

## MAXIMÁLNE VIACDENNÉ ÚHRNY ZRÁŽOK NA SLOVENSKU

Ladislav Gaál, Milan Lapin, Pavol Faško

---

### Abstract

The Department of Meteorology and Climatology at the Comenius University in cooperation with the Slovak Hydrometeorological Institute has contributed on the processing of monthly and annual maximums in daily and several-day precipitation totals. The goal of this work was to construct maps of spatial distribution of daily, 2- and 5-day precipitation totals with the exceedance probability  $p=1\%$  and  $p=2\%$  (the precipitation totals return period once in a 100- or 50-year period on average, respectively). Such maps should be used in the hydrological or climatological services, as well as in the project named POVAPSYS. In the following contribution we present some results of our analysis: a data overview, methods of elaboration and, in the end, 2 digitalized maps: climatic assurance of daily and 5-day precipitation totals with  $p=1\%$  in Slovakia.

**Key words:** extreme daily precipitation totals, several-day precipitation extremes, probability analysis, climatic assurance, maps of precipitation extremes.

---

### Úvod

V posledných rokoch požaduje od klimatológov najmä hydrologická prax podrobné vyhodnotenie klimatického zabezpečenia (pravdepodobnosti výskytu/opakovania) mimoriadnych zrážkových situácií. Uvedené požiadavky priamo súvisia s rastúcim počtom prípadov katastrofálnych zrážkových epizód v druhej polovici 90-tych rokov po predchádzajúcom 20-ročnom období s ich menším výskytom. Na žiadosť Slovenského hydrometeorologického ústavu sme sa preto podujali riešiť úlohu, ktorej hlavným cieľom bolo spracovanie 1-, 2- a 5-denných úhrnov zrážok na Slovensku v období 1951-2000 z takého počtu staníc, aby bolo možné zostrojiť spojitú mapu priestorového rozloženia uvedených úhrnov s pravdepodobnosťou prekročenia  $p=1\%$  a  $p=2\%$  (raz za 100 a 50 rokov). Primárne sa spracované výsledky využijú najmä v projekte POVAPSYS. V tomto príspevku prezentujeme predovšetkým základné informácie o údajoch, ktoré sme

mali k dispozícii, metodiku spracovania zabezpečenia úhrnov zrážok, ďalej filozofické úvahy o rôznych metódach výberu viacdenných období s kontinuálnymi úhrnmi zrážok a na záver uvádzame časť finálnych výsledkov našej práce – vybrané digitalizované mapy zabezpečenia 1-denných a 5-denných úhrnov zrážok na Slovensku s pravdepodobnosťou prekročenia  $p=1\%$ .

### Údaje a metóda spracovania 1- až 5-denných úhrnov zrážok

Denné úhrny zrážok sa pozorujú súčasne na asi 700 staniách na Slovensku od roku 1951. Kontrolou spoľahlivosti údajov pracovníkmi SHMÚ (Faško et al., 1998, 2000a, 2000b) sa ukázalo, že iba 607 staníc môžeme považovať za také kvalitné, aby sa dali zrekonštruovať aspoň ročné maximá denných úhrnov zrážok. Po kritickej analýze bolo vylúčených 50 staníc s väčším počtom dopĺňaných údajov a zvyšných 557 považujeme za spoľahlivé na stanovenie maxim denných

---

Mgr. Ladislav Gaál, [gaal@fmph.uniba.sk](mailto:gaal@fmph.uniba.sk)

doc. RNDr. Milan Lapin, CSc., [lapin@fmph.uniba.sk](mailto:lapin@fmph.uniba.sk)

Katedra meteorológie a klimatológie, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského Mlynská dolina, Pavilón F1, 84248 Bratislava

RNDr. Pavol Faško, CSc., [Pavol.Fasko@shmu.sk](mailto:Pavol.Fasko@shmu.sk), Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 83315 Bratislava

úhrnov zrážok v akomkoľvek usporiadaní (Lapin et al., 2000). Pod pojmom extrémne denné úhrny zrážok tu rozumieme maximá denných úhrnov za mesiac, sezónu alebo rok.

Jedinou meteorologickou stanicou na Slovensku, ktorá má nepretržitý a kvalitný rad pozorovania zrážkových úhrnov už od roku 1871, je Hurbanovo. To je hlavný dôvod použitia denných úhrnov zrážok z Hurbanova ako referenčného radu na testovanie metódy výpočtov rôznych návrhových hodnôt extrémnych zrážok. Svoju pozornosť sme však zameriavali iba na 100 ročné obdobie 1901-2000. Jedným z hlavných dôvodov ignorovania údajov z 19. storočia bola analýza, ktorá poukázala na skutočnosť, že menšie úhrny  $R$  sa merali do roku 1900 väčšinou menej spoľahlivo a až denné úhrny  $R \geq 2$  mm sa v Hurbanove merali spoľahlivejšie počas celého obdobia 1871-2001 (Lapin et al., 1998).

V časovom rade údajov z Hurbanova sme sa pôvodne sústredili na extrémne 1-, 2-, 3-, 4- a 5-denné zrážkové úhrny za jednotlivé mesiace v roku, na základe ktorých sa potom určilo aj maximum za celý kalendárny rok. Viacdenné kontinuálne zrážkové úhrny sme určovali dvoma, mierne odlišnými metódami. Prvým kritériom bolo to, že každý deň za zvolené X-denné obdobie ( $X = 1, 2, 3, 4$  alebo  $5$ ) musel byť zaznamenaný nenulový úhrn zrážok. Ak sa počas X-denného obdobia vyskytol deň (prípadne dni), kedy neboli zaregistrované zrážky alebo ich množstvo bolo nemerateľné ( $0,0$  mm), celkový úhrn zrážok za uvažované obdobie sme vylúčili z ďalšej analýzy. Takýto pohľad na viacdenné kontinuálne zrážky preferujú najmä hydrológovia. Z hľadiska klimatológie sú však zaujímavé aj tie obdobia, počas ktorých sa zaznamenali vysoké, prípadne mimoriadne úhrny zrážok, ale museli byť vylúčené z našej pôvodnej

analýzy, pretože sa v slede dní so zrážkami vyskytol „suchý“ deň bez zrážok. Ako sa neskôr ukázalo, tieto zrážkové udalosti sú zaujímavé aj z hydrologického aspektu. Rozhodli sme si preto spracovať viacdenné kontinuálne zrážkové úhrny aj na základe druhého kritéria, podľa ktorej nemuseli vyskytnúť zrážky bezpodmienečne každý deň: jeden deň mohol byť úplne bez zrážok. Ten jediný deň ale nemohol byť prvý alebo posledný deň X-dennej periódy, lebo v tom prípade by už bola reč iba o (X-1)-dennej perióde so zrážkami (napr. v prípade 4-denných úhrnov zrážok bol dovolený nulový úhrn zrážok v jeden z prostredných dní, t. j. iba v 2. alebo iba v 3. deň). Je samozrejmosťou, že takáto korigovaná podmienka sa týka iba 3-, 4- a 5-denných úhrnov.

Rady vytvorené na báze prvého kritéria sme nazvali ako **štandardné** maximálne viacdenné zrážkové úhrny (*štandardné* = viacdenné kontinuálne zrážky bez prerušenia) a rady získané podľa druhej podmienky ako **modifikované** maximálne viacdenné zrážkové úhrny (*modifikované* = viacdenné kontinuálne zrážky s prípadným jednodenným prerušením). Dňom výskytu viacdenného úhrnu sme vždy označili prvý deň viacdenného obdobia. Úhrny, ktoré sa objavili na prelome dvoch mesiacov boli priradené k mesiacu, v ktorom sa vyskytla väčšia časť celkového úhrnu zrážok.

Absolútne najväčšie 1- až 5-denné úhrny v Hurbanove sú uvedené v tab. 1. Extrémne jednodenné úhrny zrážok počas predchádzajúcich 131 rokov neprekročili hranicu 90 mm a aj 4- alebo 5-denné sumy sú iba vo výnimočných prípadoch väčšie ako 100 mm. Podrobnosti dotýkajúce sa zhodnotenia referenčného radu denných úhrnov zrážok v Hurbanove sú uvedené v publikácii Gaál a Lapin (2002).

