavy. Souhrnem těchto třech dílčích cílů je zjištění míry vlivu turismu a ostatních faktorů na vývoj eroze na turistických stezkách a v jejich bezprostřední blízkosti. Současně je zkoumán vývoj cestní sítě pomocí leteckých snímků.

Práce byla realizována v rámci projektu VaV/620/15/03 "Vliv rekreačního využití na stav a vývoj biotopu ve vybraných VCHÚ (CHKO Beskydy, Krkonošský národní park, CHKO Jeseníky, Národní park a CHKO Šumava)"

Turismus v Hrubém Jeseníku se rozvíjel již od počátku 19. století. K velkému rozvoji cestovního ruchu v souladu s celoevropskými trendy došlo po 2. světové válce. Vznikaly první lyžařské vleky a na přelomu 60. a 70. let byla realizována výstavba komunikace na vrchol Pradědu, s níž je svázána výstavba telekomunikační věže a turistických zařízení (Banaš, 2003). Od poloviny 70. let začala fungovat kyvadlová autobusová doprava turistů z Hvězdy na Ovčárnu, čímž se výrazně zjednodušil přístup do vrcholových partií Pradědské hornatiny. Územní překryv turistického zázemí a chráněné oblasti vyvíjí velké tlaky na celé NPR Praděd. Dobrá dostupnost se promítá i do cestní sítě, která je zde značně narušena množstvím turistů a neukázněnými rekreanty, kteří si zkracují cestu. Vyšší množství turistů

může způsobit zvýšenou erozi. Zvýšená eroze na cestní síti, může potenciálně přispět k narušení místních hydrických podmínek, poškodit zranitelnou vegetaci akumulací erodovaného materiálu, ale může mít i negativní dopad na vzhled krajiny a tedy narušit estetické hodnoty.

V diplomové práci jsem chtěla odpovědět zejména na následující otázky související s intenzitou eroze na cestní síti:

- Do jaké míry závisí intenzita eroze na turistických stezkách na množství prošliých turistů a nakolik je eroze funkcí přírodních faktorů?
- Jak intenzivní eroze probíhá na vymezených částech turistických stezek a jaká místa jsou nejvíce postižena erozí?
- Jak se měnila cestní síť od roku 1953, jaké vlivy napomohly změně vedení cest a jaký nastal vývoj po zrušení turistické stezky i po zavedení nové trasy?

## **2. Definice klíčových pojmů a způsoby řešení dané problematiky**

### **2.1. Definice klíčových pojmů**

#### **2.1.1. Eroze a její činitelé**

Zachar (1970) rozumí pod pojmem eroze rozrušování litosféry, resp. pedosféry pohybující se hmotou exogenního původu. V geologickém smyslu slova jde tedy o rušivou činnost exogenních činitelů, mezi které se počítají: voda, led, sníh, vítr, zvětraliny, organismy (fauna a flóra) a člověk. Takto rozlišuje erozi i Holý (1994) na vodní erozi, ledovcovou, sněhovou, větrnou, zemní a antropogenní erozi. Tyto druhy eroze se však většinou vyskytují v kombinaci.

Většina autorů uznává, že průběh a intenzitu erozních procesů ovlivňuje řada přírodních činitelů a vlivy antropogenní. Tyto faktory se zpravidla složitě kombinují, takže výsledný proces eroze je velmi komplikovaným jevem, závislým nejen na těchto faktorech přímo, ale také nepřímo, protože i mezi těmito faktory jsou složité interakce (Buzek, 1983).

K rozhodujícím přírodním faktorům řadí Buzek (1983) faktor podloží, zvl. faktor geologicko-litologický a půdní, faktory geomorfologické, zahrnující především faktor sklonu, délky a expozice svahů, důležitý je také faktor klimaticko-hydrologický. S těmito faktory souvisí faktor vegetační daný stanovištními podmínkami.

Podle intenzity eroze řada autorů rozlišuje erozi normální a abnormální, neboli zrychlenou. Holý (1994) uvádí, že při normální erozi probíhají erozní procesy s malou intenzitou, ztráta půdních částic je doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu. Mocnost půdního profilu se nesnižuje, mění se však zrnitostní složení vrchního půdního horizontu, který se stává hrubozrnějším. Při zrychlené erozi se smývají půdní částice v takovém rozsahu, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem z půdního podkladu. Vzniká ostře modelovaný tvar povrchu území. Stejně tak Buzek (1983) rozlišuje erozi normální jako neovlivnitelnou součást krajinných procesů, kdy je úbytek půdy vyrovnáván pedogenezí a erozi zrychlenou, která vyplývá především z negativních hospodářských vlivů a vede k degradaci půd a k vývoji recentních erozních forem.

Tato práce je zaměřena především na antropogenní erozní vlivy způsobené turismem. Jak řada autorů uvádí, erozní faktory se většinou kombinují, takže jsou v této práci dávány do souvislostí jak vlivy antropogenní, tak vlivy přírodního charakteru.



### 2.1.2. Turismus a životní prostředí

Výkladový slovník cestovního ruchu definuje turismus jako alternativní termín pro cestovní ruch odvozený z anglického slova *tourism*. Turismus je jednoslovné označení řady aktivit spojených s cestovním ruchem. Turista je pak vymezen jako osoba cestující s cílem využití volného času (Pásková et Zelenka, 2002). Turismus je ovlivněn únosnou kapacitou území. Pokud dojde k překročení množství turistů v daném území, má to vliv na přírodní prostředí i na turismus samotný, neboť lidé vyhledávají v přírodě klid (Hopfenbeck et Zimmer 1993).

Využití volného času je dnes hromadnou potřebou. Turismus jako takový je relativně mladý. Cestování jako zábava se začalo rozvíjet teprve v 18. století. Dnes je turismus jedním z důležitých hospodářských faktorů. Touha po zdravém, nenarušeném prostředí současně ničí přírodu a zahání lidi do posledních neporušených oblastí. Každé zvětšení návštěvnosti znamená přibývající ztrátu kvality a ztrátu toho, co člověk hledá. Velký podíl na rozvoji turismu, volno- časových a sportovních aktivit mají faktory životního prostředí (Hopfenbeck et Zimmer, 1993).

Základní podmínka vzniku a rozvoje cestovního ruchu v území je vyjádřena v požadavku: "Cestovní ruch je možno rozvíjet pouze ve zdravém a čistém životním prostředí". Pouze při splnění této podmínky může cestovní ruch plnit svou základní funkci, kterou je obnova fyzických a duševních sil člověka. Nejvyšší přírodní prostředí je však často také chráněno kvůli uchování jeho přírodních hodnot.

V horských oblastech se zchovalou přírodní krajinou se v souvislosti s rozvojem turismu vytváří konfliktní zóna ve vztahu člověka k přírodnímu prostředí (Drdoš 1989). Problém vysokých pohoří je akutnější než problém urbanizovaného prostředí, protože horské oblasti představují tzv. „ekologické vyrovnávací území“, které mají v kulturní krajině sanitární funkci. Dodávají jí čistý vzduch i čisté povrchové a podzemní vody. Jsou zároveň důležitou zásobárnou genofondu jako reprodukční báze biosféry. Také Midriak (1989) tvrdí, že nejdestrukčnější antropogenní vliv na půdu v TANAP-u má turistika. Podobný názor na turismus v TANAP-u má i Šoltés et Šoltésová (1989). Podle nich rekreační turistika a zimní sportování podstatně ovlivňují vegetační pokrývku. K podobným výsledkům dochází i S. Pignatti (1993), který zkoumal vliv turismu na vegetaci v Apeninách. Došel k závěru, že pod lyžařskými vleky se zredukovala diverzita vegetace na polovinu a v okolí turistických stezek začala být dominantní vegetace odolná proti sešlapání. Výsledkem sešlapávání vegetace a půdy turisty je to, že se nějaké původní rostlinné druhy ztratili a jiné se naopak rozšířili na

celou oblast (Pignatti, 1993).

Názory na vliv turismu na horské oblasti Tatranského národního parku lze zobecnit i pro naše horské oblasti a tedy i pro oblast Hrubého Jeseníku. Tato práce se věnuje dopadům rozvoje turismu na horské přírodní prostředí, které je daleko více zranitelné než antropogenně přeměněné oblasti.

## **2.2. Způsoby posuzování vlivu turismu na cestní síť**

### **2.2.1. Možnosti sledování vlivu turismu na stav horských stezek**

Převážná část prací zaměřených na vliv turismu na krajinu a její složky se věnuje únosnosti krajiny. Na hodnocení únosnosti krajiny je mnoho pohledů. Únosnost krajiny je schopnost krajiny unést určité zatížení bez toho, aby se narušila stabilita krajinné struktury. Stabilitou krajinné struktury označujeme stav krajiny, při kterém se struktura nemění i přes určité zatížení (Drdoš, 1989). Naše platná legislativa životního prostředí definuje pojem „únosného zatížení území“ v zákoně FS ČSFR č.17/1992 „O životním prostředí“, § 5, kde je konstatováno, že: „únosné zatížení území je takové zatížení území lidskou činností, při kterém nedochází k poškozování životního prostředí, zejména jeho složek, funkcí ekosystémů nebo ekologické stability.“ Přičemž „ekologická stabilita“ je definována jako schopnost ekosystému vyrovnávat změny způsobené vnějšími činiteli a zachovávat své přirozené vlastnosti a funkce.

Metody používané u nás a na Slovensku většinou pracují s biotickými a abiotickými vlastnostmi-limity prostředí (Banaš a kol., 2003). Současně existují práce, které spojují únosnost krajiny se společenskými požadavky. Vztah lidí k přírodnímu prostředí je pak posuzován z hlediska společenského využívání území a z hlediska společenského působení na krajinu.

Z hlediska abiotických limitů prostředí jsou častěji uvažovány geomorfologické procesy, které mohou být ovlivňovány rekreačním využíváním území. Hlavním sledovaným procesem je eroze a destrukce vlastních geomorfologických tvarů. Někteří autoři se zabývají též vlivem rekreace na pomalý pohyb půdního pokryvu a kryogenní procesy. Jiní kategorizují turistické chodníky podle únosnosti podloží, resp. ve vztahu k možné destrukci jejich povrchu se zřetelem na geomorfologickou hodnotu podložní horniny, ale i erodovatelnost půdy, která se v příslušné oblasti vytvořila (Midriak, 1989). Při zjišťování možné destrukce chodníků je často uvažována intenzita eroze, kterou lze sledovat podrobným geomorfologickým mapováním, či měřením množství erodovaného materiálu. Sanjay (2004) si k podrobnému

mapování rozdělil turistické stezky na segmenty, kterým přiřazoval podle jejich narušenosti čtyři třídy. Při zařazování do jednotlivých tříd zohledňuje např. šířku cesty, zahloubení cesty, přítomnost organické vrstvy a volného materiálu, sklon cesty. Bryan (1977) používá jako hlavní příznaky degradace prostředí homogenní půdní texturu, množství skeletu, množství organické složky a morfologické tvary.

Biotické limity prostředí jsou uvažovány především z hlediska vegetace a jejímu ničení v blízkosti turistických stezek. Únosná kapacita území je pak řešena pomocí stupně narušení okolní vegetace a ohodnocení stupně stability rostlinných společenstev. Z hlediska vegetačního krytu sledují únosnou kapacitu území např. Šoltés et Šoltésová (1989). Biotické limity zohledňuje také práce Drdoše (1989), který definuje únosnost krajiny podle vývoje struktury krajiny a charakteristiky krajinných typů.

Analýza přírodní struktury krajiny a její únosnosti dle Drdoše (1989) ukázala, že vysokohorské prostředí, především části nad horní hranicí souvislého lesa, kde v extrémních studených klimatických podmínkách působí intenzivní periglaciální procesy, má velmi nepříznivé geoekologické charakteristiky pro únosnou turistickou návštěvnost. Vyplývá to ze skutečnosti, že fosilní, ledovcem modelovaná krajina, se v současných odlišných krajinotvorných podmínkách rozpadá a citlivé biocenózy v tomto prostředí podléhají rychlejší destrukci pod antropogenním vlivem. Vlivy člověka na montánní a vysokohorskou krajinu souvisí především s letními turistickými aktivitami (Drdoš, 1989). Korelaci mezi frekvencí turistů na trase a její degradací ukazuje řada prací např. (Sanjay, 2004). Také Bryan (1977) uvádí, že rostoucí popularita horské turistiky začíná s sebou přinášet závažný problém eroze na turistických stezkách a degradace okolní krajiny.

Ve sledované oblasti již Banaš a Hošek (2004) provedli výzkum konfrontující přírodovědné hodnocení území s analýzou míry návštěvnosti, její struktury, preferencí a očekávání návštěvníků a místních podnikatelů, turistické nabídky a poptávky v území. Výsledky byly použity k formulování návrhu části nového plánu péče rezervace – strategie rekreačního využívání území (Banaš, Hošek 2004). Na základě mnohých výzkumů v terénu navrhuje přepočtení hodnot kapacity návštěvnosti. Správa CHKO Jeseníky povoluje zimní návštěvnost (16.11. – 15.5.) 3700 osob/den. Z dotazníkového šetření však vychází, že již při poloviční návštěvnosti, pocíťovali návštěvníci celkový počet lidí v území jako vysoký. Letní návštěvnost (16.5. – 15.11.) stanovila Správa CHKO Jeseníky na 2500 osob/den. Výsledky sledování (Banaš, Hošek 2004) turistické návštěvnosti jsou využity i v této práci.

Tremel (2004) zaměřil výzkum v NPR Praděd na zjišťování intenzity krípu a povrchové eroze na lyžařské sjezdové trati A a dále na intenzitu eroze na povrchu turistických cest

Ovčárna – Vysoká Hole, Praděd – Česnekový důl. Provedl měření zahloubení cesty a výšky činné vrstvy. Ve své práci srovnává erozní pochody na turisticky frekventovaných a méně používaných stezkách v českých pohořích. Dochází k závěru, že rychlejší dynamika vývoje povrchu je na místech s hrubozrnější zvětralinou a s větší mocností činné vrstvy zvětraliny. Největší dynamiku vývoje zjistil v nejhlubších částech profilů v místech nejvyššího sklonu. Závislost na množství prošlých turistů již však nediskutoval.

### **2.2.2. Způsoby sledování a hodnocení erozních procesů**

Přesto, že ve sledovaném území nepůsobí jen eroze vodní, diskuse sledování a hodnocení erozních procesů je omezena pouze na vodní erozi, protože je u ní předpokládán nejvýznamnější účinek. Vodní erozi lze vyjádřit jako vztah mezi erozní účinností deště a náchylností půdy k erozi (Holý 1978). Za hlavní erozní faktor je považován déšť, který je charakterizován intenzitou, velikostí dešťových kapek a rychlostí jejich letu. Z ostatních faktorů je uvažován zejména sklon a délka svahu, vegetační kryt půdy atd. Tyto faktory je možné uvést do vztahů, z nichž se určí intenzita erozního procesu vyjádřená ztrátou půdy z jednotky plochy za určitou dobu (Holý, 1978).

Způsoby sledování eroze lze rozčlenit do 5 programových skupin (Zachar 1970). První je sledování intenzity eroze, kdy na základě odneseného množství materiálu usuzujeme na snížení reliéfu a ztenčení půdního profilu. Druhé je sledování změn půdních vlastností, tyto změny se odrážejí v úrodnosti půdy. Třetí možností je sledování náchylnosti půdy k erozi na základě výzkumu její odolnosti vůči odnosu. Takto Buzek (1983) posuzuje odolnost půdy k erozi především z hlediska jejího druhu daného texturou (zrnitostí). Čtvrtá programová skupina je sledování účinnosti protierozních opatření a poslední je sledování regionálního rozšíření erozních jevů. Do první skupiny lze zařadit práci Midriaka (1989), který při klasifikaci erodovatelnosti turistických chodníků uvažuje několikaleté měření prohlubování turistických cest. Toto měření ve svých analýzách srovnává s podklady horninového podloží, reliéfu a typy půd a dochází k závěru, že nejdestrukčnější antropogenní vliv na půdu má turistika. Její negativní důsledky se mimo jiné projevují především v sešlapávání vegetace a půdy na povrchu, okrajích chodníků i v jejich bezprostřední blízkosti, ve vytváření spádníkových skratek na serpentínách chodníků. Enormnímu odnosu půdy z povrchu chodníků napomáhá především mechanické obrušování a rozrušování.

Zachar (1970) tvrdí, že hlavní potíže při výzkumu eroze vycházejí z toho, že erozní jevy nejsou kontinuální, což silně stěžuje analýzu vlastního erozního procesu. S tímto problémem se setkává také tato práce, zvláště při uvážení krátké časové řady měření.

### **2.2.3. Měření úhrnů erodovaných částic půdy**

Postupy měření erozních tvarů a procesů můžeme rozdělit na přímé sledování změn v reliéfu a na metody, které posuzují tyto změny na základě sledování produktů eroze (Zachar, 1970). Metoda nivelační vychází z přesné registrace změn povrchu terénu. Je poměrně přesná, pokud je založena stacionární sítí s přesně opakovanou nivelací fixovaných bodů. Metoda objemová vychází z opakovaných měření objemu stružek a rýh. Měření při objemové metodě může být nárazové i stacionární. Z měření v podélném i příčném profilu se vypočítává celkový objem stružek a rýh a z něho pak můžeme uvažovat o erozních ztrátách. Metoda deluometrická vychází z přímého zachycování produktů eroze do zařízení různých konstrukcí, např. Gerlachův žlab. Při stacionárním měření v patřičných termínech je reprezentativní (Zachar, 1970).

Metody hodnocení intenzity eroze v území lze rozdělit podle vstupních dat. První skupinou metod jsou ty, které počítají s hustotou erozní sítě v území a druhou skupinu tvoří metody zabývající se půdním úbytkem (Buzek, 1983). Metody výpočtu půdních úbytků jsou založeny na řadě experimentálních vztahů. Většinou zahrnují přírodní i antropogenní faktory. Obecně lze říci, že intenzita erozního procesu je dána faktory: klimatickými, hydrologickými, morfologickými, půdními, geologickými, vegetačními a antropogenními (Buzek, 1983). Holý (1994) vyjadřuje erozní proces podobně vztahem mezi jeho výslednou intenzitou danou hmotnostním nebo objemovým množstvím ztráty půdních částic z jednotky plochy za určité období a erozními činiteli. Za nejdůležitější erozní činitele považuje sklon svahu, délku svahu a hydrologické podmínky.

### **2.2.4. Mapování erozních tvarů**

Mapování eroze lze charakterizovat zpravidla buď jako mapování orientační nebo mapování podrobné (Holý, 1978). Orientační mapy jsou podkladem pro plánování protierozních opatření na vodohospodářském a zemědělském úseku v celostátním nebo oblastním měřítku, podrobné mapy umožňují zaznamenat a sledovat erozní procesy v menších územních celcích. Orientační mapování lze provést na základě mapových podkladů a informací o výskytu eroze z různých pramenů, nebo na základě orientačního vyšetření určujících erozních činitelů a jejich očekávaného vzájemného působení (Holý, 1978).

Většina prací zabývajících se mapováním erozních procesů se omezuje na zemědělskou půdu. Tato práce však řeší erozní procesy na turistických chodnicích, proto nelze žádnou z těchto metod přesně použít. Lze využít poznatky o vlivu jednotlivých faktorů.

### 2.3. Hodnocení změn v krajině analýzou sérií leteckých snímků

Letecký snímek je výsledkem perspektivního, optického a fotografického zpracování, zaznamenává stav území v okamžiku expozice, přičemž zachycuje všechny patrné jevy, jež lze jen velmi obtížně zachytit jiným způsobem (Holý, 1978). Letecké snímkování patří mezi metody Dálkového Průzkumu Země (DPZ). Letecké snímky jsou pro období posledních 40-60 let nejvhodnějším podkladem, dokládajícím detailní vývoj krajinné struktury. Poskytují názornou představu o tvaru, velikosti a uspořádání pozemků a strukturálních prvků krajiny i o jejich změnách v čase (Lipský 2000). Proto je mnoho autorů toho názoru, že vyhodnocení dat DPZ může dobře doplňovat výsledky z terénních měření.

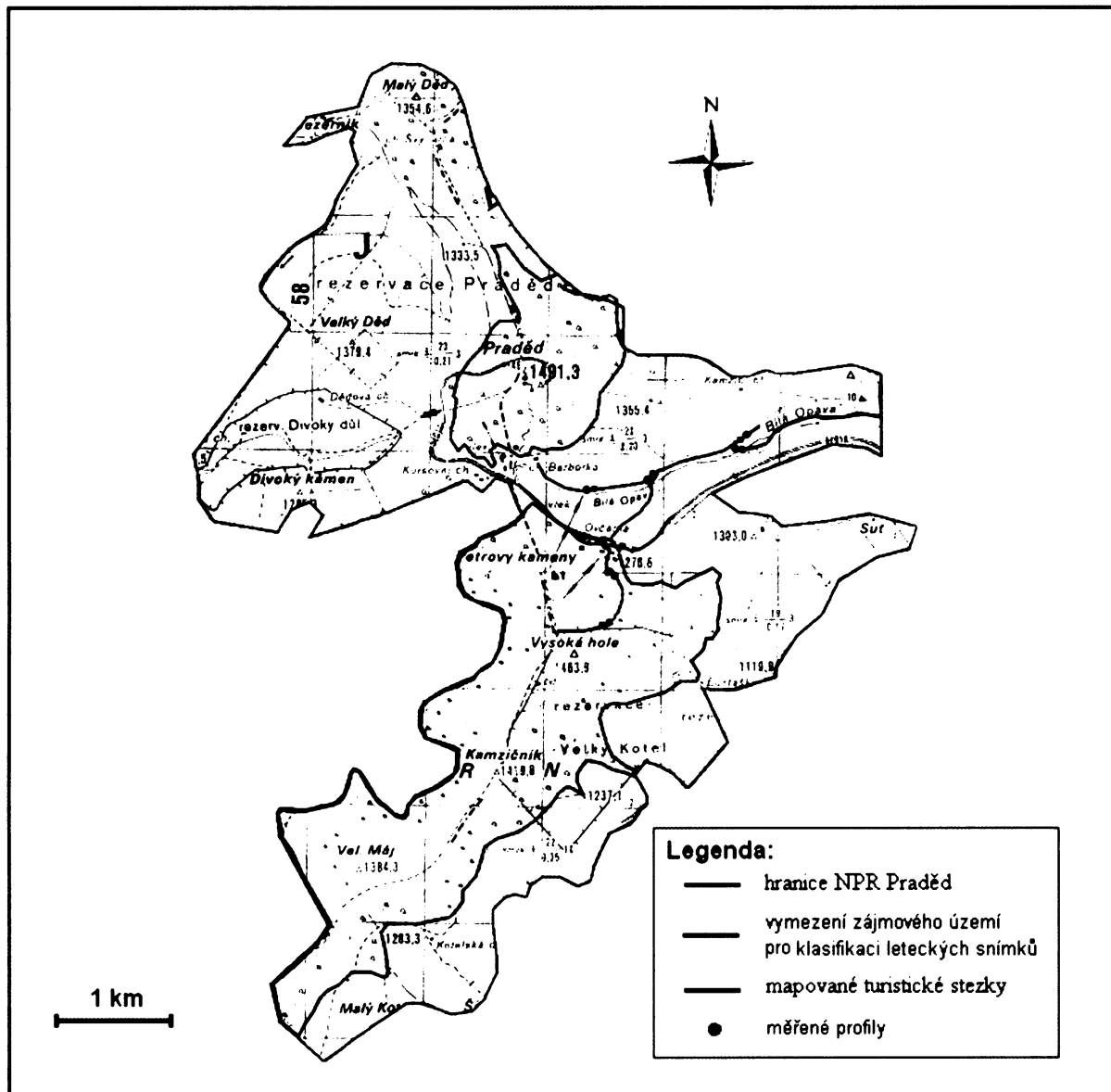
Technik zpracování dat z DPZ je velké množství od konvenční vizuální interpretace spojené s ruční digitalizací až po automatizované interaktivní počítačové zpracování (Kolář 1997). Dle Krále (2004) běžné řízené klasifikace leteckých snímků nestačí, je nutná analýza textury. Za texturu je považován vztah mezi tóny šedi sousedních pixelů. Tuto metodu používá k odlišení obrazu typů povrchu „porostlý smrky“ a „bez smrků“. Jako proměnnou charakterizující texturu různých tematických tříd používá Král (2004) směrodatnou odchylku hodnot pixelů DN (Digital Number) uvnitř čtvercového pohyblivého okna 7x7 pixelů pro všechny tři (RGB) pásma digitálního obrazu. Digitální obraz představující RGB kompozici směrodatných odchylek všech tří kanálů rozdělil neřízenou klasifikací do 15 tříd, které pak sloučil do dvou výsledných tříd. Král (2004) dále uvádí, že antropogenní povrchy nelze automatizovaně oddělit od spektrálně podobných tříd, proto se v těchto případech přiklání k ruční digitalizaci. Cesty digitalizuje jako linie, kolem kterých následně vytváří „buffer“ o šířce 13m. Takovouto digitalizaci již nepovažuje za náročnou, neboť přesný tvar a plocha objektů je dána až kombinací digitalizovaných polygonů a hodnot pixelů tematické mapy pocházející z MLI klasifikace.

Postup, který použil Král (2004), lze částečně využít i v této práci. Zvláště inspirativní je vytváření bufferu kolem zvektorizovaných cest. Podobné metody využívá také Kolomazník (2005) při klasifikaci strukturních půd v Hrubém Jeseníku. Provádí řízenou, neřízenou a texturní klasifikaci dat a jejich výsledky porovnává. Pro neřízenou klasifikaci používá metodu ISODATA pro 16 tříd s defaultním nastavením treshold na přibližně 0,01.

### 3. Vymezení a základní charakteristiky sledovaného území

#### 3.1. Vymezení zájmového území

Obr. 1: Mapa zájmového území



Zájmové území se nachází v CHKO Jeseníky, konkrétně v NPR Praděd. Pro mapování cest byly vybrány čtyři různé turistické stezky na území této NPR. Vybrány byly na základě požadavku Správy CHKO Jeseníky zmapovat erozi na turistické stezce vedoucí údolím Bílé Opavy. Ostatní úseky turistických stezek byly do této práce zařazeny pro možnost porovnání intenzity eroze na různě frekventovaných turistických stezkách. První, červená turistická trasa vede z točny na Ovčárně na hlavní hřeben Hrubého Jeseníku, přesněji na Vysokou Holi (1464 mn.m.). Byla zmapována od Ovčárny až po zvolený čtrnáctý profil, který leží cca 100m pod

vrcholovou partií Vysoké Hole. Druhá trasa byla vytyčena z Ovčárny po žluté turistické značce údolím Bílé Opavy až k pokladně při vstupu do údolí. Další trasa je modrá turistická značka od chaty Barborka k rozcestníku, kde se spojuje se žlutou turistickou značkou a po jejich rozdělení u dalšího rozcestníku bylo zmapováno ještě cca 200m trasy až po zvolený desátý profil. Jako poslední již spíše doplňkově byla zmapována horní část modré turistické trasy vedoucí ze silnice od rozcestníku „Pod Pradědem“ do Divokého dolu. Mapování zde bylo ukončeno na horní hranici lesa. Profily byly zvoleny na těchto trasách tak, aby co nejvíce zachycovaly různorodost stezek. Klasifikace leteckých snímků je provedena na území NPR Praděd nad horní hranicí lesa (viz Obr. 1). Horní hranici lesa vymezuje Tremel (2004) jako spojnici všech nejvýše ležících okrajů lesa (tj. stromů, které korunami pokrývají nejméně 50% celkové plochy). Ve skutečnosti nejde o linii, nýbrž o přechodovou zónu, v níž postupně vyznívá les (Tremel, 2004). Celé území je vybráno jako příklad zranitelného prostředí, na které je velký tlak turismu.

## **3.2. Fyzickogeografická charakteristika území**

### **3.2.1. Geologická stavba**

Z geologického hlediska patří Hrubý Jeseník k Českému masivu do moravsko-slezské zóny, a to do její severní části - jednotky východosudetské (silezika) (Pouba, 1962). Tato geologická jednotka prošla pánevně horotvornými procesy, které byly ukončeny ve spodním karbonu variskou orogenezí. Celou východní část Hrubého Jeseníku tvoří mohutná klenba, která byla podle říčky Desné označována jako klenba desenská. Převládajícími horninami v jejím jádře jsou migmatity a pararuly. Desenská klenba je rozdělena bělským zlomem směru SZ-JV na orlickou kru Orlíku (1203,6 m n. m.) a pradědskou kru s nejvyšší horou Pradědem (1491,3 m n. m.). Ve sledovaném území leží pouze pradědská kra, v níž převládají pararuly nad migmatity (Pouba, 1962). Pradědská kra je budována především desenskými biotitickými rulami, z nichž lze rozlišit tři metamorfni patra, a to patro desenských rul, mezipatro jemnozrnných „slabě krystalizovaných“ chloriticko-biotitických rul a patro chloritizovaných rul. V podloží obalové série nabývají četné horniny jádra klenby značně odlišnou povahu. Nejčastěji jsou chloritizované a v nejvyšších jednotkách, např. na Pradědu, fylonitizované (Pouba, 1962). Hřbety, kamenná moře aj. tvoří v oblasti Pradědu křemence (Kunský, 1967). Na obvodu Desenské klenby leží zvrásněné devonské horniny složené z fylitů, křemenců, pískovců, vápenců a různých vyvřelin (Kunský, 1967).



### 3.2.2. Geomorfologická charakteristika

Celek Hrubý Jeseník patří do provincie Česká vysočina, do jesenícké podsoustavy krkonoško-jesenické soustavy (Demek, 1987). Hrubý Jeseník je nejvyšší pohoří Východních Sudet se značně členitým reliéfem. Základním rysem reliéfu pohoří je jeho stupňovitá stavba. Pohoří dosahuje nejvyšších výšek v okolí Pradědu (1492m n. m.) a na přilehlém ústředním hřbetu s plochým povrchem ve výškách 1300 – 1460m n. m. (Demek, 1971). Prosová (1962) uvádí, že Hrubý Jeseník je kerné, trupové pohoří (strukturní tvar) omezené zlomy směru krušnohorského a sudetského.

Základní znaky pohoří byly dány variskou orogenezí, ale pro dnešní geomorfologické rysy jsou podstatnější příčné a podélné zlomy pravděpodobně kaledonského stáří. Podél zlomů docházelo k poklesům a výzdvihům a v neogénu tak vznikla charakteristická hrást'ová stavba (Pouba, 1962). Kra Hrubého Jeseníku byla vyzdvižena proti kře Nízkého Jeseníku. Rozlámáním původního zarovnaného povrchu v nestejně výškově položené kry byla oživena erozní činnost, projevující se hluboce zaříznutými údolními s příkrými svahy. Tyto ostré tvary byly později modifikovány procesy denudačními i akumulacími (Prosová, 1962). Předkvartérní zarovnané povrchy zabírají velkou část vrcholových partií. Zvláště nápadné jsou plošiny na Vysoké Holi, Máji a Mravenečnicku (Adamec, Svobodová, 2003). Kromě vrcholové plošiny je možno v Hrubém Jeseníku pozorovat určitá zarovnaní v několika výškových úrovních, která jsou považována buď za výsledek saxonských pohybů, nebo za tvary vzniklé erozními, popř. periglaciálními procesy (Prosová, 1962).

V chladných obdobích pleistocénu se vývoj reliéfu projevoval dvojitým způsobem. Byla to jednak modelace existujících (starších) tvarů reliéfu ve změněných podmínkách, jednak vznik a vývoj nových tvarů, tvarů periglaciální kryogenní morfogeneze v podmínkách permafrostu a hlubokého sezónního promrzání povrchu terénu (Czudek, 1997). Prosová (1973) potvrzuje existenci firnových ledovců bez splazů a s tvorbou pasivních morén v období pleistocénu. Při ochlazení klimatu nastalo v Hrubém Jeseníku intenzivnější mechanické větrání, zvláště na studenějších východních svazích. Vyplněním údolních uzávěrů sněhem a dodáváním dalšího sněhu z vrcholových deflačních plošin bylo dostatek materiálu pro vytvoření firnoviska, příp. malého karového ledovce. Nejnápadnější je karovitý uzávěr pramenné oblasti Moravice (Prosová, 1973). Ve sledovaném území nalezneme z tohoto období řadu periglaciálních tvarů, kryoplanační terasy, kamenná moře, mrazové sruby, strukturní půdy a putující bloky. Začátkem holocénu na naprosté většině území mizí permafrost a končí periglaciální prostředí (Czudek, 1997). V době tvorby a ani po vzniku

periglaciálních zvětralin zde již nedocházelo k větším horizontálním pohybům (Czudek, 1997).

### **3.2.3.Půdní poměry**

V Hrubém Jeseníku, vzhledem k chladnému a vlhkému klimatu, najdeme převážně podzolové půdy, které přecházejí v humuso-železité podzoly místy zamokřelé a zrašelinělé. V nejvyšších partiích nalezneme alpinské půdní formy (Tomášek, 2003). Pásmo horských podzolů kryje mírnější svahy při vrcholech, anebo přímo vrcholové plošiny Jeseníků v nadmořských výškách nad 1100-1200 m. Jako hlavní půdní typy jsou tu železité horské podzoly, humusoželezité horské podzoly a horské podzoly humusové. Jsou to převážně půdy písčitohlinité se zvýšeným obsahem šterku, takže místy přecházejí až do půd kamenitých (Pelíšek,1972).

### **3.2.4.Hydrologická charakteristika**

Oblast Hrubého Jeseníku patří k územím s největším ročním úhrnem srážek v České republice. Po hřbetu Hrubého Jeseníku probíhá hlavní evropské rozvodí. Větší oblast přísluší k povodí Baltského moře a menší k povodí Černého moře. Východní svahy jsou odvoňovány řadou menších toků do řeky Odry. Z jižních a jihovýchodních svahů voda stéká do řeky Moravy a ta pokračuje do Černého moře. Pramení zde řada toků. Z povodí Moravy je největší řeka Desná, která vzniká soutokem Hučivé a Divoké Desné v Koutech nad Desnou. Delší a vodnatější je Divoká Desná, která pramení pod Kamzičnickem ve výšce 1310 m n. m. Severovýchodní svahy odvodňuje Bělá, pramenící ve Videlském sedle ve výšce 880 m n. m. Jednou z jejích nejdůležitějších zdrojnic je Studený potok.

Dalším významným tokem odtékajícím z Hrubého Jeseníku je Opava, která vzniká ve Vrbně pod Pradědem soutokem Bílé Opavy, Střední a Černé Opavy. Kostru mnou sledovaného území tvoří Bílá Opava pramenící na jižním svahu Pradědu v nadmořské výšce asi 1350 m. Horní tok směřuje celkově k východu ke Karlově Studánce. V pramenné oblasti má řečiště charakter stržové erozní rýhy, která je technicky stabilizována zděnými konsolidačními přepážkami. Bílá Opava dále protéká zprvu mělkým rozevřeným údolím, které se po toku prohlubuje a zužuje, nabývá rázu soutěsky a nad Karlovo Studánkou se opět zvolna rozšiřuje. Celkové výškové rozpětí povodí horního toku Bílé Opavy po její křížení se silnicí Karlova Studánka – Vidly dosahuje 652 m. Velkému výškovému rozpětí povodí odpovídá též sklon údolí a toku. Vlastní tok Bílé Opavy má v pětikilometrovém úseku od prameniště výškové rozpětí 510 m. Průměrný sklon toku je 10,21%, v některých úsecích však

průměrný sklon dosahuje až 27.8%. Značný a nepravidelný sklon bystřina překonává četnými proudy a peřejemi, v některých místech i výraznými kaskádami a vodopády (Kříž, 1972). Ve Velké Kotlině pramení řeka Moravice, kterou v Malé Morávce významně posiluje Bílý potok.

