

# **Závislosť rozloženia snehovej pokrývky od morfometrických parametrov reliéfu vo vybranej časti Žiarskej doliny**

Pavel Krajčí

Katedra fyzickej geografie a geokológie, Prírodovedecká Fakulta, Univerzita Komenského v  
Bratislave, Mlynská dolina,  
842 15, Bratislava, Slovenská republika  
krajcipalo@gmail.com

**Abstrakt.** Cieľom tejto práce bolo kvantifikovať závislosť výšky snehovej pokrývky na morfometrických parametroch georeliéfu vo vybranej časti Žiarskej doliny v Západných Tatrách. Výška snehovej pokrývky bola meraná na 32 výskumných bodoch počas zimnej sezóny 2012/2013. Výskumné body boli rozmiestnené, tak aby čo najlepšie reprezentovali špecifický reliéf daného územia. Pre tieto body boli vypočítané morfometrické parametre reliéfu. Tieto hodnoty následne vstupovali do regresnej analýzy. Z tejto analýzy vyplynulo, že najväčší vplyv na rozmiestnenie výšky snehovej pokrývky má tangential curvature (normálová krivosť v smere dotýčnice k vrstevnici) a TPI index. Koeficient determinácie dosiahol pre vzťah s tangential curvature, maximálnu hodnotu 0,73. U ostatných morfometrických parametrov sa nepreukázala významná závislosť s výškou snehovej pokrývky. Na základe vzťahov získaných z regresnej analýzy boli vytvorené regresné modely, ktoré boli použité pre vytvorenie máp rozmiestnenia snehovej pokrývky.

**Kľúčová slova:** sneh, GIS, výška snehovej pokrývky, morfometria, nad hornou hranicou lesa.

**Abstract. Relationship between snow cover distribution and morphometrical parameters of relief in selected part of the valley Žiarska dolina.** The aim of this study was to quantify dependency between distribution of snow cover and morphometric parameters of the relief in selected part of Žiarska dolina valley. Snow depth was measured on 32 points during the winter 2012/2013. Distribution of the points in the study area was in compliance with specifications of the terrain. Morphometric parameters were calculated for all this points and then used as inputs to regression analysis. Results of the analysis showed that tangential curvature and TPI have the biggest influence on the distribution of the snow cover. The highest value of the coefficient of determination for the relation with tangential curvature was 0,73. There wasn't significant dependency between snow depth and other morphometric parameters. Based on equations from regression analysis, the regression models were created. These models were used as input for creation of maps of snow cover distribution.

**Keywords:** snow, GIS, snow depth, morphometrics, above tree line

## 1 Úvod

Numericky vyčíslit množstvo transportovaného snehu a určiť miesto jeho akumulácie je veľmi náročná úloha. Transport snehu totiž ovplyvňuje množstvo faktorov, počínajúc morfológickými vlastnosťami reliéfu, ktoré sa v relevantnom čase nemenia, až po meteorologické faktory, ktoré sa môžu meniť vo veľmi krátkych časových intervaloch. Rozmiestnenie snehovej pokrývky, jej trvanie a tiež veľkosť územia pokrytého snehom sú významnými parametrami z hľadiska hydrologickej a energetickej bilancie a tieto charakteristiky sú nutnosťou pri predpovedi odtoku zo snehovej pokrývky. Vzhľadom na to, že počas zimného obdobia sa môže v horských povodiach akumulovať veľké množstvo vody vo forme snehu, je potrebné z vodohospodárskeho hľadiska, čo najpresnejšie odhadovať tieto zásoby. Dostatok či nedostatok vody z topiacej sa snehovej pokrývky môže do veľkej miery ovplyvňovať napríklad poľnohospodárstvo, či výrobu elektrickej energie. Pri rýchlym a intenzívnom topení môžu vzniknúť dokonca aj povodne z topiaceho sa snehu.

Snehová pokrývka zasahuje významne aj do globálneho klimatického systému a to hlavne do radiačnej bilancie zemského povrchu predovšetkým svojím vysokým albedom. Akumulácia a prenos snehu je tiež významným faktorom pri predpovedi stupňa lavínového nebezpečenstva. Dnes pri rozvoji outdoorových športov ako skialpinizmus je čoraz bežnejšie, že sa vo vysokohorskom, lavínovom teréne pohybujú mnohí návštevníci aj v zimných mesiacoch. Pre týchto turistov je informácia o stupni lavínového nebezpečenstva veľmi dôležitá pri plánovaní výstupových trás.