Tab. 1 Prvých 5 najväčších 1- až 5-denných úhrnov zrážok (v mm) na meteorologickej stanici Hurbanovo v období 1871-2001 (štandardné – nenulový úhrn zrážok každý deň; modifikované – 1 deň bez zrážok je prípustný; v prípade 3-denných úhrnov nie je rozdiel medzi najväčšími úhrnmi určenými dvoma rôznymi spôsobmi).

	Porad. číslo	Dátum výskytu	Celkový úhrn zrážok	1. deň	2. deň	3. deň	4. deň	5. deň
<b>1-denné max.</b>	1.	30.8.1918	<b>88,8</b>	88,8				
	2.	30.5.1875	<b>82,5</b>	82,5				
	3.	12.7.1992	<b>81,8</b>	81,8				
	4.	10.6.1961	<b>77,7</b>	77,7				
	5.	25.5.1893	<b>75,5</b>	75,5				
<b>2-denné max.</b>	1.	29.5.1875	<b>97,2</b>	14,7	82,5			
	2.	29.8.1918	<b>95,5</b>	6,7	88,8			
	3.	24.5.1893	<b>92,3</b>	16,8	75,5			
	4.	11.6.1958	<b>89,1</b>	34,7	54,4			
	5.	12.7.1992	<b>85,1</b>	81,8	3,3			
<b>3-denné max. – štandardné aj modifikované</b>	1.	29.5.1875	<b>99,8</b>	14,7	82,5	2,6		
	2.	11.6.1958	<b>98,7</b>	34,7	54,4	9,6		
	3.	29.8.1918	<b>95,7</b>	6,7	88,8	0,2		
	4.	24.5.1893	<b>92,6</b>	16,8	75,5	0,3		
	5.	23.7.1960	<b>86,3</b>	19,4	13,8	53,1		
<b>4-denné max. – štandardné</b>	1.	10.6.1958	<b>106,9</b>	8,2	34,7	54,4	9,6	
	2.	28.5.1875	<b>101,6</b>	1,8	14,7	82,5	2,6	
	3.	3.11.1961	<b>86,5</b>	2,0	42,6	15,7	26,2	
	4.	27.7.1897	<b>86,4</b>	47,2	2,9	30,1	6,2	
	5.	24.10.1930	<b>81,3</b>	11,5	17,7	36,7	15,4	
<b>4-denné max. – modifikované</b>	1.	10.6.1958	<b>106,9</b>	8,2	34,7	54,4	9,6	
	2.	28.5.1875	<b>101,6</b>	1,8	14,7	82,5	2,6	
	3.	7.7.1999	<b>98,7</b>	57,3	-	7,7	33,7	
	4.	27.8.1918	<b>96,1</b>	0,6	-	6,7	88,8	
	5.	3.11.1961	<b>86,5</b>	2,0	42,6	15,7	26,2	
<b>5-denné max. – štandardné</b>	1.	10.6.1958	<b>107,3</b>	8,2	34,7	54,4	9,6	0,4
	2.	27.7.1897	<b>96,2</b>	47,2	2,9	30,1	6,2	9,8
	3.	9.6.1953	<b>94,2</b>	40,8	6,5	15,2	3,7	28,0
	4.	23.10.1930	<b>88,8</b>	7,5	11,5	17,7	36,7	15,4
	5.	5.5.1899	<b>88,2</b>	21,7	3,9	9,1	13,2	40,3
<b>5-denné max. – modifikované</b>	1.	26.8.1918	<b>109,8</b>	13,7	0,6	-	6,7	88,8
	2.	10.6.1958	<b>107,3</b>	8,2	34,7	54,4	9,6	0,4
	3.	25.6.1875	<b>99,5</b>	0,5	-	1,8	14,7	82,5
	4.	7.7.1999	<b>98,8</b>	57,3	-	7,7	33,7	0,1
	5.	27.7.1897	<b>96,2</b>	47,2	2,9	30,1	6,2	9,8

### Metóda spracovania maximálnych 10-denných úhrny zrážok

Okrem uvedených viacdenných období (2 až 5 dní) s kontinuálnymi zrážkami sme sa na žiadosť kolegov hydroológov zaoberali aj metodikou určenia 10-denných

období úhrnov zrážok. Takáto požiadavka vyplýva z hydrologickej praxe s cieľom dôkladnejšie charakterizovať riziko povodňových situácií. Je to však zložitá úloha pre klimatológa, pretože je známe, že klimatické podmienky SR sú také, že iba málokedy sa môžu pozorovať dlhotr-

vajúce periódy s nenulovým úhrnom zrážok za každý deň – na rozdiel napr. od britských ostrovov, kde takmer každý deň prší. Priemerný cyklus synoptických útvarov (cyklóna, brázda a s nimi spojené frontálne systémy, ktoré prinášajú výdatnejšie zrážkové úhrny) nad strednou Európou je v priemere 5-6 dní, a tak za 10-denné obdobie by sa nad SR mali vystriedať dva synoptické systémy. Medzi prechodom prvého a nástupom druhého systému môžu uplynúť aj deň, prípadne dva dni, počas ktorých sa nemusia byť zaznamenané zrážkové úhrny. Práve na základe takejto úvahy sme sa rozhodli, že pri výbere 10-denných períod s kontinuálnymi zrážkami pripustíme možnosť výskytu 2 dní bez zrážok („suché“ dni) s nasledujúcimi podmienkami:

- ▶ prvý, resp. posledný deň 10-dennej periódy musí byť deň s nenulovým úhrnom zrážok;
- ▶ 2 suché dni môžu, ale nemusia nasledovať hneď po sebe;
- ▶ ak 2 suché dni nasledujú priamo po sebe, tak o zaradení alebo vylúčení uvažovanej 10-dennej periódy do/z výberu je treba rozhodovať na základe meteorologických podmienok v sporných prípadoch.

Riziko povodní závisí od synoptických podmienok a fyzicko-geograficko-klimatických charakteristík povodia, akými sú aktuálne spadnutý úhrn zrážok a ich intenzita, nasýtenosť pôdy, výpar z pôdy, priemerný sklon povodia atď. Ak zrážky spadnú na nasýtenú pôdu, hoci aj v relatívne malom množstve, odtok môže byť značný, lebo pôda je už nasiaknutá a nedokáže absorbovať ďalšie zrážky. To je obvyklý prípad dlhšie trvajúcich situácií so zrážkami. Ak sa vyskytne jednodenné prerušenie, t.j. jeden deň bez zrážok, situácia sa môže trochu zlepšiť, lebo výparom z pôdy sa znižuje nasýtenosť pôdy (predovšetkým za teplý polrok, keď sú aj teploty všeobecne vyššie a tým aj intenzívnejší výpar). Ak sa vyskytnú dva po sebe nasledujúce suché dni, tak je ur-

čitá pravdepodobnosť toho, že sa pôda, ktorá bola predtým nasiaknutá, v dôsledku straty vody výparom sa „zregeneruje“, zníži sa odtok a tak aj nebezpečenstvo vytvorenia povodne. Okrem toho počas 2-denného prerušenia zrážok dochádza k pomalému prenikaniu (infiltrácii) zrážkovej vody z horných do hlbších vrstiev pôdy v povodí.

To, či sa výparom naozajlepší potenciálna povodňová situácia, závisí od meteorologických podmienok. Ak je obloha úplne zamračená, slabé prúdenie a malý sýtosťný doplnok, strata vody výparom je minimálna, môžeme ju odhadnúť za 1 mm za deň. Na druhej strane, ak sú priaznivé radiačné podmienky a prúdenie vzduchu, počas 2-denného prerušenia môže dojsť k výparu na úrovni až 10 mm za 24 hodín. Za chladný polrok takáto úvaha neplatí: teploty sú nižšie a výpar za dva suché dni nie je taký veľký, aby zažehnal potenciálnu hrozbu povodne. Navyše za chladný polrok sa vytvárajú iné podmienky v dôsledku akumulácie zrážok v podobe snehovej pokrývky.

