

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza časových řad srážek na vybraném území

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Bystřický Ph.D.

Autor: Vít Mácha

České Budějovice, duben 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vít MÁCHA**
Osobní číslo: **Z13555**
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Analýza časových řad srážek na vybraném území**
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Srážkové úhrny vykazují velkou časovou i prostorovou variabilitu. Tato diplomová práce bude za pomoci statistických metod řešit stav a případné změny srážkového režimu v čase na vybraném území. Cílem této práce je tedy vyhodnocení časové (časoprostorové) variability srážkových úhrnů na vybraném území.

Rámcový obsah DP:

Rešerše na dané téma.

Výběr vhodných datových souborů (spolupráce s ČHMÚ).

Trendová analýza časových řad srážek.

Analýza časové distribuce srážek na vybraném území.

Vyhodnocení, diskuze a závěr.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran textu
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Brutsaert, W. Hydrology: An introduction. Cambridge University Press, 2005, 605 s.

Havlíček a kol. Agrometeorologie. SZN Praha, 1986.

Serrano, E.S. Hydrology for Engineers, Geologists and Environmental Professionals. HydroScience Inc. Lexington, Kentucky, 1997, 468 s.

Maidment, D.R. (ed.). Handbook of hydrology. McGraw-Hill, New York, 1993, 1424 s.

časopisy: Hydrological processes, Journal of hydrology, Meteorological applications, Water resources management, atd.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav BYSTRICKÝ, Ph.D.
Katedra krajinného managementu

Datum zadání diplomové práce: 17. března 2014
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentická 13
370 01 České Budějovice



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

L.S.



doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 17. března 2014

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 24. 4. 2015

.....

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval panu Ing. Václavu Bystřickému Ph.D. za poskytnutí dat, ochotu, cenné rady, pomoc a trpělivost při vypracování diplomové práce. Za pomoc a spolupráci při poskytování dat bych chtěl také poděkovat Ing. Tomáši Pavlíčkovi Ph.D. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodičům za podporu během mého studia.

Abstrakt

Tato práce navazuje na moji bakalářskou práci, která se zabývala metodami časové distribuce srážek a rozdíly v této distribuci v rámci malého území. V první části práce je popsán vznik a rozdělení srážek, typický chod srážek a některé charakteristiky srážek, které vypovídají o určitém chování srážek v dané stanici. Dále se práce zabývá popisem možných metod pro hodnocení časové distribuce, především jsou zde uvedeny statistické metody.

Uvedené metody a způsoby hodnocení jsou pak následně aplikovány na časovou řadu denních srážek, která byla dostupná pro tuto práci pro povodí Jenínského potoka. Analýza je zaměřena na charakteristiku a porovnání srážkových úhrnů dvou období, 1980-1988 a 2005-2013. Výsledky ukazují na některé změny mezi obdobími ve srážkových charakteristikách, z větší části však nejsou statisticky významné. V práci jsou také zhodnoceny rozdíly ve srážkových úhrnech mezi srážkoměrnými stanicemi Jenín a Dolní Dvořiště (přibližná vzdálenost stanic 4 km) v období 2005-2013. Při porovnání dochází k rozdílům ve srážkových úhrnech, které jsou značně variabilní a nemají stálý směr ani velikost.

Klíčová slova: srážky, srážkové charakteristiky, analýza časové řady, Jenínský potok, statistické metody

Abstract

Diploma thesis extends my Bachelor's thesis, which was about methods of time distribution of precipitations and differences in that distribution within a small area. The first part of the paper describes the formation and distribution of precipitation, typical variation of precipitation and some characteristics, revealing and describing the behaviour of rainfall in a given station. Following part describes possible methods of evaluation of time distribution. Statistical methods are presented mainly here.

Here described methods and evaluations are subsequently applied in time series of daily precipitations, which has been available for this work for the Jenin creek basin. The analysis is focused on characteristics and evaluation of rainfall between terms 1980 – 1988 and 2005 – 2013. The results show us some differences between terms in rainfall characteristics. However, mostly they are not statistically significant. The work also evaluates differences in rainfall totals between rainfall stations Jenín and Dolní Dvořiště (approximate distance of the stations is 4 km) in 2005 - 2013 term. During the evaluation it comes to differences in rainfall totals. They are highly variable and they don't have neither constant direction nor size.

Keywords: precipitations, rainfall characteristics, time series analysis, Jenín creek, statistic methods

Obsah:

Úvod.....	9
1 Literární rešerše.....	10
1.1 Oběh vody.....	10
1.2 Vznik srážek.....	11
1.3 Rozdělení srážek.....	11
1.3.1 Rozdělení srážek podle místa kondenzace.....	11
1.3.2 Rozdělení srážek podle příčin vzniku srážek.....	14
1.3.3 Rozdělení srážek podle charakteru jejich průběhu.....	14
1.4 Měření srážek.....	15
1.4.1 Pozemní srážkoměry.....	15
1.4.2 Radarové měření srážek.....	17
1.5 Časová a prostorová variabilita srážek.....	18
1.5.1 Časové rozdělení srážek.....	18
1.5.2 Časoprostorové rozdělení srážek.....	21
1.6 Analýza srážkových dat.....	23
1.6.1 Statistické charakteristiky časových řad.....	25
1.6.2 Charakteristika vertikálních atmosférických srážek.....	27
1.6.3 Hodnocení rozdílů ve srážkovém úhrnu.....	32
1.6.4 Hodnocení trendů a posunů.....	33
1.6.5 Korelace.....	35
2 Cíl práce.....	38
3 Materiály a metody.....	39
3.1 Data.....	39
3.2 Metodika.....	39
3.2.1 Statistické a srážkové charakteristiky.....	40
3.2.2 Statistické porovnání srážkových úhrnů.....	41
3.2.3 Hodnocení trendu časové řady.....	41
3.2.4 Popis prostorových rozdílů mezi srážkoměry.....	41
3.3 Popis zájmového území – Povodí Jenínského potoka.....	41
4 Výsledky a diskuse.....	46
4.1 Statistické a srážkové charakteristiky.....	46
4.1.1 Roční srážkové úhrny.....	46
4.1.2 Měsíční srážkové úhrny – Roční chod srážek.....	49

4.1.3	Srážkové charakteristiky - denních srážkových úhrnů.....	55
4.2	Statistické porovnání srážkových úhrnů	62
4.2.1	Roční srážkové úhrny	63
4.2.2	Měsíční srážkové úhrny.....	63
4.2.3	Srážkové charakteristiky – denních srážkových úhrnů	64
4.3	Hodnocení trendu časové řady.....	68
4.3.1	Roční srážkové úhrny	68
4.3.2	Měsíční srážkové úhrny.....	69
4.3.3	Srážkové charakteristiky – denních srážkových úhrnů	70
4.4	Popis prostorových rozdílů mezi srážkoměry.....	75
4.4.1	Statistické charakteristiky.....	75
4.4.2	Rozdíly v ročních srážkových úhrnech	76
4.4.3	Statistické porovnání srážkových úhrnů.....	78
4.4.4	Prostorový vztah srážkoměrných stanic	78
4.4.5	Rozdíly v měsíčních srážkových úhrnech	78
4.4.6	Rozdíly v denních srážkových úhrnech.....	79
5	Závěr	81
6	Seznam použité literatury.....	83

Úvod

Atmosférické srážky jako základní a nedílná součást života kolem nás, jsou jednou ze základních složek koloběhu vody v přírodě. Množství srážek na Zemi by mělo být v určitém čase v přijatelném množství, protože nadbytek srážek způsobuje povodně a jejich nedostatek naopak sucho. Oba tyto extrémy výrazně ovlivňují hospodářství země a především zemědělskou výrobu. Poslední dobou je často diskutováno zvýšení množství extrémních srážkových situací, které sebou přinášejí bleskové povodně, nedostatek vláhy během vegetačního období a zvýšení erozní činnosti na zemědělských pozemcích spojené s degradací půd a snižování výnosů zemědělských plodin. Zároveň je snaha o předpověď očekávaného množství srážek v kratších či delších časových intervalech, což může objasnit některé situace, které mohou nastat a tím doporučit i činnosti, které jsou potřebné k regulaci množství srážek a opatření s těmito jevy spojenými.

Atmosférické srážky jsou velice variabilní jak v čase tak prostoru i na relativně malých územích, proto vzrůstá neustále význam získávání co nejpřesnějších hodnot, které se dají empiricky využít jako podklad pro další zpracování. Vyhodnocování srážek je jednou z nejdůležitějších činností pro celou řadu hydrologických opatření, pro plánování odvodnění a závlah v regionech, projektování vodohospodářských staveb, navrhování protipovodňových a bezpečnostních opatření sloužících k ochraně obyvatelstva a pro mnoho dalších oblastí hospodářství zejména pro zemědělskou výrobu.

