

**Slovenská ekologická spoločnosť pri SAV
v spolupráci
s Ústavom krajinnej ekológie SAV, v. v. i., Bratislava
a Katedrou ekológie a environmentalistiky FPVal UKF v Nitre**



EKOLOGICKÉ ŠTÚDIE

Ročník 14

Číslo 2/2023

Slovenská ekologická spoločnosť pri SAV
v spolupráci s
Ústavom krajinnej ekológie SAV, v. v. i., Bratislava
a Katedrou ekológie a environmentalistiky FPVai UKF v Nitre



EKOLOGICKÉ ŠTÚDIE

Ročník 14

Číslo 2/2023

EKOLOGICKÉ ŠTÚDIE

Recenzovaný vedecký časopis venovaný aktuálnym problémom ekológie, krajinej ekológie a príbuzných vedných disciplín

Hlavný redaktor / Editor-in-Chief:

prof. RNDr. František Petrovič, PhD.

Výkonný redaktor / Executive editor:

prof. PaedDr. PhD. RNDr. Martin Boltžiar, PhD.

Redakčná rada / Editorial board:

RNDr. Peter Gajdoš, CSc.

prof. Fedir Hamor, DrSc. (Ukrajina)

RNDr. Vladimír Herber, CSc. (Česká republika)

prof. RNDr. Juraj Hreško, CSc.

prof. RNDr. Zita Izakovičová, PhD.

doc. RNDr. Zdeněk Lipský, CSc. (Česká republika)

Dr.h.c. prof. RNDr. László Miklós, DrSc.

RNDr. Milena Moyzeová, PhD.

Ing. Július Oszlányi, CSc.

Dr. László Podmanický (Maďarsko)

prof. Ing. Ivan Vološčuk, DrSc.

Dr.h.c. prof. RNDr. Florin Žigrai, DrSc. (Rakúsko)

Technické spracovanie / Computer typesetting:

Mgr. Henrik Kalivoda, PhD.

Za obsahovú a jazykovú stránku príspevkov zodpovedajú autori

Vydavateľ: Slovenská ekologická spoločnosť pri SAV v spolupráci s Ústavom krajinej ekológie SAV, v. v. i., Bratislava a Katedrou ekológie a environmentalistiky FPVaI UKF v Nitre

Dátum vydania: december 2023

Číslo: 2

Ročník: 14

Vychádza 2x ročne

Časopis Ekologické štúdie je dostupný online na stránke <http://publikacie.uke.sav.sk/>

Evidenčné číslo MK SR: EV 4174/10

ISSN 1338-2853

OBSAH

HALADA, L., DAVID, S., GAŠPAROVIČOVÁ, P.: Vegetácia obce Runina (Národný park Poloniny, SV Slovensko) a jej prírodoochranná významnosť.....	4
HUTÁROVÁ, D., ŠTEFUNKOVÁ, D., KOZELOVÁ, I.: Ekosystémové služby záhradkárskeho osád v mestách – systematický prehľad.....	16
MARETTA, M., ČALKOVSKÝ, M.: Tvorba mapy ohrozenia bleskovými povodňami v povodí Sklabinského potoka.....	30
PALAJ, A., KOLLÁR, J.: Zmeny v zastúpení endemických druhov v alpínskej vegetácii Západných Karpát.....	40
MIHÁL, I.: Štruktúra symbiotickej a saprotrofnej mykobioty v kultúrnych smrečiniach	52
KRNÁČOVÁ, Z.: Využitie techník faktorovej analýzy pri modelovaní agroekosystémov	67
HRIVNÁKOVÁ, K., ČAJKOVÁ, S., HREŠKO, J.: Morfodynamika povodí plies Vysokých Tatier (Dolina Zeleného plesa) v kontexte zmeny klímy.....	80

ZMENY V ZASTÚPENÍ ENDEMICKÝCH DRUHŮV V ALPÍNSKEJ VEGETÁCII ZÁPADNÝCH KARPÁT

CHANGES IN THE PROPORTION OF ENDEMIC SPECIES IN THE ALPINE VEGETATION OF THE WESTERN CARPATHIANS

Andrej PALAJ, Jozef KOLLÁR

Ústav krajinej ekológie SAV v. v. i., Štefánikova 3, P. O. Box 254, 814 99 Bratislava, e-mail: andrej.palaj@savba.sk, j.kollar@savba.sk

Abstract: *The alpine environment has faced significant changes in the last decades. The main drivers are considered climate and land use changes, especially grazing cessation. It is reflected also in vegetation changes, when species from lower altitudes migrate upwards and species with narrow ecological valence and weak competitors are under the pressure of competitively stronger species. In this article, we studied this issue with focus on some endemic species in the highest Western Carpathian Mountains, which include Western, High and Low Tatras at the altitudes ranging from 1510 to 2125 m a. s. l. The research is based on pairwise comparisons of 121 historical phytocoenological relevés sampled in 1970–1983 and recent (original) data sampled in 2016–2022. The main results include: i) despite we recorded the decrease in the species number, when 175 taxa in historical dataset dropped to 134 in recent dataset, both Shannon-Wiener index and average number of species have not significantly changed in the studied plots; ii) general changes in the studied plots are expressed by increase in stronger competitors (mainly *Luzula alpinopilosa* ssp. *obscura* and *Aconitum firmum* ssp. *firmum*) and, on the other hand, by decrease in weak competitors, especially small-sized *Soldanella carpatica*, when along with significant decrease in its frequency in all studied vegetation types also decrease in its average non-zero abundance were found; iii) on the vegetation level, the biggest changes were found for *Festucion versicoloris* alliance.*

Key words: *alpine vegetation, endemism, assessment of changes, High Tatras, Western Tatras, Low Tatras*

Úvod

Vysoké pohoria predstavujú izolované systémy, kde sa v špecifických ekologických podmienkach vyvinula flóra s relatívne vysokým podielom endemických druhov (Myers et al., 2000). Zmena týchto podmienok vedie k narušeniu krehkej rovnováhy medzi druhmi a ich habitatom, čo v prípade málopočetných druhov s menšou konkurenčnou schopnosťou môže spôsobiť ich lokálne vymiznutie (Alm, Often, 1997). K najvýznamnejším faktorom, ktoré v súčasnosti ovplyvňujú štruktúru vysokohorských rastlinných spoločenstiev, patrí otepľovanie klímy a zmena vo využívaní krajiny (Nagy et al., 2003). Tieto zmeny často pôsobia synergicky, preto je ich vplyv ťažké rozlíšiť (Kobiv, 2017). Klimatické faktory zásadne ovplyvňujú morfológické a fyziologické odpovede rastlín, ktoré sa prejavujú rýchlosťou rastu, schopnosťou rozmnožovať sa či úplnou absenciou v území (Townsend et al., 2010). Vo vysokohorskom pásme je v súčasnosti najviditeľnejším fenoménom vertikálna migrácia

