

VPLYV VYBRANÝCH GEOMOFOLOGICKÝCH PROCESOV NA VYSOKOHORSKÚ VEGETÁCIU (BELIANSKE TATRY)

Martin BOLTÍŽIAR

Katedra geografie a regionálneho rozvoja, Fakulta prírodných vied, Univerzita
Konštantína Filozofa v Nitre, Trieda A. Hlinku 1, 949 74 Nitra, e-mail: mboltiziar@ukf.sk

Ústav krajinej ekológie SAV Bratislava, pobočka Nitra, Akademická 2, 949 74 Nitra
e-mail: martin.boltiziar@savba.sk

Abstract: *In this paper we interpret results of an observation considering the relationship between vegetation of land mantle-rocks and intensity of geomorphic processes in the territory of seven permanent plots in the Belianske Tatry Mts (2003- 2013). Those represent in principle "battle fields" for proceeding geomorphic processes and vegetation. They are either gradually occupied by initial stages of vegetation or were eventually occupied in the past and it is (was) more or less destructive. The geomorphic processes in this area seem to be crucial and often limiting elements of vegetation development. The terrain research was combined with the gathering of data as standard phytocoenological records. Moreover, we drew the spatial repatriation of particular bunches or individuals in detail on each field. In this manner, we observed the share of species and their spatial arrangement regarding the other part of the field that is represented by the uncovered mantle-rock substrate. The terrain research was also related with gathering of data considering the vegetation environment. We paid the special attention to measuring of the intensity of geomorphic processes. They are realized by various methods three times annually. For quantitative evaluation of the acquired of phytocoenological and environmental data we used the program CANOCO. In the consideration of the results, we evaluated the geomorphic processes affecting the extreme high-mountain environment as the most crucial elements that determine also spatial repatriation of vegetation, its particular species or total character of their fragmentation. Georelief and mainly its spatial geomorphic attributes are therefore relevant phenomena of landscape that enable scientists to understand, for example the scale and hierarchy of vegetation arrangement. It is necessary to emphasize that the relationship of vegetation and the intensity of geomorphic processes can be regarded and generalized only on the basis of long-termed research.*

Key words: *vegetation changes, monitoring, geomorphic processes, Belianske Tatry Mts.*

Úvod

Vegetačná pokrývka vysokohorskej krajiny Tatier svojim druhovým zložením, fyziognómiou a priestorovým usporiadaním výrazne odráža súhrn vplyvov všetkých stanovištných činiteľov v konkrétnych podmienkach georeliéfu. Výrazným činiteľom limitujúcim lokalizáciu vegetačnej pokrývky v členitom vysokohorskom reliéfe je však okrem prevládajúcich kombinovaných účinkov vetra a snehovej pokrývky v závislosti od podmienok georeliéfu, najmä samotná deštrukcia určitými typmi prevládajúcich geomorfologických procesov (Midriak, 1983).

Vegetácia resp. jej jednotlivé druhy reagujú na jednotlivé deštrukčné vplyvy rozlične, preto sú niektoré areály osídlené typickými rastlinnými spoločenstvami - často s pestrou paletou rastlinných druhov. Tie sú často aj spoľahlivým indikátorom rozrušovania povrchu veternou (Šmarda 1956, 1964a) a snehovou eróziou, zdieraním vegetačnej pokrývky lavínami, murovými prúdmi, úšustami (Šmarda, 1964b) zliezaním sutín, kryogravitačnými procesmi, zošľapávaním pôdy pri turistike pozdĺž chodníkov a pod. (Midriak, 1983). Medzi najzaujímavejšie patria tie druhy, ktoré osídľujú jednotlivé vzniknuté formy a mikroformy reliéfu ako napr. štruktúrne a mrazové pôdne formy, okraje nivačných a eolických ník, sutinové a murovo-náplavové kužele resp. prúdy, svahy postihnuté soliflukciou, zliezaním sutinových pokrovov, padaním lavín a i. Vzhľadom na to, že jednotlivé formy vznikli pôsobením viacerých geomorfologických procesov (polygeneticky), je na nich aj vegetácia zastúpená podľa toho, aké následky zanechávajú tieto procesy v pôdnozvetralinovom plášti (Midriak, 1983). Na tieto aspekty vo svojich prácach upozornili aj Šmarda (1956), Plesník (1956), Hreško, Boltížiar (2001), Boltížiar (2009), Barka (2005), Šolcová, Štrba (2007, 2008), Falt'an, Bánovský (2008), Falt'an et al. (2009) a iní.

Náš výskum je zameraný na detailné monitorovanie priestorového usporiadania (repartície) vegetácie v oblastiach pôdnozvetralinových plášťov Belianskych Tatier vo vzťahu k účinkom geomorfologických procesov, ktoré sa v tomto prostredí javia ako kľúčovými a často aj limitujúcimi činiteľmi rozvoja vegetácie.

Metodika práce

Vegetačnú pokrývku detailnejšie sledujeme na lokalitách územia Belianskych Tatier (obr. 1). Pre tento účel sme doteraz založili 7 reprezentatívnych trvalých pozorovacích plôch (TP) rozmerov 4x4 m. Ich poloha a nadmorská výška boli zamerané prístrojom GPS Garmin eMap, pre ich začlenenie do GISov. Výber plôch na lokalitách bol okrem iného determinovaný tiež porovnaním súčasného stavu lokalít a ich stavu v minulosti zachyteného na archívnych leteckých snímkach a pozemných (terestrických) fotografiách, podľa ktorého bolo evidentné, že na nich dochádza k zmenám jednak vplyvom účinkov geomorfologických procesov na jednej strane ale aj pomalým zarastaním – postupujúcou sukcesiou na strane druhej. Pri pôsobení extrémnych procesov silnej intenzity (napr. katastrofálnych murových prúdov, silnej deflácie, lavín a pod.) sa však sukcesia môže na dlhú dobu zastaviť, resp. zaniknúť. Jej samotný priebeh je však ovplyvňovaný aj druhovou konkurenciou. Nami vybrané vzorové lokality

predstavujú v podstate akési „miesta boja“ medzi prebiehajúcimi geomorfologickými procesmi a vegetáciou, ktorá ich postupne buď obsadzuje v podobe iniciálnych štádií alebo prípadne už v minulosti aj obsadzovala a bola resp. je následne viac či menej deštruovaná.

Terénny výskum bol spojený so zberom dát v podobe štandardných **fytocenologických zápisov** zürýško-montpelliarskej školy (tab. 2), ktoré sme začali realizovať od júna roku 2003. Pokryvnosť druhov sme hodnotili podľa kombinovanej sedemstupňovej Braun-Blanquetovej stupnice (početnosť-pokryvnosť), v zmysle zürýško-montpelliarskej školy, kde vyššie číslo znamená vyššiu pokryvnosť i početnosť daného druhu (tab. 2): 5 pokryvnosť 75-100 %, 4 pokryvnosť 50-75 %, 3 pokryvnosť 25-50 %, 2 pokryvnosť 5-25 %, 1 pokryvnosť menej ako 5 % dosť hojná až roztrúsena, + pokryvnosť zanedbateľná, roztrúsena, r - ojedinele.

