

# Meteorologické sucho na jižní Moravě – projev negativního trendu srážek nebo rostoucí nerovnoměrnosti jejich rozložení v čase?

Mgr. Ing. Marie DOLEŽELOVÁ, Ph.D.

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno, Česká republika  
[marie.dolezelova@chmi.cz](mailto:marie.dolezelova@chmi.cz), Tel.: +420 541 421 034

## Abstrakt

Významným tématem současnosti je přístup k vodním zdrojům a zajištění dostatečného množství pitné vody i vody pro další účely. V některých zemích světa se jedná o strategickou otázku, jejíž řešení výrazně ovlivňuje životy tisíců obyvatel. Obecně lze pozorovat, že lidská společnost žijící na daném místě a v daném čase je vždy přizpůsobena určitému schématu dostupnosti vody z atmosférických srážek. Život a ekonomika daného regionu jsou přizpůsobeny obvyklé hodnotě srážkového úhrnu, který napadne za rok a také specifickému rozložení srážek v čase. Každá odchylka od tohoto běžně zaběhnutého režimu pak může být pocíťována jako problematická. Problémy způsobuje zejména výskyt výrazně nižšího či vyššího ročního úhrnu srážek v porovnání s dlouhodobým průměrem, stejně jako změna v distribuci směřující k větší nerovnoměrnosti (t. j. výskyt přívalových dešťů vedoucích až k povodňovým stavům či naopak, dlouhá období beze srážek).

Navzdory tomu, že v České republice není v tomto ohledu situace tak závažná jako v některých jiných částech světa, existují již dnes regiony, které se začínají potýkat s problémy změn v distribuci vody spojenými se změnami klimatu. Jedná se zejména o region jižní Moravy, který coby nejteplejší oblast České republiky představuje tradiční oblast zemědělské výroby. Na jižní Moravě byla v posledních desetiletích pozorována tendence k vysušování klimatu pramenící z nárůstu teploty vzduchu, který vede ke zvýšené míře evapotranspirace (viz např. Středová a kol., 2013). Tuto tendenci potvrzují i výsledky pro širší region střední Evropy (Spinoni et al., 2014). V důsledku popsáných klimatických změn rostliny začínají trpět nedostatkem vody, což může mít fatální dopady na zemědělskou produkci (viz např. Potop et al., 2010, Voltr a kol., 2014). Podle predikcí regionálních klimatických modelů má navíc tato tendence v nadcházejících dekádách 21. století pokračovat a ještě se zvýrazňovat (IPCC, 2007).

Narozdíl od teploty vzduchu, která bude vykazovat rostoucí trend, však směr změny atmosférických srážek není tak jednoznačný. Z predikcí provedených pro různé oblasti střední Evropy a přilehlé regiony vyplývá, že roční úhrny srážek v budoucnu nebudou klesat, ale spíše budou stagnovat či dokonce mírně porostou a dojde ke změnám v rozložení srážek v průběhu roku (Krüzselyi et al., 2011, Jaagus et al., 2014, Střeščík a kol., 2014). Pro budoucí výskyt meteorologického sucha na jižní Moravě není relevantní prostý pokles množství srážek, který dokumentuje Spinoni et al. (2014) pro oblast Středozemního moře. Musí tedy existovat jiný mechanismus, který kromě nárůstu teploty vzduchu zahrnuje patrně i změnu v rozložení srážek a častější výskyt extrémních situací (např. častější bezsrážková období). Tuto hypotézu je však třeba podložit. Předložená práce si v návaznosti na tyto poznatky klade za cíl zanalyzovat existující srážkoměrná data pro studovanou oblast jižní Moravy a s pomocí vybraných indexů extremity vypočítaných z těchto dat ověřit, zda se již projevuje statisticky významná změna v rozložení srážek, resp. jejich kumulace do srážkových a bezsrážkových period, či rostoucí četnost výskytu událostí klasifikovaných jako přívalový déšť.

V předložené práci jsou analyzovány trendy ročních, sezonních a měsíčních úhrnů srážek na vybraných 48 stanicích Českého hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ) na území jižní Moravy a v jejím blízkém okolí za období 1961 – 2013. Studovanou oblast představuje území administrativních jednotek Jihomoravského kraje a dále části Zlínského kraje a kraje Vysočina (tedy území spadající pod působnost pobočky ČHMÚ v Brně). Za účelem zjištění změn v extremitě srážkového režimu bylo vypočteno několik tzv. extremitních indexů, jejichž definice byla inspirována databází CLIVAR (viz např. Karl et al., 1999). Jedná se o maximální a průměrnou délku bezsrážkových period a maximální a průměrnou délku srážkových period. Bezsrážkové periody byly definovány jako období po sobě následujících minimálně 3 dní s denním srážkovým úhrnem menším než určitá limitní hodnota (byly užity dvě limitní hodnoty: 0,1 mm a 1,0 mm). Srážkové periody byly definovány jako období po sobě následujících minimálně 3 dní s denním srážkovým úhrnem větším nebo rovným určité limitní hodnotě (2,0 mm; 5,0 mm a 10,0 mm). U srážkových i bezsrážkových

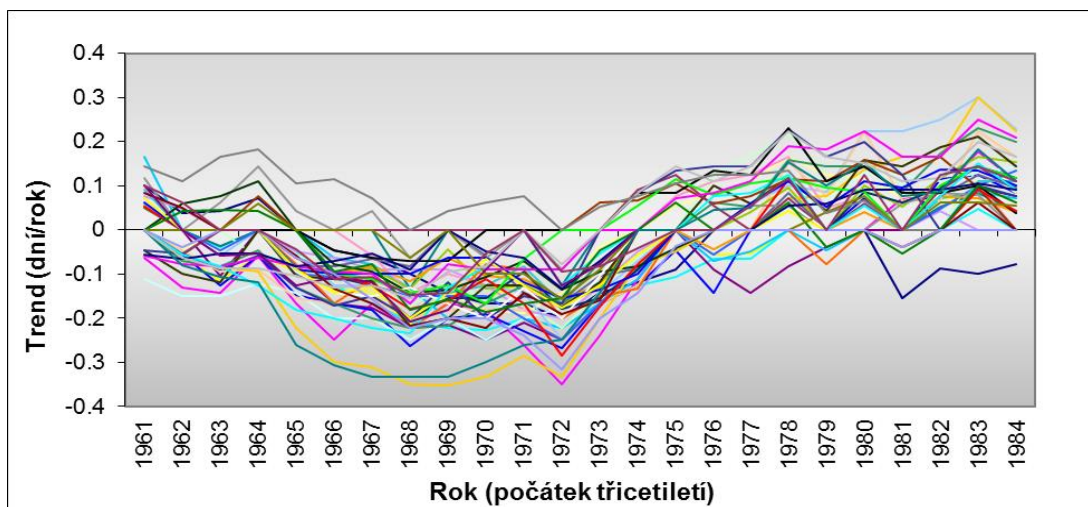
period byly stanoveny základní statistické charakteristiky zahrnující jejich četnost a maximální trvání. Trend průměrných i maximálních délek u obou typů period byl vzhledem k povaze jejich časových řad, vyznačujících se absencí normálního rozdělení, analyzován pomocí neparametrických metod. Vzhledem k tomu, že výsledek analýzy trendu může být výrazně ovlivněn jednotlivou extrémní hodnotou, byly trendy prostých srážkových úhrnů i jednotlivých indexů extremity analyzovány také klouzavě. Trendy byly stanoveny pro období o délce 30 let posunovaná po 1 roce od počátku časové řady, což umožnilo sledovat vývoj charakteru a síly trendu v čase.

Provedení trendových analýz ukázalo, že celkové množství srážek v roce, v zimě i v létě, má v období 1961 – 2013 spíše rostoucí tendenci. Naopak na jaře, zejména v měsících dubnu a květnu, se často projevuje statisticky významný negativní trend. Tyto výsledky jsou podloženy i analýzou trendu provedenou dynamickým způsobem, která ukazuje na zdůraznění výše uvedených tendencí ve 30-letých obdobích začínajících v 70. letech a 80. letech 20. století. Tendence k větší suchosti v jarní sezoně je podpořena také prodlužováním maximální délky bezsrážkových period, která vykazuje na mnoha stanicích statisticky významný pozitivní trend ve třicetiletích, začínajících v letech 1977 až 1984 (tedy 1977 – 2006 až 1984 – 2013) (viz obr. 1). Tento významný trend je patrný při použití obou limitů denního srážkového úhrnu pro vymezení bezsrážkové periody (tedy 0,1 mm i 1,0 mm). Naopak, trendy délky srážkových period, jsou spíše nevýrazné. Zároveň se projevuje vzácnost výskytu srážkových period vymezených limitními hodnotami 5,0 mm a zejména 10,0 mm, která je dokumentována jejich nízkým celkovým počtem.

Práce je doplněna také analýzou extrémních srážkových událostí (přívalových dešťů), která byla provedena s využitím údajů o srážkových intenzitách z 12 meteorologických stanic za období 2009 – 2013. Za použití metody Wussova (1922) byly vymezeny lijavce, silné lijavce a katastrofální lijavce. Většina těchto událostí se vyskytla v teplém půlroce a přes 80 % případů bylo zaznamenáno v letních měsících. Události, při nichž bylo postiženo více stanic zároveň, většinou souvisely s přechodem studené fronty, která uzavírala období s přílivem tropického vzduchu.