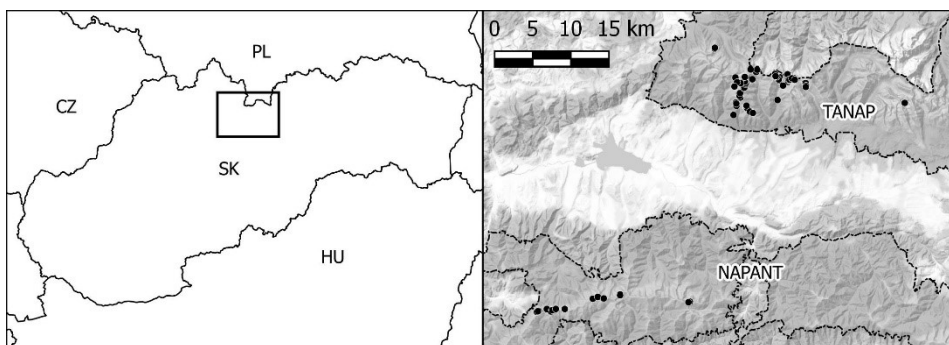
teplomilnejších, často kompetične silných druhov pozdĺž gradientu nadmorskej výšky (Pauli et al., 2012). Ekologickí špecialisti resp. stenoekné druhy sú preto vytláčané do vyšších polôh, avšak v priestorovo limitovanom alpínskom pásme sú ich možnosti migrácie obmedzené. Vplyv klimatickej zmeny je tak najzreteľnejší vo vyšších nadmorských výškach (Pauli et al., 2012). Obdobné dopady ako klimatické zmeny majú zmeny vo využívaní krajiny. V študovanom území sa prejavuje najmä ukončenie pasenia hospodárskymi zvieratami, ktoré súviselo s vyhlásením národných parkov. Pasenie má dopad na kompetičné vzťahy (potlačenie resp. podpora niektorých druhov) a zvyšuje priestorovú heterogenitu. Jej vylúčenie naopak stimuluje rozširovanie konkurenčne zdatnejších druhov. To lokálne vedie k zahusteniu vegetačného krytu a potlačeniu niektorých úzko špecializovaných taxónov (Bonafede et al., 2014). Takými sú v rámci pohorí Západných Karpát aj endemické druhy, ktoré sú tu svojim výskytom viazané hlavne na alpínske pásmo. Ich ústup pod tlakom pôsobenia súčasných faktorov môže viesť k ireverzibilným zmenám štruktúry spoločenstiev, prejavujúcim sa postupnou homogenizáciou vegetácie.

Cieľom predkladaného príspevku je zhodnotiť dynamiku vysokohorských endemických taxónov v pohoriach Západných Karpát v kontexte zmien podmienok prostredia za uplynulých približne 50 rokov.

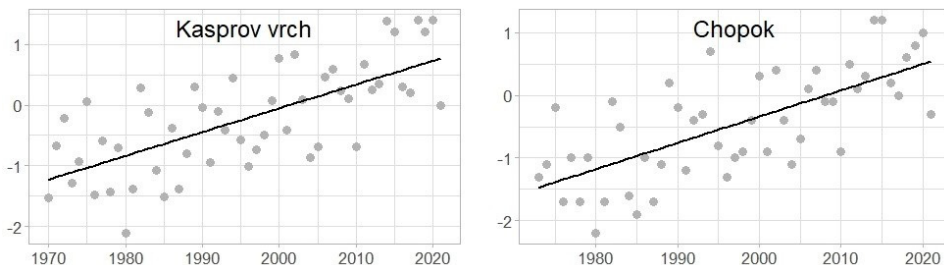
Metodika

Záujmové územie

Študijné plochy sú lokalizované vo vysokohorskej krajine Nízkych Tatier a Vysokých a Západných Tatier, v nadmorskej výške od 1510 do 2125 m. V Nízkych Tatrách je územie vymedzené hlavným hrebeňom, v úseku od Veľkej hole po vrch Štiavnica; v Západných Tatrách Spálenou dolinou na západe a Kamenistou na východe. Jedna plocha je tiež situovaná vo Vysokých Tatrách, v závere Mlynickej doliny (Obr. 1). Záujmová oblasť je budovaná kryštalinickými horninami s prevahou granitoidov (Nemčok, 1994; Biely et al., 1996). V najväčšej miere je zastúpený hôľny reliéf (Midriak, 1983). Územie spadá do chladnej oblasti a regiónov chladný horský a studený horský (Lapin et al., 2002). Chod priemerných ročných teplôt za uplynulých 50 rokov dokladuje lineárna regresia údajov z meteorologických staníc Kasprov vrch v Západných Tatrách (1987 m n. m.) a Chopok v Nízkych Tatrách



Obr. 1: Lokalizácia študijných plôch v rámci Tatranského národného parku a Národného parku Nízke Tatry.



Obr. 2: Chod priemerných ročných teplôt s regresnou priamkou v období rokov 1970 – 2022 v meteorologickej stanici Kasprov vrch a v období rokov 1973 – 2022 v meteorologickej stanici Chopok. Teplota na oboch lokalitách sa zvyšuje v priemere o 0,04 °C za rok. V priebehu 5 dekád nárast predstavuje približne 2 °C, pričom túto zmenu sme vyhodnotili ako štatisticky významnú (Kasprov vrch: $t = 6,87$; p -hodnota < 0,001; Chopok: $t = 6,69$; p -hodnota < 0,001).

(2005 m n. m.) (Obr. 2). V oblasti sú najbežnejším pôdnym typom podzoly, ktoré nadväzujú na pásmo kambizemí (Linkeš, 1967; Bublinc et al., 1994). Študované územie, s výnimkou Mlynickej doliny a vrcholových partií Západných Tatier, bolo prakticky od 16. storočia intenzívne pasené hospodárskymi zvieratami. Dominovala hlavne pastva oviec, v menšej miere pastva hovädzieho dobytku (Häufler, 1955). Koniec pastevej činnosti je v Nízkych Tatrách spojený s vyhlásením národného parku v roku 1978, v Západných Tatrách súvisí s ich pridružením k Tatranskému národnému parku v roku 1987.

Zber a analýza údajov

Snímkovanie porastov sme vykonali v rokoch 2016 – 2021 na plochách historických fytoecologických zápisov, ktoré publikovali Horák (1970), Treskoňová (1972), Kremlová (1974), Turečková (1974), Dúbravcová (1976), Hrabovcová (1976), Pietorová (1977), Králik (1979) a Altmanová (1983). Časť z celkovo 121 zápisov, zachytávajúcích súčasný stav vegetácie, je publikovaná v prácach Palaj, Kollár (2017; 2019; 2022). Na kvantitatívne zastúpenie druhov sme použili sedemčlennú Braun-Blanquetovu kombinovanú stupnicu pokryvnosti a početnosti (Braun-Blanquet, 1964). Získané údaje sme uložili v elektronickej databáze TURBOVEG (Hennekens, Schaminée, 2001) a ďalej upravovali v programe Juice (Tichý, 2002). Nomenklatúru názvov vyšších rastlín sme upravili podľa práce Marhold, Hindák (1998), syntaxonomická klasifikácia vychádza z práce Kliment, Valachovič (2007). Zaznamenanie pankarpatského endemitu *Salix kitaibeliana* v minulosti považujeme za sporný, preto sme sa priklonili k v súčasnosti prevládajúcemu názoru, že v záujmovom území ide o okrajový typ variability *S. retusa* (Koblížek, 2006).

