

DYNAMICKO-KLIMATOLOGICKÁ ANALÝZA PRIEMERNÝCH HODNÔT MAXIMÁLNYCH SÚM 2-DENNÝCH ÚHRNOV ATMOSFÉRICKÝCH ZRÁŽOK NA ÚZEMÍ SLOVENSKA V OBDOBÍ 1951-2010

DYNAMIC-CLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF THE AVERAGE VALUES OF MAXIMUM 2-DAY ATMOSPHERIC PRECIPITATION TOTALS IN THE SLOVAK REPUBLIC IN THE PERIOD 1951-2010

LADISLAV MARKOVIČ
Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava

Abstrakt

V našej práci sa zaoberáme štúdiom maximálnych súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok na území Slovenskej republiky v období 1951-2010 z hľadiska ich priestorovej a časovej distribúcie s cieľom vytvoriť základnú dynamicko-klimatologickú analýzu synoptických situácií prinášajúcich na naše územie extrémne viacdenné zrážkové situácie. Štúdiu maximálnych denných a viacdenných úhrnov atmosférických zrážok sa z dôvodu ich potenciálnych nebezpečných prejavov venuje vo svete aj na Slovensku zvýšená pozornosť. Na území Slovenska už boli v minulosti spracované všeobecné veľkopriestorové štúdie zaoberajúce sa sumami viacdenných úhrnov zrážok (Lapin a kol., 2004), avšak v dôsledku obmedzeného počtu staníc so spracovanými maximálnymi sumami viacdenných úhrnov zrážok a časovej náročnosti získavania týchto údajov, bol použitý len obmedzený súbor zrážkomerných staníc s autentickými údajmi. Pre potreby našej práce bol využitý novovytvorený súbor maximálnych súm 2-denných úhrnov zrážok zo 486 zrážkomerných staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ), ktoré boli v období 1951-2010 v aktívnej činnosti a ich časové rady splnili podmienky kompletnosti a konzistentnosti.

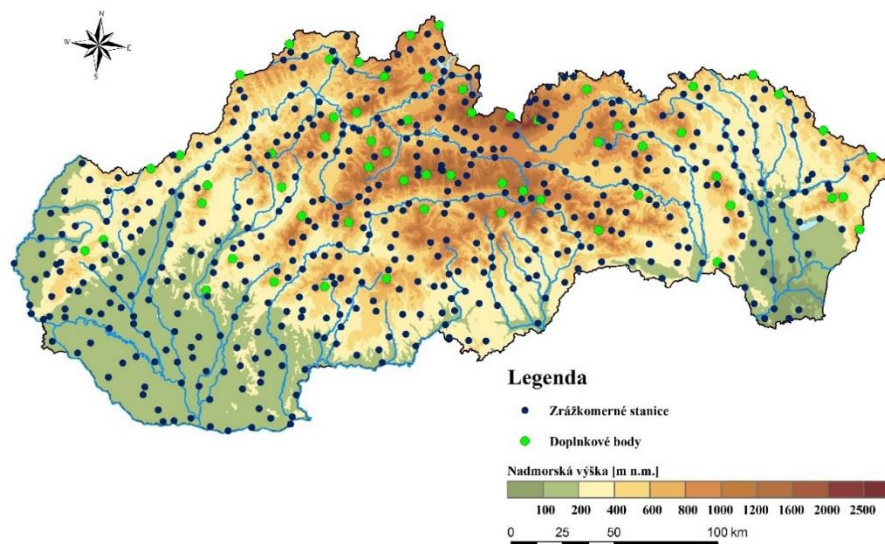
Kľúčové slová: viacdenné úhrny atmosférických zrážok, dynamicko-klimatologická analýza, typizácia význačných synoptických situácií, priestorová analýza.

Úvod

Priestorová a časová nepravidelnosť rozloženia denných a viacdenných úhrnov atmosférických zrážok a konkrétne najmä extrémne hodnoty týchto charakteristík predstavujú údaje, ktoré charakterizujú oblasť svojho pôvodu z hľadiska možného výskytu extrémnych zrážkových situácií, ktoré môžu v krajných prípadoch ohrozovať životy a majetky ľudí. Komplexný prístup ku procesu získavania údajov, široká základňa meracích staníc a dlhé a spoľahlivé časové rady údajov predstavujú dobrý základ pre komplexné štúdium polí úhrnov zrážok. Umožňuje nám identifikovať situácie predstavujúce potenciálne riziko z dôvodu vysokej pravdepodobnosti, že sa pri nich môžu vyskytnúť zrážky význačné svojou intenzitou, výdatnosťou alebo sumárnym úhrnom. Pole sumárných úhrnov zrážok je v praxi modelované mnohými faktormi. Medzi najpodstatnejšie patria samozrejme procesy prebiehajúce v atmosfére, konkrétnejšie predovšetkým v jej najnižšej vrstve – troposfére a orografická rôznorodosť územia, ktoré spoločne významne ovplyvňujú distribúciu zrážok v predmetnej oblasti. Z tohto dôvodu sme si v našom spracovaní za hlavný predmet štúdia, a zároveň najdôležitejší faktor ovplyvňujúci časové a priestorové rozloženie maximálnych súm 2-denných úhrnov zrážok, zvolili analýzu vplyvu polí poveternostných situácií, definovaných na základe československej typizácie poveternostných situácií (Brádka, 1968) a prítomného výškového prúdenia na mapovo spracované polia maximálnych súm sezónnych, polročných a ročných úhrnov atmosférických zrážok.

Metodika

Pri analýze maximálnych súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok boli použité údaje namerané v sieti zrážkomerných staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) v Bratislave. Pre potreby nášho spracovania bol vytvorený súbor obsahujúci údaje zo 486 reprezentatívnych staníc uskutočňujúcich zrážkomerné pozorovania v priebehu rokov 1951 – 2010 (Obr. 1). Na území Slovenska bol vo vybranom období v aktívnej činnosti väčší počet staníc, avšak časové rady ich pozorovaní nebolo možné zaradiť do spracovania z dôvodu nekonzistentnosti údajov spôsobenej krátkosťou, nekompletnosťou, respektíve nedôveryhodnosťou časových radov meraní a pozorovaní. V malej časti časových radov staníc zvolených pre analýzu boli zaznamenané určité krátke prerušenia pozorovaní. Chýbajúce údaje však neprevyšovali 5% celkového objemu, a preto bolo tieto údaje možné do časových radov doplniť využitím expertnej analýzy založenej na analógii medzi údajmi nameranými na geograficky príbuzných stanicách. Z dôvodu vylepšenia vertikálneho rozloženia spracovaných staníc následne rezultujúcom v realistickejšom priestorovom rozložení 2-denných úhrnov zrážok v rámci územia Slovenska bolo v mapovom spracovaní použitých 60 doplnkových (virtuálnych) bodov primárne umiestnených v horských oblastiach. V polohách 500 – 1000 metrov je situovaných 31 doplnkových bodov a v polohách 1000 – 2000 metrov bolo umiestnených 29 bodov. Doplnkové body využité v našom spracovaní sú používané aj spracovaniach uskutočňovaných SHMÚ a boli vybraté na základe odbornej priestorovej analýzy existujúceho poľa zrážkomerných staníc uskutočnenej Pavlom Faškom.



Obr. 1: Vybrané zrážkomerné stanice a doplnkové body v rámci územia Slovenska.

