

MORFOMETRICKÁ ANALÝZA ÚZEMIA TRIBEČ A POHRONSKÝ INOVEC

Barbora FILO, Mária KUŤKOVÁ

Morphometric analysis Tribeč and Pohronský Inovec region

Abstract: Tribeč and Pohronský Inovec region analysis is performed based on a set of selected morphometric parameters. In mathematical relations first and second order partial derivations act as input variables, which can be these days generated using *v.surf.rst* module (QGIS – GRASS). Based on entries generated from discrete height field, analysis of various morphometric variables according to defined categories was performed. Part of the work is a brief characteristics of morphometric variables.

Keywords: morphometric analysis, morphometric variables set, partial derivations as an input variables, georelief, interpolation

Úvod

V predloženej práci vychádzame z teoretickej koncepcie morfometrickej analýzy georeliéfu, ktorá bola z fyzikálneho hľadiska matematicky všeobecne vyjadrená v práci (Šalamon, 1963). Následne na ňu bola ďalej rozpracovaná a pôvodne aj kartograficky vyjadrená v prácach (Krcho, 1964a, b). Podrobne však bola koncepcia rozpracovaná v prácach (Evans, 1972; Krcho, 1973, 1990, 2001). V práci je analyzovaná priestorová geometrická štruktúra georeliéfu územia Tribeč, Pohronský Inovec a časti Podunajskej pahorkatiny. Vyjadrená je množinou morfometrických veličín, ktorá vychádza z uvedených teoretických prác.

Cieľom práce bola morfometrická analýza územia a vyhodnotenie priestorového zastúpenia daných morfometrických veličín podľa jednotlivých geomorfologických celkov a zadefinovaných kategórií. Študovaná oblasť sa rozprestiera na šiestich mapových listoch Základnej mapy SR (ZM SR) 35-41, 35-42, 35-43, 35-44, 45-21, 45-22 v mierke 1:50 000. Analýza bola vykonaná vo voľne dostupnom programe QGIS pomocou zásuvného modulu GRASS.

Morfometrickou analýzou na území Tribeč a Pohronský Inovec sa taktiež zaoberali Hudák (2014) a Muranský (2014). V oboch prípadoch však išlo o čiastočný cieľ práce, kde boli v analýze použité iné postupy. V práci (Hudák, 2014) išlo o výpočet morfometrických veličín pomocou rasterovej kalkulačky, kde vstupy do výpočtov predstavovali modulom *v.surf.rst* (program GRASS) vygenerované parciálne derivácie prvého a druhého rádu. S programom ArcGIS vo svojej práci pracoval (Muranský, 2014), kde na interpoláciu nadmorskej výšky použil nástroj Topo To Raster a následne aj vyvinul nástroj na automatické určenie plošného zastúpenia vybranej morfometrickej veličiny 0-tého až 1-vého rádu. Časť uvedeného územia (mapový list ZM SR 35-43) taktiež morfometricky analyzovala vo svojej práci (Koreňová, 2014). Vývoj georeliéfu Pohronského Inovca, jeho štruktúru a formy podrobne spracoval a publikoval (Minár, 1995).

1. Metodika

O skúmanom území – Tribeč, Pohronský Inovec, uvažujeme ako o statickom modeli georeliéfu, vyjadrenom funkciou dvoch premenných bez parametra času T . Nadväzujeme tak na základné práce (Šalamon, 1963; Evans, 1972; Krcho, 1964a, b, 1973, 1990, 1992/93, 2001; Krcho a Benová, 2013), ako aj na ďalšie nadväzujúce základné práce (Jenčo, 1992; Minár, 1998; Mitášová a Hofierka, 1993).

Mgr. Barbora FILO, Mgr. Mária KUŤKOVÁ, Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra kartografie, geoinformatiky a DPZ, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava, e-mail: filo.barbora@gmail.com, maruskakutkova@gmail.com

Tento model vyjadríme v kartografickom konformnom zobrazení v kartézskej súradnicovej sústave $\langle O; x, y, z \rangle$ funkciou dvoch premenných vo všeobecnom tvare:

$$z = f(x, y), \quad (1)$$

ktorej širšie vlastnosti boli podrobne opísané v citovaných prácach. Parciálne derivácie prvého a druhého rádu funkcie (1) sú v zmysle citovaných prác vyjadrené symbolmi z_x, z_y a druhého rádu symbolmi z_{xx}, z_{xy}, z_{yy} . Tieto slúžia ako vstupné premenné veličiny v matematických vzťahoch jednotlivých morfometrických veličín z množiny:

$$G_{RF} = \{z, |grad\ z|, \gamma_N, A_N, (K_N)_n \equiv \omega, (K_N)_t, K_r, \dots\}, \quad (1a)$$

ktoré stručne charakterizujeme v nasledujúcej podkapitole. Množina (1a) bola v práci (Minár, 1998) a následne aj v ďalších citovaných prácach rozdelená podľa rádu vstupných premenných parciálnych derivácií do podmnožín, kde horné indexy (0), (1), (2) vyjadrujú rád vstupných premenných:

$$^{(0)}G_{RF} = \{z\}, \quad (1b)$$

$$^{(1)}G_{RF} = \{|grad\ z|, \gamma_N, A_N\}, \quad (1c)$$

$$^{(2)}G_{RF} = \{(K_N)_n \equiv \omega, (K_N)_t, K_r\} \quad (1d)$$

1.1 Stručná charakteristika morfometrických veličín

Jednotlivé morfometrické veličiny (1a) majú podľa (Krcho, 1990, 2001; Krcho a Benová, 2004) nasledovný význam:

Absolútna hodnota gradienta výšok – $|grad\ z|$, kde (2) vyjadruje tangens sklonu georeliéfu γ_N , v ktorej premenné z_x a z_y sú parciálne derivácie prvého rádu pôvodného výškového poľa:

$$|grad\ z| = \sqrt{z_x^2 + z_y^2} \quad (2)$$

Sklon georeliéfu v smere spádnic – γ_N , kde (3) vyjadruje okamžitú intenzitu gravitačne podmienených procesov (Krcho, 1973; Minár a Machová, 2010):

$$\gamma_N = \arctg(|grad\ z|) = \arctg\sqrt{z_x^2 + z_y^2} \quad (3)$$

Orientácia georeliéfu voči svetovým stranám – A_N , kde (4) vyjadruje expozíciu georeliéfu voči svetovým stranám (Krcho, 1973, 1990; Minár a Machová, 2010):

$$A_N = \arccos\left(\frac{-z_x}{\sqrt{z_x^2 + z_y^2}}\right) = \arcsin\left(\frac{-z_y}{\sqrt{z_x^2 + z_y^2}}\right) = \arctg\left(\frac{z_y}{z_x}\right) \quad (4)$$

Normálová krivosť georeliéfu v smere spádnic – $(K_N)_n \equiv \omega$, kde

$$(K_N)_n \equiv \omega = -\frac{z_{xx}z_x^2 + 2z_{xy}z_xz_y + z_{yy}z_y^2}{(z_x^2 + z_y^2)\sqrt{(1 + z_x^2 + z_y^2)^3}} \quad (5)$$

vyjadruje krivosť v smere spádových kriviek na stranu klesajúceho skalára z a nadobúda hodnoty $0 \leq \omega \leq 0$ (Krcho, 1973, 1990). Vstupné premenné veličiny $z_x, z_y, z_{xx}, z_{xy}, z_{yy}$ v (5) sú parciálnymi deriváciami prvého a druhého rádu pôvodného výškového poľa. Hodnoty $\omega > 0$ vyjadrujú konvexné normálové formy georeliéfu v smere spádových kriviek, hodnoty $\omega < 0$ vyjadrujú konkávne normálové formy georeliéfu. Jednotlivé normálové formy sú od seba oddelené izočiarami s hodnotou $\omega = 0$ (Krcho, 1973, 1990, 2001).

Normálová krivosť v smere dotyčníc k vrstevniciam – $(K_N)_t$, určená rovnicou

$$(K_N)_t = -\frac{z_{xx}z_y^2 - 2z_{xy}z_xz_y + z_{yy}z_x^2}{(z_x^2 + z_y^2)\sqrt{(1 + z_x^2 + z_y^2)^3}} \quad (6)$$

kde $(K_N)_t$ nadobúda hodnoty v intervale $0 \leq (K_N)_t \leq 0$. Izočiara $(K_N)_t = 0$ oddeľuje konvexné formy $(K_N)_t > 0$ od konkávnych $(K_N)_t < 0$.

Horizontálna krivosť georeliéfu – K_r je určená rovnicou

$$K_r = - \frac{z_{xx}z_y^2 - 2z_{xy}z_xz_y + z_{yy}z_x^2}{\sqrt{(1 + z_x^2 + z_y^2)^3}} \quad (7)$$

Pre konvexné horizontálne formy georeliéfu platí, že $K_r > 0$, pre konkávne horizontálne formy platí, že $K_r < 0$. Nulová izočiar $K_r = 0$ tak oddeľuje konvexné horizontálne formy georeliéfu od konkávných. Podrobne je celkový problém analyzovaný v prácach (Krcho, 1973, 1990, 1992/1993, 2001).

Poznámka 1: V práci sme sa zaoberali len tými morfometrickými veličinami, ktoré v programe GRASS generuje model v.surf.rst. (výška, sklon, orientácia, normálová krivosť v smere spádnic a normálová krivosť v smere dotyčníc k vrstevniciam). **(koniec poznámky 1.)**

1.2 Charakteristika použitého softvéru, údajov, záujmovej oblasti a postup práce

Morfometrická analýza územia bola vykonaná vo voľne dostupnom programe GRASS (Geographic Resources Analysis Support System), ktorý ponúka množstvo nástrojov na prácu s vektorovými a rastovými vrstvami v 2D a 3D priestore. Použitím vhodných nástrojov umožňuje analyzovať, vizualizovať, spracovávať a spravovať geoinformačné údaje (GRASS Development Team, 2014).