Základom hodnotenia zmien bolo párové porovnanie historických a súčasných zápisov. Zmenu rozmanitosti spoločenstiev sme hodnotili prostredníctvom Shannon-Wienerovho indexu diverzity (Shannon, 1948). Celkový posun v druhovom zložení sme analyzovali ordinačnými metódami, kde sme ako jedinou premennú prostredia použili časové hľadisko. Vzhľadom na dĺžku prvej DCA osi (< 3.0) sme ako ordinačnú metódu použili kanonickú korešpondenčnú analýzu (CCA). Dynamiku jednotlivých druhov sme hodnotili relatívnou zmenou ich frekvencie a porovnaním ich pokryvnostných charakteristík. Ich vernosť k jed-

notlivým triedam sme hodnotili prostredníctvom ϕ koeficientu. Vplyv zmenených podmienok prostredia na abundanciu endemitov sme analyzovali zmiešanými (mixed-effect) modelmi. Ako vysvetľovanú premennú sme použili abundanciu druhu, pričom sme hodnotili len druhy s frekvenciou aspoň 5 % v historických a súčasných zápisoch. Ako vysvetľujúce premenné sme použili nevážené Ellenbergove indikačné hodnoty (Ellenberg et al., 1992) pre faktor teploty, svetla, pôdnej vlhkosti, pH a živín a tiež skutočnosť, či bola daná plocha vypásaná. Ako stochastickú premennú sme použili gradient času v rámci každej plochy. Rozdiely medzi historickými a súčasnými indikačnými hodnotami a parametrami diverzity sme hodnotili párovým t-testom. Analýzy a grafické výstupy sme vyhotovili v programe RStudio (Wickham, 2016; Oksanen et al., 2020; RStudio Team, 2022).

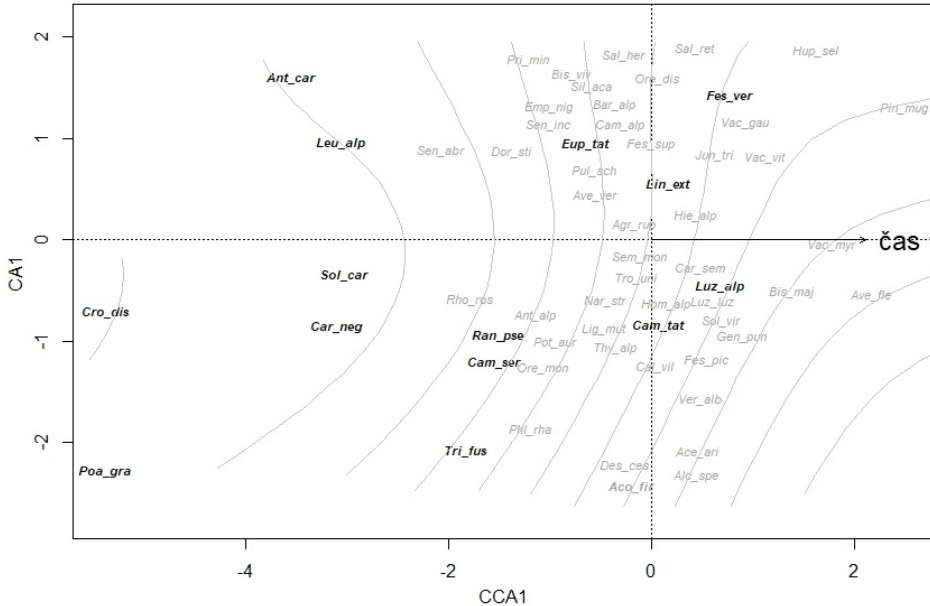
Výsledky

Zaznamenané spoločenstvá syntaxonomicky spadajú do 6 tried: *Caricetea curvulae* (37 zápisov), *Carici rupestris-Kobresietea bellardii* (7), *Mulgedio-Aconitetea* (17), *Nardetea strictae* (19), *Loiseleurio-Vaccinietea* (13) a *Salicetea herbaceae* (28). Za sledované obdobie v nich došlo k výraznému poklesu počtu druhov. Celkovo sa v historických a súčasných údajoch zaznamenalo celkovo 192 taxónov vyšších rastlín, pričom historické údaje obsahujú 175 taxónov, súčasné len 134. Na druhovej skladbe spoločenstiev sa napriek tomu v priemere uplatňuje rovnaký počet druhov (historické 16,2, súčasné 16,0), štatisticky významne sa nezmenili ani hodnoty Shannon-Wienerovho indexu, ktoré z hodnoty 1,8

Tab. 1: Zaznamenané endemické taxóny s hodnotami frekvencie a abundancie (%) v celom súbore zápisov.

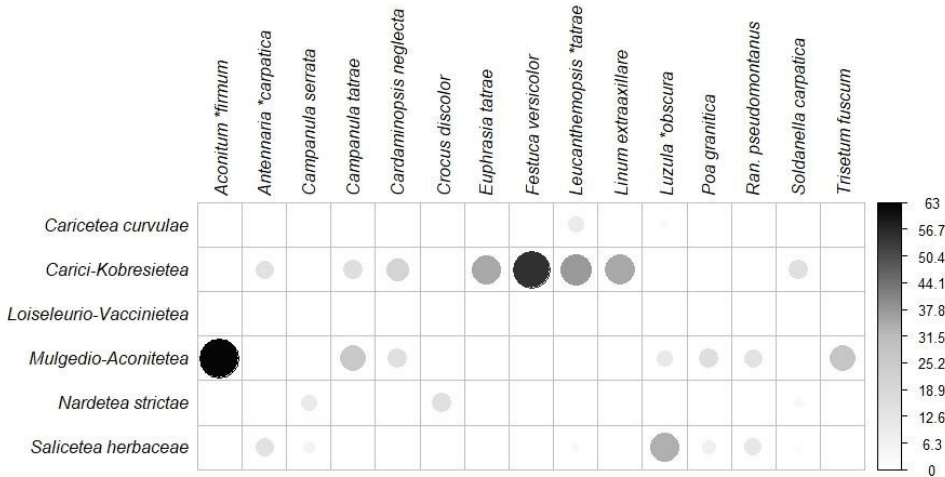
	F _H	F _S	F _{RZ}	MAX _H	MAX _S	MED _H	MED _S
<i>Aconitum firmum</i> ssp. <i>firmum</i>	5,8	6,6	12,5	18	13	3	2
<i>Antennaria carpatica</i> ssp. <i>carpatica</i>	3,3	0,8	-75	3	2	3	2
<i>Campanula serrata</i>	0,8	0,8	0	2	1	2	1
<i>Campanula tatrae</i>	18,2	19,0	4,3	3	3	2	2
<i>Cardaminopsis neglecta</i>	4,1	1,7	-60	2	1	2	1
<i>Crocus discolor</i>	0,8	0	-100	3	.	3	.
<i>Euphrasia tatrae</i>	6,6	5,8	-12,5	3	13	2	2
<i>Festuca versicolor</i>	1,7	3,3	50	13	3	13	2
<i>Leucanthemopsis alpina</i> ssp. <i>tatrae</i>	17,4	9,1	-47,6	13	3	2	1
<i>Linum extraaxillare</i>	0,8	0,8	0	2	2	2	2
<i>Luzula alpinopilosa</i> ssp. <i>obscura</i>	45,5	49,6	8,3	68	88	3	3
<i>Poa granitica</i>	3,3	0	-100	3	.	2	.
<i>Ranunculus pseudomontanus</i>	28,9	19,8	-31,4	13	13	2	2
<i>Soldanella carpatica</i>	36,4	15,7	-56,8	13	3	2	1
<i>Trisetum fuscum</i>	1,7	0,8	-50	3	3	3	3

Skratky: F_H – frekvencia druhu v minulosti, F_S – frekvencia druhu v súčasnosti, F_{RZ} – relatívna zmena frekvencie, MAX_H – maximálna pokryvnosť druhu v minulosti, MAX_S – maximálna pokryvnosť druhu v súčasnosti, MED_H – stredná hodnota pokryvnosti v minulosti, MED_S – stredná hodnota pokryvnosti v súčasnosti.



