

GALINA MURÍNOVÁ, PAVOL KRŇÁČ*

**ZÁVISLOSŤ VHLKOSTI VZDUCHU OD TEPLOTY VZDUCHU V HORSKÝCH
PODMIENKACH**

Galina Murínová, Pavol Krňáč: The dependence of air humidity on air temperature in the mountainous conditions. Geogr. čas., 44, 1992, 3, 2 tables, 6 figs., 6 refs.

The dependance of water vapour pressure and relative humidity on air temperature in the mountains of High Tatras is discussed. As the experimental basis the hourly data of these meteorological elements at four stations: Poprad, Štrbské Pleso, Skalnaté Pleso and Lomnický štít during 10 - years period were used.

The aim of this paper was to show how the temperature-humidity relations change with the increasing altitude under the influence of the thermodynamical factors.

ÚVOD

Teplotné a vlhkosťné pomery v určitej oblasti závisia hlavne od geografickej polohy, od nadmorskej výšky, od morfológie terénu a od cirkulácie atmosféry. V horských podmienkach tieto pomery nadobúdajú zložitejší charakter, čo súvisí s veľkým vplyvom termodynamických faktorov vo vysokohorských polohách. Na obsah vodnej pary vo vzduchu v horách majú vplyv nielen teplota vzduchu, výpar a turbulencia, ale aj vertikálny prenos vodnej pary [1].

Teplota a vlhkosť vzduchu sú dôležité meteorologické faktory životného prostredia, ktoré často treba zohľadňovať a aplikovať spolu vo vzájomnej súvislosti. Štúdium ich vzájomných vzťahov a korelačnej závislosti je preto dôležité nielen z teoretického, ale aj z praktického hľadiska, a to napr. pri hodnotení vplyvu na technické materiály, v drevárskom priemysle, v biometeorológii a v zdravotníctve [2].

V článku hodnotíme závislosť tlaku vodnej pary a relatívnej vlhkosti vzduchu od teploty vzduchu na základe synchrónnych hodinových údajov týchto meteorologických prvkov v štyroch polohách Tatier.

* Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 842 28 Bratislava.

Spoločná analýza teplotných a vlhkostných súborov alebo komplexov nám poskytuje dobrú predstavu o hraniciach kolísania uvedených meteorologických prvkov a o najväčšej pravdepodobnosti ich výskytu v rôznych horských polohách.

POUŽITÝ MATERIÁL

Na zistenie závislosti tlaku vodnej pary a relatívnej vlhkosti vzduchu od teploty vzduchu v oblasti Tatier boli použité hodinové údaje z termografických záznamov na staniciach: Poprad (kotlina, 703 m n.m.), Štrbské Pleso (dolný svah, 1350 m n.m.), Skalnaté Pleso (horný svah, 1778 m n.m.) a Lomnický štít (vrchol, 2635 m n.m.).

Výber údajov sa robil zo synchronných pozorovaní tak, že hodnoty teploty vzduchu sa vyberali po 2 °C, relatívnej vlhkosti vzduchu po 5 % a tlaku vodnej pary po 2 hPa, pričom pre každý interval teploty vzduchu boli vybrané im zodpovedajúce hodnoty tlaku vodnej pary a relatívnej vlhkosti vzduchu. V tabuľkovej a obrázkovej prílohe pre zjednodušenie a lepší prehľad uvádzame hodnoty teploty vzduchu po 4 °C a relatívnu vlhkosť vzduchu po 10 %.

Porovnanie teplotno-vlhkostných súborov v štyroch rozdielnych polohách nám poskytuje obraz o vertikálnej štruktúre poľa teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu v rozsahu začínajúc kotlinovou polohou (700 m n.m.) a končiac vrcholovou polohou (okolo 2600 m n.m.) a o zmene závislosti vlhkosti vzduchu od teploty vzduchu so stúpajúcou nadmorskou výškou.

ZÁVISLOSŤ TLAKU VODNEJ PARY OD TEPLoty VZDUCHU

Parciálny tlak vodnej pary je jednou z charakteristík absolútneho obsahu vodnej pary v atmosfére, ktorý hrá dôležitú úlohu vo všetkých jej termodynamických a energetických procesoch. Podobne ako tlak vzduchu aj tlak vodnej pary sa meria v hPa. Obsah vodnej pary vo voľnej atmosfére rýchlo klesá so stúpajúcou nadmorskou výškou, pričom približne polovica celkového obsahu vodnej pary sa sústreďuje vo vrstve do 2,0 km. Na rozdiel od voľnej atmosféry v horách tlak vodnej pary ubúda pomalšie s rastom nadmorskej výšky, čo súvisí s väčším zdrojom výparu (lesy, jazerá, ľadovce). Treba mať na zreteli, že denný chod tlaku vodnej pary vo vyšších horských polohách sa odlišuje od nížinných polôh, čo je spôsobené prevládajúcim vplyvom termodynamických faktorov.

Hodinové hodnoty tlaku vodnej pary sa vypočítali na základe údajov teploty vzduchu a relatívnej vlhkosti vzduchu podľa známych vzorcov

$$U = \frac{e}{E} \cdot 100 \% \quad \text{a} \quad E = E_0 \cdot 10^{\frac{at}{b+t}}$$

($a=7.45$, $b=235.00$). Na základe takto určených hodnôt tlaku vodnej pary a hodinových termografických hodnôt teploty vzduchu sme vyhodnotili relatívne početnosti