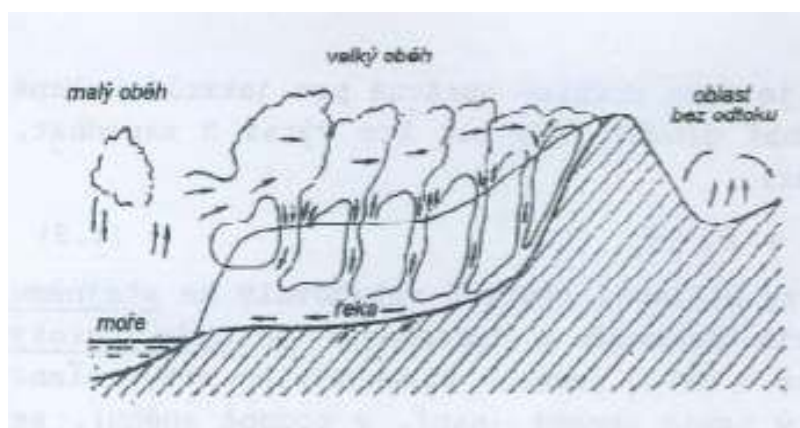
Všeobecně se dá předpokládat, že časové rozdělení srážek je závislé především na klimatických podmínkách, nadmořské výšce, geografické oblasti, struktuře krajiny a ročním období, ve kterém se sledování provádí. I při vnímání těchto faktorů jsou však srážky ovlivňovány především svoji dynamikou, neustále mění svoji formu a intenzitu při průchodu danou oblastí. Tím se stávají jedním z nejobtížněji stanovitelných atmosférických parametrů jak v čase, tak v prostoru.

Analýza srážkových úhrnů se provádí řadou statistických metod, kterými dokážeme popsat chování srážek, jak z časového tak i z prostorového hlediska. Hodnocení výsledků těchto metod nám může podat informaci o případných změnách v rozložení množství srážek a ukázat na nutnost provedení opatření v krajině.

1 Literární rešerše

1.1 Oběh vody

Voda v přírodě se vyznačuje i při svých velkých hmotách výjimečnou pohyblivostí, je v neustálém pohybu a vytváří uzavřený cyklus. Vypařená voda z oceánů ve formě vodní páry je přenášena nad jeho jiné části a nad pevninu, kde kondenzuje a vzniká oblačnost. Z této oblačnosti pak vypadávají srážky. Tento koloběh uzavírají řeky, které odvádějí vodu zpět do moří a oceánů. Voda se však odpařuje nejen z oceánů, ale i z pevniny, avšak v daleko menším množství. Oběh vody na Zemi je znázorněn schematicky na obr. 1. (Krešl, 2002; Karas a kol., 2007). Za hlavní složku hydrologického cyklu považuje Brutsaert (2005) atmosférické srážky, které spolu s teplotou vzduchu jsou základním činitelem určujícím ráz krajiny. Mezi další základní složky hydrologického cyklu patří kromě srážek také výpar, povrchový a podpovrchový odtok. Chování vody v různých fázích cyklu je nevyzpytatelné v čase a v prostoru (Bedient a Huber, 1988). Jak uvádějí Tolasz a kol. (2007) výrazný přebytek srážek v některých obdobích může být příčinou povodní, naopak jejich dlouhodobější nedostatek přispívá ke vzniku suchých období. Zatímco povodně mohou způsobit vedle velkých materiálních a jiných škod i ztráty na lidských životech, sucha podmiňují značné ztráty na zemědělské produkci, problémy v hospodaření a zásobování vodou, v lesnictví atd. Vyrovnaného stavu vody v přírodě, jak uvádí Bedient a Huber (1988) se dosáhne jejím oběhem. Nypl (1986) zmiňuje rozdělení koloběhu vody (viz obr. 1) na velký oběh vody, oběhy mezi pevninou a mořem a malý oběh vody, který je jen nad hladinou moří nebo na malé části Země. Malý oběh vody má z hydrologického hlediska pro hospodaření s vodou největší význam. Uplatňuje se zde kondenzace ovzdušných par jak na zemském povrchu, tak i v půdě, vývěry podpovrchových vod, odběr půdní vody vegetací apod. Cílem všech vodohospodářských opatření v přírodě je udržet maximální možné



Obr. 1: Malý a velký oběh vody

Zdroj: Kemel (2000)

množství vody právě v tomto malém oběhu (*Tlapák a kol., 1992*). Jako jednu s možností, jak zajistit zvýšení retenčních a retardačních účinků ve srážkoodtokové fázi koloběhu vody v krajině, doporučuje Škopek (1996) provedení pozemkových úprav. Ty jsou v současné době významným nástrojem nejen při ochraně a tvorbě zemědělské krajiny, ale i při ochraně vodní komponenty v krajině. Proto před každou pozemkovou úpravou je nutné provést analýzu srážkových a hydrologických poměrů.

1.2 Vznik srážek

Srážky jsou v meteorologii definovány jako voda v pevném či kapalném skupenství, která se tvoří z vodní páry v atmosféře (*Karas a kol., 2007*). Jak uvádí Bednář (2003) mechanismus vzniku padajících atmosférických srážek (deště, mrholení, sněžení, krup, atd.) spočívá v tom, že z určitého důvodu část maličkých oblačných elementů, tj. vodních kapiček, popř. ledových částic, začne intenzivně narůstat na úkor ostatních. Kopáček a Bednář (2005) uvádí, že v homogenním plynném prostředí je vznik zárodků kapiček vody spontánním spojováním jednotlivých molekul H_2O nesmírně energeticky náročným a statisticky nepravděpodobným dějem, který by mohl v potřebném rozsahu nastávat až při přesycení vodní páry o řádově několik stovek procent. Brázdil a Štekl (1986) však uvádějí, že přesycení neexistuje z důvodu existence dostatečného množství kondenzačních jader, které umožňují kondenzaci a vznik vodních kapiček při relativní vlhkosti blízké 100%.

Tvorba srážek v oblacích souvisí s narušením stability hmoty oblaku, složené z množství prvků – oblačných částí různé velikosti a struktury. Čím sourodější je skladba oblačných prvků, tím stabilnější je oblak a nevypadávají z něj srážky. K uvolňování a vypadávání srážek musí být splněn předpoklad, že postupným zvětšováním hmotnosti částic jsou překonány síly, působící v rámci vzestupného proudění vzduchu proti propadávajícím částicím. Pokud vodní kapičky či ledové krystalky narostly do takových rozměrů, že už je vzestupné proudy v oblaku neudrží, začnou z něj vypadávat a my můžeme, pozorovat srážky (*Havlíček a kol., 1986; Astapenko a Kopáček, 1987; Karas a kol., 2007*).

1.3 Rozdělení srážek

1.3.1 Rozdělení srážek podle místa kondenzace

Atmosférické srážky se mohou vyskytovat v kapalně nebo pevné fázi, na povrchu země nebo předmětech v atmosféře. V přírodních podmínkách vzniká nepřetržitě

řada produktů kondenzace a desublimace vodní páry. Podle výskytu v atmosféře rozlišujeme:

1. vertikální srážky, které vypadávají z oblaků jako produkty kondenzace a desublimace ve volné atmosféře
2. horizontální srážky, které kondenzují a desublimují na povrchu půdy a předmětech (*Nypl, 1986; Kopáček a Bednář, 2005*)

Jak uvádí Brutsaert (2005) a Tlapák a kol. (1992), atmosférické srážky představují vodu nebo tuhé částice vypadávající v různých formách z oblaků na zemský povrch. Mohou vypadávat například jako déšť, mrholení, déšť se sněhem, sníh, kroupy atd., takové srážky označujeme za vertikální. Druhou formou, jak uvádí Kříž a kol. (1988), jsou horizontální srážky tvořící se kondenzací bezprostředně na aktivním povrchu (rosa, jinovatka, námraza apod.).

Vertikální atmosférické srážky

Vertikální srážky můžeme rozdělit podle skupenství na kapalně a tuhé vertikální srážky. V některých případech se může vyskytnout také forma smíšená.

Kapalně vertikální srážky

Do vertikálních kapalných srážek se zařazuje například déšť nebo mrholení.

Déšť

Déšť je kapalná forma atmosférických srážek, dopadajících na zemský povrch ve tvaru vodních kapek. Velikost kapek se pohybuje od 0,5 mm do 6,5 mm, nejčastěji 1 - 3 mm, ale nepřevyšuje 8 mm. Velikost kapky odpovídá úměrně její rychlosti pádu a je charakterizována konečnou rychlostí, tj. maximální rychlostí, při níž nastává rovnováha mezi tíhovým účinkem kapky a odporem vzduchu. Velikost kapky závisí na síle výstupného vzdušného proudu. Platí, že čím je proud silnější, tím větší kapky jsou vyloučeny (*Kříž a kol., 1988; Krešl, 2001*). Jak uvádí Uhlíř (1961) dešťové srážky padají k zemi různou rychlostí. Při průměru nad 5,5 mm se rychlost kapek zmenšuje, poněvadž nastává jejich deformace – zplošťuje se a tím se zvětšuje odpor vzduchu. Při podchlazeném zemském povrchu se může vyskytnout mrznoucí déšť se vznikem ledovky.

Mrholení

Jako mrholení označujeme padající srážky složené z kapiček o průměru 0,05 až 0,5 mm. Vzhledem k malým rozměrům nemůžeme obvykle jednotlivé kapičky okem rozeznat. Mrholení je slabou stejnoměrnou srážkou se značnou hustotou kapiček, takže na předmětech vytvářejí souvislou vrstvičku vody. Jednotlivé drobné kapičky pro svou malou tíhu klesají v ovzduší pomalu a jsou ovlivňovány větrem, který je může zanášet i pod krytá místa (*Kemel, 2000; Kříž a kol., 1988*).

