

HODNOTENIE EXTRÉMNOSTI KLIMATICKÝCH CHARAKTERISTÍK V REGIÓNE ZVOLENSKEJ KOTLINY A OKOLIA V RÔZNYCH LESNÝCH VEGETAČNÝCH STUPŇOCH V PRIEBEHU VEGETAČNÝCH SEZÓN 2009–2013

Leštianska A., Vido J., Střelcová K.

**Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen,
Slovenská republika; e-mail: adriana.lestianska@tuzvo.sk**

Abstract

EVALUATION OF EXTREMITY CLIMATIC CHARACTERISTICS IN THE ZVOLENSKÁ VALLEY AND ITS SURROUNDING IN DIFFERENT FOREST VEGETATION LEVELS DURING THE VEGETATION SEASONS 2009–2013. The present paper deals with evaluation of climate characteristics of the Zvolenská valley with surrounding. The meteorological characteristics measured at three meteorological stations of the Technical University in Zvolen were evaluated. The measurements were performed during five years (2009 – 2013). This period has very different climate conditions. The meteorological stations are situated in sub-montane and montane regions of the Zvolenská valley at various elevations representing different forest altitudinal zones. The results of observations of air temperature showed increase in compared to the 1961–1990 long-term average in all years and at all three stations. However more significant differences were observed in precipitation regime between monitored warm half-years. Humidity conditions were also studied using the potential evapotranspiration and climate irrigation index. The analysis confirmed that occurrence of episodes with abnormally high air temperature and precipitation extremity corresponds with extremes recorded in the wider area of the Central Europe during this period.

Key words: regional meteorological stations, precipitation, potential evapotranspiration, climate irrigation index

Úvod

V roku 2007 sa na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene začala budovať sieť mezoklimatických (regionálnych) meteorologických staníc za účelom lesníckeho a ekologického výskumu. Merania meteorologických prvkov (globálne žiarenie, teplota vzduchu a pôdy, vlhkosť vzduchu a zrážky) a z nich odvodené charakteristiky (potenciálna evapotranspirácia, sýtosťný doplnok, riziko vzniku požiaru) v súčasnosti prebiehajú na siedmych staniciach v oblasti Zvolenskej kotliny a jej okolia umiestnených v rôznych nadmorských výškach reprezentujúce rôzne lesné vegetačné stupne (lvs). Ďalšie dve stanice sa nachádzajú v oblasti Vysokých Tatier, jedna v Hriňovej a jedna v Čiernom Balogu (www.tuzvo.sk). V spojitosti s klímou sú vegetačné stupne prvoradé, pretože klíma pôsobí priamo i nepriamo na živé organizmy a tým určuje ich ekologické podmienky v ovzduší i pôde.

Výsledky meteorologických meraní na Slovensku v ostatných desaťročiach priniesli mnohé dôkazy o náraste početnosti neštandardných situácií v porovnaní s prechádzajúcimi obdobiami. Okrem preukázaných dynamických zmien v časových radoch rôznych meteorologických prvkov sa v posledných dekádach často hovorí o regionálnych zvláštnostiach vo vývoji klímy na Slovensku (Hlásny *et al.* 2012). V súvislosti s očakávanými klimatickými zmenami sa prikladá čoraz väčší dôraz

problematike monitoringu zmien v priestorovej a časovej distribúcii úhrnov atmosférických zrážok, a to nielen na celosvetovej, ale aj regionálnej úrovni (Dore 2005). Výrazné extrémne počasia sa prejavujú taktiež v teplotnom režime (Lapin *et al.* 2010). Bezprostredným dôsledkom sucha sú aj periódy extrémne vysokých teplôt. V roku 2009 bolo na území Slovenska suchom a úpalom napadnutých 85 178 m³ drevnej hmoty, čo predstavuje takmer 6.3 % v celkovej štruktúre poškodenia lesných porastov abiotickými činiteľmi. Po vetre a snehu je sucho a úpal tretím najvýznamnejším abiotickým škodlivým činiteľom v lesoch Slovenska (Kolektív 2010).

Stúpajúca frekvencia a intenzita klimatických extrémov na väčšej časti územia Slovenska je zrejmá vzhľadom na jej negatívny vplyv na produkciu lesných drevín a zo stúpajúcich škôd zaznamenaných na lesných ekosystémoch a to od nížin až po horské polohy (Škvarenina *et al.* 2006, Tužinský 2007, Holécý, Giertľiová 2009). Pre lesné spoločenstvá je rozhodujúci predovšetkým minimálny obsah vlhky v pôde, dĺžka trvania tohto stavu, ale taktiež obdobie, v ktorom sa suchá perióda vyskytla. Poznatky o meteorologických podmienkach prispievajú k objasneniu a lepšej interpretácii rôznych fyziologických a rastových procesov prebiehajúcich v lesnom ekosystéme alebo jednotlivých stromoch. Uvedené skutočnosti majú veľký význam nielen z hľadiska zdravotného stavu a vitality drevín, ale aj z hľadiska tvorby dendromasy. Možné ohrozenie lesných ekosystémov 2. až 6. lvs v dôsledku extrémov počasia uvádzame prostredníctvom analýzy dynamiky zmien klimatických faktorov skúmaných v oblasti Zvolenskej kotliny a jej okolia počas 5 rokov (2009 až 2013).

Všeobecná charakteristika územia – Zvolenská kotlina

Jednotlivé merania meteorologických charakteristík sme uskutočnili na 3 staniciach: Arborétum Borová hora, Kráľová nad Zvolenom a Predná Poľana, ktoré sa nachádzajú vo výškovom rozpätí 350 až 1264 m n. m. Charakteristiky jednotlivých lokalít sú uvedené v tabuľke 1.