Na sledovaném území najdeme pouze horní toky, které mají bystřinný charakter s řadou menších vodopádů. Říční síť byla zčásti ovlivněna nejen zaledněním, ale i tektonickými pohyby, které se odrazily především na horních tocích řek Moravice, Opavy, Spavice a Odry (pravouhlé ohbí)(Buzek, 1987). Příznačné je rychlé kolísání vodnosti, na níž se nejmórazněji projevují abnormální srážky. Nedostatek vody bývá v září až únoru. Za letních lijáků a jarních tání dochází naopak k prudkým přivalům vody. Nad 50% vodních srážek odtéká rychle a bez zvláštního účinku. Je to způsobené především smrkovými monokulturami, které v Hrubém Jeseníku převládají. Velká svahovitost terénu a spadlé jehličí neumožňují hlubší vsáknutí vody do horských půd s mělkou nadložní vrstvou humusu (Antoš, 1988).

Celkový odtok vod z popisované oblasti je vzhledem k značným srážkám veliký, ale velmi nerovnoměrný. Nerovnoměrnost odtoku má svou příčinu v petrografickém charakteru hornin. Krystalinické horniny Hrubého Jeseníku mají nepříznivé vlastnosti potřebné k oběhu a akumulaci podzemních vod. Nemají průlinovou propustnost a oběh vody se tedy děje jen po puklinách. Jako příklad puklinových pramenů lze uvést vývěry prosté podzemní vody v Karlově Studánce. V okolí Karlovy Studánky v pruhu vrbenského devonu se vyskytují povulkanické minerální vody – kyselky (Unzeitig, 1962).

### **3.2.5. Klimatické poměry**

Sledované území patří z hlediska makroklimatických poměrů k mírnému podnebnému pásu. Zasahuje sem jak vlhčí oceánické klima, tak klima kontinentální, přesto převládá ve větší části roku proudění ze západních směrů, které přináší na území vlhčí vzduchové hmoty. Tejnský, Tejnská (1973) charakterizují klima Pradědu jako studené horské a rázu vlhkého, neboť celý rok má vláhy dostatek. Drsnost klimatu dosvědčuje nízko položená hranice lesa (1300 m n. m.), nad kterou se stromy vyskytují jen skupinově a jednotlivě (Tejnská, Tejnský, 1973).

Vrcholové partie, jako oblast Pradědu patří k jednotce CH4. Zde je léto velmi krátké (počet letních dnů nepřesáhne 20), chladné a vlhké (průměrná teplota v červenci je 12 až 14 °C a srážkový úhrn ve vegetačním období je 600 až 700 mm). Přečhodné období velmi dlouhé s chladným jarem (průměrná teplota v dubnu 2 až 4 °C) a mírně chladným podzimem (průměrná teplota v říjnu 4 až 5 °C). Zima velmi dlouhá (160 až 180 mrazových dnů), velmi

chladná (průměrná teplota v lednu je -6 až -7 °C), vlhká s velmi dlouhým trváním sněhové pokrývky (140 až 160 dní zde leží sněh). V zimním období spadne 400 až 500 mm srážek. Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více je 120 až 140. Počet jasných dnů je 30 až 40, naopak zamračených 160 až 150. Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více je 80 až 120 (Quitt, 2003).

Nižší části sledovaného území zasahují do jednotky CH6, kde je léto velmi krátké až krátké (počet letních dnů 10 – 30), mírně chladné (průměrná teplota v červenci je 14 až 15°C), vlhké až velmi vlhké (srážkový úhrn ve vegetačním období 600 až 700 mm). Přejídné období dlouhé s chladným jarem (průměrná teplota v dubnu je 2 až 4 °C) a mírně chladným podzimem (průměrná teplota v říjnu je 5 až 6 °C) . Zima je velmi dlouhá (140 až 160 mrazových dnů a 60 až 70 ledových dnů), mírně chladná (průměrná teplota v lednu -4 až -5°C), vlhká s dlouhým trváním sněhové pokrývky (120 až 140 dní zde leží sněh). Průměrné srážky v zimním období jsou 400 až 500 mm. Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více je 140 až 160. Počet jasných dnů je 40 až 50, naopak zamračených 150 až 160. Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více je 120 až 140 (Quitt, 2003).

Tab. 1: Průměrná teplota vzduchu [<sup>0</sup> C] na Pradědu z let 1961 – 1990

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
-7,3	-6,9	-4,5	-0,4	4,8	7,9	9,4	9,4	6,3	2,6	-2,7	-5,9	1,1

Zdroj: Národní klimatický program Česká republika

Roční průměrné srážky činí 1225,2 mm (Tejnská, Tejnský, 1973). Nejvyšší hodnoty průměrných měsíčních srážek jsou v letních měsících (červenec 177,6 mm), nejméně srážek připadá na říjen (67,3 mm). Po celý rok, tedy i v letním období, se vyskytují srážky ve formě sněhu. Se souvislou sněhovou pokrývkou je průměrně 166,9 dne. Sněhová pokrývka se drží dlouho do jara (Tejnská, Tejnský, 1973).

Vyhodnocování větrných poměrů Pradědu ukazuje, že převládajícím větrem je ve všech měsících v roce západní vítr a druhým nejčastějším směrem je vítr jihozápadního směru (Lednický, 1972).

### 3.2.6. Biogeografické poměry

Sledované území leží z větší části nad horní hranicí lesa. Horní hranice lesa tvořená smrčínami přechází v nejvyšších polohách přímo do primárního bezlesí alpského

charakteru. Nelesní přirozená vegetace je charakteristická i pro lavinové dráhy v karech (Skácel, 2005).

Území Hrubého Jeseníku patří k obvodu sudetské květeny, tedy Sudeticu, které zaujímá pohraniční horská území Čech a Moravy (Havrlant, 1979). Nalezneme zde nelesní společenstva s dominantní metličkou křivolakou (*Avenella flexuosa*), borůvkou (*Vaccinium myrtillus*), papratkou (*Athyrium alpestris*), vřesem (*Calluna vulgaris*). Do těchto alpínských společenstev byla vysázena nepůvodní borovice kleč (*Pinus mugo*). Horským lesům dominuje smrk (*Picea abies*). Endemitů je velmi málo, jsou to jitrocel černavý sudetský (*Plantago atrata sudetica*), zvoneček český jesenícký (*Campanula bohemica*) a lipnice jesenícká (*Poa riphaea*) (Skácel, 2005).

Horské hole a navazující rozvolněné porosty při hranici lesa hostí řadu vzácných ptáků jako lindušku horskou, kosa horského, tetřevce hlušce nebo tetřívka obecného. Mezi savce patří rejsek horský, plch lesní, myšice temnopásá, myšivka horská (Skácel, 2005). Mezi nepůvodní druhy jesenícké fauny patří kamzík horský, který byl v Jeseníkách introdukován počátkem 20. století.

Území CHKO Jeseníky je pokryto z 80% lesními porosty, převážně druhotnými smrčínami. Mozaikově se zachovaly autochtonní lesy, místy charakteru pralesa. V přirozeném bezlesí v nejvyšších polohách se uchovala vysoká biodiverzita, výrazně ovlivněná florogenetickou absencí borovice kleče. Kleč se začala vysazovat koncem 19. století ve snaze o zvýšení horní hranice lesa. Výsadba nepříznivě ovlivnila řadu původních společenstev. Proto je momentálně snaha o snížení ploch porostlých klečí (Šafář, 2003).

### **3.2.7. Ochrana přírody**

Území je součástí CHKO Jeseníky. Ta byla zřízena dne 19. 6. 1969 výnosem Ministerstva kultury ČSR, vydaným pod č. j. 9886/69-II/2. Rozloha CHKO Jeseníky činí podle výnosu 740 km<sup>2</sup>. Jeseníky jsou nejlesnatější CHKO v České republice (80% území je pokryto lesními porosty) (Šafář, 2003).

První zónu ochrany, 7% rozlohy CHKO, tvoří především vybraná maloplošná chráněná území. Druhá zóna vytváří rozsáhlé pásmo chránící první zónu. Převažují v něm lesní společenstva. V druhé zóně převažují sekundární lesní fytocenózy submontánního stupně, které i přes pozměněnou přirozenou dřevinnou skladbu ekologicky stabilizují krajinu. Malou část druhé zóny tvoří nelesní společenstva, zejména luční. Jsou to především stabilizované druhově bohaté kulturní louky, rašelinné louky, společenstva lesních lemů a

potočních niv. Do druhé zóny je zařazeno 23% rozlohy CHKO. Třetí zóna zaujímá 65% území, je tvořena především hospodářským lesem a zemědělsky využívanou krajinou. Převažují zde lesní fytoceózy. Čtvrtá zóna (3%) území zahrnuje sídelní útvary s přílehlými intenzivně využívanými zemědělskými pozemky. I ve čtvrté zóně je řada drobných přírodovědně významných lokalit a přírodních prvků, plnících funkci biokoridorů a dotvářejících ráz krajiny.

Převážná část sledovaného území zasahuje na území NPR Praděd, která vznikla v roce 1991 vyhláškou MŽP č.6/1991 (Příloha č.17) na ploše 2031,40ha v kategorii státní přírodní rezervace. V roce 1992 po schválení zákona č.114/1992 byla přehlášena do kategorie národní přírodní rezervace. Vznikla propojením již existujících 6 rezervací (SPR) vzniklých vyhláškami ministerstva kultury v roce 1955. Byly to Vrchol Pradědu (507,93ha), Velká kotlina (257,08ha), Malá kotlina (215,16 ha), Petrovy kameny (19,10ha), Divoký důl (157,17ha) a Bílá Opava (279,52ha). Vojenský pozemek, na němž se nachází parkoviště a přílehlé budovy, je vyňat z NPR Praděd a je chráněn jako 1. zóna CHKO Jeseníky.

### **3.3. Turismus v CHKO Jeseníky**

Bezlesé vrcholy Jeseníků byly využívány k pastvě ovcí a skotu již v 18. století. Ve vrcholových partiích vznikalo mnoho chat sloužících především jako obydlí pastýřů a sklady mléčných výrobků. Postupem času bylo mnoho z nich přebudováno na turistické chaty. Počátky turistiky v Jeseníkách spadají do začátku 19. století. Již v 18. století se stala oblíbeným poutním místem Vřesová studánka (Koranda, 1994). K rozvoji turistiky v Jeseníkách přispěly i lázně Karlova Studánka, odkud lázeňští hosté vystupovali relativně snadnou cestou až na Praděd. Výstup na Praděd se stal módní záležitostí. Častá výstupová cesta na nejvyšší horu Moravy vedla z Koutů přes chatu Švýcárnu. Čehož obratně využil její majitel a z původně pastevecké chaty se již v roce 1860 stává výnosnější turistický hostinec. Po vyhoření celého objektu byla v roce 1887 na stejném místě postavena knížetem Lichtenštejnem první turistická chata v Jeseníkách. V roce 1892 přispělo k zvýšení návštěvnosti Švýcárny, ale i celého hřebene vybudování nové turistické cesty z Koutů údolím Desné a Divokým dolem k úbočí Pradědu (Koranda, 1994). Chata Ovčárna původně sloužila jako ovčácká chata, která dodávala každý den mléko do rozvíjejícího se turistického centra Karlovy Studánky. Již v roce 1888 se začala přestavovat i tato chata na turistickou (Jeník et Hampel, 1992). Přibližně od roku 1910 se na hřebenu začali objevovat první lyžaři.

K dalšímu rozvoji cestovního ruchu došlo po 2. světové válce, kdy byly postupně rekonstruovány turistické chaty a začaly vznikat první lyžařské vleky. Na přelomu 60. a 70.

byla vybudována komunikace na vrchol Pradědu a telekomunikační věž. Od poloviny 70. let začala fungovat kyvadlová autobusová doprava z Hvězdy na Ovčárnu (Banaš, 2003).

Hrubý Jeseník zůstává stále vyhledávaným cílem zimní i letní rekreace. Jako druhé nejvyšší pohoří v republice má velký turistický potenciál. Přičteme-li daleko více zachovalé přírodní prostředí než je v Krkonoších s prvky velehorského terénu, můžeme počítat Jeseníky mezi nejvýznamnější turistická místa v České republice. Jsou zde výborné podmínky pro zimní sporty. Nachází se zde množství běžeckých tras, v okolí Pradědu nalezneme u nás nejvýše položené sjezdové tratě a mnoho dalších lyžařských areálů je dostupných v nižších polohách. V létě nabízejí Jeseníky řadu turistických cest, které lákají čím dále více návštěvníků. Vzhledem k příznivým klimatickým podmínkám zde vzniklo několik lázní (Priessnitzovy lázně v Jeseníku, klimatické lázně v Karlově Studánce, lázně Lipová a Velké Losiny).

V území je k dispozici poměrně hustá síť turistických stezek, které zpřístupňují různé typy prostředí na území NPR. Zpevněný povrch komunikace v úseku točna Ovčárna - Barborka – Kurzovní - vrchol Pradědu - Švýcárna umožňuje provoz horských kol. Jedná se o jedinou cyklotrasu na území NPR Praděd. Nejnavštěvovanější turistickou stezkou v NPR Praděd je cesta údolím Bílé Opavy (Banaš, 2003). Tato trasa je nejčastěji používána jako odchozí cesta z NPR Praděd. Nejužívanějším způsobem přístupu do NPR Praděd je však silniční doprava z Hvězdy na Ovčárnu. Pěší používané trasy jsou z Karlovy Studánky po modré turistické značce, po žluté již zmíněným údolím Bílé Opavy nebo po zelené, která však vede z větší části po asfaltové silnici z Hvězdy. Možná trasa je také z Malé Morávky přes Velkou Kotlinu. Ze směru od Červenohorského sedla vede relativně často používaná trasa přes Švýcárnu a již méně využívaná je trasa po hlavním hřebeni od Jelení studánky (Banaš, 2003).

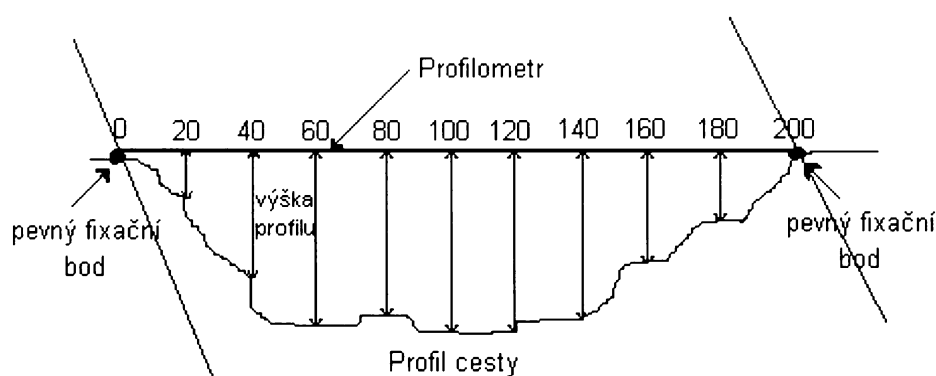
## 4. Metodika

### 4.1. Metodika měření a mapování v terénu

#### 4.1.1. Měření profilů

Profily pro zjištění intenzity eroze na turistických stezkách byly vybrány na různě frekventovaných cestách pro lepší možnost porovnání vlivu počtu prošlých turistů na erozi. Dalším důvodem výběru těchto profilů byla snaha o zhodnocení intenzity eroze v údolí Bílé Opavy, k čemuž dopomáhá i toto měření. Pěšiny turisticky hodně frekventované zde zastupuje stezka údolím Bílé Opavy, pěšina středně frekventovaná vede od Ovčárny k Petrovým kamenům a jako pěšina málo využívaná turisty byla zvolena cesta Divokým dolem. Na těchto stezkách bylo zvoleno 14 profilů, tak aby co nejlépe vystihovaly erozní vývoj. Profily byly zvoleny vždy dva v těsné blízkosti. Měření probíhalo od poloviny srpna do poloviny října celkem čtyřikrát. Měření bylo prováděno profilometrem umístěným mezi dvěma pevnými označenými body. Odměřovány byly kolmé vzdálenosti povrchu cesty od profilometru (viz obr. 2). Dále byla měřena činná vrstva, čímž byla chápána hloubka zvětraliny, do které lze zatlačit měřítko. Sklon cesty byl změřen sklonoměrem vždy ve třech úsecích profilu.

Obr. 2: Metoda měření zhloubení cest pomocí profilometru [vzdálenosti v cm]



#### 4.1.2. Mapování klíčových částí turistických stezek

Mapování bylo provedeno v říjnu roku 2005 na turistické stezce údolím Bílé Opavy. K této byly vybrány další úseky různě turisticky frekventovaných cest pro možnost porovnání. Mapována byla šířka, zhloubení a typ povrchu cesty. Pro účely mapování bylo



předem určeno pět intervalů zahloubení a pět intervalů šířky cesty, k typu povrchu bylo vymezeno šest kategorií ( viz tab. 2).

Tab. 2: Intervaly používané pro mapování cest

Interval	Šířka	Zahloubení	Typ povrchu	Sklon
I.	0 – 50cm	0 – 10cm	skelet	$0^0 - 5^0$
II.	51-100cm	11 – 30cm	skelet a písek	$5,1^0 - 10^0$
III.	101-150cm	31 – 50cm	písek	$10,1^0 - 15^0$
IV.	151- 200cm	51 – 80cm	písek a jíl	$15,1^0 - 20^0$
V.	200cm a více	80cm a více	jíl	$20^0$ a více
VI.	-	-	jíl a skelet	-

Vždy byla dálkoměrem či pásmem určena délka úseku cesty, kde byly šířka, zahloubení a typ povrchu stále stejné nebo podobné, takže bylo možné je zahrnout do jednoho intervalu. Při změně jedné z tří mapovaných charakteristik byl vždy úsek ukončen a navázal nový. Vždy po 200 metrech, nebo v místech, kde byla výrazná změna, byl zadán GPS bod pro přesnější zpracování. V lesních úsecích byl však problém s velkou nepřesností GPS, a tak bylo spoléháno pouze na správné změření délky úseků. Jako podkladová mapa byla použita Základní mapa ČR 1:10 000.

## 4.2. Metodika vyhodnocování dat z měření

### 4.2.1. Metodika interpretace vývoje profilů

Při hodnocení profilů byly brány v úvahu naměřené hodnoty z profilometru a zároveň fotografie profilů. Na grafech byl sledován vývoj jednotlivých úseků v profilu a po srovnání s fotografií bylo rozhodnuto o pohybu materiálu v daném úseku. Výsledky byly zakresleny pro ilustrativnost přímo do fotografie profilu.

Dynamika profilu byla hodnocena v šesti kategoriích. Pokud bylo zjištěno zahloubení mezi prvním a posledním měřením větší než 5mm a přitom zbývající měření měla prohlubující tendenci, byla úseku přiřazena kategorie „*prohlubuje se*“. Pokud byla změna mezi prvním a posledním měřením v rozmezí od 2mm do 5mm směrem k zahloubení se a zbývající data prokazovala jen malé zahloubení (do 3mm včetně) nebo stagnaci, byla úseku přiřazena kategorie „*prohlubuje se až stagnuje*“. Úseku, kde změny nepřesáhly možnou chybu měření (do 2mm), byla přiřazena kategorie „*stagnuje*“. Chyba měření byla určována především díky fotodokumentaci. Proto byly do této skupiny zahrnuty i travnaté části, kde je změna z grafů znatelná, ale tato změna vznikla větší chybou měření v méně přístupných

částech profilu. Pro úsek, který vykazoval mírný přírůstek materiálu (změna mezi prvním a posledním měřením do 4mm včetně) a přitom zbývající data prokazovala jen malé zvýšení (do 4mm včetně) nebo stagnaci, byla přiřazena kategorie „*stagnuje až se zvyšuje*“. Pokud profil cesty v úseku vykazoval stále zvyšující se tendenci a změna mezi prvním a posledním měřením byla větší než 5mm, byla přiřazena kategorie „*zvyšuje se*“. Poslední kategorie popisovala úseky, kde průběžně materiál přibýval i ubýval. Jednalo se o kategorii „*kolísá*“.

#### **4.2.2. Metodika hodnocení závislosti intenzity eroze na jednotlivých faktorech**

K výslednému hodnocení závislosti intenzity eroze na jednotlivých faktorech byla vytvořena tabulka pro jednotlivé úseky všech profilů (celkem 147), z nichž byly odstraněny data z úseků, které vykazovaly chybu měření a zbylo 130 úseků. Pro každý úsek byly do tabulky zaznamenány tendence cesty se prohlubovat, zvyšovat či stagnovat, absolutní změna zahloubení cesty po dobu měření, rozdíl mezi naměřeným maximem a minimem, průměrná výška činné vrstvy, sklon cesty, poloha úseku v rámci cesty, typ povrchu cesty, podloží, expozice svahu, na kterém je cesta, teoreticky vypočtené plochy povrchového odtoku daným profilem a návštěvnost turisty.

K získání ploch povrchových odtoků jednotlivými úseky byl použit software ArcGIS 9.0, modul Spatial Analyst, soubor funkcí Hydrology (ArcGIS, 2004). Pomocí funkce Flow Direction byl vytvořen rastr směru odtoku z jednotlivých buněk do sousedních ve směru největšího spádu. Funkcí Watershed byl vytvořen rastr ploch, z kterých voda stéká do jednoho bodu. Z tohoto rastru byly zjištěny plochy odvodňované do místa profilu a na cestu před profilem, ale pouze k nejbližší svodnici.

Návštěvnost turistů byla zjištěna z dat o pohybu turistů po turistických stezkách v NPR Praděd (Banaš, 2003). Procentuální data o příchodu a odchodu turistů do NPR Praděd po jednotlivých turistických stezkách byla sečtena pro úseky stezek, na kterých leží dané profily.

Po té byla zkoumána závislost intenzity eroze na jednotlivých faktorech. K tomuto účelu byly použity základní statistické ukazatele a vzhledem k množství kvalitativních dat, faktorová analýza. Naměřené hodnoty byly nezávislé, proto bylo možné použít model jednofaktorové analýzy rozptylu

$$y_{hi} = \mu + \alpha_h + \delta_{hi}, \quad (1.1.)$$

$$i = 1, 2, \dots, n_h, \quad h = 1, 2, \dots, H,$$

kde  $\alpha_h$  vyjadřuje tzv. efekt h-té úrovně faktoru.  $\mu$  a  $\alpha_h$  jsou neznámé parametry (Hebák, 2004).

Dále zde byla použita testová statistika

$$F = \frac{n - H \cdot Q_B}{H - 1 \cdot Q_E} \quad (1.2.) \quad \text{dle Hebák (2004).}$$

kde  $Q_B$  je meziskupinový součet čtverců vyjadřující celkovou variabilitu,  $Q_E$  je vnitroskupinový součet čtverců vyjadřující náhodné kolísání způsobené jinými vlivy než změnami úrovně faktoru.

Při řešení vícefaktorové analýzy rozptylu byl použit model

$$Y_{hgi} = \mu + \alpha_h + \beta_g + (\alpha\beta)_{hg} + \varepsilon_{hgi} \quad (1.3.)$$

$$h = 1, 2, \dots, H, \quad g = 1, 2, \dots, G, \quad i = 1, 2, \dots, r,$$

v němž  $\mu$  vyjadřuje obecnou konstantu,  $\alpha_h$  efekt h-té úrovně jednoho faktoru,  $\beta_g$  efekt g-té úrovně druhého faktoru,  $(\alpha\beta)_{hg}$  efekt interakce, tj. efekt kombinace daných úrovní obou faktorů a  $\varepsilon_{hgi}$  náhodnou složku, o níž předpokládáme, že  $\varepsilon_{hgi}$  jsou pro různá  $i$  nezávislé a  $\varepsilon_{hgi} \sim N(0, \delta^2)$  (Hebák, 2004).

Pro test hlavních efektů byla použita statistika

$$F = \frac{HG(r-1) \cdot Q_{B,A}}{H-1 \cdot Q_E} \quad (1.4.)$$

pro test interakce statistika

$$F = \frac{HG \cdot (r-1) \cdot Q_{B,AB}}{(H-1)(G-1) \cdot Q_E} \quad (1.5.)$$

kde  $Q_{B,A}$  je součet čtverců popsující rozdíly v úrovni skupin vzniklých tříděním podle jednotlivých faktorů,  $Q_{B,AB}$  je součet čtverců odpovídající efektu interakce faktorů a  $Q_E$  představuje reziduální součet čtverců.

### 4.3. Metodika tvorby map a následného vyhodnocení dat z mapování

#### 4.3.1. Tvorba tematických map

Pro tvorbu map byl použit software ArcGIS 9.0. Jako podkladové mapy byly použity

Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM ČR 14-24-24, ZM ČR 14-24-25), vrstvy výškopisu a polohopisu databáze ZABAGED a z výškopisu odvozený model TIN zachycující oblast CHKO Jeseníky. Druhým zdrojem dat byla terénní měření.

Nejdůležitějším obsahem tématických map je kategorizace segmentů turistických stezek z hlediska jejich aktuálního stavu. Kategorizace stezek byla prováděna na základě jejich zahloubení, šířky, typu povrchu a sklonu.

Prvním krokem bylo importování dat terénního měření do prostředí ArcGIS. Každá turistická stezka ve svém úseku zkoumání byla podle nasbíraných dat rozčleněna na segmenty odpovídající naměřené délce. Tyto segmenty mají stejné hodnoty jednotlivých atributů, tedy zahloubení, šířka a typ povrchu. Bylo zapotřebí získat ještě hodnoty sklonů jednotlivých segmentů, což bylo vypočteno užitím hodnot délky úseku a rozdílu počáteční a koncové nadmořské výšky. Počáteční a koncové nadmořské výšky segmentů jsem získala interpolací hodnot z podkladových map, jejichž ekvidistance je 2 metry. Délka úseku již byla naměřena a pro větší přesnost byla ještě vygenerována v ArcGIS 9.0. funkcí return length. Dále již byl jen vypočten sklon

$$\alpha = \frac{\Delta v}{d},$$

kde  $\Delta v$  je rozdíl nadmořských výšek,  $d$  je délka úseku a  $\alpha$  je sklon úseku.

Vznikl takto další atribut pro každý segment.

Pro vykreslení mapy bylo zapotřebí vygenerovat vrstevnice z TINu, neboť nebyly k dispozici vrstevnice pro celé území. Použitím vrstev ZABAGED, konkrétně vrstev silnic, budov, vodních toků, vleků a pěšin a vytvořených vrstevnic, vznikla podkladová mapa pro tyto čtyři charakteristiky. Každé téma bylo vykresleno metodami barevné stupnice odpovídající nadefinovaným intervalům. Výsledkem jsou čtyři tématické mapy.

Tyto mapy byly doplněny ještě jednou mapou, která znázorňuje rozložení entit týkajících se erozních procesů. Tyto prvky jsou vykresleny bodovými značkami na stejném mapovém podkladu.

#### **4.3.2. Vyhodnocení dat z mapování**

Vzhledem k zvolenému způsobu mapování byla k dispozici kvalitativní data o příslušnosti jednotlivých úseků k určitým intervalům. Hodnocení bylo prováděno srovnáváním jednotlivých map a dále vytvořením kontingenční tabulky. Do kontingenční tabulky byla současně zahrnuta šířka a zahloubení cest a jejich závislost na sklonu a typu povrchu cest (viz. Příloha č. 53). Vznikla tedy tabulka o 27 řádcích a 14 sloupcích. Data z této

tabulky byly použity k vytvoření grafů v ArcView, kde na ose X jsou jednotlivé intervaly šířky cesty a na ose Y intervaly zahloubení cesty. Vznikla tak mřížka o 25 bodech. Každému bodu byl přiřazen výsečový graf o velikosti závislé na množství úseků, které spadají do dané kategorie a značící rozložení jednotlivých typů povrchu a sklonu v dané kategorii.

#### **4.4. Metodika porovnávání leteckých snímků**

##### **4.4.1. Zdrojová data**

Jako zdrojová data byly použity letecké snímky území NPR Praděd z let 1953, 1973 a 2001. Vzhledem k velkému časovému rozdílu mají data rozdílnou kvalitu. Z roku 2001 byly použity spektrozónální ortorektifikované letecké snímky se spektrální rozlišovací schopností (350 – 920 nm) ve třech pásmech (odpovídají přibližně vlnovým délkám blízkého infračerveného záření (NIR), červeného a zeleného), s radiometrickým rozlišením 8 bitů a prostorovým rozlišením 0.3 m. Pro rok 1973 byl použit panchromatický ortorektifikovaný snímek s radiometrickým rozlišením 8 bitů a prostorovým rozlišením 1m. Pro rok 1953 byl použit panchromatický ortorektifikovaný snímek s radiometrickým rozlišením 8 bitů a prostorovým rozlišením 1m. Snímky byly dodány ve formátu TIFF, ortorektifikované do rovinného souřadnicového systému S-JTSK, čímž bylo odstraněno zkreslení jednak díky středovému promítání kamery a jednak díky zvlnění snímaného terénu.

Pro ořez zájmového území byly použity vrstvy hranic NPR Praděd (SCHKO Jeseníky) a vymezení alpské hranice lesa podle V. Tremla dodané v systému S-JTSK.

##### **4.4.2. Zpracování leteckých snímků**

Letecké snímky byly zpracovány v prostředí programu PCI Geomatica 9.1, konkrétně v modulu Focus. Pro úpravu výsledných vrstev byl používán program Arcview 3.2. Pro vyhodnocení dat z roku 2001 bylo třeba 8 snímků, které jevíly stejnou radiometrickou kvalitu. Letecké snímky za zbylé dva roky již zobrazovaly celé sledované území. Všechny snímky byly převedeny do nativního formátu Geomaticy PCIDSK (.pix) a snímky byly oříznuty podle hranic alpského nadlesí v NPR Praděd.

Cílem hodnocení bylo porovnat změnu plochy a rozložení cest za časový úsek daný rozmezím dostupných leteckých snímků. Vzhledem k velkému množství ploch, jevících se stejně jako cesty, bylo přistoupeno k ruční vektorizaci cest. První byl vektorizován rok 2001. Z této vektorové vrstvy byl vytvořen buffer o šířce 20 metrů, což je dostatečná šířka, aby zasáhla všechny cesty i sešlapané plochy v okolí cest. Tímto bufferem bylo oříznuto všech osm snímků. Následně byly takto oříznuté snímky klasifikovány. Pro zjednodušení byla

použita neřízená klasifikace 3 kanálů snímku. Po vizuálním zhodnocení se jevila jako nejlepší metoda K-Means pro 10 tříd s maximální iterací 20 a s defaultním nastavením prahu na 0,01. Deset tříd výsledného rastru bylo agregováno (Image Classification → Post Classification Analysis → Agregation) do dvou tříd „cesta a sešlapané plochy“ a „okolí“. Z těchto tříd byly vygenerovány polygony (Algorithm Library → Spatial analysis → Conversion tools – POLY2RAS). Dále byl vytvořen buffer o šířce 2 metry. V prostředí Arcview 3.2. byly z vrstvy polygonů vyselektovány polygony, které měly atributovou hodnotu cesty z předchozí klasifikace a zároveň alespoň částečně zasahovaly do dvoumetrového bufferu cest (Theme → Query a Select By Theme). Tuto vrstvu lze již prohlásit za cestu nebo sešlapanou plochu. Nastal problém se skalnatými povrchy, které se jeví jako cesty a ani po ořezání 2 metrovým bufferem je nelze zcela odstranit, neboť cesty vedou většinou v jejich těsné blízkosti. Toto lze jednoduše vyřešit, neboť tyto plochy pravděpodobně budou mít na všech snímcích stejnou polohu i stejnou plochu. Lze je na závěr vizuálním porovnáním výsledků odstranit nebo s nimi lze počítat, neboť by se do změny ploch neměly výrazně projevit. Při zpracování dat z roku 1973 byl postup podobný, jen neřízená klasifikace proběhla na 1 kanálu. Stejně se postupovalo i pro rok 1953.

Dále byla vizuálně zhodnocena šířka cest. V prostředí Arcview 3.2. byl úsekům cest přiřazován atribut šířky. Úsek byl volen vždy mezi dvěma body, kde se cesty protínaly nebo končily. Atribut šířky byl přiřazen podle vrstvy polygonů cest získaných z klasifikace. Pokud byly polygony spojitě alespoň 5 metrů a široké v průměru alespoň 2 metry a dále navazovaly na další takto spojitě a široké polygony, byl danému úseku cesty přiřazen atribut 2 (viz Tab. 2.). Pokud byly polygony z klasifikace nespojitě, byl danému úseku přiřazen atribut 1 (viz Tab. 2.). Takto vznikly tři vrstvy pěšin a cest z let 1953, 1973 a 2001. Z těchto vrstev byly vytvořeny mapy rozložení cest v jednotlivých letech.

Pro lepší možnost zhodnocení byla vytvořena výsledná mapa změny cestní sítě. Kde byly každému úseku cesty přiřazeny tři atributy, stejně jako měly v jednotlivých letech. Jen přibyl ještě atribut 0 (viz tab. 3.).

Tab. 3: Atributy přiřazované úsekům cest

Atribut	Popis úseku cesty
0	„zaniklá nebo ještě nevzniklá cesta“
1	„pěšina užší jak 2m“
2	„cesta širší jak 2m“

Pro lepší přehlednost byly dále tyto skupiny atributů rozděleny do čtyřech kategorií (viz. tab. 4. a 5.) a z těchto kategorií byla vytvořena mapa změny cestní sítě během let 1953 až 2001.

Tab. 4.: Kategorie pro vyhodnocení úseků

atribut v roce			kategorie	atribut v roce			kategorie
1953	1973	2001		1953	1973	2001	
1	1	1	1	0	2	2	3
2	2	2	1	1	2	2	3
1	1	0	2	0	0	1	3
1	0	0	2	0	0	2	3
2	0	0	2	1	1	2	3
2	1	0	2	1	2	0	4
2	1	1	2	1	2	1	4
2	2	1	2	1	2	2	4
2	2	0	2	0	2	1	4
0	1	1	3	0	1	0	4
0	1	2	3	0	2	0	4

Tab 5.: Popis kategorií cest a pěšin

Kategorie	Popis úseku cesty
1	„cesty se nezměnily“
2	„cesty se zúžily nebo úplně zanikly“
3	„cesty nově vznikly nebo se rozšířily“
4	„šířka cest kolísala“

Pomocí polygonových vrstev získaných klasifikací těchto snímků byla dále řešena změna plochy cest. Opět nastal problém s přílišnou změnou vedení cest. Pro kvalitnější výsledky bylo zapotřebí vybrat pouze cesty, které se v průběhu let příliš neměnily a současně nebyly zkresleny chybami klasifikace. Proto bylo vybráno 17 úseků cesty na hřebenové partii. Vrstvy polygonů za jednotlivé roky byly tedy v prostředí ArcView 3.2. oříznuty (View – GeoProcessing Wizard) tak, aby zbyly jen požadované úseky cest. Dále pomocí funkce ReturnArea byla vygenerována plocha jednotlivých polygonů. Z těchto ploch byla vypočtena výsledná plocha úseků cesty a porovnána s dalšími roky.