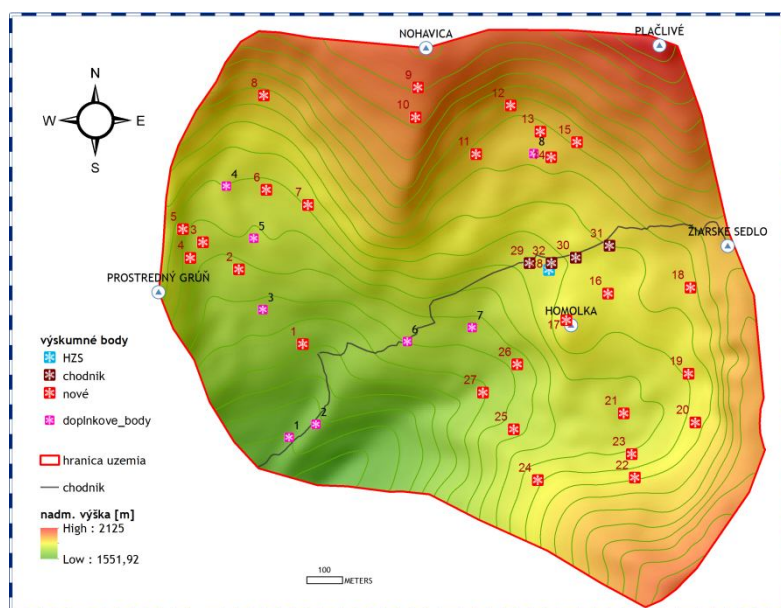
## 2 Materiál a metódy

### 2.1 Tvorba DMR

Ako podklad všetkých analýz slúži DMR (digitálny model reliéfu) vytvorený z topografickej mapy 1:10 000. DMR sme vytvorili pomocou modulu v.surf.rst (interpoláčna metóda: Spline) v programe Grass GIS. Z výslednej vrstvy sme vytvorili vrstvy ďalších morfológických parametrov (sklon, tangential curvature a profile curvature), tiež pomocou modulu v.surf.rst. Parameter tangential curvature vyjadruje normálovú krivosť v smere dotýčnice k vrstevnici a parameter profile curvature vyjadruje normálovú krivosť v smere dotýčnice k spádnicu, v ďalšom texte budeme používať anglické ekvivalenty. Toto DMR sme použili aj ako vstup pre vytvorenie máp orientácií reliéfu voči svetovým stranám a mapu TPI (topographic position index). Pri tvorbe máp orientácie voči svetovým stranám sme nevyužívali škálu od 0° po 360°. Vytvorili sme samostatných osem máp, pre jednotlivé orientácie: sever, severozápad, západ, juhozápad, juh, juhovýchod, východ a severovýchod. Každá mapa nadobúdala v skúmanom smere hodnotu 0° a postupne sa na obe strany spojito zvyšovala hodnota až po 180° respektíve -180°. Napríklad pri testovaní závislosti výšky snehu so severozápadnou orientáciou, nadobúdala severozápadná orientácia hodnotu 0° a juhovýchodná orientácia tým pádom nadobúdala hodnoty 180 a -180. Tieto mapy boli vytvorené pomocou nástroja Raster calculator v programe ArcGis.

### 2.3 Rozmiestnenie výskumných bodov

Výskumné body, teda snehomerné tyče boli rozmiestnené, tak aby čo najlepšie reprezentovali špecifiká reliéfu daného územia (obr. 1). Pri rozmiestňovaní sme museli brať ohľad aj na časovú dostupnosť, tak aby bolo možné odčítať výšku snehu zo všetkých bodov počas jedného dňa. V neposlednom rade sme museli brať do úvahy aj výskyt lavín v danom území, ktoré by mohli výskumné body zničiť. Lavíny sú tu veľmi časté a lavínové dráhy zaberajú veľkú časť skúmaného územia, preto nebolo možné, aby sme body umiestnili úplne mimo dosahu činnosti lavín.



Obr. 1. Rozmiestnenie výskumných bodov.