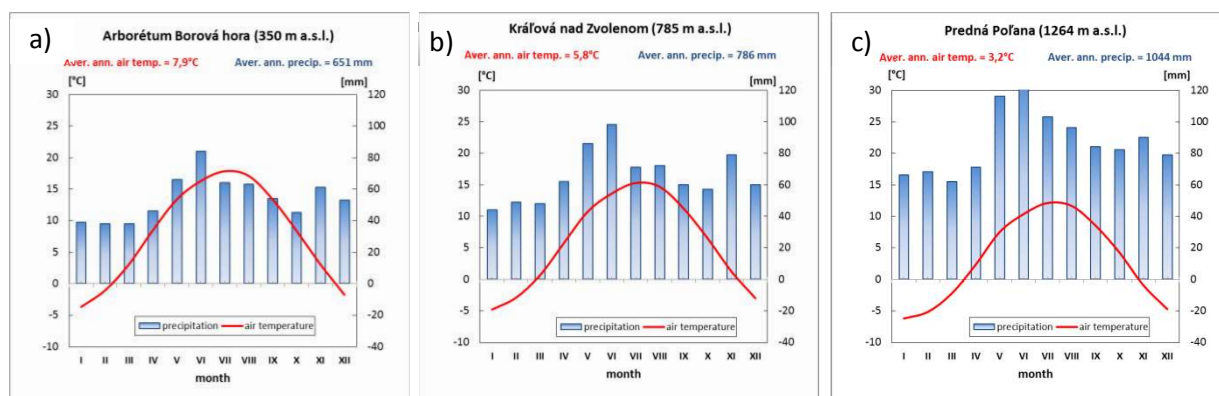
Zvolenská kotlina je intermontánný krajinný celok v oblasti Slovenského stredohoria. Na západe ho ohraničujú Kremnické vrchy, na juhu Javorie, na severe Starohorské vrchy, na severovýchode Horehronské podolie, na východe Poľana a Veporské vrchy. Na základe nadmorskej výšky Zvolenská kotlina patrí ku kotlinám strednej výškovej úrovne, čo znamená, že len malými plochami klesá pod 300 m n.m. alebo presahuje nad 500 m n.m. (Seko 2009). Klimatické pomery Zvolenskej kotliny určuje predovšetkým jeho geografická poloha. Podľa klimaticko-geologickej regionalizácie Slovenska toto územie patrí do oblasti teplej kotlinovej klímy, mierne suchej až vlhkej. Teploty sa pohybujú v januári do -3 až -5 °C, v júli 18,5 až 20 °C., počet letných dní býva medzi 40 – 50, počet dní so snehovou pokrývkou je 50 – 70. Zvolenskú kotlinu môžeme zaradiť medzi veľmi inverzné oblasti Slovenska (Lapin, Tekušová 2002). Je to podmienené uzavretou centrálnou polohou kotliny vo Vnútroňných Západných Karpatoch (Mazúr, Lukniš 1980) a výskytom okolitých pohorí takmer v celom horizonte kotliny. Celá Zvolenská kotlina je síce typická aj miestnymi vetrami, no vysokým percentom bezveterných dní patrí k najmenej veterným krajom Slovenska. Prevládajúce západné a severozápadné prúdenie je zoslabované súvislou bariérou Kremnických vrchov, Starohorských vrchov a Veľkej Fatry. Vplyv južných a juhozápadných prúdení zoslabujú Štiavnické vrchy, Javorie a Ostrôžky. Menej často vyskytujúca sa východná zložka prúdenia je ovplyvňovaná Veporskými vrchmi a Poľanou. Severná zložka prúdenia je zoslabovaná Veľkou Fatrou, Starohorskými vrchmi a Nízkymi Tatrami. Výsledkom je uzavretosť kotliny, s výnimkou severnej a južnej časti východného kvadrantu, odkiaľ, vzhľadom na všeobecnú cirkuláciu atmosféry v strednej Európe, je prúdenie vzduchu zriedkavejšie (Polčák 2008). Vo Zvolenskej kotline prevláda vietor severný s priemernou rýchlosťou 3,4 m.s⁻¹, v doline Slatina je prevládajúci smer vetra severozápadný s priemernou rýchlosťou 4 m.s⁻¹. Celá kotlina má najväčší počet hmľistých dní v roku, v priemere je to 80–100 dní.

Tab. 1: Charakteristika vybraných regionálnych meteorologických staníc TUZVO v oblasti Zvolenskej kotliny a okolí

meteorologická stanica TUZVO	Arborétum Borová hora	Kráľová nad Zvolenom	Predná Poľana
Zemepisná dĺžka	19°08' E	19°18' E	19°47' E
Zemepisná šírka	48°36' N	48°51' N	48°63' N
Nadmorská výška	350 m a.s.l.	785 m a.s.l.	1264 m a.s.l.
Expozícia	juhozápadná	severná až plató	južná
Svah	5-10%	1-3 %	20-25 %
Priemerná ročná teplota	7.9 °C	5.8 °C	3.2 °C
Priemerný ročný úhrn zrážok	651 mm	786 mm	1044 mm
Priemerná ročná vlhkosť vzduchu	76 %	74 %	
Klimatická oblasť	teplý, mierne vlhký, s chladnou zimou	teplý, mierne vlhký, s chladnou zimou	chladný horský veľmi vlhký
Geologické podložie	andezitový tuf a travertíny	andezity	andezity a intermediárne subvulkanické intruzíva
Pôdne pomery	pararendziny, kambizeme, fluvizeme	kambizeme	kambizeme, rankre
Lesný vegetačný stupeň	2. bukovno-dubový	4. bukový	6. smrekovo-bukovo-jedľový (dolná hranica)
Skupina lesných typov	FQ (<i>Fageto-Quercetum</i>), CQ (<i>Corneto-Quercetum</i>)	Fp vst (<i>Fagetum pauper vst</i>) Fp nst (<i>Fagetum pauper nst</i>) QF (<i>Querceto-Fagetum</i>)	AF (<i>Abieto-Fagetum</i>)

Metodika merania

Meranie atmosférických zrážok, teploty vzduchu, globálnej radiácie a vlhkosti vzduchu prebieha na regionálnych meteorologických stanicích, ktoré sa nachádzajú v rôznych nadmorských výškach v lesných oblastiach Zvolenskej kotliny a jej okolí. Rozdiely medzi klímou jednotlivých vegetačných stupňov prezentujú modifikované klimadiagramy na obrázku 1, z ktorých je zrejмый priebeh dlhodobých mesačných priemerov teplôt vzduchu, úhrnov zrážok počas obdobia referenčnej klímy 1961–1990.