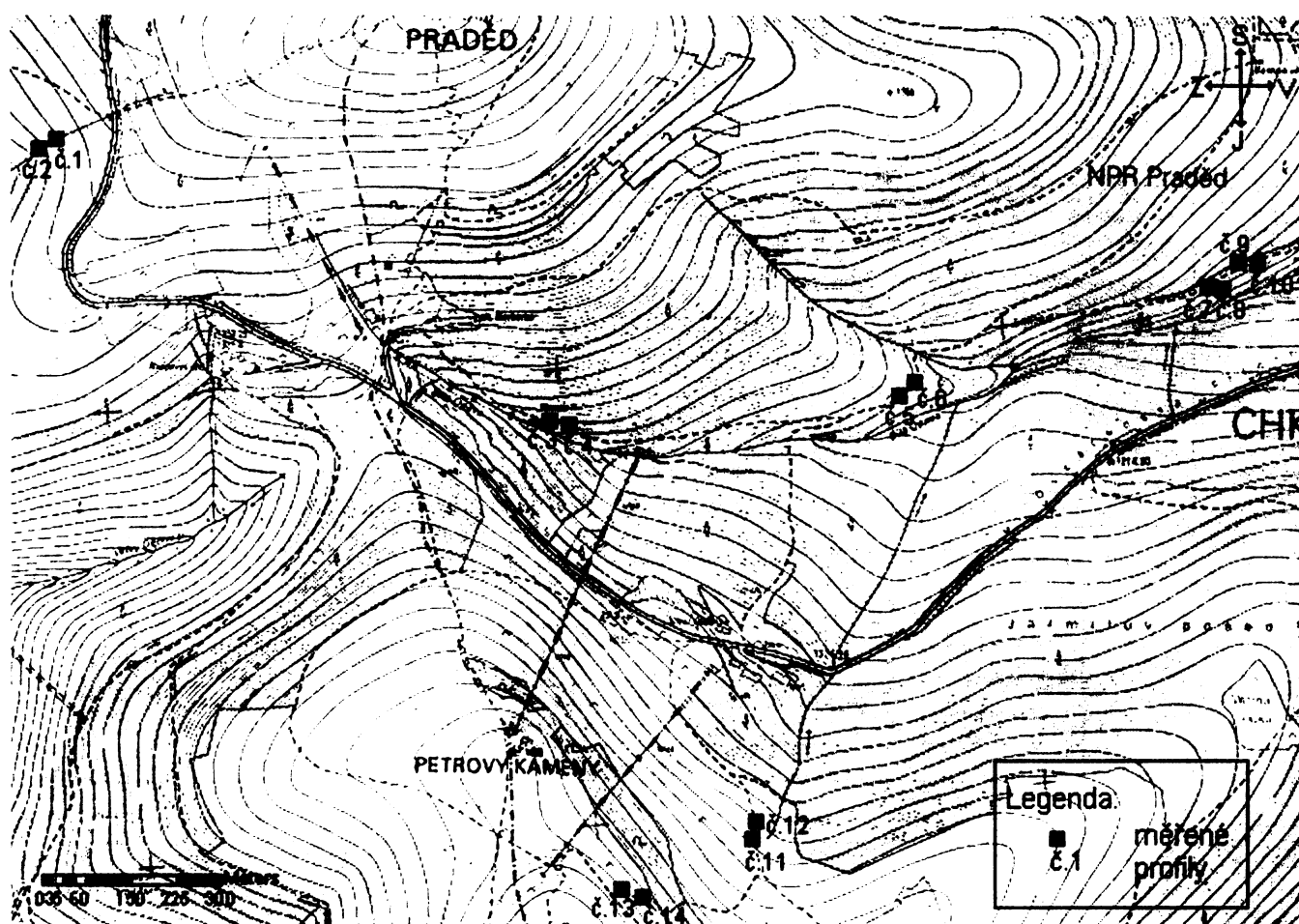
## 5. Výsledky

### 5.1. Intenzita eroze na turistických stezkách

#### 5.1.1. Interpretace vývoje jednotlivých profilů

Tato část je věnována zpracování dat získaných z měření prohlubování úseků na zvolených 14 profilech.

Obr. 3: Mapa polohy jednotlivých profilů cest





## I. Profil Divoký důl

Nadmořská výška: 1389 m n. m.

Podloží: rula

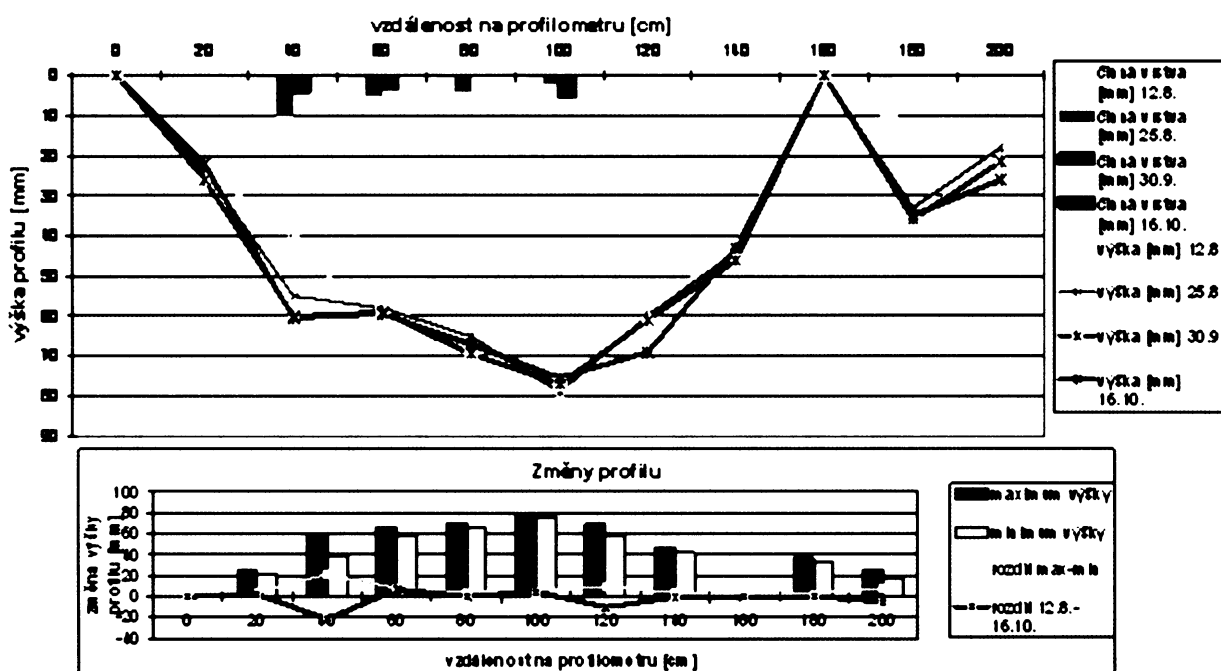
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 4 m<sup>2</sup>

Expozice: západ

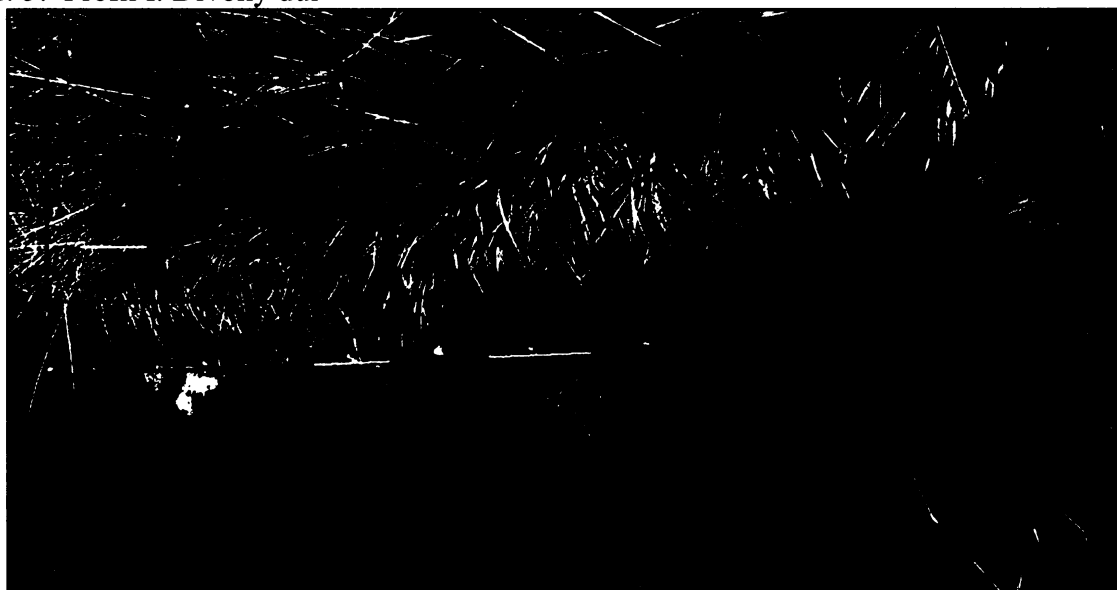
Průměrný sklon: 5°

Profil je umístěn v nadlesní části turisticky méně frekventované stezky vedoucí Divokým dolem. Měření ukazují na relativní stabilitu profilu. Největší změna nastala na 40cm profilu mezi prvním a druhým měřením a na 120cm profilu při posledním měření. Na úseku 40cm souvisí pokles s výškou činné vrstvy, která se v tomto úseku výrazně zvětšila (viz obr. 4). Jistou úlohu zde bude hrát poloha bodu, který se stává častým místem došlapu (viz. obr. 5). Naopak v úseku 60cm v tomto období materiál přibyl. Lze to vysvětlit polohou úseků pod sebou. Na 120cm profilu je změna dána pravděpodobně jílovitým povrchem, který se po vyšším zvodnění snáze podléhá destrukci. Podobný proces lze očekávat i na úseku 200cm. V dalších úsecích profilu jsou změny nepatrné a nepřesahují chybu měření.

Obr. 4: Naměřené výšky úseků v profilu I. Divoký důl



Obr. 5: Profil I. Divoký důl



## II. Profil Divoký důl

Nadmořská výška: 1380 m n. m.

Expozice: západ

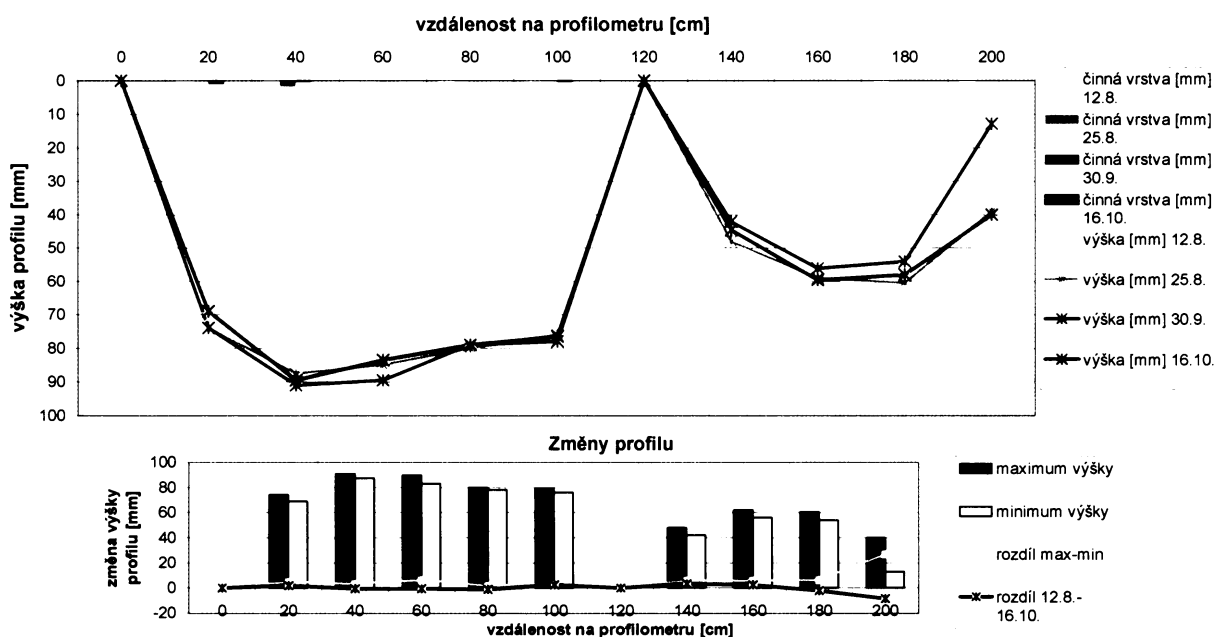
Podloží: rula

Průměrný sklon: 19°

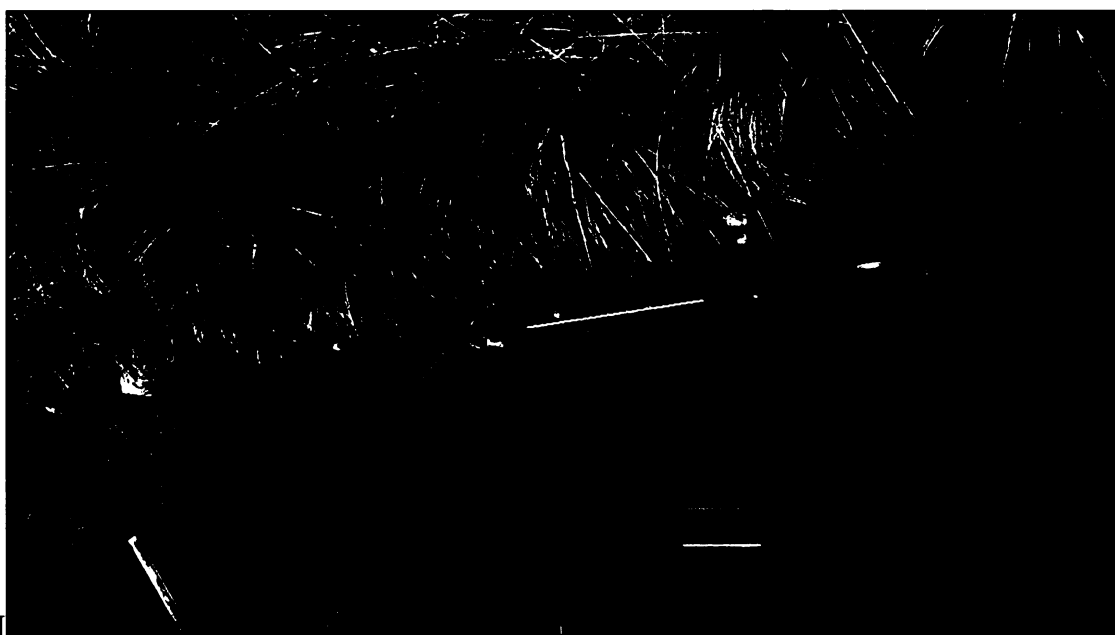
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 20 m<sup>2</sup>

Profil je umístěn na stezce cca 20 metrů pod profilem č.1. Tento profil lze označit jako stabilní. Většina změn nepřesahuje chybu měření (viz obr. 6). V případě úseku 200cm větší změnu pravděpodobně způsobila chyba měření, neboť při dalším měření se opět vrací hodnoty k původním naměřeným. V tomto úseku již do profilu zasahuje trs trávy (viz obr. 7) a je tedy pravděpodobné, že chyba byla způsobena vychýlením měřítka.

Obr. 6: Naměřené výšky úseků v profilu II. Divoký důl



Obr. 7: Profil II. Divoký důl



### III. Profil Bílá Opava

Nadmořská výška: 1268 m n. m.

Podloží: rula

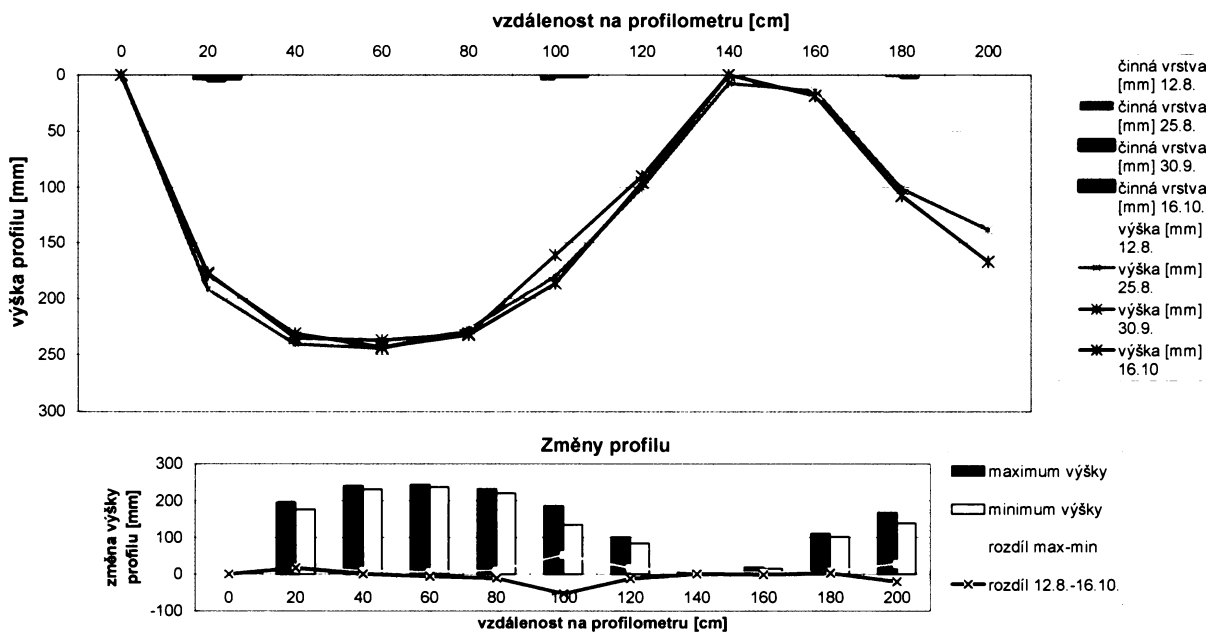
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 37706 m<sup>2</sup>

Expozice: jihovýchod

Průměrný sklon: 5°

Profil č.3 je umístěn zhruba 400 metrů pod chatou v místech, kde se cesta rozšiřuje na šířku přes 3 metry. Profil i přes větší počet turistů vykazuje stabilitu a většina změn nepřesahuje chybu měření. Znatelná změna nastala mezi druhým a třetím měřením na 20cm profilu (viz obr. 8). V tomto úseku materiál přibyl, což je nejspíše způsobeno posunem kamene. Podobný proces se s největší pravděpodobností opakovaně stal i na úseku 100cm profilu (viz obr.9).

Obr. 8: Naměřené výšky úseků v profilu III. Bílá Opava



Obr. 9: Profil III. Bílá Opava



#### IV. Profil Bílá Opava

Nadmořská výška: 1267 m n. m.

Podloží: rula

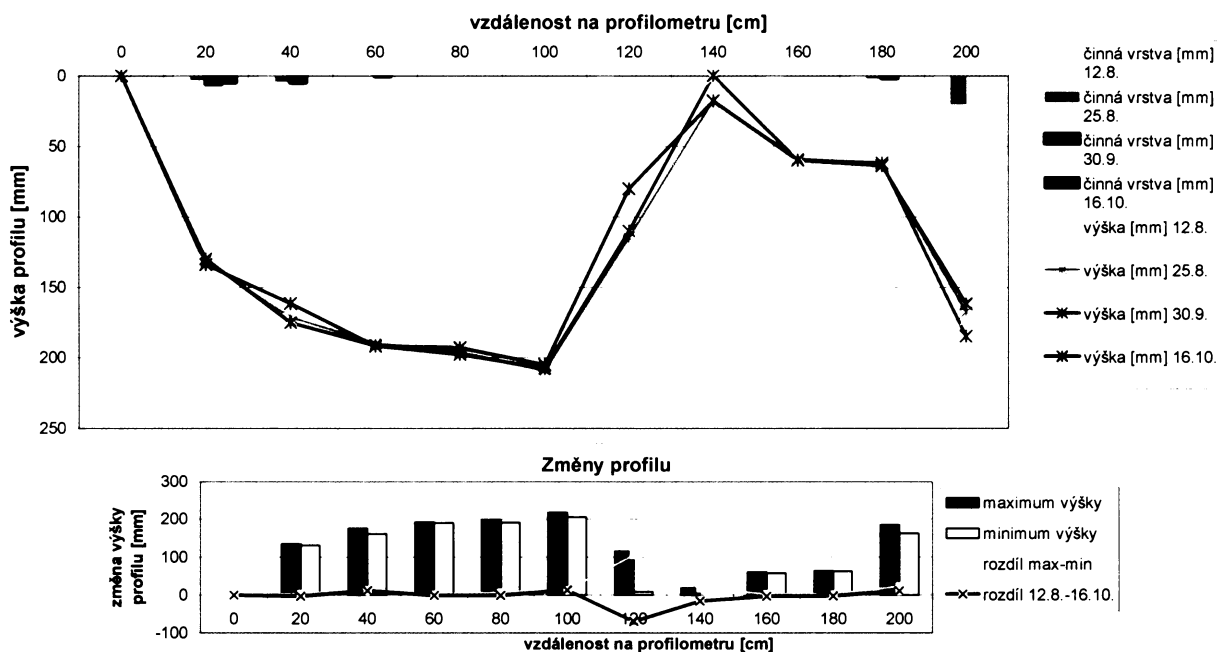
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 5260 m<sup>2</sup>

Expozice: jihovýchod

Průměrný sklon: 2°

Profil je umístěn na turistické stezce cca 6 metrů pod profilem č.3. Z fotografie lze vidět, že jako cesta je využívána jen část profilu (viz obr. 11). Zbytek je ostrůvek trávy a kámen uprostřed stezky. Využívaná část je v úseku od 0cm do 100cm profilu. Materiál přibyl na 40cm profilu, což je způsobeno nahromaděním písku (viz obr. 10). Velká změna je znatelná na 120cm úseku, kde již zasahuje trs trávy. Pravděpodobně je tato, značná změna, způsobena vychýlením měřítka. V takových úsecích nastává problém s přístupností a v hloubce, kam až lze měřku postavit a kdy už je zapichována do trávy.

Obr. 10: Naměřené výšky úseků v profilu IV. Bílá Opava



Obr. 11: Profil IV. Bílá Opava



## V. Profil Bílá Opava

Nadmořská výška: 1210 m n. m.

Podloží: rula

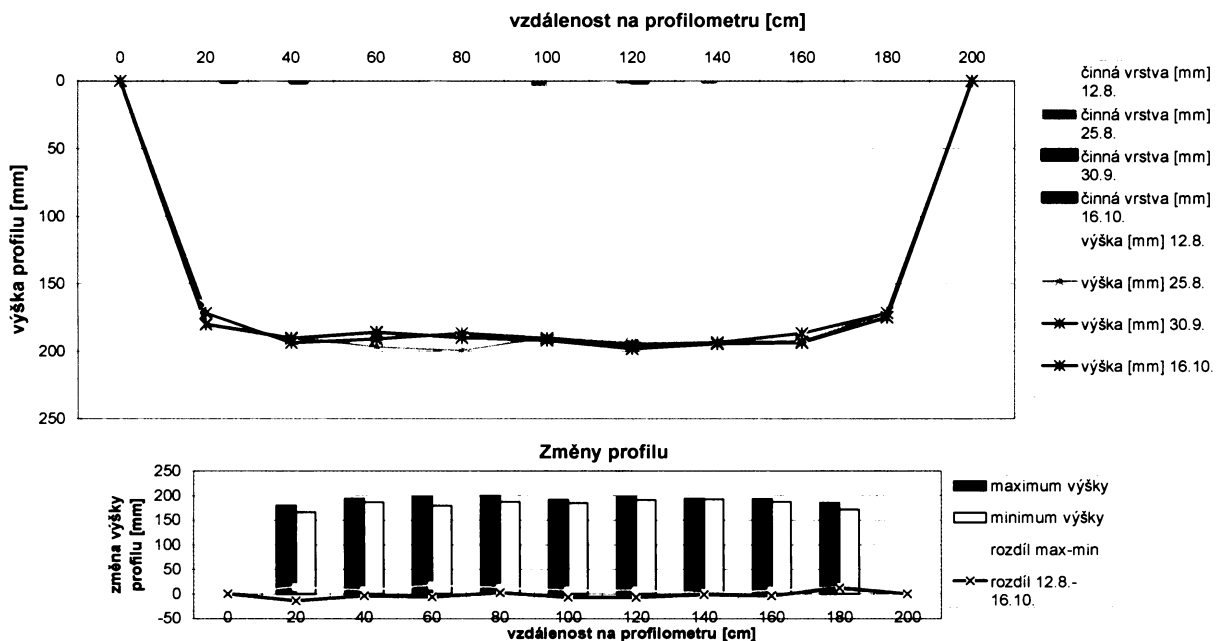
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 77 m<sup>2</sup>

Expozice: jihovýchod

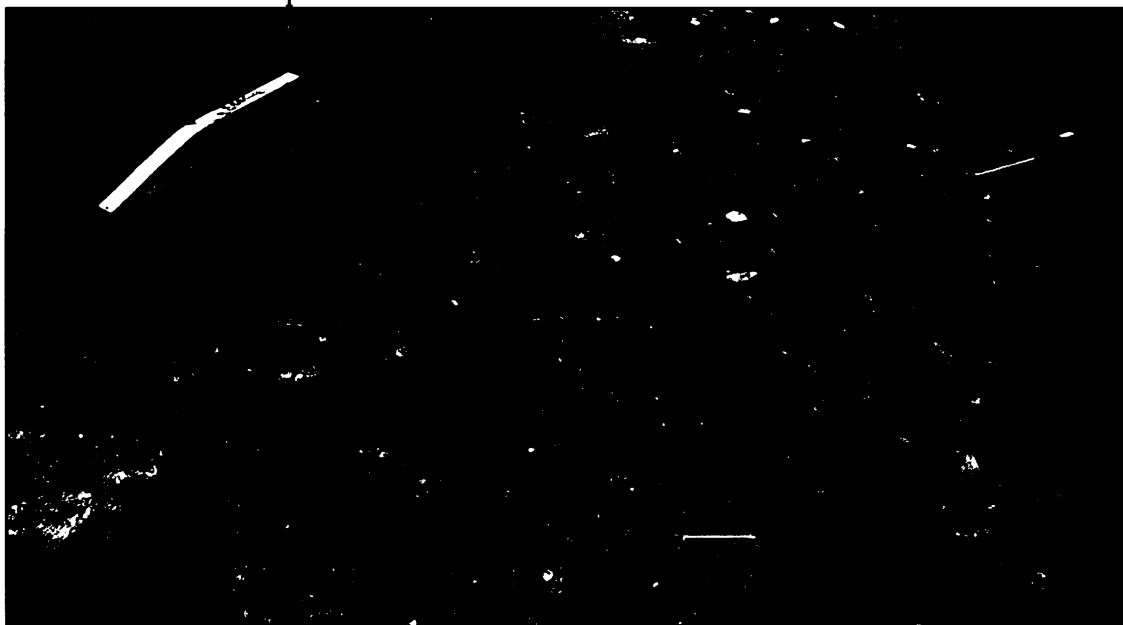
Průměrný sklon: 1°

Profil je umístěn v části stezky, která je velmi intenzivně využívána. Spojují se zde dvě turistické značky (modrá a žlutá), které patří k turisticky nejvíce frekventovaným v Hrubém Jeseníku. Stezka v místě profilu je stabilizovaná a nejeví známky větší erozní činnosti (viz obr. 12). Příbytek a úbytek materiálu je zde ve většině případů způsoben posunem jemného materiálu (drobný skelet, větvičky, šišky, atd.) (viz obr. 13). Přínos a odnos materiálu je však velmi vyrovnaný, takže v dlouhodobém hledisku nedochází ani k úbytku ani k příbytku.

Obr. 12: Naměřené výšky úseků v profilu V. Bílá Opava



Obr. 13: Profil V. Bílá Opava



## VI. Profil Bílá Opava

Nadmořská výška: 1210 m n. m.

Expozice: jihovýchod

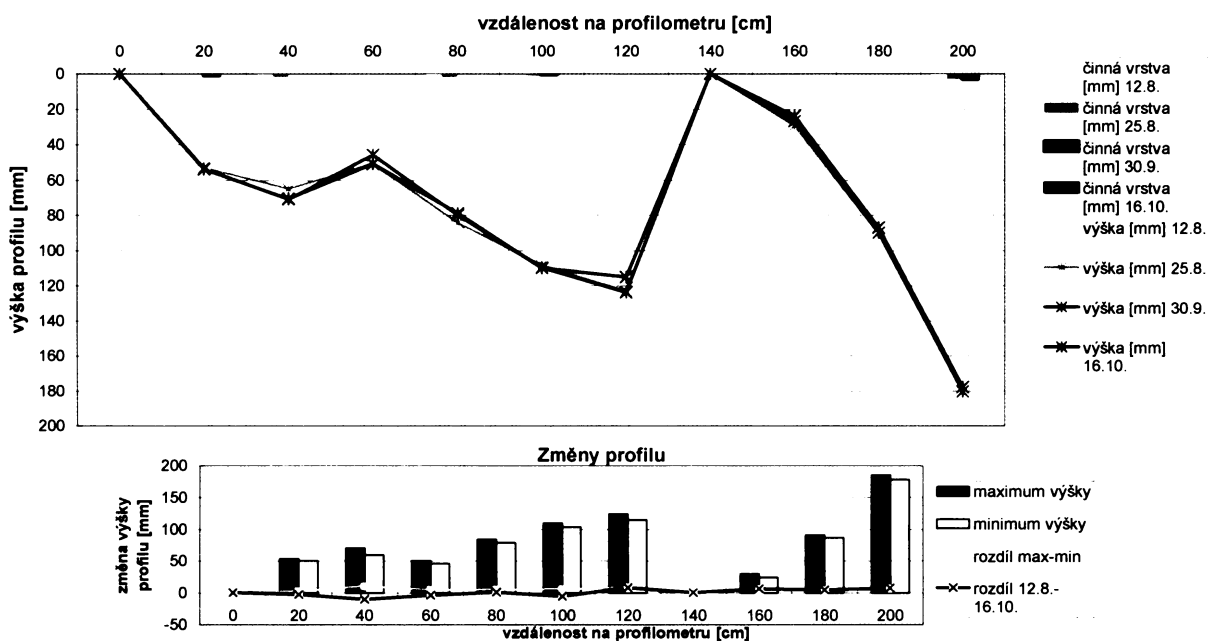
Podloží: rula

Průměrný sklon: 2°

Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 380 m<sup>2</sup>

Profil je umístěn na turisticky velmi frekventované stezce cca 10 metrů pod profilem č.5. Profil je celkově stabilní. Menší úbytek materiálu se projevuje na 40cm profilu, pravděpodobně je způsoben odnosem písku a jemnějšího šterku. Opačný jev se odehrává na 120cm profilu, kde došlo k přínosu jemného materiálu. V ostatních případech změny nepřesáhly chybu měření (viz obr. 14 a 15).

Obr. 14: Naměřené výšky úseků v profilu VI. Bílá Opava



Obr.15: Profil VI. Bílá Opava



## VII. Profil Bílá Opava

Nadmořská výška: 1150 m n. m.

Podloží: rula

Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 8748 m<sup>2</sup>

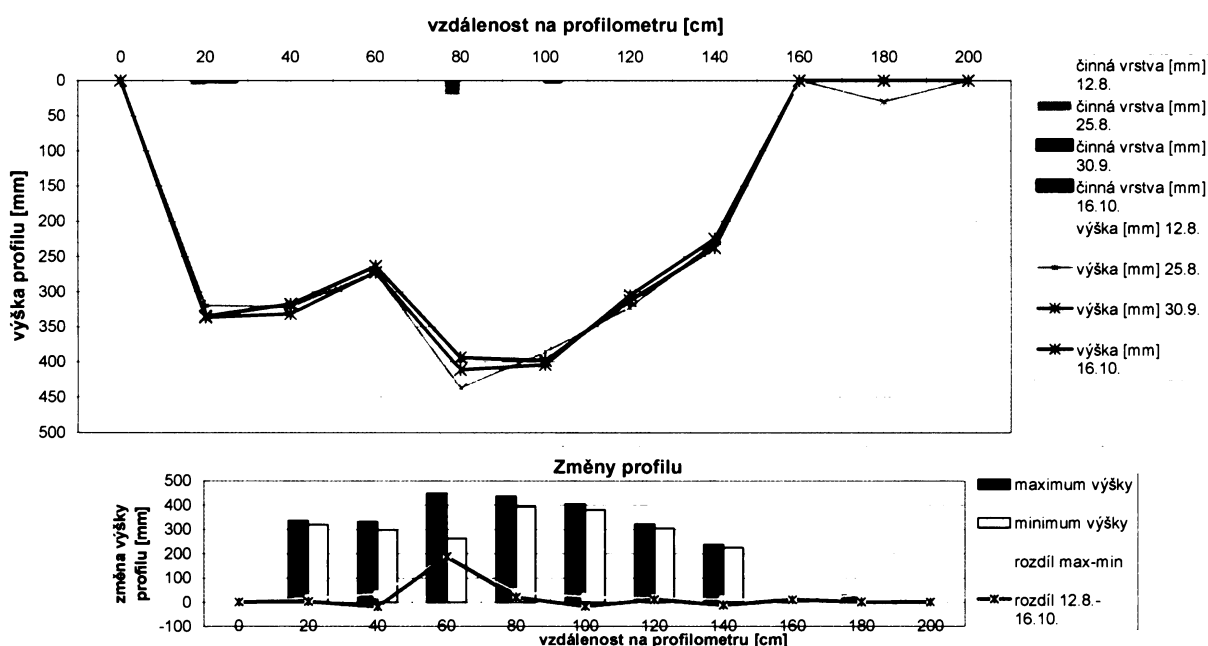
Expozice: jihojihovýchod

Průměrný sklon: 23<sup>0</sup>

Profil je umístěn v horní části stezky údolím Bílé Opavy na skále s velkým množstvím nalámaného skeletu a velkým sklonem. Tato část cesty je opět turisticky frekventovaná. Při prvních dvou měřeních ještě nebyla oficiálně otevřena turistům. Tento fakt však většině turistů nezabránil v jejím použití.

Největší změna nastala mezi prvním a druhým měřením na 60cm profilu, kde byl zaznamenán velký příbytek materiálu, díky přísunu hrubšího skeletu. K podobným změnám, i když v menším měřítku došlo i v úseku 40cm a 80cm. Pravděpodobně se tato část profilu stává nejčastějším došlapovým místem a tím i místem s největšími posuny materiálu (viz obr. 16).

Obr. 16: Naměřené výšky úseků v profilu VII. Bílá Opava



### VIII. Profil Bílá Opava

Nadmořská výška: 1145 m n. m.

Podloží: rula

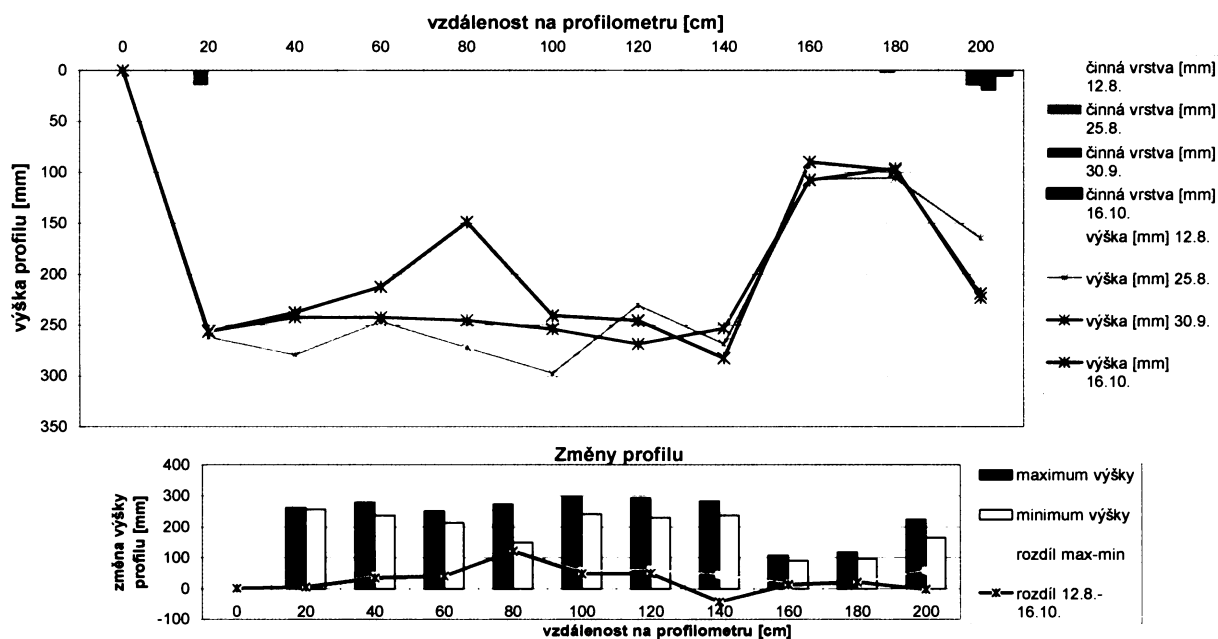
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 15200 m<sup>2</sup>

Expozice: jihojihovýchod

Průměrný sklon: 22<sup>0</sup>

Profil je umístěn v horní části stezky údolím Bílé Opavy cca 5 metrů pod profilem č. 7. Vzhledem k velkému množství skeletu, který se snadno přemísťuje fyzickým zatížením turisty, jsou změny znatelné především v úseku od 40cm do 140cm profilu (viz obr. 17 a 18). Při okraji cesty tyto změny nejsou tak markantní, protože většina turistů došlapuje a tím i přemísťuje skelet ve střední části cesty. Rozkolísanost na 200cm profilu je způsobena s větší pravděpodobností špatným dosednutím měřky v okraji vegetačního pokryvu.