### 2.4 Terénne merania

Vlastné terénne merania neprebiehali v pravidelných intervaloch, viac sme pri plánovaní meraní brali do úvahy významné epizódy sneženia tak, aby boli zachytené všetky významnejšie zmeny výšky snehu. V priebehu skúmaného obdobia teda od 01.12.2012 do 31.03.2013 sme vykonali 12 meraní.

Počas obdobia, kedy prebiehali merania sa však vyskytlo viacero problémov, vzhľadom na priebeh počasia a lavínového rizika počas tohtoročnej zimy.

- 05.01.2012 Výskumný bod číslo 13 bol zničený lavinou
- 27.01.2013 Výška snehu na výskumnom bode číslo 12 presiahla jeho výšku.
- 24.02.2013 Pre hustú hmlu a nebezpečenstvo samovoľného uvoľnenia lavín sme odmerali hodnoty iba na 10 bodoch.
- 28.02.2013 Cez výskumné body číslo 4, 5, 8, 18, 19 prešli lavíny. Body neboli zničené.

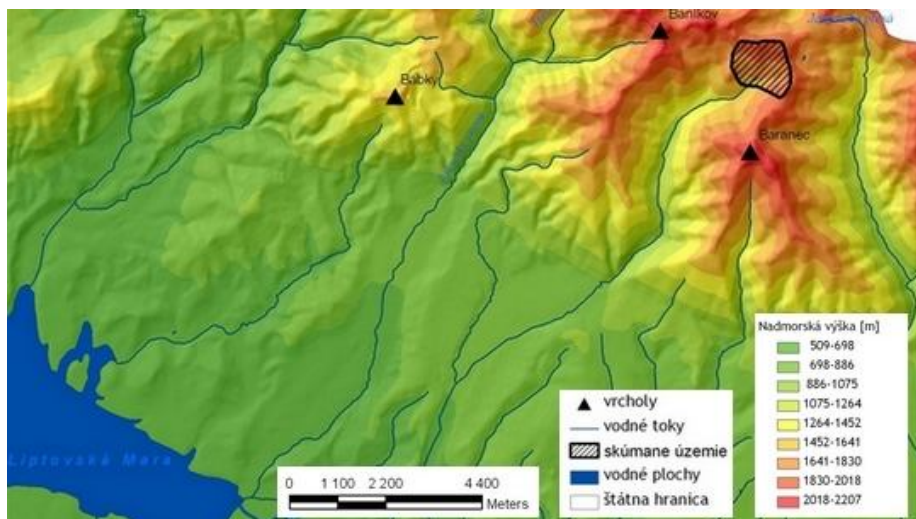
- 28.02.2013 Výskumný bod číslo 6 bol úplne zasypaný nánosom lavíny z Nohavice.
- 04.03.2013 Po vyššie uvedených stratách výskumných bodov sme sa rozhodli pridať doplňujúce body, ktoré sme zamerali pomocou prístroja GPS a výšku snehu sme merali pomocou lavínovej sondy.

### 2.5 Metódy extrapolácie výsledkov do priestoru.

Z dostupných lokálnych, globálnych a geoštatistických metód, vzhľadom na charakter skúmaného územia a počet výskumných bodov sme sa rozhodli pre globálne metódy. Pre iné metódy by bola hustota bodov vzhľadom na zložitosť geomorfologických pomerov tohto územia nedostatočná. Spomedzi globálnych metód sme využili regresnú analýzu. Pri tvorbe výsledných máp rozmiestnenia snehovej pokrývky sme postupovali, tak že sme do nástroja raster calculator v programe ArcGIS vložili rovnicu regresie. Ako vstupy sme použili rastrové mapy morfometrickým parametrov reliéfu.

## 3 Poloha skúmaného územia

Skúmané územie sa nachádza v severovýchodnej časti Žiarskej doliny v Západných Tatrách (obr. 2). Podľa geomorfologického členenia SSR Mazúr, Lukniš [1] sa nachádza v celku Tatry, podcelku Západné Tatry. V rámci Západných Tatier je to časť Liptovské Tatry. Skúmané územie je ohraničené vrcholmi Prostredný Grúň (1870 m n.m.), Nohavica (2047 m n.m.), Plačlivé (2125 m n.m.) a hrebeňom prebiehajúcim od Žiarskeho sedla (1917 m n.m.) na Smrek (2072 m n.m.). Rozloha tohto územia je 1,38 km<sup>2</sup>. Výškový rozdiel je 574 m. Priemerná nadmorská výška je 1838 m.