Sumy viacdenných kontinuálnych úhrnov atmosférických zrážok je možné určovať dvomi mierne odlišnými metódami – štandardné a modifikované maximálne viacdenné úhrny (Lapin at al., 2004). V štandardnom spracovaní pod viacdenným úhrnom zrážok rozumieme také situácie, pri ktorých musel byť každú deň tohto obdobia zaznamenaný nenulový denný úhrn zrážok. Ak sa počas zvoleného viacdenného obdobia vyskytol deň (prípadne dni), počas ktorých neboli zaregistrované zrážky alebo ich množstvo bolo nemerateľné (0,0 mm), celkový úhrn zrážok za uvažované obdobie je vylúčený z ďalšej analýzy. Takýto prísny pohľad na viacdenné kontinuálne úhrny zrážok je preferovaný najmä v hydrologických spracovaniach. V klimatológii sú zaujímavé aj také obdobia so zrážkami, počas ktorých sa vyskytol jeden deň bez zrážok, ktorý však ale nemohol byť prvý alebo posledný deň n – dennej periódy, lebo v tom prípade by už bola reč iba o $n - 1$ – dennej perióde so zrážkami. Táto korigovaná podmienka modifikovaného spracovania sa samozrejme neuplatňuje pri 2-denných úhrnoch. Úhrn zrážok, ktorý sa vyskytol na prelome dvoch mesiacov, bol priradený k mesiacu, v ktorom sa vyskytla väčšia časť celkového úhrnu zrážok. Tento prístup sme uplatnili aj pri

úhrnoch zrážok, ktoré sa vyskytli na prelome rokov, čo znamená, že existovala možnosť, že maximálne sumy 2-denných úhrnov zrážok budú tvorené aj údajmi nachádzajúcimi sa mimo nami zvoleného časového obdobia 1951 – 2010. Z tohto dôvodu sme do nášho spracovania zaradili aj údaje namerané v decembri 1950, respektíve v januári 2011 a pre hydrologickú prax aj v novembri 1950. Maximálna suma 2-denných úhrnov zrážok tak predstavuje najvyššiu hodnotu zo všetkých súm vytvorených súčtom denných úhrnov zrážok vo zvolenom 2-dennom období.

Metódu výberu signifikantných viacdenných zrážkových situácií sme založili na analýze priemernej mesačnej hodnoty maximálnych viacdenných súm vyrátanej v danom mesiaci jednotlivo pre všetky roky analýzy ako priemer zo všetkých staničných hodnôt. Ak v nejakom roku stanica nezaznamenala zvolený viacdenný úhrn zrážok, a tým pádom ani maximálnu viacdennú sumu úhrnov zrážok, tak sme z dôvodu zachovania rovnakého počtu staníc zahrnutých v analýze, pripísali tejto stanici nulový úhrn. Existuje predpoklad, že počet staníc s nulovou sumou viacdenných úhrnov narastá s narastajúcou dĺžkou zvoleného viacdenného obdobia. Po definovaní priemerných celosúborových mesačných hodnôt maximálnych súm pre všetky roky obdobia 1951 – 2010 sme v každom mesiaci kalendárneho roka určili 5 najvyšších hodnôt a spolu s rokom ich výskytu boli vybrané pre následnú synoptickú analýzu. Spolu sme takto pre skúmané 2-denné úhrny do celoročnej analýzy výskytu význačných poveternostných situácií získali 60 rôznych prípadov. Metodika bola zvolená tak, aby predstavovala komplexnejší pohľad na problematiku tým, že skúmajúc priemerné hodnoty maximálnych súm identifikuje také situácie, pri ktorých sa vyskytli nielen vysoké viacdenné sumy, ale nutné bolo aj dostatočne veľké územie ich rozšírenia. V rámci identifikácie výskytu význačných poveternostných situácií sme pre vybraných 5 rokov s najvyššími priemernými úhrnmi identifikovali dni, v ktorých boli tieto maximálne sumy viacdenných úhrnov zaznamenané. V tomto procese sme využili značenie zrážkomerných staníc – zrážkomerné indikatívy, ktoré využíva SHMÚ a rozdeľujú územie Slovenska na oblasti v závislosti od príslušnosti ku povodiam riek. (Vo všeobecnosti majú indikatívy tvar 11xxx, 12xxx až 60xxx, kde xxx číselnými hodnotami reprezentujú polohu danej stanice v rámci čiastkového povodia a od prameňa ku ústiu tieto hodnoty narastajú.) V jednotlivých povodiach sme na vzorke staníc, s nameranými viacdennými sumami pomocou zrážkomerných výkazov a databázových údajov určili dni prislúchajúce v spracovaní uvedeným sumám viacdenných úhrnov.

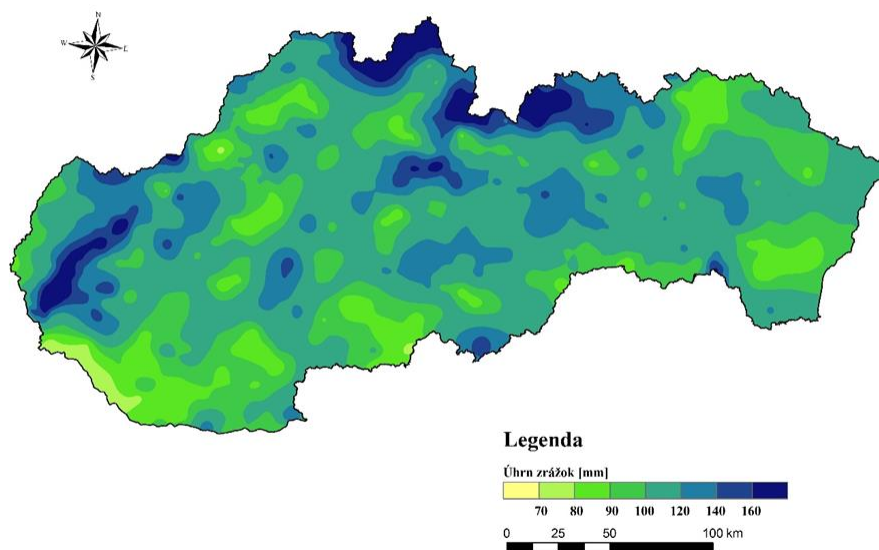
Určenie dní, v rámci ktorých je situovaná viacdenná situácia predstavujúca predmet nášho záujmu, bolo nasledované procesom priradenia prislúchajúcej typizovanej synoptickej situácie. Ako zdroj údajov potrebných na vlastnú identifikáciu nám poslúžil kalendár poveternostných situácií obsahujúci v dennom chode analyzované situácie. Pre roky 1951 - 1990 sme použili kalendár situácií spracovaný pre územie bývalého Československa (ČHMÚ, 2017) a od roku 1991 kalendár situácií identifikovaných výhradne pre územie Slovenska. (SHMÚ, 2017) Publikácii jednotlivých ročných kalendárov predchádza vzájomná komunikácia medzi ČHMÚ a SHMÚ. V týchto analýzach však z technických dôvodov nie sú uvedené predely medzi synoptickými situáciami rovnakého cirkulačného typu. Všeobecná veľkopriestorová typizácia využívaná pre územie Československa a neskôr samostatného Slovenska je už v procese tvorby zaťažená nepresnosťami a čím väčšie územie sa snažíme zahrnúť len pod jednu úzko definovanú typizovanú situáciu, tým väčších nepresností sa môžeme potenciálne dopúšťať. Tohto problému sme si boli vedomí a pri vytváraní nášho spracovania sme sa ho snažili minimalizovať relatívne podrobným štúdiom denných úhrnov v rámci viacdenných situácií, s cieľom čo najpresnejšie identifikovať danú význačnú poveternostnú situáciu, berúc do úvahy aj skutočnosť, že vo veľkej väčšine prípadov boli tieto veľkopriestorové cirkulačné útvary v pohybe. Dynamika procesov prebiehajúcich v atmosfére mala za následok aj to, že sme pozorovali v rámci jednotlivých dní obdobia zastúpenie dvoch, výnimočne až troch typizovaných situácií. Do výsledného spracovania výskytu poveternostných situácií sme tak, po analýze denných úhrnov, vybrali pre 2-denné situácie jednu, v prípade nutnosti dve ovplyvňujúce typizácie. Na presnejšiu identifikáciu atmosférickej cirkulácie boli využité aj archivované reanalyzované veľkopriestorové mapy geopotenciálnych hladín 850 a 500 hPa vytvorené prostredníctvom amerického globálneho cirkulačného modelu GFS alebo v rámci spracovania amerického úradu pre oceán a atmosféru (NOAA).