Obr. 17: Naměřené výšky úseků v profilu VIII. Bílá Opava



Obr. 18: Profil VIII. Bílá Opava





## IX. Profil Bílá Opava

Nadmořská výška: 1146 m n. m.

Podloží: rula

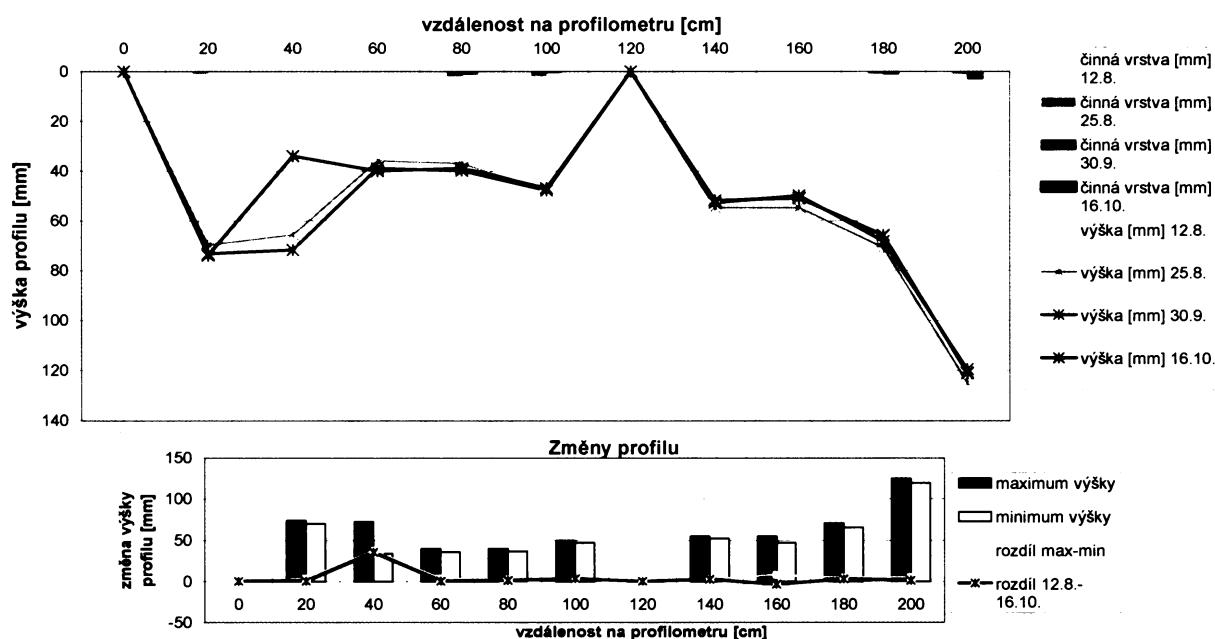
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 9279 m<sup>2</sup>

Expozice: jihojihovýchod

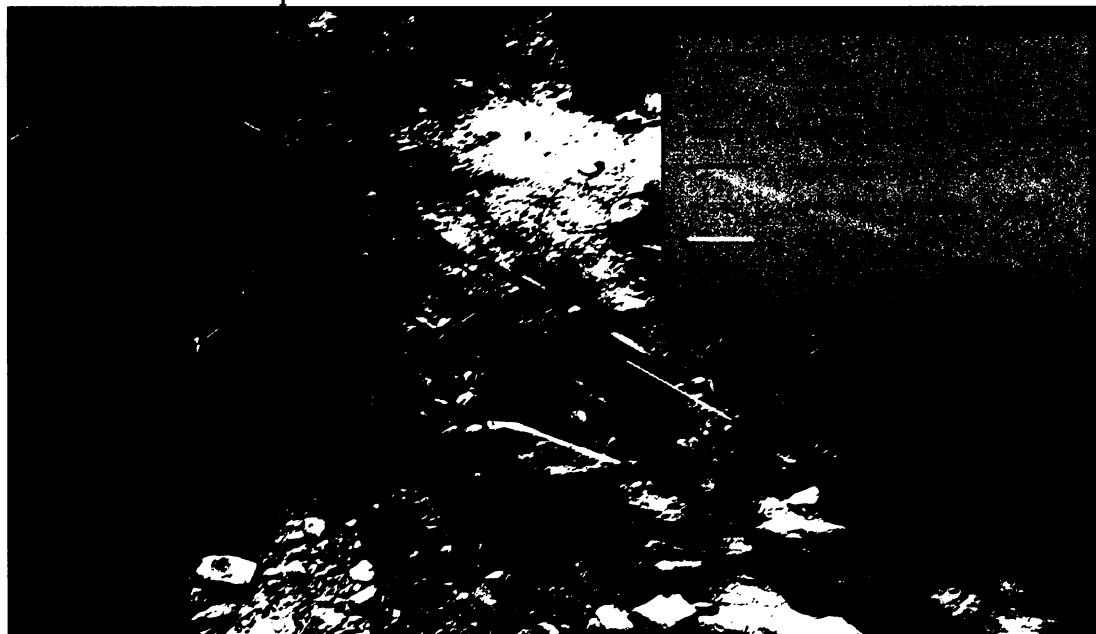
Průměrný sklon: 10<sup>0</sup>

Profil je umístěn na modré turistické značce údolím Bílé Opavy. Tato cesta je turisticky relativně hodně frekventovaná. V profilu je množství šterku a jemného skeletu, který je lehce pohyblivý. Viditelná změna nastala na úseku 40cm mezi třetím a čtvrtým měřením (viz obr. 19). Změna nastala posunem kamene. Obdobná změna v menším měřítku nastala na 160cm profilu. Byla způsobena odsunem a následným přisunem jemnějšího materiálu. Ostatní změny jsou relativně zanedbatelné, způsobené opět posunem jemnějšího materiálu.

Obr. 19: Naměřené výšky úseků v profilu IX. Bílá Opava



Obr.20: Profil IX. Bílá Opava



## X. Profil Bílá Opava

Nadmořská výška: 1144 m n. m.

Podloží: rula

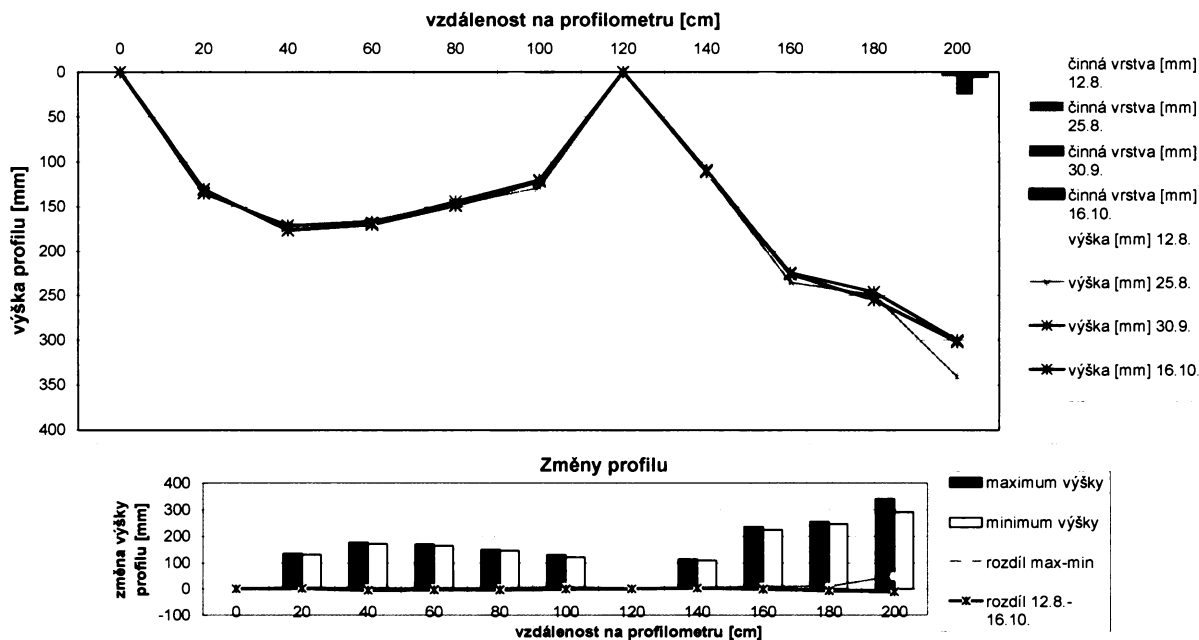
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 9952 m<sup>2</sup>

Expozice: jihojihovýchod

Průměrný sklon: 11°

Profil je umístěn na modré turistické značce cca 3 metry pod profilem č.9. Měření nezaznamenaly větší rozdíly (viz obr. 21). Stabilitu lze vysvětlit stářím a celkovou stabilitou cesty v místě profilu (viz obr. 22). Změny nepřesahují chybu měření. Větší změna nastala pouze na konečném úseku 200cm.

Obr. 21: Naměřené výšky úseků v profilu X. Bílá Opava



Obr.22: Profil X. Bílá Opava



## XI. Profil Nad Ovčárnou

Nadmořská výška: 1355 m n. m.

Expozice: severovýchod

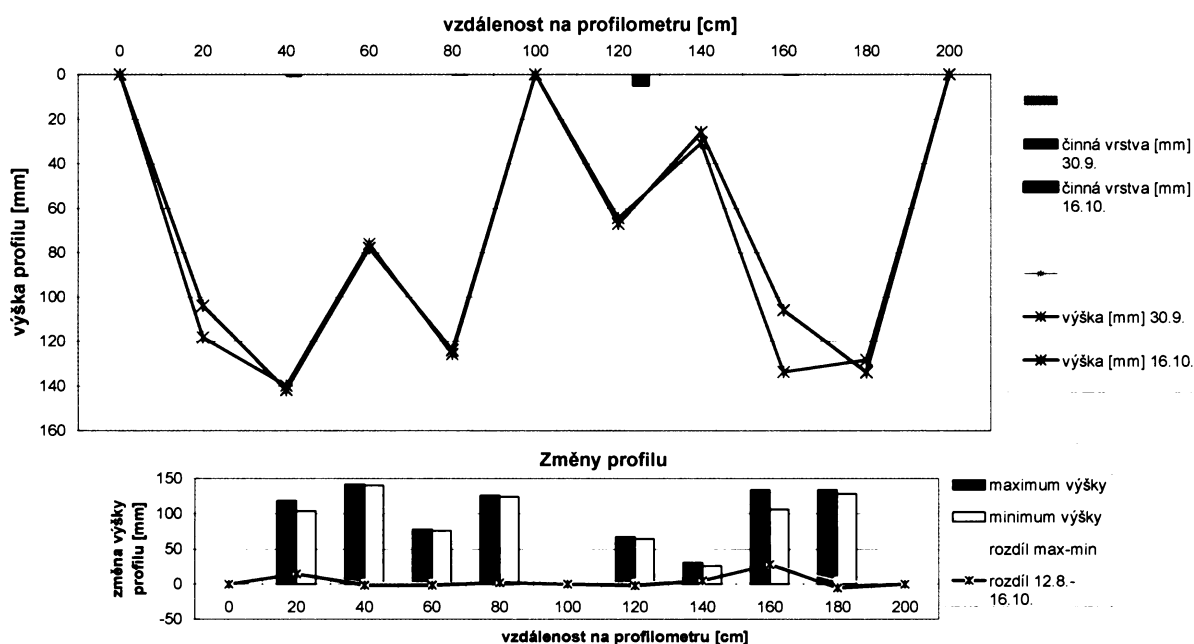
Podloží: muskovitický chlorit

Průměrný sklon: 12°

Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 3144 m<sup>2</sup>

Profil je umístěn v dolním úseku turistické stezky od Ovčárny do sedla mezi Vysokou Holí a Petrovy kameny. V profilu je množství jemnějšího skeletu, který je v pohybu působením turistů (viz obr. 24). Největší změna nastala na 160cm profilu, kde došlo k přísunu materiálu. Stejná změna, i když v menším měřítku nastala na 20cm profilu. Další změny nepřesahují chybu měření (viz obr. 23).

Obr. 23: Naměřené výšky úseků v profilu XI Nad Ovčárnou



Obr. 24 : Profil XI. Nad Ovčárnou



## XII. Profil Nad Ovčárnou

Nadmořská výška: 1348, m n. m.

Podloží: muskovitický chlorit

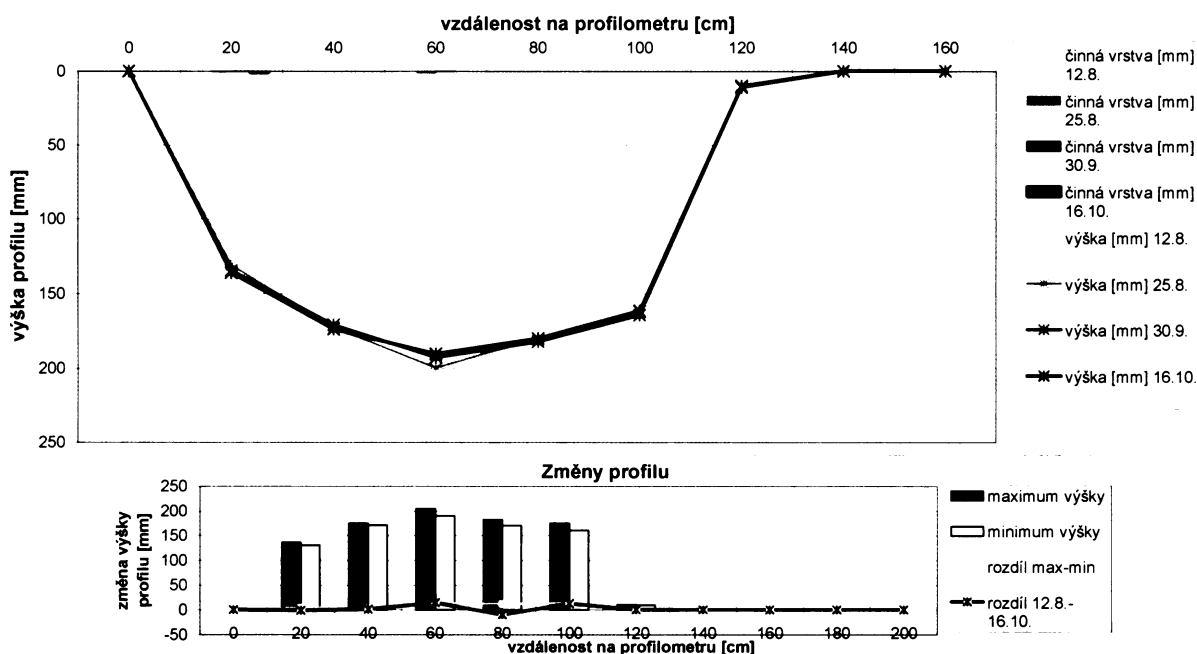
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 6226 m<sup>2</sup>

Expozice: severovýchod

Průměrný sklon: 19°

Profil je umístěn v dolním úseku turistické stezky od Ovčárny do sedla mezi Vysokou holí a Petrovými kameny zhruba 10 metrů pod profilem č.11. V profilu je množství štěrku, u kterého by se dal předpokládat výrazný pohyb (viz obr. 26). Měření však vykazují relativní stabilitu. K menšímu příbytku došlo na 60cm a 100cm profilu. Na 60cm profilu měření ukazují mírné postupné přibývání materiálu za celou dobu měření o 20mm. Podobné tendence jsou i na úseku 100cm. Naopak úbytek cca o 15mm nastal na 80cm profilu (viz obr. 25). Změny jsou způsobeny přesunem jemného stěrku. V ostatních případech změna nepřesahuje chybu měření.

Obr. 25: Naměřené výšky úseků v profilu XII Nad Ovčárnou



Obr.26: Profil XII. Nad Ovčárnou



### XIII. Profil Nad Ovčárnou

Nadmořská výška: 1416 m n. m.

Podloží: muskovitický chlorit

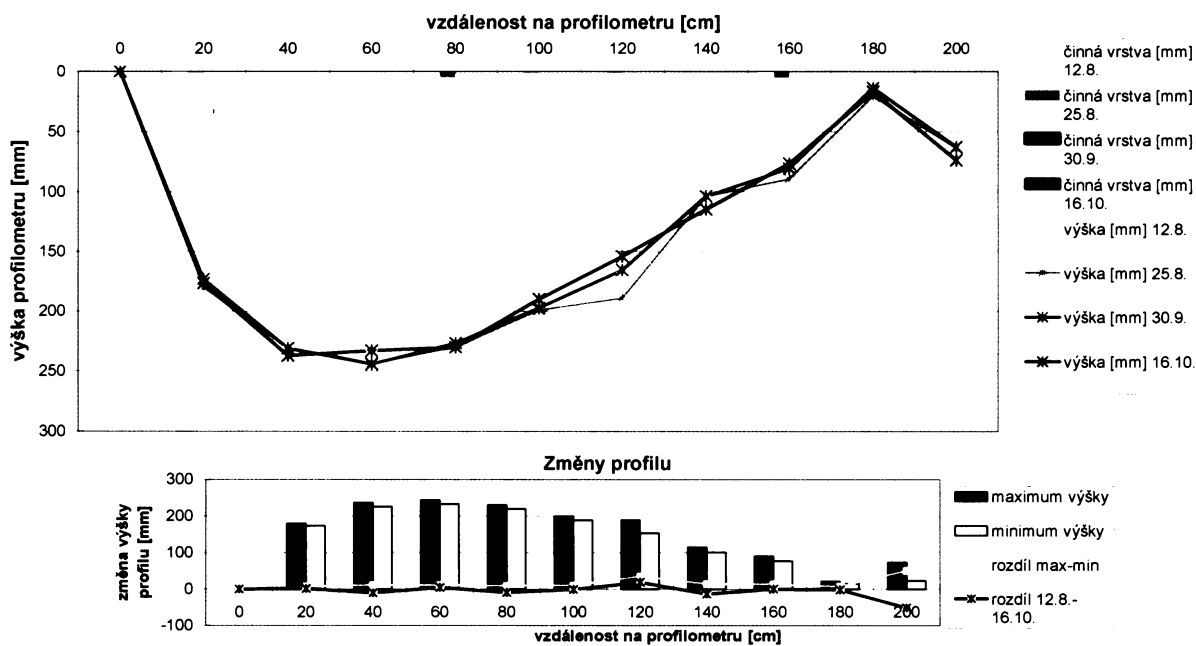
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 121 m<sup>2</sup>

Expozice: severovýchod

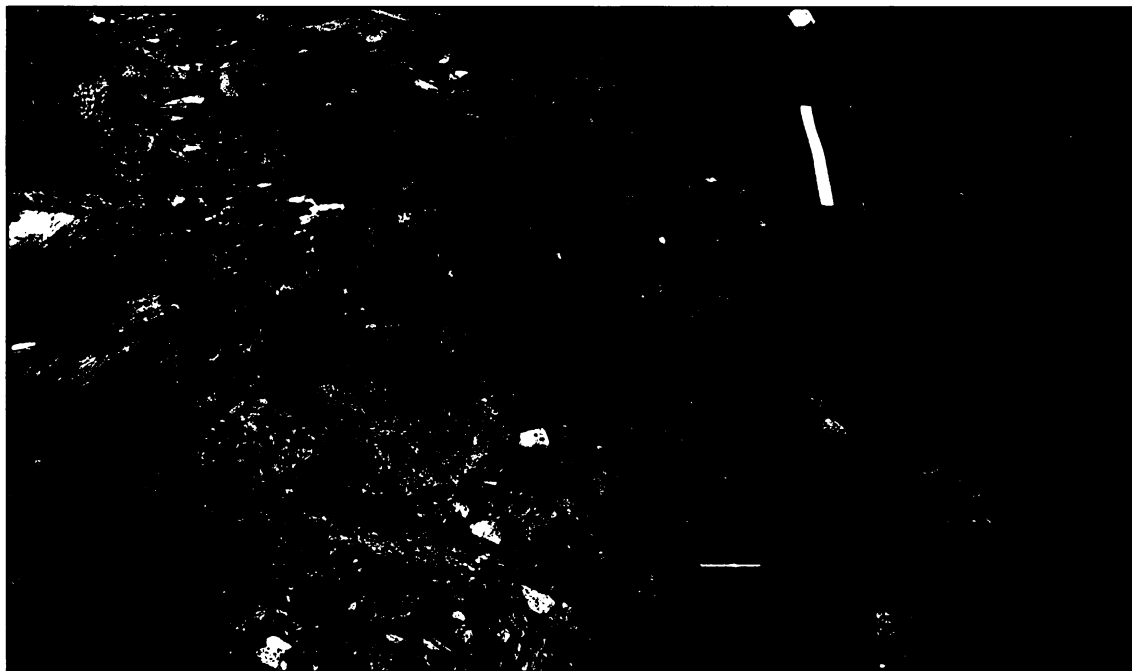
Průměrný sklon: 12°

Profil se nachází v nadlesní části turistické cesty od Ovčárny do sedla mezi Vysokou holí a Petrovými kameny. Profil je relativně stabilní (viz obr. 27 a 28). Větší změna nastala na úseku 120cm odsunem a následným příbytkem jemného skeletu. Na 40cm, 80cm a 160cm profilu nastal mírný úbytek jemnějšího materiálu. Větší změna na 200cm profilu nastala pravděpodobně chybou měření (špatné dolehnutí měřky ve vegetaci).

Obr. 27: Naměřené výšky úseků v profilu XIII. Nad Ovčárnou



Obr. 28: Profil XIII. Nad Ovčárnou



#### XIV. Profil Nad Ovčárnou

Nadmořská výška: 1402 m n. m.

Podloží: muskovitický chlorit

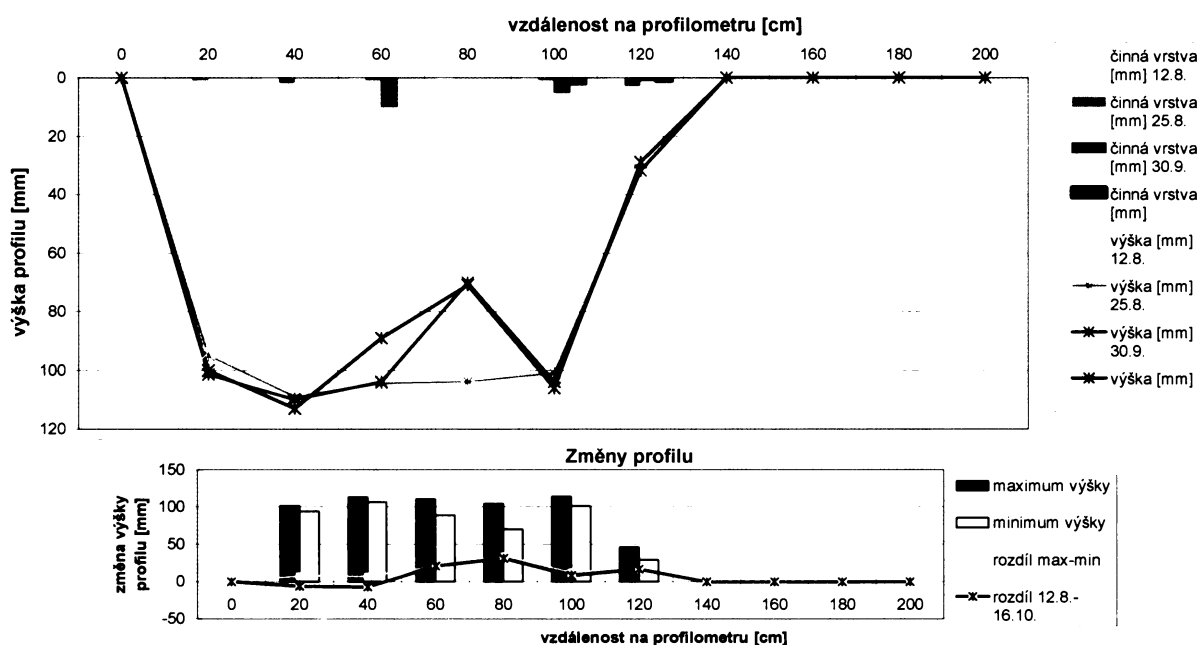
Vypočtená plocha povrchového odtoku profilem: 180 m<sup>2</sup>

Expozice: severovýchod

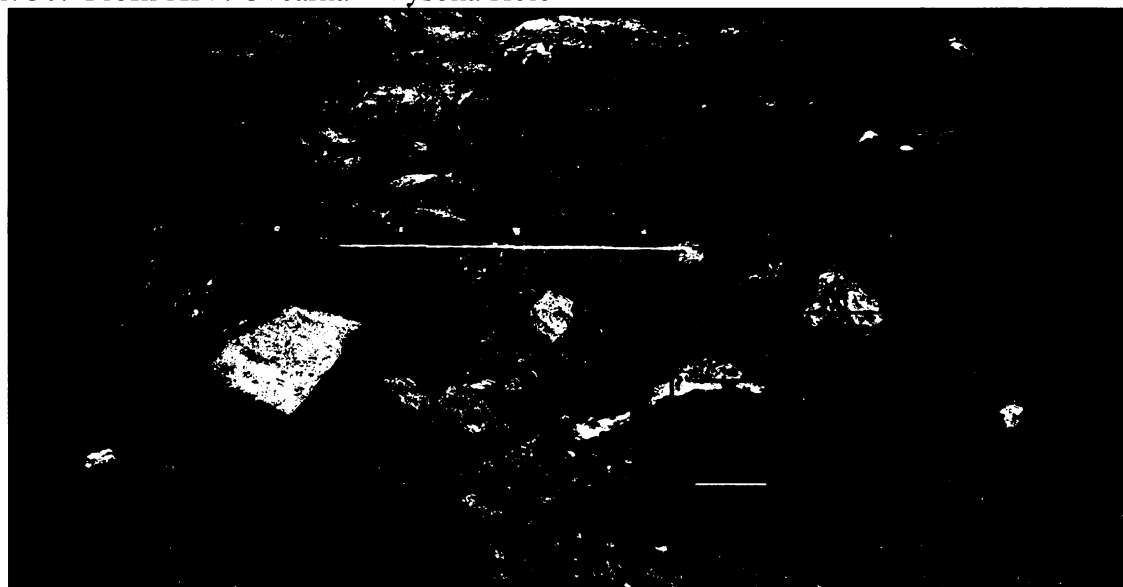
Průměrný sklon: 6°

Profil se nachází v bezlesé části turistické cesty od Ovčárny do sedla mezi Vysokou holí a Petrovými kameny. Profil se nachází zhruba 25 metrů pod profilem č.13. Největší příbytek materiálu byl zaznamenán v úseku 80cm, kam byl přemístěn mezi druhým a třetím měřením kámen. Podobná změna nastala mezi třetím a čtvrtým měřením na 60cm profilu. Vychýlení prvního měření na 100cm a 120cm profilu bych vysvětlila chybou měření, kdy došlo k mírnému posunu měřky a vzhledem k členitému povrchu nastala větší změna. Na 120cm je z fotodokumentace (viz obr. 30) vidět, že opravdová změna nastat nemohla, neboť je v profilu pevně usazený kámen. V úseku 20cm a 40cm docházelo k postupnému odsunu jemného materiálu, přičemž změna za celou dobu měření nepřesáhla 10mm (viz obr. 29).

Obr. 29: Naměřené výšky úseků v profilu XIV Nad Ovčárnou



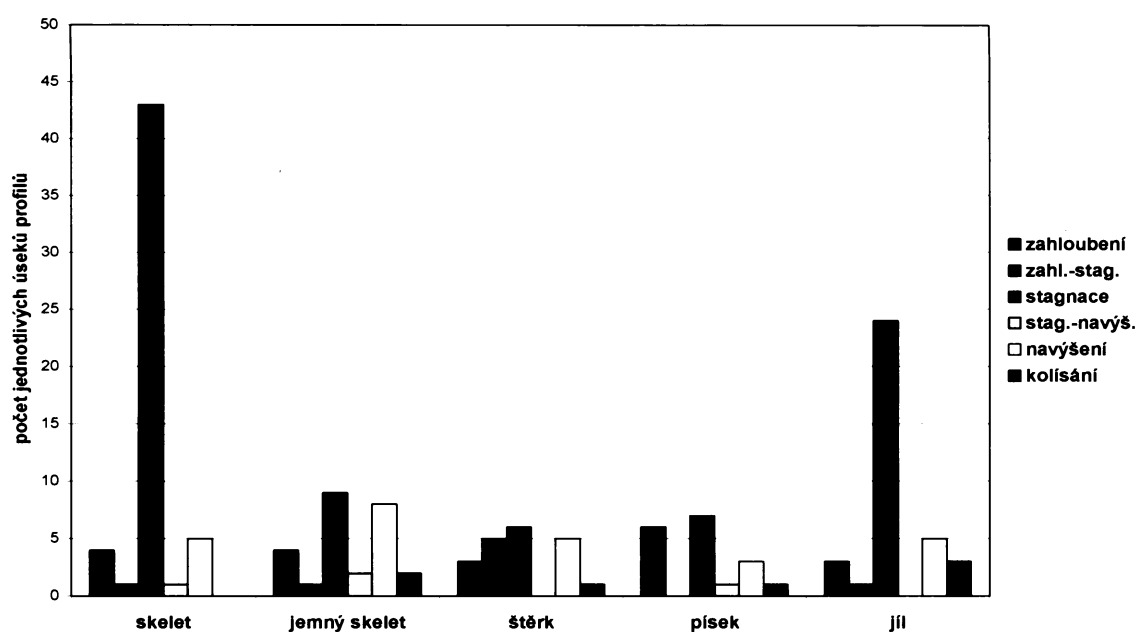
Obr. 30: Profil XIV. Ovčárna – Vysoká Hole



## Interpretace vývoje jednotlivých profilů

Intenzita eroze na turistických stezkách byla měřena na čtrnácti profilech, z nichž každý má 7 až 11 úseků po dvaceti centimetrech. Dohromady bylo tedy zkoumáno 147 jednotlivých úseků na turistických stezkách. Při porovnávání zahloubení a navýšení úseků profilů cest byla u osmdesáti devíti z nich zjištěna stagnace, tzn. materiál významně ani nepřibývá, ani neubývá. U dvaceti šesti úseků bylo zjištěno navýšení, u čtyřech jen nepatrné navýšení. Naopak zahloubení bylo zjištěno u dvaceti úseků a u osmi úseků jen nepatrné zahloubení. Sedm úseků mezi měřeními různě kolísalo.

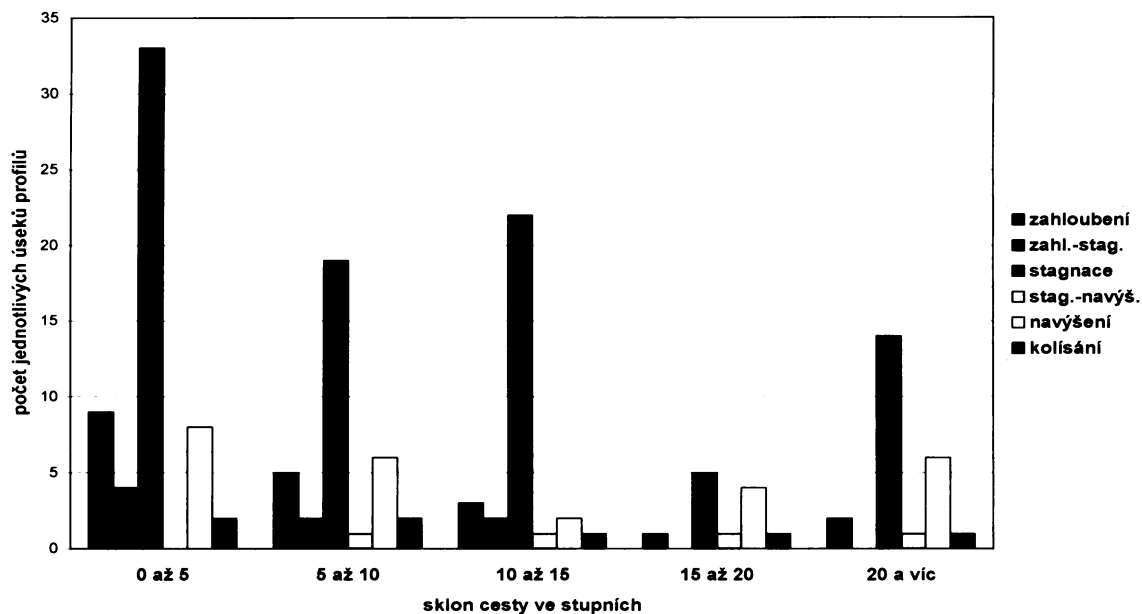
Obr. 31: Trendy jednotlivých částí profilů cest v závislosti na typu povrchu



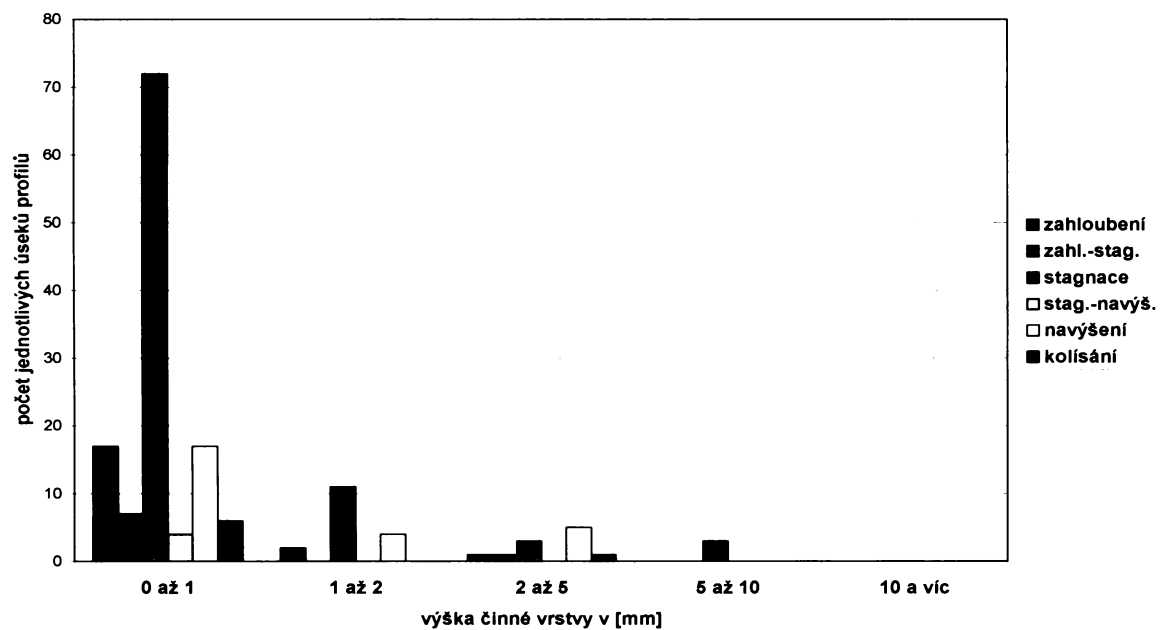
Zahloubení úseků bylo nejčastěji zaznamenáno na písčitém až štěrkovitém povrchu, naopak navýšení bylo častěji sledováno na jemném skeletu. Stagnace byla zjištěna v úsecích s typem povrchu buď skelet, nebo naopak jíla. Toto lze vysvětlit nepohyblivostí velkých stabilizovaných částí skeletu a stabilitou udusaného jílového podloží.

Porovnáním úseků podle sklonu cest lze zjistit, že stagnující úseky leží nejčastěji na cestách o malém sklonu. Na cestách s velkým sklonem dochází častěji k navýšení profilu. Na cestách se sklonem 10 až 15° je relativně vyrovnaný počet navyšujících se a zahlubujících se úseků.

