TRENDY ZRÁŽOK V ZRÁŽKOMERNÝCH STANICIACH NA SLOVENSKU

Martina Zeleňáková, Pavol Purcz, Helena Hlavatá, Mária Manuela Portela

Cieľom tejto štúdie bolo zistiť trendy zrážok v zrážkomerných staniciach na Slovensku. Skúmali sme 487 staníc počas obdobia 1981-2014. Mesačné zrážkové trendy boli detekované neparametrickým štatistickým Mann-Kendallovým testom. Trendy zrážok preukazujú veľkú variabilitu. Časové rady zrážok na Slovensku v meracích staniciach majú najmä rastúci trend, najmä v mesiaci júl. Dosiahnuté výsledky môžu byť podkladom pre vypracovanie plánov manažmentu povodí, ktoré v rámci posudzovania rizika sa budú zaoberať všetkými aspektmi environmentálneho riadenia rizík so zameraním na prevenciu, ochranu, pripravenosť vrátane predpovedí a systémov včasného varovania a s prihliadnutím na charakteristiky jednotlivých povodí. Je vysoko žiaduce, ale aj uskutočniteľné obmedziť riziko nepriaznivých dôsledkov, najmä pre ľudské zdravie a život, životné prostredie, kultúrne dedičstvo, hospodársku činnosť a infraštruktúru spojených s extrémnymi hydrologickými javmi v povodiach vodných tokov. Avšak opatrenia na zníženie týchto rizík, ak majú byť účinné, musia byť, pokiaľ možno, koordinované v celom povodí.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: zrážky, Mann-Kendallov test, Sen koeficient, trend, Slovensko

TRENDS OFPRECIPITATION IN GAUGING STATIONS IN SLOVAKIA. The aim of this study was to determine trends in gauging stations in Slovakia. We investigated 487 stations during the period 1981-2014. Monthly rainfall trends were detected by non-parametric Mann-Kendall statistical test. Precipitation trends show high variability. The precipitation time series in Slovakia in gauging stations in particular have an increasing trend, especially in the month of July. Achieved results can be the basis for the development of river basin management plans, within the framework of risk assessment they will address all aspects of environmental risk management focusing on prevention, protection, preparedness, including forecasts and early warning systems and taking into account the characteristics of each river basin. It is highly desirable but also feasible to limit the risk of adverse consequences, especially for human health and life, the environment, cultural heritage, economic activity and infrastructure associated with extreme hydrological phenomena in the river basins. However, measures to reduce these risks if they are to be effective, must as far as possible, be coordinated throughout the river basin.

KEY WORDS: precipitation, Mann-Kendall test, Sen estimator, trend, Slovakia

Úvod

Počas posledných desaťročí extrémne meteorologické a hydrologické javy sa vyskytujú častejšie a ich dôsledky sú ničivejšie. Medzi tie, ktoré najviac ovplyvňujú ľudské životy, majetok a prírodné prostredie, patria: nadmerné množstvo zrážok, čo generuje záplavy, a hydrologické suchá. Extrémne hydrologické udalosti sú v prírode nevyhnutné a stochastické. Návrhové hodnoty extrémnych hydrologických javov ako sú záplavy a suchá sú spoločným kritériom používaným v konštrukciách inžinierskych stavieb a systémov zásobovania vodou. V analýze extrémnych hydrologických javov, sú za dva odlišné parametre považované: na jednej strane, maximálne prietoky, ktorých dopady sú najintenzívnejšie v urbanizovaných prostrediach, a na druhej strane, minimálne prietoky a suchá, ktoré sú oveľa menej spektakulárne, ale ktorých vplyv je oveľa silnejší. Povodne a suchá sú prírodným fenoménom, ktorému sa nedá zabrániť. Avšak, niektoré ľudské aktivity (ako napríklad rastúce osídľovanie a hospodársky majetok v záplavových územiach a obmedzenie prirodzeného zadržiavania vody v pôde) a klimatické zmeny prispievajú k zvyšovaniu pravdepodobnosti výskytu a nepriaznivých vplyvov extrémnych hydrologických udalostí.

Hydrologické extrémy (povodne, suchá) sú náhodné prírodné javy, ktoré sa nevyskytujú len v špecifických regiónoch, ale zaberajú rozsiahle územia štátov, a tým v značnej miere ovplyvňujú životy ľudí a ich činnosti. Problematike povodní je venovaná väčšia pozornosť v správach ako aj vo vedeckej literatúre, pretože priebeh povodne je relatívne rýchly, značne viditeľný spolu s dramatickými dôsledkami (Van Loon, 2013). Priebeh sucha je význačne pomalý, a preto sucho je často špecifikované ako plazivý fenomén. Sucho od povodní a iných prírodných rizík sa líši tým, že (Wilhite, 2000): 1) Určenie začiatku a konca obdobia sucha je zložité, pretože jeho dopady sa akumulujú, pretrvávajú niekoľko týždňov, mesiacov až rokov a ovplyvňujú rozsiahle územia. 2) Dopady sucha zaberajú rozsiahle zemepisné plochy a ich kvantifikácia je náročná oproti iným prírodným rizikám. 3) Ľudská činnosť môže priamo vyvolať sucho (nadmerná poľnohospodárska činnosť a nadmerné zavlažovanie ovplyvňuje schopnosť pôdy zachytiť a udržať vodu, odlesňovanie, nadmerné využívanie dostupnej vody a iné).