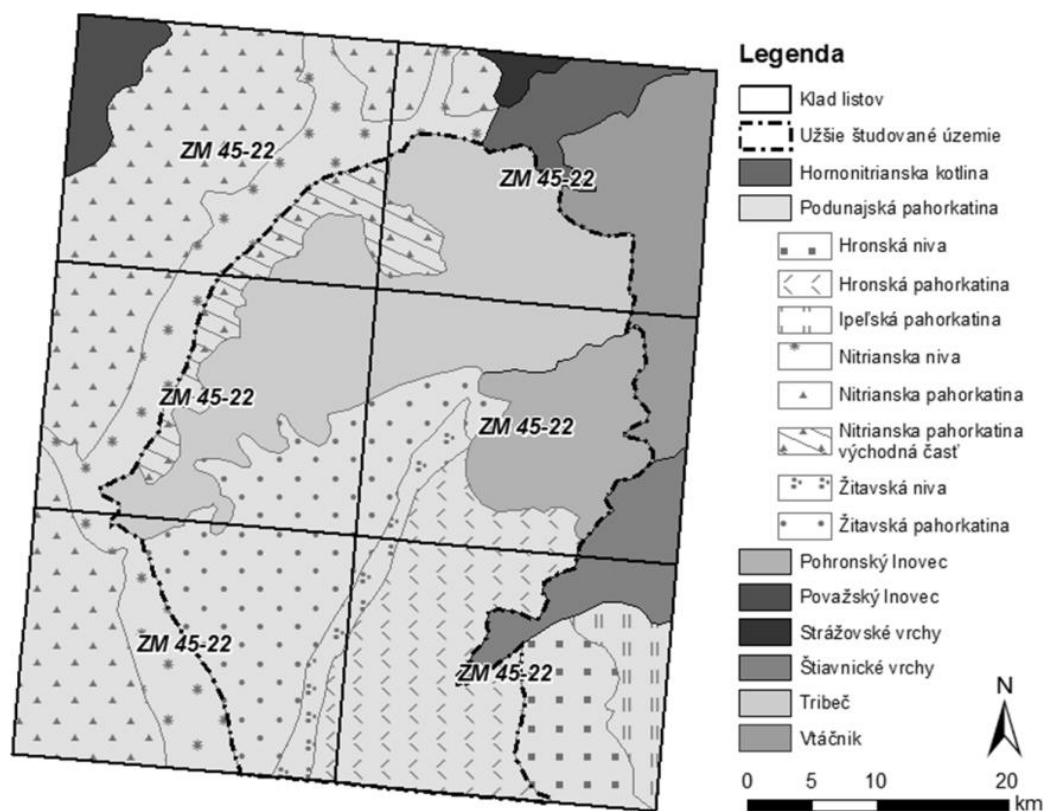
Prvú sadu vstupných údajov predstavovali vrstevnicové polia zo šiestich mapových listov – 35-41, 35-42, 35-43, 35-44, 45-21 a 45-22 v mierke 1:50 000 (získané z Katedry kartografie, geoinformatiky a DPZ, PriF UK). Druhú sadu vstupných údajov tvorili súbory SHP geomorfologických celkov a podcelkov (získané z Atlasu krajiny Slovenskej republiky 2000 – elektronická verzia na nosiči CD).

Poznámka 2: Študované územie – Tribeč a Pohronský Inovec bolo vybrané zámerne, kvôli jeho rôznorodosti. V južnej časti sa nachádzajú rovinaté územia, ktoré sa smerom na sever dvíhajú až do nadmorskej výšky 1345 m n. m., preto bolo vhodné na overenie nových hypotéz, medzi iným na nasledujúcu lokalizáciu a klasifikáciu singulárnych bodov štruktúrnych polí georeliéfu. **(koniec poznámky 2.)**

Širšie študované územie pracovne nazvané Tribeč a Pohronský Inovec tvoria okrem uvedených geomorfologických celkov aj nasledovné celky vyjadrené podľa M. Lukniša (Lukniš, 1972 in Minár a Machová, 2010): Hornonitrianska kotlina a Strážovské vrchy zasahujúce zo severu, Podunajská pahorkatina tiahnuca sa od južnej časti územia až po severnú, Považský Inovec zasahujúci zo severozápadu, Štiavnické vrchy a Vtáčnik oba celky zasahujúce zo východnej časti, kde pohorie Vtáčnik sa tiahne až na sever územia.

Užšie študované územie tvoria nasledovné geomorfologické celky: Tribeč, Pohronský Inovec a vybrané podcelky Podunajskej pahorkatiny – Žitavská pahorkatina, Žitavská niva, Hronská pahorkatina a východná časť Nitrianskej pahorkatiny. Vstupné územie (širšie a užšie) je zobrazené na obr. 1.

V prvom kroku bol vytvorený v programe GRASS geografický projekt s mapsetom, pre ktorý bol podľa charakteru a rozmeru vstupných údajov nastavený región a súradnicový systém – S-JTSK. Do databázy GRASS projektu sme importovali vstupné údaje zo šiestich mapových listov, ktoré boli predtým spojené do jednej vrstvy a súbory SHP geomorfologických celkov a podcelkov. Pre vrstevnicové pole bola vytvorená maska, ktorú sme použili pri interpolácii a orezaní geomorfologických celkov. Interpolácia morfometrických veličín bola vykonaná pomocou modulu v.surf.rst. V tomto module boli po viacerých testoch použité nasledovné nastavenia: tenzia – 40, smooth – 1, dmin – 200 a dmax – 1000. Vstupné súbory SHP boli orezané pomocou modulu v.overlay. Pomocou modulov r.mapcalc, r.report a r.univar sme získali detailnejšie informácie o jednotlivých morfometrických veličinách pre celé územie a aj jednotlivé celky a podcelky.



Obr. 1 Záujmové územie s vyčlenenými geomorfologickými celkami a podcelkami

2. Výsledky

Po výpočte morfometrických veličín a vyjadrení ich plošných zastúpení podľa jednotlivých kategórií pre dané geomorfologické celky a podcelky sme dospeli k nižšie uvedeným záverom. Pre hlbšiu analýzu morfometrických veličín 0-tého až 2-ého rádu sme vyčlenili kategórie uvedené v tab. 1: pre nadmorské výšky 3 kategórie podľa (Lukniš, 1972 in Minár a Machová, 2010), 5 intervalových kategórií sklonu georeliéfu v smere spádových kriviek, 17 kategórií pre orientáciu georeliéfu voči svetovým stranám a 3 kategórie pre morfometrické veličiny $(K_N)_n$ a $(K_N)_r$.

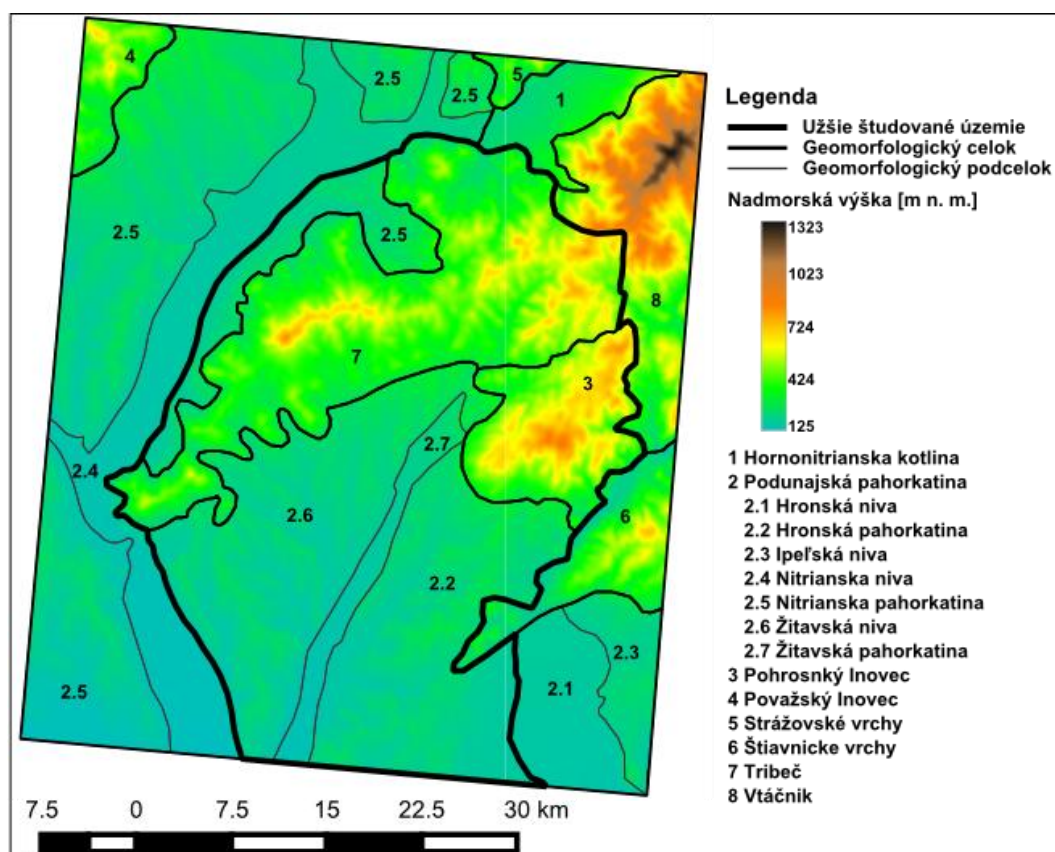
Nadmorská výška širšieho študovaného územia (obr. 2) sa po interpolácii v programe GRASS pomocou modulu *v.surf.rst* (tenzia – 40; zhľadenie – 0,1) pohybuje od úpätnice s výškou 124,815 m n. m. v Podunajskej pahorkatine až po výšku 1322,906 m n. m. v pohorí Vtáčnik. Aj napriek veľkému výškovému rozpätiu – 1190,091 m dosahuje jeho priemerná výška hodnotu 290,353 m n. m.. Veľký vplyv na tento fakt má rozsiahle územie Podunajskej pahorkatiny, jej riečne nivy Nitrianska, Žitavská a čiastočne aj Hronska. Tieto tvoria 62,948 % z celého študovaného územia. Informácie o plošnom zastúpení jednotlivých geomorfologických celkov na širšom študovanom území sú uvedené v tab. 2.

Detailnejšie informácie o zastúpení výšok na širšom študovanom území nám poskytuje obr. 3, kde je zobrazený histogram nadmorskej výšky. Na osi X sú zobrazené hodnoty nadmorskej výšky, ktoré nadobúdajú jednotlivé pixle v rastru a na osi Y je zobrazená frekvencia výskytu pixla s danou hodnotou výšky. Z histogramu vyplýva, že najpočetnejšie zastúpenie majú tie pixle, ktoré dosahujú hodnotu do 300 m n. m., a naopak najmenšia frekvencia výskytu je u pixlov s nadmorskou výškou nad 800 m n. m.. Na obr. 3 je graficky zobrazené aj plošné zastúpenie výšok (vyjadrené v per-

centách) v jednotlivých kategóriách. Z grafu je vidieť, že do kategórie 1 – do 300 m n. m. patrí 69,37 % (1950,448 km²) celkového územia, do kategórie 2 – medzi 300 a 800 m n. m. patrí 28,65 % (805,359 km²) a do kategórie 3 – nad 800 m n. m. patrí iba 1,98 % (55,651 km²) územia.