Obr. 3: Ordinačný diagram CCA analýzy vyjadrujúci posun v skladbe spoločenstiev. Vykreslené sú najčastejšie sa vyskytujúce druhy (s hodnotami frekvencie nad 5 % v oboch skupinách zápisov) a endemické taxóny, zvýraznené tučným písmom. Skratky: *Ace_ari* - *Acetosa arifolia*, ***Aco_fir*** - *Aconitum* ssp. *firmum*, *Agr_rup* - *Agrostis rupestris*, *Alc_spe* - *Alchemilla* species, ***Ant_car*** - *Antennaria carpatica* ssp. *carpatica*, *Ant_alp* - *Anthoxanthum alpinum*, *Ave_fle* - *Avenella flexuosa*, *Ave_ver* - *Avenula versicolor*, *Bar_alp* - *Bartsia alpina*, *Bis_maj* - *Bistorta major*, *Bis_viv* - *Bistorta vivipara*, *Cal_vil* - *Calamagrostis villosa*, *Cam_alp* - *Campanula alpina*, ***Cam_ser*** - *Campanula serrata*, ***Cam_tat*** - *Campanula tatrae*, ***Car_neg*** - *Cardaminopsis neglecta*, *Car_sem* - *Carex sempervirens*, ***Cro_dis*** - *Crocus discolor*, *Des_ces* - *Deschampsia cespitosa*, *Dor_sti* - *Doronicum stiriacum*, *Emp_nig* - *Empetrum nigrum*, ***Eup_tat*** - *Euphrasia tatrae*, *Fes_pic* - *Festuca picturata*, *Fes_sup* - *Festuca supina*, ***Fes_ver*** - *Festuca versicolor*, *Gen_pun* - *Gentiana punctata*, *Hie_alp* - *Hieracium alpinum*, *Hom_alp* - *Homogyne alpina*, *Hup_sel* - *Huperzia selago*, *Jun_tri* - *Juncus trifidus*, ***Leu_alp*** - *Leucanthemopsis alpina* ssp. *tatrae*, *Lig_mut* - *Ligusticum mutellina*, ***Lin_ext*** - *Linum extraaxillare*, ***Luz_alp*** - *Luzula alpinopilosa* ssp. *obscura*, *Luz_luz* - *Luzula luzuloides*, *Nar_str* - *Nardus stricta*, *Ore_mon* - *Oreogeuum montanum*, *Ore_dis* - *Oreochloa disticha*, *Phl_rha* - *Phleum rhaeticum*, *Pin_mug* - *Pinus mugo* (E1, E2), ***Poa_gra*** - *Poa granitica*, *Pot_aur* - *Potentilla aurea*, *Pri_min* - *Primula minima*, *Pul_sch* - *Pulsatilla scherfelii*, ***Ran_pse*** - *Ranunculus pseudomontanus*, *Rho_ros* - *Rhodiola rosea*, *Sal_her* - *Salix herbacea*, *Sal_ret* - *Salix retusa*, *Sem_mon* - *Sempervivum montanum*, *Sen_abr* - *Senecio abrotanifolius*, *Sen_inc* - *Senecio incanus* ssp. *carniolicus*, *Sil_aca* - *Silene acaulis*, ***Sol_car*** - *Soldanella carpatica*, *Sol_vir* - *Solidago virgaurea* ssp. *minuta*, *Thy_alp* - *Thymus alpestris*, ***Tri_fus*** - *Trisetum fuscum*, *Tro_uni* - *Trommsdorffia uniflora*, *Vac_gau* - *Vaccinium gaultherioides*, *Vac_myrt* - *Vaccinium myrtillus*, *Vac_vit* - *Vaccinium vitis-idaea*, *Ver_alb* - *Veratrum album* ssp. *lobelianum*.

stúpili na 1,9 ($t = -1,08$; $p = 0,286$). Na študijných plochách boli v rámci oboch časových období zaznamenané pankarpatské endemity (*Aconitum firmum* ssp. *firmum*, *Antennaria carpatica* ssp. *carpatica*, *Campanula serrata*, *Cardaminopsis neglecta*, *Luzula alpinopilosa* ssp. *obscura*, *Trisetum fuscum*), pankarpatské subendemity (*Euphrasia tatrae*,



Obr. 4: Vernosť endemitov k triedam vyjadrená hodnotami ϕ koeficientu. Poddruhy sú označené hviezdíčkou (*).

Festuca versicolor, *Linum extraaxillare*, *Ranunculus pseudomontanus*), západokarpatské endemity (*Campanula tatrae*, *Crocus discolor*, *Soldanella carpatica*) a tatranské endemity (*Leucanthemopsis alpina* subsp. *tatrae*, *Poa granitica*). Celkový posun v druhovom zložení (Obr. 3) sa odrazil aj v zmene ich zastúpenia v spoločenstvách (Tab. 1), kedy frekvencia výskytu aspoň jedného endemického taxónu v zápise klesla zo 79,3 % (96 zápisov) na 69,4 % (84 zápisov). Celková zmena na študijných plochách je charakterizovaná nástupom konkurenčne zdatnejších a vzrastovo vyšších druhov za súbežného poklesu vzrastovo nižších druhov, s užšou ekologickou valenciou.

Taxón *Aconitum firmum* ssp. *firmum* bol zaznamenaný výlučne vo vysokobylinných spoločenstvách vlhkých nív triedy *Mulgedio-Aconitetea* (Obr. 4). Hodnoty jeho frekvencie v nich stúpili zo 41 % na 47 %, čo predstavuje nárast o 12,5 %. Z výsledkov zmiešaného modelu vyplýva, že druh profituje predovšetkým zo zmien na gradiente teploty, kedy s jej zvyšujúcimi sa hodnotami narastá aj abundancia druhu ($t = 2,210$; $p = 0,048$). Nárast teploty na všetkých plochách triedy však ako štatisticky významný vyhodnotený nebol ($t = -1,396$; $p = 0,182$).

Druh *Campanula tatrae* bol v území zaznamenaný v rámci porastov všetkých tried, s výnimkou *Loiseleurio-Vaccinietea*. Celkový nárast jeho frekvencie je dôsledkom výraznejšieho presadzovania sa na plochách spoločenstiev triedy *Caricetea curvulae*, kde sa jeho výskyt zvýšil z 8 % na 22 %. V ostatných spoločenstvách sa naopak jeho frekvencia mierne znížila. Zo sledovaných faktorov prostredia však na abundanciu druhu nemá významný vplyv ani jeden z nich.