Tuhé vertikální srážky

Vertikálními tuhými srážkami rozumíme především sníh, zmrzlý déšť, kroupy atd. Z hydrologického hlediska má největší význam sníh.

Sníh

Sníh je tvořen různě uspořádanými krystalky ledu, jež narůstají na sobě často ve tvaru rozvětvených hvězdic. Při teplotách vyšších než $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se tvoří kypré vločky dosahující průměru až několika centimetrů a jednotlivé krystalky ledu jsou pokryty namrzlými vodními kapičkami. Při nižších teplotách se netvoří vločky a krystalky jsou menší (*Kříž a kol., 1988*).

Zmrzlý déšť

Vzniká v případě, kdy nad prochlazenou pevninou leží studený vzduch s teplotou pod 0°C a nad něj proniká od jihozápadu teplý mořský vzduch s teplotami nad 0°C doprovázený deštěm. Stává se, že kapky při průletu studenou přízemní vrstvou zmrznou a na zemský povrch dopadají jako průhledné ledové částice nepravidelného nebo kulovitěho tvaru v průměru do 5 mm. Při dopadu na zmrzlou zem obvykle odskakují a je slyšet šum (*Astapenko a Kopáček, 1987*).

Kroupy

Jsou to větší padající kusy ledu různého tvaru o průměru větším než 5 mm. Při rozříznutí lze často identifikovat několik průzračných a neprůzračných vrstev. Vypadávají výhradně z bouřkových oblaků (*Kopáček a Bednář, 2005*).

Horizontální atmosférické srážky

Vznik horizontálních srážek popisuje Kopáček a Bednář (2005) jako kondenzaci a sublimaci na zemském povrchu. Ke kondenzaci dochází v tenkých vrstvách vzduchu, které přiléhají těsně k chladné zemi nebo ke studeným předmětům na ní, mohou se dotýkat s ní nebo s nimi a ochladit se až na teplotu rosného bodu, kdy dochází k nasycení vzduchu vodní parou. Pokračuje-li ochlazování dále, kondenzuje nebo sublimuje (tj. přímo přechází v led) nadbytečná vodní pára na povrchu chladných předmětů nebo na studené půdě. Přitom vznikají různé produkty kondenzace a sublimace podle toho, za jakých podmínek ochlazování probíhá. Množství horizontálních srážek, jak uvádí Kemel (2000), je v porovnání s množstvím na zem vypadlých vertikálních srážek zpravidla malé. Hrají však významnou roli např. v zemědělství, neboť jsou mnohdy schopny pokrýt minimální množství vody, potřebné pro zachování života rostlin v období, kdy je vertikálních srážek katastrofálně málo.

1.3.2 Rozdělení srážek podle příčin vzniku srážek

Vertikální srážky jsou často klasifikovány v souladu s podmínkami, které vytváří vertikální proudění vzduchu:

Konvekční srážky

Konvekční srážky vznikají při vertikálním vzestupu vzduchu. Dochází k ohřátí vlhkého vzduchu o zemský povrch, ten poté vystoupí do vyšších vrstev atmosféry, kde se dynamicky ochladí, takže je v poměrně krátké době dosaženo rosného bodu. Srážky dosahují velkých intenzit a zasahují menší plochy, kdy může dojít k rozvodnění menších toků. Na našem území se vyskytují především v letním období.

Frontální srážky

Frontální srážky jsou spojené s pohybem velkých hmot vzdušných systémů, jako je tomu v případě teplých nebo studených front. Frontální srážky před teplou frontou se objevují v podobě trvalého deště (sněžení). Srážky spojené se studenou frontou jsou před jejím přechodem obvykle ve tvaru přeháněk a bouřek, za ní mohou být ve tvaru trvalého deště. Mohou způsobovat povodně v rozsáhlých povodích.

Orografické srážky

Orografické srážky vznikají v důsledku mechanického vzestupu vlhkých vzduchových hmot nad pohoří. Srážky jsou menších intenzit, bývají však vytrvalé (*Bedient a Huber, 1988; Nypl, 1986; Kemel, 2000; Kopáček a Bednář, 2005*).

1.3.3 Rozdělení srážek podle charakteru jejich průběhu

Vertikální srážky a jejich rozdělení podle charakteru jejich průběhu je uvedeno například v Uhlířovi (1961) Brázdilovi (1986), Seifertovi (1987), Kopáčkovi a Bednářovi (2005) :

Trvalé srážky - regionální

Za trvalé srážky označujeme ty, jejichž trvání není omezeno na příliš krátký časový interval. Vyskytují se nad rozlehlým územím a vypadávají z oblaku Nímbostrátus a Altostrátus. Bývají spojeny s velkoprostorovými pohyby a to zvláště v určitých částech cyklón a brázd nejčastěji před teplou frontou (v šířce 200 až 400 km). Pro trvalé srážky je typická menší intenzita.

Přehánky - místní

Tyto přehánky nemají delšího trvání, zato však jsou co do množství spadlých srážek často vydatné. Jsou typické pro teplý půlrok. Padají na menším území často s velkou intenzitou. Přehánky jsou spojené s kupovitou oblačností a tato oblaka jsou prostorově i časově poměrně hodně omezená, ale to neplatí vždy. Životnost i velikost těchto oblaků může být nesmírně rozmanitá. Pokud ve výšce nefouká vítr, který by zakrátko odnesl kupovitý oblak i s přehánkou pryč, může oblak setrvávat nad jedním

místem i dlouhé hodiny a po celou tu dobu z něj může vypadávat přeháňka. Přichází vždy po přechodu studené fronty v úzkém pruhu. I když srážková pásma studených front jsou víceméně souvislá, bývá intenzita srážek místně velmi rozdílná. Běžně se vyskytují případy, kdy srážkoměrná stanice zaznamená hodnotu srážek přes 30 mm, ale o několik kilometrů dále téměř vůbec neprší.

1.4 Měření srážek

Atmosférické srážky se pozorují a měří z důvodu zjištění spadlého množství srážek na povodí, které je hlavním prvkem bilanční rovnice. Měření srážek můžeme provádět srážkoměry nebo radarovým měřením. Zajímá nás především množství srážek, trvání a časový průběh apod. (Nypel, 1986). Množství kapalných srážek, popř. vodní hodnota tuhých srážek, se vyjadřuje v milimetrech a v meteorologii se udává za 24 hodin s přesností na 0,1 mm. Je to výška, do které by na povrchu země sahalo spadlé nebo usazené srážky v kapalném skupenství nebo voda vzniklá rozpuštěním tuhých srážek, která by se nevsákla do půdy, ani neodtekla, ani se neodpařila. Jednomu milimetru srážek odpovídá objem 1 litru vody spadlé na m² vodorovné plochy nebo 10⁶ litrů na km² (Kříž, 1988; Kopáček a Bednář, 2005).

1.4.1 Pozemní srážkoměry

Srážkoměrné nádoby se vkládají na speciální kovový nebo dřevěný podstavec, který je zapuštěn do země tak, aby záchytná plocha byla ve výšce 1 m nad terénem (v zimě 1 m nad sněhovou pokrývkou). Vždy je třeba dbát, aby záchytná plocha byla přesně ve vodorovné poloze. Jak uvádí Smolík a Stružka (1959) srážkoměry by se měli umísťovat na volné prostranství. Není-li to možné, pak mají být vzdáleny od okolních objektů alespoň tak, jak jsou tyto objekty vysoké. Nevýhoda pozemních srážkoměrů spočívá v plošné diskrétnosti, kdy údaj získaný ze srážkoměru reprezentuje právě pouze lokalitu (bod) jeho umístění. Vzhledem k velké plošné variabilitě srážek tak může na základě bodových úhrnů dojít ke špatnému odhadu celkových srážek v povodí (Daňhelka, 2007). Měření srážek se provádí několika druhy srážkoměrů. Nejzákladnější rozdělení je na srážkoměr s možností záznamu dat (ombrograf, člunkový srážkoměr) nebo bez možnosti data zaznamenávat (ombrometr) (Maidment, 1993).

Ombrometr

Měření ombrometrem spočívá v odečtení spadlého množství srážek zachycené v soupravě srážkoměru dobrovolným pozorovatelem jednou denně, k sedmé hodině ranní (SEČ) (Daňhelka, 2007). V určeném čase musí být přístroj prohlédnut a to i v případě, kdy srážky byly neměřitelné (množství 0,0 mm), tedy téměř žádné a

srážkoměrná nádoba se vymění za suchou. Rovněž pozorované srážky, které však již vlivem výparu nejsou ve srážkoměru znatelné, se zaznamenávají symbolem 0,0 mm (Kříž a kol. 1988). Jak uvádějí Tolasz a kol. (2007) kvalita poměrně jednoduchého měření množství srážek značně závisí na kvalitní práci pozorovatele. Jde zejména o zaznamenávání malých srážkových úhrnů do 0,4 mm, které mohou souviset i s horizontálními srážkami (např. rosou) a při menší pečlivosti pozorovatele mohou zůstat nepovšimnuty. To se pak nejmarkantněji promítá v nepřesném stanovení počtu srážkových dní s denním úhrnem $> 0,1$ mm a v menší míře i v hodnotách měsíčních úhrnů srážek.