Obr. 1 Klimadiagramy regionálnych staníc; a) Arborétum Borová hora, b) Kráľová, c) Predná Poľana; dlhodobé priemerné mesačné údaje teploty vzduchu a zrážok (1961–1990)

Na staniciach TUZVO (Technická univerzita vo Zvolene) sa na meranie používa digitálna meteorologická stanica výrobcu EMS Brno (Environmental Measuring Systems, Brno, www.emsbrno.cz) s automatizovaným ukladaním a vysielaním dát do internetu v 10 minútovom intervale. Hodnoty meraných meteorologických veličín charakterizujúcich okamžitý stav atmosféry v prízemnej vrstve ovzdušia sú okamžite po nameraní vysielané na internetovú stránku pomocou optického signálu alebo cez GSM modem. Meteorologické veličiny sú merané na voľnej ploche vo výške 2 m. Podrobnejšie informácie a snímky poskytuje prípadným záujemcom webová stránka TU vo Zvolene www.tuzvo.sk (Střelcová *et al.* 2007).

Z nameraných meteorologických údajov sú ďalej spracovávané klimatologické charakteristiky (priemery, úhrny, maximá) a porovnávané s dlhodobými priemermi okolitých staníc SHMÚ za roky 1961–1990 s porovnateľnými geografickými a geomorfologickými charakteristikami. Pre Arborétum Borová Hora sme použili dlhodobé priemery zrážok a teplôt zo stanice Sliač kúpele (371 m n.m.). Pre Kráľovú sme použili dlhodobé priemery úhrnov zrážok zo stanice Detvianska Huta (821 m n.m.) a dlhodobé priemery teplôt zo stanice Lešť (720 m n.m.). Vlahové pomery sme hodnotili počtom päť a desaťdenných bezzrážkových období a taktiež sme použili charakteristiku klimatický ukazovateľ zavlaženia (Kurpelová *et al.* 1975) počítaný ako rozdiel potenciálnej evapotranspirácie a zrážok ($K=E_o-P$). Výsledky sme vyhodnotili pre teplé polroky 2009 až 2013.

Výsledky a diskusia

V príspevku sme sa podrobnejšie zaoberali vyhodnotením klimatických charakteristík vypočítaných z nameraných meteorologických dát v teplých polrokoch 2009 až 2013. Meteorologické údaje boli merané na regionálnych meteorologických staniciach TUZVO v oblasti Zvolenskej kotliny a v jej okolí nachádzajúcich sa v rôznych nadmorských výškach. Uplynulé roky 2009 až 2013 boli teplotne aj zrážkovo extrémne. Trendy vývoja hodnôt zrážok a teploty vzduchu na sledovaných staniciach sú znázornené v tabuľkách 1 až 5.

Výsledky pozorovaní teploty vzduchu poukazujú na jej vysoký nárast v porovnaní s dlhodobým priemerom rokov 1961–1990 (Tab. 2 a–e). Sledované teplé polroky (apríl–september) je možné charakterizovať ako teplotne mimoriadne nadnormálne na všetkých troch sledovaných staniciach TUZVO. Medzi mesiacmi sme nezaznamenali výrazné rozdiely v teplotách vzduchu. Počas teplých polrokov 2011 až 2013 sme zaznamenali výraznú diferencovanosť v zrážkach medzi jednotlivými mesiacmi, pričom aj teplý polrok 2011 sa vyznačoval pomerne nižším úhrnom zrážok (tab. 2 c–e, Obr. 4).

Podstatne výraznejšie rozdiely ako v teplotných pomeroch boli medzi sledovanými teplými polrokmi zistené v zrážkovej činnosti (Tab. 3). Najnižší úhrn zrážok v rámci sledovaných rokov sme zaznamenali v teplom polroku 2009 a naopak takmer dvojnásobný úhrn zrážok v porovnaní s dlhodobým priemerom bol v teplom polroku 2010. V porovnaní s dlhodobým normálom je možné teplý polrok 2009 charakterizovať ako zrážkovo silne podnormálny s prevahou mesiacov s hodnotami pod dlhodobým normálom (Obr. 2). Naopak teplý polrok 2010 bol zrážkovo mimoriadne nadnormálny, pričom relatívna odchýlka zrážok dosiahla najvyššie prekročenie normálových úhrnov v mesiacoch máj a jún. po zrážkovo nadnormálnom mesiaci apríl. Úhrny zrážok aj v ďalších letných mesiacoch dosahovali nadpriemerné hodnoty v porovnaní s dlhodobým priemerom. Toto spôsobilo, že už na začiatku augusta dosiahli priebežné úhrny zrážok také hodnoty, ktoré prislúchajú ročným normálom zrážok. Toto zrážkovo nadnormálne obdobie viedlo v auguste 2010 k výskytu povodňových situácií v susediacich geomorfologických celkoch v povodí rieky Nitra (SHMU 2010). V súvislosti s extrémne suchým teplým polrokom 2009 a naopak zrážkovo mimoriadne nadnormálnym teplým polrokom 2010 je potrebné poznamenať, že táto situácia mala podobný priebeh na území celej strednej Európy, čo dokumentujú obrázky 3 a 4. Je evidentné, že v oblasti Slovenska a Maďarska bol priebeh situácie rovnaký, pričom v oblasti stredného Slovenska dosahoval index hodnoty až -1,65. Toto predstavuje mimoriadne suché poveternostné podmienky v tejto oblasti (Obr. 3). Opačná bilancia (zaznamenané nadnormálne úhrny zrážok) bola zistená pomocou rovnakého indexu v júni 2010. Je vidieť, že zasiahnutá bolo územie nad celou strednou Európou. V oblasti stredného Slovenska dosahoval index hodnoty až +1,65 (mimoriadne humídne podmienky) (Obr. 4). To dokazuje, že

merania na regionálnych staniciach v oblasti Zvolenskej kotliny a jej okolí sú v súlade s ostatnými profesionálnymi stanicami v širšom regióne.

