

Torrential rains in the Region of Southern Moravia (Czech Republic) in the period 2005–2014

(Analýza výskytu přívalových dešťů v oblasti jižní Moravy za období 2005–2014)

Marie Doleželová

Czech Hydrometeorological Institute, Regional office Brno, Department of Meteorology and Climatology, Kroftova 43, 616 67 Brno, Czech Republic.

E-mail: marie.dolezelova@chmi.cz

Anotace

Příspěvek se zabývá zpracováním minutových úhrnů srážek z 11 klimatologických stanic ČHMÚ na území jižní Moravy za období 2005–2014. Po důkladné kontrole a vyřazení chybných údajů byl vyhodnocen výskyt tří typů přívalových dešťů (tj. lijavec, silný lijavec a katastrofální lijavec) podle Wussowa (1922). Byly zpracovány různé statistické charakteristiky přívalových dešťů a byla testována vhodnost Wussowovy klasifikace pro současné podmínky.

Klíčová slova

Intenzita srážek, přívalový déšť, klasifikace Wussowa, jižní Morava, Česká republika.

Annotation

The paper is focused on the analysis of 1-minute precipitation amounts measured at 11 monitoring sites of CHMI equipped with tipping-bucket rain gauges. Study area includes the region of southern Moravia and study period is 2005–2014. After thorough quality control data were analyzed for the occurrence of 3 types of torrential rains according to Wussow (1922). Besides careful statistical analysis of torrential rains, the work aimed to test and verify the suitability of Wussow's method in current climatic conditions.

Keywords

Rainfall intensity, torrential rain, Wussow's method, southern Moravia, Czech Republic

Abstrakt

Předkládaný článek je zaměřen na analýzu výskytu přívalových dešťů na území brněnské pobočky Českého hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ) za období 2005–2014. Ve studii jsou využita data z 11 klimatologických stanic vybavených automatickým člunkovým srážkoměrem značky Meteoservis typu MR3H-FC. Automatizace srážkoměrné sítě začala v České republice ve druhé polovině 90. let a od této doby zde bylo instalováno 84 překlápěcích člunkových srážkoměrů. V současné době je v provozu celkem 77 takových srážkoměrů a data z nich jsou jednoduše přístupná v elektronické databázi ČHMÚ. Analýza přívalových dešťů provedená v této práci byla realizována s využitím hodnot minutových úhrnů srážek. Vzhledem ke skutečnosti, že taková data jsou náchylná k výskytu chyb, které často vznikají například ucpáním srážkoměru při výskytu intenzivních srážek nebo při událostech konvektivního charakteru, byl výběr použitých stanic podřízen podmínce co nejmenšího podílu chybných dat. Údaje z použitých 11 stanic byly podrobeny pečlivé kontrole a v případě zjištění nesprávné funkce srážkoměru byla celá srážková epizoda vyjmuta ze zpracování. Minutové úhrny srážek pak byly zpracovány metodou Wussowa (1922), která je na ČHMÚ užívána jako oficiální metoda k hodnocení výskytu přívalových dešťů při vytváření odborných posudků. Wussowova metoda rozlišuje 3 kategorie přívalových dešťů označené jako „lijavec“, „silný lijavec“ a „katastrofální lijavec“, které jsou vymezeny limitními hodnotami sumárního srážkového úhrnu pro různé doby trvání deště. Vzhledem k tomu, že přívalový déšť je obecně definován jako déšť velké intenzity, avšak malého plošného rozsahu a krátkého trvání, jedná se v případě metody Wussowa o sumy srážkových úhrnů za časové úseky v řádu jednotek až desítek minut. Z dosažených výsledků vyplývá, že události přívalového charakteru se nejčastěji vyskytují v období od května do října a s menší četností také v dubnu a v listopadu. Těžiště výskytu však u všech typů lijavců připadá na červenec. Délka studovaného období sice neumožňuje stanovení trendu ve frekvenci výskytu jednotlivých typů přívalových dešťů, je však patrné, že zatímco v některých letech se taková událost nemusí vyskytnout vůbec, v jiných letech se na dané stanici lijavec může vyskytnout až šestkrát, silný lijavec až čtyřikrát a katastrofální lijavec až třikrát. V podmínkách měnícího se klimatu, kdy je do budoucna predikována větší frekvence výskytu různých extrémů počasí včetně přívalových dešťů (viz např. IPCC, 2014) a pro zájmovou oblast již narůstající četnost extrémů byla potvrzena i na konkrétních datech (viz Doleželová, 2014), se jako zajímavé jeví i stanovení průměrného podílu srážek z přívalových dešťů na celkovém ročním úhrnu. Tento podíl se ve studovaném období na jednotlivých stanicích a v jednotlivých letech pohybuje v rozmezí od 0 % do 24 % a v průměru činí 10 %. Kromě samotného zpracování srážkových intenzit byla v předkládané práci pozornost věnována i ověření vhodnosti použité klasifikace v podmínkách současného klimatu. Ze studovaného souboru dat byly pro všechny případy výskytu určitého typu přívalového deště stanoveny maximální hodnoty srážkových úhrnů pro různé doby trvání deště. Z těchto maxim pak byly určeny percentily, které nejlépe odpovídají limitním hodnotám pro vymezení lijavce, silného lijavce a katastrofálního lijavce při dané době trvání deště podle Wussowa (1922). Vzhledem k tomu, že tyto percentily určené z empirických dat jsou dostatečně vysoké (97,0; 98,9 a 99,7), lze předpokládat, že klasifikace přívalových dešťů podle Wussowa je i navzdory svému datu vzniku (počátek 20. století) vhodná i pro současné klimatické podmínky.