Obr. 2. Poloha skúmaného územia

## 4 Rozloženie snehovej pokrývky v skúmanom území

Zo skúmaných bodov boli najvyššie hodnoty výšky snehovej pokrývky namerané na bode číslo 21. Tento bod sa nachádza na dne ľadovcového kotla v západnej časti územia. V rámci tohto kotla je umiestnený v zníženine ohraničenej zo všetkých strán. Táto zníženina sa nachádza asi 3m pod úrovňou okolitého reliéfu. Tieto špecifické geomorfologické pomery spôsobili, že je tu rýchlosť vetra výrazne nižšia, ako v okolí a preto sa tu teda akumuluje také veľké množstvo snehu. Vysoké hodnoty sme namerali aj na bodoch číslo 25 a 32. Najnižšie hodnoty boli namerané na bodoch číslo 14, 24 a 17. Bod číslo 14 sa síce nachádza na dne ľadovcového kotla, no v rámci tohto kotla sa nachádza na vyvýšenine, ktorá vyčnieva nad okolitý reliéf. Je možné predpokladať, že v týchto miestach je rýchlosť vetra vyššia, ako v okolí a sneh je teda z tohto miesta odvievaný. Bod číslo 17 je umiestnený na vrchole Homôľky, ktorá sa nachádza v strede medzi výraznými kotlinami pod Plačlivým a pod hrebeňom Smreku. Podobne, ako v prípade bodu číslo 14, je tiež umiestnený na výraznej vyvýšenine, kde sú predpokladané vyššie rýchlosti vetra, ako v jej okolí. Bod číslo 17 je lokalizovaný na odlišnom mieste ako predchádzajúce dva. Nachádza sa na konvexnom svahu, ktorý smeruje na západ. Výška snehovej pokrývky na tomto bode súvisí zrejme s konvexnosťou tohto územia a tiež s jeho orientáciou voči svetovým stranám. Sneh je z tohto miesta odvievaný pri južnom a západnom prúdení. Akumulácia tu prebieha pri východnom prúdení, no keďže je toto prúdenie zriedkavejšie, boli tu namerané nízke hodnoty snehovej pokrývky.

### 4.1 Nadmorská výška, sklon, profile curvature, orientácia voči svetovým stranám

Postupne sme posudzovali závislosť týchto vybraných parametrov a výšky snehovej pokrývky na výskumných bodoch pre 10 dátumov. Regresná analýza týchto vybraných parametrov a výšky snehovej pokrývky žiadnu významnú závislosť nepreukázala. U nadmorskej výšky a sklonu sa splnil náš predpoklad a žiadny významnejší vzťah s výškou snehu sa tu nepreukázal. Čo sa týka profile curvature a orientácie sme však predpokladali, že sa tu vzťah preukáže. Pre hodnotenie korelácie medzi orientáciou reliéfu a výškou snehu sme neskúmali cez celú škálu naraz (od 0 do 360°), ale podľa jednotlivých vybraných orientácií samostatne (S, SV, V, atď.). Napriek tomuto postupu sa žiadna významná závislosť nepreukázala. U parametru profile curvature dosiahol koeficient  $R^2$  maximálne 0,297, čo je dosť nízka hodnota. Predpokladáme, že u týchto dvoch posledne spomínaných parametrov sa nízkych hodnotách podpísali nepresnosti vo vstupných dátach pre DMR, druhým faktorom by mohol byť aj nedostatočný počet výskumných bodov, hlavne u orientácií.

### 4.2 TPI

Topografický pozičný index (TPI) predstavuje parameter, ktorý je vyjadrením hodnoty relatívnej výšky v danom bode [2]. Vzťah TPI a výšky snehovej pokrývky sa vo viacerých prípadoch preukázal. Najvyššiu hodnotu dosiahol v meraní

uskutočnenom 28.02.2013 (tab.1). Vývoj hodnôt  $R^2$  je podobný ako v prípade tangential curvature.