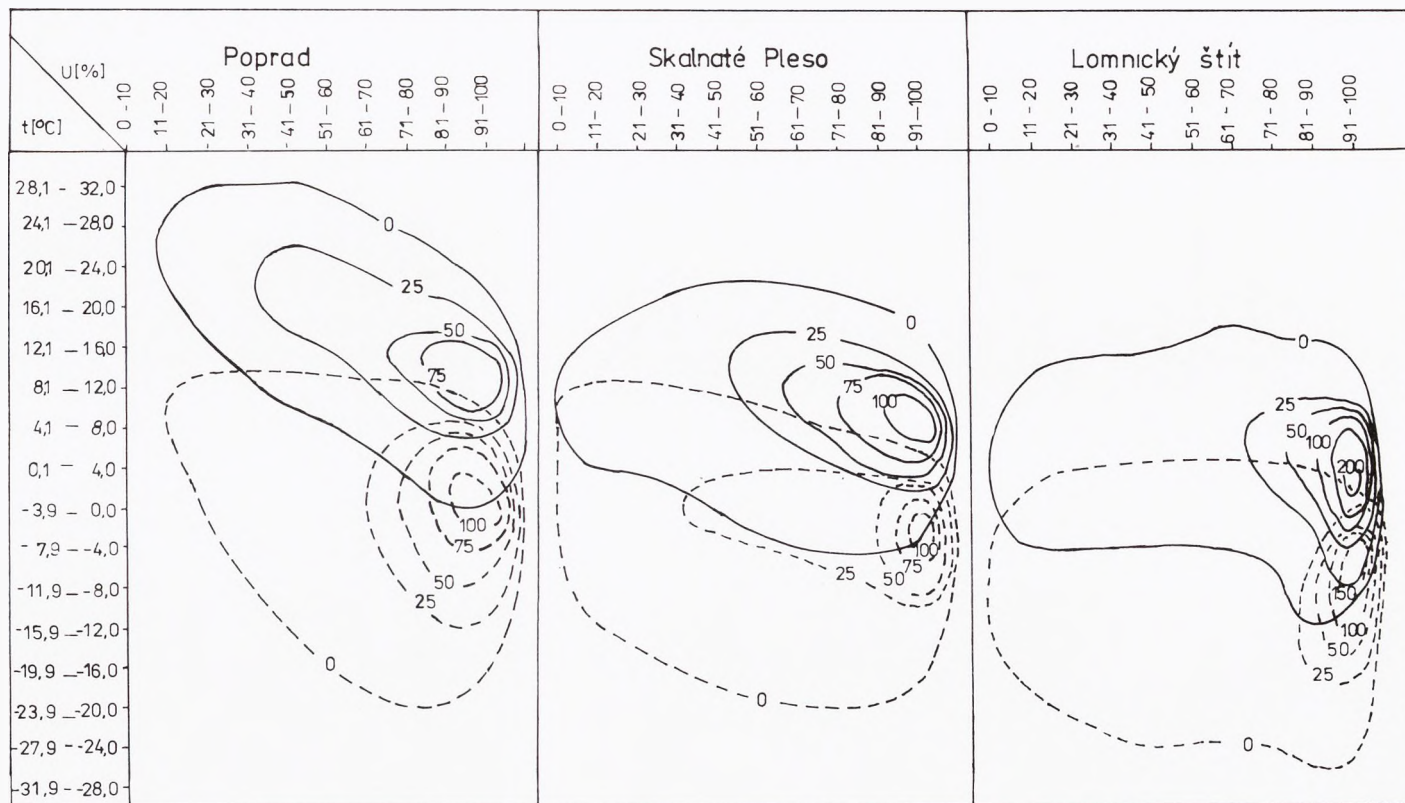
[‰] týchto meteorologických prvkov vo vybraných intervaloch v priemere za rok (tab. 1). Analýza tabuliek nám ukazuje, v akých medziach kolíše teplota vzduchu v najnižších a najvyšších polohách horského masívu. Napríklad v kotlinovej polohe (Poprad) sa teplota vzduchu v priebehu roka mení od záporných hodnôt - 23,9 až -20,0 °C do kladných hodnôt 28,1 až 32,0 °C. Na vrchole Lomnického štítu teplota vzduchu kolíše od -31,9 °C až -28,0 °C do 16,1 °C až 20,0 °C, t.j. amplitúda kolísania dosahuje skoro 50 °C. Podľa uvedených tabuliek môžeme určiť aj rozsah kolísania tlaku vodnej pary, ktorý v kotlinovej polohe kolíše v medziach od 0,1-2,0 hPa do 22,1-24,0 hPa, v svahových polohách (Skalnaté Pleso) od 0,1-2,0 hPa do 18,1-20,0 hPa a na vrchole Lomnického štítu od 0,1-2,0 hPa len do 14,1-16,0 hPa, t.j. amplitúda kolísaní dosahuje skoro 22,0 hPa v kotlinovej polohe a približne 16,0 hPa vo vrcholovej polohe.

Relatívne rozloženie početnosti tlaku vodnej pary a teploty vzduchu v zime a v lete v troch horských polohách: Poprad, Skalnaté Pleso a Lomnický štít je znázornené pomocou izoplét na obr. 1. Pri porovnaní troch rozdielnych polôh môžeme dobre sledovať priestorové a sezónne zmeny teplotno-vlhkostných pomerov s rastom nadmorskej výšky. Pre podobnosť so stanicou Poprad a pre nedostatok miesta hodnoty zo Štrbského Plesa v tab. 1 a na obr. 1 a 4 neuvádzame.

Zima. Ako vidieť z obrázku v najnižšej polohe Poprad v zime (dolná časť obrázku), najväčšia pravdepodobnosť výskytu pripadá na interval teploty vzduchu 0,0 až -3,9 °C a tlaku vodnej pary 4,1-6,0 hPa, pričom horná hranica výskytu hodnôt tlaku vodnej pary je 10,1-12,0 hPa. S rastom nadmorskej výšky sa najčastejší výskyt posúva k nižším hodnotám oboch meteorologických prvkov. V svahovej polohe (Skalnaté Pleso) v porovnaní s kotlinovou, sa maximum výskytu posúva približne o jeden triedny interval smerom k nižším hodnotám, t.j. -4,0 až -7,9 °C a 2,1-4,0 hPa. Vo vrcholovej polohe maximum početnosti teploty vzduchu sa posúva až o dve triedy smerom k nižším hodnotám (-12,0 až -15,9 °C) a maximálna početnosť tlaku vodnej pary zostáva približne na tej istej úrovni. Hodnoty tlaku vodnej pary sa sústreďujú do troch tried, čo sa ilustruje väčšou hustotou izoplét v svahovej a vo vrcholovej polohe.

Leto. V lete sa v kotlinovej polohe najväčšia pravdepodobnosť vyskytuje v intervaloch teploty vzduchu od 8,1 °C do 16,0 °C a tlaku vodnej pary 10,1-12,0 hPa. V svahovej polohe (Skalnaté Pleso) sa najväčší počet prípadov posúva smerom k nižším hodnotám približne o jednu až dve triedy, t.j. 8,1-12,0 °C a 8,1-10,0 hPa. Vo vrcholovej polohe (Lomnický štít) pozorujeme posun až o dve triedy 0,1-4,0 °C a 6,1-8,0 hPa. Rozptyl hodnôt tlaku vodnej pary s nadmorskou výškou sa znižuje približne o dve triedy v svahovej polohe a až o štyri triedy vo vrcholovej polohe. Zmenšenie rozptylu sa pozoruje aj pri hodnotách teploty vzduchu. Pri hornej hranici teploty vzduchu je posun o dve, resp. štyri triedy, pri dolnej hranici približne o jednu triedu.

Na základe absolútnej početnosti hodnôt tlaku vodnej pary v určitých intervaloch teploty vzduchu boli vypočítané priemerné hodnoty tlaku vodnej pary (vážený aritmetický priemer), ktoré zodpovedajú stredom teplotných intervalov (po 4 °C) za všetkých typov počasia, za anticyklonálnych a za cyklonálnych typov počasia. Vypočítané prie-



Obr. 1. Relatívne rozloženie početnosti [%] tlaku vodnej pary e [hPa] v závislosti od teploty vzduchu t [°C] v zime (---) a v lete (___) v Poprade, na Skalnatom Pleso a na Lomnickom štíte v priemere za obdobie 1971-1980.