Abstract

The paper is focused on the analysis of rainfall intensity data measured by tipping-bucket rain gauges at 11 meteorological stations located in the southern part of the Czech Republic. Study material includes 1-minute precipitation amounts in the period 2005–2014. Data were subjected to thorough quality control and incorrect values were removed from the processing. Corrected data were analyzed by Wussow's method (Wussow, 1922) and the occurrence of various types of torrential rains was evaluated. Basic statistics of particular types of torrential events such as frequency or annual course were evaluated as well. As the time series are too short (10 years), it has no sense to analyze trend, but it is still possible to observe some changes in time. Moreover, the location of study sites enables the comparison between rural and urban environment. Besides the evaluation and statistical analysis of torrential events, the main goals of this work included also verification of the Wussow's method and evaluation of its suitability in conditions of changing climate. This was achieved by computation of extreme percentiles from empirical values of rainfall intensities and their comparison with original thresholds for particular types of torrential events according to Wussow. Although Wussow's classification was designed in the beginning of the 1920s, results show that it is still appropriate in the studied area, even in the conditions of changing climate.

1. Introduction

As the climate tends to be more extreme (e.g. IPCC, 2014), higher frequency of some extraordinary and dangerous weather phenomena is expected in the future. Among these phenomena are e.g. extremely high/low temperatures, thunderstorms, windstorms and torrential rains as well. In general, torrential rains are defined as very intense rains with relatively short duration and small affected area. Increasing extremity of precipitation regime in the study area was proven in the previous work of the author (Doleželová, 2014). It was found that annual rainfall in the study area shows slightly increasing trend while its trend is rather decreasing at the beginning of the vegetation season (April, May). Moreover, dry periods (defined as periods of at least 3 consecutive days with daily precipitation amount smaller than 1 mm) as well as wet periods (i.e. periods of at least 3 consecutive days with daily precipitation amount equal or higher than 5 mm) lengthen significantly. It means that precipitation tends to concentrate in time and precipitation regime tends to be more extreme. Relatively long periods without precipitation alternate with rainy periods that can even lead to flooding. Increasing extremity is manifested also by the occurrence of torrential rains that can have catastrophic impacts on many economic sectors like agriculture or infrastructure. In the Czech Hydrometeorological Institute (CHMI), torrential events are evaluated with the help of the Wussow's classification that was designed at the beginning of the 20th century according to empirical data. Thus a question arises whether it corresponds to the reality even in the conditions of changing climate. To answer this question, statistical analysis of the whole dataset was carried out focusing especially on the estimation of some extreme percentiles.

2. Methods

Data comprising 1-minute precipitation amounts have been processed according to Wussow's method (Wussow, 1922) which is used by CHMI as the official method for evaluation of torrential rains when informing the public or providing some kind of climate service. According to Wussow's method we distinguish three classes of torrential rains or so called downpours: „downpour“, „heavy downpour“ and „catastrophic downpour“. Each of them is defined by the intervals of precipitation amounts for different durations of the rain (see Fig. 1). After the evaluation of torrential rains, basic statistical analysis including frequency of particular types of downpours in individual years and their annual course was performed. Percentage of precipitation amounts in days with torrential rain and their share in overall precipitation sum is determined as well. Maximum precipitation amounts for particular rain durations in individual torrential events are used for the estimation of percentiles that fit best the limit values of the three categories of downpours. Evaluation of torrential events was performed with the help of Proclim software (Štěpánek, 2015).