Manažment riadenia týchto rizík má byť rozpracovaný na medzinárodnej, regionálnej a lokálnej úrovni. Medzinárodné riadenie povodňového rizika prebieha v rámci piatich akčných plánov, ktoré vypracováva Slovensko v spolupráci s ostatnými štátmi a v správnom území povodia Dunaja tiež prostredníctvom ICPDR (MŽP SR, 2010). Medzinárodné riadenie rizika sucha sa má vykonávať pomocou národných akčných programov

(NAP), ktoré sú jedným z kľúčových nástrojov pri vykonávaní dohovoru OSN v boji proti dezertifikácii (UNCCD - UN Convention to combat desertification). Opatrenia prijaté členskými štátmi v národných akčných programoch posudzuje Komisia (EC, 2007a). Riešenie rizika sucha (povodne) na regionálnej a lokálnej úrovni má prebiehať prostredníctvom plánov manažmentu povodňového rizika, ktoré vypracuje každá členská krajina Európskej únie do konca roku 2015.
Počas uplynulých rokoch na území EÚ, intenzita výskytu povodní a súch sa viac zvyšuje. V období rokov 1976-2006 sa v EÚ dramaticky zvýšil počet súch a ich intenzita o takmer 20 % a celkové náklady na odstránenie ich škôd sa vyšplhali na 100 miliárd EUR. Jedno z najrozsiahlejších súch bolo v roku 2003, ktoré zasiahlo tretinu územia EÚ a vyše 100 miliónov ľudí, a tým spôsobilo škodu najmenej za 8,7 miliardy EUR (COM (2007) 414). V rokoch 1998 až 2006 došlo v Európe k viac ako 100 veľkým záplavám vrátane katastrofických záplav na Dunaji a Labe v roku 2002. Tieto záplavy mali za následok stratu okolo 700 ľudských životov, evakuáciu asi pol milióna obyvateľov a hospodárske straty v celkovej výške asi 25 miliárd eur. Po povodniach v Rakúsku, Bulharsku, Francúzsku, Nemecku, Rumunsku a inde tieto čísla ešte narástli.
Regióny na severe a severovýchode Európy sú najviac náchylné na zvýšenie povodňovej frekvencie, zatiaľ čo v južnej a juhovýchodnej Európe sa vykazuje výrazné zvýšenie frekvencie sucha (Mishra et al., 2010). Nebezpečenstvo výskytu povodní a súch stále stúpa a otázky týkajúce sa ochrany pred týmito rizikami sa stávajú stále aktuálnejšou témou a nadobúdajú čoraz väčší medzinárodný rozmer.
Atmosférické zrážky sa zvyknú považovať spolu s teplotou vzduchu za najdôležitejší meteorologický prvok. Patria aj k najpremenlivejším meteorologickým prvkom tak z priestorového ako aj časového hľadiska. Atmosférické zrážky najviac ovplyvňuje geografická poloha územia, nadmorská výška, náveternosť, resp. záveternosť územia k prevládajúcemu prúdeniu, prinášajúcemu vlhké vzduchové hmoty a frontálne systémy. Na Slovensku priemerný ročný úhrn zrážok kolíše od menej ako 500 mm v oblasti Galanty, Senca a východnej časti Žitného ostrova do približne 2 000 mm vo Vysokých Tatrách (Zbojnícka chata 2 130 mm). Pohoria na severozápade a severe Slovenska sú vo všeobecnosti bohatšie na atmosférické zrážky, než pohoria v strednej, južnej a východnej oblasti Slovenska. V priebehu roka pripadá na letné obdobie (jún-august) približne 40 %, na jar 25 %, na jeseň 20 % a na zimu 15 % zrážok (zreteľná je teda prevaha zrážok v lete). Najdaždivejší mesiac býva jún alebo júl a najmenej zrážok je v januári až marci. Veľká premenlivosť zrážok spôsobuje najmä na nížinách časté a niekedy dlhotrvajúce obdobie sucha (SHMU, 2015).
Príspevok sa zaoberá hodnotením trendov zrážok na území východného Slovenska, ktoré podporí riešenie problematiky hydrologických rizík: povodní a súch za účelom plánovania riadenia povodí.