Tab. 1. Relatívne rozloženie počtosti [‰] teploty vzduchu [°C] a tlaku vodnej pary [hPa] v priemere za rok na tatranských staniciach za obdobie 1971-1980

	Poprad													
e [hPa] t [°C]	0.1- 2.0	2.1- 4.0	4.1- 6.0	6.1- 8.0	8.1- 10.0	10.1- 12.0	12.1- 14.0	14.1- 16.0	16.1- 18.0	18.1- 20.0	20.1- 22.0	22.1- 24.0	Σ	
28.1 až 32.0					0	0	0	0	0	0	1		1	
24.1 až 28.0				2	0	1	3	2	1	1	0	0	10	
20.1 až 24.0		0	0	1	4	10	10	9	5	3	0	0	42	
16.1 až 20.0		0	1	4	14	16	15	14	10	3	0	0	77	
12.1 až 16.0		0	4	11	19	26	39	28	5	0			132	
8.1 až 12.0	0	2	12	21	42	64	20						161	
4.1 až 8.0	0	5	23	57	57	3							145	
0.1 až 4.0	0	11	88	71	0								170	
-3.9 až 0.0	1	34	110	0									145	
-7.9 až -4.0	3	59	5										67	
-11.9 až -8.0	7	25											32	
-15.9 až -12.0	13	1											14	
-19.9 až -16.0	4												4	
-23.9 až -20.0	0												0	
Σ	28	137	243	167	136	120	87	53	21	7	1	0	1000	
	Skalnaté Pleso													
e [hPa] t [°C]	0.1- 2.0	2.1- 4.0	4.1- 6.0	6.1- 8.0	8.1- 10.0	10.1- 12.0	12.1- 14.0	14.1- 16.0	16.1- 18.0	18.1- 20.0			Σ	
20.1 až 24.0				0	0	0	0	0	0	0			0	
16.1 až 20.0		0	1	0	1	2	2	1	1	0			8	
12.1 až 16.0	0	0	2	8	14	15	8	3	0				50	
8.1 až 12.0	3	6	10	29	44	43	9						144	
4.1 až 8.0	5	16	33	59	64	7							184	
0.1 až 4.0	13	35	73	76	1								198	
-3.9 až 0.0	22	60	103	1									186	

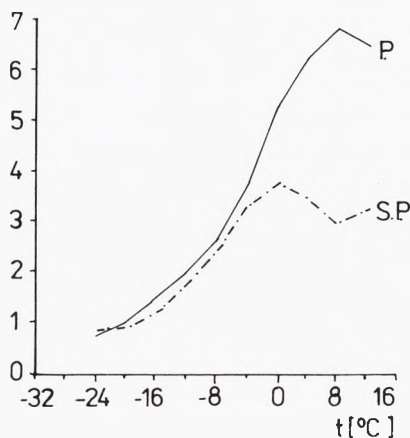
-7.9 až -4.0	25	96	17											138
-11.9 až -8.0	21	42												63
-15.9 až -12.0	21	2												23
-19.9 až -16.0	5													5
-23.9 až -20.0	1													1
Σ	116	257	239	173	124	67	19	4	1	0				1000
	Lomnický štít													
e [hPa]	0.1-	2.1-	4.1-	6.1-	8.1-	10.1-	12.1-	14.1-	16.1-	18.1-	20.1-	22.1-		Σ
t [°C]	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0		
16.1 až 20.0								0						0
12.1 až 16.0				1	0	0	0	0	0					1
8.1 až 12.0		0	0	2	4	7	7	1						21
4.1 až 8.0		1	7	12	29	46	3							98
0.1 až 4.0		11	20	36	113	3								183
-3.9 až 0.0		19	34	152	5									210
-7.9 až -4.0		35	131	40										206
-11.9 až -8.0		39	118											157
-15.9 až -12.0		57	22											79
-19.9 až -16.0		31												31
-23.9 až -20.0		12												12
24.1 až 28.0		2												2
20.1 až 24.0		0												0
Σ	207	332	243	151	56	10	1	0						1000

merné hodnoty slúžili ako podklad pre obrázky 2 a 3. V hornej časti obrázkov je znázornená zmena tlaku vodnej pary v závislosti od teploty vzduchu v zime, v dolnej časti obrázku v lete v štyroch horských polohách.

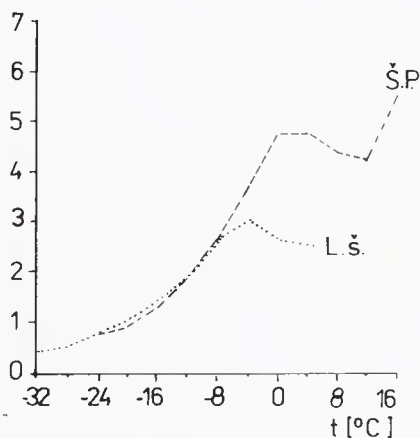
Zima. Analýza kriviek závislosti tlaku vodnej pary od teploty vzduchu v nižších horských polohách v zime ukazuje na tendenciu rastu tlaku vodnej pary pri stúpaní teploty vzduchu v kotlinovej polohe približne o 0,19 hPa na jeden stupeň teploty vzduchu. Vo vyšších horských polohách túto tendenciu rastu tlaku vodnej pary môžeme sledovať len po určitú hranicu kladných hodnôt (pri teplote približne 2,0 °C môžeme