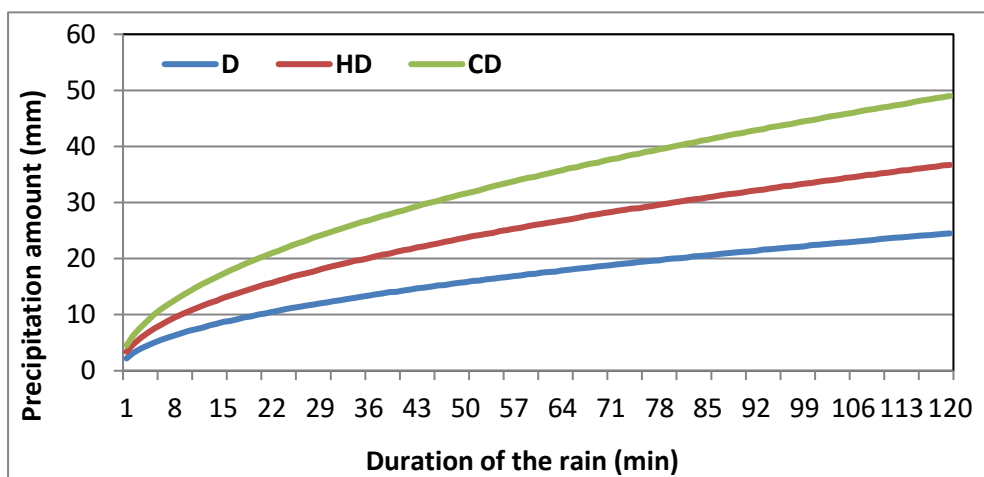


Figure 1. Lower limits of precipitation amounts for given rain durations (1–120 min) to call the event “downpour” (D), “heavy downpour” (HD) or “catastrophic downpour” (CD) according to Wussow’s classification.

3. Data

Study material includes 1-minute precipitation amounts from 11 meteorological stations belonging to the CHMI’s measuring network equipped with automatic tipping-bucket rain gauges. Measuring sites are located in the territory of CHMI’s regional office Brno (see Fig. 2). One site is purely urban (Brno-Žabovřesky station, BZAB) while the others represent rather rural environment. The study period is 2005–2014. The automation of Czech precipitation monitoring network started in the second half of the 1990s and so far 84 tipping-buckets have been installed in the Czech Republic. At the moment, 77 of them are working and their data are easily accessible via CHMI’s electronic database (in contrast to the data from previously used ombrographs). As rainfall intensity data are susceptible to measurement errors (especially in case of heavy rainstorms when rain gauge can be plugged by some objects), data quality was an important parameter taken into consideration when choosing study stations. Data of all of the 11 stations were carefully checked for errors (mainly with the help of radar data) and in case of incorrect function of the device the whole rainfall episode was removed from processing.

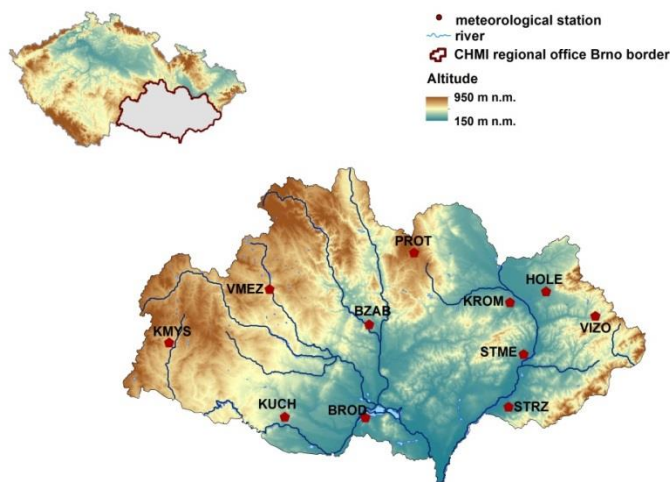


Figure 2. Location of study area and measuring sites used in this study.