Na tomto mieste ešte neuvádzame žiadne výsledky spracovania 10-denných úhrnov zrážok – analýzy z povodia horného Hronu budú zverejnené v krátkom čase v ďalších štúdiách. Postupne pripravíme analýzu 10-denných úhrnov aj z iných povodí.

### **Etapy spracovania extrémnych úhrnov zrážok**

Spracovanie extrémnych úhrnov zrážok založené na využití klasicky pozorovaných denných úhrnov na celom Slovensku sme rozložili do 3 etáp. V prvej etape sme využili predspracované ročné maximá denných úhrnov zo spomenutých 557 staníc za obdobie 1951-2000, pričom sme dbali na taký výber staníc, aby kontinuálny rad doplnených údajov nebol dlhší ako 5 rokov a celkove menej ako 10 rokov. Dopĺňovanie chýbajúcich maximálnych denných úhrnov urobil P. Faško z SHMÚ

ešte v roku 2000. Rady takto pripravených úhrnov zrážok boli spracované z rôznych hľadísk v rokoch 2000 až 2003 (napr.: Cebulak et al, 2000, Faško et al, 2000ab, Lapin et al., 2000).

Jedným z najdôležitejších krokov frekvenčnej analýzy (t.j. stanovenia hodnôt zabezpečenia) extrémnych úhrnov zrážok, prietokov atď. je vhodný výber distribučnej funkcie, ktorou preložíme výberový súbor a pomocou ktorej sa snažíme odhadnúť vlastnosti základného súboru. Je to komplexný problém, v odbornej literatúre sa to považuje za samostatnú kapitolu frekvenčnej analýzy a venuje sa tomu nespočetné množstvo článkov, napr. Cong et al. (1993), Peel et al. (2001) atď. V posledných rokoch sa s podobnými otázkami zaoberali aj slovenskí autori ako napr. Jurčová et al. (2002). Autorka sa domnieva, že v oblasti horného Hrona nie je možné odporučiť pre lokálny odhad N-ročných hodnôt 5-denných úhrnov zrážok len jeden typ zákona rozdelenia pravdepodobnosti. Gaál (2001) spracoval klimatickú zabezpečenosť maximálnych jednodenných úhrnov zrážok v oblasti Malých Karpát, pričom využil tri distribučné funkcie: Pearson III, LogNormal (obidve 3-parametrické) a Gumbel (2-parametrická). Keďže posledná funkcia poskytuje občas sporné výsledky a prvé dve funkcie majú približne rovnaké hodnoty pre  $p=1\%$  a  $p=2\%$ , rozhodli sme sa v ďalšom prezentovať iba výsledky podľa funkcie Pearson III (Nosek, 1973), ktorá sa zdá celkove spoľahlivejšia.

V druhej etape sme využili predspracované 2- a 5-denné úhrny zrážok z povodí Oravy, Kysuce a horného Hrona (DP Šoóky, 2002; Lapin et al., 2002; Szolgay et al., 2002, Stehlová et al., 2001, 2002). Zamerali sme sa najmä na získanie výstižných štatistických charakteristík na porovnanie 1-, 2- a 5-denných úhrnov zrážok v období 1951-2000.

V tretej etape sme spracovali z databázových podkladov SHMÚ 5-denné úhrny zrážok pomocou štandardnej

a modifikovanej metódy z asi 40 staníc s kompletným radom pozorovaní v rokoch 1961-2000. Cieľom bolo porovnanie uvedených charakteristík zabezpečnosti na staniách s rôznymi klimatickými podmienkami na Slovensku. Konečným cieľom bolo spracovanie návrhových hodnôt  $p=1\%$  a  $p=2\%$  pre 1-, 2- a 5-denné úhrny na všetkých 557 staniách a zostrojenie 6 máp uvedených zabezpečení pre celé Slovensko. Je zrejmé, že  $p=1\%$  a  $p=2\%$  pre 2- a 5-denné úhrny zrážok sme priamo vypočítali len asi na 60 staniách, na ostatných sme urobili regresný prepočet na základe údajov z najbližších referenčných staníc. Priamy výpočet na všetkých 557 staniách presahoval rozpočet uvedenej zákazky, pretože takéto údaje nie sú k dispozícii na počítačových médiách a museli by sa spracovať klasicky (manuálne, hárok po hároku v archíve SHMÚ).

Pri konečnom spracovaní extrémnych X-denných úhrnov zrážok sme sa snažili nejakými relevantnými metódami posúdiť či použité súbory (časové rady) údajov splňajú elementárne podmienky požadované pri takomto štatistickom spracovaní. Prvým predpokladom je splnenie podmienky náhodného výberu. To sme testovali v referenčnom rade z Hurbanova, kde sa ukázalo, že 50-ročné obdobie 1951-2000 splňa v rámci celého obdobia 1871-2001 kritérium náhodného výberu. Druhou podmienkou je nezávislosť jednotlivých prvkov v časovom rade. Môže to byť ovplyvnené existenciou trendov, cyklov, prípadne iných vplyvov alebo procesov, ktoré spôsobujú v časových radoch nežiadúce závislosti. Metóda výberu údajov – žiadne dva údaje nemohli patriť do tej istej synoptickej situácie, teda nevyskytli sa také prípady, že dva alebo viac údajov nasledujú v časovom slede tesne za sebou. Autokorelačná analýza potvrdila, že sa v časovom rade akýchkoľvek zrážkových údajov z Hurbanova neexistujú významné cykly. O možnom výskyte trendov diskutujeme v nasledujúcej časti. Podmienka

kompletnosti časových radov bola splnená vylúčením takých staníc, ktoré mali väčšie prerušenia a pri dopĺňovaní údajov by mohli vzniknúť významnejšie nepresnosti. Reprezentatívnosť výberu časových radov vyplýva jednak zo splnenia podmienky náhodného výberu a tiež z počtu použitých staníc. Predpokladáme, že 557 staníc plne postačuje na charakterizovanie počtu zrážok aj pri charakteristikách  $p=1\%$  a  $p=2\%$  pre 1-, 2- a 5-denné úhrny. Poslednú podmienku – časovú homogenitu údajov v jednotlivých radoch nie je možné dostatočne spoľahlivo otestovať (Lapin a Tomlain, 2001). Vychádzame z predpokladu, že uvedený výber staníc predstavuje to najkvalitnejšie čo na Slovensku máme, navyše testovanie časových radov mesačných úhrnov metódou *Double Mass Analysis* potvrdilo pomerne dobrú spoľahlivosť väčšiny zrážkomerných staníc na Slovensku aj z pohľadu časovej homogenity (Faško, et al., 1999).

### **Modelové porovnanie maxim 1- až 5-denných úhrnov zrážok na vzorke staníc**

Pre povodia horného Hrona (po Banskú Bystricu), Kysuce a Oravy bolo spracované podrobnejšie zhodnotenie X-denných zrážok po mesiacoch a sezónach. V tab. 2 uvádzame komplexné porovnanie najvyšších 1-denných a 2-denných úhrnov zrážok v teplých (TP) a chladných (CHP) polrokoch v rokoch 1961-2000 na 25 staniaciach v povodí horného Hrona po Banskú Bystricu. Je vidieť, že tak v TP ako aj v CHP sú 2-denné úhrny systematicky vyššie o 32%, resp. 43% s malou medzoročnou variabilitou ( $SD = 0,12$ , resp.  $0,19$ ) ako aj veľmi malou variabilitou kvocientov (kv) medzi jednotlivými stanicami za 40 rokov spolu ( $SD = 0,06$ , resp.  $0,07$ ). To svedčí o dobrej možnosti interpolácie a extrapolácie zmien návrhových charakteristík maximálnych 2-denných úhrnov zrážok podľa charakteristík maximálnych 1-denných úhrnov zrážok. Pre 5-denné úhrny zrážok je možné ta-

kéto zhodnotenie urobiť dobre iba pri *modifikovanej* verzii metodiky (pre častý výskyt nulových hodnôt pri *štandardnej* metóde, tab. 3). Na Slovensku sú všeobecne vyššie maximálne X-denné úhrny zrážok v TP ako v bezprostredne nasledujúcom CHP, no neplatí to absolútne a v niektorých oblastiach sú dosť často vysoké maximálne X-denné úhrny aj v CHP. V dolnej časti tab. 2 vidíme, že v povodí horného Hrona sa to prejavuje viac pri maximálnych 2-denných úhrnoch a zrejme ešte viac pri maximálnych 5-denných úhrnoch, ktoré máme k dispozícii z tohto povodia iba z 5 staníc v tab. 3. Pre danú úlohu robíme zhodnotenie iba pre ročné maximá X-denných úhrnov zrážok, čiže takéto rozdiely v tomto prípade nehrajú podstatnú úlohu a musíme sa sústrediť na kvocienty návrhových hodnôt pre  $p=1\%$  a  $p=2\%$ . Testovanie urobené v tab. 2 a 3 má ale význam pre upresnenie metodiky.