Tab. 2 (a–e) Klimatický prehľad pre sledované regionálne meteorologické stanice za vegetačné obdobia rokov 2009 až 2013

a)

Mesiac	Zrážky						Teplota vzduchu											
	BH		KR		PO		BH				KR				PO			
	Z	char	Z	char	Z	char	priem	char	min	max	priem	char	min	max	priem	char	min	max
IV	12.2	spn	12.0	spn	22.2	spn	12.8	mnn	0.0	25.1	12.3	mnn	2.2	20.9	8.5	mnn	1.6	15.4
V	44.2	pn	52.2	pn	70.0	pn	15.0	nn	3.9	27.9	13.2	nn	2.6	23.8	9.5	nn	-0.4	19.8
VI	75.6	n	108.8	n	143.8	n	16.4	n	4.9	30.4	14.5	n	4.6	26.6	11.4	n	1.6	21.7
VII	37.4	pn	37.0	pn	52.6	pn	20.4	mnn	7.5	34.3	18.9	mnn	8.9	29.0	15.4	mnn	6.3	24.0
VIII	x	x	47.6	n	63.8	n	x	x	x	x	18.7	mnn	8.1	29.6	15.1	mnn	5.7	23.1
IX	32.0	n	46.2	n	57.4	n	16.1	snn	5.1	29.6	15.5	mnn	6.9	25.7	12.3	mnn	3.4	21.4
vo 2009	x	x	303.8	spn	409.8	spn	x	x	x	x	15.5	mnn	2.2	29.6	12.0	mnn	-0.4	24.0

b)

Mesiac	Zrážky						Teplota vzduchu											
	BH		KR		PO		BH				KR				PO			
	Z	char	Z	char	Z	char	priem	char	min	max	priem	char	min	max	priem	char	min	max
IV	63.0	nn	75.4	n	74.4	n	9.8	nn	-2.0	24.5	8.0	nn	-0.8	20.6	4.3	nn	-4.3	15.5
V	123.2	snn	184.4	mnn	246.8	mnn	14.3	n	4.1	26.3	12.0	n	3.9	22.5	8.5	n	1.0	17.3
VI	168.8	snn	191.0	snn	162.0	n	18.3	snn	7.6	31.5	16.0	snn	7.0	27.6	12.9	snn	4.6	22.6
VII	100.2	nn	113.2	nn	65.6	pn	21.2	mnn	10.7	34.1	19.4	mnn	9.6	30.2	15.9	mnn	6.2	25.1
VIII	87.6	nn	120.6	nn	152.0	nn	18.5	nn	6.1	30.6	16.8	snn	6.3	26.3	13.6	snn	3.3	21.7
IX	103.6	snn	94.8	nn	216.8	snn	12.8	n	3.9	24.3	10.8	n	2.1	21.3	7.6	n	0.2	16.5
vo 2010	646.4	mnn	779.4	mnn	917.6	mnn	15.8	snn	-2.0	34.1	13.8	mnn	-0.8	30.2	10.5	mnn	-4.3	25.1

c)

Mesiac	Zrážky						Teplota vzduchu											
	BH		KR		PO		BH				KR				PO			
	Z	char	Z	char	Z	char	priem	char	min	max	priem	char	min	max	priem	char	min	max
IV	20.6	pn	15.0	spn	18.6	spn	11.7	nn	0.7	25.5	10.2	mnn	-0.5	21.2	6.3	snn	-4.4	16.6
V	39.6	mnn	37.0	spn	73.8	pn	14.6	n	-2.1	28.8	13.4	snn	-0.5	25.0	9.7	an	-2.9	19.7
VI	106.2	n	126.0	n	101.2	n	18.1	snn	6.1	30.8	16.3	snn	6.5	26.2	12.9	snn	4.1	21.2
VII	150.8	mpn	159.0	mnn	208.4	snn	18.6	mnn	8.8	33.3	16.4	nn	6.0	30.4	13.1	n	3.4	25.0
VIII	15.0	n	59.8	n	52.2	pn	20.2	mnn	6.6	34.2	18.8	mnn	5.6	30.3	15.3	mnn	4.1	25.2
IX	3.6	n	7.8	spn	19.2	pn	16.7	n	4.8	30.4	16.1	mnn	6.4	26.4	12.9	mnn	5.1	21.0
vo 2011	335.8	n	404.6	n	473.4	pn	16.7	mnn	-2.1	34.2	15.2	mnn	-0.5	30.4	11.7	mnn	-4.4	25.2

d)

Mesiac	Zrážky						Teplota vzduchu											
	BH		KR		PO		BH				KR				PO			
	Z	char	Z	char	Z	char	priem	char	min	max	priem	char	min	max	priem	char	min	max
IV	46.6	n	63.8	n	88.4	n	10.5	nn	-4.5	29.8	8.7	snn	-5.4	25.9	4.8	nn	-9.3	20.4
V	17.0	mpn	34.0	spn	50.6	spn	15.6	nn	2.4	30.9	14.3	mnn	1.8	27.6	10.6	snn	-0.2	22.2
VI	93.2	n	69.2	n	122.6	n	18.8	snn	7.4	33.5	17.2	mnn	5.8	30.3	13.4	mnn	2.9	25.0
VII	126.0	snn	127.2	snn	237.6	mnn	20.7	mnn	7.3	35.8	19.2	mnn	7.5	32.5	15.9	mnn	5.2	26.7
VIII	0.2	mpn	7.6	mpn	11.6	mpn	20.2	mnn	6.0	34.6	19.4	mnn	6.6	30.8	15.9	mnn	5.6	25.7
IX	30.6	n	46.6	n	59.8	n	16.0	snn	1.2	32.2	15.1	mnn	2.0	28.5	12.1	mnn	0.4	23.8
vo 2012	313.6	n	348.4	n	570.6	n	17.0	mnn	-4.5	35.8	15.6	mnn	-5.4	32.5	12.1	mnn	-9.3	26.7

e)

Mesiac	Zrážky						Teplota vzduchu											
	BH		KR		PO		BH				KR				PO			
	Z	char	Z	char	Z	char	priem	char	min	max	priem	char	min	max	priem	char	min	max
IV	22.0	pn	45.6	n	64.4	n	10.7	an	-3.5	28.7	9.2	san	-5.6	25.0	5.6	san	-8.3	19.8
V	140.8	mnn	142.2	snn	221.8	snn	14.6	n	4.6	28.6	12.6	an	2.8	25.4	9.2	an	-0.1	20.8
VI	77.2	n	105.2	n	168.0	nn	18.4	san	6.7	33.6	16.5	san	5.5	29.6	13.1	san	3.4	24.0
VII	12.2	mpn	18.4	spn	40.2	spn	20.7	ean	8.2	36.0	19.1	ean	6.7	31.6	15.4	ean	4.2	25.8
VIII	59.0	n	41.2	pn	89.6	n	20.5	ean	8.2	37.2	19.5	ean	9.2	33.1	15.9	ean	7.5	27.5
IX	45.4	n	61.4	n	75.2	n	13.1	n	1.7	27.9	11.3	n	1.3	23.9	7.8	n	0.1	18.7
vo 2013	356.6	mpn	414.0	n	659.2	n	16.3	ean	-3.5	37.2	14.7	ean	-5.6	33.1	11.2	ean	-8.3	27.5