4. Results

In the studied area, torrential rains occur usually from May to October, rarely also in April and November. Total number of „downpours“ is higher compared to „heavy downpours“ while „catastrophic downpours“ are the less frequent. The highest number of events occurs in July regardless of the category (see Fig. 3). Temporal variability of the occurrence of torrential events is quite low. Figure 4 shows that annual number of „downpours“ at given meteorological station varies between 0 and 6 and mostly reaches values between 1 and 4. There are even several cases with no „downpour“ in particular year and meteorological station (e.g. BROD in 2005, BZAB in 2007 etc.). Annual number of „heavy downpours“ reaches values from 0 to 4, with the frequency of 1–2 being normal and 3–4 being rather rare. Cases with no „heavy downpour“ in particular year and location are more frequent compared to „downpours“. In the category of „catastrophic downpour“ common frequency varies between 0–1, more rarely reaches 2 or 3 events per station and year.

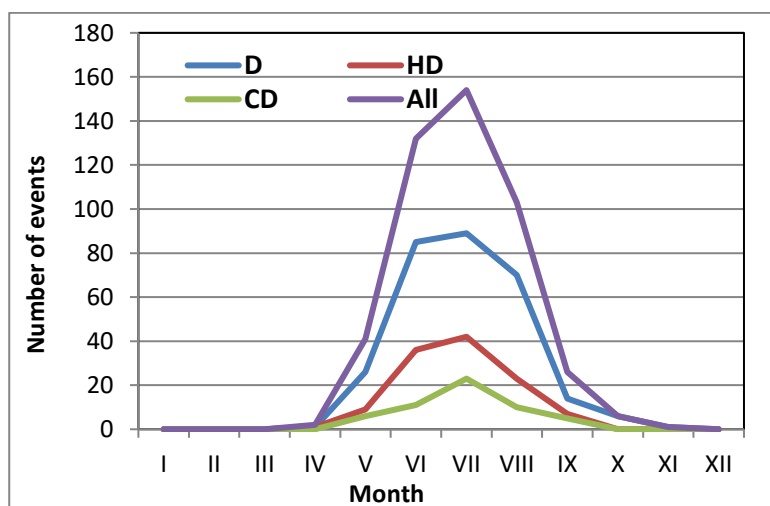


Figure 3. Annual course of occurrence of particular categories of downpours at 11 meteorological stations in the period 2005–2014. (Total number of events for all meteorological stations and the whole studied period is depicted).

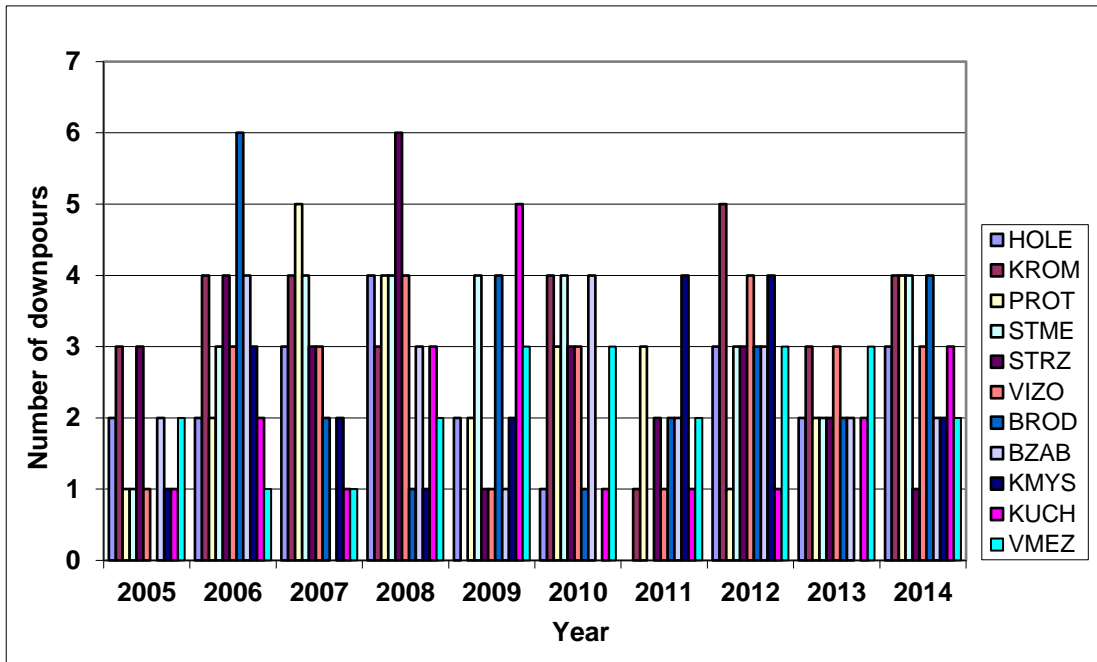


Figure 4. Overall number of „downpours“ at 11 meteorological stations in the period 2005–2014.