Podobne je to aj v prípade terofytu *Euphrasia tatrae*, ktorý má podľa výsledkov modelu indiferentný vzťah k vysvetľujúcim premenným. Vo výraznejšej miere sa uplatňuje len faktor svetla, kedy s jeho zvyšujúcimi sa hodnotami mierne narastá abundancia druhu. Táto zmena však nebola vyhodnotená ako štatisticky významná ($t = 1,515$; $p = 0,189$). Celkovo

sme v prípade druhu zaznamenali pokles jeho frekvencie, a to hlavne v spoločenstvách tried *Caricetea curvulae* (z 11 % na 5 %) a *Carici rupestris-Kobresietea bellardii* (z 43 % na 14 %).

Hlavným faktorom regulujúcim zmenu abundancie druhu *Leucanthemopsis alpina* ssp. *tatrae* je vylúčenie pasenia ($t = 2,569$; $p = 0,015$). To sa prejavuje v jeho ústupe z dobre dostupných plôch s nižším sklonom a nadmorskou výškou. V minulosti mal najvyššie hodnoty frekvencie v spoločenstvách snehových výležísk triedy *Salicetea herbaceae* (32 %), z ktorých však úplne zmizol. Podobne sa vytratil aj z porastov triedy *Mulgedio-Aconitetea* (z 6 % na 0 %), jeho frekvencia klesla tiež v spoločenstvách alpských trávnikov triedy *Caricetea curvulae* (z 24 % na 19 %). V spoločenstvách triedy *Carici rupestris-Kobresietea bellardii*, ktoré majú svoje optimum na nedostupných, silne vyfukovaných hrebeňoch, sa na druhej strane druh objavil v dvoch nových zápisoch, čo v rámci triedy predstavuje nárast o 50 %. Vplyv ostatných faktorov na abundanciu druhu nebol vyhodnotený ako štatisticky významný.

Druh *Luzula alpinopilosa* ssp. *obscura* sa vyskytuje hlavne v spoločenstvách snehových výležísk triedy *Salicetea herbaceae*, v ktorých síce svoju frekvenciu nezmenil (79 %), ale výraznejšie sa začal presadzovať v spoločenstvách asociácie *Soldanello carpaticae-Salicetum herbaceae*. Jeho priemerná pokrývnosť sa v nich zvýšila z 3 % na 21 %, hodnoty maximálnej pokrývnosti stúpili z 8 % na 68 %. Vo väčšej miere sa rozšíril aj na plochy ostatných tried, vrátane spoločenstiev tried *Caricetea curvulae* (nárast frekvencie o 17 %) a *Carici rupestris-Kobresietea bellardii* (nárast frekvencie o 67 %), ktoré uprednostňujú biotopy s kratšie-trvajúcou snehovou pokrývkou. Druh profituje hlavne zo zmeny teploty, ktorej zvyšovanie štatisticky významne ovplyvňuje nárast jeho abundancie ($t = 2,441$; $p = 0,016$). Jeho expanzia je tiež výsledkom vylúčenia pasenia ($t = -3,222$; $p = 0,049$), čo je najviditeľnejšie na plochách spoločenstiev opustených pasienkov triedy *Nardetea strictae*, na ktorých druh zvýšil svoju frekvenciu o 38 %.

Druh *Ranunculus pseudomontanus* bol v území zaznamenaný v rámci všetkých tried. V spoločenstvách tried *Mulgedio-Aconitetea* a *Nardetea strictae* sa hodnoty jeho frekvencie nezmenili, pokles sme zaznamenali v porastoch tried *Caricetea curvulae* (-45 %), *Carici rupestris-Kobresietea bellardii* (-50 %) a *Salicetea herbaceae* (-27 %). Z plôch spoločenstiev *Loiseleurio-Vaccinietea* druh úplne zmizol (z 15 % na 0 %). Jeho abundancia je v najväčšej miere regulovaná faktorom pôdnej vlhkosti, ktorej pokles vedie k poklesu jeho abundancie ($t = 2,973$; $p = 0,004$). Tá je štatisticky významne ovplyvnená aj faktorom teploty, pričom znižuje jej hodnoty v priemere o 1,7 % ($t = -2,499$; $p = 0,014$).

Soldanella carpatica je druhom, ktorý zo študijných plôch ustúpil najvýraznejšie. Pokles jeho frekvencie sme zaznamenali vo všetkých triedach: v *Salicetea herbaceae* o 69 %, v *Loiseleurio-Vaccinietea* o 67 % a v *Caricetea curvulae*, *Carici rupestris-Kobresietea bellardii*, *Mulgedio-Aconitetea* a *Nardetea strictae* zhodne o 50 %. Súbežne s ňou klesli aj priemerné nenulové hodnoty pokrývnosti, z 2,57 % na 1,47 %. Z výsledkov zmiešaných modelov však vyplýva, že ani jeden zo sledovaných faktorov nemá zásadný vplyv na hodnoty jeho abundancie. Tá sa zvyšuje so stúpajúcimi hodnotami pôdnej vlhkosti a naopak klesá s rastúcimi hodnotami teploty, no tieto zmeny neboli vyhodnotené ako štatisticky významné.

Dynamiku ostatných endemických taxónov vo vzťahu k zmene podmienok prostredia nebolo kvôli ich nízkej frekvencii možné zmiešanými modelmi spoľahlivo vyhodnotiť. Väčši-

na z nich je svojim výskytom viazaná na spoločenstvá triedy *Carici rupestris-Kobresietea bellardii*, v zápisoch reprezentovaná jediným zväzom *Festucion versicoloris*. V nich došlo k pomerne výraznému posunu druhového zloženia, čo sa prejavilo na štatisticky významnom poklese priemerného počtu druhov v zápise, z 28 na 21 ($t = 2,980$; $p = 0,025$). Zo sledovaných plôch zmizli druhy bázických až neutrálnych pôd (*Agrostis alpina*, *Dianthus glacialis*, *Dryas octopetala*, *Lloydia serotina*, *Minuartia gerardii*, *Oxyria digyna*, *Poa alpina*, *Saxifraga androsacea*, *S. hieraciifolia*, *S. moschata*, *S. oppositifolia*, *S. paniculata*), vrátane endemitov *Antennaria carpatica* ssp. *carpatica* a *Cardaminopsis neglecta*. Na druhej strane sa na plochách výraznejšie presadzujú acidofilné druhy (*Avenella flexuosa*, *Calamagrostis villosa*, *Juncus trifidus*, *Hieracium alpinum*, *Senecio incanus* ssp. *carniolicus*, *Vaccinium myrtillus*), vrátane pankarpatského subendemitu *Festuca versicolor* (nárast frekvencie o 33 %) a tatranského endemitu *Leucanthemopsis alpina* ssp. *tatrae* (nárast frekvencie o 50 %). Tieto zmeny sa v spoločenstvách odrazili v poklese priemerných indikačných hodnôt pôdnej reakcie, z 4,8 na 4,0 ($t = 2,619$; $p = 0,04$). Druh *Poa granitica* bol v minulosti zaznamenaný na 2 plochách triedy *Mulgedio-Aconitetea* a 2 plochách triedy *Salicetea herbaceae*, z ktorých sa však úplne vytratil. Táto zmena môže vyplývať z expanzie konkurenčne zdatných druhov tráv (*Avenella flexuosa*, *Calamagrostis villosa*), bylín (*Senecio subalpinus*, *Veratrum album* ssp. *lobelianum*) a poliehavých kríčkov (druhy rodu *Vaccinium*) na predmetných plochách. Celková frekvencia druhov *Campanula serrata* a *Linum extraaxillare* sa nezmenila, druhy *Crocus discolor* a *Trisetum fuscum* ustúpili z jednej študijnej plochy v rámci porastov *Nardetea strictae*, resp. *Mulgedio-Aconitetea*.