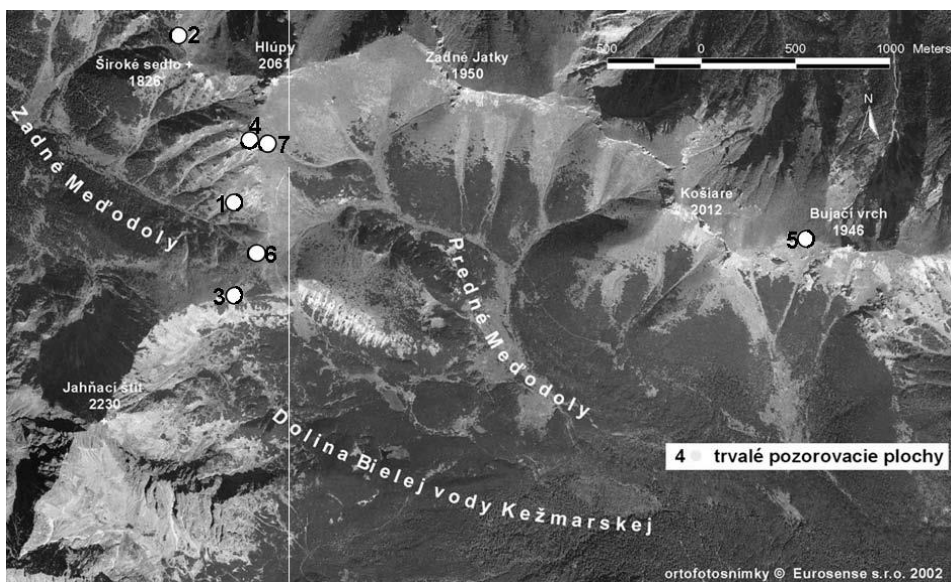
Súčasťou terénneho výskumu je tiež podrobné zakresľovanie priestorovej repartície jednotlivých trsov, resp. jedincov na každej ploche. Týmto spôsobom sledujeme podiel druhov a ich priestorové rozmiestnenie vzhľadom na ostatnú časť plochy reprezentovanej odkrytým pôdnovzvetralinovým substrátom. Takto vyhotovené terénne nákresy s podrobnou repartíciou druhov na plochách prevádzame do digitálnej formy a do prostredia GIS.

Pre vedecké názvy taxónov bolo použité názvoslovie podľa práce Marholda, Hindáka (Eds., 1998). Pri hodnotení vegetácie sme sa pokúsili aj o určenie rastlinných spoločenstiev - fytocenóz (geobotanická charakteristika).

Terénny výskum bol spojený aj so zberom dát o prostredí vegetácie. Zvláštnu pozornosť sme venovali **meraniu intenzity geomorfologických procesov**. Realizujú sa niekoľkými metódami. Z konkrétnych metód využívame metódu merania dĺžkových posunov zvetralinových úlomkov pomocou farebným profilov, ktoré v časových intervaloch nanášame na povrch zvetralinového materiálu medzi pevne stabilizované oceľové repéry. Tento spôsob sa uplatnil najmä pri meraní intenzity murových prúdov a gravitačného zliezania sutín. Soliflukčné pohyby meriame pevnými oceľovými repérmi, ktoré sú osadené mimo dynamickej niky, pričom pohyblivý bod je umiestnený na vrchole soliflukčno-gravitačnej terasky (girlandy). Rozširovanie okrajov eolických ník, resp. ich retrográdny ústup meriame medzi dvoma pevnými bodmi. Pohyblivé merané body sú na priesečníku okraja plôšky a lanka upevneného medzi pevnými bodmi, pričom len jeden z nich je stabilne umiestnený v ploche. Merania sa realizujú 2-3x ročne, pričom z nich vypočítavame aj priemerné hodnoty dĺžkových zmien. V teréne sa tiež vyhotovuje dôsledná fotodokumentácia.

Pre komplexnejšie poznanie vlastností prostredia skúmaných lokalít ako aj pre analýzu vzťahu pôdnej reakcie a rastlinných druhov sme zisťovali aj **pH pôdy**, ktoré sme stanovili po odobratí vzoriek v teréne v laboratóriu štandardným postupom.

Obr. 1: Ortofotostimka s vyznačenými trvalými pozorovacími plochami



Na kvantitatívne vyhodnotenie získaných dát sme použili programový balík **CANOCO** (Ter Braak, 1988, 1990; Ter Braak, Šmilauer, 1998), čo je špecializovaný program na analýzu fytoocenologických a im podobných dát. Primárnymi vstupnými dátami boli fytoocenologické zápisy, ktoré boli charakterizované zastúpením druhov. Pri priamych metódach boli použité ako vysvetľujúce premenné (*environmental variables*) 7 charakteristík prostredia zaznamenaných v teréne (sklon reliéfu, nadmorská výška, pH pôdy, pokrývnosť vegetácie, intenzita jednotlivých meraných geomorfologických procesov – deflácia, zliezanie, soliflukcia). Na analýzu a kvantitatívne vyhodnotenie fytoocenologických dát sme použili metódy priamej a nepriamej gradientovej analýzy podľa vhodnosti hodnotených súborov (Lepš, Šmilauer, 2000).

TP 1 – Sutinový prúd pod Hlúpym

Trvalú plochu sme založili na JZ svahu Hlúpeho vrchu na sutinových sedimentoch vápencových a dolomitických hornín, uložených v eróznej ryhe murového prúdu. Na základe analýzy historických záberov je evidentné, že murové ryhy zbiehajúce spod vrcholu Hlúpeho vrchu sa od skončenia pastvy v r. 1954 výrazne zmenili a postupne sa stabilizujú vplyvom sukcesných procesov trávno-bylinnej vegetácie, ktorá týmto spôsobom zároveň spomaľuje intenzitu zliezania materiálu (obr. 58). Táto lokalita bola vybraná i z dôvodu, že v minulosti tu boli realizované merania intenzity zliezania Midriakom (1983), pričom ich komparácia s novozískanými by mohla okrem iného hlbšie objasniť podstatu a priebeh týchto procesov.

Meracie profily pre zistenie intenzity zliezania sutín sme založili na dvoch miestach - v transportnej a nižšie v akumulačnej časti prúdu. V transportnej časti so sklonom 45° prechádza merací profil naprieč eróznou ryhou v dĺžke 10,5 m, pričom šírka vlastného prúdu sutín po odčítaní okrajov eróznej ryhy činí 3 m. Ak sutiny nedosiahnu počas lejakov náležitý stupeň zvodnenia, presúvajú sa zväčša povrchovo – odgúľavaním, klzaním resp. pomalým zliezaním alebo čiastočným premiestňovaním vplyvom menších vodných prúdov. Podľa zistení Midriaka (1983) tu dochádza k pohybu sutín takmer výlučne na povrchu. Odrobiny dosahujú priemer 1-2 cm, väčšie kamene priemer 1-20 cm. Podľa výsledkov spomínaného autora 70 % všetkých sutín sa premiestnilo frontálne 0,15-21 m/rok (priemerne však len o 0,6 m). Ojedinelé väčšie kamene sa premiestnili ešte niekoľkonásobne viac. Podľa našich meraní, od založenia profilu, došlo k celkovému frontálnemu posunu úlomkov o 1-5 cm/mesiac. Niektoré z nich (priemeru cca 5 cm) boli transportované až do vzdialeností 0,5 až 2,7 m/mesiac. Po roku merania však stredná časť farebného profilu (okrem okrajov s posunmi cca 0,3-0,5 m/mesiac) úplne chýbala a odrobiny boli premiestnené hlboko do údolia (viac ako 30 m). Táto skutočnosť svedčí o vysokej intenzite premiestňovania materiálu, ktorá v konečnom dôsledku bráni aj jeho osídleniu vegetáciou.