Údaje vstupujúce do mapového spracovania pochádzali zo zrážkomerných staníc distribuovaných nerovnomerne v priestore i v nadmorskej výške, čo ovplyvňovalo realistikosť výsledného spracovania, a preto sme do poľa staníc implementovali aj doplnkové body. Ako nástroj na tvorbu máp sme použili počítačový softvér, ktorý dokáže v procese ich tvorby do výpočtov zahrnúť aj orografické interpolácie berúce do úvahy morfológickú rôznorodosť podkladového územia, ktorá

ovplyvňuje rozsah a distribúciu zrážkovej činnosti. Potrebným nástrojom nášho spracovania najlepšie vyhovoval program ArcGIS od spoločnosti ESRI, v ktorom sme vďaka aplikácii AGHydroInterpolácia (Šercl, 2008) boli schopní vytvoriť požadované mapové produkty.

Maximálne sumy 2-denných úhrnov atmosférických zrážok

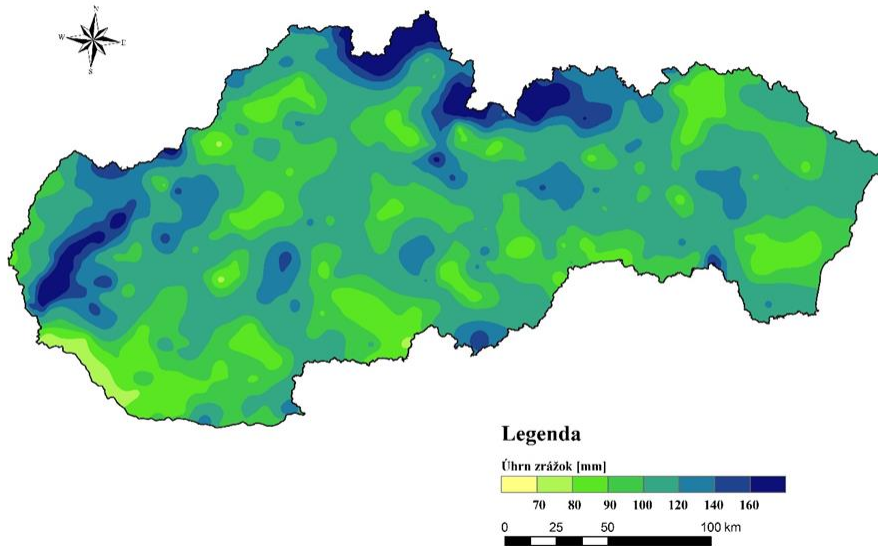
Absolútne najvyššia hodnota maximálnej sumy 2-denných úhrnov zrážok v rámci obdobia 1951 – 2010 (vo výberovom súbore staníc) predstavovala 219 milimetrov a bola nameraná v júli 1970 na zrážkomernej stanici Oravská Polhora - Hlina situovanej v Oravských Beskydách v nadmorskej výške 698 metrov. Sumy úhrnov nad 200 milimetrov boli namerané len počas mesiacov jún a júl a z hľadiska výskytu ich môžeme na území Slovenska považovať za veľmi ojedinelé, keďže evidujeme len 8 takýchto prípadov nameraných na 6 zrážkomerných staniaciach: Oravská Polhora – Hlina, Novot', Zuberec – Zverovka, Skalnaté Pleso, Tatranská Javorina a Borinka. Ďalej môžeme konštatovať, že suma úhrnov zrážok väčšia ako 100 mm bola minimálne raz zaznamenaná na 306 staniaciach, čo predstavuje 63 % staníc celého výberového súboru.



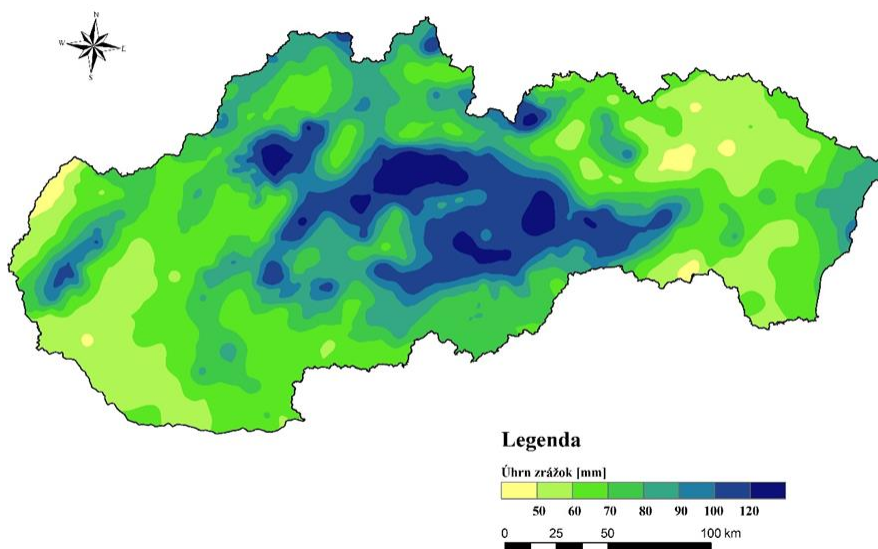
Obr. 2: Maximálne sumy 2-denných úhrnov atmosférických zrážok na území Slovenska v období 1951-2010.