Ombrograf

Pro sledování časového průběhu deště a jeho intenzity se používá několik druhů registračních přístrojů. Jedním z nich je ombrograf, který zaznamenává polohu plováku ve sběrné nádobě na registrační papír, jenž se otáčí pomocí hodinového strojku. Na základě tohoto zápisu, kdy na vodorovné ose je značen čas v hodinách a na svislé ose měřítko výšky spadlých srážek, můžeme hodnotit časový průběh srážek (Kříž a kol., 1988; Nypl, 1986).

Automatické srážkoměry

Automatické srážkoměry jsou dalším typem pro sledování průběhu a intenzity srážek, které zaznamenávají množství vody zachycené ve srážkoměru na základě měření její váhy nebo objemu a poskytují informaci rozdělenou v čase. V případě nejrozšířenějšího člunkového srážkoměru, je měření řešeno záznamem překlápění člunku (kolíčky), tvořené dvěma malými odměrnými nádobkami, jejichž velikost je odvozena tak, aby odpovídaly určitému množství srážek (0,1 mm) (Daňhelka, 2007). Každé překlopení nádobky současně znamená sepnutí elektrických kontaktů, jejichž počet se samočinně registruje. Počet sepnutí násobený objemem měrné nádoby určuje množství spadlých srážek (Kříž a kol., 1988). Při měření člunkovým srážkoměr, jak uvádí Daňhelka (2007), může docházet k naměření menšího množství srážek, než ve skutečnosti spadlo. Jelikož při intenzivních srážkách dochází k odkapávání vody mimo člunek, který se nestačí dostatečně často překlápět. Na druhé straně v zimním období může docházet k namrzání vody na člunku. Tím se zmenší objem nádoby člunku, který se častěji překlápí, a srážky jsou nadhodnoceny. V extrémním případě může dojít až k zaseknutí člunku v určité poloze a k jeho překlápění vůbec nedochází.

Při měření váhovými srážkoměry jsou vypadlé srážky zachycovány v nádobě, jejíž hmotnost je průběžně vážena a přepočítávána na srážkové množství. Protože dochází k dlouhodobější akumulaci vody, je třeba zajistit, aby nedocházelo k úbytku vody z nádoby evaporací. Nejčastějším řešením bývá pokrytí vodní hladiny v záchytné nádobě tenkou vrstvou oleje, která zabraňuje výparu (Daňhelka, 2007).

Chyby srážkoměrů

Podle Daňhelky (2007) k chybám v měření dochází obecně u všech typů srážkoměrů. Největší ztráty jsou způsobeny větrem, kdy vzhledem ke zhuštění proudnic v těsném okolí srážkoměru dochází ke zvýšení rychlosti větru a tím k vychýlení dráhy dešťových kapek a k jejich odnosu mimo záchytnou plochu srážkoměru. Velikost ztráty závisí na tvaru srážkoměru, chránění srážkoměru, rychlosti větru a na charakteru srážek (Kříž a kol., 1988). Další ztráty měřených srážek nastávají vlivem spotřeby jistého množství vody na omočení stěn srážkoměru – tato voda zůstává vázána na stěnách srážkoměru a nedoteče do záchytné nádoby či snímacího zařízení. K tomuto druhu ztráty dochází zejména na počátku deště a významná je jen u deště malé intenzity a malého celkového úhrnu, při větších srážkách je zanedbatelná. Ke ztrátě může docházet rovněž výparem nebo v zimním období také sublimací ze záchytné nádoby, význam tohoto procesu je však většinou velmi malý. Pro možnost pozorování srážek i v zimě jsou některé srážkoměry vybaveny vyhřívacím zařízením. Přitom při nedokonalém nastavení výkonu vyhřívacího zařízení může dojít k tomu, že sníh nejen taje, ale rovnou i sublimuje, což může vést až k zanedbatelným ztrátám v měřeném množství (Daňhelka, 2007).

1.4.2 Radarové měření srážek

Nejdůležitější výhodou při měření srážek pomocí radaru je pokrytí, které poskytuje detekci srážkové oblačnosti na velké ploše s vysokým prostorovým a časovým rozlišením. Radar může poskytnout srážkové odhady v malých časových intervalech jako 5 min s malým prostorovým rozlišením jako je 1 km² (Maidment, 1993). Daňhelka (2007) uvádí možný dosah meteorologického radaru do vzdálenosti v okruhu 100 až 300 km od radaru. Radar vysílá elektromagnetické pulzy o vlnové délce $\lambda = 3$ až 10 cm a zachycuje část od kapalných částic v atmosféře zpět odražené energie. Díky rotaci radaru a snímání v různých výškových hladinách je výsledkem třírozměrná informace o prostorovém rozložení oblačnosti v atmosféře.

Radarové údaje jak uvádí Kříž a kol. (1988) však vykazují nižší přesnost, což souvisí s principem měření a metodikou jeho vyhodnocování. Radarová meteorologie se při tvorbě odhadů srážek musí potýkat s mnoha problémy. S rostoucí

vzdáleností od radaru většinou dochází k podceňování srážek vlivem útlumu radarového signálu při průchodu oblastí intenzivních srážek, vyskytujících se blíže radaru (ztenčení), a vlivem rozšiřování vlastního radarového paprsku (k docílení stejné intenzity odrazu je tak nezbytné větší množství kapalných částic). Problémem je rovněž fakt, jak uvádí Daňhelka (2007), že se pokoušíme odhadovat srážky dopadající na zemský povrch na základě měření v určité výšce nad terénem. Nejsme tedy schopni zjistit, k jakým procesům (například orografickému zesílení) dochází pod hladinou nejnižšího radarového paprsku, kde jsou jinak detekovány nejvyšší odrazivosti.

1.5 Časová a prostorová variabilita srážek

Jak uvádí Astapenko a Kopáček (1987) srážky patří k nejsledovanějším přírodním jevům. Srážky však dopadají na povrch Země značně nerovnoměrně a v různých ročních obdobích. Srážky se měří pomocí omezeného počtu pozemních stanic srážkoměrů, které velmi často nezachytí jejich dynamiku. Protože jsou srážky velmi dynamickým procesem, neustále mění svoji formu a intenzitu při průchodu danou oblastí, jsou jedním z nejobtížněji stanovitelných atmosférických parametrů. Mají totiž velkou časovou a prostorovou variabilitu a diskontinuitu (*Jeniffer a kol., 2010*). Tato variabilita, jak je zmíněno v Maidment (1993), nemůže být dostatečně vysvětlitelná fyzikálními zákony. Jak uvádí Gulma (2013) míra variability srážek v prostoru a čase je důležitá pro charakterizování klimatu dané oblasti.

1.5.1 Časové rozdělení srážek

V případě měření srážek v jednom bodu je nejvýraznějším parametrem popisu srážek jejich časová struktura. Srážky, které se měří na pozemních srážkoměrných stanicích, se mohou znázornit jako akumulované úhrny nebo jako množství srážek v časovém horizontu (vydatnost srážek). Režim atmosférických srážek je výrazně proměnlivý v různých geografických oblastech a jejich množství v daném místě je výsledkem působení řady faktorů. Rozhodující roli hrají cirkulační procesy a v rámci nich fyzikální procesy, které vedou ke vzniku srážek (*Brazdil a Štekl, 1986; Vysoudil, 1997*). Charakter rozložení srážek v průběhu roku lze popsat, jak uvádějí Tolasz a kol. (2007), mírou tzv. ombrické kontinentality a oceanity. Zatímco znakem kontinentálního chodu srážek v České republice je výrazné letní maximum a zimní minimum, typické pro stanice v nížinných a kotlinových polohách, v případě oceánského chodu je charakteristický růst podílu srážek na podzim a v zimě a celkový pokles rozkolísanosti ročního chodu, což je typickým rysem rozložení srážek ve vyšších polohách.

Dub a Němec (1969) poukazují, že nejvšeobecnější obraz o vlhkosti místa podává průměrný dlouhodobý roční úhrn srážek. Okolo těchto hodnot kolísají roční úhrny v poměrně širokých hranicích. V jednotlivých letech se v naší republice pohybují odchylky v rozmezí $\pm 40\%$ od dlouhodobého průměru a to podle toho, jak se uplatní kontinentalita nebo oceanita podnebí. Pravděpodobná odchylka dlouhodobého ročního průměru při pozorování desetiletém je asi 7% , při padesátiletém jen 2% .

Karas a kol. (2007) upozorňují na to, že důležitější než roční srážky je spíše to, jak se mění úhrny během roku. To má totiž velký vliv například na úrodnost dané oblasti. Srážkové řady definované v časovém intervalu kratším než jeden rok (například měsíční série) obecně vykazují různé sezónní (nebo pravidelné) cykly. Tento chod je výsledkem roční rotace Země kolem Slunce, která způsobuje roční cyklus ve většině hydrologických procesů (*Maidment, 1993*). Z ročních naměřených srážkových úhrnů připadá u nás nejvíce na léto (asi 40%), nejméně na zimu (asi 15% v nižších a 25% ve vyšších polohách), na jaro a na podzim asi 25% , resp. 20% . Průběh srážek je obvykle takový, že od ledna až po květen jich přibývá, pak se udržují na vysoké úrovni po srpen a v následujících měsících nastává opět pokles s výjimkou míst, kde se objevuje v listopadu přechodné zvýšení, označované jako podružné maximum.