Ako sme už uviedli predtým, je porovnanie 3- až 5-denných úhrnov zrážok ovplyvnené použitím *štandardnej* metódy výberu, preto sme v prípade Hurbanova urobili na príklade 100-ročného radu denných údajov komplexnejšie porovnanie *štandardnej* a *modifikovanej* metódy výberu maximálnych X-denných úhrnov zrážok. V tab. 4 uvádzame hodnoty a kvocienty zabezpečenia maximálnych 1- až 5-denných úhrnov zrážok pre teplý a chladný polrok ako aj pre celý rok. Je zrejme, že 100-ročný rad údajov z veľmi kvalitnej stanice poskytuje lepšie možnosti porovnania, ktoré sú prinajmenšom použiteľné pre nižšie polohy na Slovensku (na Podunajskej nížine). Na začiatku je treba uviesť, že napriek použitiu 100 ročného (ale aj 131 ročného) radu údajov sú najvyššie X-denné úhrny zrážok v Hurbanove jedny z najnižších v rámci celého Slovenska. Už na staniaciach v nevelkej vzdialenosti sú maximálne úhrny zrážok podstatne vyššie. Napriek uvedenej disproporcii môžeme považovať získané kvocienty za dobrý príklad rozdielov medzi rôznymi maxi-

málnymi X-dennými úhrnmi zrážok (najmä pre nížiny Slovenska). Ako prvý zaujímavý výsledok musíme uviesť iba nepatrný rast hodnôt 3-, 4- a 5-denných maxim zrážok v porovnaní s 2-, 3- a 4-dennými maximami v teplom polroku a za celý rok pri štandardnej metóde vý-

beru. Je to dané skutočnosťou, že maximá v teplom polroku sú zvyčajne aj maximami za celý rok a majú vo veľkej väčšine pôvod v konvektívnych zrážkach, ktoré sa zriedkakedy vyskytujú počas viacerých dní za sebou.

Tab. 2 Porovnanie maximálnych 1-denných a 2-denných úhrnov zrážok na 25 staniaciach v povodí horného Hrona (po B. Bystricu) v období 1961-2000 v teplom polroku (TP, IV-IX) a v chladnom polroku (CHP, X-III); Mean – priemer, SD – smerodajná odchýlka, Max – najvyššia hodnota, Min – najnižšie hodnota, Stanice – zhodnotenie po staniaciach, Roky – zhodnotenie po rokoch, kv - kvocient.

	1-denné TP		2-denné TP		2/1-denné TP	
	Roky	Stanice	Roky	Stanice	Roky	Stanice
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kv]	[kv]
Mean	40,28	40,28	51,85	51,85	1,32	1,32
SD	6,83	2,58	8,33	4,25	0,12	0,06
Max	58,22	44,74	72,88	59,62	1,57	1,42
Min	30,43	35,74	39,24	45,95	1,06	1,19
	1-denné CHP		2-denné CHP		2/1-denné CHP	
	Roky	Stanice	Roky	Stanice	Roky	Stanice
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kv]	[kv]
Mean	31,87	31,87	45,12	45,12	1,43	1,43
SD	10,23	5,25	16,21	7,81	0,19	0,07
Max	59,73	42,23	95,12	59,95	1,83	1,73
Min	18,95	24,96	26,75	34,80	1,14	1,37
	1-denné TP/CHP		2-denné TP/CHP			
	Roky	Stanice	Roky	Stanice		
	[kv]	[kv]	[kv]	[kv]		
Mean	1,48	1,48	1,37	1,37		
SD	0,56	0,20	0,51	0,17		
Max	2,96	1,82	2,56	1,69		
Min	0,54	1,11	0,56	1,04		

**Modifikovaná** metóda výberu prináša v tomto prípade oveľa prijateľnejšie a očakávanejšie výsledky (rast 3-denných úhrnov o 1,3 mm, 4-denných o 6,0 mm a 5-denných o 8,9 mm pri  $p=1\%$  v TP). V porovnaní s 1-dennými úhrnmi majú 2-denné úhrny kvocient v TP 1,12 a v CHP 1,33 a 5-denné úhrny kvocient v TP 1,35 a v CHP 1,71. To v praxi znamená, že raz

za 100 rokov v priemere sú maximálne 2-denné úhrny v TP o 12% vyššie a v CHP o 33% vyššie ako 1-denné maximá. Pri 5-denných sa pri **modifikovanej** metóde výberu zvyšuje tento rozdiel na 35% v TP a na 71% v CHP. Ide o podstatné zvýšenie extrémnych úhrnov zrážok s mimoriadnym významom pre vývoj povodňových situácií.

Tab. 3 Porovnanie maximálnych 1-denných, 2-denných a 5-denných úhrnov zrážok na 5 staniaciach v povodí horného Hrona (po B. Bystricu) v období 1951/2-2000 v teplom polroku (TP, IV-IX) a v chladnom polroku (CHP, X-III); Mean – priemer, SD – smerodajná odchýlka, Max – najvyššia hodnota, Min – najnižšie hodnota, Zhodnotenie je po rokoch, kv – kvocient (porovnávanie 5-denných úhrnov je ovplyvnené použitím štandardnej metódy).

	Chladný polrok na 5 staniaciach					
	1-D	2-D	5-D	2-D/1-D	5-D/1-D	5-D/2-D
	[mm]	[mm]	[mm]	[kv]	[kv]	[kv]
Mean	30,42	42,45	56,46	1,40	1,90	1,36
SD	9,98	15,28	19,91	0,17	0,45	0,26
Max	60,40	98,14	131,66	1,79	3,22	1,79
Min	17,46	24,00	32,84	1,13	0,86	0,76
	Teplý polrok na 5 staniaciach					
	1-D	2-D	5-D	2-D/1-D	5-D/1-D	5-D/2-D
	[mm]	[mm]	[mm]	[kv]	[kv]	[kv]
Mean	42,25	53,63	65,49	1,28	1,55	1,21
SD	8,66	10,83	21,04	0,12	0,37	0,26
Max	63,76	85,40	132,78	1,50	2,17	1,71
Min	30,04	38,48	28,64	1,03	0,73	0,59
	Teplý/Chladný polrok na 5 staniaciach					
	1-D	2-D	5-D			
	[kv]	[kv]	[kv]			
Mean	1,52	1,41	1,29			
SD	0,55	0,52	0,57			
Max	2,87	2,55	2,72			
Min	0,55	0,50	0,38			

V tab. 5 uvádzame podobné vyhodnotenie pre vybraných 20 staníc v povodiach horného Hrona (5), hornej Oravy (8) a Kysuce (7) za obdobie 1951-2000, no iba pre **štandardnú** metódu výberu (podklady pripravené pre Diplomovú prácu, Šoóky, 2002). Ako je z výsledkov porovnania vidieť (tab. 5ab) zvyšovanie maxim 2- a 5-denných úhrnov zrážok v porovnaní s maximami 1-dennými nie je pre rovnaké *p* rovnomerné. Vyplýva to najmä z krátkosti 50-ročného radu na takýto druh spracovania. V kratšom rade aj jedna mimoriadne vysoká hodnota (*outlayer*) môže značne zmeniť návrhové zabezpečenia maximálnych úhrnov, najmä pre pravdepodobnosti  $p=1\%$  až  $p=5\%$ . Z toho vyplývajú aj veľké individuálne rozdiely medzi stanicami. Okrem toho štandardná metóda výberu 5-denných maxim vylúči celý rad evidentne vysokých viacdenných úhrnov len preto,