Z - úhrn zrážok

Char. - hodnotenie abnormálnosti mesačných úhrnov zrážok a priemerných teplôt vzduchu

Priem. - priemerná teplota vzduchu

Min. - minimum

Max. - maximum

n - normal

nn -

nadnormál

pn -

podnormál

snn - silný nadnormál

spn - silný podnormál

mnn - mimoriadny nadnormál

mpn - mimoriadny podnormál

Tab. 3 Testovanie rozdielov meteorologických prvkov medzi sledovanými rokmi 2009 až 2013 na výskumných plochách Arborétum Borová hora, Kráľová a Predná Poľana (t – testovacia charakteristika, p – hladina významnosti, sv – stupeň voľnosti)

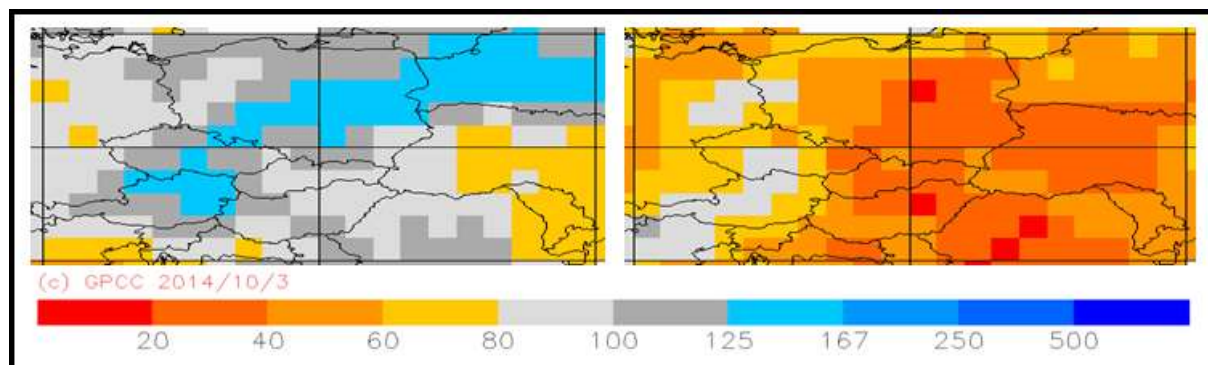
				BH			KR			PO		
				t	sv	p	t	sv	p	t	sv	p
GR	2009 vs	2010		2.74	341	0.006	3.06	364	0.002	4.03	364	0.000
		2011		0.93	342	0.350	-0.23	364	0.820	0.38	364	0.705
		2012		1.43	342	0.150	-0.20	364	0.840	-0.57	364	0.570
		2013		1.53	342	0.130	-1.43	322	0.150	3.53	364	0.001
	2010 vs	2011		-2.06	363	0.040	-3.26	364	0.001	-3.54	364	0.000
		2012		-1.48	363	0.140	-3.11	364	0.002	-4.24	364	0.000
		2013		-1.30	363	0.190	-4.03	322	0.000	-0.57	364	0.568
	2011 vs	2012		0.58	364	0.565	0.02	364	0.985	-0.89	364	0.372
		2013		0.72	364	0.473	-1.22	322	0.224	3.05	364	0.002
	2012 vs	2013		0.16	364	0.877	-1.17	322	0.244	3.78	364	0.000
TV	2009 vs	2010		0.95	341	0.340	3.51	364	0.001	3.23	364	0.001
		2011		-0.91	342	0.360	0.79	364	0.430	0.77	364	0.440
		2012		-1.50	342	0.130	-0.25	364	0.800	-0.06	364	0.950
		2013		-0.14	342	0.890	0.27	322	0.790	1.71	364	0.090
	2010 vs	2011		-1.75	363	0.080	-2.65	364	0.008	-2.38	364	0.018
		2012		-2.23	363	0.026	-3.19	364	0.002	-2.78	364	0.006
		2013		-0.97	363	0.330	-2.41	322	0.016	-1.22	364	0.222
	2011 vs	2012		-0.71	364	0.479	-0.89	364	0.375	-0.69	364	0.489
		2013		0.63	364	0.526	-0.32	322	0.748	0.98	364	0.327
	2012 vs	2013		1.21	364	0.227	0.43	322	0.670	1.51	364	0.131
RV	2009 vs	2010		-7.92	341	0.000	-9.86	364	0.000	-10.68	364	0.000
		2011		-2.47	342	0.014	-2.94	364	0.004	-3.17	364	0.002
		2012		-0.76	342	0.450	-0.63	364	0.530	-1.45	364	0.150
		2013		-4.38	342	0.000	-3.01	322	0.003	-0.82	364	0.410
	2010 vs	2011		5.36	363	0.000	6.58	364	0.000	6.80	364	0.000
		2012		7.32	363	0.000	8.96	364	0.000	8.49	364	0.000
		2013		3.56	363	0.004	5.32	322	0.000	8.22	364	0.000
	2011 vs	2012		1.77	364	0.080	2.26	364	0.020	1.62	364	0.106
		2013		-1.85	364	0.060	-0.42	322	0.673	1.99	364	0.048
	2012 vs	2013		-3.71	364	0.000	-2.41	322	0.017	0.49	364	0.626
P	2009 vs	2010		-3.50	314	0.001	-4.07	363	0.000	-3.41	354	0.001
		2011		-0.92	337	0.357	-1.10	321	0.273	-0.56	354	0.579
		2012		-0.97	336	0.334	-1.05	363	0.290	-1.33	355	0.184
		2013		-1.31	337	0.191	-0.52	363	0.601	-1.88	356	0.061
	2010 vs	2011		2.34	341	0.020	2.94	364	0.004	2.85	360	0.005
		2012		2.74	340	0.007	3.62	364	0.000	2.20	361	0.028
		2013		2.37	341	0.019	2.58	322	0.010	1.62	362	0.106
	2011 vs	2012		0.13	363	0.894	0.57	364	0.567	-0.74	361	0.460
		2013		-0.19	364	0.847	-0.10	322	0.918	-1.30	362	0.196
	2012 vs	2013		-0.37	363	0.708	-0.65	322	0.518	-0.59	363	0.558
PET	2009 vs	2010		3.72	341	0.000	4.94	364	0.000	5.61	364	0.000
		2011		0.82	342	0.412	0.89	364	0.375	1.28	364	0.202
		2012		1.29	342	0.199	-0.33	364	0.745	-0.43	364	0.670
		2013		7.92	342	0.000	-0.57	322	0.566	2.26	364	0.025
	2010 vs	2011		-2.79	363	0.006	-4.13	364	0.000	-4.22	364	0.000
		2012		-2.94	363	0.004	-4.81	364	0.000	-5.31	364	0.000
		2013		4.48	363	0.000	-4.66	322	0.000	-2.76	364	0.006
	2011 vs	2012		-0.38	364	0.705	-1.12	364	0.264	-1.53	364	0.127
		2013		7.39	364	0.000	-1.31	322	0.192	1.08	364	0.281
	2012 vs	2013		7.31	364	0.000	-0.25	322	0.805	2.39	364	0.017