Obr. 32: Trendy jednotlivých částí profilů cest v závislosti na sklonu cesty



Obr. 33: Trendy jednotlivých částí profilů cest v závislosti na výšce činné vrstvy



V stagnujících úsecích je výška činné vrstvy nulová nebo minimální. Větší výška činné vrstvy byla naměřena u úseků, které měly tendenci se zvyšovat.



### 5.1.2. Hodnocení závislosti intenzity eroze na jednotlivých faktorech

K hodnocení závislosti intenzity eroze byla použita absolutní změna zahloubení úseků za dobu měření, jejíž průměrná hodnota je 9,488mm. Průměrná hodnota rozdílu mezi naměřeným maximem a minimem zahloubení úseků činí 12,404mm.

#### Závislost intenzity eroze na sklonu cesty

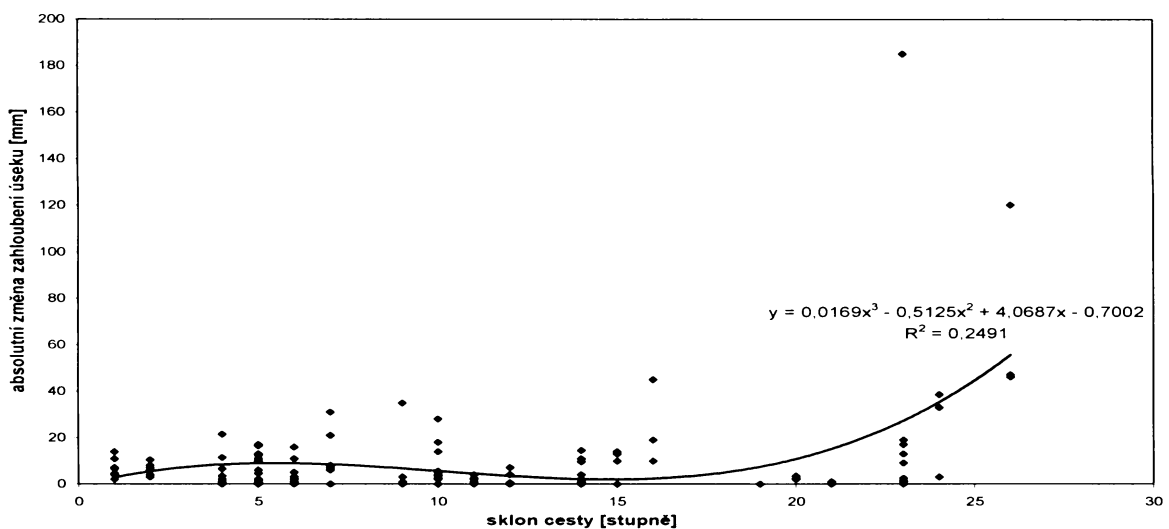
Průměrný sklon cest na nichž jsou umístěny profily je  $10,63^{\circ}$ .

Korelační koeficient absolutní změny zahloubení úseku a sklonu cesty je roven 0,295876.

Kovariance absolutní změny zahloubení úseku a sklonu cesty je 42,19344.

Lze zde najít regresní funkci s hodnotou spolehlivosti  $R^2 = 0,2491$ , která má tvar  $y = 0,0169x^3 - 0,5125x^2 + 4,0687x - 0,7002$

Obr. 34: Graf závislosti intenzity eroze na sklonu cesty



Pro účely faktorové analýzy rozptylu byly sledované úseky rozděleny podle sklonu cesty do třech skupin: I. skupina úseků o sklonu  $0^{\circ} - 6^{\circ}$ ; II. skupina úseků o sklonu  $6,1^{\circ} - 14^{\circ}$ ; III. skupina o sklonu  $14,1^{\circ}$  a více. U těchto tří skupin byla dále porovnávána pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu intenzita eroze a zjišťována závislost intenzity eroze na sklonu cesty.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v I. skupině = 5,867347mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v II. skupině = 5,303922mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v III. skupině = 21,79032mm.

Z průměrné absolutní změny naměřených výšek v jednotlivých skupinách lze říci, že k největší erozi dochází na cestách s největším sklonem.

Absolutní změny naměřených výšek pro jednotlivé faktory lze považovat za nezávislé, proto lze použít model jednofaktorové analýzy rozptylu (1.1.).

Tab. 6: Jednofaktorová analýza rozptylu pro sklon a absolutní změnu zahloubení úseku, dobré by tam bylo dát ještě % vysvětlené variability souboru

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	F	P-hodnota 0,05
Faktor	6226,95	2	3113,475	7,944083	3,067521
Reziduální	49774,31	127	391,9237		P-hodnota 0,01
Celkový	56001,26	129			4,77627

Na celkovém zdroji variability se z větší části podílí vnitroskupinový (reziduální) součet čtverců a z menší části meziskupinový součet čtverců (vliv faktoru). Ale i přesto lze tvrdit, že je zde určitá závislost. Hodnota testové statistiky F je rovna 7,944 a překračuje 95% kvantil F-rozdělení s  $H-1=2$  a  $n-H=127$  stupni volnosti. Lze tedy tvrdit, že vliv sklonu cesty na intenzitu eroze byl na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  potvrzen, dokonce lze potvrdit tento vliv i na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$ . Stejně tak jistou závislost ukazuje i korelační koeficient a průměrné hodnoty v jednotlivých skupinách.

### Závislost intenzity eroze na výšce činné vrstvy

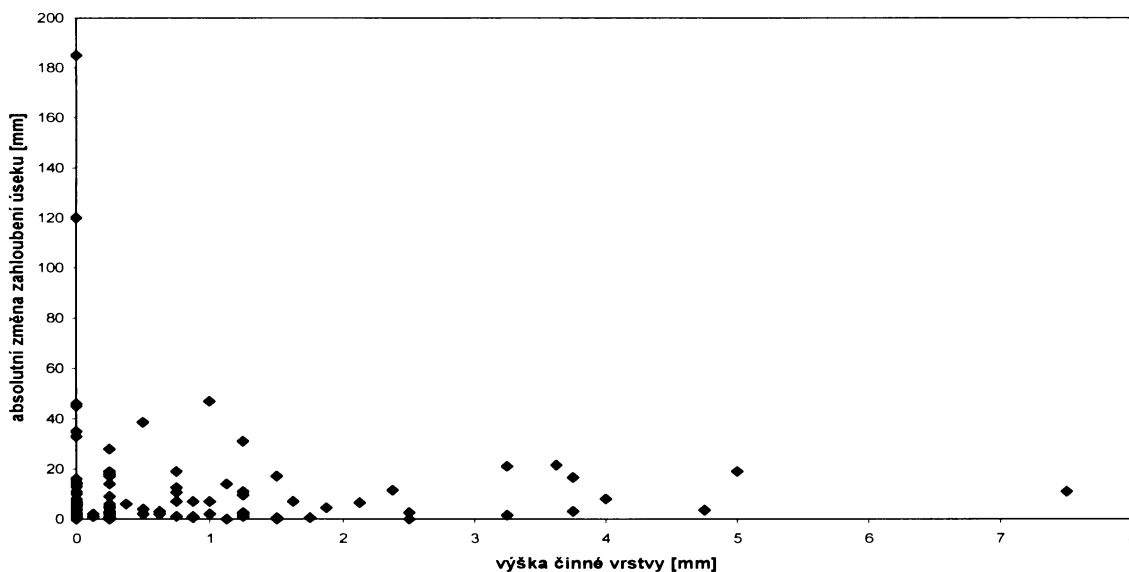
Průměrná výška činné vrstvy = 0,6625mm.

Korelační koeficient absolutní změny zahloubení úseku a výšky činné vrstvy = 0,01079.

Kovariance absolutní změny zahloubení úseku a výšky činné vrstvy = -0,16688.

Proložit daty regresní funkcí, která by měla vypovídající hodnotu se nepodařilo.

Obr. 35: Graf závislosti intenzity eroze na výšce činné vrstvy



Pro účely faktorové analýzy rozptylu byly sledované úseky rozděleny podle činné vrstvy do třech skupin: I. skupina úseků o výšce činné vrstvy rovné nule; II. skupina úseků má činnou vrstvu vysokou od 0,1mm do 0,9mm; III. skupina má výšku činné vrstvy větší nebo rovnu 1mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v I. skupině = 10,88281mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v II. skupině = 7,083333mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v III. skupině = 9,4mm.

Průměrné absolutní změny zahloubení v jednotlivých skupinách jsou si relativně podobné, největší změny proběhly ve skupině, která činnou vrstvu nemá, což lze vysvětlit tím, že to je většinou skelet, který má větší tendenci se pohybovat.

Absolutní změny naměřených výšek pro jednotlivé faktory lze považovat za nezávislé, proto lze použít model jednofaktorové analýzy rozptylu (1.1.).

Tab. 7: Jednofaktorová analýza rozptylu pro výšku činné vrstvy a absolutní změnu zahloubení úseku

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	F	P-hodnota 0,05
Faktor	342,4001	2	171,2	0,391203	3,067521
Reziduální	55578,32	127	437,6246		P-hodnota 0,1
Celkový	55920,72	129			2,344842

Na celkovém zdroji variability se převážně podílí vnitroskupinový (reziduální) součet čtverců a minimálně meziskupinový součet čtverců (vliv faktoru). Už zde lze říci, že výška činné vrstvy nemá vliv na intenzitu eroze. Hodnota testové statistiky F je rovna 0,392 a nepřekračuje 95% kvantil F-rozdělení s  $H-1=2$  a  $n-H=127$  stupni volnosti. Lze tedy vliv výšky činné vrstvy na intenzitu eroze na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  zamítnout. Lze ji zamítnout i na hladině významnosti  $\alpha = 0,1$ . Stejně tak i korelační koeficient i kovariance neukazují znatelnější závislost.

### **Závislost intenzity eroze na teoreticky vypočtené ploše povrchového odtoku profilem**

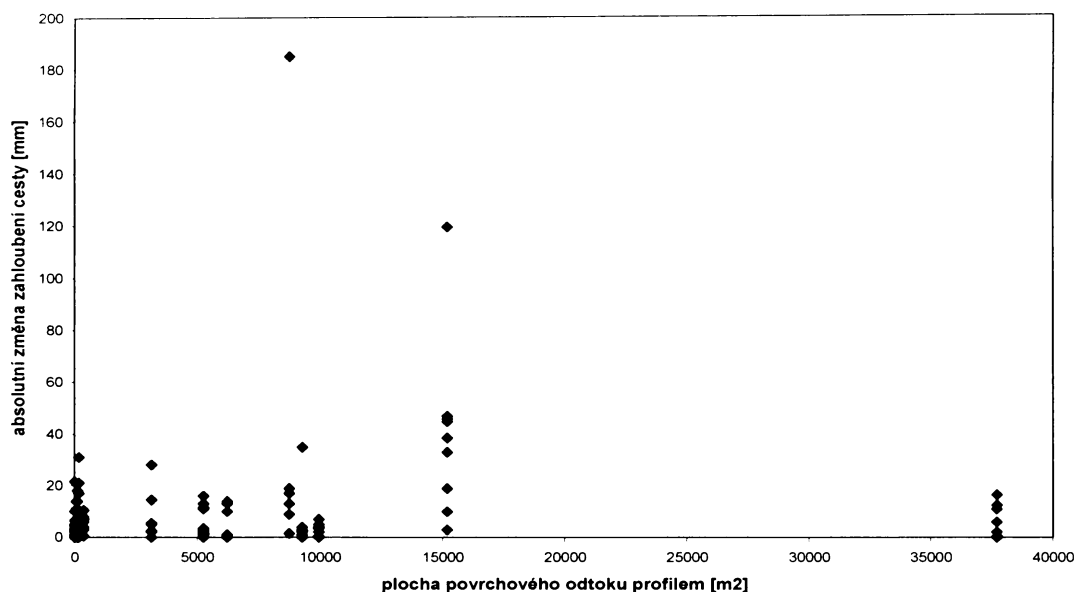
Průměrná plocha povrchového odtoku zvolenými profily = 6878,4 m<sup>3</sup>.

Korelační koeficient absolutní změny zahloubení úseku a plochy povrchového odtoku = 0,107939.

Kovariance absolutní změny zahloubení úseku a plochy povrchového odtoku = 21513,67.

Nepodařilo se najít regresní funkci s dostatečně velkou hodnotou spolehlivosti R.

Obr. 36: Graf závislosti intenzity eroze na ploše povrchového odtoku profilem



Korelační koeficient, kovariance a neexistující věrohodná regrese ukazují, že intenzita eroze není závislá na ploše povrchového odtoku profilem.

### **Závislost intenzity eroze na poloze úseku na profilu cesty**

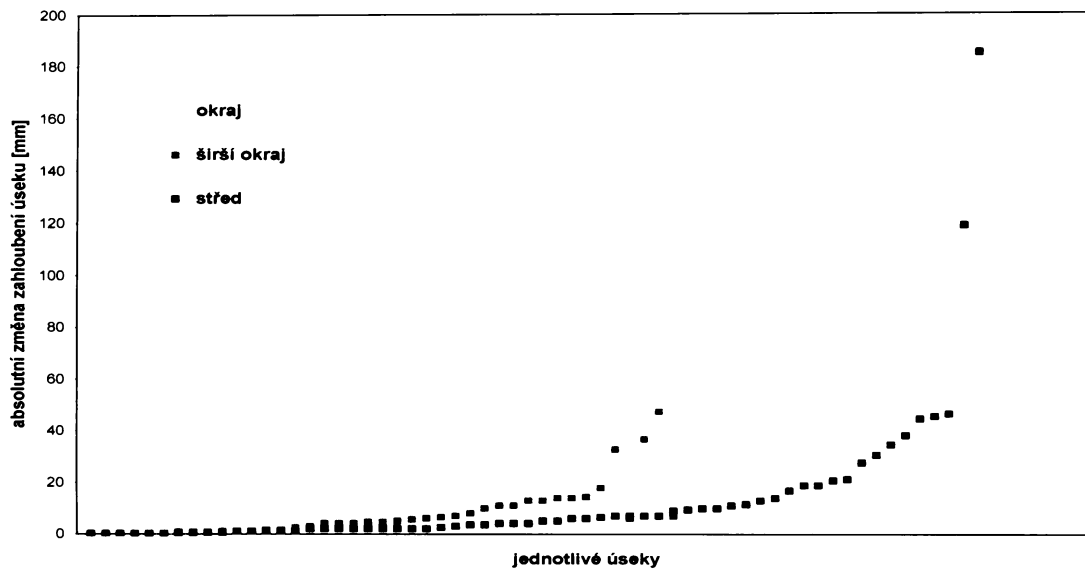
Pro účely faktorové analýzy rozptylu byly sledované úseky již rozděleny podle polohy v profilu do třech skupin. I. skupina úseků leží na okraji cesty; II. skupina úseků na širším okraji cesty; III. skupina ve středu cesty. Do první skupiny byly zařazeny úseky, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti cesty nebo k cestě patří, ale je malá pravděpodobnost, že na ně dopadne noha turisty. Do kategorie širší okraj byly dány úseky přilehlé okraji cesty nebo úseky tvořící ostrůvky uprostřed cesty. Středem cesty byly považovány úseky nejčastěji využívané k chůzi.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v I. skupině = 4,645161mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v II. skupině = 6,013514mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v III. skupině = 13,98387mm.

Obr. 37: Graf závislosti intenzity eroze podle polohy úseku na profilu cesty



Průměry v různých skupinách ukazují, že k největší erozi dochází ve středu cesty a k nejmenší na okraji cesty.

Absolutní změny naměřených výšek pro jednotlivé faktory lze považovat za nezávislé, proto lze použít model jednofaktorové analýzy rozptylu (1.1.).

Tab. 8: Jednofaktorová analýza rozptylu pro polohu úseku v profilu a absolutní změnu zhloubení úseku

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	F	P-hodnota 0,05
Faktor	2436,397	2	1218,199	2,892646	3,067521
Reziduální	53484,32	127	421,1364		P-hodnota 0,1
Celkový	55920,72	129			2,344842

Na celkovém zdroji variability se převážně podílí vnitroskupinový (reziduální) součet čtverců a minimálně meziskupinový součet čtverců (vliv faktoru). Hodnota testové statistiky F je rovna 2,892646 a ještě stále nepřekračuje 95% kvantil F-rozdělení s  $H-1=2$  a  $n-H=127$  stupni volnosti. Vliv polohy úseku na intenzitu eroze lze na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  zamítnout. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,1$  však již lze vliv polohy úseku na intenzitu eroze prokázat.

### Závislost intenzity eroze na jednotlivých typech povrchu

Pro faktorovou analýzu rozptylu byly použity čtyři znaky faktoru: jíl, písek, jemný skelet, skelet.

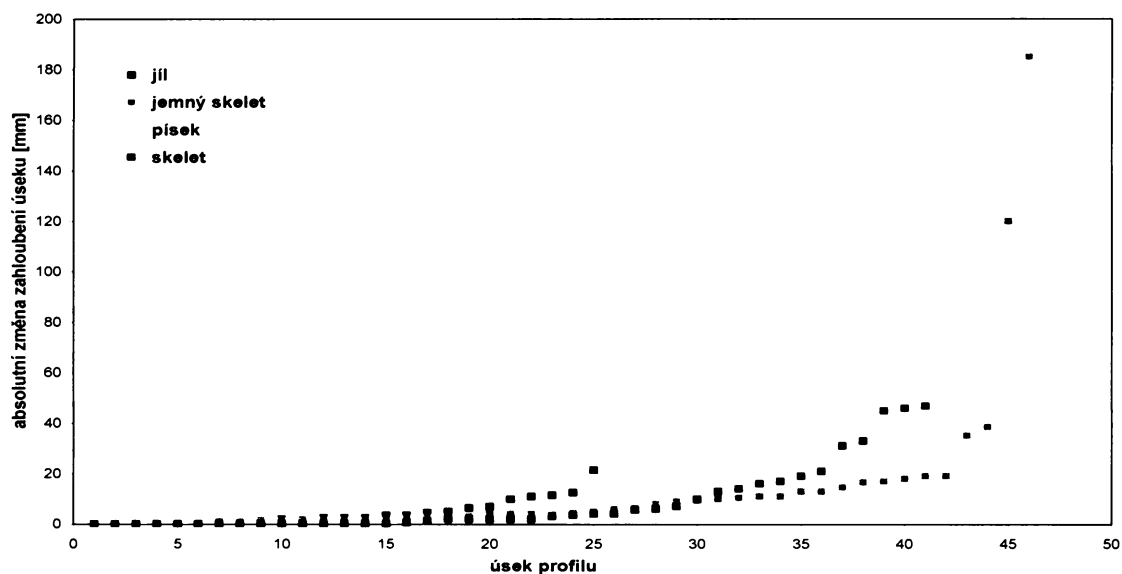
Průměrná absolutní změna zhloubení úseků s typem povrchu jíl = 4,5mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků s typem povrchu písek = 6,77778mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků s typem povrchu jemný skelet = 13,96739mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků s typem povrchu skelet = 8,695122mm.

Obr. 38: Graf závislosti intenzity eroze na jednotlivých typech povrchu



Průměry v různých skupinách i graf závislosti ukazují, že k největší erozi dochází v úsecích s jemným skeletem a k nejmenší v úsecích s jílem.

Absolutní změny naměřených výšek pro jednotlivé faktory lze považovat za nezávislé, proto lze použít model jednofaktorové analýzy rozptylu (1.1.).

Tab. 9: Jednofaktorová analýza rozptylu pro typ povrchu a absolutní změnu zahloubení úseku

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	F	P-hodnota 0,05
Faktor	1702,981	3	567,6605	1,319453	3,067521
Reziduální	54208,25	126	430,2242		P-hodnota 0,1
Celkový	55911,23	129			2,344842

Na celkovém zdroji variability se převážně podílí vnitroskupinový (reziduální) součet čtverců a minimálně meziskupinový součet čtverců (vliv faktoru). Hodnota testové statistiky F je rovna 1,319453 a nepřekračuje 95% kvantil F-rozdělení s  $H-1=3$  a  $n-H=126$  stupni volnosti. Vliv typu povrchu úseku na intenzitu eroze lze na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  zamítnout, zamítnout ho lze i na hladině významnosti  $\alpha = 0,1$ .

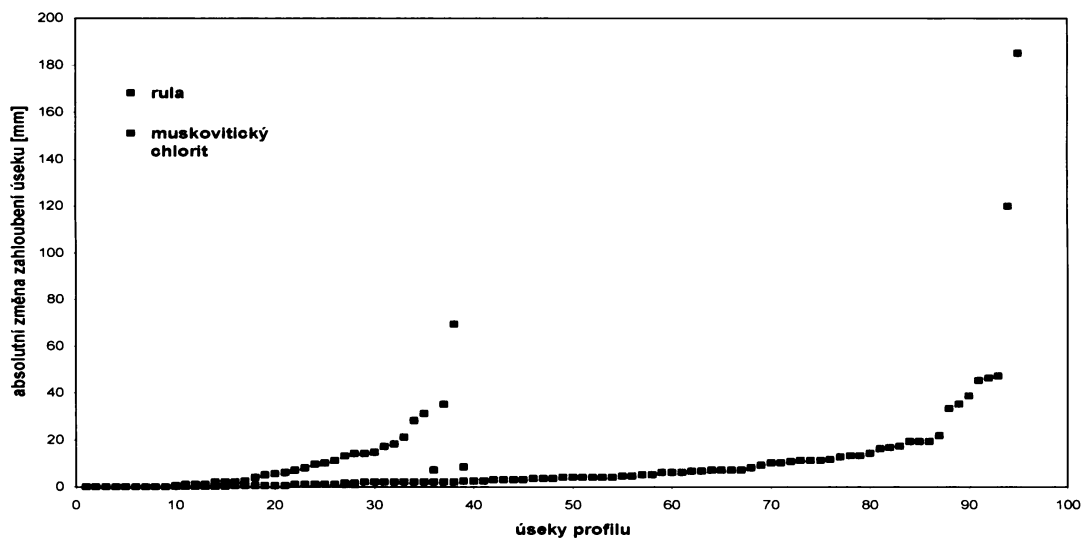
## Závislost intenzity eroze na podloží

Pro účely faktorové analýzy rozptylu jsou sledované úseky již rozděleny podle podloží do dvou skupin. I. skupina úseků leží na rule; II. skupina úseků na muskovitickém chloritu.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků na rule = 10,36842mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků = 7,1mm.

Obr. 39: Graf závislosti intenzity eroze na typu podloží



Průměry v různých skupinách ukazují, že k větší erozi dochází na rule než na muskovitickém chloritu. Graf však ukazuje, že úseků s podložím ruly je více než s muskovitickým fluoritem a jen ve výjimečných případech je absolutní změna jejich zahloubení větší než 60 mm. Změna zahloubení do 60 mm je patrná i u úseků s muskovitickým chloritem.

Absolutní změny naměřených výšek pro jednotlivé faktory lze považovat za nezávislé, proto lze použít model jednofaktorové analýzy rozptylu (1.1.).

Tab. 10: Jednofaktorová analýza rozptylu pro podloží a absolutní změnu zahloubení úseku

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	F	P-hodnota 0,05
Faktor	273,2274	1	273,2274	0,628583	3,915138
Reziduální	55638,01	128	434,6719		P-hodnota 0,1
Celkový	55911,23	129			2,745136

Na celkovém zdroji variability se převážně podílí vnitroskupinový (reziduální) součet čtverců a minimálně meziskupinový součet čtverců (vliv faktoru). Hodnota testové statistiky F je rovna 0,6286 a nepřekračuje 95% kvantil F-rozdělení s H-1=1 a n-H=128 stupni volnosti.

Vliv polohy úseku na intenzitu eroze lze na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  zamítnout. Stejně tak lze vliv zamítnout i na hladině významnosti  $\alpha = 0,1$ .

### Závislost intenzity eroze na expozici svahu

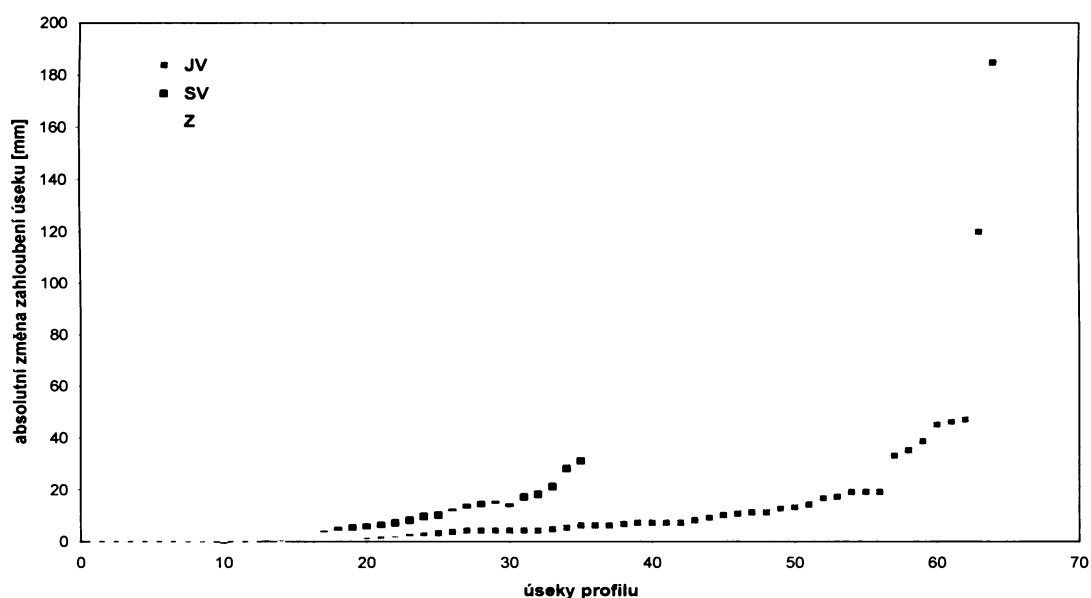
Pro účely faktorové analýzy rozptylu jsou sledované úseky již rozděleny podle expozice svahu na němž leží do třech skupin. I. skupina úseků leží na jihovýchodních svazích; II. skupina úseků na severovýchodních svazích a III. skupina úseků na západních svazích.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v I. skupině = 13,39844mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v II. skupině = 7,1mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v III. skupině = 4,112903mm.

Obr. 40: Graf intenzity eroze podle expozice cesty



Průměry v různých skupinách ukazují, že k nejmenší erozi dochází na západních svazích a největší na jihovýchodních svazích. Tuto tendenci ukazuje i graf intenzity eroze podle expozice cesty.

Absolutní změny naměřených výšek pro jednotlivé faktory lze považovat za nezávislé, proto lze použít model jednofaktorové analýzy rozptylu (1.1.).

Tab. 11: Jednofaktorová analýza rozptylu pro podloží a absolutní změnu zahloubení úseku

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	F	P-hodnota 0,05
Faktor	2073,888	2	1036,944	2,546255	3,067521
Reziduální	51719,84	127	407,2429		P-hodnota 0,1
Celkový	53793,73	129			2,344842



Na celkovém zdroji variability se z větší části podílí vnitroskupinový (reziduální) součet čtverců a z menší části meziskupinový součet čtverců (vliv faktoru). Hodnota testové statistiky F je rovna 2,546255 a nepřekračuje 95% kvantil F-rozdělení s  $H-1=2$  a  $n-H=127$  stupni volnosti. Vliv polohy úseku na intenzitu eroze lze na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  zamítnout. Testová statistika F však již překračuje 90% kvantit F-rozdělení s 2 a 127 stupni volnosti. Vliv expozice na intenzitu eroze lze na hladině významnosti  $\alpha = 0,1$  prokázat.

### Závislost intenzity eroze na množství turistů

Korelační koeficient intenzity turistů a eroze = 0,177574.

Kovariance intenzity turistů a eroze = 78,22814.

Lze najít polynomickou regresní funkci třetího řádu s hodnotou spolehlivosti  $R^2 = 0,1632$ .

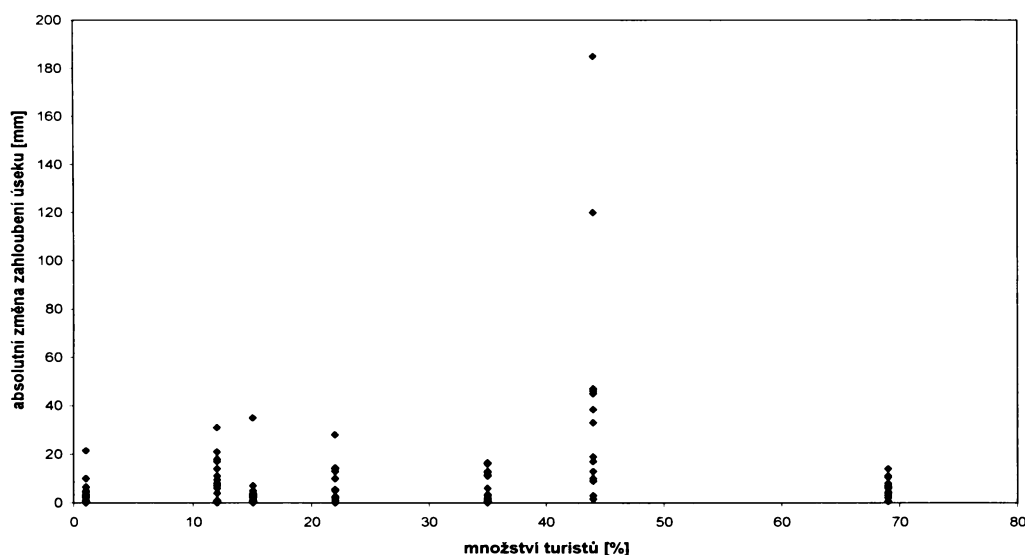
Pro účely faktorové analýzy rozptylu byly sledované úseky rozděleny do třech skupin podle procentuálního počtu prošlých turistů. I. skupina úseků leží na stezkách, které využije méně než 16% turistů v NPR Praděd ; II. skupina úseků leží na stezkách, které využije 16 až 35% turistů a III. skupina úseků leží na stezkách, které využije více jak 36% turistů.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v I. skupině = 5,052632mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v II. skupině = 5,474359mm.

Průměrná absolutní změna zahloubení úseků v III. skupině = 21,52941mm.

Obr. 41: Graf závislosti intenzity eroze na množství turistů



Průměry v různých skupinách potvrzují, že k největší erozi dochází na nejfrekventovanějších turistických stezkách. Z grafu nelze vyčíst větší závislost.

Absolutní změny naměřených výšek pro jednotlivé faktory lze považovat za nezávislé, proto lze použít model jednofaktorové analýzy rozptylu (1.1.).

Tab. 12: Jednofaktorová analýza rozptylu pro množství turistů a absolutní změnu zahloubení úseku

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	F	P-hodnota 0,05
Faktor	6679,446	2	3339,723	8,615263	3,067521
Reziduální	49231,79	127	387,6519		P-hodnota 0,01
Celkový	55911,23	129			4,77627

Na celkovém zdroji variability se z větší části podílí vnitroskupinový (reziduální) součet čtverců a z menší části meziskupinový součet čtverců (vliv faktoru). Hodnota testové statistiky F je rovna 8,615263 a překračuje 95% kvantil F-rozdělení s  $H-1=2$  a  $n-H=127$  stupni volnosti. Vliv množství turistů na intenzitu eroze lze na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  potvrdit. Testová statistika F překračuje i 99% kvantil F-rozdělení s 2 a 127 stupni volnosti. Vliv turistické frekvence stezek na intenzitu eroze lze potvrdit i na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$ . Také hodnota korelačního koeficientu již ukazuje určitou závislost.

### Dvoufaktorová analýza rozptylu pro typ povrchu a sklon cesty

Pro porovnání vlivu sklonu cesty a typu povrchu úseku byla použita vícefaktorová analýza rozptylu (viz tab. 42), model (1.3.). Pro testování hypotézy o hlavních efektech byl použit vzorec (1.4.) a pro testování hypotézy o interakci vzorec (1.5.).

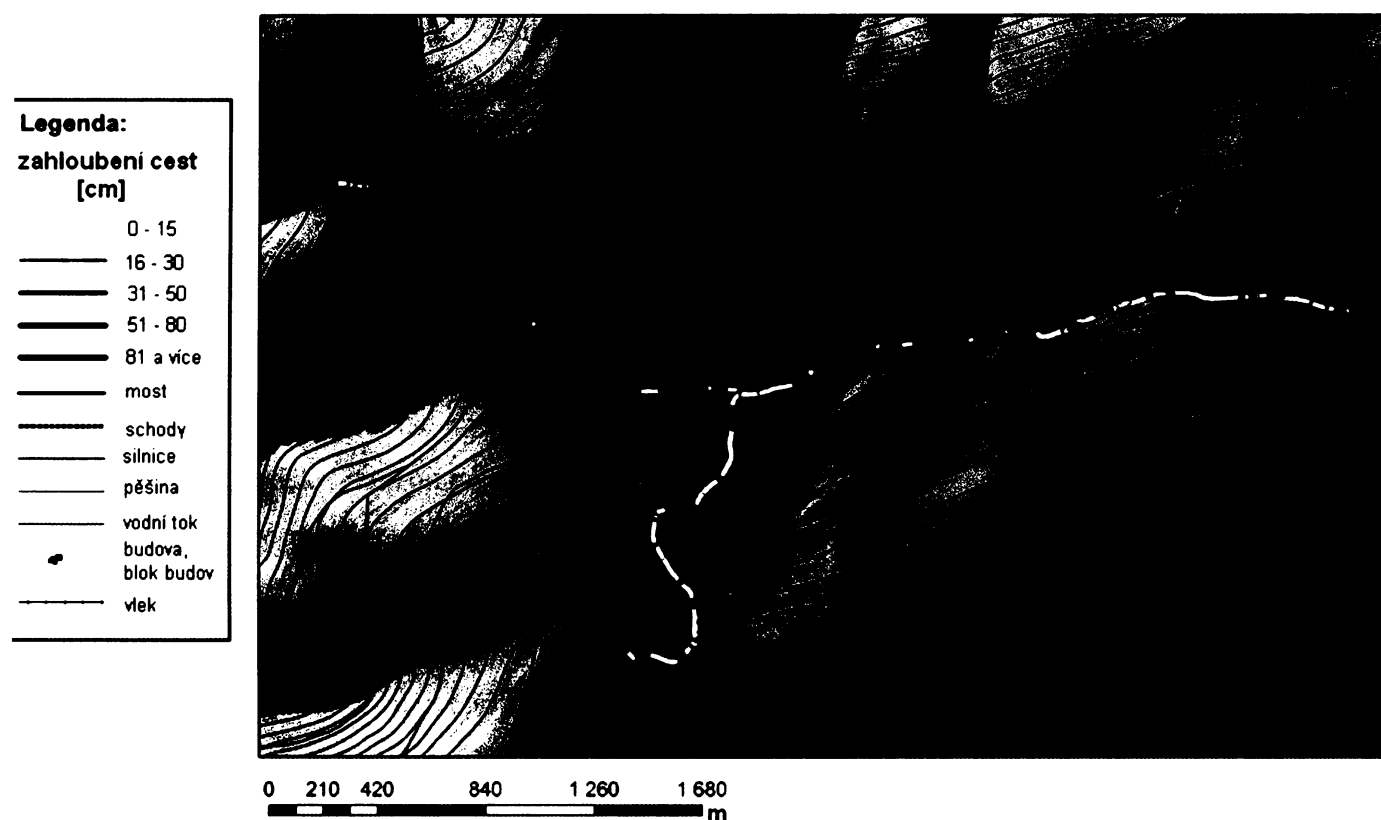
Tab. 13: Dvoufaktorová analýza rozptylu pro typ povrchu, sklon cesty a absolutní změnu zahloubení úseku

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	F	P-hodnota
faktor A	1740,637	3	580,2123	1,603524	2,680168
faktor B	8015,026	2	4007,513	11,0755	3,071779
interakce	6613,937	6	1102,323	3,046473	2,175006
reziduální	43420,3	120	361,8358		
celkový	59789,9	131			

Zjistila jsem, že lze na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  považovat za prokázaný efekt faktoru B (sklonu cesty). Neprokázala jsem na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  efekt faktoru A (typu povrchu), ale prokázala interakci typu povrchu cest a sklonu. Vliv sklonu cesty na intenzitu eroze i interakci mezi sklonem cesty a typem povrchu lze prokázat i na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$ .