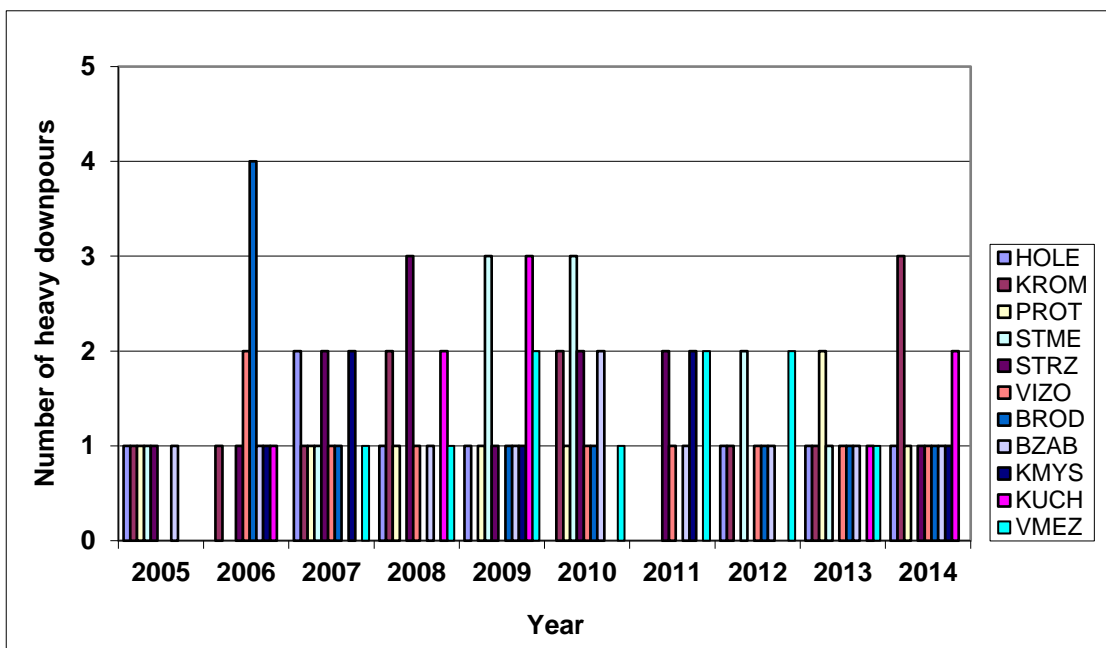


Figure 5. Overall number of „heavy downpours“ at 11 meteorological stations in the period 2005–2014.

Average share of total precipitation amount in days with torrential rain in annual rainfall is 10 %. Share in particular years and meteorological stations varies between 0.0 % (more cases) and 24.4 % (HOLE in 2008). The highest portion of torrential rainfall was found in years 2008, 2012 and 2014 (for more details see Tab. 1). Warm seasons of these years were typical by frequent occurrence of synoptic situations favorable to convective phenomena.