Diskusia

Vysoké pohoria patria k najvýznamnejším miestam výskytu endemických druhov (Myers et al., 2000), pričom ich počet stúpa s narastajúcou nadmorskou výškou (Coldea, 2008). Zmeny v povahe a intenzite pôsobenia faktorov, spolu so špecifikami vysokohorskej krajiny, vedú k posunu druhového zloženia fytocenóz. V priebehu posledných dekád sa prejavuje hlavne postupnou homogenizáciou (Jurasinski, Kreyling, 2007). Tá sa v študovanom území odzrkadľuje vo výraznom poklese celkového počtu zaznamenaných druhov, pričom priemerný počet druhov v zápise sa prakticky nezmenil. Súčasťou tohto procesu je aj vymiznutie niektorých endemických druhov (*Crocus discolor*, *Poa granitica*).

Jednou zo zásadných hybných síl zmien štruktúry fytocenóz je zmena klímy, predovšetkým otepľovanie. To sa prejavuje v obohacovaní zloženia spoločenstiev o nové druhy typické pre nižšie polohy, keďže majú vzhľadom na dlhšie vegetačné obdobie schopnosť rásť vo vyšších nadmorských výškach (Pauli et al., 2012). V spoločenstvách sa postupom času uplatňujú hlavne kompetične silné druhy tráv a bylín, poliehavé chamaefyty a fanerofyty, ktorým špecializované druhy s úzkou ekologickou valenciou nedokážu konkurovať (Jurasinski, Kreyling 2007; Carbognani et al., 2014). Vo vzťahu k študovaným endemickým druhom sa tento fenomén odrazil v náraste abundancie konkurenčne zdatnejších druhov *Aconitum firmum* ssp. *firmum* a najmä *Luzula alpinopilosa* ssp. *obscura*. Ten sa začal vo výraznej miere presadzovať v spoločenstvách asociácie *Soldanello carpaticae-Salicetum herbaceae*, ktoré v kontexte zmeny klímy patria k najcitlivejšie reagujúcim (Carbognani et al., 2014). *Salix herbaceae*, ako charakteristický taxón asociácie, je adaptovaný na krátke vegetačné obdobie, a listy preto zhadzuje už na prelome augusta a septembra. V dôsledku zmeny klimatických podmienok je však teplota v tomto období ešte relatívne vysoká, čo umožňuje druhu *Luzula alpinopilosa* ssp. *obscura* využitie predĺženého vegetačného

obdobia na rozširovanie sa do jeho stanovišť (Kobiv, 2018). Zaznamenaný nárast priemer-
ných a maximálnych hodnôt pokryvnosti druhu tak podporuje predpoklad ďalšieho vývoja
asociácie smerom k spoločenstvám zväzu *Festucion picturatae* s dominujúcim druhom
Luzula alpinopilosa ssp. *obscura* (Dúbravcová, 2007). Podľa Eriksson et Jakobsson (1998)
sa odpovede druhov na zmenu klímy môžu líšiť aj v závislosti od dĺžky ich životného cyklu,
pričom najcitlivejšie sú v tomto smere krátko žijúce druhy. Príkladom je druh *Cardami-
nopsis neglecta*, ktorého vzťah k otepľovaniu však nebolo vzhľadom na jeho nízky výskyt
v zápisoch možné analyzovať.

Okrem zmeny klímy je distribúcia druhov vo vysokohorskom prostredí regulovaná tiež vy-
lúčením pastvy. Tá znižuje konkurenčný tlak a zvyšuje priestorovú heterogenitu a jej zasta-
venie, podobne ako otepľovanie, vedie k homogenizácii vegetácie v dôsledku kolonizácie
plôch konkurenčne zdatnejšími druhmi (Baur et al., 2006). Vzhľadom na podobné prejavy
týchto dvoch faktorov je ich vplyv ťažké odlíšiť, no kým zmena spoločenstiev vrcholových
partii je skôr odpoveďou na otepľovanie (Pauli et al., 2012), spoločenstvá nižších nadmor-
ských výšok reagujú aj na zmenu využívania krajiny (Kobiv, 2018). Tento jav sa odzrkadlil
v dynamike druhu *Leucanthemopsis alpina* ssp. *tatrae*, ktorý ustúpil z dobre dostupných
a nižšie položených plôch, zatiaľ čo vo vrcholových partiách sa jeho frekvencia mierne
zvýšila. Aj keď sa nejedná o indikačný druh pastvy, jej vylúčenie v spojitosti s následným
zahustením vegetačného krytu zrejme viedlo k jeho ústupu. Ten pravdepodobne vyplýva aj
priamo zo zmeny klímy, keďže druhy sú v tomto smere najcitlivejšie v najnižších polohách
svojho rozšírenia (Kobiv, 2017). Vplyv zmeny využívania krajiny sa najvýraznejšie prejavil
v spoločenstvách triedy *Nardetea strictae*, z ktorých, s výnimkou *Luzula alpinopilosa* ssp.
obscura, ustúpili všetky endemické druhy (*Campanula serrata*, *C. tatrae*, *Crocus discolor*,
Soldanella carpatica). Na zložení psycových porastov majú z ostatných tried v súčasnosti
najvyšší podiel druhy triedy *Loiseleurio-Vaccinietae*, predovšetkým *Vaccinium gaultherioi-
des*, *V. myrtillus* a *V. vitis-idea* (Palaj, Kollár, 2022). Ich zvýšený výskyt na bývalých vys-
kohorských pasienkoch je charakteristický pre väčšinu európskych pohorí (Erschbamer et
al., 2003; Velev, Apostolova, 2008; Korzeniak 2016), pričom sa presadzujú aj v spoločen-
stvách iných tried (Klanderud et Birks, 2003; Cannone et al., 2007; Vanneste et al., 2017).
S prihliadnutím na zistenú nulovú vernosť endemických taxónov k spoločenstvám triedy
Loiseleurio-Vaccinietae môže ich pokračujúce rozširovanie sa viesť k ďalšiemu ústupu
týchto druhov a ešte výraznejšej homogenizácii vegetácie. Aj keď výsledky modelov
nepreukázali priamu spojitosť, so zmenou využívania krajiny zrejme súvisí aj ústup druhov
Euphrasia tatrae a *Soldanella carpatica* z nižšie položených plôch. Vylúčenie pastvy vedie
k zahusťovaniu vegetačného krytu a hromadeniu opadu, čo znižuje reprodukčné možnosti
terofytu *Euphrasia tatrae* (Erschbamer et al., 2003) a druh *Soldanella carpatica* má svoje
ekologické optimum skôr v otvorených a riedko zapojených porastoch (Valachovič et al.,
2019).