V akumulačnej časti prúdu sutín (1675 m n. m.) je založený druhý merací profil, pričom jeho časť tvorí zároveň spodnú stranu štvorca trvalej plochy. Merací profil má dĺžku 9,6 m. Intenzita posunu väčšiny úlomkov tu počas 10 rokov meraní dosiahla v mesiacoch máj – november priemerne 5 cm/mesiac (na okrajoch) až 50 cm/mesiac (v strednej časti). Veľká časť (asi 1/3) úlomkov však býva každoročne pri jarných meraniach splavená až takmer na dno doliny pravdepodobne pri intenzívnom topení snehu, kedy úlomky prekonalí vzdialenosť takmer 40 m. Midriak (1983) tu nameral hodnoty posunu 5-7 m, priemerne však 0,7m/rok.

Spodnú časť tohto prúdu postupne osídľuje vegetácia, ktorú reprezentujú najmä druhy typické pre pohyblivé sutiny: *Arenaria tenella*, *Cerastium arvense* ssp. *glandulosum*, *Biscutela laevigata* a iné. Tieto druhy dosahujú vo fytoecenologickom zápise aj relatívne vysokú pokryvnosť (tab. 2). Vegetáciu možno charakterizovať ako pionierske spoločenstvo chamaefytov a trsnatých hemikryptofytov patriacich syntaxonomicky pravdepodobne do zväzu *Papaverion tatrici*.

TP 2 – Eolicko-nivačná nika v Širokom sedle

Nachádza sa nachádza v depresii Širokého sedla okraji tejto eolicko-novačnej niky, pričom jej vznik je podmienený hlavne pravidelnými silnými S a SZ vetrami, ktoré sú v týchto miestach zosilňované dýzovým efektom sedla. V jarnom období tu čiastočne pôsobí aj nivačná erózia dlhopretrvávajúcich snehových polí. Na deštrukcii lokality sa taktiež podieľajú aj regulačné procesy a v minulosti, do uzavretia značkovaného turistického chodníka na Ždiarsku vidlu, aj antropogénne procesy (zošľapávanie povrchu). Pri deflácii, ktorá pôsobí najmä pri povrchu terénu dochádza k transportu drobných častíc hornín ako aj nespevnenej jemnozeme z plochy a odvíjané na iné miesto. Podľa Midriaka (1983) je pre plošnú defláciu potrebné, aby rýchlosť vetra

dosiahla 4-4,5 m.s⁻¹. Týmto podmienkam sa prispôsobila aj vegetácia svojím druhovým zložením (tab. 2). Najväčšiu početnosť i pokryvnosť tu dosahuje druh *Juncus trifidus*, ktorému hlboký koreňový systém umožňuje prežiť aj v takýchto extrémnych podmienkach. Jeho porasty sú reprezentované bochníkovitými zvyškami, pôvodne súvislého mačinového pláňa klimaxového rastlinného spoločenstva *Juncetum trifidi*, ktoré ostali in situ po odvatií jemnozrnnejšieho materiálu. Spoločenstvo možno charakterizovať ako heliofilné, xero- až mezofilné a extrémne acidofilné, rastúce na plytkých a kyslých pôdach čo nám potvrdili aj naše merania (pH 4,4). Vzhľadom na extrémne životné podmienky patria k druhovo najchudobnejším vysokohorským spoločenstvám vôbec. Ďalším dominantným druhom je *Campanula alpina*, ktorá je na ploche rozmiestnená nepravidelne v podobe jednotlivých jedincov.

K meraniu intenzity deflácie sa využíva vyššie opísaná metóda, kde sa zameriava rozširovanie okrajov niky vo viacerých smeroch. Výsledky nám potvrdili, že vplyvom silnej eolickej korázie sa okraje terénu zbrúsili o cca 1cm/rok, čo svedčí o pomerne vysokej intenzite erózne pôsobiacich vetrov.

TP 3 – Lysinové pôdy pod Jahňacím štítom

Trvalá pozorovacia plocha je lokalizovaná v zánikovom štádiu lysinových pôd na styku dolomitických vápencov a verfenských bridlic na rozhraní Vysokých a Belianskych Tatier na hrebeni vybiehajúceho na S z Jahňacieho štítu. Vznik lysinových pôd je podmienený najmä pravidelnými silnými vetrami a čiastočne aj regeláciou. Vegetácia pokrýva už len kryoplanačné zvyšky pôdy v tvare nepravidelných ostrovčekov a pruhov, alebo rastie len v jednotlivých trsoch. Pruhy sú orientované diagonálne po svahu v smere prevládajúcich vetrov. Nižšie tieto pôdy prechádzajú do dlhých terasovitých lysinovo-girlandových pôd. Na tejto trvalej ploche je veľmi zaujímavá priestorová repartícia niektorých druhov. Charakteristickým spoločenstvom osídľujúcim plochu je asociácia *Festuco versicoloris-Dryadetum octopetale*, kde prevládajú *Dryas octopetala*, *Festuca versicolor* ssp. *versicolor*, *Silene acaulis*. Kým prvý druh vytvára uvoľnené vankúšovité porasty, druhý rastie najmä na náveterných stranách bochníkovitých pôdnych zvyškov a na mnohých miestach je jeho koreňový skelet obnažený vplyvom silných Z vetrov, ktoré rovnako postupne narušujú aj nadzemnú časť trsov. Trsy však vytvárajú ochranu pre celý rad ďalších druhov najmä rodu *Saxifraga*, ktoré prerastajú od okrajov do stredu trsov *Festuca versicolor*. Druhy ako *Silene acaulis* či *Dryas octopetala* rastú za jednotlivými kryoplanačnými zvyškami, kde sú chránené pred vetrom. Tieto javy pozorovali a takto opísali viacerí autori (Midriak, 1983; Midriak, Manica, 1970; Plesník, 1956; Šmarda, 1956 a i.). Husté neporušené trsy *Festuca versicolor* ssp. *versicolor* vytvárajú vo svojom závetří dobrú ochranu aj pre celý rad iných druhov. Druh *Saxifraga aizoides* prerastá od okrajov až do stredu trsov trávy *Festuca versicolor* ssp. *versicolor*, naopak druhy *Silene acaulis*, ale najmä *Dryas octopetala* rastú zákonite v závetří na mikropriestore za jednotlivými kryoplanačnými zvyškami. Pri vystavení náporu silného vetra, obyčajne po rozrušení trsov *Festuca versicolor* ssp. *versicolor*, hynie.

Intenzitu eolickej erózie meriame na viacerých miestach lokality. Za 10 rokov meraní (2003-2013) sme dospeli k zisteniu, že okraje vegetačných pruhov ustupujú len niekoľko mm/rok (2004: 0,5 mm, 2005: 0,3 mm, 2006: 0,7mm, 2007: 0,5 mm, 2008: 0,4 mm/rok, 2009: 0,3 mm, 2010: 0,4 mm, 2011: 0,6 mm, 2012: 0,6mm, 2013: 0,4mm), čo možno interpretovať ako relatívne slabú intenzitu deflácie. Pri porovnaní historickej fotografie tej istej lokality kde leží naša trvalá pozorovacia plocha zo 60-tych rokov minulého storočia vyfotografovanej prof. Midriakom, a súčasných, nami vyhotovených fotografií, badať mierny rozdiel v náraste plochy, ktorú vegetácia pokrývala v minulosti a teraz. Na vysvetlenie tejto zmeny sa ponúka viacero možností (napr. strednodobé zmeny klímy, ukončenie pastvy a i.) avšak pre nedostatok exaktných poznatkov a meraní nemožno pochopiteľne vyodiť korektné závery.