Některé dílčí výsledky práce potvrzují nárůst nerovnoměrnosti distribuce srážek v čase a zvýšení extremity srážkového režimu na jižní Moravě, a to v období od 70. či 80. let 20. století. Alarmující je zejména pokles srážkových úhrnů a prodlužování maximální délky bezsrážkových period v jarní sezoně, která časově koresponduje s počátkem vegetačního období rostlin. Rostliny v této době mohou trpět stresem z nedostatku vody, což může mít značné dopady na zemědělskou produkci. Dozrávající úroda může být poškozena extrémními srážkovými událostmi (přívalové deště), které mohou být doprovázeny výskytem krup a jsou koncentrovány zejména do letních měsíců.

Dosažené poznatky o měnící se distribuci srážek a potenciálních dopadech v sektoru zemědělství mohou dobře posloužit na úrovni řízení, a především regionální politiky, kde jsou dělána významná rozhodnutí („decision makers“) v oblasti implementace různých adaptačních a zmírňujících opatření.



**Obr. 1** Trend maximální délky bezsrážkových period vymezených limitní hodnotou 1,0 mm na 48 stanicích ČHMÚ pro jaro v období 1961 – 2013 (roky na vodorovné ose představují počátek analyzovaného 30-letého úseku; jednotlivé čáry představují meteorologické stanice).

## **Anotace**

Práce se zabývá stanovením trendu ročních, sezonních a měsíčních srážkových úhrnů na vybraných stanicích ČHMÚ na území jižní Moravy za období 1961 – 2013. Jižní Morava představuje významnou zemědělskou oblast ČR, avšak v posledních letech vzrůstá její ohrožení suchem. Z tohoto důvodu byly vymezeny srážkové a bezsrážkové periody a byly analyzovány trendy v jejich délce. Práce je doplněna také analýzou nejvýznamnějších případů výskytu přívalových srážek za období 2009 – 2013.

## **Klíčová slova**

Srážkové úhrny, trend, srážkové a bezsrážkové periody, meteorologické sucho, přívalové srážky, meteorologické extrémy, jižní Morava, Česká republika

## **Annotation**

Presented paper focuses on trend analysis of annual, seasonal and monthly precipitation sums at various meteorological stations belonging to CHMI's monitoring network in the region of southern Moravia during the period 1961–2013. As the area of interest represents an important agricultural region endangered by drought, changes in temporal distribution of precipitation are studied via dry and wet periods and trends in their length are analysed with the help of non-parametric methods. Case studies of the most serious downpours in the period 2009 – 2013 are included, as well.

## **Keywords**

Precipitation sums, trend, wet and dry periods, meteorological drought, downpours, extreme weather events, southern Moravia, Czech Republic.

## **Použité zkratky**

ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav), ČR (Česká republika)

## **Abbreviations**

CHMI (Czech Hydrometeorological Institute), CR (Czech Republic)

## **Úvod**

Voda představuje nezbytnou podmínku života. Její nedostatek v určité geografické oblasti nebo v určitém časovém období je proto závažným problémem s řadou negativních dopadů na lidskou společnost. V souvislosti s tímto lze fenomén sucha považovat za významný hydrometeorologický extrém, přičemž v některých světových oblastech se dokonce jedná o vůbec nejnebezpečnější meteorologický fenomén. Pojem „sucho“ není zcela jednoznačně definován a obecně lze konstatovat, že lze rozlišit různé druhy sucha (viz např. Wilhite, Glanz, 1985). Mezi nejčastější klasifikace patří členění na sucho meteorologické, hydrologické, zemědělské a socioekonomické (Brázdil, Kirchner, 2007). V tomto smyslu lze sucho meteorologické, které je dáno existencí deficitu aktuálního srážkového úhrnu, vzhledem k dlouhodobému průměru za určité časové období, považovat za příčinu a předpoklad pro vznik všech ostatních druhů sucha. Zatímco hydrologické sucho je odrazem vlivu meteorologického sucha na vodní toky a podzemní vody, socioekonomické sucho nastává v momentě, kdy je ovlivněna nabídka či poptávka po určité komoditě či službě. Sektorem ekonomiky, v němž se dopad sucha projeví nejdříve, bývá zpravidla zemědělství.

Studovaná oblast, která zahrnuje zejména region jižní Moravy, je typická teplým a relativně suchým klimatem a představuje tradiční a v současné době nejvýznamnější zemědělskou oblast v České republice. V posledních letech zde však byly detekovány tendence směřující k vysoušení klimatu, které pramení zejména z nárůstu teploty vzduchu a ze změn v časovém rozložení srážek, jak dokazují např. studie Fukalové a kol. (2013) či Hadaše a Kulhavého (2013). O posunu směrem k extrémnějším klimatickým podmínkám z hlediska rozložení vody svědčí i častější výskyt bezsrážkových period, o nichž pojednává např. Zahradníček a kol. (2014). Vedle negativních dopadů sucha na zemědělskou produkci, které popisují např. Potop a kol. (2010) či Voltr a kol. (2014), se mohou projevit také nepříznivé dopady na kvalitu ovzduší či degradace půdního fondu vlivem eroze. Negativní dopad výskytu bezsrážkových period na kvalitu ovzduší v oblasti jižní Moravy popsali např.

Knozová a Skeřil (2011), kteří ve své práci poukázali na existenci případů s reemisí tuhých částic. Potenciálnímu ohrožení půd jižní Moravy větrnou erozí v důsledku vysušování půdy se věnuje např. práce Mužíkové a Středové (2013).

Změny meteorologických podmínek pozorované v posledních letech v oblasti jižní Moravy však nelze považovat za prostorově izolovaný fenomén, jelikož jejich charakter koresponduje s výsledky dosaženými pro celou širší oblast střední Evropy (viz např. Spinoni et al., 2014). Z klimatických predikcí vytvořených s pomocí regionálních klimatických modelů vyplývá, že již započatá tendence k vysoušení klimatu na jižní Moravě by měla pokračovat a dále se zvyrazňovat i v budoucnu (viz např. IPCC, 2007). Odlišný obraz však poskytují analýzy trendu srážkových úhrnů, kdy různí autoři na datech za období od poloviny 20. století do současnosti (t. j. více než 50 let) prokázali existenci rostoucího trendu srážkových úhrnů. K těmto studiím se řadí např. práce Štěpátka a kol. (2012), která ukazuje, že roční úhrny srážek na různých lokalitách v ČR (včetně lokalit na jižní Moravě) v období 1961 – 2012 mírně vzrostly. Kladný trend byl přitom nejlépe patrný u letních srážek. V zimě a na podzim byl pozitivní trend vyjádřen slaběji. Tendence k poklesu srážkových úhrnů byla zaznamenána pouze na jaře, které je však rozhodujícím obdobím v životním cyklu zemědělských plodin a rostlin obecně.

Je tedy zřejmé, že vysušování klimatu na jižní Moravě je způsobeno složitějším mechanismem než pouhým poklesem množství srážek. Podle dostupných poznatků by tento mechanismus mohl zahrnovat změnu v distribuci srážek v čase, resp. posun směrem k větší nerovnoměrnosti v jejich rozložení. Uvedený posun je patrně charakterizován častějším výskytem extrémních událostí zahrnujících bezsrážková období na jedné straně a události, při nichž spadne vysoký srážkový úhrn v krátkém časovém intervalu, na straně druhé. Za podmínek současného nárůstu teploty vzduchu, který je rovněž typický pro studovanou oblast, navíc dochází k nárůstu evapotranspirace, čímž se vliv častější frekvence výskytu bezsrážkových period dále zesiluje. Tyto hypotézy je však nutno pečlivě ověřit, což si klade za cíl předkládaná práce. Za tímto účelem je zde využito analýzy trendu srážkových úhrnů a z nich odvozených charakteristik (různých indexů) a analýzy extrémních srážkových událostí s pomocí údajů o srážkových intenzitách.