Vysvetlivky:

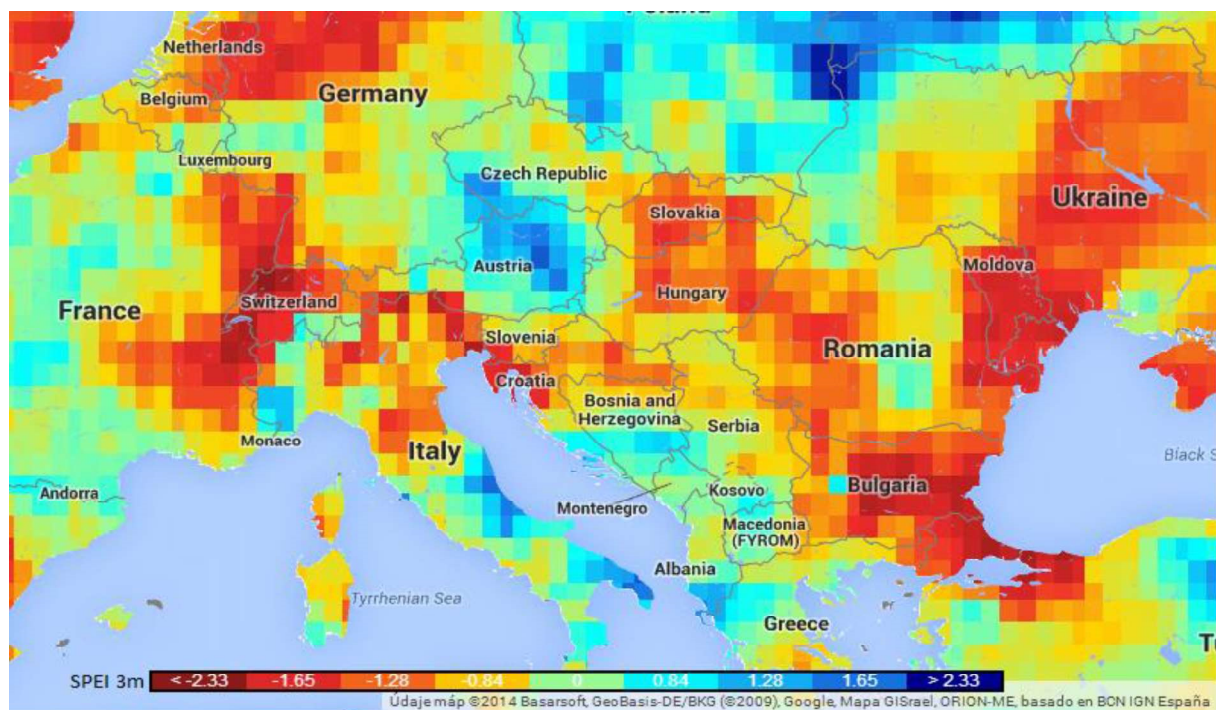
p > 0,05 – rozdiel nie je štatisticky významný na hladine významnosti 5%

p ≤ 0,01 - rozdiel je štatisticky významný na hladine významnosti 5%

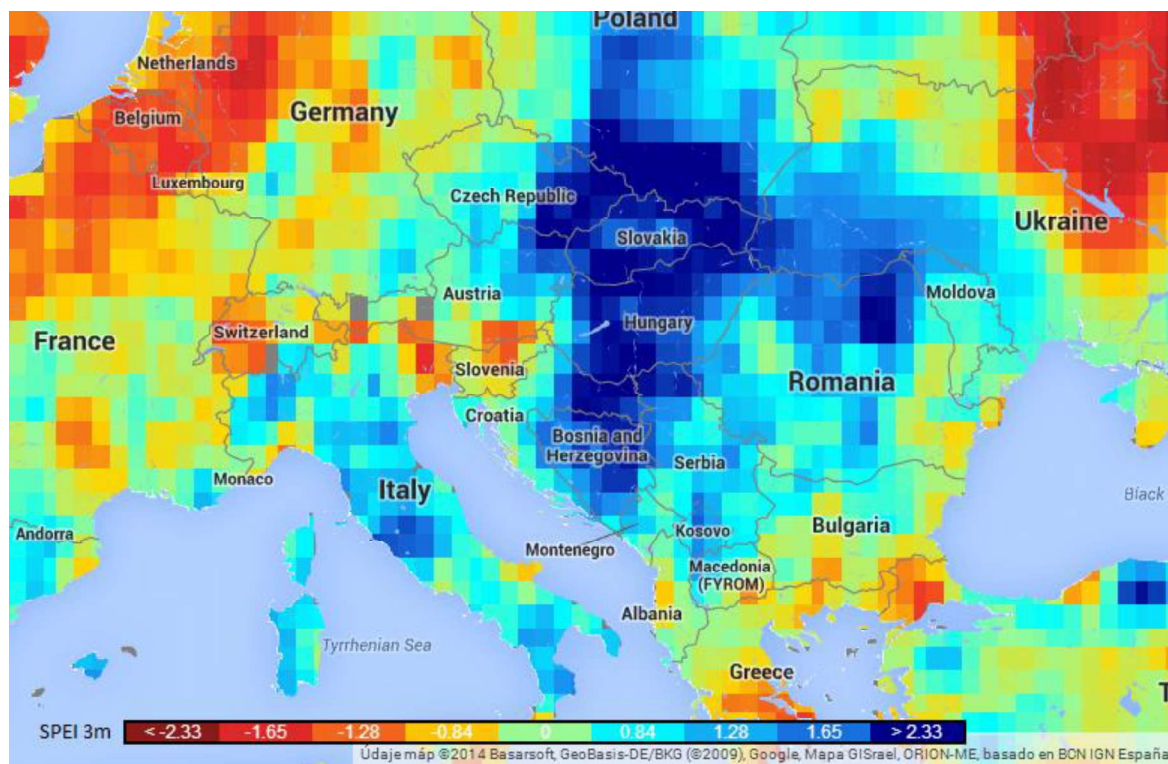
p ≥ 0,001 - rozdiel je štatisticky vysoko významný na hladine významnosti 1%



Obr. 2 Percento normálu úhrnu zrážok v oblasti strednej Európy. Obrázok vľavo znázorňuje situáciu v mesiacoch JJA 2009 a obrázok vpravo znázorňuje mimoriadne suché obdobie mesiacov SON 2011.