Je přirozené, že v jednotlivých měsících kolísají srážky ve značně širších mezích, než je tomu u ročního úhrnu. Rozdělení srážek na určité dny v roce je náhodné a řídí se klimatickými poměry oblasti (*Dub a Němec, 1969*). Shah a kol. (1996) uvádí, že měsíční a roční srážkové úhrny úzce souvisejí s místem, naopak pozorování denních nebo kratších časových intervalů odráží vliv agregace srážkové události. To znamená, že rozdělení srážek na určité dny v roce je v podstatě náhodné. Stejně jako existuje roční cyklus srážek, mohou mít časové řady hodinových dat také svůj denní cyklus vzhledem k průběhu dne (*Maidment, 1993*). Jak uvádí Nypl (1986), největší pravděpodobnost výskytu srážek připadá na ranní a odpolední hodiny, méně pak v noci a před polednem. Denní chod srážek lze nalézt, vzhledem k velké proměnlivosti srážek, pouze z dlouholetých pozorování, z nichž se spočítají průměrná množství srážek připadající na jednotlivé hodinové intervaly. Ukazuje se, že denní chod srážek na pevnině se liší od průběhu srážek na mořském pobřeží a na moři (*Kopáček a Bednář, 2005*).

Ceballos a Martínez-Fernández (2004) uvádějí, že na vlastnostech časové distribuce srážek závisí celá řada procesů systému půdy, rostlin, atmosféry, jako například formování půdní typologie, intenzity geomorfologických procesů, míry odtoku a infiltrace, dynamiky rostlinných formací, atd. Jak uvádějí Vinnikov a kol. (1990) rozložení srážek v čase je důležité pro zemědělskou výrobu. S tím souhlasí

také Kešner (1986), který uvádí, že srážky jsou hlavním zdrojem půdní vláhy, která je rozhodujícím zdrojem zásobování rostlin vodou. Nedostatek srážek vede k vysušení povrchových vrstev půdy, vytváří nepříznivé podmínky pro zásobování rostlin vodou, zhoršuje stav porostů a snižuje výnosy. Oba se shodují, že zvýšení celkového množství srážek nemusí automaticky znamenat zvýšení rostlinné produkce. Gulma (2013) uvádí, že stejný význam jako množství srážek má počet srážkových dnů během vegetačního období. Jak připomíná Kešner (1986) je také nutné mít na zřeteli využití množství srážek půdou v závislosti na intenzitě srážek. Koeficienty využití srážek jsou uvedeny v tabulce 1. Havlíček a kol. (1986) uvádějí, že na procentuelním využití vody půdou závisí také řada dalších činitelů jako fyzikální vlastnosti půdy, stav půdního povrchu, stupeň nasycení půdy vodou a svažitost pozemků.

Tab. 1: Využití množství srážek půdou v závislosti na množství srážek **Zdroj: Kešner (1986)**

Srážky [mm/den]	Koeficient využití půdou
5	1
6 – 10	0,8
11 – 15	0,6
16 – 20	0,4
21 – 25 a více	0,3

Pro dosažení maximálních výnosů kultur musí srážky spadnout v závislosti na průběhu teploty ve vegetačním období. Při normálním průběhu teploty ve vegetačním období v Čechách je stanoveno pro hlavní polní plodiny období maximální potřeby vláhy tzv. kritické období, které je uvedeno v tabulce 2. U jednotlivých plodin spadají kritická období do následujících růstových fází:

cukrovka – nejintenzivnější růst bulev

obiloviny – intenzivní růst stébla a fáze metání

brambory – intenzivní růst hlíz

Tab. 2 Období maximální potřeby vláhy (kritická období) Zdroj: Kešner (1986)

V měsíci	V	VI	VII	VIII
Plodiny	pícniny na orné půdě		pícniny na orné půdě	
		brambory velmi pozdní		velmi pozdní
				cukrovka
				krmné okopaniny
	řepka			
		mák		
	oves			
	ječmen			
	ozimá			
	žito			
			brambory pozdní a polopozdní	
	brambory polorané			

1.5.2 Časoprostorové rozdělení srážek

Jak uvádí Brázdil a Štekl (1986) studium časové a prostorové struktury je vlastní prakticky všem pracím, které se zabývají zpracováním a analýzou srážek. Při studiu prostorové struktury výrazně převažují práce, vycházející z analýzy zákonitostí geografického rozložení srážek podle průměrných hodnot, ať již denních, měsíčních, sezónních nebo ročních. Jak ale uvádí Bedient a Huber (1988) k rozdílu množství srážek dochází v průběhu ročního období nebo jedné srážkové události a liší se podle typu srážkové události, intenzity, trvání, a ročního období. Na rozdělení srážek má vliv směr převládajícího proudění větru, relativní teplota půdy a vzdálenost od oceánu. Faktory, které ovlivňují množství srážek, jsou hlavní topografické parametry jako nadmožská výška, sklon, orientace a expozice svahu. To potvrzuje Uhlíř (1961), který říká, že členitost území má vliv na dlouhodobé rozdělení průměrných úhrnů srážek. Proudění větru, na kterém závisí množství srážek, může být ovlivňováno topografií a orografií místa. Orografický efekt působí v meso-měřítku. Dochází při něm k nucenému vzestupu vlhkého vzduchu přes návětrný svah velkého kopce nebo hory. Díky tomu se vzduch ochladí pod rosný bod a vodní pára kondenzuje a vytváří se srážková oblačnost. Naopak na závětrné straně kopce, když částečně suchý vzduch klesá, dochází k zahřívání vzduchu, které podporuje odpařování. Vzhledem k této

skutečnosti na návětrné svahy obvykle spadne více srážek než na závětrný svah. Naproti tomu topografie ovlivňuje srážky v mikro-měřítku (ve vzdálenosti od 0,1 do několika 1000 metrů a výšky od 0,1 do několika stovek metrů) (*Blocken a kol., 2005*). Sapožníková (1952) uvádí, že v členité krajině na pozemcích se zvýšenou rychlostí větru se dá očekávat zmenšení množství srážek, kdežto na pozemcích se sníženou rychlostí větru naopak zvýšení, ale tyto úvahy jsou pro dešťové srážky do jisté míry pochybné. S těmito pochyby souhlasí Blocken a kol. (2005), kteří tvrdí, že efekt rozsáhlé topografie na přerozdělování již vytvořených srážek je malý. Znalost proudění větru během srážkové události, jak uvádí Sapožníková (1952), nám však může umožnit s větší jistotou interpolovat výsledky měření v jednotlivých místech na okolní území.

Rossel a Garbrecht (1999) uvádějí, že prostorová variabilita měsíčních srážek se skládá ze dvou složek a to systematické a náhodné složky. V této studii se náhodná složka pohybuje mezi 27 až 48% průměrné časové variability měsíčních srážek. Augustine (2010) uvádí, že prostorové odchylky jsou podstatně nižší, než meziroční kolísání. V experimentální síti srážkoměrů na území severovýchodně od města Nunn, stát Colorado, USA pro vzdálenosti menší než 2 km byla prostorová odchylka v průměru 15 mm (18% časové variability), pro vzdálenost 6-8 km byla odchylka 31 mm (37% časové variability). Z toho vyplývá, že prostorové změny ve srážkových úhrnech se zvyšují se vzdáleností.

Brázdil a Štekl (1986) však poukazují na velkou prostorovou proměnlivost denních srážkových úhrnů během jedné srážkové události ve formě přeháněk. Tento druh srážek může způsobit vysoké srážkové úhrny na malém počtu stanic, což zapříčiní poměrně velké prostorové úhrny. Naopak reprezentativnější rozdělení prostorových srážkových úhrnů můžeme očekávat u trvalých srážek, které mají relativně homogenní rozložení úhrnů. Ovšem i při nich existují ohniska zesílených srážek (*Dub a Němec, 1969; Bedient a Huber, 2005*). Stevens a kol. (2008) uvádějí, že tyto prostorové rozdíly během jedné srážkové události jsou snižovány dalšími srážkovými událostmi a s delším časovým intervalem pozorování, prostorové odchylky srážkových úhrnů klesají.

S prostorovou proměnlivostí srážek souhlasí také Dub a Němec (1969), kteří tvrdí, že ani sebehustější síť srážkoměrů nemůže plně vystihnout proměnlivost srážek místo od místa. To platí tím více, čím kratší dobu uvažujeme, nejvíce tehdy, jde-li o jednotlivé deště, zejména takové, jejichž vydatnost je velmi nerovnoměrně rozdělena. To potvrzují Goodrich a kol., (1995), kteří v regionu, vyznačujícím se konvektivními událostmi, umístili dva srážkoměry přibližně 300 m od sebe s často

rozdílnými odhady intenzity srážek. Když bylo použito toto srážkové měření jako vstup do srážko-odtokového modelu na třech malých povodích (0,4 - 4,4 ha), byla zaznamenána významná citlivost vstupu modelu k prostorové proměnlivosti srážek. Huff a Neil (1957) potvrzují tuto variabilitu srážek na relativně krátkých vzdálenostech a upozorňují na omezené informace o stupni proměnlivosti zejména u malých povodí. Variabilita srážek na malém území je ovlivněna některými faktory, jako je doba trvání srážkové události, pohyb srážek přes povodí a vnitřní struktura bouřek a dešťových přeháněk.