Celkovo najvýraznejšie zmeny sme zaznamenali v spoločenstvách zväzu *Festucion versi-
coloris* (v rámci triedy *Carici rupestris-Kobresietea bellardii*), v ktorom je zároveň najvyšší
podiel výskytu endemitov. Podľa Šibík et al. (2007), vývoj týchto spoločenstiev môže sme-
rovať k fytoocenózam mylonitových sutín zväzu *Androsacion alpinae*, s ktorými sú spoločen-
stvá v kontakte. Na študijných plochách sme však zaznamenali pokles frekvencie druhov
typických pre tento zväz (Valachovič, 1995), ako *Novosieversia reptans*, *Oxyria digyna*,
Saxifraga hieraciifolia, *S. oppositifolia* či pankarpatský endemit *Cardaminopsis neglecta*.
Na druhej strane sa na plochách výraznejšie presadzujú druhy zväzu *Juncion trifidi* (trie-
da *Caricetea curvulae*) a konkurenčne zdatné druhy iných tried, nachádzajúce optimum

svojho výskytu v nižších nadmorských výškach (*Avenella flexuosa*, *Calamagrostis villosa*, *Vaccinium myrtillus*). Tento posun v druhovom zložení je s najväčšou pravdepodobnosťou výsledkom jednak postupného otepľovania (Klanderud, Birks, 2003; Kobiv, 2017), ale aj prejavom gravitačných procesov. Spoločenstvá zväzu totiž osídľujú strmé skalné steny, štrbiny a drobné terasky v najvyšších partiách záujmového územia, ktoré sú najnáchylnejšie na výskyt gravitačno-erózných javov a ich foriem (Midriak, 1983), vedúcich k priamemu zániku biotopov. Väčšina plôch je navyše lokalizovaná v blízkosti turistických chodníkov a vplyv erózie je tak umocňovaný turistickou aktivitou (Paclová, 1979).

Záver

Relatívne rýchlo sa meniace podmienky prostredia v priebehu posledných dekád, v spojitosti so špecifikami vysokohorskej vegetácie, sa odrážajú v posune zloženia rastlinných spoločenstiev bohatých na endemické druhy. Vo väčšine prípadov sme zaznamenali ústup endemických taxónov zo študijných plôch, výnimku tvoria len konkurenčne zdatnejšie druhy ako napr. *Luzula alpinopilosa* ssp. *obscura* či *Aconitum firmum* ssp. *firmum*. Tieto zmeny poukazujú na dôležitosť dlhodobého monitoringu vysokohorskej vegetácie Slovenska, na základe ktorého by bolo možné predikovať budúci vývoj populácií (nielen) ekosozologicky významných rastlinných druhov.

PodĎakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt „Podpora výskumno-vývojových aktivít jedinečného riešiteľského tímu“, 313011BVY7, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- ALM, T., OFTEN, A.: Species conservation and local people in E Finnmark, Norway. *Plant Talk*, 1997, 11, p. 30 – 31.
- ALTMANOVÁ, M.: Subalpínska a alpinska vegetácia Nízkyh Tatier a jej hodnotenie pre potreby LANDEP: Kandidátska dizertačná práca. Bratislava: Ústav krajinnej ekológie SAV, 1983.
- BAUR, B., CREMENE, C., GROZA, G., RAKOSY, L., SCHILEYKO, A. A., BAUR, A., STOLL, P., ERHARDT, A.: Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania. *Biological Conservation*, 2006, 132, 2, p. 261 – 273.
- BIELY, A., ŠIPOŠOVÁ, G., KÁČER, Š.: Geologická mapa Slovenska 1:500 000. Bratislava: Vydavateľstvo Dionýza Štúra, 1996.
- BUBLINEC, E., LINKEŠ, V., KOREŇ, M.: Charakteristika pôd, In: Vološčuk, I. (ed.): Tatranský národný park. Biosférická rezervácia. Martin: GRADUS, 1994, s 86–105.
- BONAFEDE, F., UBALDI, D., VIGNODELLI, M., ZANOTTI, A. L., PUPPI, G.: Vegetation changes during a 30 year period in several stands above the forest line (Emilian-Apennines). *Plant Sociology*, 2014, 51, 1, p. 5 – 18.
- BRAUN-BLANQUET, J.: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Wien, New York: Springer Verlag, 1964, 865 p.
- CANNONE, N., SGORBATI, S., GUGLIELMIN, M.: Unexpected impacts of climate change on alpine vegetation. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2007, 5, 7, p. 360 – 364.
- CARBOGNANI, M., TOMASELLI, M., PATRAGLIA, A.: Current vegetation changes in an alpine late snowbed community in the south-eastern Alps (N-Italy). *Alpine Botany*, 2014, 124, 2, p. 105 – 113.