TP 4 – Sutinový svah pod Hlúpym

Trvalá pozorovacia plocha je situovaná na Z svahu Hlúpeho, ktorý je postihnutý najmä zliezaním sutín, ale aj ronom a tiež aj intenzívnou eolickou eróziou. Vegetácia sa tu uchytáva len sporadicky v trsoch a vytvára zvláštnu usmernenú bodkovanú štruktúru v smere prevládajúcich vetrov po spádnici. Je tvorená najmä druhom *Festuca versicolor* ssp. *versicolor*, s hlbokým koreňovým systémom, ktorý jej napomáha udržiavať sa a prežívať i v takýchto extrémnych podmienkach. Ďalšími početnými druhmi, ktoré sme zaznamenali na ploche boli *Oreochloa disticha* a *Sedum alpestre*. Druh *Carex firma* sa podľa našich pozorovaní, ako aj podľa pozorovaní ostatných autorov (Midriak, 1983; Plesník, 1956) uplatňuje jednak v iníciaľných štádiách deštruovaných plôch na pohyblivých sutinách, ktoré sú typické pre našu lokalitu, a jednak aj v rozličných vývojových štádiách girlandových a girlandovo-lysinových pôd. Toto spoločenstvo možno na základe vyskytujúcich sa porastov v blízkosti lokality syntaxonomicky zaradiť do zväzu *Festucion versicolor*, ev. *Caricion firmae*.

V spodnej časti plochy sa realizujú merania pohybu sutín pomocou dvoch pevne osadených kovových repérov a farebnej línie. Počas trojročných meraní tu dochádza k výraznému posunu sutín. Najmä po zimnej sezóne pri prvom jarnom meraní býva väčšina farebného profilu znesená niekoľko desiatok metrov. Počas letného obdobia pri absencii intenzívnejších lejakov posun sutín činí priemerne 0,1-1 m/rok, pričom zliezaním bývajú premiestnené aj väčšie kamene (priemeru 10 cm) na vzdialenosť takmer 1 m. Intenzita posunu sutín vplyvom zliezania, ale i plošného splachu je pomerne vysoká.

TP 5 – Girlandovo-lysinové pôdy v sedle pod Košiarmi

Trvalú plochu sme založili v mieste dlhých girlandovo-lysinových pôd v oblasti sedla medzi Košiarmi a Bujačím vrchom na hlavnom východnom hrebeni Belianskych Tatier. Holé štrkovité plôšky vznikli narušením vegetačnej pokrývky eolickými, kryogénnymi i antropogénnymi procesmi. Striedajú sa tu holé obnažené pásy pôdnozvetralinového substrátu a pruhy vegetácie, predĺžené v smere vetra aj niekoľko desiatok metrov. Vegetačné pásy tvorí prevažne spoločenstvo *Caricion firmae* zastúpené asociáciou

Saxifraga caesia-*Caricetum firmae*. Prevládajú tu najmä *Carex firma*, *Saxifraga caesia*, *Dryas octopetala*, *Festuca versicolor* ssp. *versicolor* menej *Sedum alpestre* (tab. 2). Prvý druh tvorí husté vankúšiky pevne spojené s pôdou, ktorú dobre prekoreňuje. Druhý spomenutý druh má vankúšiky riedke, ktoré pôdu menej chránia pred regeláciou. Jej trsy ako aj jedince iných druhov sa zachraňujú pred ničivými účinkami vetrov v závetří trsov *Festuca versicolor* a *Carex firma*, ktoré tiež lepšie prekoreňujú a tak chránia pôdu pred odvívaním a regeláciou. Podľa meraní intenzity eolickej erózie možno usudzovať, že vegetácia, ale i obnažený substrát sú pomerne silne atakované jej účinkami. Ako vyplýva z terénnych pozorovaní, v jarých a jesenných mesiacoch sú obnažené plôšky vystavené silným účinkom regelácie v podobe načechrávania ich povrchu pôdnym ľadom. Merania poukazujú na skutočnosť, že vplyvom eolickej korózie a dýzového efektu sedla okraje terénu ustúpili priemerne o cca 1cm/rok.

TP 6 – Eolická depresia pri Kopskom sedle

Eolická depresia leží na rozvodnicovej hrane medzi Prednými a Zadnými Meďodolmi. Lokalita bola vybraná i na základe skutočnosti, že už v minulosti tu realizoval merania vetrovej erózie Midriak (1972). Depresia vznikla rozrušením vegetačnej a pôdnozvetralinovej pokrývky defláciou a následne i fluvialnou eróziou pri spolupôsobení kryogénnych procesov. Západné vetry narážajú na priečny svah, kde sa dýzovitým formovaním reliéfu zvyšuje ich rýchlosť. Spolupôsobením ostatných procesov tak vymodelovali kosákovitý útvar s celkovou dĺžkou 35 m, priemernou šírkou cca 6 m (2-12 m) a maximálnou hĺbkou 1,5 m. Na tejto relatívne mladej recentnej forme možno sledovať postupnú deštrukciu trávo-bylinných porastov a rozširovanie obnaženého pôdnozvetralinového plášt'a. Na niektorých miestach sa obnažuje aj skalné podložie tvorené prevažne verfénskymi bridlicami. Ako eróznym činiteľ tu však dominuje deflácia, o čom svedčí aj tá skutočnosť, že ryha neprerástla do údolia, ale ich dĺžkový rast je aj napriek veľkému sklonu rýchlejší v retrográdnom smere proti svahu než po svahu. Midriak (1983) nameral v tejto časti hodnoty ustupovania okrajov eolicko-nivačnej niky o 1-29 cm/rok, priemerne však o 1,9 cm.r⁻¹. Po našich opakovaných meraniach sme namerali ústup okrajov rádo vo len o niekoľko mm/r. (2004: 0,6 cm, 2005: 0,4 cm, 2006: 0,3 cm, 2007: 0,4 cm, 2008: 0,5, 2009: 0,4 mm, 2010: 0,4 mm, 2011: 0,6 mm, 2012: 0,5 mm, 2013: 0,4 mm). Aj podľa porovnania tých istých fotografií z r. 1967 a 2013 možno vidieť postupujúcu sukcesiu trávo-bylinných ale i kosodrevinových porastov. Domnievame sa však, že vietor je tu i naďalej silne limitujúcim faktorom obmedzujúci sukcesiu vegetácie. Pôsobí na ryhu aj v zimnom období, kedy je lokalita zväčša bez snehu. Z účinkov vetra je najvýraznejšie laterálne zväčšovanie okrajov, kde vyvíjaním jemnozeme dochádza k preklopeniu mačínového plášt'a, pričom sa vytvárajú závesy (Midriak, 1972).