že sa tam nachádza jeden deň bez zrážok. Uvedené podklady boli základom na návrh metódy extrapolácie 2- a 5-denných návrhových hodnôt zo spracovaných 1-denných návrhových hodnôt na 557 staniaciach na Slovensku (spolu sa použilo 60 testovaných staníc). V konečnom dôsledku bolo potrebné pri stanovení koeficientov extrapolácie 1-denných maxim na 2- a 5-denné maximá zohľadniť aj spomínaný nerovnomerný rast úhrnov metódou zhladenia extrémov. Na 43 staniaciach s klimatologickým programom pozorovania v období 1961-2000 bola aplikovaná aj **modifikovaná** metóda výpočtu maxim 5-denných úhrnov zrážok. Dlhšie ako 40-ročné obdobie spracovania nebolo možné použiť, pretože iba od roku 1961 sú všetky klimatologické údaje uložené v databáze SHMÚ na počítačových médiách.



Tab. 4 Porovnanie pravdepodobnosti výskytu maximálnych 1-, 2-, 3-, 4- a 5-denných úhrnov zrážok v Hurbanove v období 1901/2-2000/1 v teplom polroku (TP, IV-IX) a v chladnom polroku (CHP, X-III) a za rok podľa Pearsonovho teoretického rozdelenia III. typu; 1-D, 2-D, 3-D, 4-D a 5-D sú 1 až 5-denné úhrny zrážok s každodenným úhrnom  $R > 0,0$  mm, 3-DM, 4-DM a 5-DM sú 3 až 5-denné úhrny zrážok s najviac 1-denným prerušením, v ktorom  $R = 0$  alebo  $R = 0,0$  mm; p [%] je 1% až 20% pravdepodobnosť výskytu (priemerné opakovanie raz za 100 rokov až raz za 5 rokov).

p [%]		1	2	5	10	20	1	2	5	10	20
							<b>2-D/1-D</b>				
1-D	TP	78,0	70,3	60,0	51,9	43,5	1,12	1,14	1,17	1,21	1,24
1-D	CHP	47,6	44,1	39,3	35,3	30,8	1,33	1,32	1,30	1,30	1,28
1-D	Rok	78,1	70,4	60,2	52,2	44,1	1,12	1,14	1,18	1,22	1,27
<b>Každý deň zrážkový úhrn <math>R &gt; 0,0</math> mm</b>							<b>3-D/2-D</b>				
2-D	TP	87,3	80,3	70,5	62,7	54,0	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09
2-D	CHP	63,1	58,1	51,2	45,7	39,5	1,20	1,19	1,16	1,14	1,12
2-D	Rok	87,1	80,3	71,2	63,8	55,8	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11
<b>Každý deň zrážkový úhrn <math>R &gt; 0,0</math> mm</b>							<b>4-D/3-D</b>				
3-D	TP	93,8	86,6	76,6	68,1	58,6	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
3-D	CHP	75,8	69,0	59,6	52,2	44,1	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07
3-D	Rok	94,8	88,0	78,5	70,6	61,9	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
<b>Každý deň zrážkový úhrn <math>R &gt; 0,0</math> mm</b>							<b>5-D/4-D</b>				
4-D	TP	92,1	85,7	76,0	68,0	58,9	1,05	1,04	1,03	1,01	0,98
4-D	CHP	77,9	71,6	62,7	55,2	47,2	1,02	1,02	1,02	1,02	1,01
4-D	Rok	93,4	87,0	78,1	70,6	62,2	1,04	1,04	1,03	1,02	1,00
<b>Každý deň zrážkový úhrn <math>R &gt; 0,0</math> mm</b>							<b>5-D/1-D</b>				
5-D	TP	96,5	89,2	78,0	68,4	57,6	1,24	1,27	1,30	1,32	1,32
5-D	CHP	79,8	73,2	64,1	56,4	47,8	1,68	1,66	1,63	1,60	1,55
5-D	Rok	97,4	90,2	80,2	71,6	62,1	1,25	1,28	1,33	1,37	1,41
<b>M - Možné prerušenie na 1 deň (okrem okrajových)</b>							<b>3-DM/1-D</b>				
3-DM	TP	95,1	87,9	77,7	69,2	60,0	1,22	1,25	1,30	1,33	1,38
3-DM	CHP	75,3	68,8	60,0	52,9	45,1	1,58	1,56	1,52	1,50	1,47
3-DM	Rok	95,6	88,9	79,5	71,6	63,0	1,22	1,26	1,32	1,37	1,43
<b>M - Možné prerušenie na 1 deň (okrem okrajových)</b>							<b>4-DM/1-D</b>				
4-DM	TP	98,1	91,1	81,4	73,2	63,9	1,26	1,30	1,36	1,41	1,47
4-DM	CHP	78,3	71,9	63,2	56,3	48,7	1,65	1,63	1,61	1,60	1,58
4-DM	Rok	99,7	92,6	82,8	74,8	66,0	1,28	1,32	1,38	1,43	1,50
<b>M - Možné prerušenie na 1 deň (okrem okrajových)</b>							<b>5-DM/1-D</b>				
5-DM	TP	105,4	97,6	86,6	77,3	66,7	1,35	1,39	1,44	1,49	1,53
5-DM	CHP	81,2	75,3	66,9	59,9	52,3	1,71	1,71	1,70	1,70	1,70
5-DM	Rok	105,9	98,3	87,7	79,1	69,5	1,36	1,40	1,46	1,52	1,58

Tab. 5a Ročné maximá 1-, 2- a 5-denných úhrnov zrážok [mm] podľa Pearsonovho rozdelenia III. typu pre pravdepodobnosti opakovania p=1%, 2% a 10% vypočítané z denných úhrnov zrážok v období 1951-2000 (použité boli vybrané stanice z povodí Oravy, Kysuce a Hrona po B. Bystricu).

Stanice	1-denné maximá			2-denné maximá			5-denné maximá			
	p [%]	1	2	10	1	2	10	1	2	10
Telgárt		88,2	81,4	64,5	115,2	106,3	84,5	175,1	159,7	122,4
Beňuš		91,2	82,9	63,1	101,4	94,2	76,0	141,1	129,3	100,6
Mýto p/Ďumbierom		80,7	75,4	61,7	112,4	103,8	82,9	149,5	137,4	107,9
Slovenská Ľupča		79,5	73,3	57,9	101,9	94,2	75,4	131,4	120,5	93,6
Motyčky		87,7	82,1	67,8	118,7	111,1	91,2	165,0	152,5	121,9
Oravská Lesná		134,4	111,6	66,6	167,1	143,5	91,9	205,0	183,1	132,1
Novoť		158,4	129,7	72,7	195,0	163,0	97,4	234,3	203,1	130,9
Zakamenné		87,9	77,7	54,4	121,1	107,7	76,8	158,7	142,6	103,7
Orav. Polhora, Hlina		129,2	115,5	82,7	204,1	179,4	122,5	256,2	229,5	166,2
Suchá Hora		102,7	92,7	68,4	124,8	114,8	90,4	185,5	168,3	126,3
Ústie n/Priehradou		66,0	62,1	52,1	89,9	83,9	69,1	130,6	121,4	97,4
Medvedzie (Tvrdošín)		67,2	63,2	52,9	89,2	84,0	70,7	140,4	129,7	102,9
Zázrivá		94,6	84,3	60,9	126,1	113,9	84,6	173,0	156,2	115,7
Makov		77,4	72,1	58,3	110,8	102,2	81,1	164,8	149,9	113,2
Korňa		87,1	80,2	63,0	116,2	107,1	84,6	161,0	147,2	112,9
Turzovka		82,9	75,9	58,4	105,0	97,5	78,3	128,7	119,9	97,7
Čadca		73,4	68,1	55,0	99,0	92,3	75,2	148,4	136,5	107,0
Skalité		115,0	101,6	71,0	150,3	135,2	98,8	212,1	188,4	133,5
Stará Bystrica		105,5	93,3	65,2	125,5	113,7	85,2	165,8	150,7	113,7
Krásno n/Kysucou		82,4	74,3	55,4	123,0	108,8	76,4	188,2	164,0	108,1

Tab. 5b Kvocienty ročných maxim 1-, 2- a 5-denných úhrnov zrážok z tab. 5a (pomer 2-denných a 1-denných, 5-denných a 1-denných, 5-denných a 2-denných úhrnov pre p=1%, 2% a 10%).