## Použitá data a metody

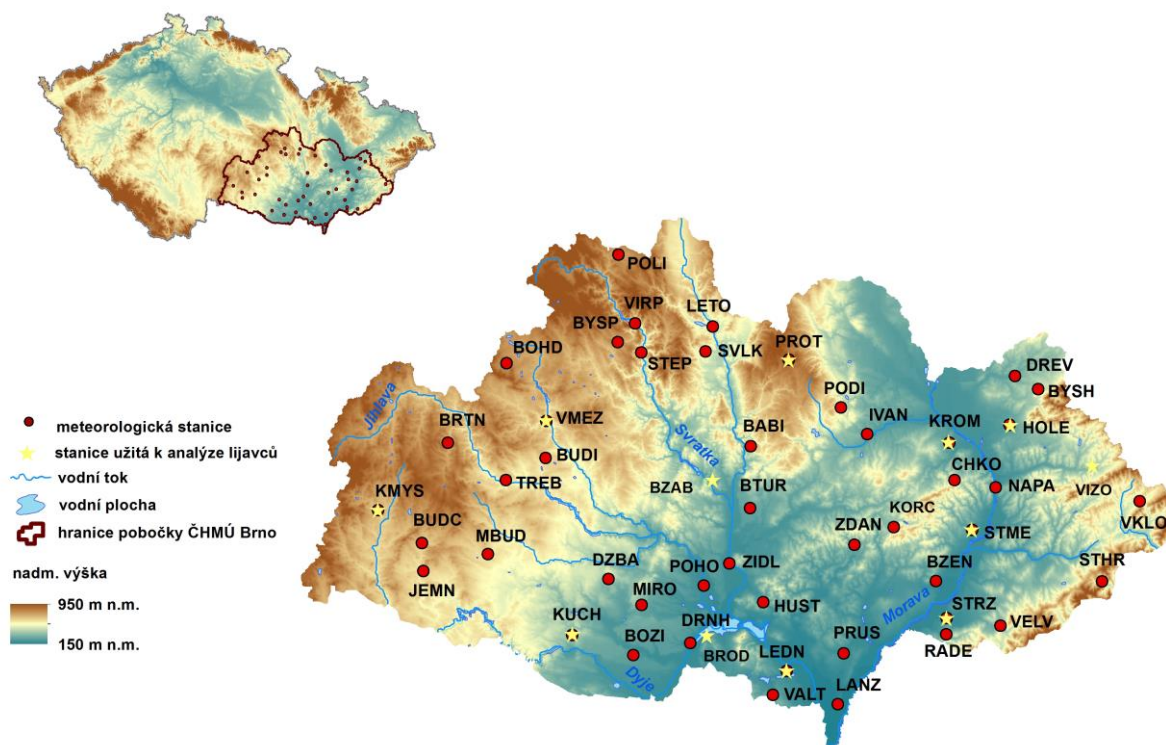
V práci byly užity hodnoty denních srážkových úhrnů z celkem 48 klimatologických či srážkoměrných stanic ve správě ČHMÚ za období 1961 – 2013. Těžiště studované oblasti se nachází v Jihomoravském kraji, avšak byly použity také z přilehlých stanic v kraji Vysočina a ve Zlínském kraji (viz obr. 2). Stanice se nacházejí v nadmořské výšce od 160 m n. m. (stanice Lanžhot) do 675 m n. m. (stanice Protivanov). Stanice jsou označeny 4-místným kódem, který vychází z jejich názvu bez diakritiky (tedy např. Lanžhot – LANZ, Protivanov – PROT). Vstupní data byla pečlivě zkontrolována z hlediska výskytu chybných hodnot, které byly detekovány s pomocí údajů z okolních stanic. Chybné hodnoty byly ze zpracování vyloučeny a byly nahrazeny hodnotami vypočítanými na základě dat ze sousedních stanic. Ke kontrole i opravám byl užit software ProclimDB (Štěpánek, 2014). Metodu kontroly dat, jejich homogenizace a dopočtu chybějících hodnot pomocí z okolních stanic blíže popisuje Štěpánek a kol. (2009). Kritériem výběru stanic pro zpracování byl mimo jiné, také nízký počet chybných a výše uvedeným způsobem opravených hodnot. Denní data byla užita k výpočtu měsíční, sezonních a ročních srážkových sum, které byly v práci dále analyzovány.

U měsíčních, sezonních a ročních srážkových úhrnů byl stanoven lineární trend, a to jednak pro celé studované období (t. j. 1961 – 2013) a dále též dynamicky, t. j. pro jednotlivá 30-letá období posouvaná od počátku časové řady s krokem 1 rok. První třicetiletí tedy bylo 1961 – 1990 a poslední 1984 – 2013. Vzhledem k tomu, že velikost trendu může být výrazně ovlivněna výskytem jedné či více extrémních hodnot, jeví se tento způsob zpracování jako objektivnější a umožňuje navíc sledovat vývoj velikosti a charakteru trendu (pozitivní/negativní) v čase. Statistická významnost trendu byla v případě analýzy pro celé období 1961 – 2013 hodnocena na hladinách 5 % a 10 % a u analýzy pro jednotlivé 30-leté úseky pouze na hladině 5 %.

Pro ověření hypotézy o změně v charakteru srážek směrem k častějšímu výskytu extrémních událostí bylo též použito několik indexů extremity, jejichž definice byla inspirována databází CLIVAR (Karl et al, 1999). Tyto indexy jsou založeny na hodnotách denních srážkových úhrnů

a v podstatě zachycují výskyt srážkových a bezsrážkových period. Jako bezsrážková perioda (BP) bylo označeno období o délce minimálně 3 po sobě následujících dní s denním srážkovým úhrnem nižším než určitá limitní hodnota. Pro větší průkaznost zpracování byly užity dvě různé limitní hodnoty, a to 0,1 mm a 1,0 mm (příslušná označení indexu extremity jsou tedy BP 0,1 a BP 1,0). Naopak srážkovou periodou (SP) se rozumí období po sobě následujících alespoň 3 dní, kdy denní srážkový úhrn dosahuje či překračuje limitní hodnotu o velikosti 2,0 mm, 5,0 mm či 10,0 mm (tedy SP 2,0; SP 5,0 a SP 10,0). Jelikož časové řady těchto extrémních indexů nesplňují podmínku normálního rozdělení, vyžadovala analýza jejich trendu použití neparametrických metod. Statistická významnost trendu byla otestována Mann-Kendallovým testem (Mann, 1945; Kendall, 1976) a velikost trendu byla stanovena pomocí Senovy metody odhadu (Sen, 1968). Analýza trendu maximální a průměrné délky bezsrážkových a srážkových period byla provedena pouze dynamickým způsobem, tedy pro 30-leté úseky s posunem po 1 roce. K hodnocení statistické významnosti trendu indexů extremity byla použita hladina 5 %.

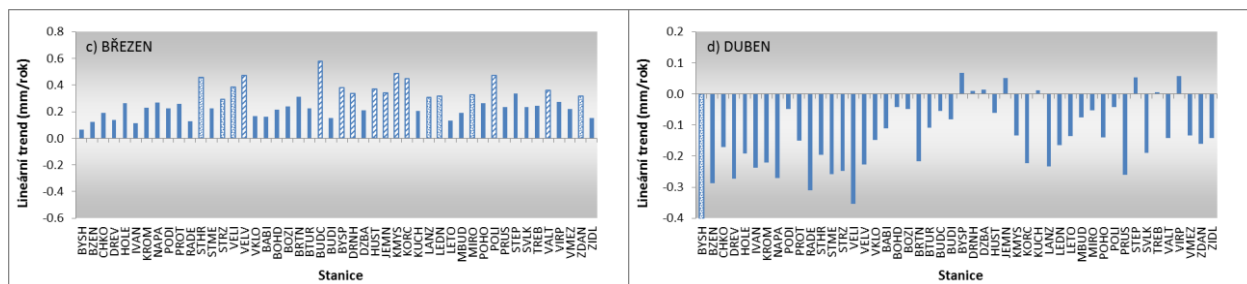
Výskyt extrémních srážkových událostí byl studován rovněž s pomocí údajů o srážkových intenzitách, resp. minutových úhrnech srážek. Analyzována byla data z 12 vybraných stanic (na obr. 2 stanice vyznačeny žlutou hvězdou) za období 2009 – 2013. Použité srážkové intenzity byly pečlivě ošetřeny z hlediska výskytu chyb, které vznikají nejčastěji z důvodu ucpání srážkoměru a následného prudkého uvolnění většího množství akumulované vody najednou. Výskyt přívalových dešťů byl detekován s pomocí metody Wussova (Wussow, 1922), která rozlišuje tři typy událostí s přívalovým deštěm – tzv. lijavec, silný lijavec a katastrofální lijavec. Jednotlivé kategorie lijavců jsou vymezeny limitními hodnotami srážkových úhrnů pro déšť o dané délce trvání. Např. déšť o délce 10 minut podle této metody nazýváme jako „lijavec“ tehdy, pokud srážkový úhrn za tuto dobu dosáhne alespoň 7,1 mm, o „silném lijavci“ hovoříme tehdy, když srážkový úhrn dosáhne 10,6 mm a o „katastrofálním lijavci“ tehdy, pokud spadne minimálně 14,2 mm srážek. Výskyt událostí s různými typy lijavců byl ve všech případech spojen také s analýzou synoptické situace.



Obr. 2 Použité meteorologické stanice







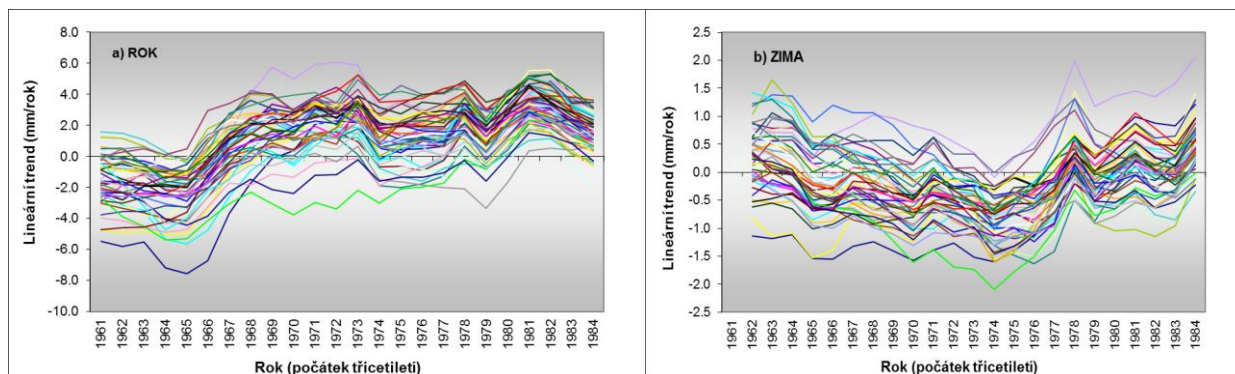
**Obr. 3** Trend ročních (a), jarních (b), březnových (c) a dubnových (d) srážkových úhrnů na 48 stanicích ČHMÚ za období 1961 – 2013 (sloupcečky s tečkovanou výplní jsou hodnoty významné na hladině 10 %, sloupcečky se šrafováním jsou hodnoty významné na hladině 5 %).