Tab. 1. Koefficienty determinácie pre parameter TPI v termínoch merania

dátum	01.12. 12	08.12. 12	21.12. 12	07.01. 13	13.01. 13	24.01. 13	27.01. 13	10.02. 13	28.02. 13	04.03. 13
$R^2$	0,193	0,086	0,151	0,411	0,478	0,471	0,460	0,501	0,523	0,478

Vyššie hodnoty  $R^2$  možno prisudzovať tomu že v hrebeňových a vyvýšených polohách je predpokladaný častejší výskyt silného vetra [3] a teda možno predpokladať že je z týchto polôh snehová pokrývka odnášaná vetrom.

Pri snahe čo najlepšie popísať rozmiestnenie snehovej pokrývky sme testovali aj metódu viacnásobnej regresie, do ktorej vstupovali, ako nezávislé premenné tangential curvature a TPI, no výsledná rovnica nepreukázala lepšie vlastnosti, ako to bolo v prípade keď do nej vstupovala iba tangential curvature.

#### 4.3 tangential curvature

Pri hodnotení závislosti výšky snehovej pokrývky a tangential curvature regresnou analýzou boli dosiahnuté výrazne vyššie hodnoty koeficientu determinácie pri polynóme druhého stupňa, ako to bolo u ostatných morfometrických parametrov s výnimkou TPI. Pri prvých troch meraniach to boli nízke hodnoty, no s postupne sa zvyšujúcou snehovou pokrývkou počas zimy, koeficient determinácie rástol a v ďalšom období sa stabilizoval a iba mierne kolísal okolo hodnôt 0,6 až 0,72 (tab. 2). Najvyššia hodnota  $R^2$  bola dosiahnutá pre dátum 28.02.2013.

Ako sme už spomínali rovnica získaná pri regresnej analýze výšky snehu a tangential curvature dosahovala najlepšie parametre, preto sme tieto získané vzťahy použili pri tvorbe máp rozmiestnenia snehovej pokrývky v našom skúmanom území.

Tab. 2. Koefficienty determinácie pre parameter tangential curvature v termínoch merania

dátum	01.12. 2012	08.12. 2012	21.12. 2012	07.01. 2013	13.01. 2013	24.01. 2013	27.01. 2013	10.02. 2013	28.02. 2013	04.03. 2013
$R^2$	0,000	0,144	0,179	0,584	0,698	0,708	0,701	0,626	0,73	0,629

## 5 Priestorové zobrazenie výsledkov

Jedným z hlavných cieľov tejto práce, bolo extrapolovať výsledky do priestoru, teda do nášho skúmaného územia. Vytvorili sme 9 výsledných máp pre 9 termínov meraní. Z prvého merania 1.12.2012 sme mapu nevytvorili, keďže v tom čase bola iba minimálna výška snehu jej rozmiestnenie bolo takmer rovnomerné. Rozloženie snehu bolo počas skúmaného obdobia rozdielne, hlavne na začiatku zimy, kedy sa vyskytovala iba minimálna snehová pokrývka. Pre toto obdobie bolo ťažké nájsť vzťah s reliéfom. Postupne sa však rozmiestnenie ustálilo. Najvyššia hodnota

koeficientu determinácie bola vypočítaná pre výšku snehu a tangential curvature. Na základe tohto je zrejmé, že najvyššie hodnoty výšky snehu boli vypočítané pre územia s najnižšími hodnotami tangential curvature. Konkrétne sú to plochy v doline Smrečianky v blízkosti bodu číslo 27 a v dolinke južne od bodu číslo 1. Obe tieto plochy sú vlastne korytá vodných tokov. Pomerne vysoké hodnoty boli vypočítané aj pre dná kotlov pod Plačlivým a Smrekom, kde sa nachádzajú zníženiny vytvorené činnosťou ľadovca a sú pod úrovňou okolitého reliéfu.

Najnižšie hodnoty výšky snehu boli vypočítané pre územia s najvyššími hodnotami tangential curvature. Podľa regresných rovníc boli dokonca na niektorých miestach vypočítané záporné hodnoty. Boli to väčšinou oblasti na hrebeňoch a vyvýšeninách, ako napríklad plochy v blízkosti bodu číslo 24, 17 a 10. V týchto miestach bolo počas celého sledovaného obdobia predpokladané malé množstvo snehovej pokrývky, alebo dokonca žiadna snehová pokrývka.