Z fytoecologického zápisu možno vyčítať vysokú druhovú diverzitu (28 taxónov). Najpočetnejšími s vysokou pokrývnosťou sú prevažne druhy tráv ako *Festuca versicolor* ssp. *versicolor*, *Juncus trifidus*, *Luzula alpino-pilosa* a *Poa alpina*. Tieto druhy tu boli transportované z okrajových mačínových previsov. I napriek deflácii sa tu udržiavajú vďaka

svojej adaptácii na takéto extrémne stanovištia (hlboký koreňový systém a i.). Sú to najmä druhy spoločenstva *Juncetum trifidi*, ktoré porastá široké okolie eolickej niky.

TP 7 – Girlandové pôdy pod Hlúpym

Trvalú plochu sme založili na V svahu Hlúpeho vrchu na lokalite s výskytom girlandových pôd. Tie predstavujú mrazové pôdne formy tzv. amorfnej soliflukcie, pri ktorej sa vytvárajú terasovite usporiadané kamenité alebo jemnozrnné (hlinité) stupne lemované vegetačnými obrubami. Samotný povrch terás tvorí jemnozrnejší materiál prípadne hrubozrnejší skelet, často postihovaný regelačnými procesmi. Typickým znakom girlandových pôd je ich pohyb po svahu vplyvom soliflukcie, ktorý sa prejavuje v zavaľovaní vegetačných obrúb. Na ploche sme soliflukciu potvrdili už po roku pozorovania ohnutím pevných repérov (priemeru 2 cm) osadených v hĺbke vyše 80 cm. Holé plošky vznikajú porušovaním vegetačnej pokrývky aj eolickými procesmi. Podľa našich desaťročných meraní, sme zaznamenali ústup eolicky deštruovaných okrajov o cca 2-6 cm/rok, čo svedčí o pomerne významnom vplyve Z vetrov na plochu. Aj druhové zloženie (tab. 2) napovedá, že sa tu nachádzajú druhy typické pre vyfúkavané miesta: *Festuca versicolor ssp. versicolor*, *Dryas octopetala*. Aj pri týchto druhoch badať nápadnú priestorovú repartíciu. Trsnatá *Festuca versicolor* rastie najmä na hornej hrane, resp. na celej hornej polovici súvislých girland, ako aj na soliflukciou popretrhávaných viac-menej ostrovčekovitých zvyškov pruhov mačiny. Naproti tomu *Dryas octopetala* vytvára uvoľnené vankúšovité porasty na päte terasovitých stupňov, miestami sa však vtláča aj medzi ďalšie druhy spoločenstva *Caricion firmae* vnútri girland. Spolu s týmto druhom sú na báze girlandových pôd hojné machy a lišajníky. Veľmi často sa tu udržujú aj porasty *Silene acaulis* ktoré však postupujú i vyššie a spolu s druhmi rodu *Saxifraga* osídľujú takmer celú dolnú polovicu súvislých girlandových pruhov. Vysokú pokrývnosť na lokalite má aj *Carex firma*, charakteristická i pre soliflukčne ovplyvnený pôdnozvetralinový plášť, kde má najmä spevňujúcu funkciu. Tvorí totiž husté vankúšky pevne spojené s pôdou, ktorú dobre prekoreňuje najmä na hornej hrane girlandových terás (Midriak, 1983).

Tab. 1: Vybrané charakteristiky lokalít, typy procesov a ich intenzita

plocha	nadmorská výška v m	sklon v °	expozícia	geomorfologický proces	priemerná intenzita v cm
TP1	1675	40	J	vodnogravitačný murový prúd	0,5-300
TP2	1829	4	S	eolická deflácia, nivácia	1
TP3	1824	2	SZ	eolická deflácia	0,5
TP4	1916	48	Z	gravitačné zliezanie sutín	100
TP5	1905	3	V	eolická deflácia	1
TP6	1763	7	Z	eolická deflácia	0,4
TP7	1917	25	V	soliflukcia	4

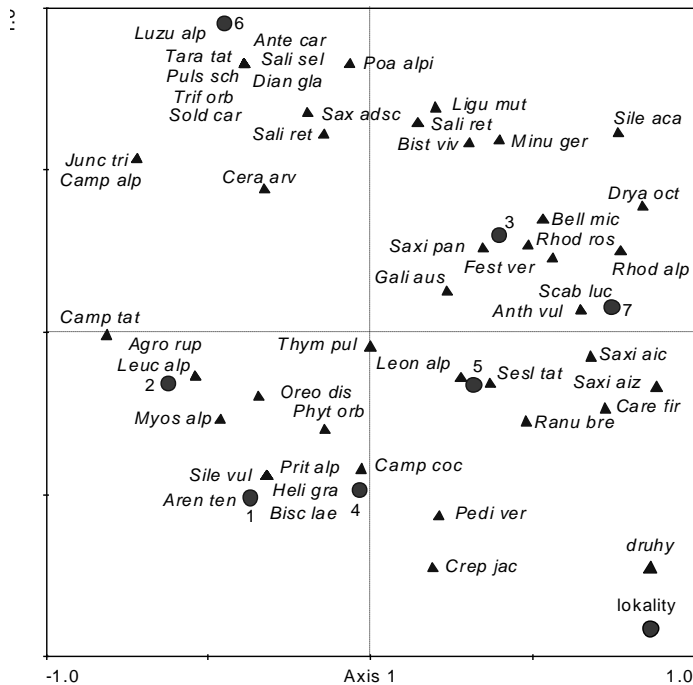
Tab. 2: Fytcenologické zápisy zo siedmich trvalých plôch Belianskych Tatier

trvalé plochy (TP)	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7
nadmorská výška v m	1675	1829	1824	1916	1905	1763	1917
počet druhov v zápise	17	7	14	13	11	28	21
<i>Agrostis rupestris</i>		1					
<i>Antennaria carpatica</i>			r			r	
<i>Anthyllis vulneraria ssp. alpestris</i>							+
<i>Arenaria tenella</i>	2						
<i>Bellidiastrum michellii</i>					+	r	+
<i>Biscutella laevigata</i>	2						
<i>Bistorta vivipara</i>	+		2			1	1
<i>Campanula alpina</i>		1				1	
<i>Campanula cochlerifolia</i>				r			
<i>Campanula tatrae ssp. tatrae</i>	r	r				r	
<i>Carex firma</i>				+	3		3
<i>Cerastium arvense ssp. glandulosum</i>	2		+			1	
<i>Crepis jacquini ssp. jacquini</i>	+			1	+		r
<i>Dianthus glacialis</i>						1	
<i>Dryas octopetala</i>			3		2	r	2
<i>Festuca versicolor ssp. versicolor</i>	2		3	3	2	3	3
<i>Galium austriacum</i>	2		+	+		+	1
<i>Helianthemum grandiflorum</i>	r						
<i>Juncus trifidus</i>		2				2	
<i>Leontopodium alpinum</i>					+		
<i>Leucanthemopsis alpina ssp. tatrae</i>		r					
<i>Ligusticum mutellinoides</i>						r	r
<i>Luzula alpinopilosa</i>		r				2	
<i>Minuartia gerardi</i>			r	r		1	1
<i>Myosotis alpestris</i>	+			+		r	
<i>Oreochloa disticha</i>		r		3		r	
<i>Pedicularis verticillata</i>	1			r			+
<i>Phyteuma orbiculare</i>	r		r				
<i>Poa alpina</i>						1	r
<i>Pritzelago alpina ssp. alpina</i>	+						
<i>Pulsatilla scherfelii</i>						1	
<i>Ranunculus breyninus</i>				r			r
<i>Rhodax alpestris</i>			1				2
<i>Rhodiola rosea</i>			r	r		r	+
<i>Salix reticulata</i>			1			r	
<i>Salix retusa</i>					+	1	
<i>Salix silesiaca</i>						r	
<i>Saxifraga adscendens</i>					r	+	
<i>Saxifraga aizoides</i>			1	1	1		1
<i>Saxifraga caesia</i>					1		+
<i>Saxifraga paniculata</i>			r				
<i>Scabiosa lucida</i>							r
<i>Sesleria tatrae</i>	1	r	+				2
<i>Silene acaulis</i>			2		+	+	2
<i>Silene vulgaris</i>	+						
<i>Soldanella carpatica</i>						r	
<i>Taraxacum tatreense</i>						r	
<i>Thymus pulegioides ssp. montanus</i>	1			+		+	1
<i>Trifolium orbelicum</i>						r	
<i>Trisetum alpestre</i>	r						