Analýza trendu provedená dynamickým způsobem odhalila, že mezi studovanými stanicemi existuje vcelku dobrá shoda ve vývoji hodnot lineárního koeficientu v čase. Roční srážkové úhrny vykazovaly ve třicetiletích začínajících v první polovině 60. let 20. století (t. j. 1961 – 1990 až 1965 – 1994) negativní trend, který se nejprve zesiloval až k lokálnímu minimu ve třicetiletí 1964 – 1993, resp. 1965 – 1994. Poté se však postupně zeslaboval a během druhé poloviny 60. let se změnil v trend pozitivní, který se na většině stanic udržel až do konce studovaného období. Tento pozitivní trend navíc postupně zesiloval a lokálních maxim dosáhl ve třicetiletích 1973 – 2002, 1978 – 2007 a zejména 1981 – 2010. Uvedená třicetiletí s výskytem lokálních minim či maxim lineárního koeficientu se zároveň překrývají s obdobími nejčastějšího výskytu statisticky významného trendu, který v případě ročních srážkových sum připadá na třicetiletí s počátkem v letech 1961 – 1966, dále kolem roku 1973 a v letech 1976 – 1984. Obdobným způsobem se vyvíjel také trend letních srážkových úhrnů, u kterých byl nejvýraznější záporný trend detekován ve třicetiletí 1965 – 1994 (na některých stanicích již 1964 – 1993). Od konce 60. let se již udržoval kladný trend s maximy v obdobných třicetiletích jako u ročních úhrnů. Na tato třicetiletí také připadá výskyt statisticky významných hodnot, které jsou však méně četné než v případě ročních dat.

Na jaře a na podzim nastává odchylka od uvedeného vývoje trendu pouze v tom ohledu, že záporný trend byl nejsilnější zcela na počátku studovaného období a od té doby se postupně ztlumoval, tudíž se neprojevovalo výrazné minimum hodnoty lineárního koeficientu ve třicetiletí začínajícím v roce 1964 nebo 1965. Trend je počínaje druhou polovinou 60. let až do konce studovaného období na většině stanic kladný. Výskyt statisticky významného trendu je relativně málo častý. Na jaře se nejčastěji jedná o záporný trend ve třicetiletí 1961 – 1990, resp. 1962 – 1991 a o kladný trend ve třicetiletích začínajících v období mezi lety 1966 a 1968 (nejčastěji však ve třicetiletí 1967 – 1966) či ve třicetiletí 1981 – 2010. U podzimních hodnot nastupuje období kladného trendu ještě dříve, a to přibližně počínaje třicetiletím 1964 – 1993. Výskyt statisticky významných trendů je nejméně četný ze všech sezon a je omezen na třicetiletí 1969 – 1998 (2 stanice) nebo 1975 – 2004 (1 stanice), kdy se projevil nejsilnější kladný trend.

V zimě je vývoj trendu nejvíce odlišný od ostatních sezon (viz obr. 4). Na počátku studovaného období je trend vyjádřen vcelku slabě a ve třicetiletích začínajících v 60. letech 20. století vykazuje na některých stanicích kladné a jinde záporné znaménko. Hodnoty lineárního koeficientu však postupně klesají a dosahují svého minima ve třicetiletí 1974 – 2003, kdy je trend záporný na všech stanicích a na 7 stanicích je také statisticky významný. Později začíná lineární koeficient růst a trend se během druhé poloviny 70. let na více než polovině stanic stává kladným, což trvá až do konce studovaného období. Nejsilnější kladný trend je ve třicetiletí 1978 – 2007, který je však statisticky významný pouze na 1 stanici.

Dosažené výsledky dynamické analýzy lineárního trendu lze shrnout tím způsobem, že minima lineárního koeficientu, resp. nejsilnější negativní trend byla nejčastěji dosažena ve třicetiletích 1961 – 1990 a 1962 – 1991 (jaro a podzim), 1964 – 1993 či 1965 – 1994 (rok, jaro, léto) a 1974 – 2003 (rok, zima, jaro). Naopak nejsilnější pozitivní trend připadá na třicetileté úseky 1967 – 1996 (jaro), 1969 – 1998 (podzim), 1973 – 2002 (léto), 1978 – 2007 a 1981 – 2010 (rok, zima, léto). Koncové roky těchto časových úseků často korespondují s roky s nadprůměrným srážkovým úhrnem vedoucím až k povodním, jako např. v srpnu 2002, či v květnu 2010, či s roky se zimní sezonou bohatou na sníh (např. zima 2005/2006).



**Obr. 4** Dynamická analýza lineárního trendu ročních (a) a zimních (b) srážkových úhrnů na 48 stanicích ČHMÚ v období 1961 – 2013 (roky na vodorovné ose představují počátek analyzovaného 30-letého úseku; jednotlivé čáry představují meteorologické stanice).

### Bezsrážkové a srážkové periody

Průměrný roční počet **bezsrážkových period** vymezených limitní hodnotou 0,1 mm za období 1961 – 2013 se pohyboval v rozmezí od 26 na stanici Vír-přehrada (VIRP) do 33 na stanici Drnholec (DRNH). Rozložení jejich výskytu v průběhu roku je vcelku rovnoměrné a zjednodušeně lze říci, že v každé sezoně se v průměru vyskytne přibližně 6 takových period. Mírně nižší je jejich počet v zimě, kdy se v průměru pohyboval od 5 (stanice Bystřice nad Pernštejnem – BYSP) do 8 (stanice DRNH). Naopak nejvyšší počet BP 0,1 připadá na léto, kdy se jejich počet pohyboval v intervalu přibližně od 7 (stanice Koryčany – KORC) do 9 (stanice Džbáňice – DZBA). Podrobnější údaje pro jednotlivé sezony jsou uvedeny v tab. 1. Zajímavé je, že nejvyšší průměrný počet v roce i ve všech sezonách připadá na stanice zcela na jihu studované oblasti, resp. na jihozápadní Moravě. Naopak nejnižší počet vykazují výše položené stanice Českomoravské vrchoviny, Dražanské vrchoviny či Žďánického lesa. Na stanici jihozápadní Moravy připadá i absolutně nejvyšší počet BP 0,1 za celé studované období, a to v roce, na jaře i v létě. Maximální počet BP 0,1 za rok dosáhl hodnoty 42 a byl zaznamenán v roce 1993 na stanici Džbáňice (DZBA). Údaje pro sezony opět shrnuje tab. 1. V případě bezsrážkových period vymezených limitní hodnotou 1,0 mm (BP 1,0) se jejich průměrný počet za rok pohyboval od 28,9 v Koryčanech (KORC) do 33,4 v Miroslavi (MIRO). Nejméně četné byly BP 1,0 v zimě, kdy se uplatňovaly hodnoty od 6,8 v Dřevohosticích (DREV) do 8,2 v Holešově (HOLE), nejvíce četné v létě, kdy jejich počet dosahoval hodnot od 7,6 na stanici KORC do 9,2 v Kuchařovicích (KUCH). Stejně jako v případě BP 0,1 platí, že nejvyšší počet byl v roce i ve všech sezonách (zde však kromě zimy) zaznamenán stanicemi zcela na jihu zájmového území. Vůbec nejvyšší počet BP 1,0 za rok byl zaznamenán v Božicích (BOZI) hned v roce 1961 a dosáhl hodnoty 43. Podrobné výsledky pro sezony uvádí tab. 2.

Maximální délka BP 0,1 dosáhla 49 dní a byla detekována na podzim roku 2006 (8. 9. – 26. 10.) na stanici Stvolová-Skřib (SVLK). Obdobné délky přitom bylo dosaženo také na stanici Drnholec v zimě roku 2011 (26. 1. – 15. 3.). Maximální délka BP 1,0 byla zaznamenána při stejné příležitosti, tedy na podzim roku 2006, ale vzhledem k tomu, jakým jsou oba typy BP definovány, je ještě delší. Na stanici Kostelní Myslová (KMYS) trvalo souvislé období s denním srážkovým úhrnem od 4. 9. do 26. 10. 2006 a dosáhlo tak délky 53 dní. Celkový srážkový úhrn zaznamenaný za tuto dobu činil 2,6 mm. Zajímavou skutečností je také to, že maximální délka v případě BP 0,1 byla v roce i ve všech sezonách, s výjimkou zimy, zaznamenána až po roce 2000, což lze považovat za určitý doklad současného prodlužování bezsrážkových period.