Ako už bolo spomínané vyššie, sneh má tendenciu akumulácie v konkávných formách (žľaby, muldy, lokálne depresie) a záveterných stranách pohorí. Naopak odvievaný je z konvexných foriem (chrby, hrebene, vyvýšeniny, vrcholy) a náveterných strán.

## 5.1 Overenie presnosti výsledkov

Dôležitou súčasťou analýzy prírodných javov je overenie presnosti zistených výsledkov a predpokladov. My sme sa rozhodli overiť presnosť našich výsledkov dvoma hlavnými spôsobmi. Prvým bolo využitie štatistických koeficientov vyvinutým pre tento účel. Druhým spôsobom bola empirická kontrola pomocou priameho pozorovania týchto javov v teréne a porovnanie výsledných máp s fotografiami.

### 5.1.1 Overenie presnosti štatistickými koeficientmi

Pre kontrolu presnosti sme využili rôzne štatistické koeficienty. Prvým dôležitým ukazovateľom kvality modelu je koeficient determinácie. Dosiagnuté hodnoty koeficientu determinácie, sme už popisovali v predchádzajúcich kapitolách, preto sa ním už v tejto kapitole nebudeme zaoberať. Ďalšími dobrými ukazovateľmi kvality predikcie modelu sú koeficienty MAE (mean absolute error = priemerná absolútna chyba) použité v prácach [3], [4]. Koeficient MAE počíta priemerné odchýlky medzi skutočnými a odhadnutými hodnotami v jednotkách nezávislej premennej (v tomto prípade v cm), hodnoty odchýlok sú v absolútnych hodnotách.

MAE (mean absolute error)

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |P_i - O_i|$$

N = veľkosť vzorky vstupných dát (počet staníc)

O<sub>i</sub> = odhadovaná (vypočítaná) hodnota

P<sub>i</sub> = pozorovaná (nameraná) hodnota

Keď však chceme hodnotiť a porovnávať kvalitu dvoch rozdielnych modelov pre rozdielne štatistické súbory, alebo rôzne dátumy, je potrebné použiť percentuálne vyjadrenú chybu modelu. Napríklad v našom prípade na začiatku zimy, dosahovala

snehová pokrývka nízkych hodnôt, tým pádom aj hodnota MAE bola nízka, no neskôr v zimnom období sa snehová pokrývka zvyšovala a aj MAE bol vyšší, toto mohlo naznačovať, že v prvom prípade je model presnejší, no nebolo to tak. V podobných prípadoch je síce v týchto prípadoch viac používaný koeficient MAPE (mean absolute percentage error = priemerná absolútna percentuálna chyba), no v našom prípade ho nebolo možné použiť, keďže nami namerané údaje dosahovali aj nulové hodnoty, čo tento model nedokáže zhodnotiť, preto sme pristúpili k použitiu koeficientu sMAPE (symetric MAPE= symetrická priemerná absolútna percentuálna chyba).

sMAPE ( Symmetric mean absolute percentage error)

$$\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{|P_i - O_i|}{(P_i + O_i)/2}$$

[5]

N = veľkosť vzorky vstupných dát (počet staníc)

O<sub>i</sub> = odhadovaná (vypočítaná) hodnota

P<sub>i</sub> = pozorovaná (nameraná) hodnota

Tab. 3. Hodnoty koeficientov MAE a sMAPE pre hodnotenie kvality regresných modelov v skúmaných dátumoch