Nedostatečné nebo nesprávné srážkové pozorování, jak uvádí Cheng a kol.(2007), může způsobit chybné hydrologické modelování, které souvisí s hydrologickým plánováním. Pro plánování v oblasti vod je důležité zjištění a porozumění změnám prostorového a časového rozložení srážek (*Ben-Gai a kol., 1998; Augustine, 2010*). Charakteristiky srážek a zjištění změn v rozložení a množství srážek získáme po pečlivé analýze dostupných srážkových dat.

1.6 Analýza srážkových dat

Důležitost pozorování srážek vystihuje výrok Josefa Steplinga (první ředitel hvězdárny v Klementinu) uvedený v knize Karas a kol. (2007) „Kdo nezná množství deště a sněhu, jež průměrně během jednoho roku k zemi spadne, nemůže též ničeho propovědět o původu pramenů.“ Hodnocení naměřených srážkových dat může přinést důležité informace o charakteristikách srážek, které jsou jedním z nejdůležitějších prvků pro zemědělství, jak uvádí Trabert (1910). Seifert (1987) pokládá atmosférické srážky také za jeden z nejvýznamnějších projevů počasí, který podstatně ovlivňuje lidskou činnost. Jejich nadbytek nebo nedostatek je důležitým činitelem, působícím příznivě nebo nepříznivě na hospodářství jednotlivých zemí. Jak uvádí Kešner (1986) je třeba hodnotit nejen množství srážek, ale i jejich sílu, intenzitu, četnost výskytu srážek určité síly a rozdělení srážek během roku. Pro hodnocení se využívají data získaná ze srážkoměrných stanic, které je nutné pro potřeby hydrologie a možnosti předpovědi srážkových událostí matematicky zpracovat a vyhodnotit. K tomuto účelu se používají statistické a grafické metody, jejichž výstupem jsou hodnoty, které jsou pro dané srážkoměry reprezentativní a další údaje, které jsou důležité pro plánování v oblasti vodních zdrojů, zemědělství, protipovodňových opatření a pro hydrologické modelování. Ngongondo a kol. (2011) uvádějí, že žádná statistická metoda nemůže odhalit vlastnosti proměnlivosti srážek a každá má své vlastní silné a slabé stránky. Dále však upozorňují na možnost kombinace jednotlivých výsledků různých metod, které by mohly přinést zlepšení v

hodnocení srážek. Krešl (2001) upozorňuje na nutnost si uvědomit, že používání statistických metod při zpracování a vyhodnocení údajů o vlastnostech hydrologických jevů neřeší přímo otázku fyzikální podstaty těchto jevů. Statistické zkoumání se totiž omezuje jen na popis podstaty. Otázku podstaty, souvislostí a příčin zkoumaných jevů může odpovědět jen odborník, ale výsledky statistického zkoumání zmenšují riziko nesprávné odpovědi na tuto otázku.

Jak uvádí Bedient a Huber (1988), statistické metody ke zpracování srážkových dat mohou být aplikovány pouze na dlouhé časové řady. Reinhartová (1989) uvádí, že dlouholeté řady pozorování jsou cenným podkladem pro studium variability klimatu v minulosti a umožňují odhad klimatických výkyvů v budoucnosti. Jak uvádí Trabert (1910), pravidelné záznamy ukazují určité podobnosti v průběhu meteorologických prvků a odchylky, které jsou však spíše náhodné. Proto prvním úkolem by mělo být u zjištěného množství údajů, které obdržíme, oddělit hodnoty pravidelné a stejnorodé od náhodných a ojedinělých. Starostová (1994) upozorňuje, že i dlouhodobé průměry se v přirozených cyklech mění a kolísají. Tuto proměnlivost považuje za přirozený jev, který je spojený s cirkulací atmosféry. Při poskytování dlouhodobých srážkových průměrů je proto nutné mít tento fakt na zřeteli a vědět, k jakým účelům budou tyto údaje sloužit. Maidment (1993) poukazuje na problémy při vysvětlování nebo predikci srážkových úhrnů, kterými je vlastní náhodnost srážek a chyba měření. Zpracovatel srážkových údajů by si proto měl být vědom možných chyb při sběru dat způsobených větrem, změnami prostředí ve stanici a ne vždy úplně stejným způsobem hodnocení pozorovatelů.

Metodický postup pro vypracování statistické analýzy je založen na pochopení procesů pro výběr metod hodnocení a na dostupnosti datových vstupů do analytické části. Vybrané statistické metody mohou být použity pro různě dlouhá období, jako například pro roční srážkové úhrny, srážkové úhrny v jednotlivých měsících nebo i v kratších intervalech. Účelem je vytipovat vhodné statistické metody, identifikovat charakteristiky těchto analyzovaných dat a zkoumat platnost každé navrhované statistické metody (Maidment, 1993). Jak uvádí Dub a Němec (1969) nejčastěji nám jde o zjištění základních statistických charakteristik, jejich trendu, periodicity, případně o jejich extrapolaci do nejbližší budoucnosti, popřípadě o další statistiky, jako je korelace nebo kovariance v prostoru. Každá vybraná statistika je hodnocena zvlášť pro každý časový interval za každou časovou řadu. Při aplikaci je analýza časových řad obvykle používána pro charakterizaci zjištěných dat (Burton a kol., 2008). Obecně platí, že časové řady srážek definované na ročním časovém měřítku jsou stacionární (průměr a rozptyl je konstantní v čase), i když tento předpoklad

může být nesprávný v důsledku rozsáhlé klimatické variability, která je způsobena přírodním narušením jako vulkanickými erupcemi nebo změnami vyvolanými lidským faktorem. Typicky nestacionárním příkladem je časová řada měsíčních srážkových úhrnů (*Maidment, 1993*).

1.6.1 Statistické charakteristiky časových řad

Podle účelu můžeme statistický soubor zpracovávat různými způsoby, avšak vždy určujeme tzv. charakteristiky souboru, jež se vyznačují tím, že svou hodnotou dávají základní informace o některých vlastnostech statistického souboru (*Nypl, 1986*). Základní materiál z pozorování je v prvotní evidenci uspořádán v chronologickém pořadí, což nám neumožňuje snadnou orientaci pro statistické zpracování. Přehlednosti můžeme dosáhnout různým uspořádáním pozorovaných hodnot například seřazením v sestupném pořadí, grafickým znázorněním časového průběhu náhodné veličiny, výpočtem jejích číselných charakteristik, vytvořením vícerozměrných náhodných veličin a jejich grafickým zobrazením apod. To nám umožní metody matematické statistiky (*Dub a Němec, 1969; Krešl 2001*). Pro základní hodnocení srážkových úhrnů jsou využívány následující statistické charakteristiky časové řady:

Charakteristiky polohy

Modus

Modus je hodnota znaku, která se ve statistickém souboru vyskytla nejčastěji, má maximální četnost.

Medián

Medián je střední člen, před nímž a za nímž je stejný počet členů. Při sudém počtu členů řady se hodnota mediánu rovná průměru hodnot dvou středních členů řady. Hodnotu mediánu získáme, když řadu hodnot seřadíme vzestupně (bez ohledu na datum, kdy byly naměřeny). Jestliže vyhledáme podobně střední členy obou polovin řady, vzniknou kvartily (dolní kvartil, střední kvartil = medián a horní kvartil). Obdobně by se tvořily i decily (*Uhlíř, 1961*). Kvantilová rozpětí se používají (v kombinaci s ostatními charakteristikami) zejména pro rozlišení, jaká je variabilita (či koncentrace) hodnot znaku kolem středu a na okrajích (v extrémních hodnotách) rozdělení (*Hanousek a Charazma, 1992*).

Aritmetický průměr

Nejdůležitější a nejčastěji používanou charakteristikou náhodné veličiny (x_i), udávající její polohu na číselné ose, je aritmetický průměr \bar{x} , daný známým výrazem:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Charakteristiky rozptylu

Další číselnou informací o vlastnostech souboru jsou charakteristiky rozptylu jednotlivých hodnot x_i kolem aritmetického průměru \bar{x} .

Variační rozpětí

Nejjednodušší mírou tohoto rozptylu je variační rozpětí (amplituda), které je však závislé na rozsahu souboru a může být zkresleno náhodným výskytem abnormálních extrémů, proto se používá jen jako první, hrubá informace (*Dub a Němec, 1969*).

Směrodatná odchylka

Nejcitlivějším a nejužívanějším indexem rozptylu je směrodatná (standardní, střední kvadratická) odchylka s_z (popř. σ). Pro kratší řady, které jsou náhodnými výběry ze základního souboru, možno odvodit pro výpočet směrodatné odchylky výraz

$$s_z = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

kteřý je nejlepším odhadem hledaného parametru. Druhá mocnina směrodatné odchylky, tedy s_z^2 , se nazývá rozptyl. Rozptyl a jeho odmocnina (směrodatná odchylka) se používají jako určité kritérium důvěryhodnosti průměru. Malé hodnoty rozptylu zvyšují význam průměru, velké hodnoty znamenají, že hodnoty znaku mají vysokou variabilitu, tedy při používání průměrů (hlavně při interpretaci výsledků) musíme být opatrní. Při porovnání s rozpětím a mezikvartilovým rozpětím můžeme zjistit, zda je tato variabilita způsobena třeba jen několika extrémními hodnotami, nebo zda se na ní podílejí všechny hodnoty znaku (*Hanousek a Charazma, 1992*).