V rámci priestorovej analýzy distribúcie najvyšších maximálnych súm 2-denných úhrnov zrážok (Obr. 2) môžeme konštatovať, že pole tejto charakteristiky je výrazne nehomogénne, čo poukazuje na značný vplyv zrážok s konvekčným pôvodom, ktoré sa vyskytujú prevažne v teplom polroku (Obr. 3), a práve z tohto dôvodu sú tieto polia takmer totožné. Vysoké hodnoty súm úhrnov nad 160 mm sú koncentrované prevažne na severe, v oblasti Vysokých a Západných Tatier a severu Oravy a Kysúc a na juhozápade v pohorí Malé Karpaty, pričom je však väčšina územia Slovenska obsiahnutá v relatívne úzkom intervale hodnôt 80 – 120 mm. Izolovaná oblasť úhrnov pod 80 mm je situovaná na Podunajskej nížine v blízkosti slovensko-maďarského pohraničia. Najväčšie rozdiely v distribúcii súm úhrnov zrážok medzi mapovým spracovaním absolútne najvyšších hodnôt úhrnov a spracovaní úhrnov v teplom polroku sú viditeľné v západnom susedstve Nízkych Tatier, v Starohorských vrchoch a Veľkej Fatre a v oblasti južných návetří pohorí Veporské vrchy, Muránska planina a Slovenský raj. Práve v týchto oblastiach sa na 2-denných sumách úhrnov výraznejšie prejavuje vplyv zrážok spadnutých počas chladného polroka (Obr. 4). Vo všeobecnosti pozorujeme v priebehu mesiacov október až marec (chladný polrok) nižšie absolútne hodnoty a výraznejšiu priestorovú variabilitu súm maximálnych úhrnov. Polia najvyšších hodnôt – nad 120 mm sú v mapovom spracovaní na rozdiel od predchádzajúcich prípadov umiestnené predovšetkým v centrálnej časti územia, a to v oblasti západných Nízkych Tatier, Veľkej Fatry a centrálnej časti Slovenského rudohoria, v pohoriach Stolické vrchy a

Strážovské vrchy a vo Vysokých Tatrách. Na opačnej strane spektra úhrnov pozorujeme rozsiahle oblasti so sumami pod 60 mm, obsahujúce vnorené oblasti pod 50 mm. Nachádzajú sa na severovýchode územia, vo východnej časti Východoslovenskej nížiny, južnej časti Košickej kotliny, v západnej časti Podunajskej kotliny a v rámci výrazného západo-východného gradientu aj v oblasti Záhoria.



Obr. 3: Maximálne sumy 2-denných úhrnov atmosférických zrážok na území Slovenska v teplom polroku v období 1951-2010



Obr. 4: Maximálne sumy 2-denných úhrnov atmosférických zrážok na území Slovenska v chladnom polroku v období 1951-2010.

Maximálne priemerné hodnoty

Analýza absolútne najvyšších hodnôt maximálnych súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok poskytuje dobrý bodový pohľad na časovú a priestorovú distribúciu extrémnych hodnôt, nie je však vhodná na veľkopriestorovú štúdiu zaoberajúcu sa vplyvom význačných poveternostných situácií na pole viacdenných úhrnov zrážok. Priemerné hodnoty maximálnych súm úhrnov zrážok vypočítaných pre kompletný súbor 486 výberových staníc predstavujú relatívne jednoduchý a presný prostriedok na určenie situácií s veľkým plošným dosahom, keďže ich výsledná hodnota je značne závislá od počtu staníc, ktoré v danom období súčasne dosiahli maximálne hodnoty súm 2-denných úhrnov.

Absolútne najvyššia priemerná hodnota, a zároveň jediná hodnota so sumárnym úhrnom nad 60 milimetrov, bola dosiahnutá v dňoch 7. – 8. júla 1997 a dosiahla hodnotu 63,0 milimetra. Druhá (59,8 mm) a tretia (59,4 mm) najvyššia hodnota bola nameraná 4. – 5. augusta 1955, respektíve 20. – 21. októbra 1974. V rámci celého súboru 720 hodnôt priemerných mesačných súm bola len 14-krát dosiahnutá hodnota vyššia ako 50 milimetrov, z toho bolo až 10 prípadov situovaných v letnom období (jún – august) a po jednom prípade v mesiacoch máj, september, október a december. V rokoch 1999 a 2010 sme takéto sumárne úhrny zaznamenali v dvoch za sebou nasledujúcich mesiacoch (1999 – jún a júl, 2010 – máj a jún) (Obr. 5.).

	ÚHRN [mm]	ROK	MESIAC	DÁTUM		ÚHRN [mm]	ROK	MESIAC	DÁTUM		
1	63.0	1997	júl	7	8	8	53.3	2010	máj	15	16
2	59.8	1955	august	4	5	9	53.1	1985	august	7	8
3	59.4	1974	október	20	21	10	53.1	2007	september	4	7
4	57.9	1958	jún	27	29	11	51.5	1976	december	1	2
5	57.3	1960	júl	23	25	12	51.2	2001	júl	16	17
6	53.9	2010	jún	31	4	13	51.2	2005	august	3	4
7	53.6	1999	júl	7	8	14	50.1	1999	jún	16	22

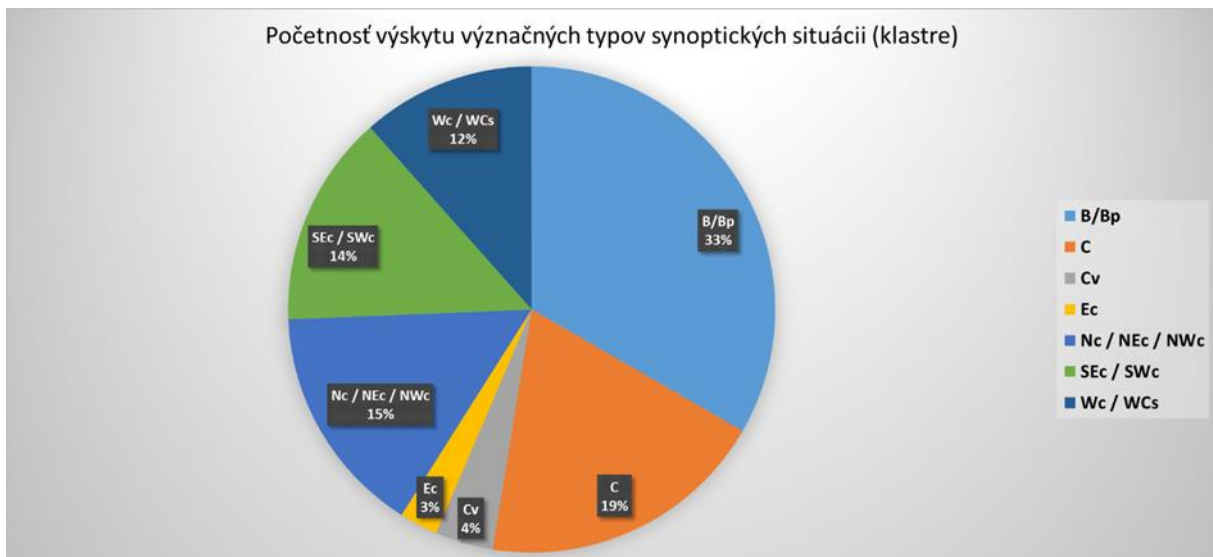
Obr. 5: Najvyššie priemerné hodnoty maximálnych súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok na území Slovenska v období 1951-2010.

Dynamicko-klimatologická analýza maximálnych priemerných hodnôt

Z dôvodu zachovania prehľadnosti a výpovednej hodnoty spracovania sme na základe príbuznej geografickej polohy typizovaných situácií voči územiu Slovenska použitím klastrovej analýzy vytvorili 9 hlavných skupín (klastrov), pozostávajúcich z jednej, dvoch prípadne až troch situácií. Pre cyklonálne typy sme tak získali 7 klastrov – 1. brázda a putujúca brázda (B/Bp) 2. cyklóna (C) 3. výšková cyklóna (Cv) 4. východná cyklonálna situácia (Ec) 5. cyklonálne situácie zo severných smerov (Nc/NEc/NWc) 6. cyklonálne situácie z južných smerov (SEc/SWc) a 7. cyklonálne situácie zo západných smerov (Wc/Wcs). Anticyklonálnym a prechodným situáciám tak bolo pridelené zhodne po jednom klastri – 8. vchod do frontálnej zóny a 9. anticyklonálne situácie.