Tab. 1 Kategórie jednotlivých morfometrických veličín

Morfometrická veličina	Výška [m n. m.]	(K _N) _n		(K _N) _t
Kategórie	<95; 300)	konkávne; (K _N) _n < 0		konkávne; (K _N) _t < 0
	<300 - 800)	lineárne; (K _N) _n = 0		lineárne; (K _N) _t = 0
	<800; 1500)	konvexné; (K _N) _n > 0		konvexné; (K _N) _t > 0
Morfometrická veličina	Sklon [°]	Orientácia [°]		
Kategórie	<0; 3)	0	<112,5; 135)	<247,5; 270)
	<3; 7)	(0; 22,5)	<135; 157,5)	<270; 292,5)
	<7; 15)	<22,5; 45)	<157,5; 180)	<292,5; 315)
	<15; 21)	<45; 67,5)	<180; 202,5)	<315; 337,5)
	<21; 45)	<67,5; 90)	<202,5; 225)	<337,5; 360)
	-	<90; 112,5)	<225; 247,5)	

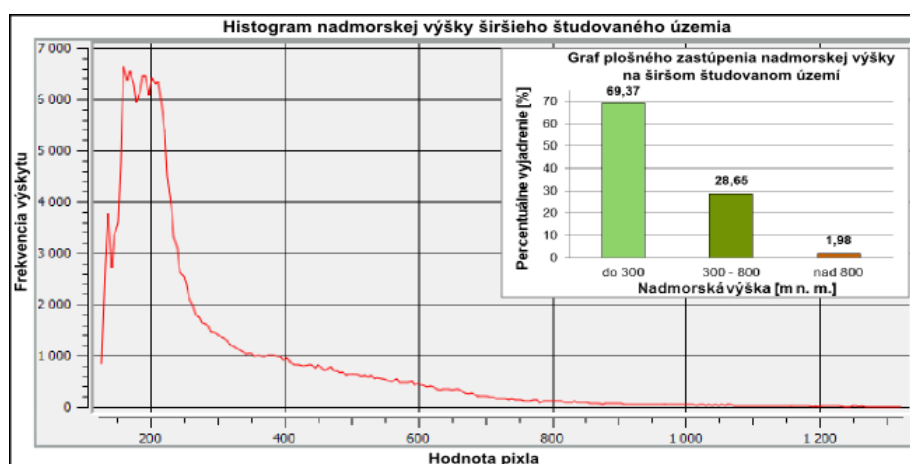


Obr. 2 Nadmorská výška študovaného územia

Tab. 2 Rozloha geomorfologických celkov širšieho študovaného územia¹

Názov geomorfologického celku	Plocha [km ²]	Percentuálne vyjadrenie
Hornonitrianska kotlina	62,868	2,236
Podunajská pahorkatina	1769,763	62,948
Pohronský Inovec	143,998	5,122
Považský Inovec	50,923	1,811
Strážovské vrchy	13,258	0,472
Štiavnické vrchy	98,827	3,515
Tribeč	483,434	17,195
Vtáčnik	188,385	6,701
Spolu	2811,458	100

¹ Geomorfologické celky zoradené podľa abecedy



Obr. 3 Zastúpenie nadmorskej výšky na širšom študovanom území

Plošné a percentuálne zastúpenie nadmorských výšok v jednotlivých výškových kategóriách podľa geomorfologických celkov je vyjadrené v tab. 3.

Tab. 3 Plošné zastúpenie nadmorskej výšky širšieho študovaného územia¹

	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²
výška [m n. m.]	Hornonitrianska kotlina		Podunajská pahorkatina		Pohronský Inovec		Považský Inovec	
do 300	38,793	61,705	1748,481	98,797	6,081	4,223	6,843	13,438
300 - 800	24,075	38,295	21,282	1,203	135,785	94,296	44,080	86,562
nad 800	-	-	-	-	2,133	1,481	-	-
spolu	62,868	100	1769,763	100	143,998	100	50,923	100
výška [m n. m.]	Strážovské vrchy		Štiavnické vrchy		Tribeč		Vtáčnik	
do 300	3,645	27,494	45,495	46,035	95,621	19,780	5,488	2,913
300 - 800	9,613	72,506	53,332	53,965	387,760	80,209	129,432	68,706
nad 800	-	-	-	-	0,053	0,011	53,465	28,381
spolu	13,259	100	98,827	100	483,434	100	188,385	100

¹ Geomorfologické celky zoradené podľa abecedy

² GC – Geomorfologický celok

V tab. 3 vidieť, že iba tri geomorfologické celky Pohronský Inovec, Tribeč a Vtáčnik dosahujú hodnoty nadmorskej výšky nad 800 m n. m. V tab. 4 následne uvádzame informácie o minimálnej, maximálnej, priemernej nadmorskej výške a výškovom rozpätí pre jednotlivé geomorfologické celky širšieho študovaného územia.

Tab. 4 Minimálne a maximálne výšky širšieho študovaného územia¹

	Minimálna výška [m n. m.]	Maximálna výška [m n. m.]	Priemerná výška [m n. m.]	Výškové rozpätie [m]
Širšie študované územie	124,815	1322,910	290,353	1198,090
Hornonitrianska kotlina	199,384	665,639	294,515	466,255
Podunajská pahorkatina	124,815	416,823	194,456	292,008
Pohronský Inovec	180,433	874,692	526,965	694,259
Považský Inovec	242,841	662,044	396,106	419,203
Strážovské vrchy	211,400	564,029	342,796	352,629
Štiavnické vrchy	168,782	719,315	338,111	550,533
Tribeč	167,187	805,624	403,346	638,438
Vtáčnik	186,451	1322,910	661,693	1136,450

¹ Geomorfologické celky zoradené podľa abecedy

Na užšom študovanom území sa po interpolácii nadmorská výška pohybovala od 134,378 m n. m. v Žitavskej nive až po 874,692 m n. m. v Pohronskom Inovci. Výškové rozpätie dosahuje hodnotu 740,314 m a priemerná výška hodnotu 303,801 m n. m. Detailnejšie informácie o minimálnej, maximálnej, priemernej nadmorskej výške a výškovom rozpätí pre jednotlivé geomorfologické celky a podcelky užšieho študovaného územia sú uvedené v tab. 5.

Tab. 5 Minimálne a maximálne výšky užšieho študovaného územia¹

	Minimálna výška [m n. m.]	Maximálna výška [m n. m.]	Priemerná výška [m n. m.]	Výškové rozpätie [m]	Relatívna výška [m]
Užšie študované územie	134,378	874,692	303,801	740,314	-
Hronska pahorkatina	140,465	360,791	203,307	220,327	26,941
Nitrianska pahorkatina - východná časť	157,085	416,823	223,440	259,738	43,074
Pohronský Inovec	180,433	874,692	526,965	694,259	132,164
Tribeč	167,187	805,624	403,346	638,438	104,892
Žitavská niva	134,378	311,619	169,136	177,241	41,644
Žitavská pahorkatina	136,746	414,546	202,215	277,799	23,172

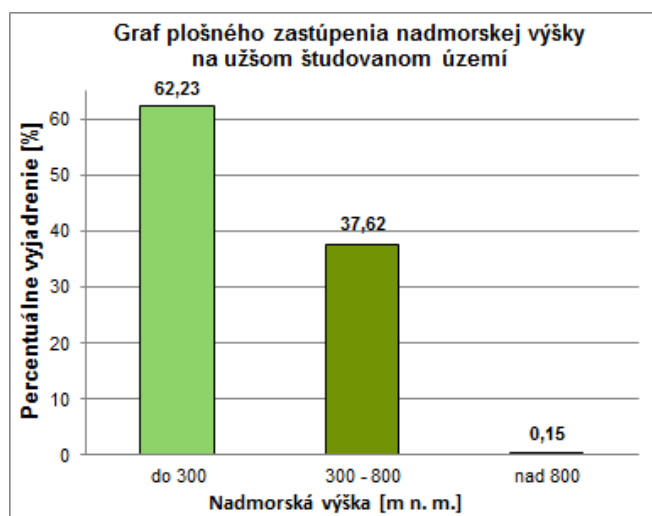
¹ Geomorfologické celky a podcelky zoradené podľa abecedy

Plošné zastúpenie výšok na užšom študovanom území (obr. 4) je podobné ako na širšom študovanom území – na území dominuje nadmorská výška do 300 m n. m. (62,226 %), nasleduje nadmorská výška medzi 300 a 800 m n. m. (37,621 %) a len minimálne je zastúpená výška nad 800 m n. m. (0,154 %).

Plošné zastúpenie nadmorskej výšky užšieho študovaného územia je uvedené v tab. 6, kde je okrem rozlohy geomorfologického celku a podcelku vyjadrené aj percentuálne zastúpenie danej kategórie na rozlohe geomorfologického celku a podcelku, ako aj percentuálne zastúpenie danej kategórie na širšom študovanom území.

S priebehom nadmorskej výšky úzko súvisia aj morfometrické parametre vyšších rádo. Sklon georeliéfu sa na širšom študovanom území (obr. 5) pohybuje od 0° v rovinatých územiach nív až po 32,708° v pohorí Vtáčnik. Vzhľadom na prevažujúcu miernu nadmorskú výšku do 300 m n. m. je samozrejme, že na území prevláda sklon do 7°.

Detailnejšie priebeh sklonu georeliéfu spolu s grafickým vyjadrením plošného zastúpenia môžeme sledovať na obr. 6.