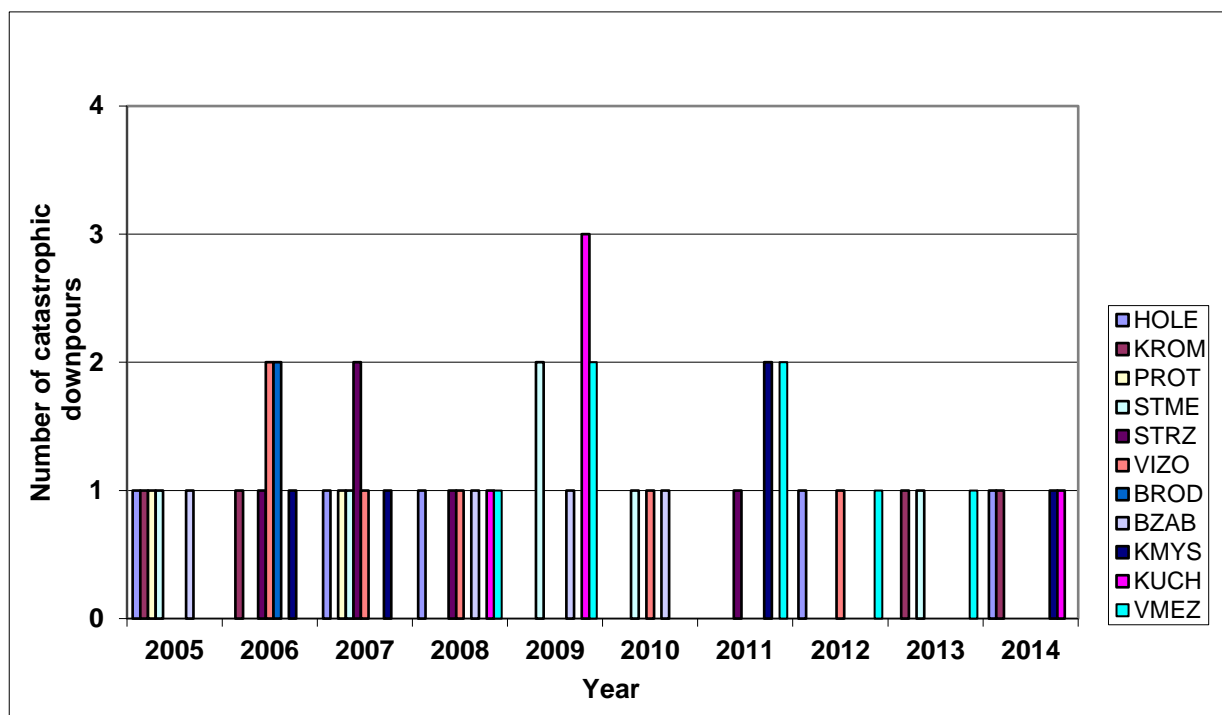


Figure 6. Overall number of „heavy downpours“ at 11 meteorological stations in the period 2005–2014.

Table 1. Share (%) of total precipitation amount in days with torrential rain (i.e. „downpour“, „heavy downpour“ and „catastrophic downpour“) in annual rainfall at 11 meteorological stations in the period 2005–2014.

	HOLE	KROM	PROT	STME	STRZ	VIZO	BROD	BZAB	KMYS	KUCH	VMEZ	AVG
2005	8.9	11.1	8.4	2.1	12.6	0.9	0.0	8.2	1.5	3.9	3.0	5.5
2006	5.8	16.9	12.1	5.7	9.4	10.6	17.8	10.5	21.7	6.6	2.2	10.8
2007	13.7	17.4	10.4	13.9	18.1	16.2	5.3	0.0	7.9	2.5	5.7	10.1
2008	24.4	14.4	15.7	18.8	22.8	21.3	4.0	13.3	4.9	14.9	7.1	14.7
2009	7.5	0.0	10.0	19.4	5.9	2.8	11.1	8.4	6.4	16.3	10.7	8.9
2010	1.2	9.4	6.3	10.2	9.4	6.7	7.7	17.1	0.0	4.4	8.9	7.4
2011	0.0	2.8	11.0	0.0	6.3	13.7	11.9	8.2	19.8	3.2	18.5	8.7
2012	16.6	18.3	3.0	18.4	16.5	11.5	18.1	18.1	9.1	2.0	10.7	12.9
2013	6.0	6.4	10.2	12.2	5.8	8.1	13.5	7.9	0.0	7.4	13.5	8.3
2014	9.0	21.6	15.8	10.4	5.0	10.7	20.4	12.6	11.9	9.3	7.8	12.2
AVG	9.3	11.8	10.3	11.1	11.2	10.2	11.0	10.4	8.3	7.1	8.8	10.0

Regarding the distribution of empirical values, it was found that percentiles corresponding to lower limit for „downpour“ according to Wussow’s classification range from 95.0 to 98.0 with average value of 97th percentile. In case of „heavy downpour“ it ranges from 98.5 to 99.0 with average value of 98.9. In case of „catastrophic downpour“ lower limit lies between 99.25 and 99.90 percentile of empirical data with average value reaching 99.7. Limit values defined by these average percentiles fit the limits for particular types of downpours quite well (see Fig. 7 and 8).