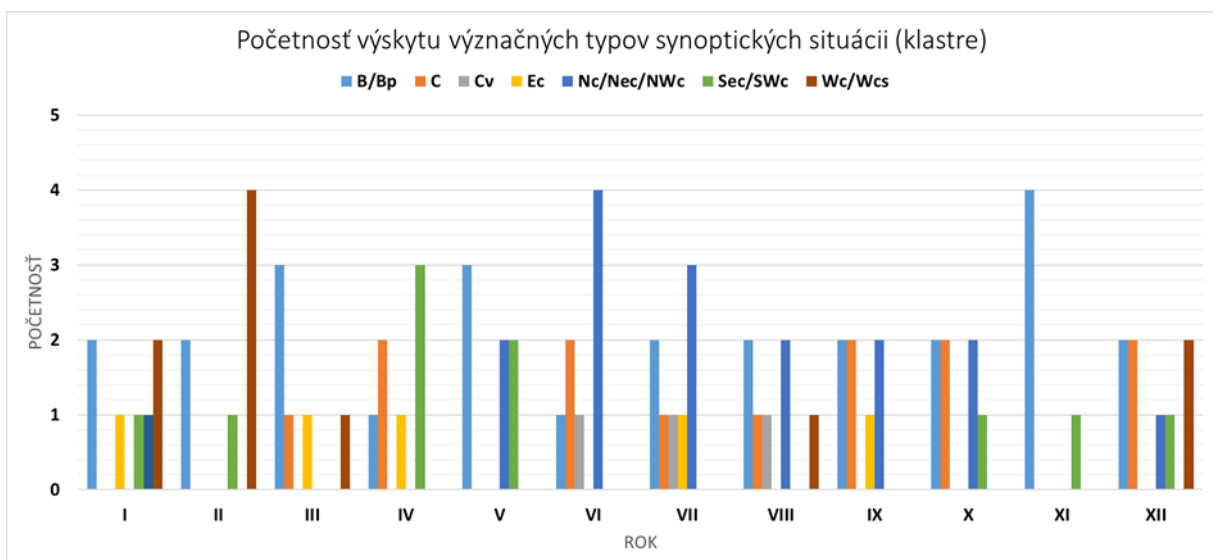
V rámci analýzy vplyvu význačných poveternostných situácií na priestorovú distribúciu maximálnych súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok sme sa podrobnejšie zamerali na výberový súbor 60 prípadov pozostávajúcich z piatich zrážkových udalostí s najvyššími priestorovými priemermi. Takýmto prístupom sme vytvorili vstupný súbor pozostávajúcich zo 78 význačných poveternostných situácií.

Elementárnym určením početnosti výskytu význačných situácií sme identifikovali 13 jednotlivých cirkulačných typov, pričom sa jednalo výlučne len o cyklonálne typy, medzi ktorými v rámci výberového súboru absentuje len výskyt južnej cyklonálnej situácie 2. druhu – SWc2. V ďalšom priebehu budeme analyzovať výskyt klastrov typizovaných synoptických situácií: 1. brázda a putujúca brázda (B/Bp) 2. cyklóna (C) 3. výšková cyklóna (Cv) 4. východná cyklonálna situácia (Ec) 5. cyklonálne situácie zo severných smerov (Nc/NEc/NWc) 6. cyklonálne situácie z južných smerov (SEc/SWc) a 7. cyklonálne situácie zo západných smerov (Wc/Wcs).



Obr.6: Relatívna početnosť výskytu klastrov typizovaných situácií priemerných maximálnych súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok na území Slovenska v období 1951-2010.

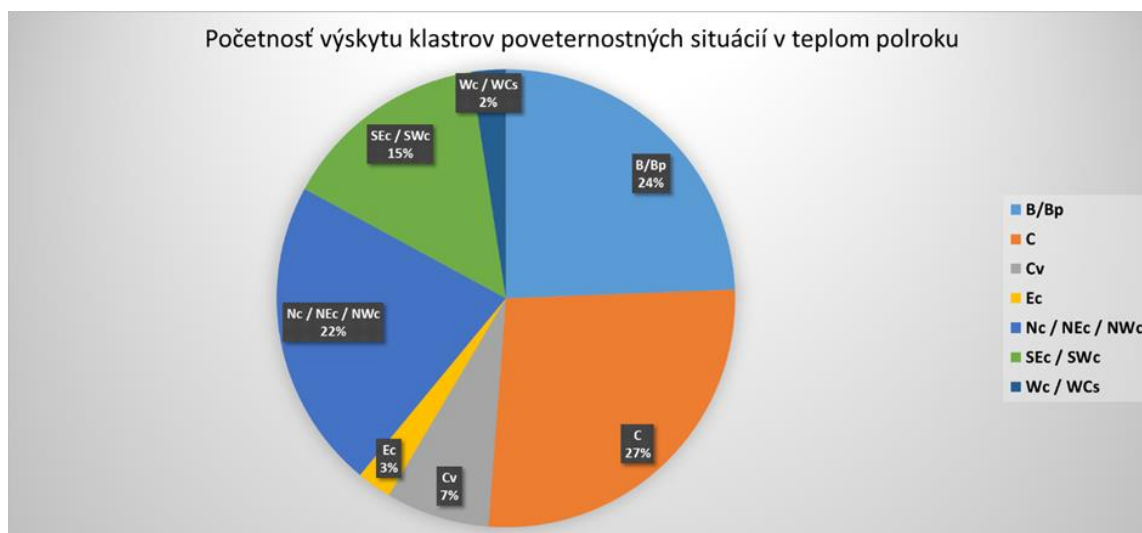
Pri charakteristike početnosti výskytu význačných cirkulačných typov pre najvyššie priemerné hodnoty maximálnych súm úhrnov zrážok nezávisle od mesiaca ich výskytu (Obr. 6.) pozorujeme dominanciu klastru B/Bp z 1/3 zastúpením. Zaujímavým poznatkom je však skutočnosť, že v tomto spracovaní nie je zahrnutá cirkulačná situácia brázda z roku 1970, pri ktorej bol nameraný celkovo najvyšší sumárny úhrn, keďže v rámci celého súboru staníc sa nejavila ako význačná. Podobne ako pri maximálnych ročných úhrnoch pozorujeme aj v rámci tejto charakteristiky významné zastúpenie cyklonálnych cirkulačných typov s centrálnou, severnou a južnou pozíciou spolu s výraznejším nárastom vplyvu význačných poveternostných situácií so západnou pozíciou. Výškové cyklonálne situácie spolu s východne lokalizovanými cyklonálnymi situáciami v rámci relatívnej početnosti výskytu nedosahujú ani 5% zastúpenie.