Zima

$e[\text{hPa}]$

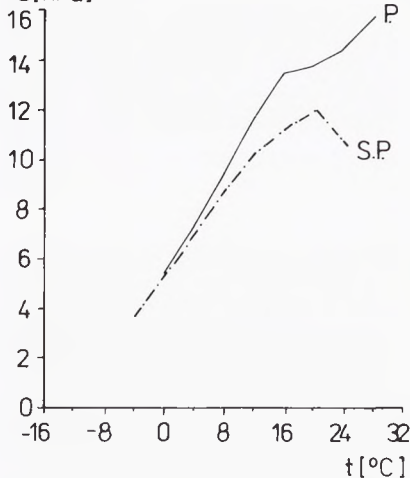


$e[\text{hPa}]$

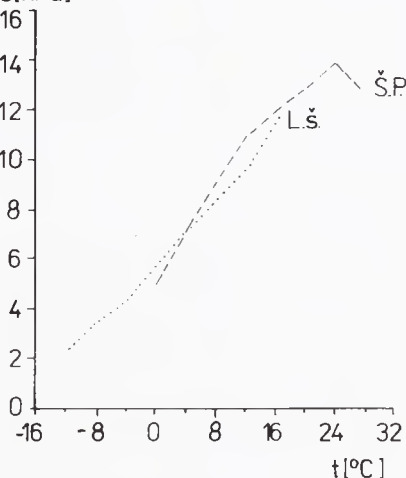


Leto

$e[\text{hPa}]$

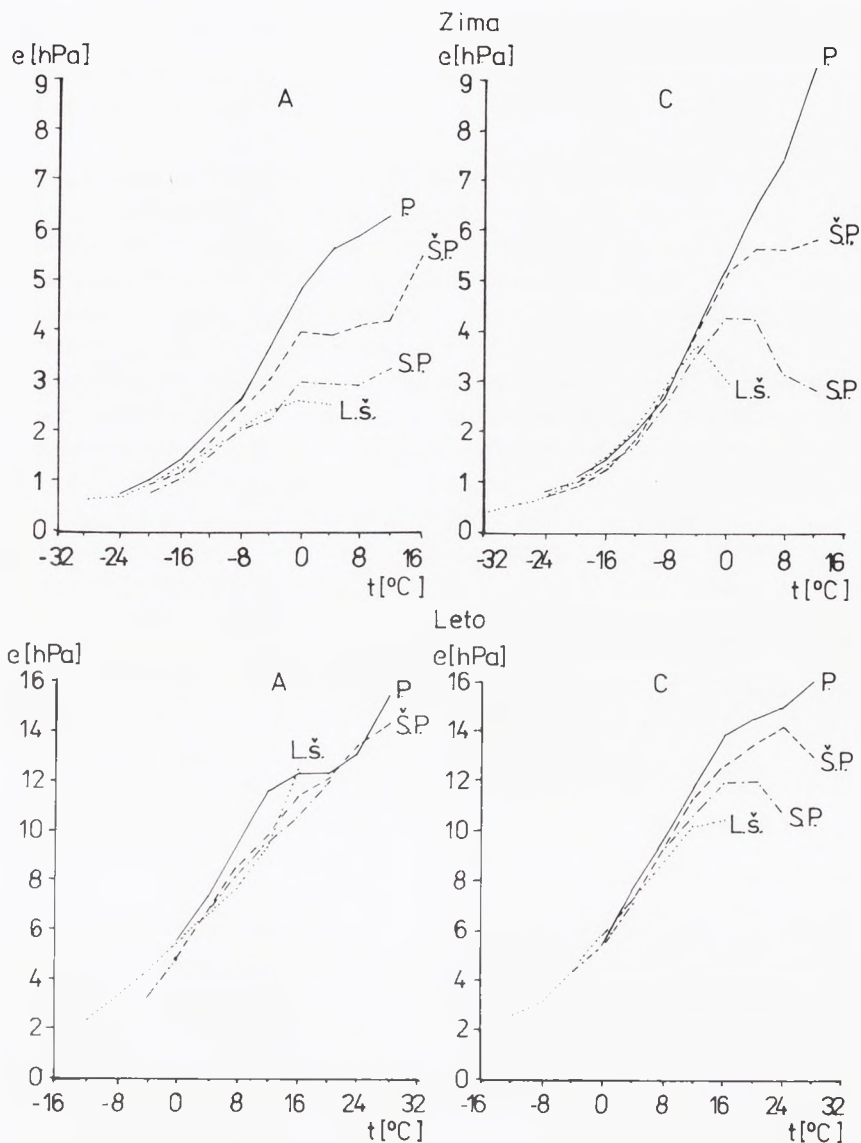


$e[\text{hPa}]$



Obr. 2. Závislosť tlaku vodnej pary e [hPa] od teploty vzduchu t [°C] v zime a v lete na staniách: Poprad (P.), Štrbské Pleso (Š.P.) a Lomnický štít (L.š.) za obdobie 1971-1980.

zaznamenať dokonca pokles tlaku vodnej pary). Tento jav súvisí zrejme s vplyvom termodynamických faktorov, resp. s procesmi subsidencie vzduchových hmôt vo vysokých a stabilných anticyklónach vo vyšších horských polohách (nad 1300 m n.m.). Rast hodnôt tlaku vodnej pary na hornom svahu (Skalnaté Pleso) sa znižuje na 0,12 hPa na jeden °C, vo vrcholovej polohe (Lomnický štít) na 0,10 hPa na jeden °C.



Obr. 3. Závislosť tlaku vodnej pary e [hPa] od teploty vzduchu t [°C] v zime a v lete za anticyklonálnych (A) a za cyklonálnych (C) typov počasia na staniciach Poprad (P.), Štrbské Pleso (Š.P.) a Lomnický štít (L.š.) za obdobie 1971-1980.

Leto. V lete sa tendencia stúpania tlaku vodnej pary s rastom teploty vzduchu prejavuje výraznejšie ako v zime. Dokonca hodnoty tlaku vodnej pary približne pri teplote vzduchu od 0,0 do 12,0 °C v nižších a vo vyšších horských polohách sa približujú. Zvýšenie obsahu vodnej pary najmä v popoludňajších hodinách vo vyšších horských polohách si môžeme vysvetliť rozvojom mohutnej termickej konvekcie, najmä na jar a

začiatkom leta, v dôsledku čoho vodné pary sa prenášajú do vyšších vrstiev ovzdušia. Rast tlaku vodnej pary vo vzťahu k teplote vzduchu v lete je približne dvakrát vyšší ako v zime a dosahuje v Poprade 0,40 hPa, na Skalnatom Plese 0,33 hPa a na Lomnickom štíte 0,35 hPa na jeden °C.

Charakter zmeny tlaku vodnej pary v závislosti od teploty vzduchu sa výrazne mení za rôznych typov počasia, čo sa prejavuje najmä pri porovnaní anticyklonálnych a cyklonálnych typov počasia (obr. 3). Ako vidieť z obrázku, v zime možno pozorovať veľké rozdiely tlaku vodnej pary medzi nižšími a vyššími horskými polohami, a to najmä pri vyšších kladných teplotách vzduchu. Napríklad pri teplote vzduchu 8,1-12,0 °C rozdiely medzi Popradom a Skalnatým Plesom v zime dosahujú za anticyklonálnych typov počasia 3 hPa, za cyklonálnych typov počasia až 6 hPa. V lete sú menšie rozdiely medzi jednotlivými horskými polohami, najmä za anticyklonálneho počasia, čo sa vysvetľuje aj účinkom termickej konvencie. Za cyklonálnych typov počasia pozorujeme rozdiely len pri vysokých hodnotách teploty vzduchu (16,0 °C) a to 1,5-2,0 hPa.