Variační koeficient

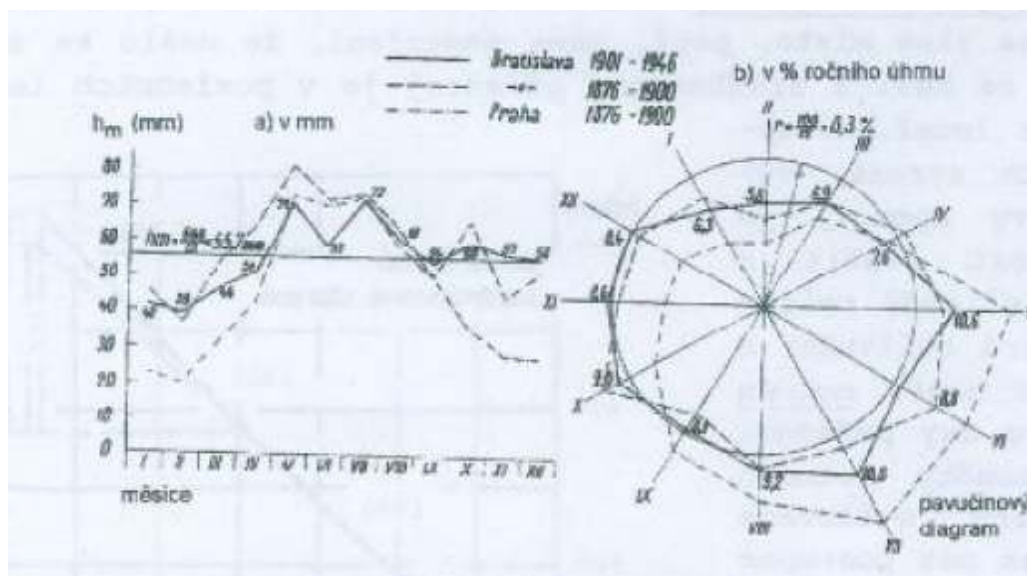
Mezi další charakteristiky rozptylu patří variační koeficient C_v , který se používá při analýze časových řad srážek především na hodnocení časové variability, tedy zjištění například meziroční variability. Hodnota variačního koeficientu je stanovena poměrem směrodatné odchylky s_z k aritmetickému průměru \bar{x} srážkových úhrnů.

$$C_v = \frac{s_z}{\bar{x}} \quad \text{nebo} \quad C_v = \frac{s_z}{\bar{x}} \cdot 100[\%]$$

Koeficient se často uvádí v procentech. Umožňuje tak srovnání variability srážek různých klimatických oblastí. Jak uvádí Dub a Němec (1969) variační koeficient v našich podmínkách pro roční srážkové úhrny má nízkou hodnotu 0,12 - 0,19 (12 – 19 %). Shahid a Khairulmaini (2009) ve své studii využili pro hodnocení roční variability srážek na zkoumaném území (Bangladěš) následující klasifikaci. Pro srážkoměrné stanice s variačním koeficientem větší než 0,24 (24%) považovali srážky za vysoce variabilní, pokud byl variační koeficient v rozmezí 0,16 až 0,24 (16-24%) považovali srážky na dané stanici za mírně variabilní a za málo variabilní srážky považovali stanice s koeficientem menší než 0,16 (16%).

Grafické vyjádření chodu srážek

Základní přehled o chodu srážek v průběhu časové řady na srážkoměrné stanici získáme zanesením zjištěných hodnot do grafu. Nejčastěji se používají spojnicové nebo sloupcové grafy. Grafické vyjádření slouží k posouzení časové distribuce srážek a může sloužit k porovnání s ostatními srážkovými stanicemi (viz obr. 2). Používá se k hodnocení prostorové a časové proměnlivosti srážek s ohledem na časové rozmezí. V případě srážkových úhrnů může být aplikována na jakoukoliv časovou osu (Lee a kol., 2012).



Obr. 2: Grafické znázornění chodu srážek

Zdroj: Kemel (2000)

1.6.2 Charakteristika vertikálních atmosférických srážek

Na základě měření srážek se pro hodnocení používá řada charakteristik. K základním charakteristikám srážkového režimu patří množství srážek (v mm) (Karas, 2007). Mezi další charakteristiky můžeme zařadit dobu trvání srážek, popř. jejich začátek a konec (v minutách a hodinách), vodní hodnotu tuhých srážek (v mm), intenzitu srážek (v mm/min nebo mm/h) a časové a prostorové rozložení

srážek. Jak uvádí Ramos (2001) pro hodnocení srážkových úhrnů a pro jeho srovnání s dlouhodobým průměrem je potřeba znát průměrné srážky, směrodatné odchylky a další statistické charakteristiky zkoumaného časového období. Orientační představu o srážkovém režimu poskytují například desetileté průměrné úhrny srážek pro jednotlivé měsíce (roční období). K průměrným dlouhodobým měsíčním srážkovým úhrnům se uvádějí nejvyšší a nejnižší měsíční úhrny s udáním roku výskytu. S datem výskytu lze uvést i nejvyšší denní srážkové úhrny, které se v jednotlivých měsících studovaného období vyskytly (*Vysoudil, 1997*).

Za jednu z dalších přínosných charakteristik srážkového režimu se považuje informace o počtu srážkových dnů. Kešner (1986) považuje den za srážkový (všeobecně, bez udání určitého množství), jestliže během 24 hodin spadne více než 0,1 mm. Zároveň uvádí, že dobrým ukazatelem míry narušování polních prací deštěm je počet srážkových dní s určitým udaným množstvím srážek (například 0,1 mm, 1,0 mm, 10 mm a více)

Pro charakteristiku atmosférických srážek je důležité určení její intenzity a plošný rozsah, které spolu souvisejí a mají stěžejní význam pro utváření odtokového procesu. Intenzita přívalových dešťů dosahuje svého maxima v tzv. těžišti (jádro) deště, zatímco směrem k okrajům zasažené plochy klesá. Zároveň se intenzita mění následkem pohybu těžiště přívalového deště v závislosti na síle a rychlosti větru. Časově intenzita deště klesá s dobou jeho trvání (*Tlapák a kol., 1992*). Hodnoty intenzity srážek mají spolu s údajem o jejím trvání zásadní význam pro hydrologické účely, například v souvislosti s povodněmi. Významnou pomoc při sledování prostorového rozložení intenzity srážek dnes poskytují radarové metody měření (*Kříž, 1988; Kopáček a Bednář, 2005*). Havlíček a kol. (1986) tvrdí, že intenzita srážek je rovněž důležitou agrometeorologickou charakteristikou, protože může příznivě či nepříznivě ovlivnit například průběh polních prací, podmínky růstu rostlin, stav půdy, vodní erozi apod. Pro označení srážek určité intenzity a délky trvání na základě hodinových srážek bylo zavedeno pojmenování uvedené v tab. 3. Pokud nejsou k dispozici údaje o hodinových srážkách a intenzitě srážek mohou se pro charakteristiku a hodnocení potenciálně erozních srážek využít data o denním srážkovém úhrnu. Údaje o denních srážkách využili například ve své studii Kozlovská a kol. (2012). Ti za potenciálně erozně nebezpečné srážky považovali denní srážky s úhrnem větším než 10 mm, ačkoliv ve skutečnosti takto vysoká srážka nemusí působit erozi. Ta je totiž ovlivněna především intenzitou srážek.

Tab. 3: Klasifikace dešťových srážek podle intenzity Zdroj: Havlíček a kol. (1986)

Název srážek	Trvání srážek		
	1 hod	2 hod	3 hod
	Množství srážek [mm]		
Slabý déšť	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 2,0
Mírný déšť	1,1-5,0	1,6-7,5	2,1-9,0
Silný déšť	5,1-10,0	7,6-10,0	9,1-11,5
Velmi silný déšť	10,1-15,0	14,1-21,0	11,6-23,5
Liják	15,1-23,0	21,1-30,5	23,6-33,0
Příval	23,1-58,0	30,6-64,0	33,1-72,0
Průtrž mračen	≥ 58,1	≥ 64,1	≥ 72,1

Pro charakteristiku a hodnocení přívalových srážek v území na základě informací o denních srážkách zavádějí ve své studii Kliment a kol. (2008) index H20/H používaný pro přívalové srážky. Podíl přívalových srážek na dané srážkoměrné stanici zjišťují průměrnou hodnotu indexu H20/H, který dává do poměru průměrné roční úhrny denních srážek nad 20 mm v sumě k dlouhodobému srážkovému úhrnu v dané stanici. Čím je větší hodnota, tím můžeme očekávat větší podíl přívalových srážek. Zavedli následující bodování 1 (výsledek podílu do 13), 2 (13-16), 3 (16-19), 4 (19-22), 5 (22-25), 6 (nad 25).