### 5.1.3. Vyhodnocení dat z mapování klíčových částí turistických stezek

Obr. 42: Mapa zahloubení cest v údolí Bílé Opavy



Hlavním předmětem mapování byla stezka údolím Bílé Opavy. Mapování bylo započato u chaty Barborky a pokračovalo po modré turistické značce k rozcestníku „Pod Ovčárnou“, kde se napojuje modrá turistická značka, dále mapování probíhalo po směru až k rozcestníku „Nad vodopády“, kde se opět modrá a žlutá turistická značka rozdělují. Pokračovalo po žluté značce údolím Bílé Opavy až k pokladně u vstupu do údolí. Dále byla napojena stezka vedoucí od Ovčárny k rozcestníku „Pod Ovčárnou“ a stezka vedoucí od Ovčárny na Vysokou Holi. Jako poslední byla zmapována část cesty Divokým dolem. Při mapování turistických stezek bylo zaznamenáno 343 úseků o různé délce nejčastěji v rozmezí 2 – 10 metrů. Pro každý úsek byly k dispozici data o šířce cesty a zahloubení cesty v daném úseku, o typu povrchu cesty, o délce úseku a sklonu úseku. Data byla z výjimkou délky úseku kvalitativní, neboť již při mapování byly předem šířka i hloubka cesty rozděleny do pěti intervalů a úsekům už jen byly přiřazovány intervaly. Tyto data pak byla použita k tvorbě map.

Z dat z mapování bylo vytvořeno pět tematických map (viz kapitola 4.3.1.):

- mapa č. 1 - zahloubení cest (viz obr. 42)
- mapa č. 2 - šířka cest (viz obr. 43)
- mapa č. 3 - sklon cesty (viz obr. 44)
- mapa č. 4 - typ povrchu cesty ( viz obr. 45)
- mapa č. 5 – vybrané charakteristiky cest (viz obr. 46)

Z první mapy lze vyčíst největší zahloubení cesty v úseku od chaty Barborka k rozcestníku pod Ovčárnou a dále v horní části žluté turistické značky vedoucí údolím Bílé Opavy. Nejmenší známky zahloubení jeví cesta od Ovčárny na Vysokou Holí a cesta z Ovčárny k rozcestníku pod Ovčárnou. Často se málo prohloubené úseky vyskytují i v údolí Bílé Opavy. Tento fakt lze vysvětlit častým vedením stezky po skále a dále také právě obnovenou turistickou stezkou po polomech.

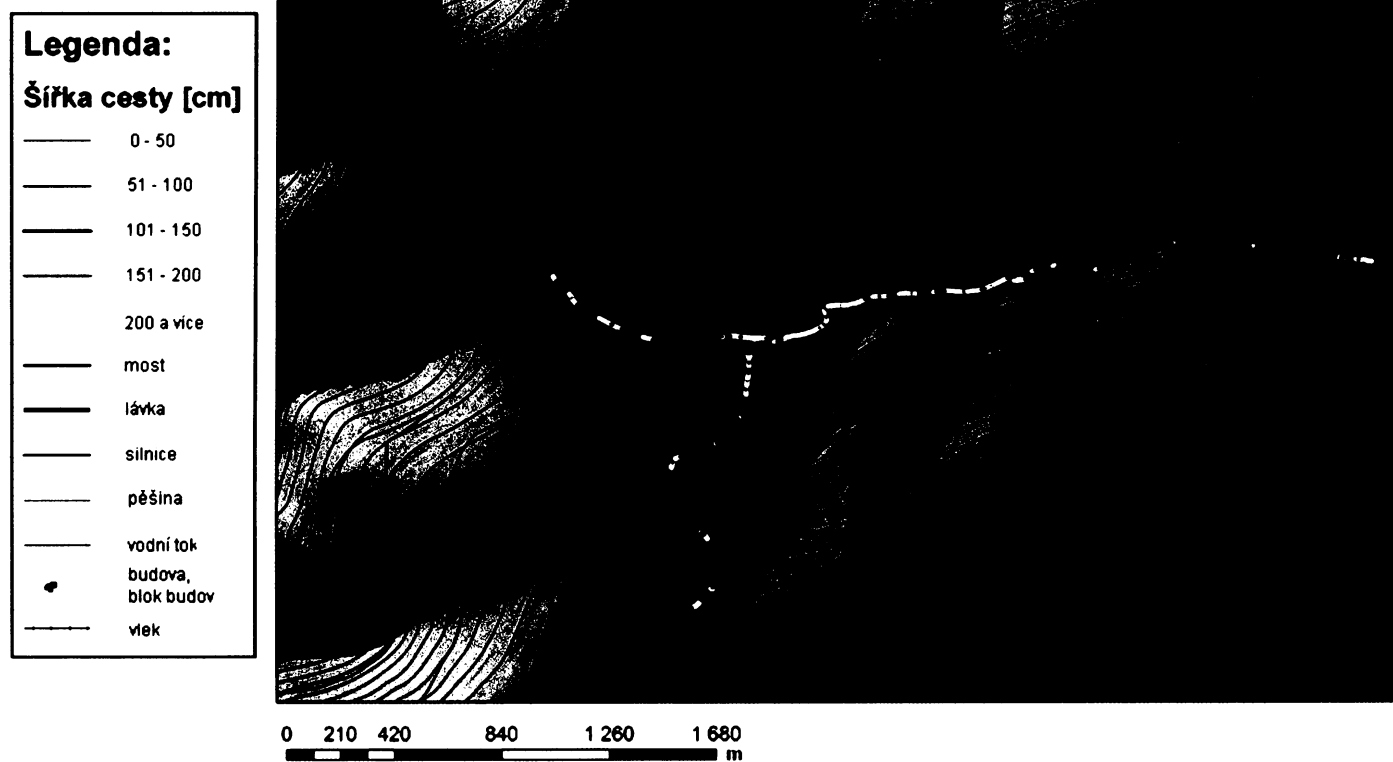
Na druhé mapě se lze přesvědčit, že nejširší stezka je v úseku, kde se spojí modrá a žlutá turistická značka. Naopak nejužší cesta je méně turisticky využívaná stezka Divokým dolem a části stezky údolím Bílé Opavy, které jsou zasazeny do skály.

Třetí mapa značí největší sklon na začátku stezky od chaty Barborka a dále v horní části stezky vedoucí po žluté turistické značce údolím Bílé Opavy. Větší sklon do  $15^0$  má stezka Divokým dolem. Sklonitost zde dost koresponduje se zahloubením cest. Úseky s větším sklonem mají častěji větší zahloubení. Při srovnání mapy sklonitosti a šířky cest lze říci, že na větším sklonu jsou častěji úseky cest užší.

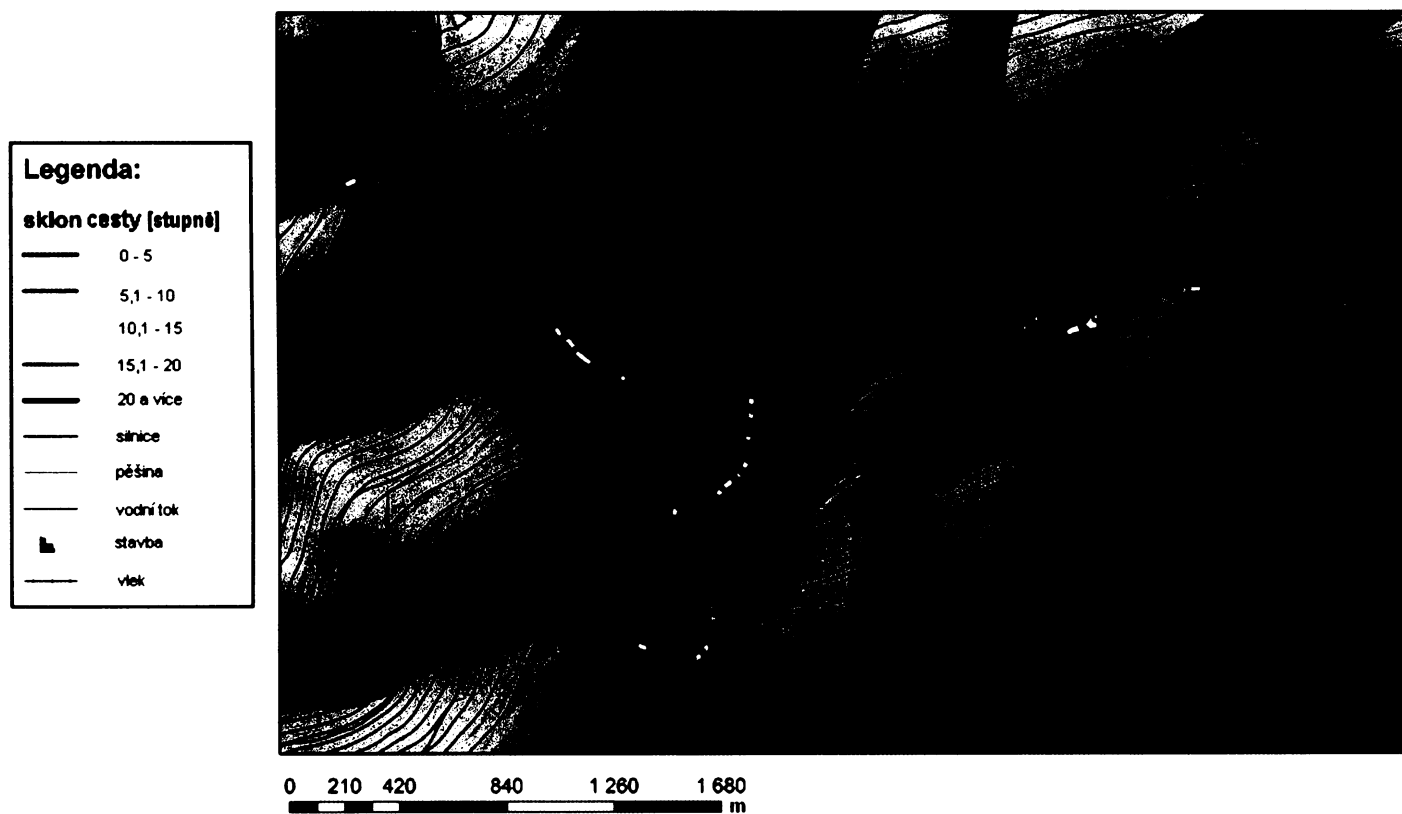
Z mapy typu povrchu je nejčitelnější úsek turisticky nejvíce využívaný, kde se setkávají žlutá a modrá turistická značka. V tomto úseku je nejčastější povrch písek, tento úsek patří také mezi nejširší mapované části. Úseky nejvíce zahloubené mají nejčastěji povrch skelet či skelet s jílem.

Pátá mapa již podává přehled o prostorovém rozložení svodnic, erozních rýh, či sesuvů. Nejvíce sesuvů se vyskytuje v dolní části údolí Bílé Opavy.

Obr. 43: Mapa č. 2 – šířka cest v údolí Bílé Opavy



Obr. 44: Mapa č. 3 – sklon cest v údolí Bílé Opavy

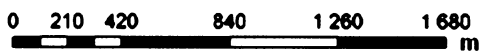
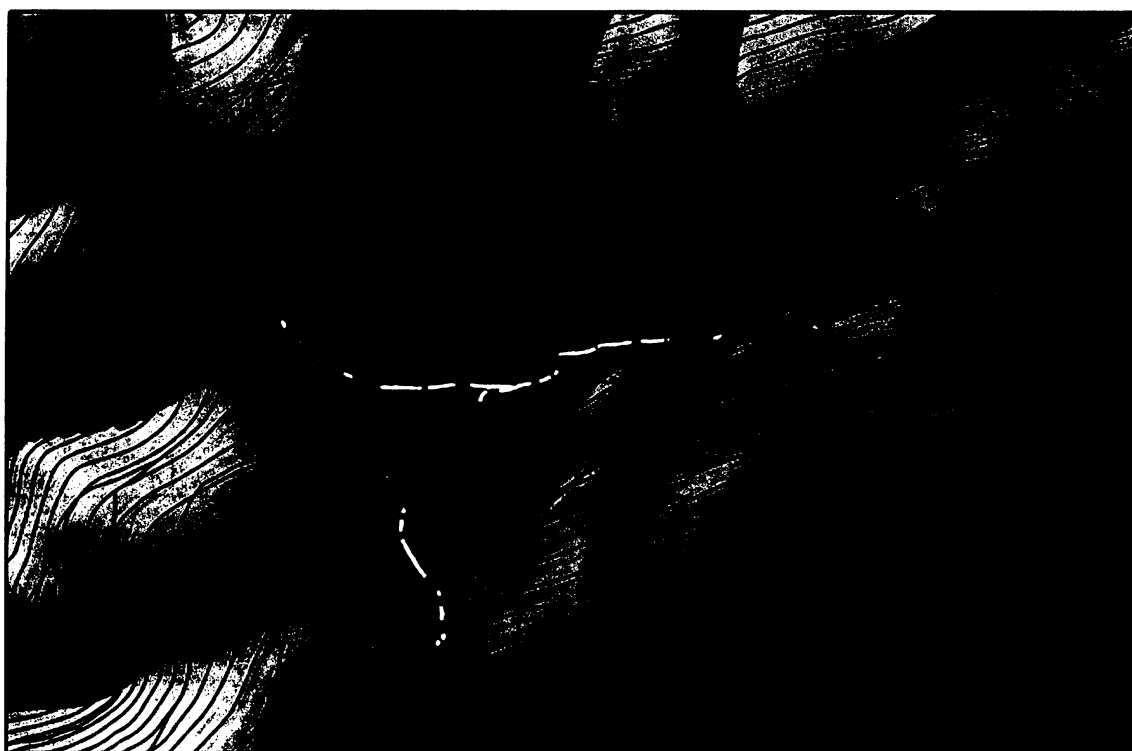


Obr. 45: Mapa č. 4 – typ povrchu cest v údolí Bílé Opavy

**Legenda:**

**Typ povrchu cest**

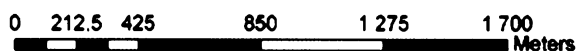
- skelet
- skelet a písek
- písek
- písek a jí
- jí
- jí a skelet
- most
- schody
- silnice
- pěšina
- vodní tok
- budova, blok budov
- vlek



Obr. 46: Mapa č. 5 – vybrané charakteristiky cest v údolí Bílé Opavy

**Legenda:**

- silnice
- pěšina
- vodní tok
- budova
- vlek
- svodnice
- zpevnění cesty
- erozní rýha
- ▲ profil
- sesuv



Pro vyjádření závislosti zahloubení a šířky a zahloubení cesty na typu povrchu a sklonu cesty byla použita kontingenční tabulka.

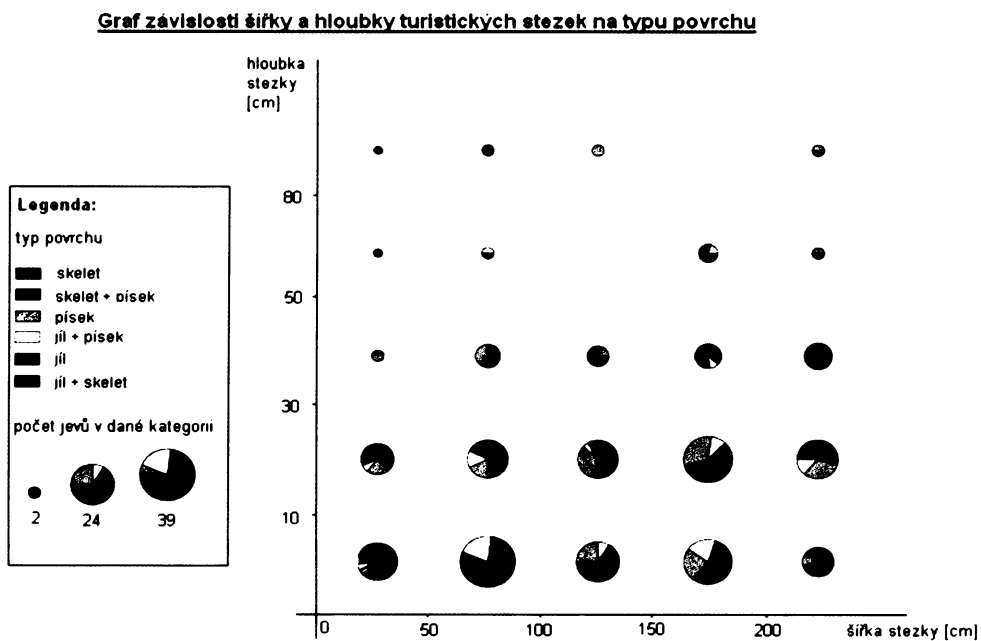
Tab. 14: Kontingenční tabulka pro šířku a hloubku cesty podle typu povrchu a sklonu cesty

sírka	hloubka	skelet	skelet + písek	písek	písek + jíl	jíl	jíl + skelet	0-5°	5-10°	10-15°	15-20°	20° a více	hi+si
1	1	4	4	1	1	10	1	7	8	3	1	2	21
1	2	2	0	3	1	5	3	3	10	1	0	0	14
1	3	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	2
1	4	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
1	5	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
2	1	18	2	2	8	5	4	15	13	7	3	1	39
2	2	0	5	4	3	3	6	5	6	7	2	1	21
2	3	2	1	3	0	0	2	3	1	2	2	0	8
2	4	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	2
2	5	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
3	1	10	2	6	2	2	2	10	7	7	0	0	24
3	2	4	2	7	1	4	3	11	5	0	3	2	21
3	3	4	1	1	0	0	0	1	3	0	2	0	6
3	5	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	2
4	1	4	7	7	6	3	3	14	12	4	0	0	30
4	2	7	7	10	3	2	2	13	7	7	4	0	31
4	3	0	1	0	1	6	1	1	7	1	0	0	9
4	4	3	1	0	1	0	0	0	2	1	0	2	5
5	1	2	4	2		1	4	3	3	4	1	2	13
5	2		1	7	3	6	5	6	11	2	1	2	22
5	3	3	3	0	0	2	2	2	6	2	0	0	10
5	4	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	2
5	5	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2
		64	46	58	31	50	39	101	105	51	19	12	288

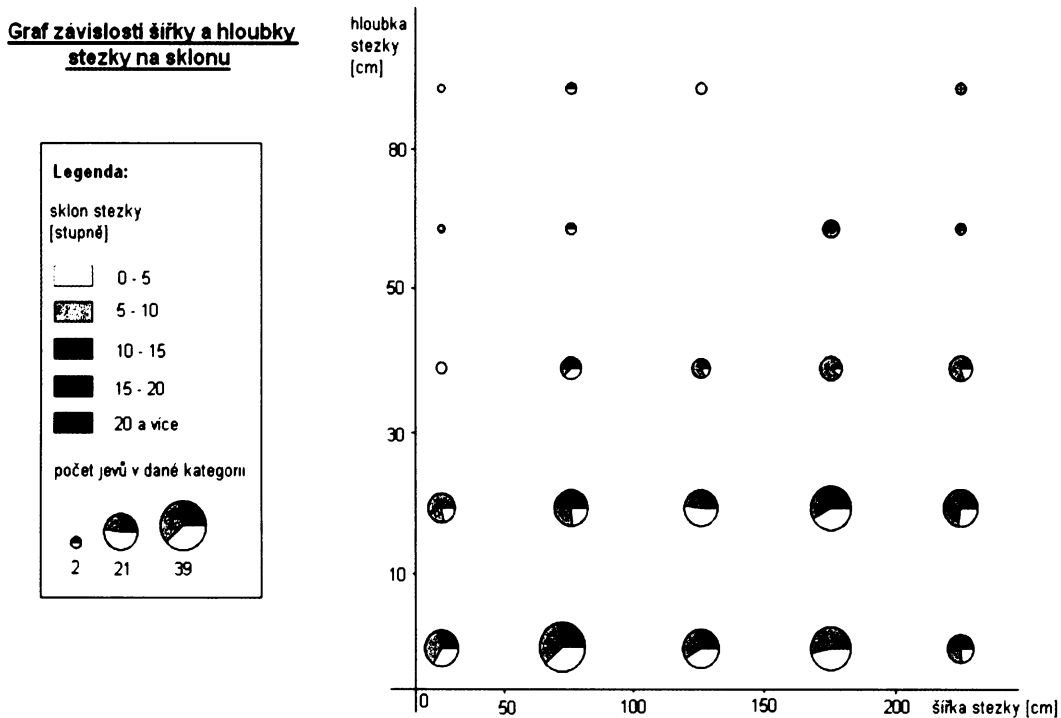
Tuto tabulku znázorňují grafy závislosti šířky a hloubky turistických stezek na typu povrchu a na sklonu cest (viz obr. 47 a 48). Na ose x jsou vyneseny intervaly šířky stezky a na ose y intervaly zahloubení stezky. Velikost výsečového grafu značí počet segmentů o dané šířce a zahloubení.

Z grafů lze vyčíst, že většina úseků má zahloubení do 30 cm, šířky stezky jsou zastoupeny rovnoměrně. Zastoupení typů povrchu je relativně rovnoměrné. Úseky s největším zahloubením jsou většinou na skeletu nebo písku, naopak jíl se častěji vyskytuje na úsecích, které nejsou příliš zahloubeny a cesta není tak široká. Úseky s malým sklonem mají většinou malé zahloubení.

Obr. 47: Graf závislosti šířky a hloubky turistických stezek na typu povrchu



Obr. 48: Graf závislosti šířky a hloubky stezky na sklonu



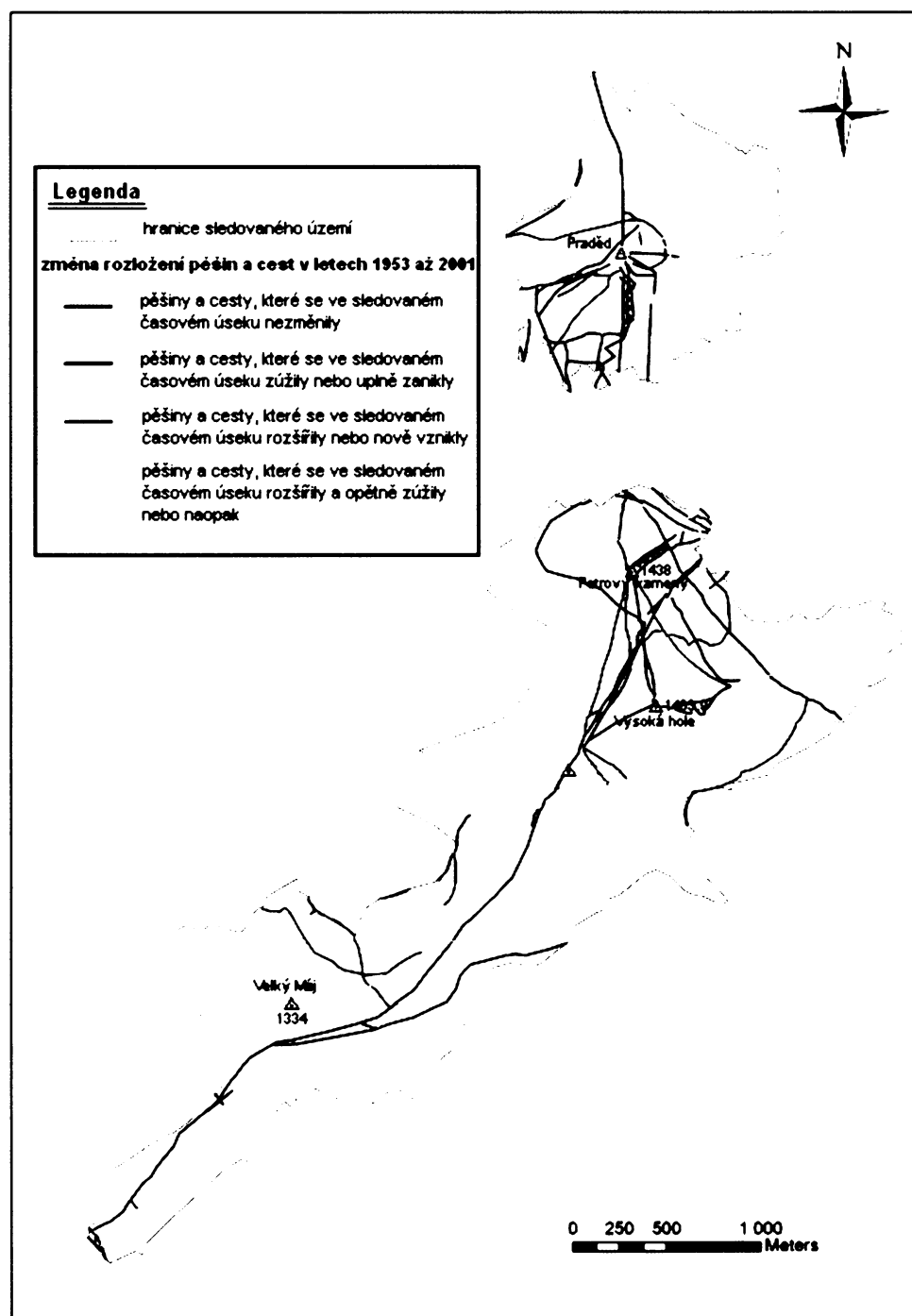


## 5.2. Sledování změn cestní sítě pomocí leteckých snímků

Tato podkapitola se věnuje porovnání leteckých snímků z roků 1953, 1973 a 2001. Hlavním cílem je vyhodnocení změn cestní sítě nad alpínskou hranicí lesa v NPR Praděd. K lepšímu zhodnocení byla pomocí klasifikace porovnána plocha vybraných úseků cest v jednotlivých ročnících.

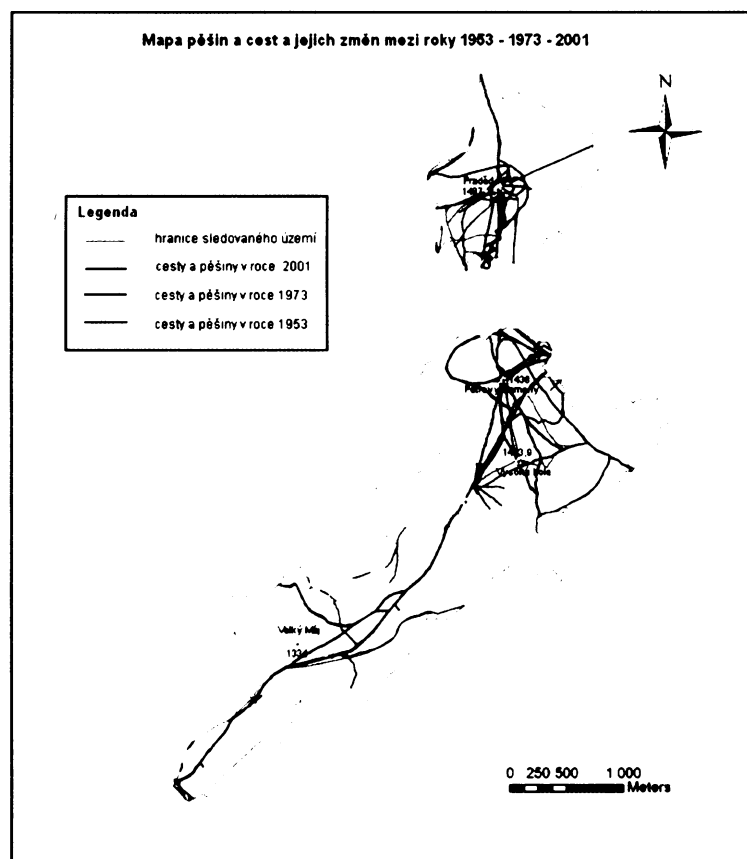
### 5.2.1. Interpretace změn polohy pěšin a cest

Obr. 49: Mapa změny cestní sítě od roku 1953 do roku 2001



Z mapy změn cestní sítě od roku 1953 do roku 2001 (viz obr. 49) lze vyčíst, že jen málo pěšin a cest zůstalo stejně širokých a na původním místě. Jako jediná stálá cesta se jeví cesta po hřebeni a cesta od Švýcárny na Praděd. Úplně zanikly cesty od Barborky přímo na Praděd a podobně od Ovčárny přímo k Petrovým kamenům. V alpinském bezlesí v okolí Pradědu bylo zaznamenáno mnoho změn. Velké množství pěšin zaniklo a naopak vznikla jedna široká asfaltová cesta.

Obr. 50: Mapa pěšin a cest a jejich změn mezi roky 1953 – 1973 - 2001



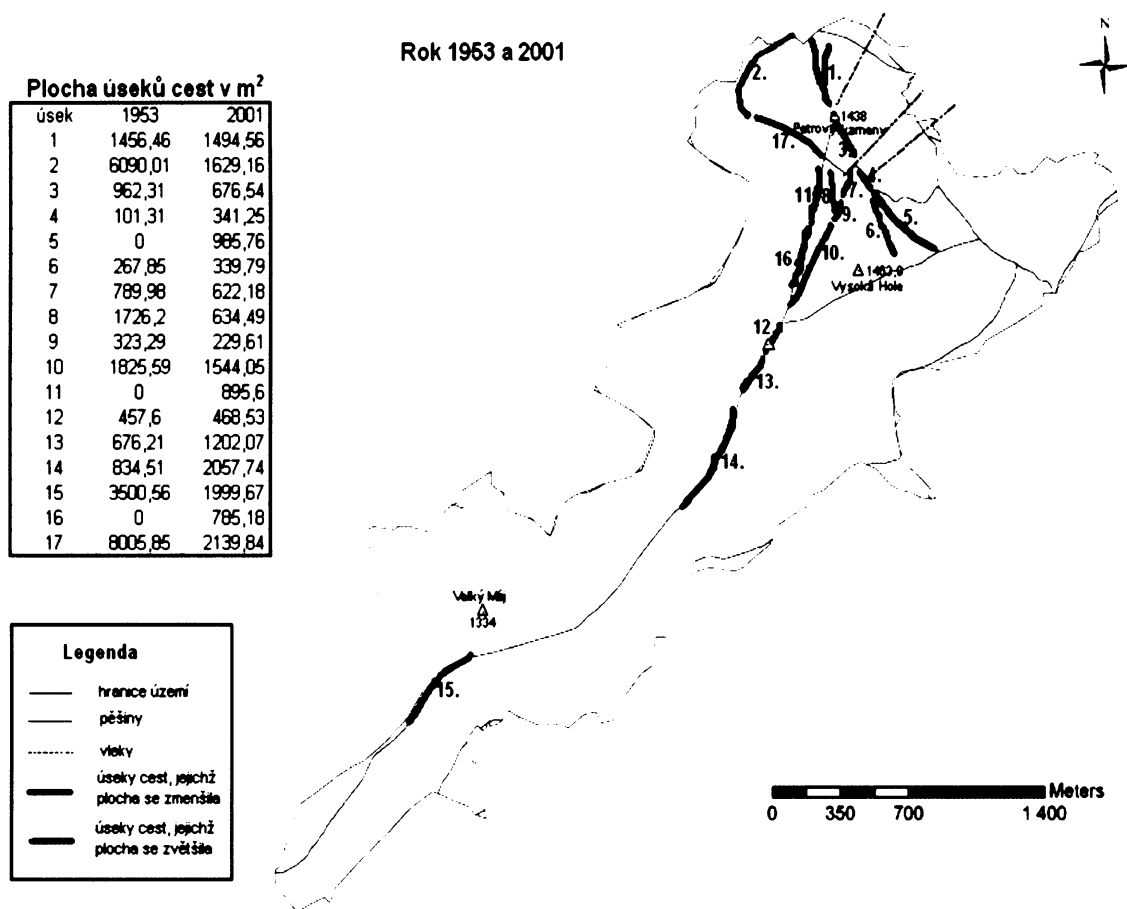
V okolí Petrových kamenů také zaniklo nebo se zúžilo několik pěšin a naopak vznikla cesta, která Petrovy kameny široce obchází. Mapa cest z roku 1953 (viz Příloha č. 2) ukazuje velké množství užších rovných cest mezi Kamzičnickem (1420 m n. m.) a Petrovými kameny (1438 m n. m.). Srovnání s leteckým snímkem ukazuje, že tyto cesty jsou pravděpodobně koleje od automobilů. Na mapě cest z roku 1973 (viz Příloha č. 3) již není tolik úzkých pěšin. Tyto pěšiny se spojují do jedné široké hřebenové

cesty. Mapa cest z roku 2001 (viz Příloha č. 4) tento vývoj dokazuje. V roce 2001 vede po hřebeni již jen jedna široká cesta, z níž občas odbočují úzké pěšiny. Podobný vývoj zaznamenala oblast v okolí Pradědu. V roce 2001 již velká část původních cest není viditelná a dominuje asfaltová silnice z Ovčárny na Praděd. Cesta okolo Velkého Máje (1384 m n. m.) se od roku 1953 do roku 1973 rozšířila a do roku 2001 opět zúžila (viz obr. 50). Podobným vývojem prošly cesty v okolí Vysoké hole.

Celkově byla na sledovaném území nejhustší cestní síť v roce 1973. V roce 1953 bylo na území velké množství cest, ale většinou nebyly tak široké. Postupně se cesty rozšiřovaly a v roce 1973 byla většina cest na hlavním hřebenu širších než dva metry. Na mapě cest z roku 2001 je většina cest širších jak dva metry, ale zároveň došlo k výraznému úbytku cest, který je zvláště patrný v okolí Vysoké hole (1464 m n. m.).

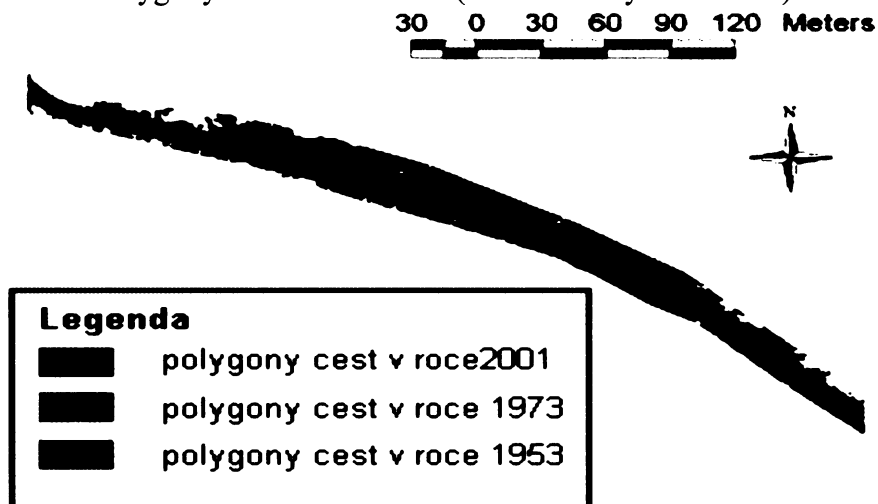
## 5.2.2. Porovnání ploch úseků cest

Obr. 51: Změna orientačních ploch vybraných úseků cest mezi roky 1953 a 2001



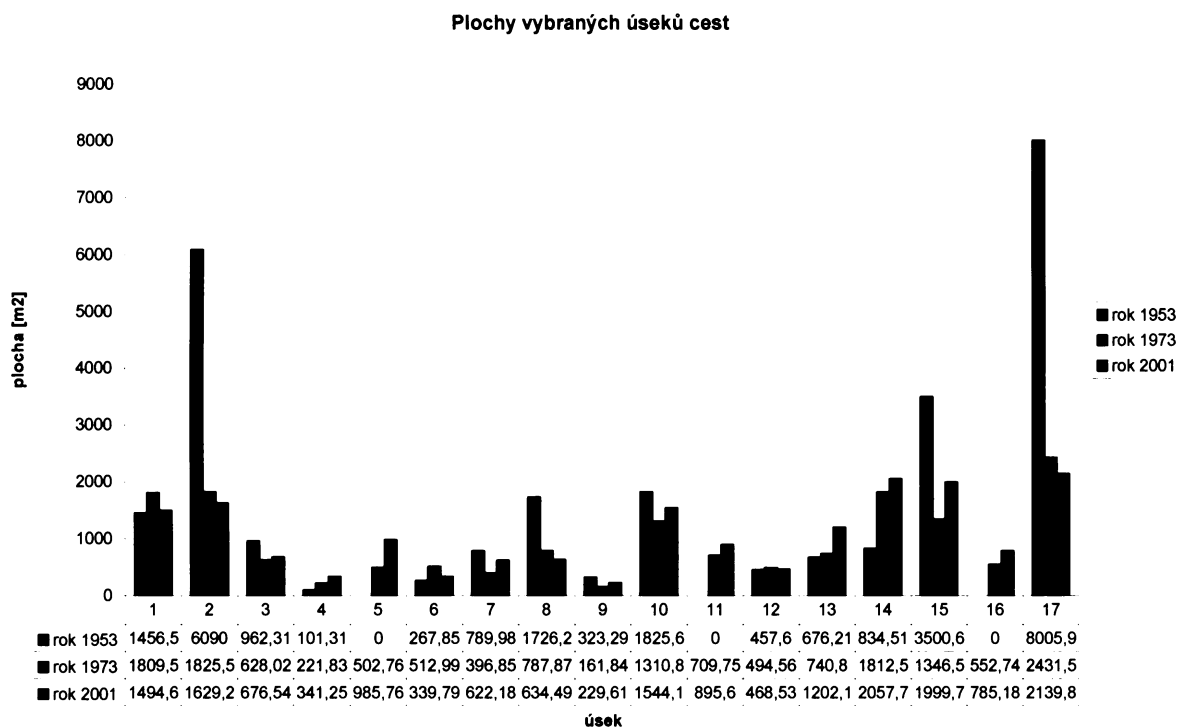
Pro porovnání změny ploch bylo vybráno 17 úseků na hlavním hřebeni (viz obr. 51). Pro možnost srovnání byly vybrány na cestě, jejíž poloha zůstala stejná již od roku 1953. Celková plocha těchto úseků cest v roce 1953 činila 28970,73m<sup>2</sup>. V roce 1973 zaujímaly úseky cest plochu 18219,33 m<sup>2</sup>. Do roku 2001 se tato plocha zvýšila na 20047,02m<sup>2</sup>.