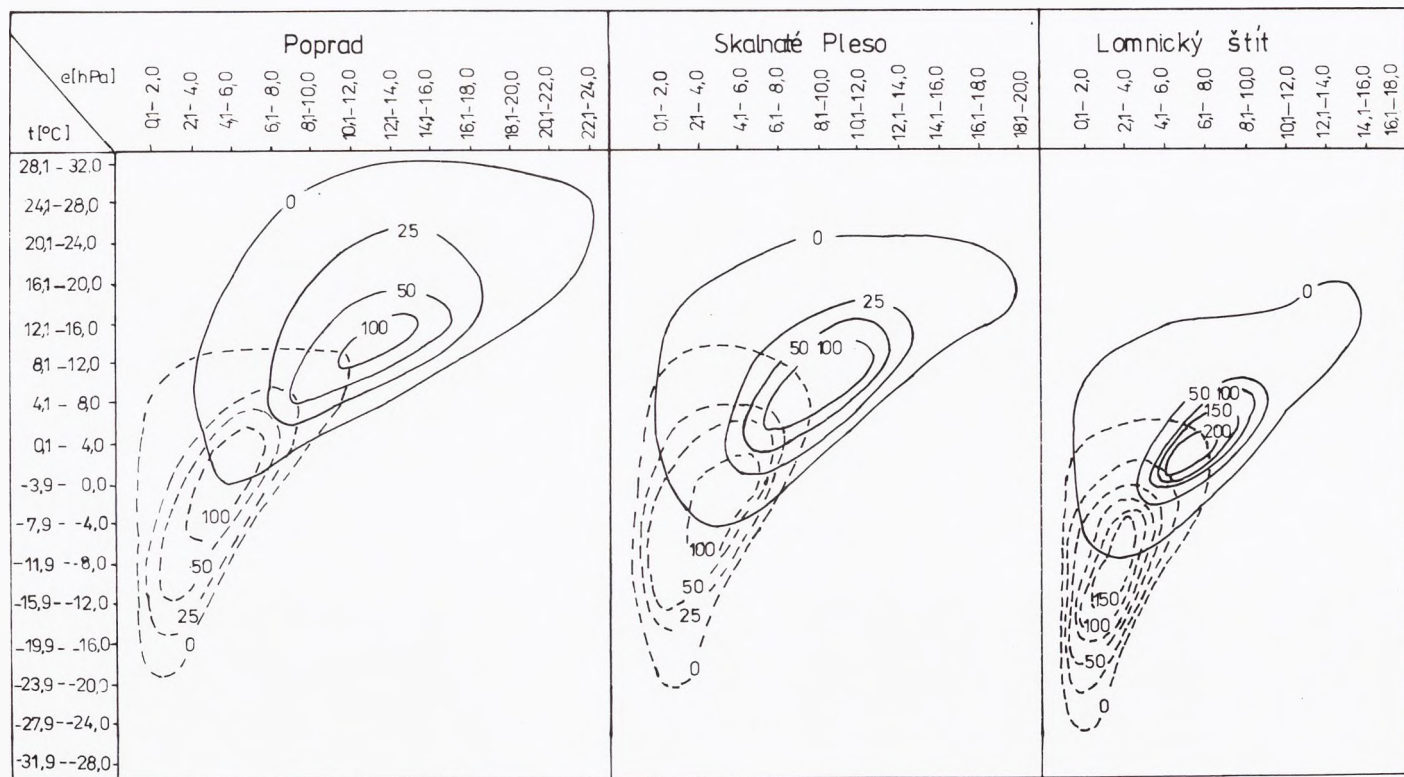
Za predpokladu, že medzi teplotou vzduchu a tlakom vodnej pary je lineárna závislosť, boli vypočítané medzi týmito prvkami koeficienty korelácie v jednotlivých ročných obdobiach a v priemere za rok. V nižších horských polohách tieto koeficienty korelácie (v priemere za rok) sú pomerne vysoké, napr. v Poprade $r = 0,87$. S rastom nadmorskej výšky pozorujeme pokles týchto koeficientov, napr. Skalnaté Pleso $r = 0,64$, pre Lomnický štít $r = 0,62$, čo znamená, že v nižších horských polohách tesnosť vzťahov medzi teplotou vzduchu a tlakom vodnej pary je väčšia ako vo vyšších polohách.

ZÁVISLOSŤ RELATÍVNEJ VLHKOSTI VZDUCHU OD TEPLOTY VZDUCHU

Ako je známe, relatívna vlhkosť vzduchu sa určuje pomerom tlaku vodnej pary a napätia nasýtenia a je nepriamo úmerná teplote vzduchu, čo sa mimoriadne prejavuje najmä v nížinných polohách, t.j. s rastom teploty vzduchu klesá, a naopak. Charakter zmien relatívnej vlhkosti vzduchu v horských podmienkach je o to zložitejší v porovnaní s nížinnými polohami, že okrem teploty vzduchu a výparu v horských podmienkach pôsobia aj termodynamické faktory (ako napríklad subsidencia vzduchu vo vysokých anticyklónach alebo termická konvekcia v teplom období).

Podobne ako v prípade tlaku vodnej pary sme analyzovali rozloženie početnosti relatívnej vlhkosti vzduchu v závislosti od teploty vzduchu. Hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu majú veľký rozsah kolísania, ktorý stúpa s nadmorskou výškou. V nižších horských polohách (Poprad) kolíšu od 11-20 % do 91-100 %, na svahu (Skalnaté Pleso) a na vrchole Lomnického štítu od 0-10 % do 91-100 %, t.j. amplitúda kolísania vo vyšších horských polohách presahuje až 90 % (tab. 2).

Na obr. 4 je znázornené rozloženie početnosti (v ‰) relatívnej vlhkosti vzduchu v závislosti od teploty vzduchu v zime (dolná časť obrázku) a v lete (horná časť obrázku)



Obr. 4. Relatívne rozloženie početnosti [$v\text{‰}$] relatívnej vlhkosti vzduchu U [%] od teploty vzduchu t [°C] v zime (---) a v lete (—) v Poprade, na Skalnatom Pleso a na Lomnickom štíte v priemere za obdobie 1971-1980.

Tab. 2 Relatívne rozloženie počtosti [%] teploty vzduchu [°C] a relatívnej vlhkosti vzduchu [%] v priemere za rok na tatranských staniciach za obdobie 1971-1980

Poprad											
U [%] t [°C]	0- 10	11- 20	21- 30	31- 40	41- 50	51- 60	61- 70	71- 80	81- 90	91- 100	Σ
28.1 až 32.0			1	0	0	0					1
24.1 až 28.0		0	1	2	4	2	1	0			10
20.1 až 24.0		0	0	6	14	11	7	2	2	0	42
16.1 až 20.0		0	1	6	15	16	15	13	8	3	77
12.1 až 16.0		0	2	7	9	14	18	20	33	29	132
8.1 až 12.0		0	1	4	9	12	17	24	47	46	160
4.1 až 8.0		0	0	4	7	10	17	23	43	41	145
0.1 až 4.0		0	1	1	4	8	17	31	53	57	172
-3.9 až 0.0			1	0	1	6	12	25	46	54	145
-7.9 až -4.0			0	0	1	3	7	14	23	18	66
-11.9 až -8.0				0	0	0	4	8	15	5	32
-15.9 až -12.0					1	0	0	4	7	2	14
-19.9 až -16.0						0	0	1	3	0	4
-23.9 až -20.0							0	0	0		0
Σ		0	8	30	65	82	115	165	280	255	1000
Štrbské Pleso											
U [%] t [°C]	0- 10	11- 20	21- 30	31- 40	41- 50	51- 60	61- 70	71- 80	81- 90	91- 100	Σ
28.1 až 32.0				0							0
24.1 až 28.0			0	0	0	1	0				1
20.1 až 24.0			0	1	4	3	1	1	0		10
16.1 až 20.0		0	0	2	8	15	11	6	1	0	43
12.1 až 16.0		0	1	2	7	17	24	24	18	7	100