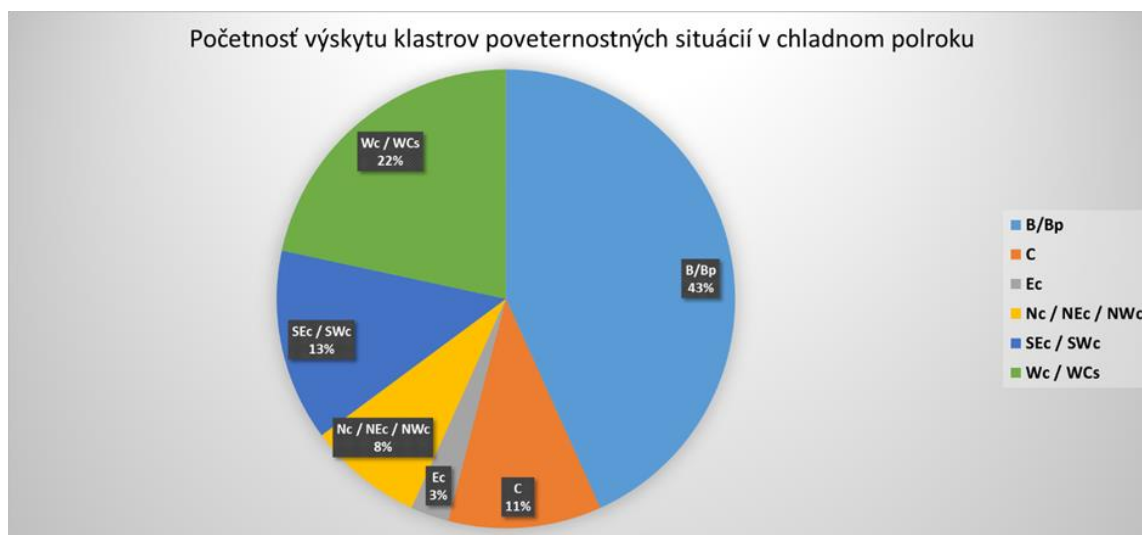
Obr. 7: Početnosť výskytu klastrov typizovaných situácií najvyšších priemerných súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok v rámci mesiacov na území Slovenska v období 1951-2010.

V rámci analýzy absolútnej početnosti výskytu klastrov význačných poveternostných situácií počas kalendárneho roka (Obr. 7) je aj v grafickej podobe viditeľná výrazná mezimesačná variabilita. Počas jednotlivých mesiacov sme identifikovali vplyv 2 až 5 rôznych klastrov, najviac (5) v mesiacoch júl, august a december a najmenej (2) v mesiaci november, v ktorom bola pozorovaná aj značná početná prevaha výskytu klastru s cirkulačným typom brázda.

Lepší pohľad na distribúciu a potenciálnu zmenu vplyvu cirkulačných typov v rámci roka je možné dosiahnuť separátnou analýzou v rámci klimatologického členenia na teplý polrok (apríl – september) (Obr. 8) a chladný polrok (október – marec) (Obr. 9). V teplom polroku sme identifikovali výrazný nárast vplyvu cyklonálnych situácií s centrálnou (nárast o 8%) a severnou orientáciou (nárast o 7%) na úkor výskytu klastra s brázdovou cirkuláciou (pokles o 9%) a cyklonálnych situácií so severnou dráhou (pokles o 10%). Zastúpenie cirkulačných typov z južných smerov ostalo takmer nezmenené. Zmena v zastúpení význačných situácií sa odzrkadlila aj pri identifikácii mesiacov s najvyššími hodnotami priemerných maximálnych súm úhrnov zrážok. Až v troch mesiacoch sa najvyššie hodnoty vyskytli počas pôsobenia klastra cyklonálnych situácií so severnou pozíciou (máj, júl, august), a zároveň sa nevyskytla žiadna počas pôsobenia situácií s cirkulačným typom brázda.



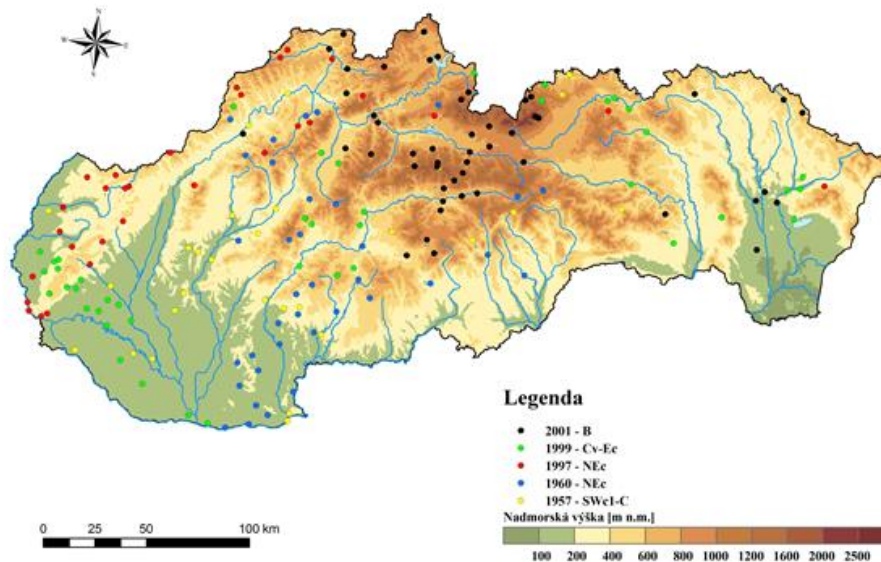
Obr. 8: Relatívna početnosť výskytu klasterov typizovaných situácií priemerných maximálnych súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok v teplom polroku na území Slovenska v období 1951-2010.



Obr. 9: Relatívna početnosť výskytu klasterov typizovaných situácií priemerných maximálnych súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok v chladnom polroku na území Slovenska v období 1951-2010.

Jedným z typických období, počas ktorého sú prítomné rysy veľkopriestorovej atmosférickej cirkulácie podmieňujúcej výskyt situácií s dobrou priestorovou distribúciou maximálnych 2-denných súm atmosférických zrážok v teplom polroku, sú mesiace vrcholného leta – júl a august. Na priestorovej distribúcii staníc s najvyššími hodnotami maximálnych súm 2-denných úhrnov zrážok vyskytujúcimi sa v rámci piatich situácií s najvyššími priemernými hodnotami môžeme počas mesiaca júl (Obr. 10) vidieť výrazný vplyv konvekčných situácií. V tomto mesiaci je tak zrejma aj relatívne vysoká početnosť

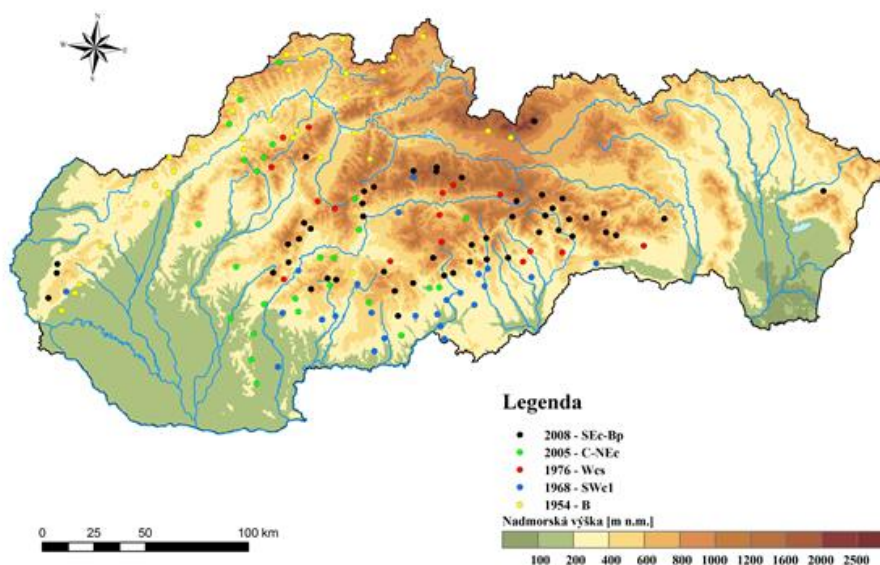
zastúpenia staníc situovaných v nížinných polohách na západe územia Slovenska, na ktorých boli v rámci situácií s najvyššími priemernými hodnotami (1957 – SWc1/C, 1960 – NEc, 1997 – NEc, 1999 – Cv/Ec) namerané vysoké maximálne sumy úhrnov zrážok. V roku 1999 môžeme dokonca na usporiadaní staníc pozorovať zrejmu dráhu postupu konvekčných zrážok postupujúcich juhovýchodo - severozápadným smerom z centrálnej časti Podunajskej nížiny cez Malé Karpaty na Záhorskú nížinu.