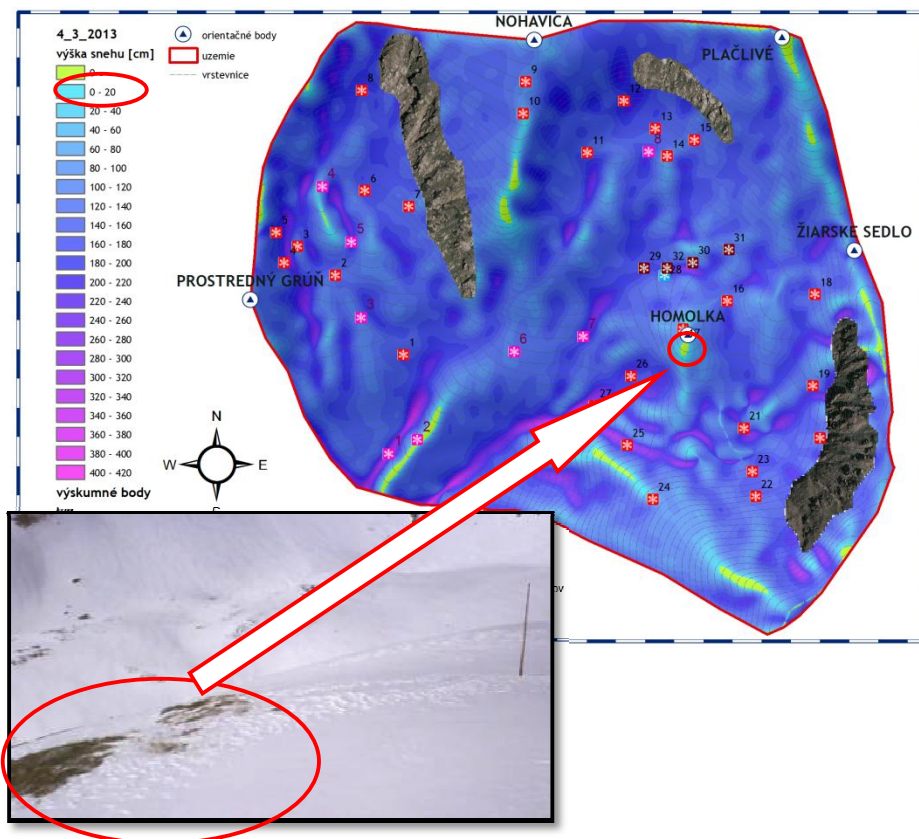
dátum	08.12. 12	21.12 .12	07.01. 13	13.01. 13	24.01. 13	27.01. 13	10.02. 13	28.02. 13	04.03. 13
MAE	8,416	15,80	26,89	23,43	22,83	25,70	32,45	30,33	32,80
sMAPE	0,706	0,701	0,474	0,252	0,252	0,346	0,297	0,219	0,226

Z tab. 3 je zrejme, že aj keď sa koeficient MAE zvyšoval, kvalita modelu sa zvyšovala. V prvých dvoch dátumoch dosiahol sMAPE hodnoty až nad 70%, čo nasvedčuje o dost veľkej nekvalite modelu, následne však hodnoty sMAPE klesali, keď minimum dosiahli pri dátume 28.02.2013, kedy môžeme predpokladať, že je model najpresnejší. Z hľadiska priestorového rozmiestnenia chýb nemožno povedať, že by sa nejakých bodoch sústavne vyskytovali najväčšie chyby. Podobne to bolo aj u minimálnych chybách.

### 5.1.2 Overenie presnosti fotografiami a priamym pozorovaním

Druhým spôsobom overenia výsledkov bola empirická kontrola pomocou priameho pozorovania týchto javov v teréne a porovnávanie výsledných máp s fotografiami. Takýmto spôsobom nie je možné komplexne, kvantitatívne hodnotiť kvalitu výslednej mapy, no možno napríklad porovnať miesta bez snehovej pokrývky a miesta, kde by sa podľa modelu výška snehovej pokrývky mala dosahovať nulové alebo záporné hodnoty. Ukážku takéhoto porovnania je na obr. 3.





Obr. 3: Porovnanie plôch bez snehovej pokrývky na fotografii a na mape rozmiestnenia snehu pre dátum 04.03.2013 v blízkosti výskumného bodu číslo 17.

Na základe tohto postupu môžeme konštatovať, že vytvorené mapy dostatočne predpovedajú miesta bez snehovej pokrývky, čo je kľúčové pri použití ako vstup do modelov odtoku z topenia snehu.