Dynamická analýza trendu průměrné či maximální délky bezsrážkových period ukazuje, že k určitému vývoji z hlediska jeho velikosti došlo především v přechodných sezonách a méně výrazně také v létě. Naopak v případě ročních a zimních hodnot je trend spíše nevýrazně vyjádřen a mezi stanicemi neexistuje tak dokonalá shoda v jeho znaménku. Nejvýraznější a z hlediska praktických dopadů pravděpodobně nejvýznamnější jsou výsledky pro jaro. Od počátku studovaného období se uplatňoval negativní trend, který na mnohých stanicích ve třicetiletích začínajících mezi lety 1965 a 1972 dosáhl statistické významnosti. V případě BP 0,1 byl negativní trend statisticky významný dokonce již od počátku 60. let. Tento negativní trend se postupně prohluboval až k minimu



ve třicetiletí 1972 – 2001. Poté docházelo k jeho postupnému slábnutí a od druhé poloviny 70. let ke změně na trend pozitivní, který se u průměrné i maximální délky bezsrážkových period uplatnil na většině studovaných stanic a v podstatě trvá až do současnosti (viz obr. 5). Ve třicetiletích začínajících mezi lety 1977 a 1984 byl detekovaný trend často statisticky významný. Na dvou stanicích, které se nacházejí v nejnižnější části studované oblasti (Drnholec – DRNH a Lednice – LEDN), bylo u BP 0,1 dokonce zjištěno celé souvislé období se statisticky významným kladným trendem trvající od třicetiletí 1977 – 2006 až do konce studovaného období (tedy 1984 – 2013). Postupem času navíc dochází k zesilování pozitivního trendu, takže délka souvislých období s denními srážkovými úhrny nižšími než stanovená limitní hodnota v jarním období narůstá. Tyto výsledky jsou platné pro oba typy vymezených bezsrážkových období (tj. BP 0,1 i BP 1,0). Obecně lze však konstatovat, že výsledek je lépe patrný pro maximální délky BP, kdy velikost trendu ve třicetiletích začínajících v době od druhé poloviny 70. let dosahuje až hodnot kolem 0,3 dne za rok, zatímco v případě průměrné délky je to přibližně 0,08 až 0,1 dne za rok (platí pro BP 0,1 i BP 1,0 mm). Výsledky pro průměrnou délku jsou však více konzistentní, neboť ve vstupních datech neexistují mezi stanicemi tak velké rozdíly jako u délky maximální.

Prodlužování průměrné i maximální délky bezsrážkových period je v menší míře patrné i v létě (viz obr. 5). Trend ve třicetiletích začínajících dříve než v roce 1970 je přibližně na polovině stanic kladný a na druhé polovině záporný. Od 70. let však převažoval kladný trend (i když záporný trend se vyskytuje také), který postupně zesiloval až k maximum ve třicetiletích 1977 – 2006, a také 1979 – 2008. Poté trend sice poklesl, ale i tak zůstává na většině stanic kladný, což platí jak pro BP 0,1, tak i pro BP 1,0. Statisticky významné hodnoty pozitivního trendu se vyskytují v době od druhé poloviny 60. let až do současnosti, nejčastěji však ve třicetiletích začínajících po roce 1970, zejména v období 1977 – 1979. Naopak v podzimní sezoně v posledních letech dochází spíše ke zkracování bezsrážkových period, což je ilustrováno na obr. 5. Trend průměrné i maximální délky BP 0,1 i BP 1,0 je ve třicetiletích začínajících v 60. letech přibližně na polovině stanic kladný a na polovině stanic záporný. Od první poloviny 70. let však jeho velikost klesá a trend se stává záporným na většině analyzovaných stanic. Tendence ke zkracování bezsrážkových period je potvrzena existencí statisticky významného záporného trendu ve třicetiletích začínajících ve druhé polovině 70. let a v 80. letech, která je patrná zejména pro průměrnou délku BP. Na některých stanicích začíná období se statisticky významným záporným trendem dokonce již v první polovině 70. let 20. století.

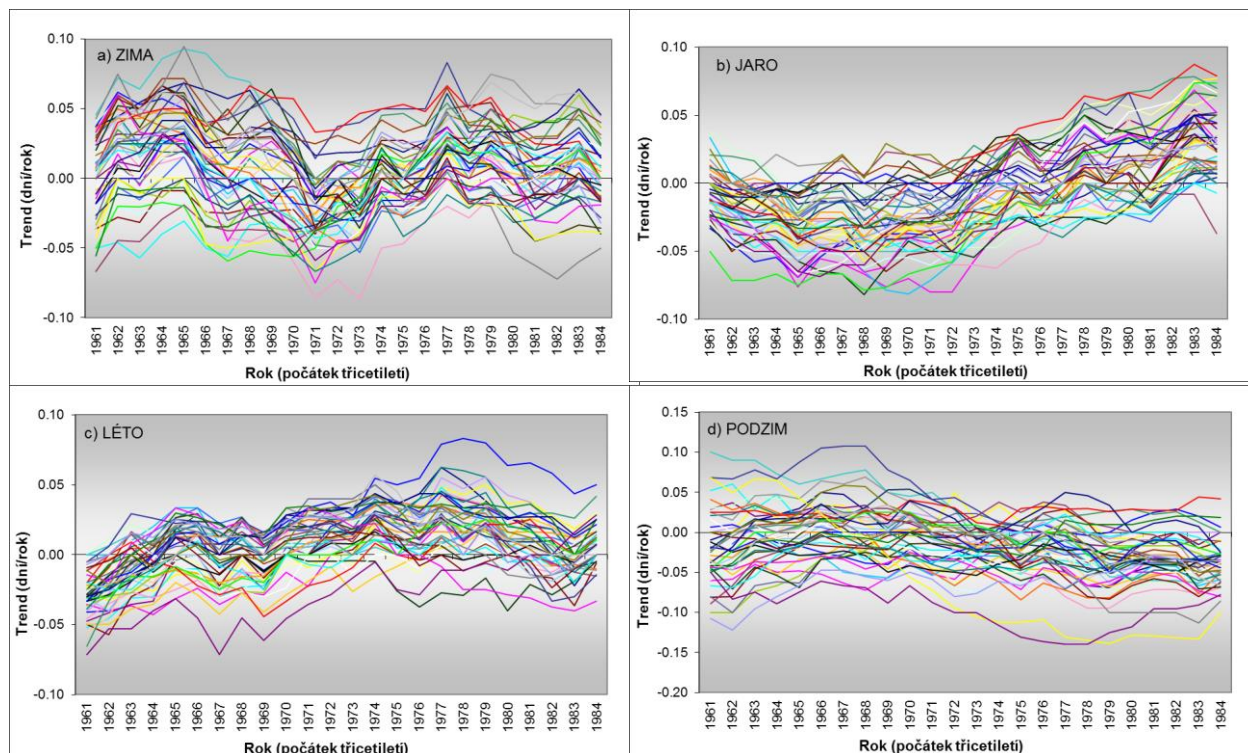
Vývoj trendu bezsrážkových period pro rok a zimu je ve srovnání s výše popsány sezónami spíše nevýrazný, jak ukazuje obr. 5. Některé stanice vykazují kladný trend, zatímco jinde je trend záporný. Shodným rysem je zeslabení trendu a výskyt lokálního minima ve třicetiletích začínajících na počátku 70. let (nejčastěji mezi roky 1971 a 1973). Výskyt statisticky významného trendu je spíše nesystematický a mezi jednotlivými stanicemi existují rozdíly. Zejména v zimní sezoně je výskyt statisticky významného trendu velmi málo častý.

**Tab. 1 Základní statistické charakteristiky bezsrážkových period BP 0,1 za období 1961 – 2013**

| Období / charakteristika                  | Rok             | Zima            | Jaro                                                    | Léto                                                                                        | Podzim          |
|-------------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Průměrný počet za rok – minimum (stanice) | 26,09 (VIRP)    | 5,38 (BYSP)     | 6,81 (KORC)                                             | 6,97 (KORC)                                                                                 | 6,09 (PROT)     |
| Průměrný počet za rok – maximum (stanice) | 33,00 (DRNH)    | 8,19 (DRNH)     | 8,55 (MIRO)                                             | 8,81 (DZBA)                                                                                 | 8,08 (DRNH)     |
| Maximální četnost (rok, stanice)          | 42 (1993, DZBA) | 14 (1988, RADE) | 13 (1973 – BOZI, 1982 – JEMN, 1993 – DRNH, 2005 – KUCH) | 13 (1977 – BZEN, BTUR, MIRO, PRUS, TREB, ZDAN, ZIDL; 1983 – BRTN, 1986 – DRNH, 1988 – BOZI) | 14 (1982, POLI) |

**Tab. 2 Základní statistické charakteristiky bezsrážkových period BP 1,0 za období 1961 – 2013**

| Období / charakteristika                  | Rok             | Zima            | Jaro                          | Léto                                                                 | Podzim                        |
|-------------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Průměrný počet za rok – minimum (stanice) | 28,91 (KORC)    | 6,79 (DREV)     | 7,44 (KORC)                   | 7,65 (KORC)                                                          | 6,93 (KORC)                   |
| Průměrný počet za rok – maximum (stanice) | 33,38 (MIRO)    | 8,19 (HOLE)     | 8,56 (VALT)                   | 9,19 (KUCH)                                                          | 8,11 (MIRO)                   |
| Maximální četnost (rok, stanice)          | 43 (1961, BOZI) | 20 (1966, DREV) | 14 (1967 – BYSP, 1978 – BZEN) | 14 (1997 – VMEZ, 1983 – KMYS, 1991 – BZEN, 1998 – BOZI, 2003 – KUCH) | 13 (1970 – MIRO, 2004 – BUDC) |