Materiál a metódy

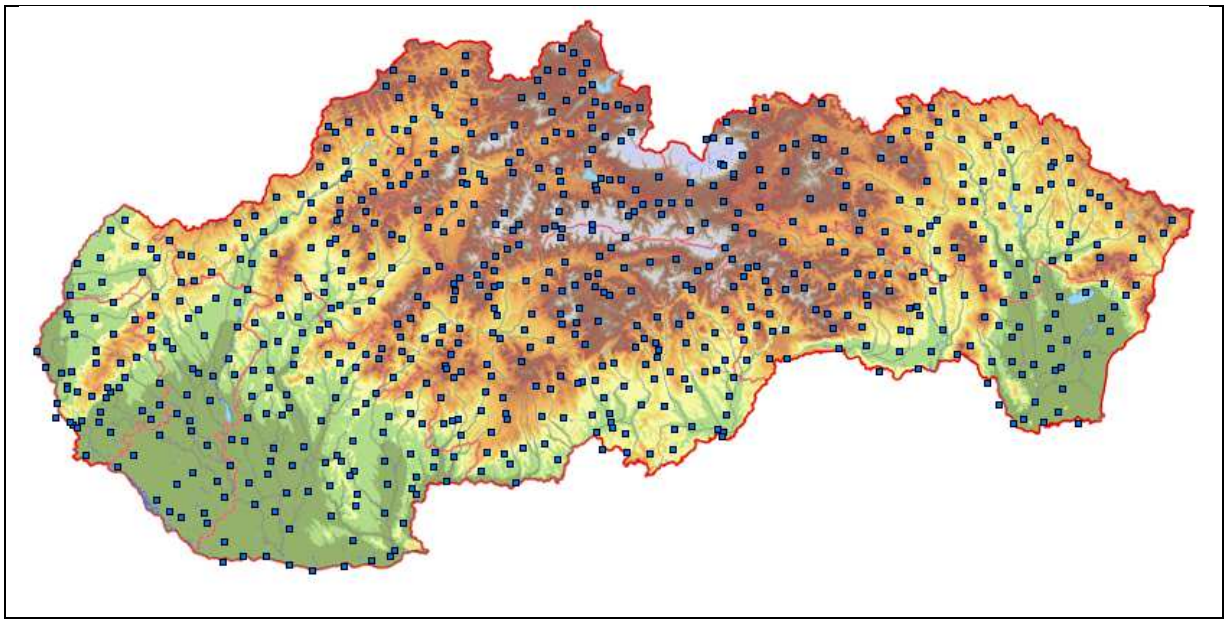
Klíma Slovenska

Pri analýze klímy (podnebia) Slovenskej republiky vychádzame z geografickej polohy územia v Európe, resp. strednej Európe a z nej vyplývajúcej príslušnosti ku klimatickému pásmu a klimatickej oblasti. Územie Slovenska patrí z hľadiska globálnej klimatickej klasifikácie do severného mierneho klimatického pásma s pravidelným striedaním štyroch ročných období a premenlivým počasím s relatívne rovnomerným rozložením zrážok počas roka. Horské pásma, najmä vysoké, tvoria významné klimatické predely a spolu s členitým terénom podstatne ovplyvňujú jednotlivé klimatické prvky, najmä teplotu vzduchu, atmosférické zrážky, vlhkosť vzduchu, oblačnosť, slnečný svit a veterné pomery a pod. Preto klimaticky odlišný charakter majú nížiny, kotliny, doliny, svahy a hrebene horských masívov. Tvar územia Slovenska, pretiahnutý v západo-východnom smere taktiež podmieňuje rozdiely teplotných a zrážkových pomeroch západného a východného Slovenska. Klíma na Slovensku prejavuje výraznými kontinentálnymi znakmi. Podnebie konkrétneho územia ovplyvňujú i mikroklimatické faktory, najmä tvar reliéfu (konvexný alebo konkávny), orientácia reliéfu voči svetovým stranám a prevládajúcemu prúdeniu, relatívna výšková členitosť, vegetácia i antropogénne vplyvy (SHMU, 2015).

Údaje

Na Slovensku je 634 zrážkomerných staníc prevádzkovaných Slovenským hydrometeorologickým ústavom, ktorému patrí poďakovanie za poskytnutie údajov pre spracovanie predmetného príspevku. Na obrázku 1 je znázornené priestorové rozloženie staníc. Pre vyhodnotenie analýzy trendov atmosférických zrážok v období od roku 1981 do roku 2014 na území Slovenska sme pracovali z údajmi zo 487 staníc, pre ktoré boli najviac kompletné pozorovania. Ostatné stanice vykazovali vysoký podiel chýbajúcich údajov. Vybrané stanice mali tiež chýbajúce údaje, ktoré bola doplnené na základe lineárnej regresnej analýzy. Za týmto účelom všetky chýbajúce údaje v stanici S1, blízko zrážkomernej stanice S2, boli identifikované za predpokladu, že: 1) R1 a R2 mali

najmenej 10 rokov kontinuálnych záznamov v mesiaci, v ktorom chýbali údaje; 2) korelačný koeficient medzi dvoma mesačnými časovými radmi bol vyšší ako 0,7.