## 6 Záver

Hlavným cieľom tejto práce bolo odhaliť závislosť rozmiestnenia snehovej pokrývky na tvaroch reliéfu. Tvary reliéfu boli vyjadrené kvantitatívne, pomocou morfometrických parametrov. Táto úloha bola veľmi náročná, vzhľadom na rozsah a zložitosť tohto problému. Bolo potrebné vybrať parametre, ktoré budeme posudzovať a určiť metódy analýzy a metódy overenia presnosti. Na základe vypracovanej analýzy možno konštatovať, že náš predpoklad sa potvrdil a tento vzťah sa preukázal a reliéf ovplyvňuje distribúciu snehu v teréne. Hlavný cieľ sa teda podarilo splniť. Najvýraznejšie sa prejavil vplyv tangential curvature. Sneh bol odvievaný z konvexných hrebeňov, chrbtov a vrcholov a následne bol akumulovaný do konkávných žľabov, dolín a terénnych depresií. Vzťah sa preukázal aj pri parametri

TPI. Týmto vzťahom sa tiež potvrdilo, že sneh je hrebeňových polôh odnášaný a následne akumulovaný v terénnych zníženinách. Predpokladali sme, že sa závislosť ukáže aj pri orientácii reliéfu, no tu sa náš predpoklad nepotvrdil. Mohlo to byť spôsobené chybami vstupných údajov, ale aj metodikou nášho výskumu. Hodnoty koeficientu determinácie tangential curvature a výšky snehu, však neboli počas celého obdobia rovnaké. Pri prvých troch meraniach to boli nízke hodnoty, no s postupne sa zvyšujúcou snehovou pokrývkou počas zimy, koeficient determinácie rástol a v ďalšom období od 07.01.2013 sa stabilizoval a iba mierne kolísal.

Nie je možné presne určiť, aké boli príčiny chýb a nepresností. Tieto nedostatky možno prisudzovať viacerým faktorom. Jedným z nich je kvalita vstupných dát, ktoré boli použité pri tvorbe DMR. DMR sme vytvorili na základe topografickej mapy 1:10 000, ktorá však v oblastiach s reliéfom skalných stien, vykazovala značné nepresnosti. V dobe keď vznikala, neboli k dispozícii také kvalitné fotogrametrické metódy, ako je tomu dnes. Ďalším nedostatkom našej analýzy bol pomerne nízky počet vstupných výskumných bodov, na ktorých prebiehali merania výšky snehovej pokrývky. Tento počet by bolo potrebné zvýšiť, aby sme dokázali lepšie zachytiť špecifika skúmanej oblasti. Väčší počet by bol potrebný aj z pohľadu, že toto územie je ohrozované lavínami, ktoré môžu výskumné body ničiť. V tejto práci sme sa hlavne zamerali na hodnotenie vplyvu reliéfu, no rozmiestnenie snehovej pokrývky vo výraznej miere ovplyvňujú aj meteorologické faktory. Pre využitie týchto výsledkov pri modelovaní odtoku zo snehovej pokrývky je teda potrebné zamerať sa aj na zohľadnenie meteorologických faktorov.

Do budúcnosti by bolo vhodné pripojiť k meraniam výšky snehovej pokrývky aj merania vodnej hodnoty snehu a otestovať použitie tejto metódy pri modelovaní odtoku zo snehovej pokrývky, kde by sa naplno prejavila kvalita zvolenej metódy.

## Referencie

[1] MAZÚR, E., LUKNIŠ, M. 1978. Regionálne geomorfologické členenie SSR. In: Geografický časopis, roč. 30, č. 2, 1978, s. 101-125.

[2] JENNESS, J. 2006. Topographic position index. [online]. 2006. [cit. 2013.04.21]. Dostupné na internete: <[http://www.jennessent.com/downloads/TPI\\_Documentation\\_online.pdf](http://www.jennessent.com/downloads/TPI_Documentation_online.pdf)>.

[3] KYSEĽ, J. 2012: Analýza hrozby silných vetrov na území Slovenska, UK v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Diplomová práca, 2012

[4] MULLER, A. 2010. Spatial modeling of climate : master thesis. Prague : Czech technical University, 2010. 102 s. [cit. 2013.03.24] Dostupné na internete: <<http://maps.fsv.cvut.cz/~muller/AM-DP.pdf>>

[5] MAKRIDAKIS, S., HIBON, M. 2000. The M3 Competition: results, conclusions, and implications In: International Journal of Forecasting vol. 16 , p. 451 – 476. [online] 2010 [cit. 2013.03.10]. Dostupné na internete: <<http://www.forecastingprinciples.com/files/pdf/Makridakia-The%20M3%20Competition.pdf>>