Obr. 4 Zastúpenie nadmorskej výšky na užšom študovanom území

Tab. 6 Plošné zastúpenie nadmorskej výšky užšieho študovaného územia¹

	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlo- hy ŠŠÚ ³
výška [m n. m.]	Hronská pahorkatina			Nitrianska pahorkatina - východná časť			Pohronský Inovec		
do 300	309,391	99,298	11,005	93,477	94,312	3,325	6,081	4,223	0,216
300 - 800	2,186	0,702	0,078	5,638	5,688	0,201	135,785	94,296	4,830
nad 800	-	-	-	-	-	-	2,133	1,481	0,076
Spolu	311,577	100	11,082	99,115	100	3,525	143,998	100	5,122
výška [m n. m.]	Tribeč			Žitavská niva			Žitavská pahorkatina		
do 300	95,621	19,780	3,401	55,927	99,956	1,989	325,178	98,763	11,566
300 - 800	387,760	80,209	13,792	0,025	0,044	0,001	4,071	1,237	0,145
nad 800	0,053	0,011	0,002	-	-	-	-	-	-
Spolu	483,434	100	17,195	55,952	100	1,990	329,249	100	11,711

¹ Geomorfologické celky / podcelky zoradené podľa abecedy

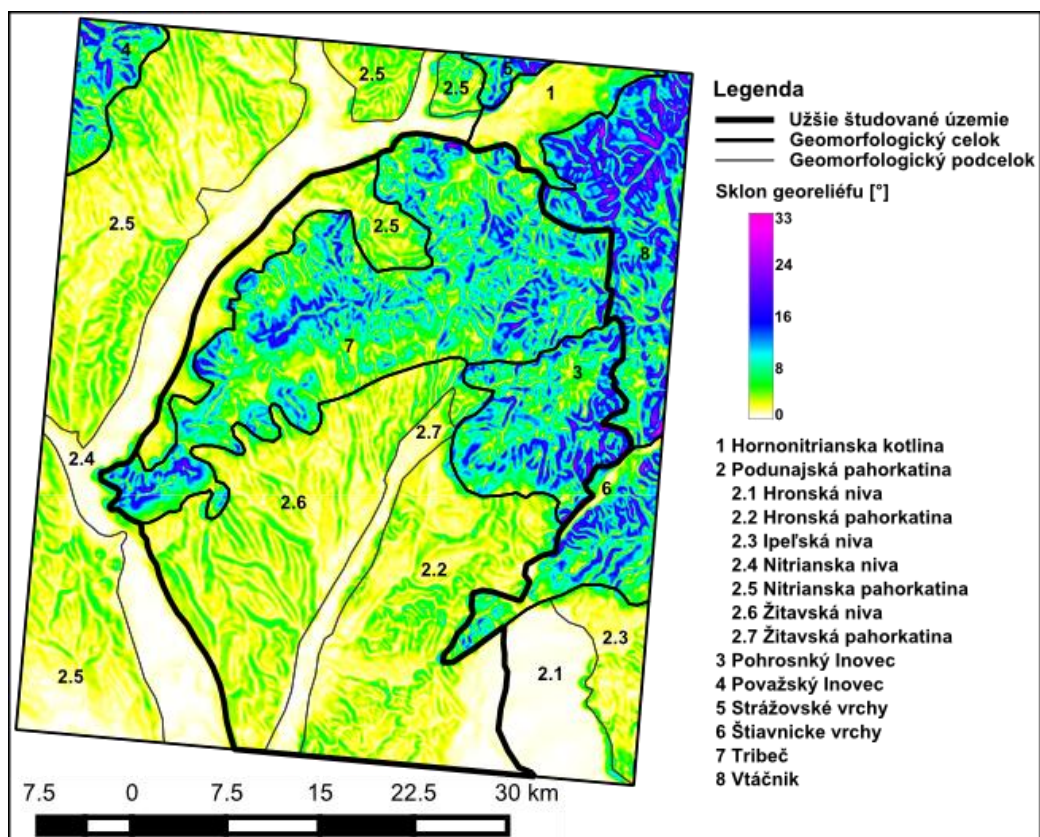
² GC – Geomorfologický celok a podcelok

³ ŠŠÚ – širšie študované územie

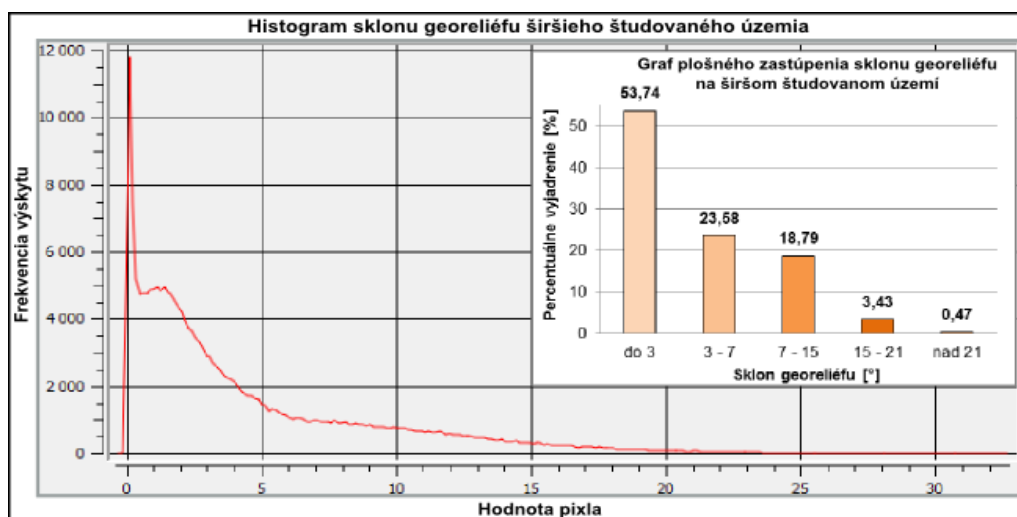
Ako je z grafu na obr. 6 vidieť, v prvej kategórii sklonu – do 3° sa nachádza 53,74 % širšieho študovaného územia., v druhej kategórii – medzi 3° a 7° sa nachádza 23,58 % územia, v kategórii medzi 7° a 15° sa nachádza 18,79 % územia, štvrtá kategória – medzi 15° a 21° zaberá 3,43 % územia a len 0,47 % územia patrí do piatej kategórie – nad 21°. Detailne je plošné zastúpenie sklonov georeliéfu v jednotlivých geomorfologických celkoch uvedené v tab. 7.

Plošné zastúpenie sklonu na užšom študovanom území (obr. 7) je tak ako v prípade nadmorskej výšky veľmi podobné rozloženiu širšieho študovaného územia.

Na užšom študovanom území prevláda sklon do 15°. Sklony nad 15° sa vôbec nenachádzajú v Žitavskej nive a len v minimálnom zastúpení (do 0,2 % z celkovej rozlohy geomorfologického podcelku) sa nachádzajú v geomorfologických podcelkoch Hronská pahorkatina, Nitrianska pahorkatina – východná časť a Žitavská pahorkatina. Hodnoty sklonov užšieho študovaného územia sú uvedené v tab. 8.



Obr. 5 Sklon georeliéfu študovaného územia



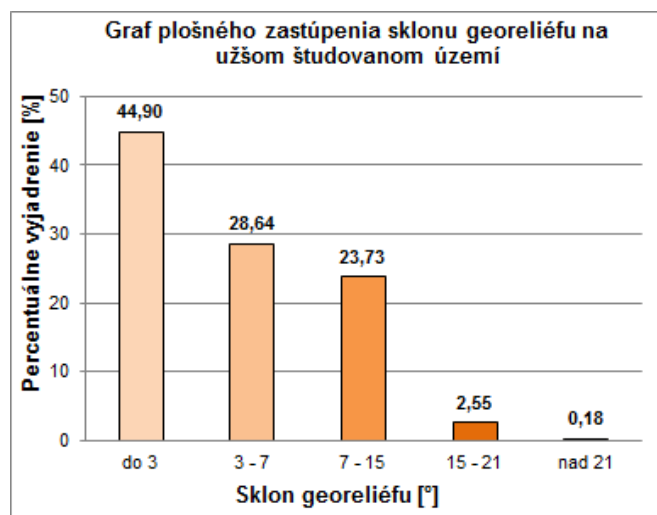
Obr. 6 Zastúpenie sklonu georeliéfu na širšom študovanom území

Tab. 7 Plošné zastúpenie sklonu georeliéfu širšieho študovaného územia¹

	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²
sklon [°]	Hornonitrianska kottlina		Podunajská pahorka- tina		Pohronský Inovec		Považský Inovec	
do 3	39,354	62,597	1383,743	78,188	9,556	6,637	5,084	9,984
3 – 7	17,413	27,697	358,157	20,238	38,388	26,658	17,784	34,922
7 – 15	5,758	9,159	27,497	1,554	78,146	54,269	23,815	46,767
15 – 21	0,276	0,439	0,331	0,019	16,124	11,198	3,881	7,622
nad 21	0,067	0,107	0,036	0,002	1,784	1,239	0,359	0,705
Spolu	62,868	100	1769,763	100	143,998	100	50,923	100
sklon [°]	Strážovské vrchy		Štiavnické vrchy		Tribeč		Vtáčnik	
do 3	0,562	4,241	14,523	14,695	51,856	10,727	6,153	3,266
3 – 7	2,795	21,084	31,120	31,489	169,220	35,004	27,981	14,853
7 – 15	7,485	56,455	44,333	44,860	241,766	50,010	99,497	52,816
15 – 21	2,144	16,173	8,162	8,259	19,902	4,117	45,516	24,161
nad 21	0,271	2,047	0,689	0,698	0,690	0,143	9,238	4,904
Spolu	13,259	100	98,827	100	483,434	100	188,385	100

¹ Geomorfologické celky zoradené podľa abecedy

² GC – Geomorfologický celok



Obr. 7 Zastúpenie sklonu georeliéfu na užšom študovanom území

Orientácia georeliéfu širšieho študovaného územia (obr. 8) je rozdelená takmer rovnomerne. Vzhľadom na veľkosť a rozčlenenie študovaného územia údoliami sme mohli takéto rozdelenie predpokladať.

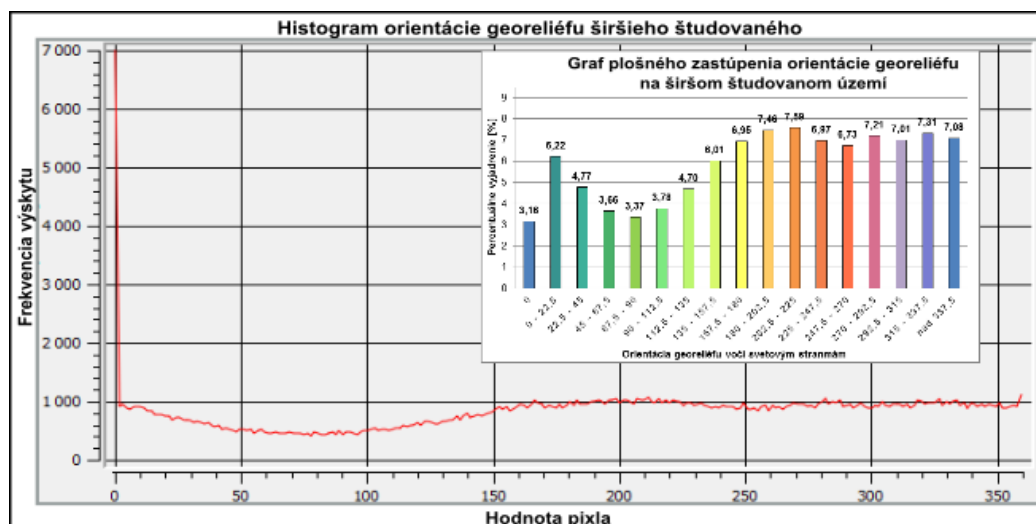
Tab. 8 Plošné zastúpenie sklonu georeliéfu užšieho študovaného územia¹