Obr. 1. *Zrážkomerná sieť na Slovensku.*
Fig. 1. *Gauging stations in Slovakia.*

Štatistická analýza

Na preukázanie prítomnosti štatisticky významného trendu v hydro-klimatických veličinách mnohí výskumníci používajú neparametrický Mann-Kendallov (MK) test (Burn, 2002; Partal, Kahya, 2006; Jain a kol., 2012). Test bol pôvodne používaný autorom Mannom v roku 1945, a následne zmenený Kendallom v roku 1975, ktorý založil príslušné štatistiky. Tento typ testu bol široko aplikovaný na analýzy trendov a jeho výsledky sa ukázali veľmi konzistentné (Santos et al., 2007; Onoz et al., 2003). Vhodný je pre štatistické súbory väčšieho rozsahu. Mann-Kendalova metóda hľadá trend v časových radoch bez špecifikácie či trend je lineárny alebo nelinárny. Testuje nulovú hypotézu žiadneho trendu oproti alternatívnej hypotéze existencie rastúceho alebo klesajúceho trendu. Neparametrický test je test, ktorý nerobí žiaden predpoklad pre rozdelenie pravdepodobnosti náhodnej premennej.
Mann-Kendallov test je založený na štatistickej hodnote *S*, ktorá je definovaná ako (Onoz et al., 2003):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sgn(x_j - x_i) \qquad (1)$$

kde
n - počet údajov,
x_i, x_j - údaje v čase i a j.
Hodnota sgn($x_j - x_k$) je vyjadrená nasledovne:

$$sgn(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & ak\ (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & ak\ (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & ak\ (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \qquad (2)$$

Táto štatistika prezentuje počet kladných rozdielov mínus počet záporných rozdielov všetkých uvažovaných rozdielov hodnôt. Pre väčšiu vzorku údajov (n □ 10) test vychádza z normálneho rozdelenia (Helsel a Hirsh, 1992) s koeficientom variácie:

$$Var(S) = [n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i - 1)(2t_i + 5)]/18 \qquad (3)$$

kde

m - je počet viazaných skupín (nulová hodnota medzi porovnávanými hodnotami),
t_k - počet údajov v i-tej viazanej skupine.
Potom štatistika Z je vypočítaná ako (Hirsch a kol., 1993):

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & ak \quad S > 0 \\ 0 & ak \quad S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & ak \quad S < 0 \end{cases} \qquad (4)$$

Ak vypočítaná hodnota $|Z| > Z_{\alpha/2}$, nulová hypotéza H_0 je zamietnutá na hladine významnosti α v dvojstrannom teste. V tejto analýze bola nulová hypotéza testovaná na hladine významnosti 95%.
Stanovenie veľkosti získaných štatisticky významných trendov bolo realizované výpočtom Sen koeficientu. Senova metóda predpokladá lineárny trend v časových radoch a je široko využívaná pre určenie veľkosti trendov v hydroklimatických časových radoch. V tejto metóde je smernica (β) vypočítaná ako:

$$\beta = Median\left(\left(x_j - x_k\right)/(j-k)\right) \qquad (5)$$

kde
x_i, x_k - údaje v čase j and k ($j > k$).

Kladná hodnota β indikuje rastúci trend a záporná hodnota indikuje klesajúci trend v časových radoch. Medián je číslo ležiace uprostred variačného radu, ktorý je vytvorený z hodnôt zrážkových úhrnov z jednej stanice usporiadaných vzostupne za celé časové obdobie.
Všetky potrebné matematické vzťahy boli naprogramované vo Visual Basicu v prostredí Microsoft Excel 2003.

Metodika

Získané súbory zrážkomerných údajov boli spracované a štatisticky analyzované s nasledujúcou postupnosťou:

- Určenie fixného časového obdobia – meranie zrážkových úhrnov v zrážkomerných staniciach sa časovo odlišovalo. Pre korektné porovnávanie bolo nevyhnutné najprv stanoviť fixný rok pozorovania. Hranica bola stanovená od roku 1981 po rok 2014. Tento časový interval bol spoločným prienikom pre všetky vybrané stanice.
- Vytvorenie databázy štatistických súborov s ohľadom na ich ďalšie spracovanie – základná údajová databáza bola vytvorená úpravou a usporiadaním hodnôt zrážkových úhrnov do štatistických súborov za zvolené časové obdobie. Jeden súbor hodnôt prislúcha jednej hodnotenej stanici. Získané štatistické súbory vstupujú samostatne do štatistického testovania.
- Testovanie štatistických súborov – štatistickými testami je možné zachytiť existenciu trendov v hydrologických i klimatologických časových radoch (Onoz et al., 2003). Účelom testovania bolo zistiť či existuje štatisticky významný trend úhrnu zrážok, respektíve či hodnoty náhodnej veličiny (zrážok) sa všeobecne zvyšujú alebo znižujú počas určitej doby hodnotenia. Spracovávané hydrologické údaje, ktoré vstupovali do testovania tvorili homogénny štatistický súbor. Testovanie možno zhrnúť do 5 základných krokov:
    - Formulácia hypotéz H_0 a H_1.
    - Voľba hladiny významnosti (0,05).
    - Určenie testovacej štatistiky a jej kritického oboru.
    - Samotný výpočet.
    - Vyhodnotenie výsledkov.