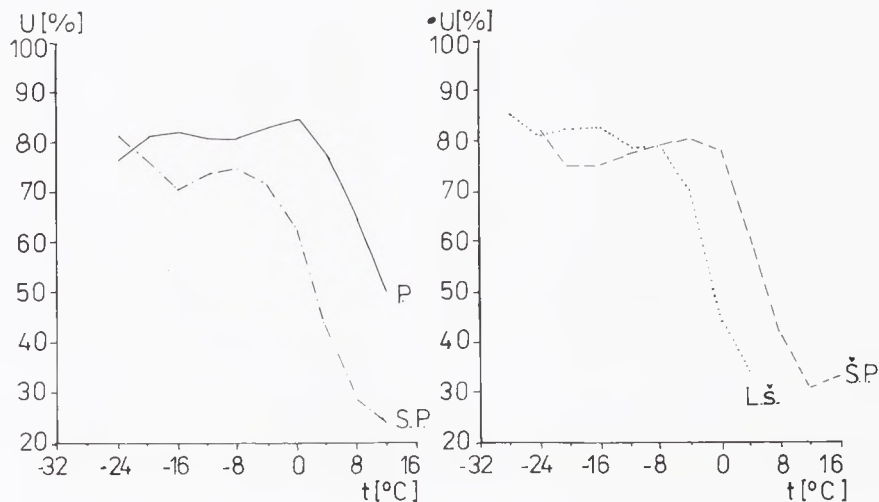
8.1 až 12.0	0	2	4	8	14	26	32	35	37	158	
4.1 až 8.0	0	4	5	10	16	19	28	35	55	172	
0.1 až 4.0	1	3	6	8	12	20	26	33	65	174	
-3.9 až 0.0	1	4	4	6	9	14	22	34	82	176	
-7.9 až -4.0	0	2	4	4	5	9	13	30	43	110	
-11.9 až -8.0	0	0	1	1	4	4	6	17	9	42	
-15.9 až -12.0	0	0	0	0	0	1	4	6	1	12	
-19.9 až -16.0			0	0	0	0	0	1	1	2	
-23.9 až -20.0								0		0	
-27.9 až -24.0								0		0	
Σ	2	16	29	56	96	129	162	210	300	1000	
	Skalnaté Pleso										
U [%] t [°C]	0- 10	11- 20	21- 30	31- 40	41- 50	51- 60	61- 70	71- 80	81- 90	91- 100	Σ
20.1 až 24.0				0	0	0	0				0
16.1 až 20.0		0	0	0	1	2	2	1	1	1	8
12.1 až 16.0	0	0	0	3	5	10	12	9	7	4	50
8.1 až 12.0	1	3	4	4	8	16	25	27	26	30	144
4.1 až 8.0	1	4	7	9	10	15	21	28	32	57	184
0.1 až 4.0	0	5	8	10	11	16	22	28	31	66	197
-3.9 až 0.0	1	5	9	11	12	13	18	23	28	67	187
-7.9 až -4.0	1	3	4	9	7	9	11	15	21	58	138
-11.9 až -8.0	0	1	3	2	4	4	5	7	11	26	63
-15.9 až -12.0	0	0	1	0	3	2	2	4	5	6	23
-19.9 až -16.0			0	0	0	0	0	1	1	3	5
-23.9 až -20.0						0	1	0	0		1
Σ	4	21	36	48	61	87	119	143	163	318	1000

		Lomnický štít										
t [°C]	U [%]	0-	11-	21-	31-	41-	51-	61-	71-	81-	91-	Σ
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
16.1 až 20.0								0				0
12.1 až 16.0				0	0	0	0	0	0	0	1	1
8.1 až 12.0		0	0	0	0	1	1	2	4	6	7	21
4.1 až 8.0		0	1	3	3	4	4	8	13	18	44	98
0.1 až 4.0		0	4	8	8	5	7	9	14	21	107	183
-3.9 až 0.0		0	2	8	8	8	8	10	12	16	138	210
-7.9 až -4.0		0	3	10	9	10	9	9	8	12	136	206
-11.9 až -8.0		1	3	7	6	7	7	7	8	13	98	157
-15.9 až -12.0		1	0	2	2	2	3	4	4	13	48	79
-19.9 až -16.0		0	0	1	1	0	1	2	1	9	16	31
-23.9 až -20.0			1	0	0	0	1	0	0	4	6	12
≥ -28.0					0	0	0	1	0	1	0	2
Σ		2	14	39	37	37	41	52	64	113	601	1000

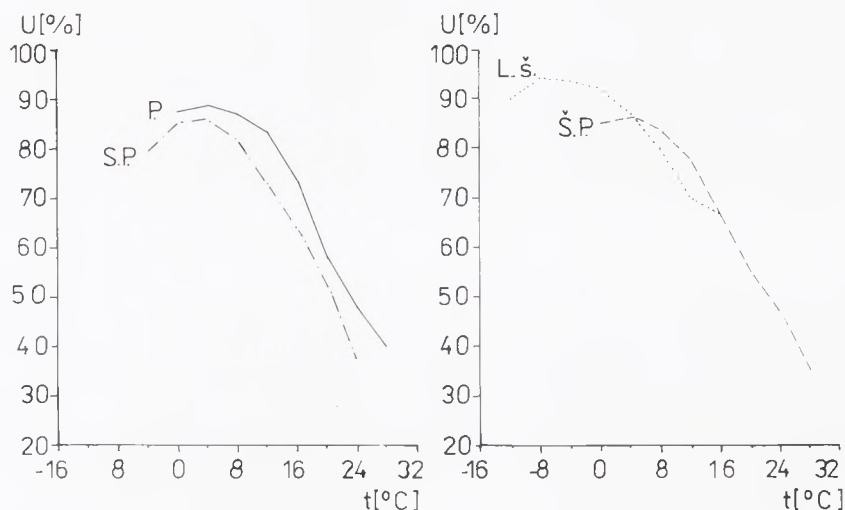
v troch horských polohách, a to kotlinovej, svahovej a vrcholovej. Pri porovnaní týchto troch horských polôh máme možnosť sledovať priestorové a časové zmeny vertikálnej štruktúry relatívnej vlhkosti vzduchu a teploty vzduchu.

Zima. V kotlinovej polohe v zime, ako vidieť z obrázku, sa najčastejšie vyskytujú prípady v intervale teploty vzduchu 0,0 až -3,9 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu 85-90 %. S rastom nadmorskej výšky na hornom svahu (Skalnáté Pleso) sa najväčšia pravdepodobnosť výskytu posúva k nižším hodnotám teploty vzduchu, a to od -4,0 do -7,9 °C a k vyšším hodnotám relatívnej vlhkosti vzduchu 91-100 %. Hranice výskytu sa pritom rozširujú na veľmi nízke hodnoty vlhkosti vzduchu až pod 20 %, ktoré sa pozorujú hlavne pri teplote vzduchu 0,0 až -3,9 °C a 0,1 až 4,0 °C. Vo vrcholovej polohe Lomnického štítu môžeme pozorovať ešte väčší pokles teploty vzduchu a pribúdanie relatívnej vlhkosti vzduchu v porovnaní so svahovou polohou. Najväčšia pravdepodobnosť výskytu je v triede teploty vzduchu -8,0 až -11,9 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu 91-100 %. Kým