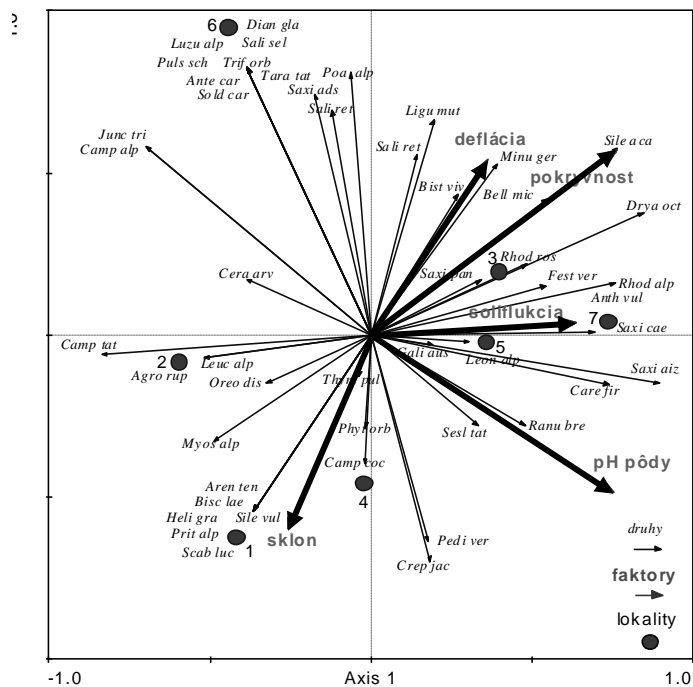
PCA analýza

Metódu **nepriamej gradientovej analýzy hlavných komponentov – PCA**, ktorá postihuje variabilitu vegetácie len na základe druhového zloženia, sme použili pre analýzu štruktúry skúmaných dát (lokalít a druhov). Najvyššia hodnota dĺžky environmentálneho gradientu (vypočítaného použitím DCA) bola 3,898 a je teda pre použitie lineárnej metódy PCA vhodná. Maticou dát bola tabuľka fytoecologických zápisov všetkých druhov zo skúmaných lokalít. Kombinovanú sedemstupňovú Braun-Blanquetovú stupnicu abundancie a dominancie sme pre program CANOCO previedli na číselné hodnoty pomocou Van der Maarelovej stupnice (Herben, Münzbergová, 2002, 2003). Takto pripravené hodnoty boli importované do Cornellovského formátu a následne vstupovali do CANOCA. Po analýze a vytvorení ordinačného diagramu (graf 1) sme dospeli k zisteniu, že skúmané dáta (druhy i lokality) sú štruktúrované, pričom sa vytvorilo niekoľko ordinačných zhlukov. Sú rozptýlené po celom ordinačnom priestore. Možno z toho usudzovať, že zhluky predstavujú určité synekologicky a syntaxonomicky vyhranené skupiny. PCA však neumožňuje identifikovať gradienty – ekologické vlastnosti stanovišť, s ktorými je druhová variabilita korelovaná a ich väzbu na ordinačné osi. Prvé dve osi však vysvetľujú až 50,5 % variability druhových dát, čo potvrdzuje, že faktory vysvetľované ordinačnými osami sú významné. Druhy ako napr. *Dryas octopetala*, *Silene acaulis*, *Saxifraga aizoides*, *Carex firma* a i. (lokality 3, 5, 7) sú typické najmä pre stanovištia so silnými a početnými vetrami ale aj pre prostredie postihnuté soliflukciou, resp. s výskytom soliflukčno-gravitačných girlandových pôd. Podľa vzájomného vzťahu medzi druhmi a ich vzťahu k rozloženiu jednotlivých zápisov (lokalít) ako aj na základe terénnych pozorovaní sa možno domnievať, že hlavným gradientom (vlastnosťou) vysvetľovaným prvou ordinačnou osou je pravdepodobne vietor, prípadne soliflukcia. Dalším gradientom vysvetľovaným druhou ordinačnou osou môže byť vysoký sklon svahov a s ním spojený proces zliezania dolomiticko-vápencových sutín, ktorý podmienil vytvorenie zhluku druhov typických pre spevňovanie pohyblivého sutinového materiálu (*Arenaria tenella*, *Biscutela laevigata*, *Silene vulgaris*, *Thymus pulegioides* ssp. *montanus*, *Campanula cochleariifolia* a i. (lokality 1 a 4). Druhy lokality 6 (ktorá je tzv. „outlier“ – s oddialeným postavením) sú typické pre klimaxové trávne alpínske lúky. Mnohé z nich sú tiež taxónmi veterných stanovišť (*Juncus trifidus*, *Campanula alpina*, *Pulsatilla scherfelii*, *Poa alpina* a i.). Ako sme pri charakteristike tejto lokality uviedli, ide o eolickú depresiu. Jej oddialené postavenie v grafe od ostatných lokalít môže spôsobovať napr. iné pH pôdy, resp. pôdotvorný substrát tvorený verfenskými bridlicami. Ďalšou vlastnosťou diferencujúcou zápisy môže byť i pokrývnosť bylinnej vrstvy (E_1).

Graf 1: Biplot PCA druhov a lokalít skúmaného územia



Graf 2: Triplot RCA druhov, lokalít a faktorov prostredia skúmaného územia



RDA analýza

Charakter prostredia určujú primárne charakteristiky stanovišťa (lokalít) a nepriamo aj zastúpenie druhov, ktoré vyjadrujú nároky na svetlo, teplo, vlhkosť, pôdnu reakciu atď. Pre analýzu variability dát vo vzťahu k vysvetľujúcim premenným pre potvrdenie ich vplyvu na základe vyššie uvedených domnienok a hypotéz sme použili **priamu gradientovú analýzu – RDA**, ktorá vysvetľuje variabilitu vegetácie nielen na základe druhového zloženia ale i na základe vlastností prostredia. Ako vysvetľujúce premenné do analýzy vstupovalo týchto 6 environmentálnych faktorov (vysvetľujúce premenné), ktoré sme získali v teréne: sklon svahu, deflácia (eolická erózia), zliezanie zvetralinového substrátu, soliflukcia, pH pôdy a tiež celková pokryvnosť bylinnej etáže v %. Dáta boli upravené a následne importované do CANOCA. Údaj „inflation factor“ v *.log súbore nám potvrdil pomerne vysokú koreláciu dvoch faktorov (hodnoty nad 10) a to sklonu a zliezania sutín. V takomto prípade je vhodné jeden z faktorov, ktorý má najvyššiu hodnotu vylúčiť (Herben, Münzbergová, 2003). V našom prípade to bol faktor zliezania sutín, ktorý je podmienený práve vyššími hodnotami sklonu. Výsledkom Monte-Carlo permutačného testu environmentálnych charakteristík, ktorý testuje ich štatistickú významnosť, je tzv. „p-value“ – kritická hodnota pre stanovenie hladiny pravdepodobnosti. Jej výpočet je založený na nulovej hypotéze, že druhy sú nezávislé od vysvetľujúcich premenných (faktorov prostredia). Získané hodnoty poukázali na skutočnosť, že najvýznamnejším faktorom je pokryvnosť bylinnej vrstvy (E_1). Ostatné faktory možno podľa získaných hodnôt testu pokladať za menej významné, resp. irelevantné.