- COLDEA, G., STOICA, I.-A., PUSCAS, M., URUSU, T., OPREA, A.: Alpine–subalpine species richness of the Romanian Carpathians and the current conservation status of rare species. *Biodiversity and Conservation*, 2008, 18, p. 1441–1458.
- DÚBRAVCOVÁ, Z.: Subalpínska a alpínska vegetácia Kamenistej a Gáborovej doliny (Západné Tatry): Rigorózna práca. Bratislava: Prírodovedecká fakulta UK., 1976, 72 s.
- DÚBRAVCOVÁ, Z.: *Salicetea herbaceae*. In: Kliment, J., Valachovič, M. (eds.): Rastlinné spoločenstvá Slovenska. 4. Vysokohorská vegetácia. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 2007, s. 251 – 282.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DULL, R., WIRTH, W., WERNER, W., PAULIBEN, D.: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Ed. 2. *Scripta Geobotanica*, 1992, 18, p. 1 – 258.
- ERIKSSON, O., JAKOBSSON, A.: Abundance, distribution and life histories of grassland plants: A comparative study of 81 species. *Journal of Ecology*, 1998, 86, 6, p. 922 – 933.
- ERSCHBAMER, B., VIRTANEN, R., NAGY, L.: The Impacts of Vertebrate Grazers on Vegetation in European High Mountains. In: NAGY, L., GRABHERR, G., KÖRNER, C., THOMPSON, D.B.A. (eds.): *Alpine biodiversity in Europe*. Berlin: Springer-Verlag, 2003, p. 376 – 396.
- HÄUFLER, V.: *Horské oblasti v Československu a jejich využití*. Praha: Academia, 1955, 311 s.
- HENNEKENS, S., SCHAMINÉE, J. H. J.: TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, 2001, 12, 4, p. 589 – 591.
- HORÁK, J.: *Geobiocenosa horní hranice lesa a kosodřeviny. Část I. – Západní Tatry, Jamnická a Ráčkova dolina*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1970, 82 s.
- HRABOVCOVÁ, J.: *Vegetácia subalpínskeho a alpínskeho stupňa Jamnickej doliny (Západné Tatry): Rigorózna práca*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta UK, 1976.
- JURASINSKI G., KREYLING, J.: Upward shift of alpine plants increases floristic similarity of mountain summits. *Journal of Vegetation Science*, 2007, 18, p. 711 – 718.
- KLANDERUD, K., BIRKS, H.: Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plants. *Holocene*, 2003, 13, p. 1 – 6.
- KLIMENT, J., VALACHOVIČ, M. (eds.): *Rastlinné spoločenstvá Slovenska 4. Vysokohorská vegetácia*. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 2007, 386 s.
- KOBIV, Y.: Response of rare alpine plant species to climate change in the Ukrainian Carpathians. *Folia Geobotanica*, 2017, 52, 2, p. 217 – 226.
- KOBIV, Y.: Trends in Population Size of Rare Plant Species in the Alpine Habitats of the Ukrainian Carpathians under Climate Change. *Diversity*, 2018, 10, p. 1 – 12.
- KOBLÍŽEK, J.: *Salix*. In: Goliášová, Michalková, E. (eds.): *Flóra Slovenska*. 5/3. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 2006, s. 209 – 289.
- KORZENIAK, J.: Mountain *Nardus stricta* grasslands as a relic of past farming – the effects of grazing abandonment in relation to elevation and spatial scale. *Folia Geobotanica*, 2016, 51, p. 93 – 113.
- KRÁLIK, T.: *Rastlinné spoločenstvá Spálenej doliny: Diplomová práca*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta UK, 1979.
- KREMLOVÁ, R.: *Alpínska a subalpínska vegetácia Žiarskej doliny (Západné Tatry): Diplomová práca*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta UK., 1974, 92 s.
- LAPIN, M., FAŠKO, P., MELO, M., ŠTASTNÝ, P., TOMLAIN, J.: *Klimatické oblasti. Číslo mapy 27*. Bratislava: MŽP & SAŽP, 2002, 95 s.
- LINKEŠ, V.: *Pôdy holí Nízkyh Tatier. Vedecké práce laboratória pôdoznalectva*, 1967, 2, s. 23 – 34.
- MARHOLD, K., HINDÁK, F.: *Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska*. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1998, 688 s.
- MIDRIAK, R.: *Morfogenéza povrchu vysokých pohorí*. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 1983, 516 s.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DE FONSECA, G. A. B., KENT, J.: Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 2000, 403, p. 853 – 858.
- NAGY, L., GRABHERR, G., KÖRNER, C., THOMPSON, D.B.A. (eds.): *Alpine biodiversity in Europe*. Berlin: Springer-Verlag, 2003, 479 s.
- NEMČOK, J.: *Horninové podložie*. In: Voločšuk, I. (ed.): *Tatranský národný park. Biosférická rezervácia*. Martin: GRADUS, 1994, s. 14 – 24.

- OKSANEN, J., BLANCHET, G., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLINN, D., MINCHIN, P. R., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P., STEVENS, M. H. H., SZOECES, E., WAGNER, H.: *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7, 2020.
- PACLOVÁ, L.: Antropické vplyvy na rastlinstvo subniválneho stupňa Vysokých Tatier a návrh na ich elimináciu, In: Zborník referátov z konferencie k 30. výročiu uzákonenia Tatranského národného parku a k 25. výročiu uzákonenia Tatrzanského Parku Narodowego. Tatranská Lomnica, 1979, s. 299 – 305.
- PALAJ, A., KOLLÁR, J.: Príspevok k poznaniu vysokohorskej vegetácie Západných Tatier. *Phytopedon (Bratislava)*, 2017, 16, 1, s. 9 – 13.
- PALAJ, A., KOLLÁR, J.: Príspevok k poznaniu vegetácie vysokohorských nív Západných Tatier. *Phytopedon (Bratislava)*, 2019, 18, 1, s. 1 – 6.
- PALAJ, A., KOLLÁR, J.: Súčasný stav psíkových porastov na bývalých pasienkoch vysokohorskej krajiny Západných Karpát. *Phytopedon (Bratislava)*, 2022, 21, 1, s. 1 – 10.
- PAULI, H., GOTTFRIED, M., DULLINGER, S., ABDALADZE, O., AKHALKATSI, M., ALONSO J. L. B., COLDEA, G., DICK, J., ERSCHBAMER, B., CALZADO, R. F., GHOSH, D., HOLTEN, J. I., KANKA, R., KAZAKIS, G., KOLLÁR, J., LARSSON, P., MOISEEV, P., MOISEEV, D., MOLAU, U., MESA, J. M., NAGY, L., PELINO, G., PUSCAS, M., ROSSI, G., STANISCI, A., SYVERHUSET, A. O., THEURILLAT, J.-P., TOMASELLI, M., UNTERLUGGAUER, P., VILLAR, L., VITTOZ, P., GRABHERR, G.: Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science*, 2012, 336, p. 353 – 355.
- PIETOROVÁ, E.: *Alpínska vegetácia Račkovej doliny (Západné Tatry): Diplomová práca*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta UK, 1977, 43 s.
- RSTUDIO TEAM: *RStudio: Integrated Development for R*, 2022.
- SHANNON, C. E.: A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 1948, 28, 3, p. 379 – 423.
- ŠIBÍK, J., PETRIK, A., VALACHOVIČ, M., DÚBRAVCOVÁ, Z.: *Carici rupestris-Kobresietea bellardii*, In: Kliment, J., Valachovič, M. (eds.): *Rastlinné spoločenstvá Slovenska. 4. Vysokohorská vegetácia*. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 2007, s. 211 – 249.
- TICHÝ, L.: JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 2002, 13, p. 451 – 453.
- TOWNSEND, C., BEGON, M., HARPER, J.: *Základy ekológie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010, 505 s.
- TRESKOŇOVÁ, M.: *Hole strednej a západnej časti Nízkych Tatier: Diplomová práca*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta UK, 1972.
- TUREČKOVÁ, J.: *Subalpínska a alpínska vegetácia Jamnickej doliny (Západné Tatry): Diplomová práca*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta UK, 1974.
- VALACHOVIČ, M.: *Thlaspietea rotundifolii*, In: VALACHOVIČ, M., OŤAHELOVÁ, H., STANOVÁ, V., MAGLOCKÝ, Š. (eds.): *Rastlinné spoločenstvá Slovenska. 1. Pionierska vegetácia*. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1995, s. 45 – 84.
- VALACHOVIČ, M., ŠTUBŇOVÁ, E., SENKO, D., KOCHJAROVÁ, J., COLDEA, G.: Ecology and species distribution pattern of *Soldanella* sect. *Soldanella (Primulaceae)* within vegetation types in the Carpathians and the adjacent mountains. *Biologia*, 2019, 74, p. 733 – 750.
- VANNESTE, T., MICHELSEN, O., GRAAE, B. J., KYRKJEEIDE, M. O., HOLIEN, H., HASSEL, K., LINDMO, S., KAPÁS, R. E., DE FRENNE, P.: Impact of climate change on alpine vegetation of mountain summits in Norway. *Ecological Research*, 2017, 32, p. 579 – 593.
- VELEV, N., APOSTOLOVA, I.: Successional changes of *Nardus stricta* communities in the Central Balkan Range (Bulgaria). *Phytologia Balcanica*, 2008, 14, p. 1 – 10.
- WICKHAM, H.: *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*, 2016.