Stanice	2/1-denné maximá			5/1-denné maximá			5/2-denné maximá			
	p [%]	1	2	10	1	2	10	1	2	10
Telgárt		1,31	1,31	1,31	1,98	1,96	1,90	1,52	1,50	1,45
Beňuš		1,11	1,14	1,20	1,55	1,56	1,59	1,39	1,37	1,32
Mýto p/Ďumbierom		1,39	1,38	1,34	1,85	1,82	1,75	1,33	1,32	1,30
Slovenská Ľupča		1,28	1,29	1,30	1,65	1,64	1,62	1,29	1,28	1,24
Motyčky		1,35	1,35	1,34	1,88	1,86	1,80	1,39	1,37	1,34
Oravská Lesná		1,24	1,29	1,38	1,53	1,64	1,98	1,23	1,28	1,44
Novoť		1,23	1,26	1,34	1,48	1,57	1,80	1,20	1,25	1,34
Zakamenné		1,38	1,39	1,41	1,81	1,83	1,91	1,31	1,32	1,35
Orav. Polhora, Hlina		1,58	1,55	1,48	1,98	1,99	2,01	1,26	1,28	1,36
Suchá Hora		1,22	1,24	1,32	1,81	1,82	1,85	1,49	1,47	1,40
Ústie n/Priehradou		1,36	1,35	1,33	1,98	1,96	1,87	1,45	1,45	1,41
Medvedzie (Tvrdošín)		1,33	1,33	1,34	2,09	2,05	1,95	1,57	1,54	1,46
Zázrivá		1,33	1,35	1,39	1,83	1,85	1,90	1,37	1,37	1,37
Makov		1,43	1,42	1,39	2,13	2,08	1,94	1,49	1,47	1,40
Korňa		1,33	1,34	1,34	1,85	1,84	1,79	1,39	1,38	1,33
Turzovka		1,27	1,29	1,34	1,55	1,58	1,67	1,23	1,23	1,25
Čadca		1,35	1,35	1,37	2,02	2,00	1,95	1,50	1,48	1,42
Skalité		1,31	1,33	1,39	1,84	1,85	1,88	1,41	1,39	1,35
Stará Bystrica		1,19	1,22	1,31	1,57	1,61	1,74	1,32	1,32	1,34
Krásno n/Kysucou		1,49	1,46	1,38	2,28	2,21	1,95	1,53	1,51	1,41

## Závěrečné zhodnotenie

V prílohe sú na 2 mapách Slovenska (zo 6 spracovaných) uvedené hodnoty zabezpečenia ročných maxim 1-denných a 5-denných úhrnov zrážok pre  $p=1\%$  (opakovanie raz za 100 rokov v priemere). Výsledky uvádzame pre všetkých 6 máp. Kým mapy maxim 1-denných úhrnov sú konštruované na základe údajov všetkých 557 staníc, mapy 2- a 5-denných úhrnov sú iba na základe analýzy vzťahu hodnôt 2- a 5-denných úhrnov s hodnotami 1-denných úhrnov s rovnakou pravdepodobnosťou opakovania na obmedzenom počte 60 staníc. Napriek tomu môžeme aj mapy maxim 2- a 5-denných úhrnov považovať za pomerne spoľahlivé, pretože svojou kvalitou značne prekonávajú akékoľvek mapové spracovania extrémnych X-denných úhrnov zrážok spracovaných doteraz na Slovensku. Aj to je jeden z dôvodov prečo sme si mohli dovoliť konštruovať izohyety s krokom po 10 mm, len vo vyšších polohách hôr s krokom po 20 mm. Závěrečné odsúhlasenie mapového vyjadrenia maxim X-denných úhrnov zrážok sme urobili na SHMÚ kvôli ich kompatibilitate s inými mapovými podkladmi zrážok spracovanými v SHMÚ.

Aj na priložených mapách je zreteľne vidieť, že na Slovensku existujú väčšie súvislé oblasti s výskytom relatívne vysokých úhrnov X-denných zrážok tak pre  $p=1\%$  ako aj pre  $p=2\%$ . Tieto oblasti nemajú jednoznačnú závislosť od nadmorskej výšky, skôr sa tu prejavuje orografická expozícia na citlivé synoptické situácie. K tradičným oblastiam s vysokými úhrnmi zrážok na severozápade Slovenska tak pribudli menšie oblasti na juhozápadnom Slovensku a strednom Pohroní. Jednoznačne sa potvrdila skutočnosť, že s rastom dĺžky obdobia rastie aj závislosť veľkosti úhrnov pre  $p=1\%$  a  $p=2\%$  od nadmorskej výšky. Inak povedané, 1-denné vysoké úhrny zrážok majú prevažne pôvod v izolovaných búr-

kových lejakoch, ktoré iba málo závisia od nadmorskej výšky.

## Plány do budúcnosti

Uvedené mapy zabezpečenia vznikli na žiadosť Slovenského hydrometeorologického ústavu za účelom skonštruovať podrobnejšie mapy izočiari ako doteraz pre projekt POVAPSYS a tiež pre každodennú hydrologickú prax. Vytýčený cieľ sme splnili, ale sme si vedomí toho, že takmer v každej časti spracovania sa nachádzajú kroky, ktoré by sa mohli ešte vylepšiť (napr. výber funkcie rozdelenia, vyšetrenie vzťahov medzi viacdennými a jednodennými úhrnmi zrážok, manuálne kreslenie máp atď.).

Čo sa týka našich dlhodobých cieľov, analýzu zabezpečenia maximálnych úhrnov zrážok na Slovensku by sme chceli vykonať ešte podrobnejšie, pomocou komplexnejšieho a korektnejšieho matematického aparátu. Intenzívne pracujeme na tom, aby sme prevzali a implementovali do fyzicko-geograficko-klimatických podmienok SR tzv. metódy regionálnej frekvenčnej analýzy od autorov Hoskinga a Wallisa (1997), ktoré sa už niekoľko rokov úspešne uplatňujú v rôznych krajinách sveta.

Regionálna frekvenčná analýza sa na rozdiel od klasickej lokálnej analýzy pracuje časovými radmi z viacerých staníc v určitom regióne. Rady pozorovania klimatických prvkov vo všeobecnosti nie sú dostatočne dlhé na to, aby pomocou nich mohla spoľahlivo identifikovať funkcia rozdelenia, ktorá prislúcha pozorovaným údajom. Keďže rozšírenie radov pozorovania v čase nie je možné (resp. iba na základe komplexného aparátu matematickej štatistiky), riešenie problematiky sa hľadá v priestorovom rozšírení dostupných informácií. Regionálna frekvenčná analýza javov vychádza z predpokladu, že ak lokálne početnosti javov na rôznych miestach regiónu majú podobné štatistické vlastnosti, súčasne

analýzou všetkých dostupných údajov sa môžu dosiahnuť presnejšie odhady návrhových hodnôt ako pomocou jednotlivých vzoriek zvlášť.

Hosking-Wallisova metóda regionálnej frekvenčnej analýzy pozostáva z viacerých krokov:

- ▶ identifikácia regiónov – základný a zároveň najzložitejší krok metodiky; odporúča sa vykonať ju pomocou zhlukovej analýzy;
- ▶ voľba distribučnej funkcie – autori poskytujú 11 rôznych funkcií rozdelenia, od 2-parametrických až po 5-parametrickú funkciu rozdelenia;
- ▶ odhad regionálnej distribučnej funkcie, lokálnych kvantilov, resp. ich intervalov spoľahlivosti.