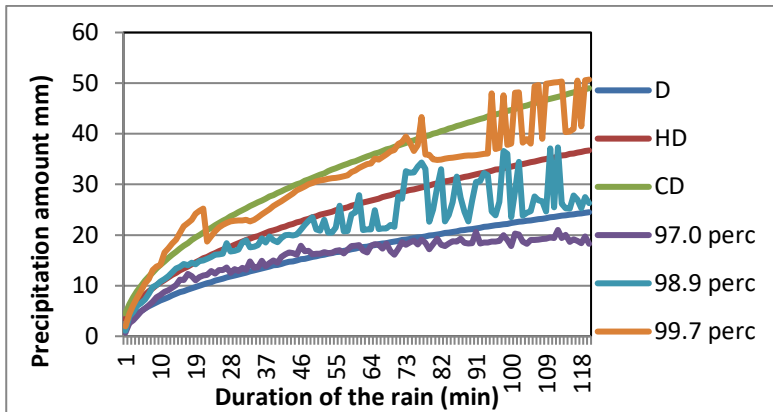


Figure 7. Lower limits of precipitation amounts for given rain durations (1–120 min) for „downpour” (D), „heavy downpour” (HD) or „catastrophic downpour” (CD) according to Wussow (1922) and relevant percentiles of empirical data in the period 2005–2014 for the station Protivanov (PROT).

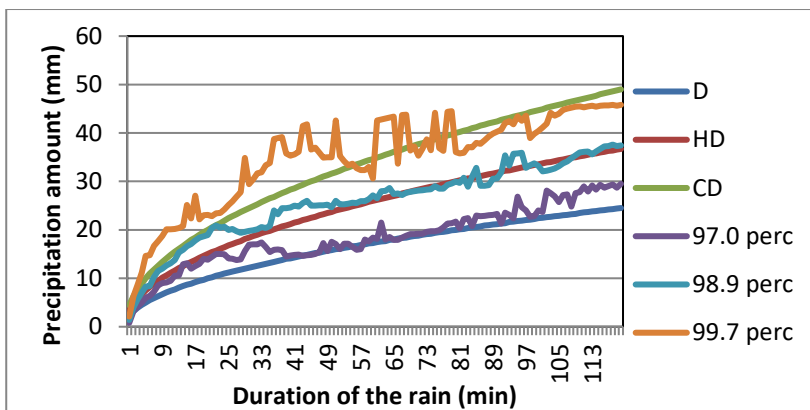


Figure 8. Same as in Figure 5 but for urban station Brno-Žabovřesky (BZAB).

5. Conclusions

The subject of presented study is analysis of rainfall intensity data from 11 CHMI's stations in the period 2005–2014. Thorough and time-consuming quality control that was done manually (with the help of radar data) has led to the establishment of reliable and quite vast database of 1-minute precipitation amounts. This database covers the longest period possible when particular stations overlap. The majority of torrential events occur in the period from May to September with maximum in July. Annual share of precipitation in days with torrential rain varies between 0 % (i.e. any torrential event in particular year) and 24 % of total annual rainfall in particular years. Average share per year is 10 %. Original Wussow's limits for particular types of torrential events (i.e. D, HD, CD) correspond to 97.0th, 98.9th and 99.7th percentile of empirical values. These figures are quite high and thus we can assume that Wussow's classification is appropriate even in recent period of climate changes. Application on rainfall intensities measured in the time of method's creation (i.e. ombrographic data) and evaluation of corresponding percentiles should be the subject of further studies.

References

- Doleželová, M. (2014), Changing amounts or spatio-temporal distribution? The study of precipitation trends and the occurrence of extreme precipitation events in the region of southern Moravia (SE part of the Czech Republic) in the period 1961–2013. In 14th EMS Annual Meeting & 10th European Conference on Applied Climatology (ECAC) Proceedings. (Prague 6.10. – 10.10.2014).
- IPCC (2014), IPCC Fifth Assessment Report: Synthesis Report. Climate Change 2014. [online]. Available at <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>.

Štěpánek, P., 2014: ProClimDB – software for processing climatological data. [online]. Available at <http://www.climahom.eu/ProcData.html>.

Wussow, G. (1922), Untere Grenze dichter Regenfälle. *Meteorologische Zeitschrift*, 39, 173-178.