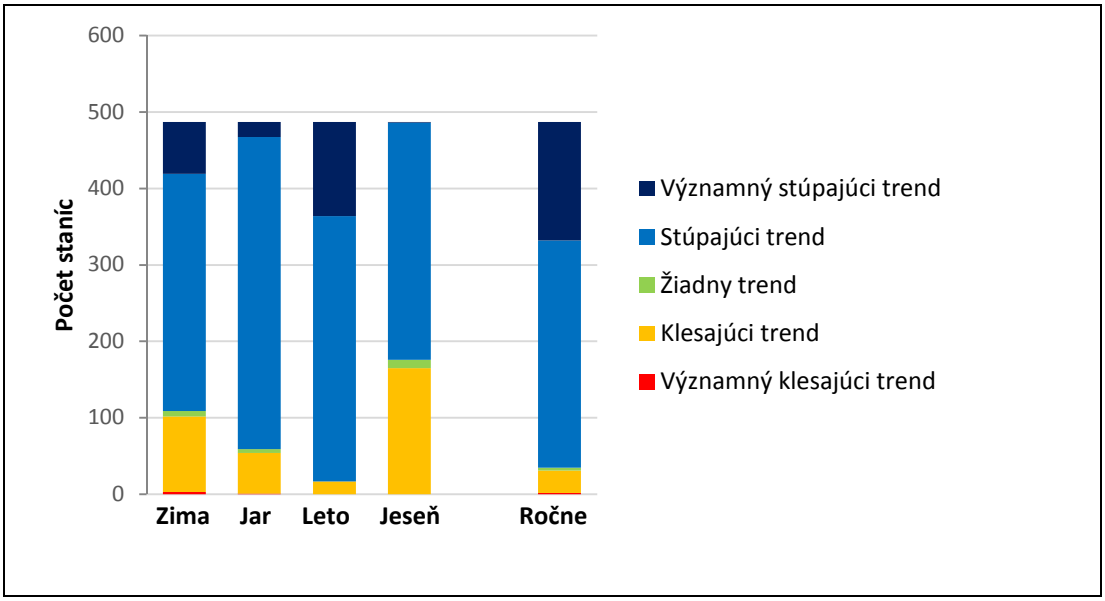
Štatistický test slúži ako pravidlo, podľa ktorého sa rozhodne, či testovanú hypotézu H_0 zamietneme alebo nezamietneme (Šťavina, 2010).

Výsledky a diskusia

V tejto štúdii bol v prostredí Microsoft Excel vyvinutý program použitý na generovanie algoritmu neparametrickej štatistickej analýzy. Distribúcia trendov je znázornená na Obr. 2 pre jednotlivé ročné obdobia. Konkrétny počet staníc pre pozitívne a negatívne trendy na 95% hladine spoľahlivosti je ukázaný na Obr. 2, respektíve ročné a sezónne časové rozdelenie trendov dátových radov zrážok v období 1981-2014. Informácie o ročných a sezónnych výsledkoch trendovej analýzy sú diskutované v nasledujúcom texte.

Ročné trendy

Analýza ročného trendu časových radov zrážok pomocou MK testu identifikovala takmer vo všetkých staniciach pozitívny trend, v 452 zo 487 staníc, čo tvorí 93% hodnotených zrážkomerných staníc a 31 hodnotených slovenských zrážkomerných staníc (6%) s negatívnym trendom (Obr. 2). Pomocou Senovho koeficientu – hodnoty β na stanovenej hladine významnosti s 95% úrovňou spoľahlivosti bolo identifikovaných 155 staníc so štatisticky významným pozitívnym trendom a 2 stanice so štatisticky významným negatívnym trendom (Obr. 2). Významné negatívne trendy boli identifikované v severnej časti Slovenska, v okolí vodnej nádrže Orava, významné pozitívne trendy boli identifikované po celom území Slovenska.