Obr. 52: Polygony cest na 17. úseku (okolí Petrových kamenů)



Změna ploch cest je dobře viditelná na vygenerovaných polygonech 17. úseku cest (viz obr. 52). V tomto úseku proběhla od roku 1953 největší změna plochy. Kdy největší úbytek byl zaznamenán mezi roky 1953 a 1973 (viz Příloha č. 5). Od roku 1973 do roku 2001 byl zaznamenán úbytek, ale již ne tak razantní (viz Příloha č. 6).

Obr. 53: Graf orientačních ploch vybraných úseků cest



Graf orientačních ploch vybraných úseků cest (viz obr. 53) ukazuje na druhou největší změnu, která proběhla na 2. úseku cest. Výrazná změna byla ještě zaznamenána na 15. úseku. Tento úsek byl zvolen na hřebeni ve směru od Velkého Máje k Jelení studánce (viz obr. 51). Opět zde byl největší úbytek ploch zaznamenán mezi roky 1953 a 1973. Třemi úseky v roce 1953 ještě žádná cesta nevedla. Nejstabilnějšími úseky byly: 1. úsek, který vede od Petrových kamenů k Ovčárně, 12. úsek na hřebenu u Vysoké hole a 9. úsek nad lyžařskými vleky u Petrových kamenů (viz obr. 51 a obr. 53). Výraznější zvětšení ploch bylo zaznamenáno u 4., 13. a 14. úseku. 13. a 14. úsek se nacházejí na hřebenové cestě (viz obr. 51), která má tendence se rozšiřovat. Úsek 4. leží na nynější turistické značce nad lyžařskými vleky. Celkově lze říci, že větší změny ploch byly zaznamenány mezi roky 1953 a 1973. Mezi roky 1973 a 2001 byl největší rozdíl zaznamenán na 15. úseku (viz Příloha č. 6). Ani tato změna však nedosahovala výšky změn mezi předchozími roky.

## 6. Diskuse

### 6.1. Hodnocení eroze na turistických cestách

Sledování intenzity eroze bylo současně prováděno v Hrubém Jeseníku a v Krkonoších, což umožňuje srovnání výsledků práce. Treml (2005), při hodnocení výsledků práce v Hrubém Jeseníku a v Krkonoších, došel k závěru, že cesty v Hrubém Jeseníku (NPR Praděd) vykazovaly s výjimkou dvou extrémních profilů v údolí Bílé Opavy nižší kolísání povrchů než cesty v Krkonoších. Způsobeno je to zejména tím, že tyto cesty mají oproti cestám v Krkonoších stejnorodější povrch (vždy s určitým podílem volného skeletu).

Za dobu sledování intenzity eroze od srpna do října 2005 byla naměřena absolutní změna od 0 do 185 mm. Toto je však extrémní hodnota, ke které došlo přemístěním velké části skeletu. Průměrná hodnota změny zahloubení je 9,5mm, což lze srovnat s hodnotami naměřenými v Krkonoších, které se dle Treml (2005) pohybují od 2 – 40mm pro letní období.

Výsledky ukazují, že největší vliv na intenzitu eroze má sklon cesty, druhá největší závislost je na množství turistů. Čím větší sklon a více prošlých turistů, tím větší je intenzita eroze. Treml (2004) pro Krkonoše uvádí podobné výsledky, kde pro úseky profilů stezek tvrdí, že vyšší dynamiku zahlubování vykazovaly nejhlubší části profilů v místech největšího sklonu. Toto dává do souvislosti, s nejvyšší unášecí schopností povrchového odtoku na úsecích s velkým sklonem. Výsledky diplomové práce tuto domněnku nepotvrzují. Při dvoufaktorové analýze byla zjištěna závislost sklonu a typu povrchu, kdy při největších sklonech převažuje skelet. Ten je však příliš těžký pro odnos povrchovým odtokem. Proto lze největší úbytky na největších sklonech cest připisovat hlavně typu povrchu a intenzitě turismu. Turisté jsou na takovýchto úsecích největší hybnou silou, která je schopna přemístit i část skeletu o vyšších hmotnostech, než které je schopen přenášet povrchový odtok.

Závislost na množství turistů byla prokázána testovou statistikou F na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$  (viz kap. 4.2.2.). Na nejvíce turisticky frekventovaných stezkách byla zjištěna až čtyřnásobně vyšší změna zahloubení cest, než na ostatních stezkách. Současně lze vliv turismu vyčíst z vytvořených map šířky a zahloubení turistických stezek, kde je dobře znatelné sešlapávání vegetace v okolí chodníků a vytváření nových chodníků vedle starých. K tomuto závěru dochází i Miadriak (1989), který uvádí, že nejdestrukčnější antropogenní vliv na půdu má turistika. Její negativní důsledky se mimo jiné projevují především v sešlapávání vegetace a půdy na povrchu, okrajích chodníků i v jejich bezprostřední blízkosti, ve vytváření spádnicových zkratk na serpentinách chodníků. To vše má za následek oslabení

půdoochranné funkce nízké vegetační pokrývky, zhoršení hydrofyzikálních vlastností půdy, zvýšení množství povrchového odtoku a jeho koncentraci do liniových forem, které se stávají ohniskem zrychlených erozních procesů a gravitačně-erozních procesů (svahových pohybů). Vliv turistů na intenzitu eroze ukazuje tab. 15. Ve středních částech profilů, které jsou častěji využívány turisty, je změna výšky profilu nejvyšší.

Tab. 15: Vliv polohy úseku na intenzitu eroze

Poloha úseků profilu	Průměr abs. změny výšky profilu [mm]	Průměr max-min výšky profilu [mm]	Průměrná čin. vrstva [mm]	Sklon [stupně]	Počet úseků
<b>Okraj</b>	7,330	12,773	1,060	11,295	44
<b>širší okraj</b>	6,875	9,263	0,641	8,500	40
<b>střed</b>	13,984	17,266	0,587	11,581	62

Menší vliv lze dokázat u ploch povrchového odtoku, expozice svahů a polohy úseku na profilu cesty. Průměrné hodnoty změny zahloubení cest ve středu profilu značně převyšují hodnoty na okraji (viz tab. 15), testová statistika F však potvrdila závislost pouze na hladině významnosti  $\alpha = 0,1$ . Treml (2004) pro oblast Krkonoš také uvádí, že na okrajích cest změna zahloubení nepřekročila chybu měření. Neboli k znatelnému posunu materiálu dochází především ve středu cest.

Nejmenší změny zahloubení cest byly zaznamenány pro úseky, pro které byla vypočítána největší plocha povrchového odtoku profilem. Plocha povrchového odtoku zde byla pro zjednodušení vygenerována funkcemi v ArcGis 9.0., nebylo počítáno s infiltrační schopností ani s existencí svodnic. Proto lze říci, že výsledky závislosti na povrchovém odtoku nejsou příliš signifikantní. Druhé možné vysvětlení je, že úseky s největší plochou povrchového odtoku většinou leží v stabilních profilech, a proto na nich nebude velká intenzita eroze.

Téměř žádný vliv nebyl nalezen u výšky činné vrstvy. Toto nepotvrzuje práce Tremla (2004) v Krkonoších. Ten uvádí, že místa s větší mocností činné vrstvy zvětralin prokazují vyšší dynamiku.

Také závislost na faktoru podloží nebyla testovou statistikou F prokázána. Toto lze připsat nedostatečnému rozsahu dat. Při výpočtu průměrné absolutní změny zahloubení byla zjištěna větší změna profilů na rule než na muskovitickém chloritu. Vzhledem k malému množství dat nelze potvrdit závislost intenzity eroze na podloží.

Ani vliv typu povrchu se testovou statistikou F se nepodařilo potvrdit. Ale při dvoufaktorové analýze byla zjištěna závislost sklonu a typu povrchu a značná závislost

intenzity eroze na sklonu. Takže lze předpokládat jistou závislost míry eroze na typu povrchu. Z průměrných absolutních změn zahloubení je vidět, že největší změny proběhly na úsecích s jemným skeletem. Toto potvrzuje i práce Tremla (2005) v Krkonoších, který uvádí, že intenzivní vývoj cesty je zapříčiněn zejména pohybem a uvolňováním drobnějšího skeletu. Nejnižší úhrny sedimentu zaznamenal naopak na plochách s nejnižším sklonem a s povrchem zpevněným velkým skeletem. Toto potvrzuje především mapování turistického chodníku údolím Bílé Opavy, kde na takových úsecích není patrné zahloubení cesty. Částečně lze toto dokázat i z průměrných absolutních změn zahloubení, kdy na pevném skeletu byla zaznamenána změna o 5 mm menší než na jemném skeletu. K geologicko-půdním faktorům ovlivňujícím erozi Buzek (1983) uvádí, že hrubé písčité a hlinitopísčité půdy a zeminy jsou proti erozi odolné, protože svou vysokou propustností podporují prosakování vody, a tím se snižuje při malém povrchovém odtoku její erozní působení. Protierozní odolnost mají také jílovité zeminy bohaté na koloidy, kdežto hlíny s vysokým obsahem prachu, které mají málo součástí s tmelící funkcí jsou snadno erodovatelné. V souladu s tímto tvrzením jsou i výsledky sledování intenzity eroze na jílovitých úsecích cest, kde byly naměřeny nejmenší změny zahloubení.

Nejvyšší kolísání profilu tedy vykazovaly cesty nejvíce frekventované turisty a s nejvyšším sklonem. Větší změny zahloubení byly pozorovány na jemném skeletu a skeletu. Srovnáním prací v Hrubém Jeseníku a v Krkonoších uvádí Treml (2005), že k méně intenzivnímu vývoji dochází na površích s velkým skeletem nebo úplně bez skeletu než na površích se skeletem drobným. Drobný skelet je jednak mobilnější a zároveň sám rozrušuje povrch cesty. Faktor zrnitosti zvětralin je však do značné míry potlačen ostatními faktory (množství turistů, sklonitost, množství skeletu). K odpovídajícímu vyhodnocení, bez zkreslujících událostí, by však bylo třeba více profilů a více měření, nejlépe několikaleté sledování intenzity eroze.

Mapování turistických stezek bylo provedeno v údolí Bílé Opavy a na několika úsecích méně frekventovaných stezek, na kterých byly zároveň voleny profily. Výsledky z měření profilů ukazují, že k největšímu přesunu materiálu dochází v horní části stezky údolím Bílé Opavy a v horní části pěšiny vedoucí z Vysoké hole na Ovčárnu. Mapa zahloubení cest (viz obr. 42) dokládá, že v horní části stezky údolím Bílé Opavy je cesta značně zahloubena, což odpovídá největší intenzitě eroze naměřené na profilu č.8. (viz obr. 17). Velká intenzita eroze, která byla zaznamenána na profilu č.14 (viz obr. 29) již na mapě zahloubení cest není znatelná. Z mapy šířky cest (viz obr. 43) je vidět, že ani šířka úseku cesty, v kterém se profil nachází, není větší než 150cm. Tento rozdíl je nejspíše způsoben

stářím stezek. Neboť turistická cesta z Vysoké hole (1463,9m n. m.) na Ovčárnu byla zřízena až v 90. letech, zatímco stezka Bílou Opavou je daleko starší. V blízkosti profilu č.14 je však ještě profil č.13, který nejeví větší známky eroze. Rozdíl mezi nimi může být dán množstvím skeletu na povrchu, ale i krátkou dobou měření. Stezka z Vysoké hole na Ovčárnu v celé délce mapovaného úseku má největší zahloubení do 30cm (viz Příloha č. 26.), nejvíce se rozšiřuje v úseku ostré táhlé zatáčky, který Banaš (2003) označuje za problematický a těsně nad Ovčárnou, kde v době mapování probíhaly sanační úpravy. Na profilech v dolní části stezky sice určité projevy eroze zaznamenané byly, ale snížení profilu ve sledovaném období nebylo větší než 20mm. Zde se mohla promítnout změna polohy úseku č. 11. Ten však za měření, která byla vykonána projevil podobné tendence jako profil č. 12., vzdálený jen několik metrů, takže není důvod k zpochybňování výsledků. Celá stezka má dle Přílohy č. 29. na povrchu nejčastěji písek, písek se skeletem a písek s jílem, což dle předchozích výsledků hodnocení závislosti intenzity eroze na jednotlivých faktorech odpovídá zvýšené možnosti eroze. Čemuž odpovídají profily v horním úseku cesty, menší intenzitu eroze v dolních úsecích lze přisoudit menšímu sklonu cesty (viz obr. 44).

Stezka Bílou Opavou byla jako nejnavštěvovanější turistická stezka v NPR Praděd v plánu péče NPR Praděd označena za problematickou. Banaš (2003) uvádí, že stezka trpí projevy erozní činnosti, což je však možné řešit včasnou asanačí narušených míst. Při mapování bylo největší narušení zaznamenáno v místech, kde stezka serpentinami sestupuje k vodnímu toku, aby ho překročila a dále pokračovala po skále ve směru toku. Tento úsek se nachází v první třetině trasy a na mapě zahloubení je dobře rozeznatelný, neboť je nejvíce zahlouben. Dobře viditelný je také z mapy sklonu cest (viz obr. 44). Mapa vybraných charakteristik cest jen problematický úsek dokazuje a ukazuje na větší množství sesuvů v blízkém okolí tohoto úseku. K mapování turistické stezky Bílou Opavou je třeba uvést, že vzhledem v rozsáhlém polomům v údolí byla trasa uzavřena a po opravě, která si často vyžádala úplnou změnu vedení cesty, byla opět otevřena. Zpřístupněna turistům byla měsíc před mapováním. Největší změny vedení proběhly zejména v dolních částech stezky. Proto lze předpokládat, že ve velké části úseků bude cesta ještě nezahloubena. Toto potvrzuje i mapa zahloubení cest. Nové vedení cesty je znatelné i z mapy šířky cest, kde tyto nově vytyčené úseky nejsou širší než 150cm.

Z ostatních mapovaných cest bylo velké zahloubení zaznamenáno ve střední části stezky vedoucí z chaty Barborky k rozcestníku „Pod Ovčárnou“. V těchto místech se nacházejí dva profily č. 3. a č. 4., které jeví průměrnou intenzitu eroze. Dle mapy šířky cest se



zde cesta zužuje, což odpovídá většímu zahloubení a typ povrchu je zde dle mapy typu povrchu (viz obr. 45) skelet a písek. Na profilech se projevují náhlé větší změny výšky profilu, což odpovídá povrchu s většími volnými úlomky skeletu.

Nejmenší intenzita eroze byla zaznamenána na profilech č. 5. a č. 6., které leží na cestě od rozcestníku „Pod Ovčárnou“ k rozcestníku „Nad vodopády“. Je to úsek stezky, kde se spojují modrá a žlutá turistická značka vedoucí od chaty Barborky a od Ovčárny. Mapa zahloubení cest ukazuje, že v místech, kde se nacházejí profily, má cesta malé zahloubení do 30cm. Naopak je v těchto místech značně rozšířena, což odpovídá minimálnímu sklonu (viz obr. 44) a jemnému zpevněnému písku na povrchu cesty (viz obr. 45), který již nejeví významnější známky eroze.

Minimální intenzita eroze byla dále zjištěna na profilu č. 10., který leží na modré turistické značce traverzující svah nad údolím Bílé Opavy. V jeho těsné blízkosti leží profil č. 9., na kterém se již eroze projevila. Tento rozdíl je způsoben výskytem většího skeletu na povrchu profilu č. 9., kdy došlo k posunu kamene. Zatím co profil č. 10. má na povrchu písek s jemným skeletem, které jsou stářím cesty již dobře stmeleny. Mapa zahloubení cest ukazuje pro tento úsek maximální zahloubení do 30cm, zatím co šířka cesty je v tomto úseku značně proměnlivá. Mapa sklonitosti přiřazuje tento úsek cesty od rozcestníku „Nad vodopády“ dále po modré k malému sklonu, přičemž na mapě povrchu cest je zaznamenán jíl a písek a skelet. Tento povrch i sklon umožňují vývoj cesty, který je zaznamenán na profilu č. 10., kdy je povrch již značně zpevněn a již nejeví větší známky eroze. Změny výšky profilu č. 9. jsou dány přítomností volného skeletu na povrchu cesty.

## **6.2. Změny cestní sítě**

Z leteckých snímků z let 1953, 1973 a 2001 byly vytvořeny mapy cest a pěšin pro tyto roky. Ty byly následně hodnoceny. Zároveň byly porovnávány plochy vybraných úseků cest. Z původního záměru porovnat celkovou plochu cest bylo upuštěno vzhledem k velkým a rychlým změnám vedení cest a k nepřesnostem hodnocení leteckých snímků pomocí neřízené klasifikace. Vzhledem k tomu, že byly porovnávány letecké snímky za dlouhé časové období, kdy technika na jejich zhotovení a zpracování prodělala rychlý vývoj, mají snímky rozdílnou kvalitu. K dispozici byly snímky z let 1953 a 1973 s rozlišením 1m a snímky z roku 2001 s rozlišením 0,3m. Původní domněnka, že data nebudou příliš vhodná k vzájemnému srovnávání, byla vyvrácena. Při porovnávání ploch úseků cest nastaly největší změny mezi léty 1953 a 1973, z nichž jsou snímky se stejným rozlišením. Vzhledem k nepříliš kvalitním

datům, byla volena metoda vizuálního srovnání a ručního vektorizování cest, která se jevila jako nejpřesnější. Dále již bylo klasifikováno jen dvacetimetrové okolí zvektorizovaných cest a výsledné polygony cest byly ještě protnuty dvoumetrovým bufferem osy cest, čímž zbyly pouze polygony alespoň částečně zasahující do předpokládané cesty. I při malém rozlišení lze tvrdit, že nenastala chyba větší než 0,5m. Větší chyba při vyhodnocování však nastala v případech, kdy na cestu navazují plochy bez vegetace, které mají velmi podobnou odrazivost jako cesty. V takovém případě nelze přesněji pomocí klasifikace určit rozsah cesty.

Ze srovnání rozložení cest v jednotlivých letech vychází, že jen několik pěšin a cest zůstalo stejně trasováno a zachovalo si podobnou šířku. V bezlesé části hlavního hřebene zůstává stejná pouze hřebenová cesta, která se v sedle mezi Petrovými kameny a Vysokou holí stáčí k Petrovým kamenům a pokračuje dále až k chatě Kurzovní. I když úsek této cesty ze sedla mezi Vysokou holí a Petrovými kameny není turistická trasa, turisté ji rádi využívají a tím dochází k neustálému sešlapávání. Díky své stálosti, alespoň co se týče vedení, byla vybrána cesta po hlavním hřebeni, jako nejlepší pro srovnání ploch úseků cest. Obr. 51 podává přehled o poloze jednotlivých úseků cest. Na cestě ze sedla mezi Petrovými kameny a Vysokou holí byly zvoleny dva úseky (úsek č. 2. a č. 17.), které od roku 1953 do roku 2001 prošly výrazným zúžením. Výsledné mapy ukazují výraznou změnu ploch úseků č. 2. a č. 17. mezi roky 1953 a 1973. Tato změna je ukázána i na obr. 52. Může být způsobena zvýšeným pohybem po hřebeni ve válečných a poválečných letech, kdy po hřebeni jezdily vojenské automobily a tato cesta byla pro ně přístupová. Druhá možnost takovéto výrazné změny je chyba klasifikace, kdy byly jako cesta zklasifikovány i plochy bez vegetace, kterých je v okolí Petrových kamenů velké množství. Tyto plochy by se s velkou pravděpodobností však promítly i do klasifikací dalších snímků, proto je možné předpokládat výrazné zúžení cesty od roku 1953.

Také žlutá turistická značka vedoucí z Malé Morávky na Ovčárnu, ke které se později přidává modrá značka vedoucí z Velké kotliny, zůstala stejná a také cesty mezi chatami v okolí nynější asfaltové silnice byly většinou již v roce 1953 značně prošlapané a do dnešní doby se spíše ještě více rozšiřovaly.

Naopak cesta vedoucí přímo z Ovčárny na Petrovy kameny pomalu zarůstá. Pro rostoucí tlak turismu na přírodní rezervaci Petrovy kameny vypracovala Správa CHKO Jeseníky projekt na opravu a výstavbu nových turistických cest, na rekultivaci a asanaci původních cest a zkratk, včetně návrhu na propagaci této rezervace. Realizace projektu a vlastní práce se uskutečnily v roce 1972 (Švéda, 1973). Tedy rok před druhým snímkováním. Mapa z roku 1973 by tedy měla zachycovat starou i již nově vybudovanou cestu. Smysl oprav

spočíval v přeložce červené a modré turistické značky k zimnímu tyčovému značení Petrovy kameny – Kursovní chata a ve vybudování pohodlné cesty od chaty Ovčárna k Petrovým kamenům. Touto úpravou byla tak vyřazena jako původní nositelka turistického značení cesta od dnešní chaty horské služby k Petrovým kamenům, která jako nejfrekventovanější byla nejvíce narušena vodní erozí a sešlapáváním travního porostu (Švéda, 1973). Při srovnání map pěšin a cest z let 1953 a 1973 je vidět znatelné rozšíření eroze do roku 1973, při pohledu na mapu z roku 2001 je již vidět úspěšně probíhající sukcese po zrušení turistické stezky. Serpentina i přímé cesty již jeví na snímcích z roku 2001 výrazné zúžení.

Nová cesta od chaty Ovčárna byla budována po trase starého loveckého chodníku, s počátkem v místech křížení se vozové cesty na Vysokou holi s lyžařským vlekem a s ukončením asi 100m od Petrových kamenů, kde navazuje na tyčové značení. Počátek 120cm široké cesty je zajištěn 8 dřevěnými prahy, kterých je v pokračování cesty celkem dvacet. Spolu s dvanácti svodnicemi tak tvoří dostatečně protierozně zajištěnou 140m dlouhou cestu. Rozsáhlejší rašeliniště ve spodní části tyčového značení a jeho chráněná vegetace si vyžádaly nákladnější úpravu cesty, a to výstavbu povalového chodníku, který vyústí u asfaltové silnice Praděd - Ovčárna (Švéda, 1973). Vybudování této cesty se na snímcích příliš neprojevilo, neboť tudy cesta vedla i dříve a těmito úpravami byla pouze zpevněna a zpřístupněna většímu množství lidí. Při porovnání ploch této cesty je však změna znatelná. Plocha cesty z roku 1953 je o 300m<sup>2</sup> menší než z roku 1973 (viz Příloha č. 5).

Toto řešení se také neosvědčilo, neboť stále trpěla přítomností turistů vrcholová skála Petrovy kameny. Stezka byla proto opět uzavřena a v 90. letech byla vybudována turistická stezka, která obloukovitě schází z hřebenu po úbočí Vysoké hole na Ovčárnu. Cestou křížuje sjezdové tratě. Uzavření turistické stezky se opět projevilo na ploše cesty, kdy plocha mezi roky 1973 a 2001 klesla (viz Příloha č. 6) na plochu srovnatelnou s rokem 1953.

Banaš (2003) tvrdí, že nejproblematičtější úsekem této trasy je ostrá táhlá zatáčka začínající nad lyžařskou trasou „C“ a napojující se na bývalou německou silnici. Někteří turisté si zde cestu zkracují po tyčích zimního značení přes společenstva vyfoukávaných trávníků, čímž dochází k jejich poškozování (sešlapávání) (Banaš, 2003). Na obr. 49 je dobře viditelná hlavně problematická zatáčka. Při srovnání map z jednotlivých let je vidět, že zde dříve cesta nevedla.

Zajímavým vývojem prošly také cesty v okolí Vysoké hole. Na mapě pěšin a cest z roku 1953 je zaznamenáno množství cest, které nemají takovou šířku jako později v roce 1973. V roce 1973 je však již patrný úbytek tras, které nejspíše vznikly pohybem automobilů po hřebeni. Mapa pěšin a cest z roku 2001 již značí pozitivní vývoj, kdy část cest zanikla a

část cest, které byly na snímku z roku 1973 širší jak dva metry, se opět zúžila. Tento vývoj názorně ukazuje Obr. č. 18. Plochy cest zde byly zkoumány jen na dvou úsecích č. 5. a č. 6. (viz Příloha č. 5 a č. 6), neboť většina cest v okolí Vysoké hole měnila svoji polohu. Plocha cest koresponduje s vývojem cest, kdy v roce 1953 v úseku č. 5. ještě cesta nebyla zaznamenána, v roce 1973 již byla relativně široká a do roku 2001 se její plocha skoro zdvojnásobila. Plocha úseku č. 6. se pouze zvětšila v roce 1973 a do roku 2001 se opět vrátila na původní. Cesty, na kterých leží úseky č. 5. a č. 6. se spojují a dále pokračuje cesta na níž leží úsek č. 4., který v průběhu let zaznamenal postupné zvětšení plochy cesty. To je částečně dáno přeložením turistické trasy z Ovčárny na hřeben. Na úsek č. 4. navazuje úsek č. 3., zde se plocha cesty nejprve zmenšila a následně mírně zvýšila. Na těchto úsecích se projevuje nekontrolovatelný pohyb turistů po hřebeni. Na zvětšení ploch klasifikovaných jako cesty se může podílet i zvýšená degradace povrchu bez vegetace.

V roce 1973 se objevila na snímku přímá cesta ze sedla mezi Petrovými kameny a Vysokou holí k Ovčárně. Tato cesta vede po sjezdové trati. Není vedena jako turistická stezka, turisté si zde však často krátí cestu z hřebene na Ovčárnu.

Další cesta, která se objevuje až na mapě z roku 1973, je modrá turistická značka z Velké kotliny, která byla pravděpodobně zprovozněna těsně před snímkováním v roce 1973. Jeník (1973) k tomuto dodává, že nedávno otevřená naučná stezka Velkou kotlinou je dobrým příkladem, jak lze udržovat síť značených cest a v akutních případech je vést mimo unikátní biotopy. Otvíráním naučných stezek chce regulovat množství turistů na hlavním hřebenu. Mapa pěšin a cest z roku 2001 ukazuje, že vedení stezky je dobře promyšlené a vede turisty opravdu pouze po značené cestě.

Hřebenová cesta zůstává a pouze se částečně mění odbočky z ní. Většinou jsou to úzké pěšiny, které si vyšlapali turisté pro lepší rozhledy. Nejdlejší takováto pěšina vede kolem Velkého Máje. Tato byla v roce 1953 jen úzká pěšina, v roce 1973 se rozvětvila a rozšířila a v roce 2001 již jeví známky zarůstání. V roce 1973 mapa pěšin a cest ukazuje také rozvětvení hlavní hřebenové cesty, které také na mapě pěšin a cest z roku 2001 prokazuje částečnou sukcesí. Z porovnání ploch úseků cest na hřebeni vychází na 15. úseku u Velkého Máje, že mezi roky 1953 a 1973 plocha poklesla z 3500,56 m<sup>2</sup> na 1346,45 m<sup>2</sup>. Od 1973 do roku 2001 se opět zvýšila ale již jen na 1999,67 m<sup>2</sup>. Dalším úsekem na hřebenové cestě je úsek č. 14., jehož plocha se ve sledovaném období zdvojnásobila. V pokračování hřebenové cesty od Velkého Máje k Vysoké holi je úsek č. 13., který měl podobný vývoj ploch jako úsek č. 14. Jeho plocha se během sledovaného období také zdvojnásobila. Úsek č. 12. zaznamenal již jen menší zvětšení ploch. Tyto změny lze vysvětlit stále zvyšujícím se pohybem po hlavním

hřebení a tedy rozšiřováním hřebenové cesty. Snížení plochy na 15. úseku cesty, je možné vysvětlit dřívější existencí salaše na křižovatce hřebenové cesty a cesty vedoucí k Františkově myslivně, a tedy zvýšeným pohybem v jejím okolí.

Dále po směru od Velkého Máje k Vysoké holi jsou úseky č. 10., č. 9., č. 8. a č. 7. jejichž plocha se mezi roky 1953 a 1973 výrazně snížila a do roku 2001 opět mírně zvýšila. Toto lze vysvětlit zvýšeným pohybem v těchto místech ve válečných letech, kdy v okolí Vysoké hole bylo dopadiště granátů a stopy po nich jsou nechtěnou památkou do dnešní doby. Opětné mírné zvýšení plochy lze přičíst větší frekvenci turistů než v 70. letech. Cesta v úsecích č. 11. a č. 16. ještě nebyla v roce 1953 zaznamenána. Mezi roky 1973 a 2001 zaznamenaly oba úseky mírné zvětšení ploch cest. Toto odpovídá celkovému trendu vývoje hřebenové cesty.

Dlouhou historii má cesta od Švýcárny na Praděd. Chata Švýcárna pod Pradědem pochází již ze 13. století a původně sloužila jako obydlí pastýře ovcí a sklad různých mléčných výrobků. Již v 19. století začala být využívána jako turistická ubytovna. Po zbudování asfaltové silnice na Praděd, byla později vyasfaltována i cesta z rozcestí pod Pradědem k Švýcárně. Původní cesta z Pradědu na Švýcárnu přes Tabulové skály byla zrušena a byla zbudována cesta vedoucí místy, kudy dnes vede asfaltová silnice. Přeložení této cesty je pozorovatelné na snímku z roku 2001 (viz Příloha č. 4), kde je již znatelná přirozená sukcese. V roce prvního snímkování byla tedy ještě přístupná veřejnosti. Hlavní přístupové cesty k ní byly pozvolnější od Švýcárny a druhá přímá od chaty Barborky.

Serpentiny od chaty Barborky na vrchol a jejich šířka jsou dobře viditelné na mapě pěšin a cest z roku 1953 (viz. Příloha č. 2), zde je znatelná pokročilá eroze stezky. Výstavbou asfaltové silnice v roce 1968 na vrchol Pradědu k budoucímu vysílači byl pohyb turistů sveden na silnici a přímá cesta od Barborky na vrchol pomalu zanikala. Mapy pěšin a cest z let 1973 a 2001 dobře dokumentují její zánik. Na snímku z roku 2001 již nejsou serpentiny zaznamenatelné. Znatelná je již jen jedna přímá cesta od Barborky k Pradědu, zatím co v roce 1953 jich zde bylo několik paralelních navzájem se křížících.

Zajímavý vývoj prodělala cesta vedoucí přímo z Divokého dolu na vrchol Pradědu. V roce 1953 to byla úzká pěšina značně větvená, v roce 1973 stále úzká pěšina, která se větví až ve vrcholových partiích a v roce 2001 je to již pěšina vykazující šířku větší než dva metry. V letech 1953 a 1973 přichází k této pěšině další pěšina od Ovčárny. Tuto již v roce 2001 úplně nahradila asfaltová silnice.

V roce 1973 se objevila v bezlesé části okolí Pradědu ještě jedna cesta. Tato však nebyla zaznamenána ani na snímku z roku 1953 ani z roku 2001. Vzhledem k jejímu přímému

tvaru, lze uvažovat možnost vyjetí kolejí automobilem. Tuto domněnku ještě více utvrzuje fakt, že v té době probíhala na vrcholu Pradědu výstavba vysílače, s čímž je spojena přítomnost těžké mechanizace a automobilů. Stavba vysílače začala v roce 1969 a ukončena byla až v polovině 80. let.

Ze sledování erozních pochodů na turistických stezkách i z hodnocení leteckých snímků lze vyčíst velkou míru negativního vlivu turismu na vrcholové části NPR Praděd. Zvláště při pohledu na vedení cest v alpínském bezlesí se jeví důležitá snaha o svedení turistů na značené stezky. Při změně vedení trasy začala probíhat na opuštěných úsecích přirozená sukcese, což značí schopnost systému vrátit se k původnímu stavu. Na velké části úseků cest nebyla zaznamenána znatelná eroze, z čehož lze usoudit, že ani větší počet turistů nemusí narušit přírodní prostředí, pokud budou cesty vedeny mimo ohrožená místa.

## 7. Závěr

Bezlesá část hřebene Hrubého Jeseníku je izolovanou oblastí arкто-alpinské tundry, jejíž prostředí bylo vytvořeno v podmínkách značně odlišných od dnešních. Již od začátku 19. století se v těchto místech začíná rozvíjet turismus, který významně mění krajinu Hrubého Jeseníku. Jedním z možných dopadů rozvoje turismu je i zvýšená intenzita eroze na cestní síti a v jejím okolí .

Při sledování intenzity eroze na turistických stezkách a její závislosti na jednotlivých erozních faktorech byla potvrzena hypotéza, že turisté jsou nejčastější příčinou pohybu erodovaného materiálu. Většinu velkých náhlých změn v zahloubení sledovaných profilů lze zdůvodnit posunem části skeletu, který byl s největší pravděpodobností přemístěn. Jako neplatná na sledovaném vzorku cest se ukázala hypotéza, že na stezkách se skeletovým povrchem je intenzita eroze nižší než na stezkách s povrchem tvořeným jemným materiálem. Největší intenzita eroze byla zjištěna na cestách s povrchem skelet a jemný skelet. Naopak stezky s jemným jílovitým povrchem se jeví jako relativně stabilní. Toto koresponduje s předchozím tvrzením, že největší vliv na erozi pěšin mají turisté, jejichž mechanická síla je dostatečná k přesunu i většího skeletu.

Vliv sklonu cest na dynamiku vývoje jejich povrchu byl potvrzen na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$ . Lze tedy soudit, že největší vliv na erozní aktivitu v tomto území mělo množství turistů a sklon cest. Čím více je turistická stezka frekventovaná turisty a čím větší sklon má, tím silnější eroze probíhá na této stezce.