	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³
sklon [°]	Hronská pahorkatina			Nitrianska pahorkatina – východná časť			Pohronský Inovec		
do 3	237,097	76,096	8,433	58,778	59,303	2,091	9,556	6,637	0,340
3 - 7	69,174	22,201	2,460	32,519	32,809	1,157	38,388	26,658	1,365
7 - 15	5,305	1,703	0,189	7,686	7,755	0,273	78,146	54,269	2,780
15 - 21	0,001	0,000	0,000	0,132	0,133	0,005	16,124	11,198	0,574
nad 21	-	-	-	-	-	-	1,784	1,239	0,063
Spolu	311,577	100	11,082	99,115	100	3,525	143,998	100	5,122
sklon [°]	Tribeč			Žitavská niva			Žitavská pahorkatina		
do 3	51,856	10,727	1,844	49,534	88,530	1,762	232,275	70,547	8,262
3 - 7	169,220	35,004	6,019	6,140	10,974	0,218	92,150	27,988	3,278
7 - 15	241,766	50,010	8,599	0,278	0,496	0,010	4,590	1,394	0,163
15 - 21	19,902	4,117	0,708	-	-	-	0,198	0,060	0,007
nad 21	0,690	0,143	0,025	-	-	-	0,036	0,011	0,001
Spolu	483,434	100	17,195	55,952	100	1,990	329,249	100	11,711

¹ Geomorfologické celky / podcelky zoradené podľa abecedy

² GC – Geomorfologický celok a podcelok

³ ŠŠÚ – Širšie študované územie



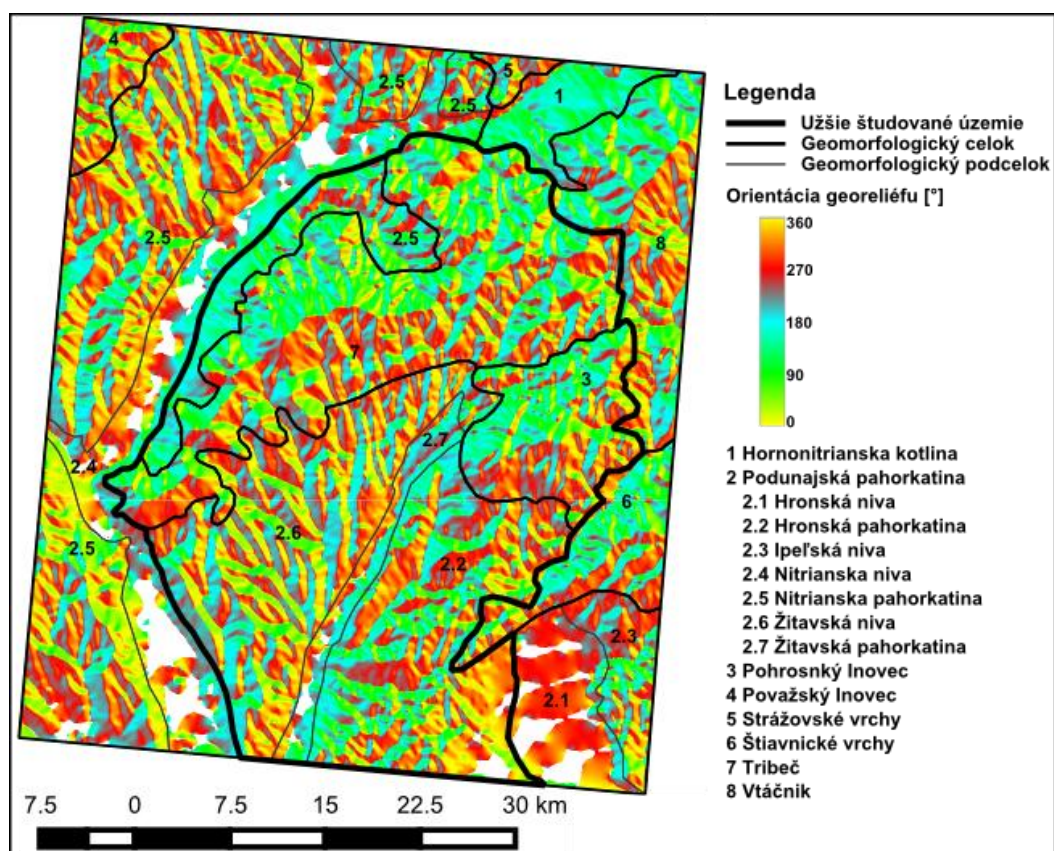
Obr. 8 Zastúpenie orientácie georeliéfu na širšom študovanom území

Ako je z grafu (obr. 8) vidieť 3,16 % širšieho študovaného územia nie je orientovaná na žiadnu svetovú stranu a plošné zastúpenie v ostatných kategóriách je približne rovnomerné, pohybuje sa okolo 7° s výnimkou intervalov od 67,5° do 90° až po 202,5° až 225°, kde plocha v jednotlivých kategóriách dosahuje hodnoty 3,37 % až 4,7 % z celkovej rozlohy územia.

Z hľadiska interpretácií orientácie georeliéfu (obr. 9) voči svetovým stranám všeobecne platí, že orientáciu môžeme v rovinatých územiach s miernym sklonom zanedbať, takéto územia sa nachádzajú najmä v južnej časti územia a smerom na západ až severozápad od pohoria Tribeč. V severnej časti územia prevláda severná a severozápadná orientácia georeliéfu, naopak v južnej časti dominuje južná až juhozápadná orientácia.

Pre úplnosť uvádzame, že pre orientáciu georeliéfu vypočítanú v programe GRASS platí, že sever = 90°, západ = 180°, juh = 270° a východ = 360°.

Číselne je plošné zastúpenie orientácie georeliéfu na širšom študovanom území v rámci jednotlivých geomorfologických celkov uvedené v tab. 9.



Obr. 9 Orientácia georeliéfu voči svetovým stranám na študovanom území

Plošné zastúpenie jednotlivých kategórií orientácie na užšom študovanom území je zobrazené na obr. 10. Pri porovnaní grafov orientácie pre širšie a užšie študované územie vidíme, že plošné zastúpenie v jednotlivých kategóriách je veľmi podobné. Hlavný rozdiel je vidieť v prvej kategórii, kde plocha kategórie od 0° do 22,5° zaberá 6,48 %. Detailnejšie hodnoty orientácie v jednotlivých kategóriách pre geomorfologické celky a podcelky sú uvedené v tab. 10.

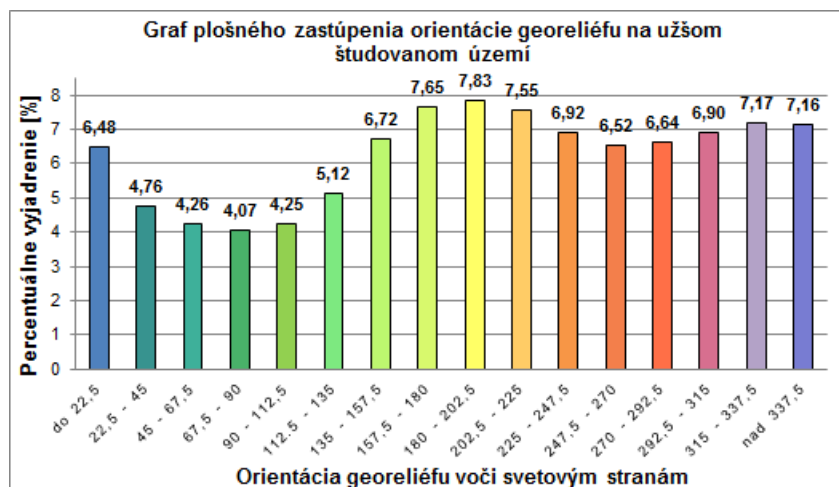
S rovinatým charakterom územia súvisia aj normálové krivosti georeliéfu v smere spádnic (obr. 11) a normálové krivosti georeliéfu v smere dotyčníc k vrstevniciam (obr. 12). V oblastiach s nadmorskou výškou do 300 m n. m. môžeme sledovať dominanciu lineárnych foriem georeliéfu oboch skúmaných krivostí.