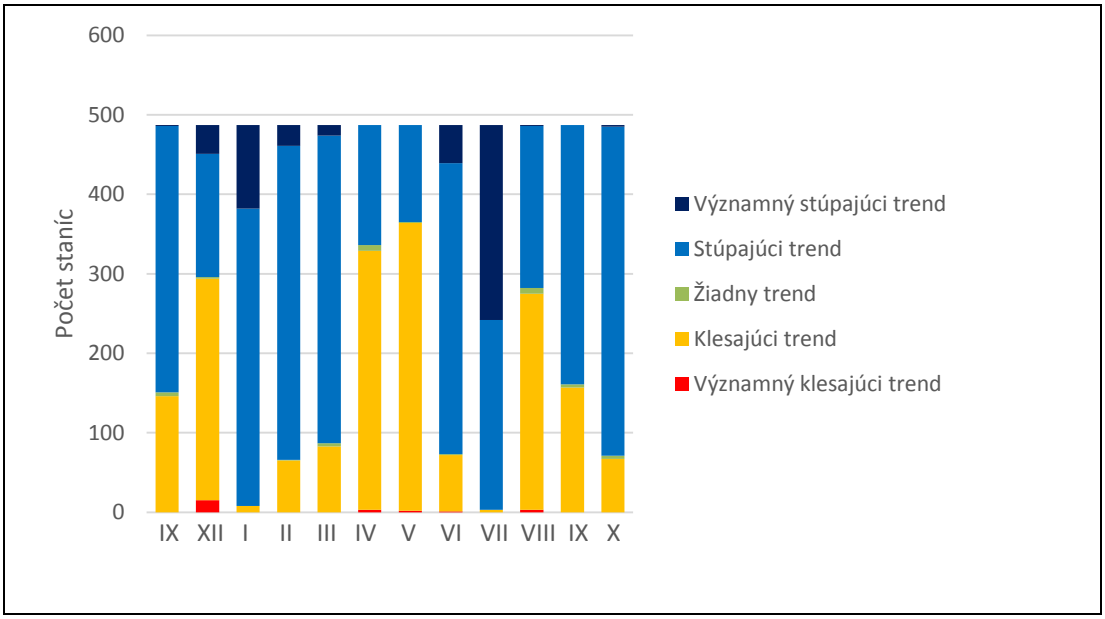
Obr. 2. Počet zrážkomerných staníc s klesajúcimi a stúpajúcimi sezónnymi a ročnými trendami (hladina štatistickej významnosti ≥ 95%).
Fig. 2. Number of gauging stations of overall negative and positive trends in seasonal time scale and annual (significant confidence level ≥ 95%).

Sezónne trendy

Čo sa týka sezónneho hodnotenia, je uvedené v nasledujúcom.
V zimnom období (november, december a január) MK test potvrdil opäť pozitívny trend vo veľmi vysokom počte staníc na území celého Slovenska – 378 zo 487 staníc, čo predstavuje 78% (Obr. 2). Z uvedených bol zistený štatisticky významný pozitívny trend v 68-ich staniciach (s 95%-ou úrovňou spoľahlivosti) a iba v troch staniciach bol zistený štatisticky významný negatívny trend (Obr. 2). Významné negatívne trendy boli identifikované v severnej časti krajiny, v regióne Orava. Veľkosť trendu kolíše medzi -0,33 a 0,452 mm/sezónu za rok.
V jarnom období (február, marec, apríl) MK test potvrdil pozitívny trend v 88-ich% staniciach (428 zo 487 staníc; Obr. 2), štatisticky významný pozitívny trend bol potvrdený v 20-tich staniciach. Významný negatívny trend je len v 1 stanici (Obr. 2). Stanica so štatisticky významným negatívnym trendom je rovnaká ako v predchádzajúcich prípadoch – nachádza sa na severe, neďaleko vodnej nádrže Orava, konkrétne v stanici Oravská Polhora. Rovnako ako v zime, stanice na Slovensku preukazujú aj v jarnom období stúpajúci trend zrážok. Rozsah veľkosti trendu v jarných zrážkach sa pohyboval v rozmedzí -0,168 až 0,303 mm/sezónu za rok.
Letné (máj, jún, júl) zrážkové trendy ukazujú rovnaký charakter ako má zima a jar. Pozitívny trend v zrážkových úhrnoch je v tomto období najzreteľnejší v zrážkomerných staniciach na Slovensku. V lete 470 (97%) staníc preukazuje pozitívne a len 17 (3%) staníc vykazuje negatívne trendy (Obr. 2). Počet staníc 123 vykazuje štatisticky významné pozitívne trendy a v žiadnej stanici nebol potvrdený štatisticky významný negatívny trend (Obr. 2). Veľkosť letných zrážkových trendov kolísala medzi -0,21 a 0,669 mm/sezónu za rok.
Aj jesenné (august, september, október) série zrážok vykazujú stúpajúci trend v priebehu sledovaného obdobia vo väčšine staníc – 310 zo 487 (64%). Klesajúci trend v jesenom období vykazuje 34% zo slovenských staníc (Obr. 2). Veľkosť trendu kolísala medzi -0,255 a 0,226 mm/obdobie za rok.

Mesačné trendy

Na nasledujúcom Obrázku 3 je znázornený počet stúpajúcich a klesajúcich aj štatisticky významných trendov v hodnotených zrážkomerných staniciach Slovenska pre jednotlivé mesiace hydrologického roka (od novembra do októbra).
Tak ako dokázalo aj predchádzajúce hodnotenie najvyšší počet stúpajúcich trendov v zrážkových úhrnoch v zrážkomerných staniciach Slovenska je na konci zimného obdobia, na začiatku jarného obdobia, v letnom období, konkrétne v mesiacoch január, február, marec a potom v júni a júli. Štatisticky významné stúpajúce trendy sa preukázali v júli.
Vysoký počet pozitívnych trendov v zrážkach bol preukázaný aj v mesiaci október. Najviac klesajúcich trendov bolo v mesiacoch december, apríl, máj a august, v týchto mesiacoch sa preukázal aj štatisticky významný klesajúci trend, i keď len vo veľmi nízkom počte staníc – 3 stanice v apríli a auguste, 2 stanice v máji a 15 staníc v mesiaci december.