Obr. 10: Poloha 50 staníc s najvyššími hodnotami maximálnych súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok v rámci situácií s najvyššími priemernými hodnotami v júli na území Slovenska v období 1951-2010.

V chladnom polroku pozorujeme výrazne rozdielne zastúpenie klastrov poveternostných situácií podieľajúcich sa na tvorbe najvyšších priemerov maximálnych súm úhrnov zrážok (Obr. 9). Na rozdiel od teplého polroka sme zaznamenali (v porovnaní s celoročnou distribúciou) nielen výrazný nárast relatívneho zastúpenia klastra cyklonálnych situácií so západnou pozíciou a klastra s cirkuláciou typu brázda (nárast o 10%), ale počas mesiacov január február a marec aj najvyššie priemerné hodnoty práve počas pôsobenia týchto poveternostných situácií. Výraznejší ústup z pozícií sme zaznamenali v relatívnom zastúpení centrálnej cyklonálnej cirkulácie (pokles o 8%) a cyklonálnych situácií so severnou pozíciou (pokles o 7%), pričom práve tieto cirkulačné schémy hrali najdôležitejšiu úlohu pri tvorbe najvyšších maximálnych súm 2-denných úhrnov zrážok v priebehu teplého polroka. Bez výraznejšej zmeny ostali relatívne zastúpenia južných a východných cyklonálnych situácií, pričom môžeme ďalej konštatovať, že výškové cyklóny sa v chladnom polroku vôbec nepodieľali na genéze situácií s vysokými maximálnymi sumami úhrnov zrážok.

Zmena charakteru zrážok podmieňujúcich vznik vysokých maximálnych viacdenných súm úhrnov z konvekčných na trvalé a celková prestavba poľa poveternostných situácií vplyvujúcich na ich výskyt, ku ktorej prebieha v rámci chladného polroka, sa jednoznačne prejavuje aj na poli staníc s najvyššími maximálnymi hodnotami súm úhrnov zrážok. Priestorová distribúcia maximálnych hodnôt dosiahnutých počas období s piatimi najvyššími celosúborovými priemernými hodnotami vykazuje predovšetkým v mesiacoch október a december (Obr. 11) typickú koncentráciu v oblasti južných náveterných svahoch pohorí situovaných v centrálnej časti územia Slovenska, a to pri pôsobení relatívne širokého spektra význačných poveternostných situácií. Najvyššie priemerné hodnoty boli v rámci týchto mesiacov dosiahnuté v rámci situácie cyklóna nad strednou Európou (C) v októbri 1974 a vplyvom západnej cyklóny s južnou dráhou (Wcs) v decembri 1976.



Obr. 11: Poloha 50 staníc s najvyššími hodnotami maximálnych súm 2-denných úhrnov atmosférických zrážok v rámci situácií s najvyššími priemernými hodnotami v decembri na území Slovenska v období 1951-2010.

Záver

V našej práci sme sa venovali problematike spracovania a analýzy poľa maximálnych viacdenných úhrnov atmosférických zrážok, v našom prípade reprezentovanom novovytvoreným súborom hodnôt maximálnych súm 2- a 5-denných úhrnov zrážok vypočítaných z denných údajov nameraných vo výberovom súbore 486 zrážkomerných staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu s kvalitnými a konzistentnými časovými radmi meraní v rámci 60 ročného obdobia 1951 – 2010. V našom spracovaní sme na rozdiel od predchádzajúcich komplexnejších spracovaní, ktoré sa zaoberali problematikou viacdenných súm úhrnov zrážok na území Slovenska (Lapin et al., 2004), disponovali dostatočne širokým vstupným súborom údajov založeným na autentických nameraných hodnotách (v prípade mapového spracovania doplnených sieťou 60 virtuálnych bodov), a preto sme neboli nútení používať na získavanie viacdenných súm úhrnov zrážok metódu extrapolácie z hodnôt maximálnych denných súm v rámci početne malého súboru staníc, čo by malo prispieť ku zlepšeniu presnosti a dosiahnutého priestorového rozlíšenia poľa viacdenných úhrnov atmosférických zrážok. Elementárne štatistické spracovanie vstupných hodnôt v spojení s určením ich priestorovej distribúcie v podobe mapového spracovania a určenie priestorového priemeru maximálnych mesačných viacdenných súm spolu s presným časovým určením výskytu daných nameraných hodnôt nám umožnilo na základe československej typizácie význačných poveternostných situácií (Brádka et al., 1961) uskutočniť dynamicko-klimatologickú analýzu vplyvu typizovanej veľkopriestorovej atmosférickej cirkulácie na výskyt a výšku maximálnych súm viacdenných úhrnov atmosférických zrážok.

Priestorový priemer maximálnych súm viacdenných úhrnov atmosférických zrážok, slúžiaci na detekciu výskytu územne významných zrážkových situácií, dosahoval najvyššie hodnoty v oboch prípadoch v mesiacoch máj až október. Absolútne najvyššie priestorové úhrny sme pre zvolený viacdenný interval zaznamenali v júli 1997, pričom vypočítané priestorové priemery predstavovali pre 2-denné sumy 63,0 milimetrov a pre 5-denné sumy 80,7 milimetra. Maximálne priemerné hodnoty súm 2-denných úhrnov zrážok, sme nezávisle od mesiaca ich výskytu, zaznamenali opätovne predovšetkým počas pôsobenia cirkulačných typov B/Bp (33%) a C (19%). Takmer zhodné zastúpené boli klastre cirkulačných typov N/NWc/NEc (15%) a SEc/SWc (14%). Rozdelením roka na teplý a chladný polrok sme pozorovali zmeny v relatívnom zastúpení výskytu jednotlivých cirkulačných typov. V teplom polroku sme zaznamenali výraznejší nárast vplyvu klastra N/NWc/NEc (22%), naopak v chladnom polroku sa do popredia dostal dominantne postavený klaster B/Bp (43%) a klaster Wc/Wcs (22%).

Dynamicko-klimatologická analýza poukázala na skutočnosť, že aj regionálna československá typizácia význačných poveternostných situácií poskytuje pre priestorové priemerné hodnoty viacdenných súm zrážok, aj napriek svojej významnej subjektivite, veľmi dobré výsledky, ktoré korelujú s poznatkami o atmosférickej cirkulácii nad našim územím získanými z klimatologickej praxe. Do budúcnosti by však bolo dobré naše výsledky doplniť, respektíve konfrontovať s objektívnou dynamicko-klimatologickou analýzou, prípadne s analýzou prevládajúcich smerov výškového atmosférického prúdenia vyskytujúceho sa pri význačných viacdenných úhrnoch zrážok.