**Obr. 5 Dynamická analýza trendu průměrné délky bezsrážkových period vymezených limitní hodnotou 0,1 mm (BP 0,1) na 48 stanicích ČHMÚ pro jednotlivé sezony v období 1961 – 2013 (roky na vodorovné ose představují počátek analyzovaného 30letého úseku; jednotlivé čáry představují meteorologické stanice).**

Výsledky pro **srážkové periody** jsou v porovnání s periodami bezsrážkovými málo výrazné. Průměrný počet srážkových period vymezených limitním úhrnem 2,0 mm za rok v období 1961 – 2013 kolísal v rozmezí od 3,4 v Božicích (BOZI) do 9,4 v Bohdalově (BOHD), přičemž v jednotlivých sezonách četnost SP 2,0 dosahovala hodnot v rozmezí od 0,5 do 2,5 (podrobněji viz tab. 3). Maximálně se však vyskytlo 20 takových period v jednom roce, a to na stanici Starý Hrozenkov (STHR) v roce 2001. Absolutně nejdelší SP 2,0 se vyskytla v roce 2012 ve Valašských Kloboukách (VKLO) a trvala 12 dní (12. 1. – 23. 1.). Během této srážkové periody spadlo celkem 64,7 mm srážek. Srážkově nejvydatnější však byla SP 2,0, která se vyskytla na jaře roku 1970 v Letovicích (LETO). Trvala od 12. 5. do 22. 5., t. j. 11 dní, a spadlo během ní 116,3 mm srážek. Podobně vydatná byla i SP 2,0 v létě 2009 trvající na stanici Kuchařovice (KUCH) od 19. 6. do 29. 6., kdy napadlo celkem 115,7 mm srážek.

V případě srážkových period vymezených limitem denního srážkového úhrnu 5,0 mm se jejich průměrný roční počet za období 1961 – 2013 pohyboval v rozmezí od 1,3 v Moravských Budějovicích (MBUD) do 3,1 ve Starém Hrozenkově (STHR). Narozdíl od SP 2,0 jsou velmi dobře patrné rozdíly mezi jednotlivými sezonami (viz tab. 3). Nejmenší průměrná četnost SP 5,0 je jednoznačně v zimě a největší v létě. Maximální četnost výskytu SP 5,0 za rok je 8 a byla zaznamenána v roce 1966 ve Valašských Kloboukách (VKLO), a také v roce 1977 v Bystřici pod Hostýnem (BYSH). Nejdelší SP 5,0 trvala 8 dní. SP 5,0 o této délce se vyskytla v roce 1961 v době od 2. 6. do 9. 6. ve Štěpánově nad Svatkou (STEP), kde přinesla 117,8 mm srážek, a také v době od 6. 7. do 13. 7. 1999 na stanici Moravské Budějovice (MBUD). Srážková perioda v červenci 1999 byla zároveň nejbohatší z hlediska celkového množství srážek, které dosáhlo 134,7 mm.

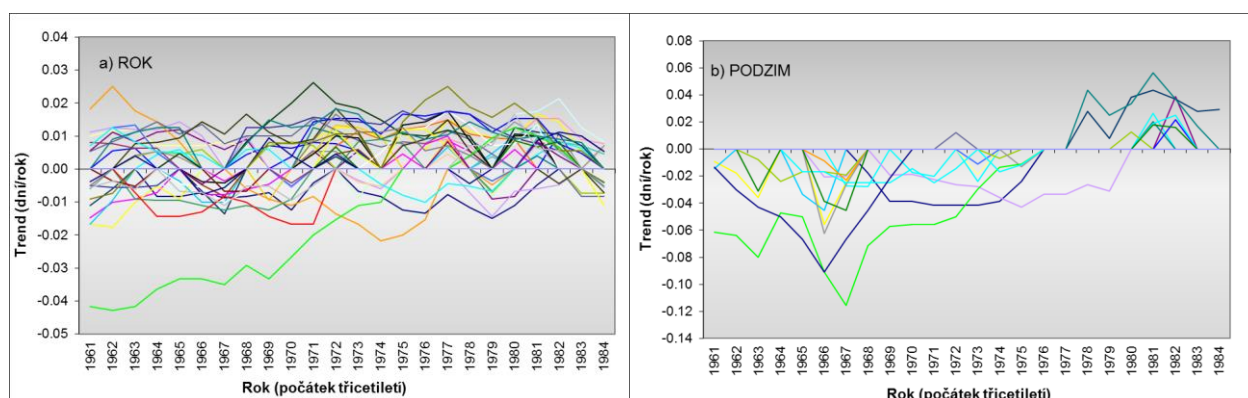
**Tab. 3 Základní statistické charakteristiky srážkových period SP 2,0 a SP 5,0 za období 1961 – 2013**

| Období / charakteristika                         | Rok                                | Zima                                              | Jaro              | Léto                                      | Podzim                                                                             |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SP 2,0</b>                                    |                                    |                                                   |                   |                                           |                                                                                    |
| <b>Průměrný počet za rok – minimum (stanice)</b> | 3,35<br>(BOZI)                     | 0,42<br>(KUCH)                                    | 0,82<br>(POHO)    | 1,18<br>(DZBA)                            | 0,65<br>(BOZI)                                                                     |
| <b>Průměrný počet za rok – maximum (stanice)</b> | 9,42<br>(BOHD)                     | 2,58<br>(VKLO)                                    | 2,51<br>(BOHD)    | 2,36<br>(BOHD)                            | 2,17<br>(VKLO)                                                                     |
| <b>Maximální četnost (rok, stanice)</b>          | 20<br>(2001, STHR)                 | 7<br>(1983 – BOHD;<br>2006 – STHR,<br>VELI, VKLO) | 8<br>(2010, POLI) | 7<br>(1966 – VELI,<br>BUDC;<br>1968-DREV) | 6<br>(1974 – VELI,<br>VKLO;<br>2001 – STHR)                                        |
| <b>SP 5,0</b>                                    |                                    |                                                   |                   |                                           |                                                                                    |
| <b>Průměrný počet za rok – minimum (stanice)</b> | 1,34<br>(MBUD)                     | 0,03<br>(POHO)                                    | 0,23<br>(HUST)    | 0,54<br>(PRUS)                            | 0,18<br>(BUDI)                                                                     |
| <b>Průměrný počet za rok – maximum (stanice)</b> | 3,10<br>(STHR)                     | 0,74<br>(STHR)                                    | 0,79<br>(VKLO)    | 1,07<br>(BYSH)                            | 0,76<br>(STHR)                                                                     |
| <b>Maximální četnost (rok, stanice)</b>          | 8<br>(1966 – VKLO;<br>1977 – BYSH) | 4<br>(1977, BYSH)                                 | 4<br>(2010, VALT) | 5<br>(1966, VKLO)                         | 3<br>(1964 – LETO;<br>1970 – STHR;<br>1979 – POLI;<br>1980 – PRUS;<br>1998 – VELI) |

Trendy v průměrné či maximální délce srážkových period pro jednotlivé 30-leté úseky jsou pouze slabé a jejich velikost se často blíží k nule. Statisticky významné trendy jsou v případě srážkových period vymezených hodnotou 2,0 mm (SP 2,0) málo četné a v případě srážkových period vymezených vyššími limitními hodnotami srážkového úhrnu (SP 5,0 a SP 10,0) se nevyskytují vůbec. Vzhledem k malé velikosti trendu a jeho blízkosti nulové hodnotě, se jako smysluplné jeví sledovat jeho vývoj v čase pouze pro SP 2,0, a to spíše pro jejich průměrnou délku. Zatímco trend ročních hodnot je v průběhu celého studovaného období na více než polovině stanic kladný a jeho velikost vykazuje spíše kolísání než systematickou růstovou či poklesovou tendenci, trendy v jednotlivých sezonách vykazují v průběhu období jasně patrnou změnu znaménka (viz obr. 6). Trend zimní průměrné délky SP 2,0 je ve třicetiletích s počátkem v první polovině 60. let výhradně kladný a v pozdější době je naopak převážně záporný. Opačně je tomu na jaře, v létě a na podzim, kdy se prvotně převážně záporný trend od určitého okamžiku mění na trend kladný. V případě jara a léta tato

změna nastává přibližně počátkem 70. let, avšak v případě podzimu až počínaje třicetiletím 1977 – 2006.