Slovenskí hydroológovia sa už niekoľko rokov zaoberajú analýzou prieto-

kov na rôznych povodiach SR na základe spomínaných regionalizačných metód (napr. Čunderlík, 1999; Kohnová a Szolgay, 2000). Naším veľkolepým cieľom do budúcnosti je vypracovanie komplexnej metodiky, ktorá by umožnila spoľahivo odhadovať návrhové hodnoty úhrnov zrážok aj v miestach bez priamych pozorovaní a zároveň aj pre trvanie zrážok odlišné od štandardných trvaní. Mapové vyjadrenie by tak bolo iba čiastkovým výsledkom týchto snáh. Je to veľmi rozsiahla úloha, ktorá by vyžadovala možno aj niekoľkoročnú poctivú prácu hoci aj malej skupinky odborníkov. Dúfame, že do roku 2005 zvládneme niektoré z vytýčených cieľov a že získané výsledky sa opublikujú v dizertačnej práci L. Gaála.

**PodĎakovanie:** Výsledky projektov VEGA č. 1/8255/01 (Grantová agentúra SR), POVAPSYS (SHMÚ) a APVT-51-006502 (ÚH SAV) ako aj údaje SHMÚ boli využité v tomto príspevku. Autori ďakujú za podporu výskumu a za poskytnutie podkladov. Poďakovanie ďalej patrí aj Ing. Jane Marikovičovej z SHMÚ za grafické spracovanie máp.

## Literatúra

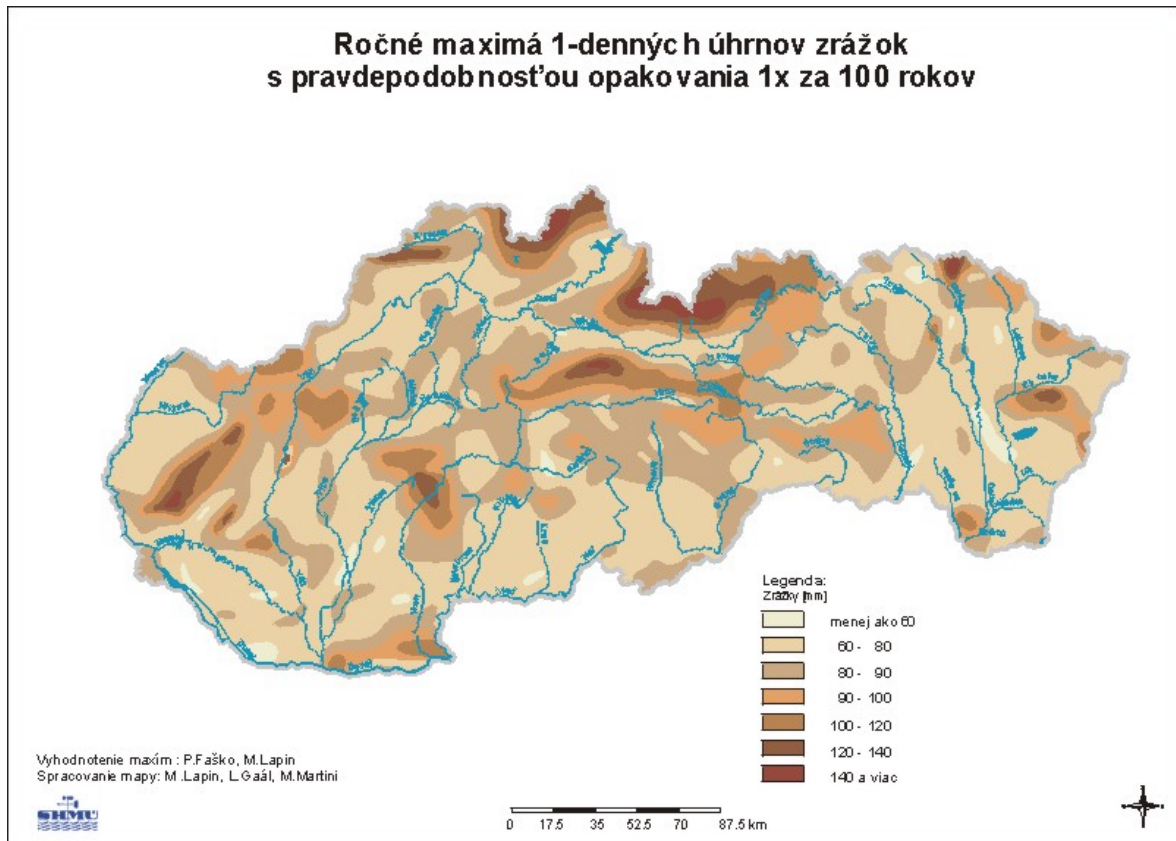
- CEBULAK, E., FAŠKO, P., LAPIN, M., ŠŤASTNÝ, P., 2000: Extreme precipitation events in the Western Carpathians. In.: *Prace geograficzne - Zeszyt 108*, Images of Weather and Climate, Cracow, Institute of Geography, Jagelonian University, Cracow, 117-124.
- CONG, S., LI, Y., VOGEL, J. L., SCHAAKE, J. C., 1993: Identification of the underlying distribution form of precipitation by using regional data. In: *Water Resources Research*, vol. 29, no. 4, p. 1103-1111, 1993.
- ČUNDERLÍK, J., 1999: *Regionálny odhad N-ročných prietokov vo vybraných povodiach Slovenska*. [Doktorská dizertačná práca]. Slovenská technická univerzita v Bratislave. Stavebná fakulta; Katedra vodného hospodárstva krajiny. Bratislava, 1999. 144 s.
- FAŠKO, P., LAPIN, M., 1998: Hodnotenie výskytu mimoriadnych úhrnov atmosférických zrážok na Slovensku. In: *Bulletin SMS pri SAV*, IX, 1998, 3, 20-24.
- FAŠKO, P., LAPIN, M., 1999: Die langjahrigen datenreihen der niederschlage und gesamtschneehe in der Slowakei. In: *Proceedings from the 3rd Slovak-Swiss workshop on actual problems in meteorology and climatology*, held at the SHMÚ on 3-6. 6. 1999. SHMÚ Bratislava, MeteoSwiss Zurich.
- FAŠKO, P., LAPIN, M., ŠŤASTNÝ, P., VIVODA, J. 2000a: Daily Precipitation Extremes in Slovakia Based on Data from 607 Stations and 50-year Period. In: *Zborník z VIII. Posterového dňa s medzinárodnou účasťou "Transport vody, chemikálií a energie v sys-*

téme *Pôda-Rastlina-Atmosféra*". ÚH SAV a GFÚ SAV, Bratislava XI. 2000, 7 s. na CD, ISBN 80-968480-0-3.