Literatúra

BINTANJA, R., VAN OLDENBORGH, G., J., DRIJFHOUT, S., S., WOUTERS B., KATSMAN C., A., (2013): *Important role for ocean warming and increased ice-shelf melt in Antarctic sea-ice expansion*, Nature Geoscience 6, pp 376-379.

BRÁDKA, J., a kolektív HMÚ, (1968): *Typizace v meteorologii*, Meteorologické Zprávy, Český hydrometeorologický ústav, Praha.

BRÁZDIL, R. - ŠTEKL, J. (1986): *Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR*, Univerzita J. E. Purkyně, Brno, ISSN 0323-018X.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, (2017): *Typizace povětrnostních situací pro území České republiky*, Kalendář pro jednotlivé roky, Praha, dostupné online : <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci>.

FAŠKO, P., ŠTASTNÝ, P., ŠVEC, M., KAJABA, P., (2015): *Výskyt a priestorové rozloženie vysokých denných a viacdenných úhrnov zrážok na Slovensku*, Manažment povodí a povodňových rizík 2015 a Hydrologické dni 2015, ÚH SAV, Bratislava.

LAPIN, M., P., GAÁL, L., FAŠKO, P., (2004): *Maximálne viacdenné úhrny zrážok na Slovensku*, Seminár „Extrémny počasí a podnebí“, Brno, 2004, ISBN 80-86690-12-1.

LAPIN, M., TOMLAIN, J., (2001): *Všeobecná a regionálna klimatológia*, Vydavateľstvo UK, Bratislava, ISBN 80-223-1433-1.

MARKOVIČ, L., FAŠKO, P., BOCHNÍČEK, O., (2016): *Zmeny dlhodobých priemerných mesačných a ročných úhrnov atmosférických zrážok na Slovensku*, Acta Hydrologica Slovaca, č. 2, 2016, ÚH SAV, Bratislava, pp. 235 – 242.

MARKOVIČ, L., (2017): *Analýza maximálnych dvojdenných a päťdenných úhrnov atmosférických zrážok na území Slovenska v období 1951-2010*. [Diplomová práca]. Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Oddelenie astronómie, fyziky Zeme a meteorológie. Bratislava. pp 73.

SHMÚ, (2017): *Typy poveternostných situácií*, Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, dostupné online : <http://www.shmu.sk/sk/?page=8>.

ŠERCL, P., (2008): *AGHydroInterpolace (Interpolating Procedures for ArcGIS)*, Uživatelská příručka. Praha, ČHMÚ. pp 18.

VIHMA, T., (2014): *Effects of Arctic Sea Ice Decline on Weather and Climate: A Review*, Surveys in Geophysics, Volume 35, Issue 5, pp. 1175–1214.

WETTERZENTRALE, (2017): *NCEP Reanalysis*, Dostupné online: <http://old.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaeur.html>.

DYNAMIC-CLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF THE AVERAGE VALUES OF MAXIMUM 2-DAY ATMOSPHERIC PRECIPITATION TOTALS IN THE SLOVAK REPUBLIC IN THE PERIOD 1951-2010

The ongoing global climate change has an undeniable impact on weather and climate. The associated long-term growth of global air temperature, particularly in the Arctic and Polar regions of the oceans in the northern hemisphere (Vihma, 2014), can be directly linked to continental ice melting and continually diminishing sea ice extent (Bintanja et al., 2013). It is very likely, that the rise in the surface layers water temperature in the North Atlantic Ocean and the Arctic Ocean affects the dynamics of atmospheric flow and consequently, the process of genesis, vertical and horizontal dimensions, stability and patterns of movement of low and high pressure areas. This change in conditions of synoptic scale atmospheric circulation leads to a change in the distribution of precipitation during the year in Slovakia, displaying as an increase in the share of convective based stormy downpours in the total precipitation sums (Faško et al., 2015) (Markovič et al., 2016) and the increasing extremity of precipitation events .

Our thesis deals with the study of the maximum 2-day atmospheric precipitation totals in the Slovak Republic in the period 1951-2010 in terms of their spatial and temporal distribution with goal to create basic dynamic-climatological analysis of those synoptic situations, which leads to occurrence of extreme multi-day rainfall situation. The most important factors, that effect their genesis are, of course, processes taking place in the atmosphere, more particularly in its lowest layer - the troposphere, and the orographic diversity of the area, which together significantly affect distribution of precipitation in selected area. For this reason is our study constructed as a causal analysis of relationships between localized tropospheric circulation defined by the Czechoslovak catalogue of the typified synoptic situations (Brádka, 1968), the predominant atmospheric flow and spatial and temporal distribution of 2-day precipitation totals.

In Slovakia, have been already previously processed general studies that dealt with multi-day rainfall totals (Lapin, at al. 2004), however, due to the limited number of precipitation stations with processed maximum multi-day precipitation totals and time-consuming process of obtaining this data, only limited set of precipitation stations with authentic data was used in these studies. In our thesis was used newly created set of maximum 2-day precipitation totals from 486 precipitation stations owned and operated by Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ), which were observing in the period 1951-2010 and their time series meets requirements of completeness and consistency.

Our research conducted for this thesis, pointed out on fact, that high values of the maximum sums of 2-day atmospheric precipitation totals in the period 1951 - 2010 were achieved, within the the selection's network mainly in the warm half-year and showed a significant dependence on the orography. The absolute highest sum of the multiday total over the selected 2-day interval exceeded 200 millimeters and were measured in the summer months of July at precipitation stations located in the mountainous areas of northwest Slovakia in the Orava region. We have also observed significant variability in the spatial distribution of 2-day rainfall sums. For sums of maximum 2-day precipitation totals is this fact particularly obvious in the second half of spring and summer. This result can be most likely assigned to the strengthened impact of convective precipitation resulting in suppressed range of observed orographic effects.

The spatial average of the maximum precipitation sums used to detect the occurrence of spatially significant precipitation events reached its highest value within the May – October period. The highest spatial sum were recorded in July, with calculated spatial averages exceeding 60 millimeters values. The maximum means, independent of the month of occurrence, were recorded during the occurrence of low pressure trough (B/Bp) and cyclone over Central Europe (C) circulating types. Interesting changes in the relative occurrence of individual circulating types were observed after dividing the year into warm (April – September) and cold half year (October – March). In the warmer half of the year were recorded a more pronounced increase in the impact of the north localized cyclonic circulation cluster type (N/NWc/NEc), while cold half year was dominated by low pressure trough (B/Bp) and west localized cyclonic circulation cluster type (Wc/Wcs) clusters.

Dynamic-climatological analysis has highlighted the fact that even regional Czechoslovak typification of significant synoptic situations, provides for spatial averages of maximum sums of 2-day totals, despite their significant subjectivity, very good results that correlate with the long-term climatological knowledge of atmospheric circulation over our territory. In the future, however, it would

be necessary to confront our results with objective dynamic-climatological analysis, or analyze the prevailing directions of the atmospheric flow occurring during significant multi-day rainfall events.

Key words: multi-day precipitation totals, dynamical-climatological analysis, typification of synoptic situations, spatial analysis.