Zima



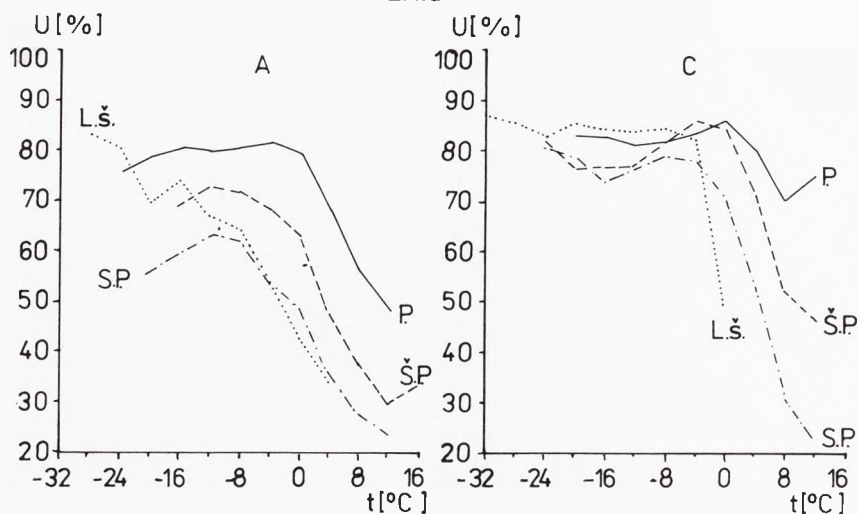
Leto



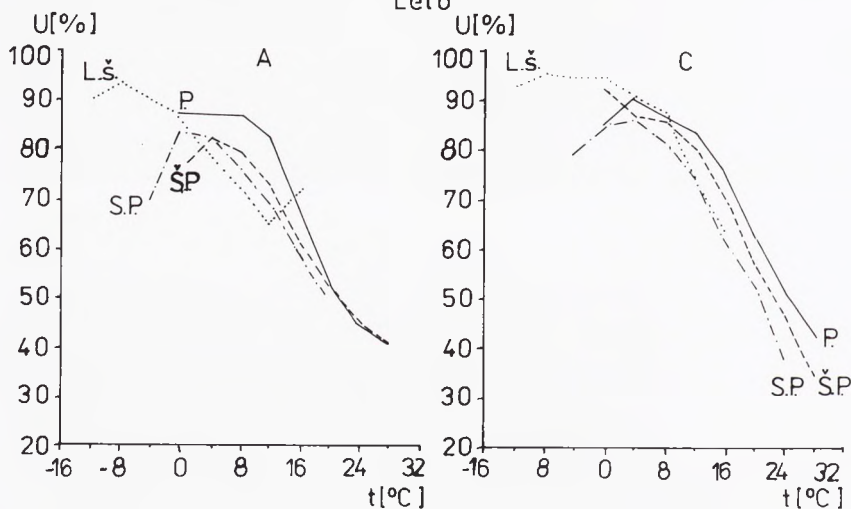
Obr. 5. Závislosť relatívnej vlhkosti vzduchu U [%] od teploty vzduchu t [°C] v zime a v lete na staniciach Poprad (P.), Štrbské Pleso (Š.P.), Skalnaté Pleso (S.P.) a Lomnický štít (L.š.) za obdobie 1971-1980.

sa hranice výskytu teploty vzduchu v porovnaní s kotlinovou polohou posúvajú približne až o dve triedy, dolná hranica sa posúva na $-24,1$ až $-28,0$ °C a horná hranica na $0,1-4,0$ °C. Výskyt nízkych hodnôt relatívnej vlhkosti vzduchu 20 % v svahovej a vrcholovej polohe sa vysvetľuje hlavne vplyvom termodynamických, resp. adiabatických procesov za subsidencie vzduchovej hmoty vo vysokých anticyklónach, v dôsledku ktorých sa

Zima



Leto



Obr. 6. Závislosť relatívnej vlhkosti vzduchu U [%] od teploty vzduchu t [°C] v zime a v lete za anti-cyklónálnych (A) a cyklónálnych (C) typov počasia na staniách: Poprad (P.), Štrbské Pleso (Š.P.), Skalnaté Pleso (S.P.) a Lomnický štít (L.š.) za obdobie 1971-1980.

vzduch dynamicky zohrieva a vysušuje. Tento jav je známy aj ako föhnový efekt z voľnej atmosféry [5].

Leto. V lete v kotlinovej polohe (Poprad) sa najväčšia pravdepodobnosť teploty vzduchu vyskytuje v intervaloch 12,1-16,0 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu v intervale 81-90 %. V svahovej polohe sa najväčšia početnosť prípadov vyskytuje v nižšej triede

teploty vzduchu 4,1-8,0 °C a vo vyššej triede relatívnej vlhkosti vzduchu 91-100 %. Vo vrcholovej polohe najväčšia pravdepodobnosť pripadá ešte na nižšie teploty vzduchu ako na svahu, a to 0,1-4,0 °C a na triedu relatívnej vlhkosti vzduchu 95-100 %, čo je spôsobované vytváraním oblačných čapíc nad vrcholmi horských masívov. Treba si všimnúť, že rozptyl hodnôt vlhkosti vzduchu vo vyšších horských polohách je väčší ako v nižších polohách (obr. 4).

Podobne ako v prípade tlaku vodnej pary boli na základe rozloženia absolútnej početnosti relatívnej vlhkosti vzduchu vypočítané priemerné hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu (vážený aritmetický priemer), ktoré zodpovedajú stredom uvedených teplotných intervalov. Vypočítané hodnoty poslúžili ako podklad pre obrázky 5 a 6. Na obr. 5 je znázornená krivka závislosti priemerných hodnôt relatívnej vlhkosti vzduchu od teploty vzduchu v zime a v lete na štyroch tatranských staniách. Ako vidieť z obrázku, v zime sa relatívna vlhkosť vzduchu pri záporných hodnotách teploty vzduchu mení nepatrne, pri kladných hodnotách teploty vzduchu sa však začína jej rýchly pokles (až o 30-40 %), pričom na staniách v nižších horských polohách je relatívna vlhkosť vzduchu o 20-30 % vyššia ako v svahových a vrcholových polohách. V lete sa pri nižších hodnotách teploty vzduchu relatívna vlhkosť vzduchu mení málo, ale pri teplote vzduchu $\geq 8,0$ °C relatívna vlhkosť vzduchu začína rýchlo klesať. V kotlinovej a svahovej polohe tento trend dosahuje približne 3 % na 1 °C. Je potrebné ešte zdôrazniť, že krajné hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu sa musia hodnotiť kriticky v dôsledku malého počtu výskytu týchto prípadov.

Na obr. 6 je znázornená závislosť relatívnej vlhkosti vzduchu od teploty vzduchu v zime a v lete za anticyklonálnych a za cyklonálnych typov počasia v štyroch horských polohách. Ako vidieť z obrázku, za cyklonálneho typu počasia je relatívna vlhkosť vyššia ako za anticyklonálneho typu počasia, a to tak v zime, ako aj v lete. Rozdiely v relatívnej vlhkosti vzduchu medzi nižšími a vyššími horskými polohami sú najväčšie v zime za anticyklonálnych typov počasia, kedy rozdiely môžu dosahovať až 30-40 %.

Za predpokladu, že relatívna vlhkosť vzduchu má lineárnu závislosť od teploty vzduchu, boli určené koeficienty korelácie medzi týmito prvkami, napr. v Poprade v priemere za rok $r = -0,55$, na Skalnatom Plese $r = -0,22$ a na Lomnickom štíte $r = -0,14$, pričom v lete sú tieto koeficienty korelácie o niečo vyššie ako v priemere za rok, v zime sú nižšie.