Statisticky významné trendy v průměrné i maximální délce SP 2,0 v případě ročních dat připadají nejčastěji na třicetiletí začínající mezi lety 1961 a 1966, kdy byl trend v závislosti na dané stanici kladný či záporný nebo na třicetiletí začínající v letech 1977 až 1981, kdy se uplatňoval trend kladný. V zimě se jednalo nejčastěji o kladný trend ve třicetiletí 1961 – 1990, resp. 1963 – 1992 a 1964 – 1993 a záporný trend v období kolem roku 1970. V případě jarních a letních hodnot jsou výsledky detekce statisticky významného trendu vcelku podobné a zdůrazňují především výskyt negativního trendu a první polovině 60. let a výskyt pozitivního trendu od druhé poloviny 70. let (zejména však ve třicetiletích začínajících v letech 1977 až 1981). U podzimních hodnot je na některých stanicích významný záporný trend ve třicetiletích začínajících mezi roky 1976 a 1973, na stanici Letovice (LETO) je v případě průměrné i maximální délky SP 2,0 negativní trend dokonce statisticky významný v celém období od třicetiletí 1961 – 1990 až do třicetiletí 1973 – 2002.



**Obr. 6** Dynamická analýza trendu průměrné délky srážkových period vymezených limitní hodnotou 2,0 mm (SP 2,0) na 48 stanicích ČHM pro rok a podzim v období 1961 – 2013 (roky na vodorovné ose představují počátek analyzovaného 30letého úseku; jednotlivé čáry představují meteorologické stanice).

### Prívalové deště

Analýza srážkových intenzit metodou Wussova odhalila, že ve studovaném 5-letém období se vyskytlo celkem 90 dní, kdy byl alespoň na 1 z celkových 12 stanic zaznamenán některý z typů lijavců. Četnost lijavců v jednotlivých letech od roku 2009 do roku 2013 dosáhla po řadě hodnot 21, 16, 15, 24 a 14 případů. Lijavce byly detekovány téměř výlučně v teplém půlroce (89 z 90 případů) a jejich výskyt připadl převážně na letní měsíce (74 z 90 případů), zejména na červenec (28 z 90 případů). V některých letech se lijáky vyskytly i v květnu či září, případně i koncem dubna či počátkem října.

I přesto, že výskyt přívalových dešťů v teplém půlroce je ze své podstaty většinou výrazně prostorově koncentrovaný a často i izolovaný, lze najít i dny, ve kterých byl lijavec zaznamenán na více než 2 z 12 studovaných stanic. Jedná se o 10 případů z celkových 90, jejichž výčet, včetně zdůraznění toho, kdy se jednalo také o silný či katastrofální lijavec, je uveden v tab. 4.

Z analýzy meteorologických situací vyplývá, že výskyt přívalových dešťů je v letním období nejčastěji vázán na přechod studené fronty, která ukončuje období s přílivem velmi teplého tropického vzduchu (často se jedná o vliv tropické vzdušné hmoty). Na studené frontě pak dochází k vývoji intenzivních bouřek doprovázených lokálně rovněž výskytem krupobití či nárazů větru o vysoké rychlosti. Ve studovaném období se jednalo o srážkové události ze dnů 12. 6. 2010, 17. 7. 2010, 23. – 24. 7. 2010, 1. 7. 2012, 29. 7. 2013 a 9. – 10. 8. 2013. Jiná situace byla např. dne 22. 6. 2012, kdy v oblasti výběžku vyššího tlaku vzduchu zasahujícího nad území ČR docházelo k formování tzv. bouřek z tepla lokálního charakteru.



**Tab. 4 Přehled nejvýznamnější lijavců na 12 klimatologických stanicích brněnské pobočky ČHMÚ v období 2009 – 2013**

| <b>Datum</b>                | <b>Zasažené stanice</b>            | <b>Výskyt silného (SL) či katastrofálního lijavce (KL) a postižené stanice</b> | <b>Meteorologická situace</b>                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>24. 6. 2009</b>          | HOLE, STME, STRZ                   | SL (STME, STRZ)                                                                | Vliv tlak. níže nad Balkánem, výskyt bouřek.                                                                                                                                                        |
| <b>12. 6. 2010</b>          | STME, VIZO, BZAB                   | SL (STME, BZAB)<br>KL (BZAB)                                                   | Ukončení přílivu tropického vzduchu před zvlněnou studenou frontou, intenzivní bouřky.                                                                                                              |
| <b>17. 7. 2010</b>          | KROM, PROT, BROD                   | SL (KROM, PROT, BROD)                                                          | Intenzivní bouřky na výrazné studené frontě.                                                                                                                                                        |
| <b>23. 7. / 24. 7. 2010</b> | KROM, STME, STRZ, VIZO, BZAB       | SL (KROM, STME, STRZ, VIZO, BZAB)<br>KL (STME, VIZO)                           | Ukončení přílivu velmi teplého vzduchu před zvlněnou studenou frontou, místní bouřky.                                                                                                               |
| <b>12. 6. 2012</b>          | HOLE, KROM, STME, VIZO, BROD, LEDN | SL (STME, BROD)                                                                | Vliv tlak. níže postupující od JZ k SV, formování přeháněk a bouřek, místy velmi intenzivních. Východní Morava – i s výskytem krup a vysokých rychlostí větru v náraze (Uherskohradišsko – tromba). |
| <b>22. 6. 2012</b>          | KROM, STME, STRZ, LEDN             | SL (STME)                                                                      | Vliv nevýrazného výběžku vyššího tlaku vzduchu, formování lokálních bouřek.                                                                                                                         |
| <b>1. 7. 2012</b>           | PROT, BZAB, KMYS                   | –                                                                              | Ukončení přílivu velmi teplého vzduchu od jihu před zvlněnou studenou frontou. Formování bouřek na studené frontě, lokálně též kroupy a nárazy větru o vysoké rychlosti.                            |
| <b>4. 10. 2012</b>          | HOLE, KROM, VIZO                   | –                                                                              | Přechod studené fronty. Frontální bouřky s nárazy větru o vysoké rychlosti.                                                                                                                         |
| <b>29. 7. 2013</b>          | KROM, VIZO, VMEZ                   | SL (VMEZ)<br>KL (VMEZ)                                                         | Ukončení přílivu tropického vzduchu před zvlněnou studenou frontou. Intenzivní frontální bouřky s nárazy větru o vysoké rychlosti zejména na Vysočině.                                              |
| <b>9. 8. /10. 8. 2013</b>   | HOLE, PROT, STME, STRZ, VIZO       | SL (PROT, STME)<br>KL (STME)                                                   | Přechod studené fronty, která ukončila velmi teplé a suché období. Doprovázena intenzivními bouřkami, lokálně též kroupy a nárazy větru o vysoké rychlosti.                                         |

## **Závěr**

Předložená práce si kladla za cíl ověřit hypotézu, zda v oblasti jižní Moravy a v přilehlých částech Zlínského kraje a kraje Vysočina dochází v posledních letech ke změně časového rozložení srážek směrem k větší nerovnoměrnosti projevující se častějším výskytem období beze srážek na straně jedné a zároveň výskytem extrémních srážkových událostí. Případná existence této změny je velmi důležitou skutečností, neboť jižní Morava představuje jednu z nejvýznamnějších zemědělských oblastí ČR a posuny srážkového režimu v uvedeném směru by mohly mít značné dopady na zemědělské výnosy. Navíc určité změny v tomto smyslu již byly pozorovány a tendence k vysušování této oblasti je regionálními klimatickými modely predikována i do budoucna. K ověření uvedené hypotézy bylo užito převážně analýzy trendu, a to jak vlastních srážkových úhrnů, tak i odvozených ukazatelů - tzv. extremitních indexů popisujících výskyt bezsrážkových a srážkových period. Studovaná oblast zahrnuje 48 stanic ČHMÚ a data za období 1961 – 2013.

Z analýzy trendu srážkových úhrnů vyplývá, že roční srážkový úhrn na studovaném území vykázal rostoucí tendenci, která je dokonce na šestině stanic statisticky významná. Tato tendence byla

způsobena zejména zimní a letní sezonou, jelikož v těchto částech roku byl pozitivní trend detekován na většině stanic. Převaha pozitivního trendu nastala i na podzim, kdy byl detekován zhruba na dvou třetinách stanic. Projevilo se však výrazné rozrůznění mezi jednotlivými měsíci – v měsíci září byl trend téměř výhradně kladný a v listopadu naopak výlučně záporný. Obdobné rozdíly jsou pak typické také pro jaro, kdy březnové úhrny srážek na všech stanicích rostly (na více než třetině stanic byl tento nárůst dokonce statisticky významný) a naopak, srážkové úhrny v měsících dubnu a květnu na většině stanic ukázaly spíše poklesovou tendenci. V jarní sezoně jako celku pak srážkové úhrny na polovině stanic rostly a na polovině stanic klesaly. Po vyloučení stanic s nadmořskou výškou větší než 400 m n. m., však přesahoval podíl stanic s negativním trendem v dubnu i v květnu 80 %. Tato skutečnost je přitom alarmující, jelikož právě tyto měsíce se kryjí s počátkem vegetační sezony a nedostatek vody v jarním období může mít velmi negativní dopad na vývoj a úrodu různých plodin.