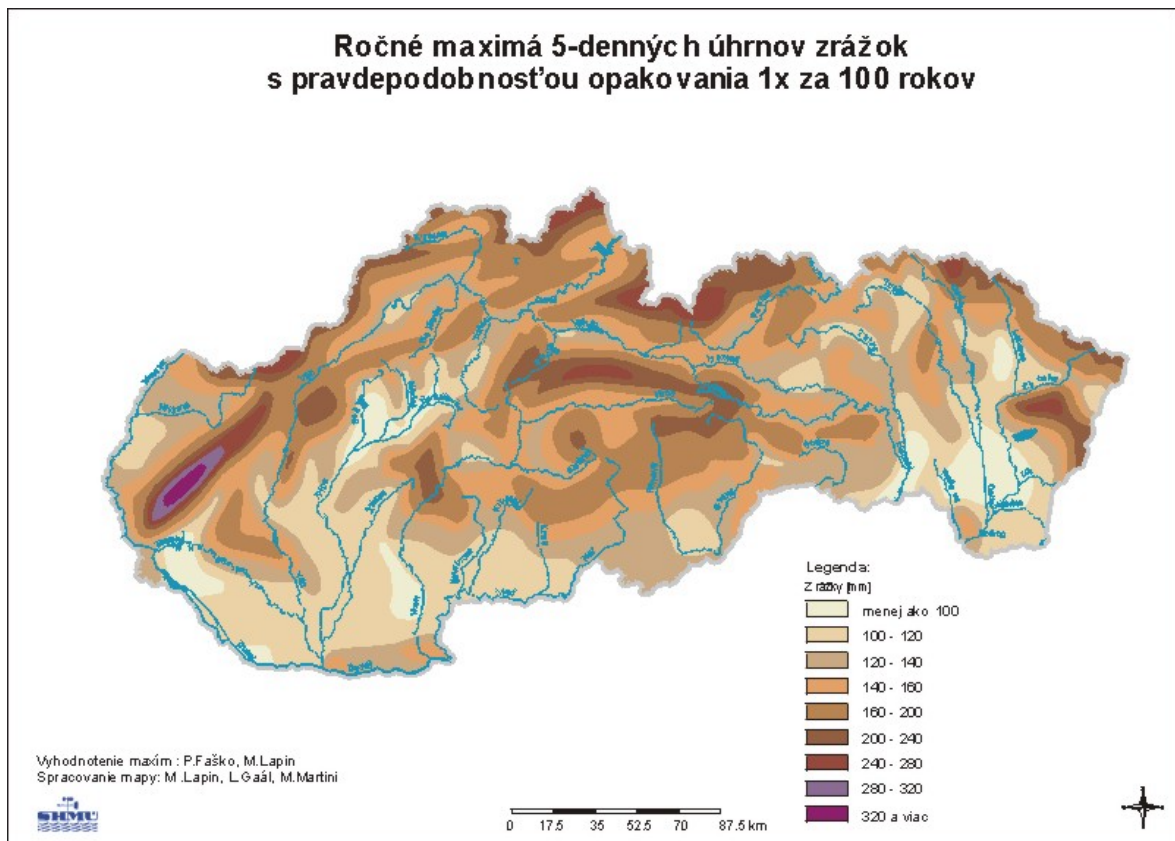
- FAŠKO, P., LAPIN, M., ŠŤASTNÝ, P., VIVODA, J., 2000b: Maximum daily sums of precipitation in Slovakia in the second half of 20<sup>th</sup> century. In: *Prace geograficzne - Zeszyt 108*, Images of Weather and Climate, Cracow, Institute of Geography, Jagelonian University, Cracow, 131-138.
- GAÁL, L., LAPIN, M., 2002: Extreme several day precipitation totals at the Hurbanovo observatory (Slovakia) during the 20th century. In: *Contributions to Geophysics and Geodesy*, Vol. 32, No. 3, 2002, 197-213.
- GAÁL, L., 2001: *Klimatická zabezpečenosť maximálnych denných a mesačných úhrnov zrážok v oblasti Malých Karpát*. [Diplomová práca]. KMK FMFI UK, Bratislava, 127 s.
- HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R., 1997: *Regional frequency analysis: an approach based on L-moments*. Cambridge University Press, 1997, 224 p. ISBN 0-521-43045-3.
- JURČOVÁ, S., KOHNOVÁ, S., SZOLGAY, J., GAÁL, L., 2002: K výberu vhodnej distribučnej funkcie maximálnych 5-denných úhrnov zrážok. In: *Acta Hydrologica Slovaca*, vol. 3, no. 2, p. 165-173, 2002.
- KOHNNOVÁ, S., SZOLGAY, J., 2000: Identifikácia homogénnych regionálnych typov pre regionálne určovanie návrhových prietokov. In: *Hladný, J. et al.: Hydrologické dny – nové podnety a vize pro příští století*, ČVH, SVH, ČHMÚ, Plzeň, 2000. p. 291-298.
- LAPIN, M., FAŠKO, P., 1998: Denné úhrny zrážok v Hurbanove v období 1871-1995. In: *Bulletin SMS pri SAV*, IX, 1998, 1, 13-20.
- LAPIN, M., FAŠKO, P., ŠŤASTNÝ, P., 2000: Extreme Daily Precipitation Totals in Slovakia since 1950 and Possible Development in the 21<sup>st</sup> Century. In: *Proceedings of the 26<sup>th</sup> International Conference on Alpine Meteorology*, Innsbruck, September 11-15, 2000, 17 pp. on CD ISSN 1016-6254, Heft Nr. 23/Publ.Nr. 392.
- LAPIN, M., TOMLAIN, J., 2001: *Všeobecná a regionálna klimatológia*. Vydavateľstvo UK, Bratislava, 184 s.
- LAPIN, M., MELO, M., DAMBORSKÁ, I., GERA, M., GAÁL, L., FAŠKO, P., ŠŤASTNÝ, P., 2002: *Príprava scenárov klimatických zmien. Záverečná správa časti úlohy 03 z etapy 02.05 „Výskum zrážkovo-odtokových vzťahov“*. Projekt VTP 27-34 „Výskum antropogénnych faktorov na vodné systémy“. Katedra meteorológie a klimatológie FMFI UK a SHMÚ pre Výskumný ústav vodného hospodárstva Bratislava.
- NOSEK, M., 1973: *Metody v klimatologii*. Praha : Academia, 1973, 434 s.
- PEEL, M. C., WANG, Q. J., VOGEL, R. M., MCMAHON, T. A., 2001: The utility of L-moment ratio diagrams for selecting a regional probability distribution. In: *Hydrological Sciences Journal*, vol. 46, no 1, p. 147-155, 2001.
- STEHLOVÁ, K., KOHNOVÁ, S., SZOLGAY, J., 2001: Analýza dvojdňových úhrnov zrážok v oblasti horného Hrona. In: *Acta Hydrologica Slovaca*, vol. 2, no. 1, p. 167-174, 2001.
- STEHLOVÁ, K., KOHNOVÁ, S., SZOLGAY, J., 2002: Regionálna analýza maximálnych 2-dňových úhrnov zrážok v oblasti horného Hrona. In: *Acta Hydrologica Slovaca*, vol. 3, no. 2, p. 174-182, 2002.
- SZOLGAY, J., HLAVČOVÁ, K., KOHNOVÁ, S., KUBEŠ, R., ZVOLENSKÝ, M., LAPIN, M., ŠŤASTNÝ, P., FAŠKO, P., GAÁL, L., 2002: Analýza povodňového režimu horného Hrona. ZS

VTP 27-34 Výskum vplyvu antropogénnych faktorov na vodné systémy, časť E 04.01.  
VÚVH, Bratislava.

ŠOÓKY, K., 2002: *Pravdepodobnosť výskytu maximálnych viacdenných úhrnov zrážok v oblasti Horehronia, Kysúc a Oravy*. [Diplomová práca]. KMK FMFI UK, Bratislava, 87 s.



**Príloha 1 Zabezpečenosť ročných maxim 1-denných úhrnov zrážok s pravdepodobnosťou prekročenia  $p = 1\%$ .**



**Príloha 2 Zabezpečnosť ročných maxim 5-denných úhrnov zrážok s pravdepodobnosťou prekročenia  $p = 1\%$ .**

**Abstrakt**

Katedra meteorológie a klimatológie Univerzity Komenského sa v spolupráci so Slovenským hydrometeorologickým ústavom podieľala na spracovaní mesačných a ročných maxim 1-denných a viacdenných úhrnov zrážok. Cieľom práce bolo vytvorenie spojitkej mapy priestorového rozloženia 1-, 2- a 5-denných úhrnov zrážok s pravdepodobnosťou prekročenia  $p=1\%$  a  $p=2\%$  (výskyt úhrnov zrážok v priemere raz za 100 a 50 rokov), ktoré by sa mohli využívať v hydrologickej, resp. klimatologickej službe SHMÚ ako aj v projekte POVAPSYS. V nasledujúcom príspevku uvádzame niektoré výsledky našej analýzy: prehľad použitých údajov, metodiku spracovania a na záver 2 digitalizované mapy: zabezpečenie 1- resp. 5-denných úhrnov zrážok s  $p=1\%$  na Slovensku.