Tab. 9 Plošné zastúpenie orientácie georeliéfu širšieho študovaného územia¹

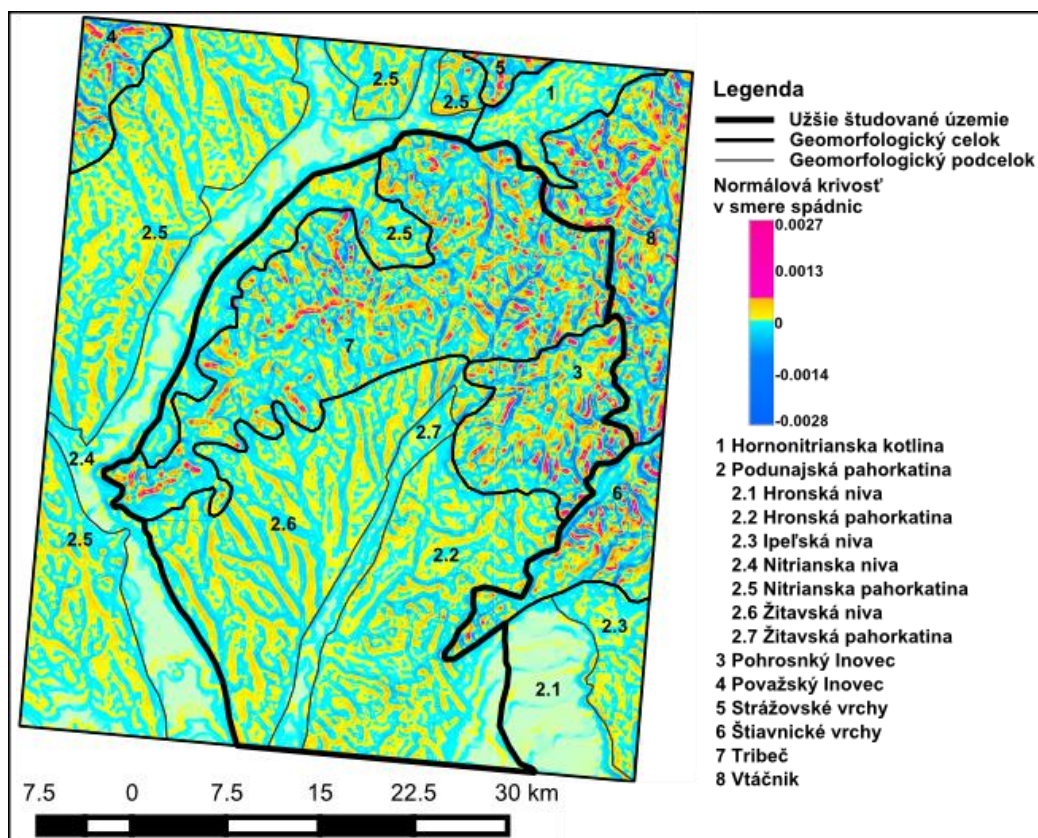
	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²
orientácia [°]	Hornonitrianska kotlina		Podunajská pahor- katina		Pohronský Inovec		Považský Inovec	
0	0,011	0,017	88,756	5,015	0,004	0,003	0,002	0,004
0 - 22,5	0,079	0,126	122,342	6,913	6,554	4,552	4,055	7,965
22,5 - 45	0,180	0,286	82,970	4,688	5,593	3,884	3,576	7,022
45 - 67,5	0,874	1,390	50,600	2,859	4,703	3,266	3,846	7,552
67,5 - 90	2,348	3,735	41,965	2,371	5,825	4,045	2,424	4,760
90 - 112,5	7,879	12,532	45,038	2,545	8,537	5,928	1,541	3,027
112,5 - 135	12,685	20,177	58,280	3,293	10,700	7,431	1,279	2,512
135 - 157,5	14,577	23,186	84,784	4,791	13,272	9,217	0,904	1,774
157,5 - 180	10,119	16,096	113,453	6,411	11,287	7,838	1,203	2,363
180 - 202,5	4,661	7,414	139,871	7,903	8,036	5,580	1,565	3,073
202,5 - 225	3,677	5,849	147,025	8,308	7,729	5,367	2,653	5,210
225 - 247,5	1,590	2,529	132,564	7,490	10,677	7,415	5,040	9,897
247,5 - 270,	0,948	1,508	126,319	7,138	10,366	7,199	4,849	9,522
270 - 292,5	1,107	1,761	131,515	7,431	10,198	7,082	4,831	9,486
292,5 - 315	1,078	1,715	127,450	7,202	11,026	7,657	4,142	8,133
315 - 337,5	0,904	1,438	137,995	7,797	10,382	7,210	4,656	9,143
nad 337,5	0,116	0,184	138,719	7,838	9,110	6,326	4,341	8,525
Spolu	62,868	100	1769,763	100	143,998	100	50,923	100
orientácia [°]	Strážovské vrchy		Štiavnické vrchy		Tribeč		Vtáčnik	
0	-	-	0,041	0,042	0,015	0,003	0,003	0,001
0 - 22,5	0,482	3,640	2,491	2,521	28,533	5,902	10,404	5,525
22,5 - 45	0,235	1,770	3,695	3,738	28,149	5,823	9,679	5,138
45 - 67,5	0,380	2,867	3,621	3,664	29,417	6,085	9,445	5,014
67,5 - 90	0,257	1,940	4,562	4,616	28,067	5,806	9,233	4,901
90 - 112,5	0,352	2,654	6,071	6,143	26,579	5,498	10,211	5,420
112,5 - 135	0,517	3,902	7,497	7,586	29,877	6,180	11,296	5,996
135 - 157,5	0,580	4,373	9,950	10,068	31,728	6,563	13,151	6,981
157,5 - 180	0,565	4,263	9,798	9,914	33,126	6,852	15,912	8,447
180 - 202,5	1,095	8,256	5,311	5,374	31,386	6,492	17,745	9,419
202,5 - 225	1,436	10,827	4,811	4,868	31,347	6,484	14,707	7,807
225 - 247,5	1,350	10,178	4,764	4,821	28,630	5,922	11,258	5,976
247,5 - 270	0,896	6,754	6,203	6,277	29,603	6,123	10,135	5,380
270 - 292,5	0,843	6,358	8,373	8,472	35,576	7,359	10,394	5,517
292,5 - 315	1,497	11,288	10,113	10,233	31,198	6,453	10,648	5,652
315 - 337,5	1,563	11,788	7,231	7,317	30,159	6,238	12,736	6,761
nad 337,5	1,184	8,928	4,261	4,311	30,045	6,215	11,349	6,024
Spolu	13,259	100	98,827	100	483,434	100	188,385	100

¹ Geomorfologické celky zoradené podľa abecedy

² GC – Geomorfologický celok



Obr. 10 Zastúpenie orientácie georeliéfu na užšom študovanom území



Obr. 11 Normálová krivosť georeliéfu v smere spádnic na študovanom území

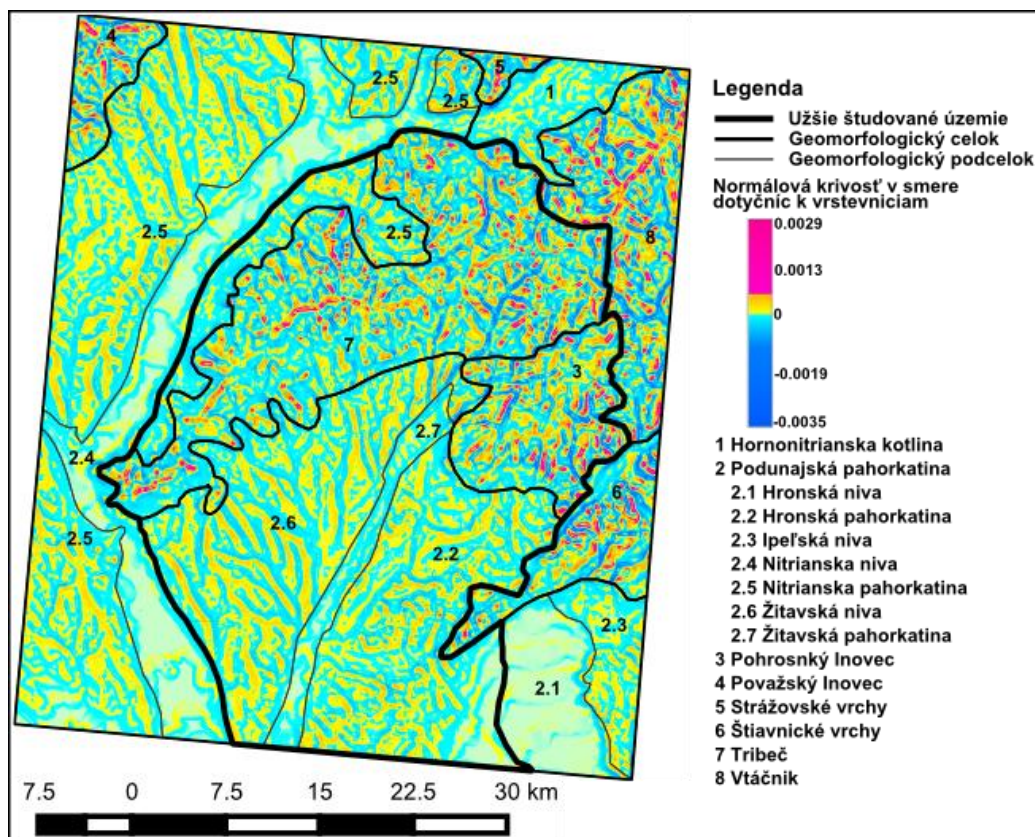
Tab. 10 Plošné zastúpenie orientácie georeliéfu užšieho študovaného územia¹

	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³
orientácia [°]	Hronská pahorkatina			Nitrianska pahorkatina - východná časť			Pohronský Inovec		
do 22,5	22,023	7,068	0,783	0,061	0,062	0,002	6,558	4,554	0,233
22,5 - 45	10,901	3,499	0,388	-	-	-	5,593	3,884	0,199
45 - 67,5	11,081	3,556	0,394	-	-	-	4,703	3,266	0,167
67,5 - 90	12,678	4,069	0,451	0,000	0,000	0,000	5,825	4,045	0,207
90 - 112,5	13,555	4,350	0,482	0,001	0,001	0,000	8,537	5,928	0,304
112,5 - 135	14,013	4,497	0,498	0,004	0,004	0,000	10,700	7,431	0,381
135 - 157,5	18,129	5,819	0,645	0,006	0,006	0,000	13,272	9,217	0,472
157,5 - 180	22,142	7,106	0,788	0,005	0,005	0,000	11,287	7,838	0,401
180 - 202,5	20,120	6,457	0,716	0,005	0,005	0,000	8,036	5,580	0,286
202,5 - 225	18,346	5,888	0,653	0,005	0,005	0,000	7,729	5,367	0,275
225 - 247,5	22,039	7,073	0,784	0,005	0,005	0,000	10,677	7,415	0,380
247,5 - 270	23,080	7,408	0,821	0,005	0,005	0,000	10,366	7,199	0,369
270 - 292,5	23,314	7,483	0,829	0,005	0,005	0,000	10,198	7,082	0,363
292,5 - 315	29,202	9,372	1,039	0,005	0,006	0,000	11,026	7,657	0,392
315 - 337,5	27,101	8,698	0,964	0,005	0,005	0,000	10,382	7,210	0,369
nad 337,5	23,854	7,656	0,848	99,002	99,886	3,521	9,110	6,326	0,324
Spolu	311,577	100	11,082	99,115	100	3,525	143,998	100	5,122
orientácia [°]	Tribeč			Žitavská niva			Žitavská pahorkatina		
do 22,5	28,548	5,905	1,015	4,654	8,318	0,166	29,053	8,824	1,033
22,5 - 45	28,149	5,823	1,001	0,455	0,814	0,016	20,289	6,162	0,722
45 - 67,5	29,417	6,085	1,046	0,287	0,513	0,010	11,602	3,524	0,413
67,5 - 90	28,067	5,806	0,998	0,407	0,727	0,014	5,653	1,717	0,201
90 - 112,5	26,579	5,498	0,945	1,319	2,358	0,047	3,443	1,046	0,122
112,5 - 135	29,877	6,180	1,063	2,731	4,881	0,097	4,141	1,258	0,147
135 - 157,5	31,728	6,563	1,129	7,499	13,403	0,267	7,736	2,349	0,275
157,5 - 180	33,126	6,852	1,178	8,403	15,017	0,299	18,040	5,479	0,642
180 - 202,5	31,386	6,492	1,116	6,909	12,348	0,246	34,150	10,372	1,215
202,5 - 225	31,347	6,484	1,115	5,039	9,005	0,179	37,455	11,376	1,332
225 - 247,5	28,630	5,922	1,018	3,004	5,369	0,107	28,696	8,715	1,021
247,5 - 270	29,603	6,123	1,053	2,399	4,288	0,085	22,642	6,877	0,805
270 - 292,5	35,576	7,359	1,265	2,149	3,842	0,076	20,914	6,352	0,744
292,5 - 315	31,198	6,453	1,110	3,410	6,094	0,121	21,485	6,525	0,764
315 - 337,5	30,159	6,238	1,073	4,698	8,396	0,167	28,557	8,673	1,016
nad 337,5	30,045	6,215	1,069	2,589	4,628	0,092	35,394	10,750	1,259
Spolu	483,434	100	17,195	55,952	100	1,990	329,249	100	11,711