Obr. 3 Klimatická situácia hodnotená indexom SPEI (Standardized precipitation and evapotranspiration index) znázorňujúca trojmesačný index zrážkovo-evapotranspiračnej bilancie pre jún 2009



Obr. 4 Klimatická situácia hodnotená indexom SPEI (Standardized precipitation and evapotranspiration index) znázorňujúca trojmesačný index zrážkovo-evapotranspiračnej bilancie pre jún 2010

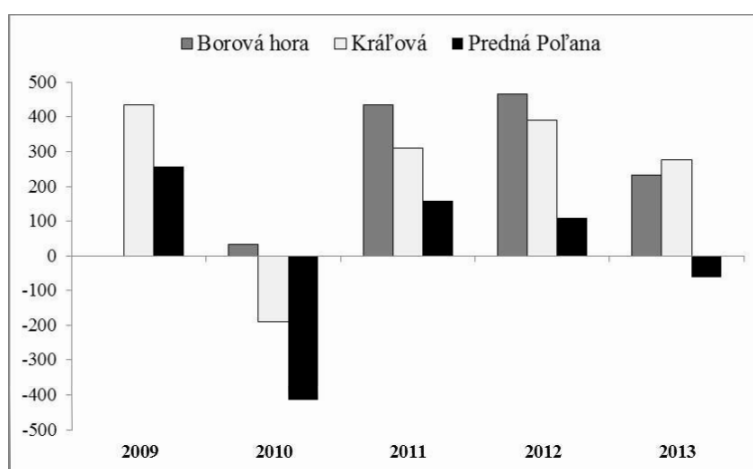
Zaujímavé je, že hoci bol rok 2010 nadpriemerne daždivý, v jednotlivých mesiacoch nadnormálny až silne nadnormálny, bol aj v priemere teplotne silne nadnormálny (Borová hora) a mimoriadne nadnormálny (Kráľová nad Zvolenom a Predná Poľana). Po suchom roku 2009 (60 % z dlhodobého normálu) prišiel zrážkovo mimoriadne nadnormálny rok 2010. V roku 2010 dosiahol úhrn zrážok takmer 200% z dlhodobého priemeru. V roku 2010 sa vyskytlo na všetkých sledovaných staniciach najmenej bezzrážkových období s výskytom iba 5-dňových bezzrážkových období (Tab. 4). Toto poukazuje na fakt, že okrem výdatnosti zrážok bol rok 2010 v teplom polroku na staniciach Zvolenskej kotliny a jej okolia aj výrazne daždivejší z pohľadu počtu dní so zrážkami (pršalo v priemere každý druhý deň). Výsledky predkladaného príspevku potvrdzujú vysokú extrémnosť a rozsah atmosférických zrážok, ktoré postihli rozsiahle oblasti Slovenska v máji a na začiatku júna 2010. Naopak ostatné teplé polroky sa prejavili ako zrážkovo normálne a podnormálne a teplotne mimoriadne nadpriemerné. Najväčší počet bezzrážkových období bolo zaznamenaných v rokoch 2009 a 2011 (Tab. 4). Ako uvádza Pecho *et al.* (2010), rok 2010 bol v priemere teplejší ako iné daždivé roky. V 60-, 70- a aj na prelome 70- a 80-tych rokov, bývali daždivé roky zároveň aj chladné. Posledným príkladom v tomto zmysle bol rok 1980. To, že sa intenzita zrážok, ktorú zvyčajne registrujeme až v priebehu letných mesiacov, vyskytla už v priebehu mája, možno pripisovať najmä zmene režimu zrážok, ktorá je nevyhnutných dôsledkom meniacich sa teplotných a cirkulačných podmienok v širšom stredoeurópskom priestore (Pecho *et al.* 2009).

Ako uvádzajú Mindřáš, Škvarenina (2003), pokusy potvrdili, že nedostatok zrážok objavujúci sa v poslednom období na väčšej časti územia Slovenska, môže mať negatívny vplyv na vlhové zabezpečenie, zdravotný stav a produkciu lesných drevín nielen nižších lesných vegetačných stupňov s prevahou dubov (1.-3. lvs), ale i v spoločenstvách s prevahou buka (4.-6. lvs) a tiež v spoločenstvách vyšších vegetačných stupňov.

Tab. 4 Počet 5-, 10-, 15- a 20-dňových bezzrážkových období zaznamenané na regionálnych meteorologických staniciach TUZVO počas teplých polrokov 2009 až 2013

rok	Borová hora (2. lvs)				Kráľová (4. lvs)				Predná Poľana (6. lvs)			
	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
2009	10	2	-	-	10	2	1	-	12	1	-	-
2010	6	-	-	-	6	1	-	-	4	-	-	-
2011	10	3	2	1	11	3	1	-	7	1	-	-
2012	8	1	-	-	7	1	-	-	6	1	-	-
2013	7	3	-	-	7	1	1	-	6	-	-	-

Základy vlhkostnej bilancie územia je možné vyjadriť pomocou klimatického ukazovateľa zavlaženia K , podľa ktorého sa podmienky zavlaženia charakterizujú rozdielom potenciálneho výparu (E_0) a zrážok. Kladné hodnoty $E_0 - P$ charakterizujú nedostatok a záporné hodnoty nadbytok vlahy. Na obr. 5 sú znázornené klimatické ukazovatele zavlaženia K pre meteorologické stanice TUZVO reprezentujúce rôzne lesné vegetačné stupne. Nárastom nadmorskej výšky úhrn zrážok narastá a znižujú sa hodnoty radiačnej bilancie, preto sa klimatický ukazovateľ zavlaženia znižuje. Taktiež môžeme pozorovať výrazné rozdiely v hodnotách klimatického ukazovateľa zavlaženia medzi sledovanými vegetačnými obdobiami. V teplom polroku 2010 sme zaznamenali prevažne záporné hodnoty, a naopak v ostatných teplých polrokoch len kladné hodnoty, pričom v takmer vo všetkých sledovaných obdobiach došlo k ich poklesu vplyvom nadmorskej výšky, čo potvrdzuje skutočnosť o poklese teploty vzduchu a náraste zrážkových úhrnov so stúpajúcou nadmorskou výškou (Mind'áš, Škvarenina 2003).