O posunu směrem k větší suchosti v jarním období svědčí také výsledky analýzy trendu průměrné a zejména maximální délky bezsrážkových period, které ukazují, že při zpracování provedeném pro jednotlivá třicetiletí posunovaná od počátku studovaného období po 1 roce, se pro třicetiletí začínající od druhé poloviny 70. let uplatňuje pozitivní trend. Tendence k nárůstu délky bezsrážkových period je nejvíce patrná ve třicetiletích začínajících mezi roky 1977 a 1984, kdy detekovaný kladný trend dokonce na více stanicích dosahuje statistické významnosti na hladině 5 %. Na dvou stanicích zcela na jihu studované oblasti byly dokonce statisticky významné všechny trendy mezi roky 1977 a 1984, a to při vymezení bezsrážkové periody pomocí obou použitých limitních hodnot denního úhrnu srážek (t. j. 0,1 mm a 1,0 mm). Pozitivní trend délky bezsrážkových period dokonce postupem čas zesiluje, tudíž délka souvislých období s nulovými či pouze nízkými denními srážkovými úhrny postupně narůstá. Prodlužování délky bezsrážkových period v současnosti je v menší míře patrné i v létě, což je dokumentováno převahou pozitivního trendu přibližně od počátku 70. let (statisticky významné hodnoty se však vyskytují zejména ve třicetiletích s počátkem v letech 1977 a 1979). Naopak v podzimní sezoně lze v posledních letech sledovat spíše zkracování bezsrážkových period, což dokazuje převaha negativního trendu jejich délky ve třicetiletích od poloviny 70. let do současnosti.

Určitým indikátorem změn v klimatologii bezsrážkových období v současné době je také skutečnost, že výskyt nejdelší takové periody za celé studované období 1961 – 2013 v roce i v jednotlivých sezonách připadá až na roky po roce 2000. Nejdelší období beze srážek trvalo zhruba 50 dní (49 dní v případě definice pomocí limitní hodnoty denního srážkového úhrnu 0,1 mm a 53 dní v případě limitní hodnoty ve výši 1,0 mm) a vyskytlo se na podzim roku 2006 v době od první pentády září do poslední dekády října. Další perioda zcela beze srážek o délce 49 dní byla zaznamenána v zimě 2011, a to v době od poslední dekády ledna do poloviny března. Frekvence výskytu bezsrážkových period hodnocená jejich průměrným počtem za rok je u obou typů těchto period v roce i v jednotlivých sezonách nejvyšší pro stanice nacházející se v nejjižnější části studovaného území, resp. v oblasti jihozápadní Moravy (Znojemsko). Naopak nejméně četné jsou bezsrážkové periody na výše položených stanicích Českomoravské vrchoviny, Dražanské vrchoviny a Žďánického lesa.

Výsledky pro srážkové periody v porovnání s periodami bezsrážkovými neposkytují tak jasný obraz o případných probíhajících změnách v klimatologii srážek na jižní Moravě. Jejich průměrná četnost je obecně několikanásobně nižší, což se ještě zvyrazňuje se zvyšováním limitní hodnoty denního srážkového úhrnu. Nejvyšší průměrný počet v roce i v sezonách připadá na výše položené stanice Vysočiny a Zlínského kraje. Trendy v délce srážkových period jsou vzhledem k jejich nízkému počtu spíše slabé a jejich velikost se většinou výrazně neliší od nuly, což platí zejména při vymezení srážkové periody limitními hodnotami 5 mm či dokonce 10 mm. Studium vývoje velikosti trendu jejich délky v čase při provedení trendové analýzy dynamickým způsobem má tak smysl pouze v případě vymezení srážkové periody limitní hodnotou 2,0 mm. Pro tyto srážkové periody je pro jaro, léto i podzim přibližně od 70. let patrná převaha kladného trendu a dochází tedy k jejich prodlužování. Je však třeba si uvědomit, že existence výraznějšího trendu (tedy výrazněji odlišného od nulové hodnoty) srážkových period se týká většinou maximálně jedné čtvrtiny stanic a tento trend je navíc převážně statisticky nevýznamný. S ohledem na to, že v posledních letech bylo pro jaro a léto detekováno zároveň i prodlužování trvání period beze srážek, lze konstatovat, že srážky v teplém půlroce vykazují tendenci k větší koncentraci v čase, která nahrazuje původní pravidelnější rozložení.

Uvedené poznatky byly potvrzeny také analýzou extrémních událostí, resp. výskytu přívalových dešťů, která byla vzhledem k dostupnosti údajů o srážkových intenzitách provedena pouze

za období posledních pěti let (2009 – 2013). I přes malou délku zpracovaného období lze vyslovit některé závěry. Přívalové deště klasifikované podle metody Wussova byly zaznamenány téměř výlučně v teplém půlroce, a to převážně v letní sezoně, na kterou připadá více než 80 % všech případů. Měsícem nejčastějšího výskytu je přitom červenec (více než 30 % případů). Z hlediska analýzy meteorologické situace je výskyt přívalových dešťů nejčastěji vázán na přechod studené fronty ukončující období s přílivem tropického vzduchu.

## Literatura

IPCC: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007: Synthesis Report. [online]. Dostupné na [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/spm.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/spm.html).

FUKALOVÁ, P., STŘEDOVÁ, H., VEJTASOVÁ, K., 2013: Vývoj vybraných teplotních a srážkových charakteristik v oblasti jižní Moravy. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Středová, H. (eds.): *Voda, půda a rostliny. Křtiny, 29.5. – 30.5. 2013*. 2013, ISBN 978-80-87577-17-2.

HADAŠ, P., KULHAVÝ, J., 2013: Dlouhodobý vývoj vláhové bilance v oblasti lužních lesů jižní Moravy. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Středová, H. (eds.): *Voda, půda a rostliny. Křtiny, 29.5. – 30.5. 2013*. 2013, ISBN 978-80-87577-17-2.

JAAGUS, J., BRIEDE, A., RIMKUS, E., 2014: Precipitation changes in the Baltic countries in 1966–2013. 14<sup>th</sup> EMS Annual Meeting & 10<sup>th</sup> European Conference on Applied Climatology (ECAC): *Creating Climate Services through partnerships. Conference Proceedings. Praha, 6.10. – 10.10. 2014.*

KARL, T.R., NICHOLLS, N., GHAZI, A., 1999: CLIVAR/GCOS/WMO Workshop on indices and indicators of climate extremes – Workshop summary. *Climatic Change*, 42, s. 3–7.

KENDALL, M.G., 1976: Rank correlation methods. 4.vyd., Griffin, London.

KNOZOVÁ, G., SKEŘIL, R., 2011: Koncentrace tuhých částic v ovzduší v bezsrážkových epizodách. In: Středová, H., Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds.): *Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí. Skalní mlýn, 2.2. – 4.2.2011*. 2011, ISBN 978-80-86690-87-2.

KRÜZSELYI, I., BARTHOLY, J., HORÁNYI, A., PIECZKA, I., PONGRÁCZ, R., SZABÓ, P., SZÉPSZÓ, G., TORMA, CS.: The future climate characteristics of the Carpathian Basin based on a regional climate model mini-ensemble, *Advances in Science and Research*, 6, s. 69–73.

MANN, H.B., 1945: Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, s. 245–259.

MUŽÍKOVÁ, B., STŘEDOVÁ, H., 2013: Vyhodnocení potenciálního ohrožení půd jižní Moravy větrnou erozí. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Středová, H. (eds.): *Voda, půda a rostliny. Křtiny, 29.5. – 30.5. 2013*. 2013, ISBN 978-80-87577-17-2.

POTOP, V., TÜRKÖTT, L., KOŽNAROVÁ, V., MOŽNÝ, M., 2010: Drought episodes in the Czech Republic and their potential effects in agriculture. *Theoretical and Applied Climatology*, 99, 3-4, s. 373–388. ISSN: 0177-798X.

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

SPINONI, J., NAUMANN, G., CARRAO, H., BARBOSA, P., VOGT, J., 2014: World drought frequency, duration and severity for 1951–2010. *International Journal of Climatology*, 34, 8, s. 2792–2804.

STŘEDOVÁ, H., ROŽNOVSKÝ, J., STŘEDA, T., KRMELOVÁ, P., 2013: Predispozice výskytu sucha ve vybraných aridních oblastech jižní Moravy. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Středová, H. (eds.): *Voda, půda a rostliny. Křtiny, 29.5. – 30.5. 2013*. 2013, ISBN 978-80-87577-17-2.

STŘEŠTÍK, J., ROŽNOVSKÝ, J., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., 2014: Změna ročních a sezonních srážkových úhrnů v České republice v období 1961–2012. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Středa, T., Středová, H. (eds.): *Extrémy oběhu vody v krajině*. Mikulov, 8.4. – 9.4. 2014. ISBN 978-80-87577-30-1.

ŠTĚPÁNEK, P., 2014: ProClimDB – software pro zpracování klimatologických dat. (online). ČHMÚ, pobočka Brno. <http://www.climahom.eu/ProcData.html>.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., SKALÁK, P., 2009: Data quality control and homogenization of air temperature and precipitation series in the area of the Czech Republic in the period 1961–2007. *Advances in Science and Research*, 3, p. 23–26.

VOLTR, V., FRONĚK, P., HRUŠKA, M., 2014: Souvislost výnosů zemědělských plodin a sucha. In: *Rožnovský, J., Litschmann, T., Středa, T., Středová, H., (eds.): Extrémy oběhu vody v krajině. Mikulov, 8.4. –9.4. 2014.* ISBN 978-80-87577-30-1.

WILHITE, D. A., GLANTZ, M. H. 1985: Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10(3), s. 111–120. ISSN 1941-1707.

WUSSOW, G., 1922, Untere Grenze dichter Regenfälle. *Meteorologische Zeitschrift*, 39, s.173–178.