Výsledky měření intenzity eroze i sledování změn cestní sítě ukazují na erozi jako na významný faktor podílející se na degradaci prostředí. Největší eroze byla zaznamenána na turisticky nejfrekventovanější stezce vedoucí údolím Bílé Opavy, proto je důležité sledovat její další vývoj a včasné zasáhnout v případě enormního zvýšení intenzity eroze. Jistý zásah lze již nyní doporučit v horním úseku cesty, kde pěšina sestupuje serpentinami ze skály k vodnímu toku, aby ho překročila a dále pokračovala po druhé straně. Tento úsek je dobře znatelný na všech výstupech z mapování této turistické stezky. Cesta zde má větší sklon, jeví velké zahloubení a malou šířku. Na tento úsek upozorňuje i mapa vybraných charakteristik cest (viz obr. 46), kde lze zaznamenat větší množství sesuvů právě v tomto místě. Vzhledem k uzavřenému tvaru údolí Bílé Opavy by při větším sesuvu mohlo dojít k zamezení průchodu celým údolím Bílé Opavy. Zde lze tedy také hledat jeden z limitů rozvoje turismu.

Sledování změn vedení cest nad hranicí lesa v NPR Praděd ukazuje na negativní působení pohybu turistů na takto zranitelném území, kdy dochází k narušení půdního povrchu

a ničení vegetačního krytu sešlapem. Tento jev byl zaznamenán na mnoha místech i mimo značené cesty. Pohyb turistů mimo značené cesty je problém řešený na tomto území po mnoho let a stále dostatečně nevyřešený. V okolí Petrových kamenů se snahy o zmírnění dopadů turismu na nejvzácnější enklávy projevují změnou vedení turistických stezek. V 90. letech byla odkloněna stezka vedoucí od Ovčárny kolem Petrových kamenů na hlavní hřeben. Místo ní vznikla nová, nyní červená turistická trasa z Vysoké hole na Ovčárnu. Měření intenzity eroze zde proběhlo na čtyřech profilech, z nichž jeden jeví zvýšenou intenzitu eroze. Při podrobném mapování cesty bylo zjištěno menší zahloubení i menší šířka cesty. Toto signalizuje dobrou změnu vedení cesty. Bohužel v horním úseku již dochází k větvení cesty, čímž dochází k sešlapávání vegetace v okolí a tím k větší degradaci. Toto může být budoucím problémem, proto by bylo vhodné návazné sledování intenzity eroze na této relativně mladé turistické trase.

Při sledování změn vedení cest z leteckých snímků, byla zjištěna relativně rychlá sukcese na zrušených turistických stezkách. Dobrým příkladem je stezka od chaty Barkorky na Praděd nebo Od Ovčárny přímo na Petrovy kameny. Tyto cesty byly značně postiženy erozí, po jejich uzavření však již na snímku z roku 2001 jeví známky zapojování vegetace.

Díky hodnocení změn cestní sítě pomocí leteckých snímků byl vytvořen komplexnější přehled o erozních procesech na území NPR Praděd. Pouhé mapování a měření výšek profilů by nebylo tolik vypovídající o celkovém stavu erozních procesů. Výsledky měření profilů, mapování cest a klasifikace leteckých snímků podávají lepší pohled na danou skutečnost. Pro ucelený pohled na stav eroze v NPR Praděd by bylo zapotřebí pokračovat v měření intenzity eroze na daných profilech dlouhodoběji. Zaznamenat změny zahloubení profilů po zimním období, čímž by bylo možné zahrnout do hodnocených erozních faktorů i výšku sněhové pokrývky, která v této práci, vzhledem k rozsahu měření, vůbec nebyla řešena. Vhodné by bylo též navázat opětovným zmapováním turistické stezky údolím Bílé Opavy. Vzhledem k nově vedeným úsekům cesty by mohlo opětovné zmapování přispět k sledování vývoje nově vedených stezek.



## 8. Summary

Thesis results show that tourism is one of the key factors with influence on the environment of NPR(national nature reserve) Praděd. When observing the intensity of erosion on turistic tracks was found that most common cause of movement of eroded material are tourists. The highest influence on erosion activity in this area, besides tourists, has the slopes of tracks as well. The more frequent the track and the higher the slope is, the stronger is the erosion. The biggest intensity of erosion was found on track with shell and mild shell surface. On the contrary, the clay surface appeared to be relatively stable.

Results of erosion intensity measurement and observation of changes show that erosion is a significant factor on deterioration of the environment. The strongest erosion was noted on the most frequent track leading along the valley of Bílá Opava river, so it is important to follow up the development and intervene in time, in case of enormous elevation of erosion. Certain intervention is now recommendable in higher part of the track.

Observation of changes, in the direction of track above the timberline in NPR Praděd, shows negative impact of movement of tourist in that vulnerable area when it leads to disturbance of soil surface and destruction of vegetation cover by stepping on it. This was also found on other places out of signed tracks. Movement of tourists out of signed track has been a big problem there for couple of years which has not been solved, yet. In the surroundings of Petrovy kameny, attempts to reduce impact of tourism on most precious enclaves in that area leads to deviation of touristic tracks. In the 90's, the track leading from Ovčárna to Petrovy kameny was diverted to main ridge. In place of that, a new red track was made from Vysoká Hole to Ovčárna. Measurement of erosion intensity was done in four profiles where one of them has got higher intensity of erosion. During detailed track mapping recession and smaller width track was encountered. This signalizes good change in track leading, only in higher part embranchent can still be seen leading to stronger stepping on vegetation and severe degradation. This might be a big problem in the future thus a precaution in track observation should be taken in order to control erosion of this young path.

When observing track from aerial view, a significant shift of canceled tracks can be seen. Great example is track from Barborka to Praděd or from Ovčárna directly to Petrovy kameny. These tracks were very destroyed by erosion, but after their closure, positive changes have been seen.

Thanks to the junction of three different views on that problem, a complex view of erosion on tracks in NPR Praděd was gained.

In long-term, measurement of erosion is needed in order to get integrated view ofn this and take important steps. We should note changes in recession of profiles after winter, where the snow depth should be included into results of rated erosion factors according to measurement width, because it has not been taken into account until now.

## 9. Citovaná literatura

- ADAMEC, M., SVOBODOVÁ, R. Geomorfologie vrcholové oblasti Keprnické a Pradědské hornatiny. In Sborník z mezinárodního semináře, Geomorfologický sborník 2, Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2003. S.123-127.
- ANTOŠ, R. Využití CHKO Jeseníky ve výuce geografie na ZŠ a SŠ. Diplomová práce, 1988. nepubl.
- ARCGIS DESKTOP HELP [help modul softwaru ArcGIS 9.1.], ESRI®ArcMap™ 9.0., 2004
- BANAŠ, M., HOŠEK, J. Management turismu v nejvyšších polohách východních sudet – příkladová studie zpracování plánu péče národní přírodní rezervace Praděd (CHKO Jeseníky). In Opera Corcontica, 41, Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 2004. S. 515-526.
- BANAŠ, M., HOŠEK, J., TREML, V. Plán péče národní přírodní rezervace Praděd, kapitola cestovní ruch. Hořovice, 2003. 155 s.
- BENNET, H., H. Element of Soil Conservation. 2. vydání. London: McGraw-Hill Publishing Company, 1955. 358 s.
- BRYCHTOVÁ, J. Krajinový ráz území Krkonoš: Krajina nad horní hranicí lesa, krajina tundry. In Krkonoše, 7, Vrchlabí: Správa KRNAP, 2004. S. 18 – 19.
- BUZEK, L. Půdní fond a jeho ochrana. Ostrava: Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, 138 s.
- BUZEK, L. A KOL. Průvodce exkurzemi, XVII. Sjezd Československé geografické společnosti. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1987. 82. s
- BUZEK, L. Eroze půdy. 1. vydání. Ostrava: Pedagogická fakulta, 1983. 257. s.
- CZUDEK, T. Reliéf Moravy a Slezska v kvartéru. 1. vydání. Tišnov: Sursum, 1997. 213. s.
- DEMEK, J. Hory a nížiny. 1. vydání. Praha:Academia, 1987. 584 s.
- DEMEK, J. O vzniku povrchových tvarů Hrubého Jeseníku. In Campanula, 2, Ostrava: Krajské středisko památkové péče a ochrany přírody v Ostravě, 1971. S. 7 – 19.
- DRDOŠ, J. Únosná návštěvnost krajiny v Tatranském národním parku. In Tanap - sborník prací o Tatranském národním parku, 29, Tatranská Lomnica: Osvěta, 1989. S. 191 - 239.
- FENCL, J. Ochrana krajinného rázu. In Sborník k 3. ročníku konference o krajiněTvář naší země – krajina domova, 5, Lomnice nad Popelkou: Jaroslav Bárta Studio JB, 2005. S. 40 –

43.

GEOMATICA PRIME HELP [help modul softwaru PCI Geomatika 9.1.], © 2003 PCI Geomatics Enterprises Inc.

HAVRLANT, M. Biogeografie Československa. 1. vydání. Ostrava: Pedagogická fakulta, 1979. 117. s.

HERYNEK, J. Biotechnické možnosti sanace erozních škod na zemních cestách a lesních půdách. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Ministerstvo zemědělství, 1993. 36 s.

HOLÝ, M. Eroze a životní prostředí. 1. vydání. Praha: ČVUT, 1994. 383. s. Ediční středisko ČVUT

HOLÝ, M. A KOL. Modelování erozních procesů. 1. vydání. Praha: Akademie, 1982. 84. s.

HOLÝ, M. Protierozní ochrana. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, ALFA – Vydavatelství technické a ekonomické literatury, Bratislava, 1. vydání, 288 s.

HOPFENBECK, W., ZIMMER, P. Umweltorientiertes Tourismusmanagement, Strategien, Checklisten, Fallstudien. Landsberg, Lech: Verl. Moderne Industrie, 1993. 534 s.

HOŠEK, E. Vlivy minulosti na přírodu a historické zajímavosti v chráněné krajinné oblasti Jeseníky. In Campanula, 3, Ostrava: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany krajiny, 1972. S. 103 – 119.

JENÍK, J., HAMPEL, R. Die waldfreien Kammlagen des Altvatergebirges, Geschichte und Ökologie. Stuttgart: Mährisch-Schlesischer Sudetengebirgsverein, 1992. 104 s.

JENÍK, J. Alpínské ekosystémy a hranice lesa v Hrubém Jeseníku z hlediska ochrany přírody. Campanula, 4, Ostrava: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody v Ostavě, 1973. S. 35 – 43.

KOLÁŘ, J., HALOUNOVÁ, L., PAVELKA, K. Dálkový průzkum Země 10 [skripta], ČVUT, Praha, 1997. 168 s.

KOLOMAZNÍK, J. Aplikace metod dálkového průzkumu při určování strukturních půd [seminární práce], Přf UK, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 2005. 18 s.

KORANDA, J. Minulost a současnost jesenických horských chat: - 17. Švýcárna. Brno, 1994, 4 s.

- KRÁL, K. Diferenciace současného stavu vegetace NPR Praděd prostředky dálkového průzkumu Země. In Buček, A., Maděra, P., (eds.): Hodnocení stavu a dynamiky vývoje geobioceóz v Národní přírodní rezervaci Praděd. Geobiocenologické spisy, sv. č. 10, Brno: MZLU, 2004. S. 31-45.
- KŘÍŽ, V. A KOL. Vodopády Bílé Opavy. In Campanula, 3, Ostrava: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany krajiny, 1972. S. 61 – 75.
- KUNSKÝ, J. Československo fyzicky zeměpisně. 1. vydání. Praha: SPN, 1974. 251. s.
- KVĚTOŇ, V. Národní klimatický program Česká republika, Normály teploty vzduchu na území České republiky v období 1961 – 1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961 – 2000. Praha: CHMU, 2001, 197 s.
- LEDNICKÝ, V., PIVOŇOVÁ, E., UJHÁZY, F. Teplota vzduchu na Pradědu. In Campanula, 4, Ostrava: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany krajiny, 1973. S. 175 – 203.
- LEDNICKÝ, V. Větrné poměry Pradědu. In Campanula, 3, Ostrava: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany krajiny, 1972. S. 9 – 22.
- LIPSKÝ, Z. Sledování změn v kulturní krajině. Praha: Česká zemědělská univerzita; Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2000, 71. s.
- MIADRIAK, R. Limity zatíženosti turistických chodníků v tatranském národním parku se zřetelem na destrukci jejich povrchu. In TANAP - Sborník prací o Tatranském národním parku, 29, Tatranská Lomnica: Osvěta, 1989. S. 239 - 253.
- NEVRLÝ, M. Nejkrásnější sbírka krajiny české a slovenské republiky. Přichovice: BUK, 2001, S. 267
- PÁSKOVÁ, M., ZELENKA, J. Výkladový slovník cestovního ruchu. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, 2002. 448 s.
- PELÍŠEK, J. Půdní poměry chráněné krajinné oblasti Jeseníky. In Campanula, 3, Ostrava: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany krajiny, 1972. S. 125 – 137
- PIGNATTI, S. Impact of tourism on the mountain landscape of central Italy, Řím: Dipartimento di Biologia Vegetale, Università "La Sapienza", 1993. 5 s.
- POUBA, Z., A KOL. Vysvětlivky ke geologické mapě ČSSR 1:200 000 M-33-XVIII Jeseník. Praha: Ústřední ústav geologický, ČSAV.
- PROSOVÁ, M. Zalednění Hrubého Jeseníku. In Campanula, 4, 1973, S. 115 - 123

PROSOVÁ, M. Studie o periglaciálních zjevech v Hrubém Jeseníku

QUITT, E. Klimatické oblasti Československa. In St Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971, 82 s.

REPKA, P. Urbanisticko-krajinářské podklady k stanovení únosné návštěvnosti TANAP-u. TANAP - Sborník prací o Tatranském národním parku, 29, Tatranská Lomnica: Osvěta, 1989. S. 239 - 253.

ŠAFÁŘ, J. A KOL. Chráněná území ČR. Svazek IV - Olomoucko. 1. vydání. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, 2003. 454. s.

SKÁCEL, A. Koncepce rozvoje podnikatelského prostředí v Olomouckém kraji. Vyhodnocení vlivů koncepce na životní prostředí dle přílohy č. 9 zákona č. 100/2001 Sb. O posuzování vlivů na životní prostředí v platném znění – Jesenický bioregion. Ostrava, 2005, 4. s.

ŠOLTÉS, R., ŠOTÉSOVÁ, A. Únosná kapacita okolí turistických chodníků v Tatranském národním parku z hlediska vegetačního krytu (II. část). In TANAP - Sborník prací o Tatranském národním parku, 29, Tatranská Lomnica: Osvěta, 1989. S. 239 - 253.

ŠVÉDA, K. Úpravy svahu pod Petrovými kameny. In Campanula, 4, Ostrava: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody, 1973. S. 230 – 235.

TEJNSKÁ, S., TEJNSKÝ, J. Klimatické poměry Pradědu. In Campanula, 3, Ostrava: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany krajiny, 1972. S. 53 – 61.

TOMÁŠEK, M. Půdy České republiky. 3. vydání. Praha: Česká geologická služba, 2003. 68 s.

TREML, V. Posouzení vlivu vybraných rekreačních aktivit na geomorfologické procesy, 2004, nepubl.

TREML, V. Alpínská hranice lesa v holocénu. In Geografické rozhledy. ročník 14, 3/2004-2005. Praha: ČGS a TERRA-KLUB, 2004.

TRNKOVÁ, O., A KOL. Územní a cestovní ruch. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1995. 95 s.

VOŽENÍLEK, V. A KOL. Národní parky a chráněné krajinné oblasti České republiky. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. 156 s.

XU, Y. A KOL. Advanced Exploratory Data Analysis for Mapping Regional Canopy Cover. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, ročník 72, č. 3, Bethesda: ASPRS, 2006. S. 31 – 38.

ZACHAR, D. Erózia pody. 2. vydání. Bratislava:Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1970. 528 s.

**Internetové zdroje:** [www.env.cz](http://www.env.cz)

[www.esri.com](http://www.esri.com)

[www.arcdata.cz](http://www.arcdata.cz)

**Mapové podklady:**

Základní mapy ČR 1:10 000, čísla listů: ZM ČR 14-24-19,  
ZM ČR 14-24-24,  
ZM ČR 14-24-25,  
ZM ČR 14-42-04

**Digitální podklady:**

Vrstvy polohopisu databáze ZABAGED listy dtto zm10

Vrstva hranic NPR Praděd SCHKO ČR

Alpinská hranice lesa podle Treml, Banaš 2000

Letecké snímky území NPR Praděd: číslo 12753, 12789, 12790, 12828, 12829, 12866,  
měřítko 1:25 000, Pořizovatel: Vojenský topografický ústav Dobruška, 1953

číslo 27080, 27123, 27164, 27186, 27201, 27213,

měřítko 1:15 250, Pořizovatel: Vojenský topografický ústav Dobruška, 1973

spektrozónální letecký snímek, 2001, Pořizovatel SCHKO ČR

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1: Mapa pěšin a cest a jejich změn mezi roky 1953 – 1973 - 2001

Příloha č. 2: Mapa pěšina a cest z roku 1953

Příloha č. 3: Mapa pěšina a cest z roku 1973

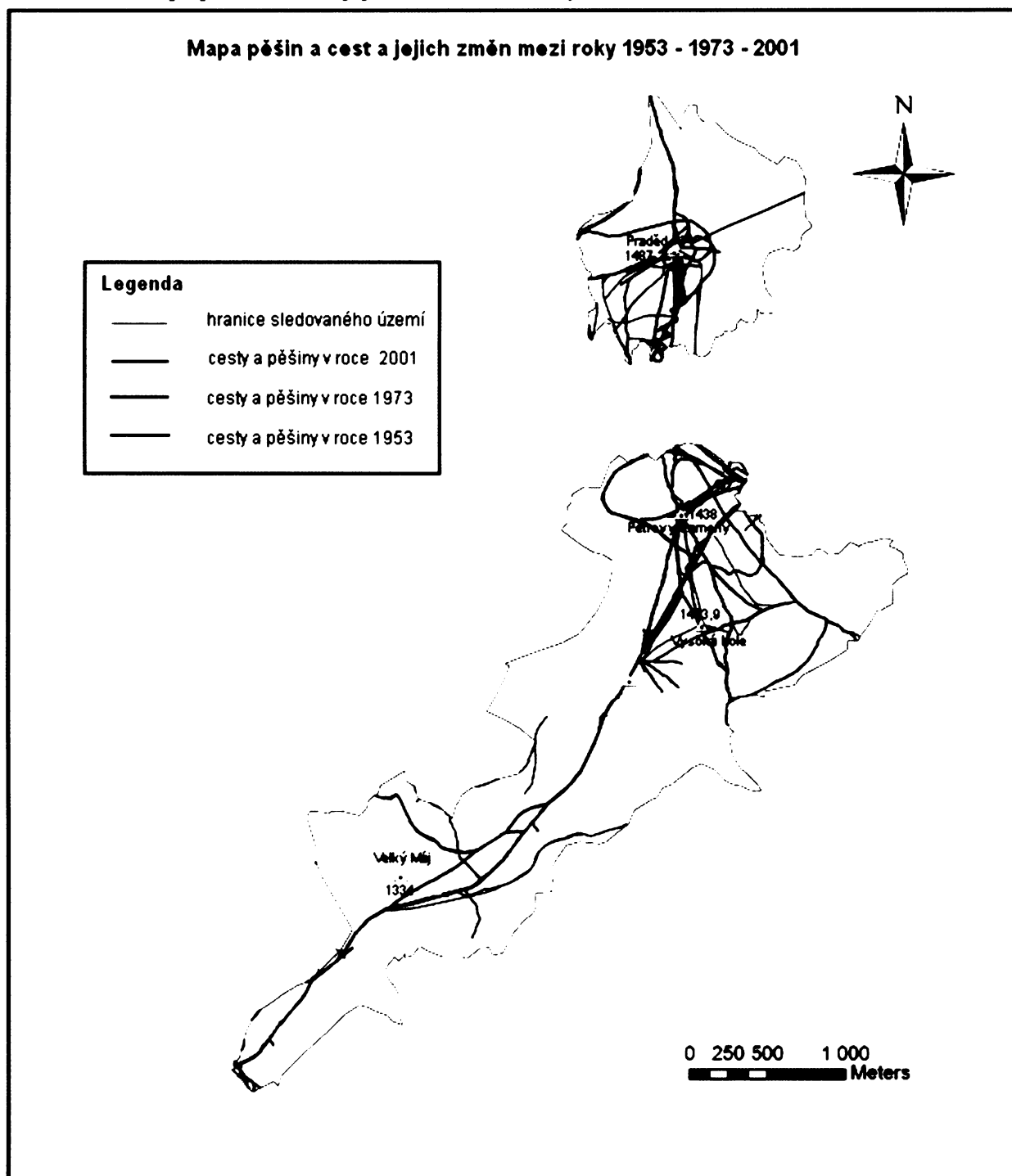
Příloha č. 4: Mapa pěšina a cest z roku 2001

Příloha č. 5: Změna orientačních ploch pěšin a cest mezi roky 1953 a 1973

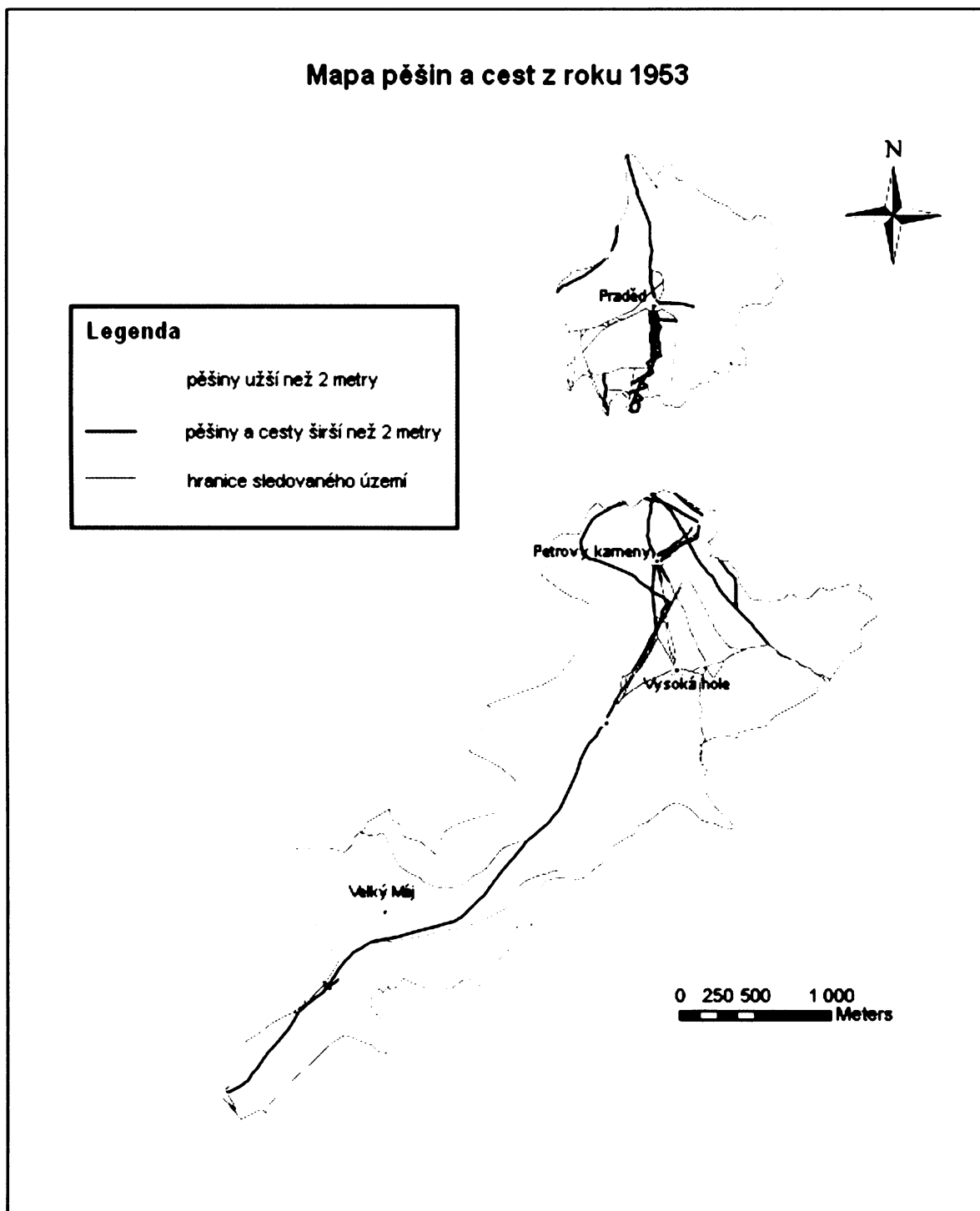
Příloha č. 6: Změna orientačních ploch pěšin a cest mezi roky 1973 a 2001



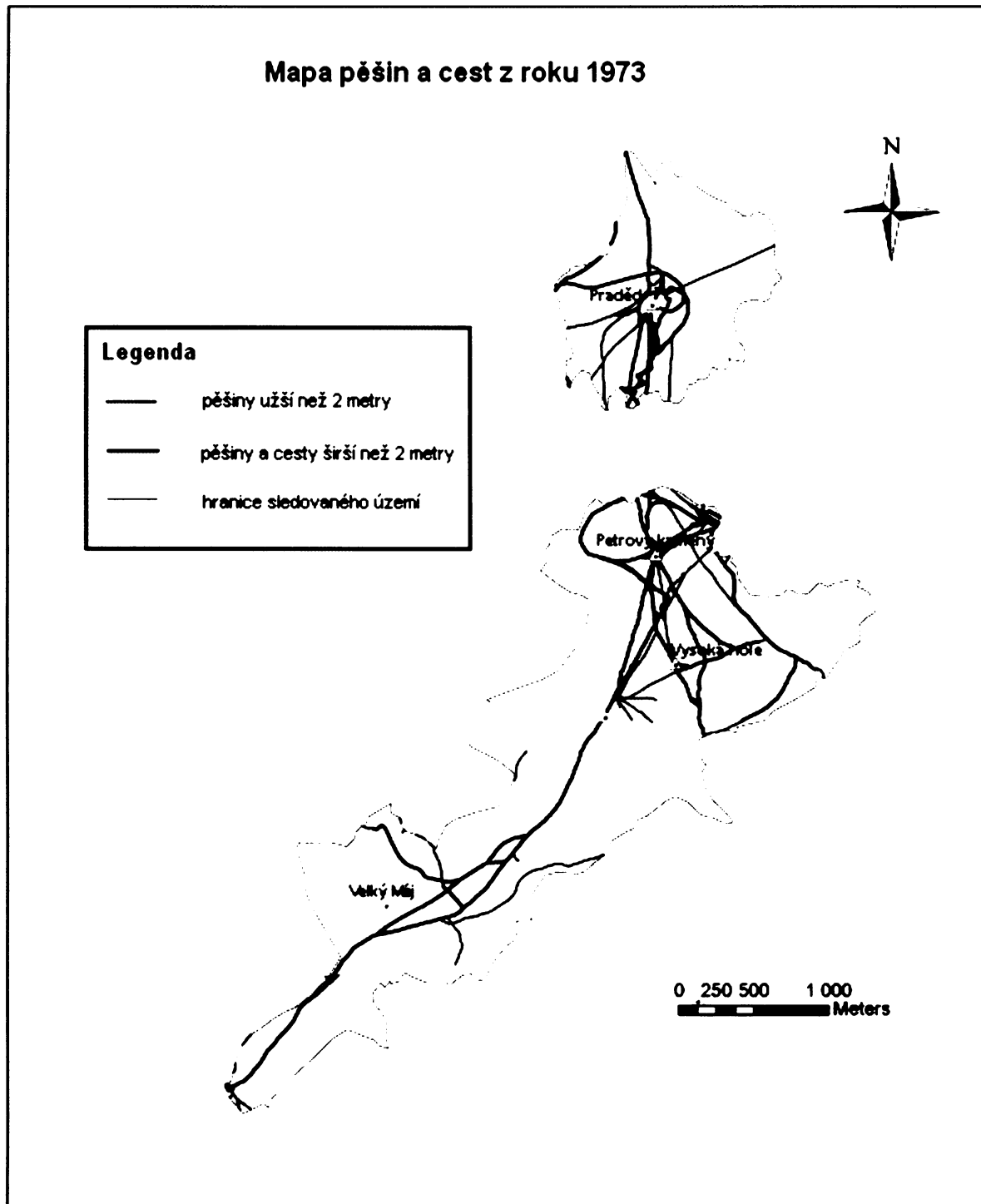
Příloha č. 1: Mapa pěšin a cest a jejich změn mezi roky 1953 – 1973 - 2001



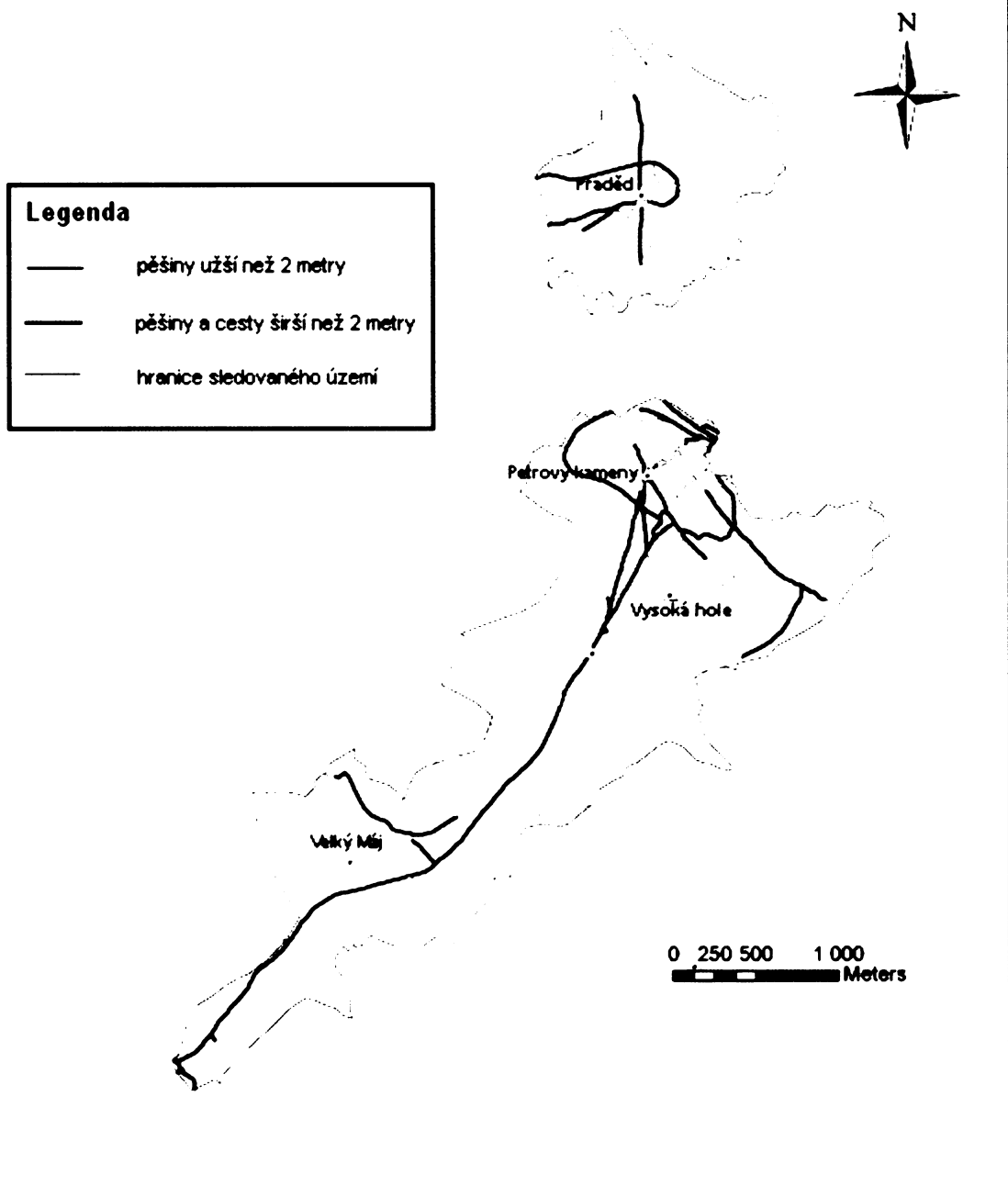
Příloha č. 2: Mapa pěšina a cest z roku 1953



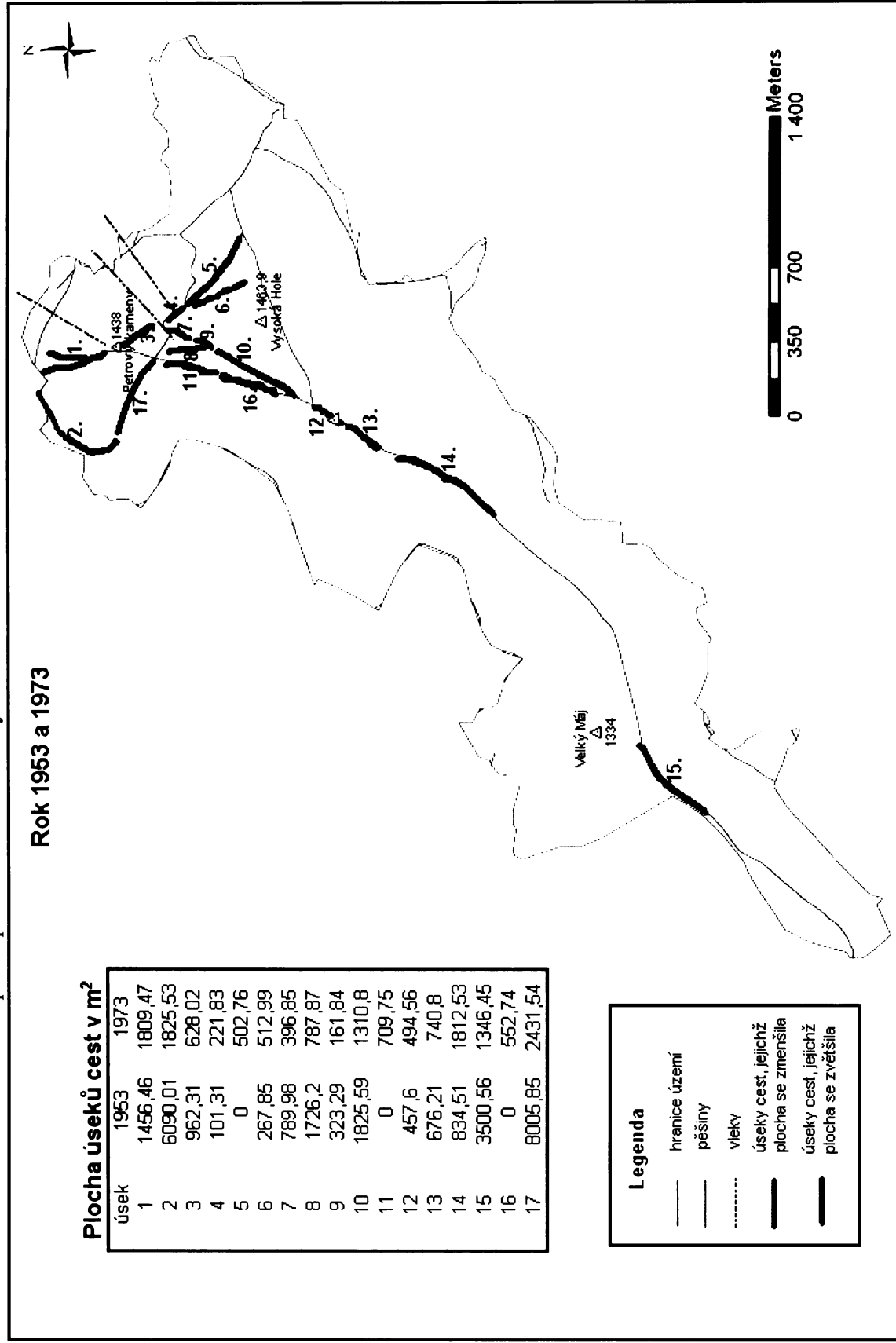
Příloha č. 3: Mapa pěšin a cest z roku 1973



### Mapa pěšin a cest v roce 2001



Příloha č. 5: Změna orientačních ploch pěstín a cest mezi roky 1953 a 1973



Příloha č. 6: Změna orientačních ploch pěšin a cest mezi roky 1973 a 2001