Obr. 5 Klimatické ukazovatele zavlaženia pre regionálne meteorologické stanice TUZVO počas teplých polrokov 2009 až 2013

Záver

Aj napriek relatívne krátkemu obdobiu sledovania klímy na našich staniciach, analýza potvrdila, že výskyt abnormálne vysokých teplôt a extrémnosť zrážok počas sledovaného obdobia korešponduje s extrémami zaznamenanými v širšom regióne strednej európy počas tohto obdobia. Táto relatívne zaujímavá korelácia, vzhľadom na fakt, že naše stanice sa nachádzajú vo vyšších nadmorských výškach naznačuje na zraniteľnosť nie iba nížinných poľnohospodárskych sústav, ale i horských lesných ekosystémov. Preto je potrebné počítať s tým, že sucha bude už v nasledujúcich desaťročiach

v mnohých regiónoch Slovenska, vážnym problémom aj vo vyšších polohách s prevažujúcim lesníckym využitím. Vývoj z posledných rokov je toho do istej miery empirickým dôkazom. S predpokladanými negatívnymi klimatickými zmenami očakávame výraznejšie presychanie pôd, ktoré sa v našich prírodných pomeroch doteraz najčastejšie vyskytovalo zhruba do 500 m n.m. (1. až 3. lesný vegetačný stupeň). Vzhľadom na očakávaný pokles zásoby disponibilnej vody v pôde sa budú negatívne prejavy presychania pôdy posúvať vyššie, sprevádzané narastaním výskytu extrémnych teplôt ako aj rozkolísanosti distribúcie zrážok. Aby sme mohli uvedené zmeny v dynamike vlhkosti lesných pôd presnejšie prognózovať (vzhľadom k existenčným limitom hodnotených drevín), je potrebné čo najpresnejšie poznať predovšetkým ich normálne priebehy a následne porovnávať s dopadmi klimaticky extrémnych rokov.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0436-10 a APVV-0480-12

Literatúra

- Dore M.H.I., 2005: Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environment International* 31: 1167–1181
- Hlásny T., Sitková Z., Bošľa M., Zúbrik M., Trombik J., Barka I., Longauer R., Dobor L., Barcza Z., Fabrika M., Sedmák R., 2012: Zmena klímy a lesy Slovenska. Možné dopady, adaptácia a odporúčania pre prax. Zvolen 2012: 75 s.
- Holécý J., Giertliová B., 2009: An integrated forest management risk insurance model for beech stands attacked by selected climate extremes. In: Pribullová, A., Bičárová, S., (eds.) 2009: Sustainable Development and Bioclimate, Reviewed Conference Proceedings. Geophysical Institute of the SAS, Stará Lesná, 5th to 8th October 2009: 91–92
- Kolektív, 2010: Výskyt škodlivých činiteľov v lesoch Slovenska za rok 2009 a ich prognóza na rok 2010. NLC-LVÚ: 119 s.
- Kurpelová M., Coufal J., Čulík K., 1975: Agroklimatické podmienky ČSSR, Bratislava: 266 s.
- Lapin M., Tekušová M., 2002: Rýchlosť a smer vetra a inverznosť územia. In: Atlas krajiny SR. 1. vyd., Ministerstvo životného prostredia SR, Slovenská agentúra životného prostredia, Bratislava, Banská Bystrica: 100 s.
- Lapin M., Gera M., Kremler M., 2010: Scenáre zmeny teploty a vlhkosti vzduchu na Slovensku a možné dôsledky v mestách. Životné Prostredie, Vol. 5, No. 5: 227–231
- Mazúr E., Lukniš M., 1980: Mapa geomorfologických jednotiek. In: Mazúr, E., (ed.): Atlas SSR, SAV SÚGK, Bratislava: 54–55
- Mindáš J., Škvarenina J., 2003: Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. EFRA Zvolen, LVÚ Zvolen: 128 s.
- Pecho J., Faško P., Lapin M., Mikulová K., Šťastný P., 2009: Extreme values of precipitation and snow cover characteristics in Slovakia. In: Pribullová, A., Bičárová, S., (eds.) 2009: Sustainable Development and Bioclimate, Reviewed Conference Proceedings. Geophysical Institute of the SAS, Stará Lesná, 5th to 8th October 2009: 48–49
- Pecho J., Matejovič P., Faško P., 2010: December 2010 bol na Slovensku studený, rok 2010 naopak teplotne nadnormálny. Dostupné z internetu: http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_aktuality&clanok_id=36
- Polčák N., 2008: Vplyv geografickej polohy na teplotné inverzie vo Zvolenskej kotline. In: Turisová, I., Martincová, E., Bačkor, P., (eds): Výskum a manažment zachovania prírodných hodnôt Zvolenskej kotliny. FPV UMB Banská Bystrica, ÚVV UMB Banská Bystrica, NLC-LVÚ Zvolen: 190–197
- Seko L., 2009: Životné prostredie a veda: 14–15, Dostupné z internetu: www.cdvuk.sk/blade/files/UTV/utv_zivot_prostredie_-a_-veda.doc

- Střelcová K., Škvarenina J., Kučera J., Skarbová A., 2007: Biometeorologický monitoring na regionálnych meteorologických staniciach Technickej univerzity s on-line prenosom údajov z do internetu. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I., (eds): Klima lesa. Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference. Křtiny 11. – 12. 4. 2007: 43 s.
- Škvarenina J., Kunca V., Křižová E., Tomlain J., 2006: Impact of the climate change on the water balance of altitudinal vegetation zones and changed critical loads in forest ecosystems in Slovakia. Lesnícky časopis – Forestry Journal volume 52, (1–2), 2006: 49–59.
- Tužinský L., 2007: Bilancia vody v pôdach pod lesnými ekosystémami Slovenska – priestorová a časová variabilita vlhkosti pôdy. In: Střelcová, K., Škvarenina, J. & Blaženec, M. (eds.): “Bioclimatology and natural hazards” International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, September 17 - 20, ISBN 978-80-228-17-60-8