Obr. 3. Počet zrážkomerných staníc s klesajúcimi a stúpajúcimi mesačnými trendami (hladina štatistickej významnosti ≥ 95%).
Fig. 3. Number of gauging stations of overall negative and positive trends in monthly time scale (significant confidence level ≥ 95%).

Záver

Väčšina z nedávnych štúdií o zmene klímy ukazuje, že správanie sa niektorých klimatologických premenných sa zmenila a bude sa meniť. V závislosti od typu premennej možno očakávať zvýšenie alebo zníženie hodnôt veličiny, zmenu frekvencie, rôznorodosť jej distribúcie v priestore. V niektorých oblastiach možno očakávať zvýšené zrážky a povodne, zatiaľ čo iné oblasti budú mať menšie zrážky a dlhšie obdobia sucha, čo znamená v konečnom dôsledku nedostatok vody.
Mann-Kendallov test spojený so Senovým koeficientom bol aplikovaný na identifikáciu štatisticky významných trendov, rovnako ako na zistenie stúpajúcich alebo klesajúcich trendov a veľkosti týchto trendov. Dosiahnuté výsledky pre časové rady zrážok identifikovali stúpajúci trend, čo potvrdzuje predchádzajúce štúdie pre posúdenie klímy Slovenska. Podľa štúdie SHMÚ najdaždivejšie mesiace sú zvyčajne jún a júl a najmenej zrážok je od januára do marca. Medzinárodná asociácia pre klimatickú zmenu (IPCC, 2007) konštatuje, že zrážky všeobecne vzrástli v zemepisných šírkach na sever od 30° zemepisnej šírky v období rokov 1900-2005. V príspevku sme zistili, zhodu s uvedenými tvrdeniami a to, že najdaždivejšie obdobie je v letnej sezóne, i keď väčšina z klesajúcich trendov bola preukázaná pre jesennú sezónu, čo je trochu odlišné od predchádzajúcich štúdií (SHMÚ, 2015).

Poďakovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA 1/0609/14.

Literatúra

Burn, D. H., Hag Elnur, M.A. (2002). Detection of hydrologic trends and variability. Journal of Hydrology 255,107-122.

EC. (2007a). Commission of the European Communities: Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. COM (2007) 414 final. Brussels, 18. 07. 2007.

EC. (2007b). European Communities: Drought management plan report. Including Agricultural, Drought Indicator. s and Climate Change Aspects. Luxembourg. [online]. [cit.2013-3-20]. Dostupné na internete: <http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/dmp_report.pdf>

Hesel D. R., Hirsh, R. M. (1992). Statistical methods in water resources. Elsevier, New York.

Hirsh, R. M., Helsel, D. R., Cohn, T. A., Gilroy, E. J. (1993). Statistical treatment of hydrologic data. In: Handbook of hydrology. Maidment D. R. (ed). McGraw-Hill, New York, 17.1-17.52.

IPCC (2007). Working Group I: The Physical Science Basis. How is Precipitation Changing?
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-3-2.html

Jain, S.K., Kumar, V., Saharia, M. (2012). Analysis of rainfall and temperature trends in northeast India. International Journal of Climatology.

Kendall, M. G., 1975. Rank Correlation Measures. Charles Griffin, London.

Mann, H. B., 1945. Non-parametric tests against trend. Econometrica 13, 245-259.

Mishra, K., Singh, P. (2010). A review of drought concepts. In: Journal of Hydrology [online]. USA: Texas University, Civil and Environmental Engineering, p. 203-212 [cit. 2010-09-11]. Dostupné na internete: <www.elsevier.com/locate/jhydrol>

MŽP SR. (2010). Predbežné hodnotenie povodňového rizika v Slovenskej republike. Implementácia smernice EP a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007. MŽP SR. 2013. [online]. [cit.2014-3-15]. Dostupné na internete: <http://www.minzp.sk/files/sekcia-vod/phpr_sr-textova-cast-oprava.pdf>.

Onoz, B. et al. (2003). The Power of Statistical Tests for rend Detection. In: Jurnals.tubitak [online]. Ístanbul: Ístanbul Technical University, Faculty of Civil Engineering, p. 247 – 251 [cit. 2008-12-11]. Dostupné na internete: <http://journals.tubitak.gov.tr/engineering/issues/muh-03-27-4/muh-27-4-5-0206-6.pdf>

Partal, T., Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. Hydrological Processes 20: 2011–2026

Santos, J., Portela, M. (2007). Meranie vývoja v sérii mesačných a ročných zrážok (in Portugal), Portugalsko: Katedra inžinierstva, p. 1 – 11.

Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association 63: 1379–1389

SHMU. (2015). Klimatické pomery Slovenskej republiky. [online]. [cit. 2015-08-03]. Dostupné na internete: <http://www.shmu.sk/sk/?page=1064>.

Šťavina, P. (2010). Algoritmy vedeckotechnických výpočtov. [online], 20s. [cit. 2011-01-30]. Dostupné na internete: <http://stavina.dnp.fmph.uniba.sk/algoritmy/ sci-algs_textbook .pdf>

Van Loon, A. F. (2013). On the propagation of drought, How climate and catchment characteristics influence hydrological drought development and recovery. PhD thesis. Wageningen University.

Wilhite, D. A. (2000). Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions, Wilhite, D. (ed), Drought: A Global Assessment, Routledge, London & New York, 1, 3-18.

Zeleňáková, M., Purcz, P., Hlavatá H. (2014). Long-term precipitation trends in Eastern Slovakia. British Journal of Environment and Climate Change. Vol. 4, no. 2, p. 217-228.

TRENDS OFPRECIPITATION IN GAUGING STATIONS IN SLOVAKIA

The territory of Slovakia is in the light of global climate classification in the northern temperate climatic zone with a regular alternation of four seasons and variable weather, with a relatively even distribution of rainfall throughout the year.

In Slovakia, according to the Slovak Hydrometeorological Institute (SHMI), are sometimes in average less than 600 mm of precipitation per year. Mountains in Northwest and North of the country are generally richer in atmospheric precipitation than the mountains in Central, Southern and Eastern regions of Slovakia. The rainiest month is usually June or July, and the less rainfall is from January to March. Great variability of precipitation caused mainly in the lowlands frequent and sometimes prolonged periods of drought.

The detection of trends in meteorological data, in particular precipitation, is essential for the assessment of the impacts of climate variability and change on the water resources. The major possible effects of climate change may include variability in water resources, increase desertification, loss of biodiversity and changes in agricultural productivity. Changes in precipitation patterns are very important for water resources managers to deal with the water resources planning and management. Variations in precipitation over daily, seasonal, annual, and decadal timescales influence water resource systems. Most of the recent studies about climate change suggest that the behaviour of some of the climatological variables has already changed and will continue to change towards increasing or decreasing magnitudes and frequencies, depending on the type of variable. Increased rainfall and floods are expected in some regions while other regions will experience smaller rainfall and longer droughts, meaning water scarcity. The objective of this study is to investigate precipitation trends in climatic stations in Slovakia. Annual, seasonal and monthly trends in precipitation were detected by Mann-Kendall statistical test.

There are 634 rain gauging stations operated by SHMI. For evaluation of trend analysis over whole Slovakia we considered 487 stations for period from 1981 to 2014. In the rest of stations we do not have complete data series. The selected stations also had a few some missing data that was filled based on linear regression analysis. Many tests for the detection of significant trends in climatological time series can be classified by parametric and non-parametric methods. The Mann–Kendall (MK) test (Kendall, 1975), (Mann 1945) is a rank-based nonparametric test for assessing the significance of a trend, and has been widely used in hydro-meteorological trend detection in many studies. The Mann-Kendall test coupled with the Sen's slope was applied to identity the significant trends, as well as the increasing or decreasing trend and the magnitude of those trends.
Analysis of the annual precipitation time-series using MK test identified in almost all stations a positive trend (452 of 487 stations or 93%) and rest with a negative trend (Fig. 3). The level of significance using β value identified 157 stations having significant trend with 95% confidence level (155 stations with positive trend and 2 stations with negative trend) (Fig. 3). Significant negative trends are found only in north part of the study area, nearby huge water reservoir Orava, significant positive trends are identified over all the area.
The results achieved for precipitation revealed more frequent significant increasing trends, thus confirming previous climate studies for the region. According SHMI study the rainiest month is usually June or July, and the less rainfall is from January to March. The Intergovernmental Panel on Climatic Change`s (IPCC) concluded that precipitation has generally increased over latitudes north of 30 over the period of 1900–2005. In the presented paper we found out coincidence with the rainiest period – summer season, although the most degreasing trends were proved for autumn season, which is a little different from the previous studies.

Informácie o autoroch:
Martina Zeleňáková, doc. Ing. PhD.
Pavol Purcz, RNDr. PhD.
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice
Tel.: +421 55 602 4270
Fax: +421 55 602 4003
E-mail: martina.zelenakova@tuke.sk
pavol.purcz@tuke.sk

Helena Hlavatá, Ing. PhD.
Slovenský hydrometeorologický ústav, Ďumbierska 26, 041 17 Košice
E-mail: helena.hlavata@shmu.sk

Mária Manuela Portela, assoc. prof.
Technická univerzita v Lisabone, Portugalsko
E-mail: maria.manuela.portela@ist.utl.pt