¹ Geomorfologické celky / podcelky zoradené podľa abecedy

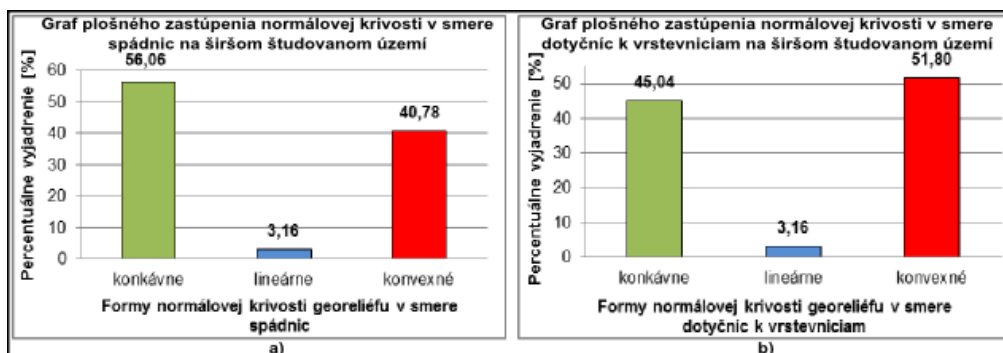
² GC – Geomorfologický celok a podcelok

³ ŠŠÚ – Širšie študované územie



Obr. 12 Normálová krivosť georeliéfu v smere dotyčnic k vrstevniciam na študovanom území

So zmenou výšky dochádza k zmene foriem georeliéfu. Ako je z grafu na obr. 13a vidieť v prípade normálovej krivosti v smere spádnic na širšom študovanom území prevládajú konkávne formy (56,06 %) nad konvexnými (40,78 %). V prípade normálovej krivosti v smere dotyčnic k vrstevniciam (obr. 13b) prevládajú konvexné formy (51,80 %) nad konkávnymi (45,04 %). Detailné informácie o plošnom zastúpení v jednotlivých kategóriách pre geomorfologické celky sú uvedené v tab. 11 a tab. 12.



Obr. 13 Normálová krivosť na širšom študovanom území v smere a) spádnic b) dotyčnic k vrstevniciam

Tab. 11 Plošné zastúpenie normálovej krivosti v smere spádnic širšieho študovaného územia¹

	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²
(K _N) _n	Hornonitrianska kotlina		Podunajská pahorkati- na		Pohronský Inovec		Považský Inovec	
Konkávne	42,406	67,453	973,718	55,020	76,065	55,020	28,480	55,928
Lineárne	0,011	0,017	88,756	5,015	0,004	5,015	0,002	0,004
Konvexné	20,451	32,530	707,289	39,965	67,930	39,965	22,441	44,069
Spolu	62,868	100	1769,763	100	143,998	100	50,923	100
(K _N) _n	Strážovské vrchy		Štiavnické vrchy		Tribeč		Vtáčnik	
Konkávne	7,275	54,866	59,776	60,485	288,196	59,614	100,242	53,211
Lineárne	0,000	0,001	0,041	0,042	0,015	0,003	0,003	0,001
Konvexné	5,984	45,132	39,010	39,473	195,223	40,383	88,141	46,788
Spolu	13,259	100	98,827	100	483,434	100	188,385	100

¹ Geomorfologické celky zoradené podľa abecedy

² GC – Geomorfologický celok

Tab. 12 Plošné zastúpenie normálovej krivosti v smere dotyčníc k vrstevniciam širšieho študovaného územia¹

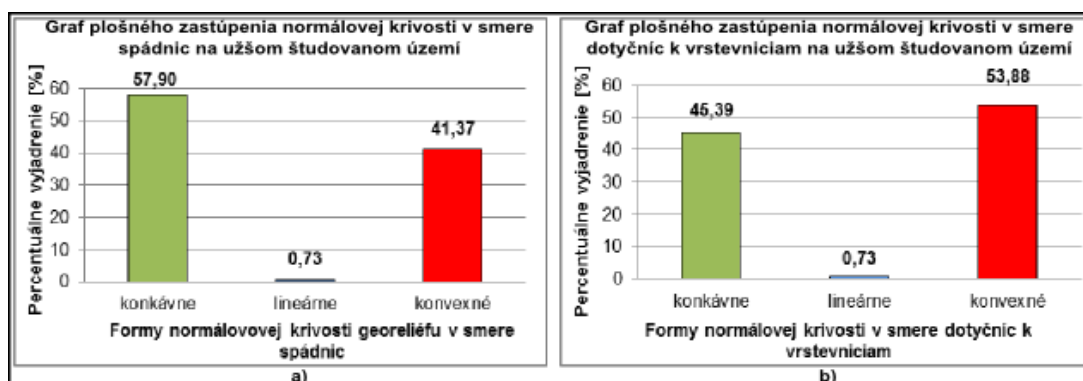
	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²
(K _N) _t	Hornonitrianska kotlina		Podunajská pahor- katina		Pohronský Inovec		Považský Inovec	
Konkávne	29,678	47,207	789,823	44,629	66,241	46,001	23,407	45,964
Lineárne	0,011	0,017	88,756	5,015	0,004	0,003	0,002	0,004
Konvexné	33,180	52,777	891,184	50,356	77,753	53,996	27,515	54,032
Spolu	62,868	100	1769,763	100	143,998	100	50,923	100
(K _N) _t	Strážovské vrchy		Štiavnické vrchy		Tribeč		Vtáčnik	
Konkávne	5,839	44,042	44,176	44,700	219,720	45,450	87,449	46,420
Lineárne	0,000	0,001	0,041	0,042	0,015	0,003	0,003	0,001
Konvexné	7,419	55,956	54,610	55,258	263,699	54,547	100,934	53,578
Spolu	13,259	100	98,827	100	483,434	100	188,385	100

¹ Geomorfologické celky zoradené podľa abecedy

² GC – Geomorfologický celok

Pre užšie študované územie pre obe krivosti platí, že lineárne formy georeliéfu zaberajú 0,73 % z celkovej rozlohy tohto územia. Rovnako ako pri širšom študovanom území platí, že na území prevládajú konkávne normálove krivosti v smere spádnic (57,90 %) na konvexnými (41,37 %).

V prípade normálovej krivosti v smere dotyčníc k vrstevniciam platí, že konkávne formy georeliéfu zaberajú 45,39 % územia a konvexné formy zaberajú 53,88 % užšieho študovaného územia. Graficky sú uvedené výsledky zobrazené na obr. 14. Rozdelenie foriem georeliéfu v jednotlivých geomorfologických celkoch a podcelkoch užšieho študovaného územia sú uvedené pre normálovú krivosť v smere spádnic v tab. 13 a pre normálovú krivosť v smere dotyčníc k vrstevniciam v tab. 14.



Obr. 14 Normálová krivosť na užšom študovanom území v smere a) spádníc b) dotyčníc k vrstevniciam

Tab. 13 Plošné zastúpenie normálovej krivosti v smere spádníc užšieho študovaného územia¹

	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³
(K _N) _n	Hronska pahorkatina			Nitrianska pahorkatina - východná časť			Pohronský Inovec		
Konkávne	171,626	55,083	6,105	67,884	68,490	2,415	76,065	55,020	2,706
Lineárne	6,287	2,018	0,224	0,061	0,062	0,002	0,004	5,015	0,000
Konvexné	133,664	42,899	4,754	31,170	31,448	1,109	67,930	39,965	2,416
Spolu	311,577	100	11,082	99,115	100	3,525	143,998	100	5,122
(K _N) _n	Tribeč			Žitavská niva			Žitavská pahorkatina		
Konkávne	288,196	59,614	10,251	39,344	70,318	1,399	180,983	54,968	6,437
Lineárne	0,015	0,003	0,001	3,690	6,595	0,131	0,309	0,094	0,011
Konvexné	195,223	40,383	6,944	12,918	23,087	0,459	147,958	44,938	5,263
Spolu	483,434	100	17,195	55,952	100	1,990	329,249	100	11,711

¹ Geomorfologické celky / podcelky zoradené podľa abecedy

² GC – Geomorfologický celok a podcelok

³ ŠŠÚ – Širšie študované územie

Tab. 14 Plošné zastúpenie normálovej krivosti v smere dotyčníc k vrstevniciam užšieho študovaného územia¹

	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³	Plocha [km ²]	% z rozlohy GC ²	% z rozlohy ŠŠÚ ³
(K _N) _t	Hronska pahorkatina			Nitrianska pahorkatina - východná časť			Pohronský Inovec		
Konkávne	140,898	45,221	5,012	43,991	44,384	1,565	66,241	46,001	2,356
Lineárne	6,287	2,018	0,224	0,061	0,062	0,002	0,004	0,003	0,000
Konvexné	164,392	52,761	5,847	55,063	55,554	1,959	77,753	53,996	2,766
Spolu	311,577	100	11,082	99,115	100	3,525	143,998	100	5,122
(K _N) _t	Tribeč			Žitavská niva			Žitavská pahorkatina		
Konkávne	219,720	45,450	7,815	25,489	45,556	0,907	149,673	45,459	5,324
Lineárne	0,015	0,003	0,001	3,690	6,595	0,131	0,309	0,094	0,011
Konvexné	263,699	54,547	9,379	26,773	47,849	0,952	179,268	54,447	6,376
Spolu	483,434	100	17,195	55,952	100	1,990	329,249	100	11,711

¹ Geomorfologické celky / podcelky zoradené podľa abecedy

² GC – Geomorfologický celok a podcelok

³ ŠŠÚ – Širšie študované územie

Diskusia a záver

Analýza tak veľkého a členitého územia bola náročná. Vzhľadom na jeho veľkosť sme museli vykonať viacero testov pre získanie takých nastavení parametrov modulu *v.surf.rst*, aby nedošlo ku strate informácií. Avšak takto zvolená mierka pre záujmové územia nám poskytuje priestor pre štúdium širších priestorových vzťahov, ktoré by nebolo možné sledovať vo väčšej mierke.

V porovnaní s prácou Hudák (2014) sme získali pri interpolácii (s rovnakým nastavením parametrov) presnejšie hodnoty, napr. rozdiel v maximálnej výške medzi jeho a našimi výsledkami predstavuje 11 m. V prípade sklonu bol rozdiel 3,8° (naša maximálna hodnota sklonu 32,708°, Hudákova maximálna hodnota sklonu 28,9°). Rozdielne výsledky sú spôsobené rozdielnym nastavením veľkosti pixla (Hudák vo svojej práci pracoval s pixlom s veľkosťou 10×10 m, pričom my sme pracovali s veľkosťou pixla 5×5 m).

Výhodou analýzy v prostredí QGIS - GRASS je dostupnosť tohto softvéru, aj keď má svoje nedostatky. Voľba jednotlivých parametrov pri interpolačnej metóde *v.surf.rst*, ktorá je závislá len od skúseností operátora, vnáša do celkového výsledku prvky subjektivity. Takisto tvorba mapových výstupov (najmä legendy) má vážne nedostatky v porovnaní s inými komerčnými programami.