Ordinačný graf 2 zobrazuje rozmiestenie zápisov druhov (lokalít) a tiež ordináciu druhov vo vzťahu k charakteristikám prostredia. Druhy sú znázornené ako vrcholy bodov šípok v smere rastu ich pokryvnosti. Environmentálne premenné (faktory prostredia) sú zobrazované šípkami v smere, kde rastie ich významnosť.

Prvá os vysvetľuje 28,7 % variability. Ako premenná s preukázateľným vplyvom s ňou koreluje soliflukcia, s výskytom na lokalite 7, kde podmieňuje vznik polkruhových jazykovitých girlandových pôd. Soliflukciou je v grafe tiež ovplyvnená aj poloha lokality 5 s výskytom girlandovo-lysinových pôd.

Ďalšia významná premenná je pokryvnosť bylinnej vrstvy – E_1 . Tá koreluje s lokalitami 3 a 7 s vyššou pokryvnosťou. Táto premenná je v negatívnej korelácii ku sklonu, ktorý vysvetľuje druhá os ordinačného grafu. Tá vysvetľuje 50,5 % variability.

S rastom sklonu klesá pokryvnosť bylinnej vrstvy E_1 na lokalitách 1 a 4, kde pod vplyvom vysokého sklonu (gravitácie) dochádza k zliezaniu zvetralinového materiálu dolomitických vápencov. Tiež zhluk druhov v okolí lokalít 1 a 4 je reprezentovaný prevažne druhmi charakteristickými pre sukcesné štádiá na sutinách. Tejto skutočnosti zodpovedá aj zastúpenie druhov a ich rozloženie na grafe (*Arenaria tenela*, *Silene vulgaris*, *Biscutela laevigata*, *Campanula cochlerifolia*, *Pritzelago alpina* ssp. *alpina* a i.).

Naopak lokality 3 a 7 majú najvyššiu celkovú pokryvnosť. Preto ležia v prvom kvadrante grafu. Polohu týchto lokalít (najmä však lokalitu 3 s výskytom lysinových pôd) v ordinačnom priestore však determinujú aj účinky vetra vo forme deflácie.

V blízkosti ordinovaných lokalít 1 a 4 sa nachádza aj lokalita 2, ktorá je charakteristická najnižšou celkovou pokryvnosťou (25 %), preto je v silnej negatívnej korelácii s lokalitou 7, 3 a 5 ktoré majú najvyššiu pokryvnosť. Táto lokalita má tiež (spolu s lokalitou 6) oproti ostatným lokalitám najnižšie pH.

Polohu lokality 6 i druhov v jej okolí, ako sme už naznačili, determinuje najmä iná pôdna reakcia. Lokalita sa nachádza na substráte verfénskych bridlíc, na ktorých sa vyvinuli pôdy s nízkym pH. Napr. druhy ako *Juncus trifidus* či *Campanula alpina*, predstavujú druhy typické pre kyslý substrát a sú v negatívnej korelácii k vektoru znázorňujúcemu smer zvyšovania pH (zásaditej reakcie). Aj druhy ležiace v IV kvadrante grafu sú typickými kalcifytmi (*Sesleria tatrae*, *Carex firma*, *Leontodon alpinus* a i). Treba povedať, že v lokalite 6 sa vyskytujú prevažne druhy charakteristické pre klimaxové trávne spoločenstvá súvislých alpských lúk (*Pulsatilla scherfelii*, *Trifolium orbelicum*, *Luzula alpinopilosa*, *Poa alpina*, *Taraxacum tatrense*).

Záverom možno konštatovať, že na základe uskutočnenej analýzy ordinačného grafu 2 ako výsledku použitej metódy RDA, sa potvrdili vyššie uvedené hypotézy z nepriamej PCA analýzy o vplyve stanovištných podmienok na vegetáciu.

Záver

V príspevku sme podali prvé čiastkové výsledky sledovania vzťahu vegetácie pôdnovzetrálinových plášťov a intenzity geomorfologických procesov zo 7 trvalých pozorovacích plôch z Belianskych Tatier. Získané vegetačné dáta sme podrobili najskôr nepriamej gradientovej analýze hlavných komponentov – PCA, aby sme zistili variabilitu vegetácie a lokalít. Táto metóda nám však neumožnila identifikovať environmentálne premenné, resp. vlastnosti stanovišť, s ktorými je druhová variabilita korelovaná a tiež ich väzbu na ordinačné osi. Z tohto dôvodu sme mohli len na základe synekologických vlastností vegetácie a poznania ekologických vlastností lokalít usudzovať o dominantných faktoroch prostredia, ktoré sa viažu na jednotlivé osi a ktoré vysvetľujú polohu druhov a lokalít v ordinačnom priestore. Hlavnými gradientami by mali byť podľa našich poznatkov najmä vietor, soliflukcia, sklon prípadne pH pôdy. Preto pre potvrdenie hypotéz z PCA analýzy sme použili priamu gradientovú analýzu – RDA, ktorá vysvetľuje variabilitu dát nielen na základe druhového zloženia, ale i na základe vlastností lokalít, ktoré sme získali meraniami v teréne. Táto nám potvrdila správnosť stanovených hypotéz o vplyve environmentálnych faktorov na vegetáciu. Najvýznamnejšou environmentálnou premennou bola soliflukcia, korelujúca s prvou ordinačnou osou vysvetľujúca 28,7 % variability. Ďalšou významnou premennou bola pokryvnosť vegetácie (E1), so silnou negatívnou koreláciou voči sklonu, ktorý vysvetľovala druhá os grafu viažuca až 50,5 % variability. Ostatnými environmentálnymi premennými vysvetľujúcimi variabilitu boli eolická erózia a pH pôdy.