ZÁVER

Súčasná analýza teplotno-vlhkostných pomerov v štyroch horských polohách poukázala na široký rozsah zmien týchto vzťahov, pričom sa to vzťahuje najmä na svahové polohy vo výške 1500-2000 m n.m. Vo všeobecnosti môžeme konštatovať, že záporné hodnoty teploty vzduchu v zime zvyčajne sprevádzajú nízke hodnoty tlaku vodnej pary (do 2-3 hPa) a vysoké hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu (80-90 %). Pri vyšších

kladných hodnotách teploty vzduchu, najmä za anticyklonálnych situácií (föhnový efekt) relatívna vlhkosť vzduchu vo vyšších horských polohách klesá pod 30 % (v extrémnych prípadoch pod 10 %). Naopak v lete pri vysokých hodnotách teploty vzduchu ($\geq 16^{\circ}\text{C}$) sa vyskytujú vyššie hodnoty tlaku vodnej pary, približne 14,0 hPa v kotline a približne 12,0 hPa na svahu a pomerne nízke hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu približne 60 % (rovnako v nižších a vyšších horských polohách).

S rastom nadmorskej výšky v horských polohách sa mení celkový charakter vertikálnej štruktúry poľa teploty a vlhkosti vzduchu a to tak, že najväčšia pravdepodobnosť výskytu sa posúva k nižším hodnotám teploty vzduchu a tlaku vodnej pary k vyšším hodnotám relatívnej vlhkosti vzduchu. Vo vyšších horských polohách, najmä vo výške 1500-2000 m n.m. sa prejavuje aj najväčšia premenlivosť teplotno-vlhkostných pomerov. Zložitosť a premenlivosť teplotno-vlhkostných vzťahov vo vyšších horských polohách súvisí hlavne s väčším vplyvom termodynamických faktorov, ako napr. subsidenciou vzduchu vo vysokých a stabilných anticyklónach, najmä v zime a jeseni, alebo vplyvom termickej konvekcie v teplom období [3, 4].

Problematika teplotno-vlhkostných vzťahov je dôležitá a významná z teoretického, ako aj z praktického hľadiska. Teplotné a vlhkosťné pomery do značnej miery vplyvajú na človeka a životné prostredie. Osobitný význam majú v horských polohách Vysokých Tatier, kde sa nachádza veľa zdravotných a rekreačných zariadení, preto aj naďalej treba tejto problematike venovať veľkú pozornosť.

LITERATÚRA

1. KOLEKTÍV AUTOROV: Klíma Tatier, SA. Bratislava 1974, 855 s. - 2. LEBEDEV, A.N., CHODAKOVA, V.P.: O vzaimosvazi temperatury i otositel'noj vlažnosti vozducha, Meteorol. i gidrol., 12, 1969, 47-55. - 3. MURÍNOVÁ, G., KRNÁČ, P.: Vertikalnaja struktura temperatury vozducha vo vremia raznych sinoptičeskych tipov pogody v Vysokych Tatrach. Contr. Geophys. Inst. SAS, Ser. Meteorol., 10, 1990, 102-117. - 4. MURÍNOVÁ, G., KRNÁČ, P.: Medzihodinová premenlivosť teploty a vlhkosti vzduchu v horských podmienkach. In: Biometeorológia v praxi. Bratislava 1991, 214-219. - 5. MURÍNOVÁ, G., OSTROŽLÍK, M.: Vertikálne zmeny relatívnej vlhkosti vzduchu v Tatrách a vo Východných Alpách. Geograf. čas., 37, 1985, 50-64. - 6. Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR, Praha 1972, ďalšie roky In: Meteorologické zprávy.

Galina Murínová, Pavel Krnáč

THE DEPENDENCE OF AIR HUMIDITY ON AIR TEMPERATURE IN THE MOUNTAINOUS CONDITIONS

Air temperature and humidity of the air are the most significant meteorological factors of the environment and the study of their relations is very important, mainly in the mountains conditions, where they are very changeable.

In the estimating of the temperature and humidity relations the synchronical hourly data of air temperature, water vapour pressure and relative humidity at the stations Poprad (hollow 7023 m a.s.l.),

Štrbské Pleso (down slope, 1350 m a.s.l.), Skalnaté Pleso (upper slope, 1778 m a.s.l.) and Lomnický štít (summit, 1635 m a.s.l.) during the period 1971-1980 were used.

The frequency distribution of the water vapour pressure and air temperature with method of the izopleths in summer and in winter at three different levels (hollow, slope and summit) is shown at Fig. 1. By the similar method the frequency distribution of the relative humidity and the air temperature at Fig. 4 is demonstrated. On the basis of the frequency distribution the average data (weight average) of the water vapour pressure and relative humidity which correspond to the middle of air temperature intervals were determined (Fig. 2, 5).

The results of the analysis of the temperature-humidity relations at the different levels of the High Tatras show how the dependence of the characteristics of humidity on air temperature changes with the rising altitude and under the influence of the thermodynamical factors.

Tab. 1. The relative frequency /%o/ of air temperature $t/^{\circ}\text{C}$ / and water vapour pressure e/hPa / in the average of the year at the tatras stations during the period 1971-1980.

Tab. 2. The relative frequency /%o/ of air temperature $t/^{\circ}\text{C}$ / and relative humidity $U/\%$ / in the average of the year at the tatras stations during the period 1971-1980.

Fig. 1. The relative frequency /%o/ of water vapour pressure e/hPa / and air temperature $t/^{\circ}\text{C}$ / in winter /---/ and in summer /___/ at the stations: Poprad, Skalnaté Pleso and Lomnický štít in the average during the period 1971-1980.

Fig. 2. The dependance of water vapour pressure e/hPa / on air temperature $t/^{\circ}\text{C}$ / in winter and in summer at the stations: Poprad /P/, Štrbské Pleso /Š.P./, Skalnaté Pleso /S.P./ and Lomnický štít /L.š./ during the period 1971-1980.

Fig. 3. The dependance of water vapour pressure e/hPa / on air temperature $t/^{\circ}\text{C}$ / in winter and in summer during anticyclonic /A/ and cyclonic /C/ types of weather at the stations: Poprad /P/, Štrbské Pleso /Š.P./, Skalnaté Pleso /S.P./ and Lomnický štít /L.š./ during the period 1971-1980.

Fig. 4. The relative frequency /%o/ of relative humidity of air $U/\%$ / and air temperature $T/^{\circ}\text{C}$ / in winter /---/ and in summer /___/ at the stations: Poprad, Skalnaté Pleso and Lomnický štít in the average during the period 1971-1980.

Fig. 5. The dependance of relative humidity of the air $U/\%$ / on the air temperature $t/^{\circ}\text{C}$ / in winter and in summer at the stations: Poprad /P/, Štrbské Pleso /Š.P./, Skalnaté Pleso /S.P./ and Lomnický štít /L.š./ during the period 1971-1980.

Fig. 6. The dependence of relative humidity of the air $U/\%$ / on air temperature $t/^{\circ}\text{C}$ / in winter and in summer during anticyclonic /A/ and cyclonic /C/ types of weather at the stations: Poprad /P./, Štrbské Pleso /Š.P./, Skalnaté Pleso /S.P./ and Lomnický štít /L.š./ during the period 1971-1980.

Translated by G. Murínová