Vyhodnotenie výsledkov morfometrickej analýzy bolo vykonané pre dve oblasti: širšie študované územie (celé územie) a užšie študované územie (vybrané geomorfologické celky a podcelky). Na širšom študovanom území prevláda nadmorská výška do 300 m n. m., ktorá zaberá 69,37 % z celkovej rozlohy územia. Veľký podiel na tomto údaji má Podunajská pahorkatina, ktorá zaberá 62,948 % študovaného územia a nadmorská výška do 300 m n. m., ktorá má v tomto geomorfologickom celku rozlohu 98,797 %. Uvedené fakty mali vplyv na ostatné skúmané morfometrické veličiny. Minimálna výška širšieho študovaného územia nadobúda po interpolácii hodnotu 124,815 m n. m. a maximálna nadmorská výška nadobúda hodnotu 1322,910 m n. m. (pohorie Vtáčnik). Pre širšie študované územie ďalej platí, že na celom území prevláda sklon do 3°, až 63,74 % rozlohy územia. Orientácia georeliéfu voči svetovým stranám má v jednotlivých kategóriách rovnomernejšie rozloženie plošného zastúpenia. Kategória od 0° do 22,5°, čo je podľa klasifikácie programu GRASS východo-východo-severná orientácia, zaberá najväčšiu rozlohu, a to 9,39 % z celkovej rozlohy širšieho študovaného územia. Pre jednotlivé formy normálovej krivosti georeliéfu v smere spádnic a v smere dotyčníc k vrstevniciam platí, že lineárne formy sú zastúpené len minimálne, v oboch skúmaných krivostiach zaberajú 3,16 % rozlohy širšieho študovaného územia. Plošné zastúpenie konkávných foriem normálovej krivosti v smere spádnic je 56,06 % z celkového územia a u normálovej krivosti georeliéfu v smere dotyčníc k vrstevniciam prevládajú konvexné formy, ktoré zaberajú 51,80 % z celkovej rozlohy širšieho študovaného územia.

Výsledky z užšieho študovaného územia, ktoré tvoria nasledovné geomorfologické celky a podcelky: Tribeč, Pohronský Inovec, Žitavská pahorkatina, Žitavská niva, Hronská pahorkatina a východná časť Nitrianskej pahorkatiny sú obdobné ako pre širšie študované územie. Na území prevládala výška do 300 m n. m., pričom táto výška zaberala 62,226 % rozlohy užšieho študovaného územia. Minimálna výška nadobúda hodnotou 134,378 m n. m. (Žitavská niva) a maximálna výška hodnotu 874,692 m n. m. (Pohronský Inovec). Pre ďalšie morfometrické veličiny platí, že na území prevláda sklon do 3° a zaberá rozlohu 44,90 % užšieho študovaného územia. Z hľadiska orientácie georeliéfu je opäť rozdelenie plošného zastúpenia takmer rovnomerné avšak na užšom študovanom území mierne prevláda kategória medzi 180° až 202,5°, ktorá zaberá 7,83 % územia. Normálove krivosti v smere spádnic a vrstevníc opäť kopírujú rozloženie ako pri širšom študovanom území. V prípade normálovej krivosti v smere spádnic prevládajú konkávne formy (57,90 % rozlohy územia) nad konvexnými a v prípade normálovej krivosti v smere dotyčníc k vrstevniciam prevládajú konvexné formy (53,88 % rozlohy územia) nad konkávnymi. Lineárne formy georeliéfu pre obe normálove krivosti predstavovali 0,73 % rozlohy užšieho študovaného územia.

Takéto rozloženie foriem nasvedčuje tomu, že údolia v analyzovaných geomorfologických celkoch i napriek tomu, že sú užšie majú relatívne široké dná. To znamená, že inflexné body na spádových krivkách majú tendenciu presúvať sa do horných častí svahov.

Literatúra

- EVANS, I. S. (1972). General geomorphometry, derivatives of altitude and descriptive statistic. In CHORLEY, R. J. (ed.) *Spatial analysis in geomorphology*, pp. 17-90.
- GRASS Development Team (2014). GRASS GIS, [cit. 2014-08-10]. Dostupné na: <<https://grass.osgeo.org/>>
- HUDÁK, D. (2014). *Lokalizácia a klasifikácia singulárnych bodov štruktúrnych polí georeliéfu na území Tribeč a Pohronský Inovec*. Bakalárska práca. Bratislava (Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského).
- JENČO, M. (1992). The morphometric analysis of georelief in terms of a theoretical conception of the complex digital model of georelief. *Acta Facultatis rerum naturalium Universitatis Comenianae, Geographica*, 33, s. 133-153.
- KOREŇOVÁ, I. (2014). *Kartografické modelovanie georeliéfu – základné parametre*. Bakalárska práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava.
- KRCHO, J. (1964a). Morphometric analysis of the slope conditions of the Košice Basin. *Acta Geologica et Geographica Universitatis Comenianae, Geographica* 4. *The geography of the region of the East-Slovakian Ironworks*, 4, s. 23-44.
- KRCHO, J. (1964b). K problému zostrojenia máp gradientov spádu, máp izoklín, izalumklín a izalumchrón. *Geografický časopis*, 16, s. 61-75.
- KRCHO, J. (1973). Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory. *Acta Geographica Universitatis Comenianae, Geographica Physica*, 1, s. 11-233.
- KRCHO, J. (1990). *Morfometrická analýza a digitálne modely georeliéfu*. Bratislava (VEDA).
- KRCHO, J. (1992/93). Georelief and its cartographic modelling by complex digital model (CDM) from geographical information system (GIS) point of view. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica*, 33, s. 3-132.
- KRCHO, J. (2001). *Modeling of georelief and its geometrical structure using DTM: Positional and numerical accuracy*. Bratislava (Q111).
- KRCHO, J., BENOVA, A. (2004). Georeliéf a jeho geometrická štruktúra: Modelovanie georeliéfu s parametrom a bez parametra času. *Geografický časopis*, 56, s. 3-32.
- KRCHO, J., BENOVA, A. (2013). Problém správnej a exaktnej definície geometrických foriem georeliéfu vzhľadom na ťažové pole Zeme. *Geografický časopis*, 65, 3, s. 198-216.
- MINÁR, J. (1995). Geomorfológia Pohronského Inovca. In *Problémy geografického výskumu západného Slovenska: zborník abstraktov referátov z vedeckého seminára*, Bratislava: Západoslovenská odbočka SGS pri SAV, s. 27.
- MINÁR, J. (1998). *Georeliéf a geoekologické mapovanie vo veľkých mierkach*. Habilitačná práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava.
- MINÁR, J., MACHOVÁ, Z. (2010). Učebné texty z geomorfológie [online]. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta. [cit. 2014-08-18]. Dostupné na: <<http://fns.uniba.sk/Geomorfoskripta/>>
- MITÁŠOVÁ, H., HOFIERKA, J. (1993). Interpolation by regularized spline with tension: II. application to terrain modeling and surface geometry analysis. *Mathematical Geology*, 25, pp. 657-669.
- MURANSKÝ, M. (2014). *Plošné zastúpenie morfometrických parametrov na území Tribeč a Pohronský Inovec*. Bakalárska práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava.
- ŠALAMON, B. (1963). Das typische Isoliniengrundfeld und seine Anwendung. *Studia geophysica et geodetica*, 7, s. 313-329.

S u m m a r y

Morphometric analysis Tribeč and Pohronský Inovec region

Aim of this work was Tribeč and Pohronský Inovec region morphometric analysis including their geomorphological units and sub-units, based on selected morphometric variables (altitude; gradient absolute value; georelief slope in the direction of the slope lines; georelief orientation towards compass; normal curvature of georelief in direction of slope lines; normal curvature in direction to tangent to contour). In addition to the morphometric analysis of the area of interest, objective was to evaluate the spatial representation of the morphometric variables in the territory according to defined categories. Morphometric analysis was carried using free program QGIS with GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) extension. Spatial

representation of individual parameters according to defined categories was evaluated for two areas: a wider study area (the whole territory) and restricted study area (selected geomorphological units and sub-units of a wider study area). After interpolation using the v.surf.rst module we concluded that Podunajská pahorkatina has a major impact on the entire territory and, therefore, spatial representation of individual morphometric variables, which occupies 62.948% of the entire study area and the 98.797% of this territory the altitude to 300 MASL (meters above sea level). In the restricted study area the impact of Podunajská pahorkatina was not as dominant, because only selected sub-units of this territory were used. Surface representation of morphometric parameters in both areas had very similar pattern. This analysis of the territory gives us the basis for subsequent a more detailed study and practical application in various human activities (eg.: agriculture, industry, ...).

Fig. 1 The area of interest with allocated geomorphological units and sub-units

Fig. 2 The altitude of the studied area

Fig. 3 Representation of altitude of the wider studied area

Fig. 4 Representation of altitude of the restricted studied area

Fig. 5 The slope of the studied area

Fig. 6 Representation of slope of the wider studied area

Fig. 7 Representation of slope of the restricted studied area

Fig. 8 The orientation of the studied area

Fig. 9 Representation of orientation of the wider studied area

Fig. 10 Representation of orientation of the restricted studied area

Fig. 11 The normal curvature of georelief in direction of slope lines of the studied area

Fig. 12 The normal curvature in direction to tangent to contour of the studied area

Fig. 13 The normal curvature of georelief of the wider studied area in direction a) of slope lines b) to tangent to contour

Fig. 14 The normal curvature of georelief of the restricted studied area in direction a) of slope lines b) to tangent to contour

Tab. 1 Categories of morphometric variables

Tab. 2 Extent of geomorphological units of the wider studied area

Tab. 3 Spatial representation of altitude of the wider studied area

Tab. 4 Minimum and maximum altitude of the wider studied area

Tab. 5 Minimum and maximum altitude of the restricted studied area

Tab. 6 Spatial representation of altitude of the restricted studied area

Tab. 7 Spatial representation of slope of the wider studied area

Tab. 8 Spatial representation of slope of the restricted studied area

Tab. 9 Spatial representation of orientation of the wider studied area

Tab. 10 Spatial representation of orientation of the restricted studied area

Tab. 11 Spatial representation of normal curvature of georelief in direction of slope lines of the wider studied area

Tab. 12 Spatial representation of normal curvature in direction to tangent to contour of the wider studied area

Tab. 13 Spatial representation of normal curvature of georelief in direction of slope lines of the restricted studied area

Tab. 14 Spatial representation of normal curvature in direction to tangent to contour of the restricted studied area

Prijaté do redakcie: 2.decembra 2015

Zaradené do tlače: december 2015