Na základe získaných výsledkov hodnotíme geomorfologické procesy operujúce v extrémnom prostredí vysokohorskej krajiny ako kľúčové činitele, ktoré určujú okrem iného aj priestorovú repartíciu vegetácie resp. jej jednotlivých druhov, či celkový charakter fragmentácie (rozbitia) porastov. Tieto názory prezentuje aj Šmarda (1956, 1964a, b), Midriak (1983), Midriak, Manica (1970), Hreško (1998), Hreško, Boltížiar (2001) a iní. Georeliéf, predovšetkým jeho priestorové morfodynamické atribúty, sú teda relevantné fenomény krajiny, ktoré umožňujú pochopiť okrem iného aj mierku a hierarchiu usporiadania vegetačnej pokrývky. Vzhľadom na to, že charakter vegetácie je silne ovplyvňovaný reliéfom a prebiehajúcimi procesmi, bez ich poznania je klasická fytoecologická analýza len popisom a statickým zachytením daného stavu. O príčinách vzniku fytoecenóz, ich vývoji a priestorovom usporiadaní nám tieto analýzy nič nehovoria. V tomto smere sa javí nutná spolupráca fytoecológa s geomorfológom. Jedine tak potom správne pochopíme priestorové rozloženie vegetácie a jednotlivých druhov. Príkladom takejto spolupráce môžu byť publikované práce z výskumu poľskej strany Tatier (Raczkowska, Kozłowska, 1999; Raczkowska, Kozłowska, Jakomulska, 1999; Kozłowska, Raczkowska, 1996). U nás podobný výskum realizoval Midriak s Manicom (1970) a Plesník (1956). Práve podobnosťou našich a ich lokalít ako aj skúmaných procesov sme potvrdili nimi prezentované poznatky a závery, nielen čo sa týka intenzity procesov, ale najmä ich vplyvu na priestorovú diferenciáciu vegetácie a jej jednotlivých druhov.

Treba zdôrazniť, že vzťah vegetácie ako aj intenzitu jednotlivých geomorfologických procesov možno posudzovať a zovšeobecňovať len na základe dlhodobjších pozorovaní, čo prirodzene čiastočne ovplyvnilo i naše závery relatívne krátkodobého stacionárneho výskumu. Potvrdiť a hodnotiť zistené i načrtnuté vzťahy bude cieľom našich ďalších terénne orientovaných výskumov, ktoré sa budú opierať hlavne o dlhodobosť pozorovaní, ako aj o komparáciu výsledkov získaných z iných vysokohorských oblastí.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol v rámci projektov APVV-SK-PL-0035-12 Geomorfologický výskum Tatier ako východisko pre poznanie súčasných zmien vysokohorského prostredia“ a VEGA 2/0117/13 Hodnotenie stavu a dynamiky biotopov s využitím modelovania a diaľkového prieskumu Zeme“.

Literatúra

Barka, I., 2004: Repartícia plôch s deštruovanou pôdnou a vegetačnou pokrývkou v Krivánskej malej Fatre v rokoch 1992-2003. In: Zborník „Horská a vysokohorská krajina“. Zaušková, L. (Ed.). Banská Štiavnica: FEE TU Zvolen, s. 167 – 176.

Boltižiar, M., 2009: Vplyv georeliéfu a morfordynamických procesov na priestorové usporiadanie štruktúry vysokohorskej krajiny Tatier. Nitra: Ústav krajinnej ekológie SAV Bratislava, Pobočka Nitra, FPV UKF v Nitre, 168 s.

Falťan, V., Bánovský, M., 2008: Changes in land cover in the area of Vyšné Hágy - Starý Smokovec, impacted by the wind calamity in November 2004 (Slovakia). In: Moravian Geographical Reports. Vol. 16, 3, s. 16 – 26.

Falťan, V., Katina, S., Bánovský, M., Pazúrová, Z., 2009: The influence of site conditions on the impact of windstorms on forests: the case study of the High Tatras foothills (Slovakia) in 2004. In: Moravian Geographical Reports, Vol. 17, 3, pp. 44 – 52. ISSN 1210-8812

Falťan, V., Bánovský, M., Blažek, M., 2011: Evaluation of land cover changes after extraordinary windstorm by using the land cover metrics: a case study on the high Tatras foothill. Geografie, 116, No. 2, pp. 156 – 171.

Hreško, J., 1998a: The morphodynamic system as spatial units of the high mountain landscape. In: Ekológia (Bratislava). Roč. 17, č. 3. s. 311 – 315.

Hreško, J., Boltižiar, M., 2001: The influence of the morphodynamic processes to landscape structure in the high mountains (Tatra Mts.). Ekológia (Bratislava), roč. 20, Supplement 3, 141 – 149.

Kozłowska, A., Raczkowska, Z., 1996: Relacje śnieg – roślinność w obrębie form niwalnych. In: Przegl. Geogr. Roč. 68, č. 1-2, s. 167 –179.

Lepš, J., Šmilauer, P., 2000: Mnohorozmerná analýza ekologických dát. České Budějovice: BF JU, 102 s.

Marhold, K., Hindák, F. (Eds.), 1998: Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Bratislava: VEDA, 687 s.

Midriak, R., 1972: Deštrukcia pôdy vo vysokohorskej oblasti Belanských Tatier. Lesnícke štúdie 11-12. Bratislava: Príroda, 207s.

Midriak, R., 1983a: Morfogenéza povrchu vysokých pohorí. Bratislava: VEDA, 516 s.

Midriak, R., Manica, M., 1970: Vegetačný kryt na deštruovaných pôdach v subalpínskom stupni Belianskych Tatier. In: Lesnícky časopis, roč. 16, č. 1, s. 3 –11.

Plesník, P., 1956: Vplyv vetra na vznik a vývoj niektorých foriem periglaciálnych pôd vo východnej polovici Belanských Tatier. In: Geografický časopis, roč. 8, č. 1, s. 42 – 64.

Raczkowska, Z., Kozłowska, A., 1999. Pokryva śnieżna a roślinność. In: Badania geokologiczne w otoczeniu Kasprowego wierchu. Wrocław: IGiPZ PAN, 1999. s. 81-90.

Raczkowska, Z., Kozłowska, A., Jakomulska, A., 1999: Róślinność jako wskaźnik morfodynamiki stoku wysokogórskiego. In: Badania geoekologiczne w otoczeniu Kasprowego wierchu. Wrocław: IGiPZ PAN, s. 91 – 104.

Šmarda, J., 1956: Vegetační kryt erodí obnažených a tundrových půd v Tatrách. In: Biologické práce - zväzok II, roč. 2, č. 8, 50 s.

Šmarda, J., 1964a: Veterná erózia na Rakúskom chrbte v Belanských Tatrách. In: Zborník prác o TANAP 7. Martin: Osveta, s. 34 – 40.

Šmarda, J., 1964b: Červená hlina v Belanských Tatrách (Príspevok k poznaniu záraštných procesov strže). In: Zborník prác o TANAP 7. Martin: Osveta, s. 127 – 133.

Šolcová, L., Štrba, P., 2007: Charakteristika rastlinných spoločenstiev mokradovej vegetácie tried *Oxycocco-Sphagnetea* a *Montio-Cardaminetea* na Martinských holiach (Malá Fatra) In: VIII. vedecká konferencia doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov: zborník príspevkov, Nitra: UKF, Prírodovedec, č. 242) s. 414 – 419.

Šolcová, L., Štrba, P., 2008: Rúbaniskové spoločenstvá triedy *Epilobietea angustifolii* na Martinských holiach (Lúčanská Malá Fatra) In: Mladí vedci 2008 : vedecké práce doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov. Zdenka Rózová a kol. – Nitra : UKF, 2008. s. 273 – 279.

Ter Braak, C. J. F., 1988: CANOCO – a FORTRAN program for canonical community ordination by partial detrended canonical correspondence analysis, principal component analysis and redundancy analysis (version 2.1). Wageningen: Technical report LWA-88-02, GLW, 95 s.

Ter Braak, C. J. F., 1990: Update notes: CANOCO version 3.10. Wageningen: Agricultural Mathematics Group, 35 s.

Ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P., 1988: CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco For Windows. Software for Canonical Community Ordination (version 4), Wageningen (NL): Centre for Biometry & Ithaca NY (USA): Microcomputer Power.