Havlíček a kol. (1986) považuje za základní srážkové charakteristiky:

- denní, měsíční a roční úhrny a jejich extrémy
- počet dní se srážkami > 0,1 mm, > 1,0 mm a > 10,0 mm
- srážkovou pravděpodobnost a pravděpodobnost dní s určitou charakteristikou
- intenzitu a rozdělení srážek (%)
- průměrné denní srážky, které se vypočítají, jestliže se dělí úhrn srážek za určité období počtem srážkových dní (srážky > 0,1 mm)
- hustotu srážek, která je dána počtem dní, na něž připadá jeden den se srážkami

Doležalová (2013) používá k charakteristice srážek některé indexy extremity srážek:

- podíl vlhkých dní (tj. dní se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm) na celkovém počtu dní
- Intenzita vlhkého dne (průměrný srážkový úhrn za vlhký den)
- Průměrná délka suché periody (průměrná délka souvislého období s denním srážkovým úhrnem < 1 mm)

- Maximální délka suché periody (maximální délka souvislého období s denním srážkovým úhrnem < 1 mm)
- Průměrná délka vlhké periody (průměrná délka souvislého období s denním srážkovým úhrnem ≥ 1 mm)
- Maximální délka vlhké periody (maximální délka souvislého období s denním srážkovým úhrnem ≥ 1 mm)

Pravděpodobnost výskytu srážek

Při zpracování časových řad srážkových úhrnů můžeme také hodnotit údaje o počtu srážkových dní, které poskytují možnost zjistit jak srážkovou pravděpodobnost v jednotlivých měsících, v roce a v ročních obdobích pro srážky každého druhu, tak i pravděpodobnost srážkových dní s určitým množstvím srážek (nejčastěji 1 mm a více, 10 mm a více, apod.) (*Havlíček a kol., 1986*).

Pravděpodobnost výskytu srážek (p_s) se v obou případech vypočte podle vzorce

$$p_s = \frac{m}{n}$$

kde

m - počet dní se srážkami s vybranou charakteristikou

n – počet všech dní v období

Porovnání srážkových úhrnů z časových řad a zjištění jejich normality

Pro základní hodnocení srážkových úhrnů se využívá srážkový normál, který je mnohaletý průměr srážek. Srážkové poměry určitého místa za požadované období se s tímto normálem porovnávají a stanoví se, zda určitý rok či měsíc v roce byl normální, podnormální nebo nadnormální. Pro hodnocení srážkového charakteru různých období se používají dlouholeté průměrné úhrny srážek (nejméně 30ti leté, lépe však 50ti letá období). K tomuto účelu se vyjádří aktuální úhrn srážek v procentech dlouhodobého průměru neboli v procentech normálu. Protože jsou srážky velmi proměnlivé, vždy zaznamenáváme kladnou nebo zápornou odchylku. Přesto nelze říci, že každá odchylka od normálu v tom nebo onom směru již dává celému roku charakter roku suchého nebo vlhkého. Při posuzování normality ročních úhrnů srážek si musíme uvědomit, že takovýto rok je vyjádřen celkovým ročním úhrnem. Ovšem v tomto hodnocení není vždy vyjádřeno, že se srážky mohou v jednotlivých měsících projevovat abnormálně, a přesto v ročním souhrnu se tato abnormalita neprojeví, protože se opačně orientované odchylky vyrovnají. K přesnějšímu posouzení je nutné tedy věnovat pozornost i jednotlivým měsícům (*Uhliř, 1961; Rožnovský, 1999*).

Pro posouzení charakteru aktuálních hodnot srážkových úhrnů uvádí Rožnovský (1999) doporučení IV. celostátní konference (Bratislava 1957) (viz tab. 4).

Tab. 4: Charakteristika období **Zdroj: Rožnovský (1999)**

Charakter měsíce (roku, ročního)	Procenta normálu	
	Měsíce	Rok a roční období
Normální	75-125	90-110
Vlhký	126-150	110-120
Velmi vlhký	151-200	121-140
Mimorádně vlhký	nad 200	nad 140
Suchý	50-74	80-89
Velmi suchý	25-49	60-79
Mimorádně suchý	pod 25	pod 60

Toto hodnocení je orientační, bylo doporučeno jako pomůcka pro poskytování rychlého operativního zpravodajství. Pro přesnější posouzení normálnosti nebo abnormality srážkových poměrů v určitém roce je třeba mít k dispozici statistické charakteristiky. U srážek není vhodné pro posouzení suchosti nebo vlhkosti používat odchylku srážkového úhrnu od normálu v mm, protože u srážek se na rozdíl od teploty vzduchu, kde použití odchylek od normálu má své opodstatnění, neprojevuje kvazikonstantnost rozdílů, nýbrž podílů (Rožnovský, 1999).

Anomálie srážek byly hodnoceny také v Ramos (2001) z průměrných srážek pomocí směrodatné odchylky. Anomálie byly definovány jako hodnoty, které nespádají do intervalu $\langle \bar{x} - s_z, \bar{x} + s_z \rangle$ (\bar{x} průměrné srážky, s_z směrodatná odchylka).

Hodnocení variability srážek

Získaná data srážkové činnosti nevykazují vždy rovnoměrnou časovou distribuci, ale jsou více či méně variabilní. Pro zjištění variability časové distribuce srážek během sledovaného období se používají kromě variačního koeficientu některá další kritéria hodnocení, které toto chování charakterizují. V této práci je uveden často používaný index koncentrace srážek.

Index koncentrace srážek

Ve studii Ceballos a Martínez-Fernández (2004) definovali míru meziroční variability srážek, spolu s jeho časovým vývojem ve sledovaném období, pomocí indexu koncentrace srážek (PCI), který je definován

$$PCI = 100 \frac{\sum_{i=1}^{12} x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^{12} x_i\right)^2}$$

kde x_i je množství srážek v měsíci i : hodnoty indexu koncentrace srážek (PCI) nižší než 10 ukazují rovnoměrné rozdělení měsíčních srážek během roku; hodnoty mezi 10

a 20 představují určitý sezónní trend, hodnoty nad 20 označují znatelnou variabilitu měsíčních srážek v ročním chodu.

1.6.3 Hodnocení rozdílů ve srážkovém úhrnu

Ke studiu rozdílů ve srážkových úhrnech, resp. v počtu srážkových dní, mezi srážkoměrnými stanicemi na malém území nebo studiu a porovnání srážek v různých obdobích na jedné srážkoměrné stanici se používá několik statistických testů například dvouvýběrový t-test, Mann-Whitneyův test pro dva výběry, pro více výběrů test analýzy rozptylu (ANOVA), nebo Kruskal-Wallisův test. Výsledky těchto testů nám mohou ukázat případně statisticky významné rozdíly ve srážkových úhrnech mezi jednotlivými stanicemi nebo na základě těchto výsledků můžeme porovnávat jednotlivá období mezi sebou a ověřit, zda rozdíly jsou náhodné nebo jsou mezi nimi systematické odchylky.

Test ANOVA použili ve své studii například Liu a kol. (2013), kteří hodnotili pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) a Kruskal-Wallisova testu trojici nejbližších srážkoměrných stanic pro zjištění místní prostorové struktury denních srážek v horských oblastech.

Tyto testy se mohou zároveň využít k porovnání dlouhodobých srážkových řad v jednotlivých stanicích a testovat zda rozdíly ve srážkách v jednotlivých obdobích jsou náhodné. Kömüscü (2010) rozdělil časovou řadu na pětiletá období a odhaloval případnou nehomogenitu v časových obdobích. V této studii došel k závěru, že statisticky významný rozdíl byl při použití Kruskal-Wallisova testu u 3 z 211 stanic (0,14%) a při použití analýzy rozptylu (ANOVA) byl významný rozdíl u 5 z 211 srážkoměrných stanic (0,20%). Podobný postup ve své práci zvolili také Baigorria a kol. (2007), kteří rozdělili časovou řadu na 15 letá období, v nichž došlo k některým statisticky významným změnám.

Dvoubývěrové testy

Dvouvýběrový t-test

Dvouvýběrový t-test lze použít v případě, kdy jsou výběry mezi sebou nezávislé. Tedy mezi hodnotami výběrů není žádná souvislost. Navíc se musí předpokládat, že rozptyly (směrodatné odchylky) obou výběrů jsou totožné. Myšlenka je založena na porovnání průměrů z obou výběrů. Rozdíl těchto průměrů má podle matematických propočtů normální rozdělení (Hanousek a Charazma, 1992). Pokud je porušena homogenita variancí využívá se pro zobecnění dvouvýběrového t-testu Welchovo přibližné t.

Mann-Whitneyův test

Mann-Whitneyův test je neparametrickým testem o shodě mediánů pro hodnocení nepárových pokusů pro 2 různé výběrové soubory. Předpokladem jsou dva nezávislé výběry spojitých rozdělení se stejným rozptylem a tvarem (*Litschmannova, 2011*).

Vícevýběrové testy

Analýza rozptylu (ANOVA)

Jednosměrná ANOVA je parametrický test srovnávající tři nebo více souborů s předpokladem normálního rozdělení. Nulová hypotéza je potom taková, že všechny soubory (srážkoměrné stanice) mají stejný průměr, alternativní hypotéza je, že alespoň jeden výběr má jiný. ANOVA je založena na předpokladu, že všechny soubory mají stejný rozptyl a jedná se o nezávislé výběry.

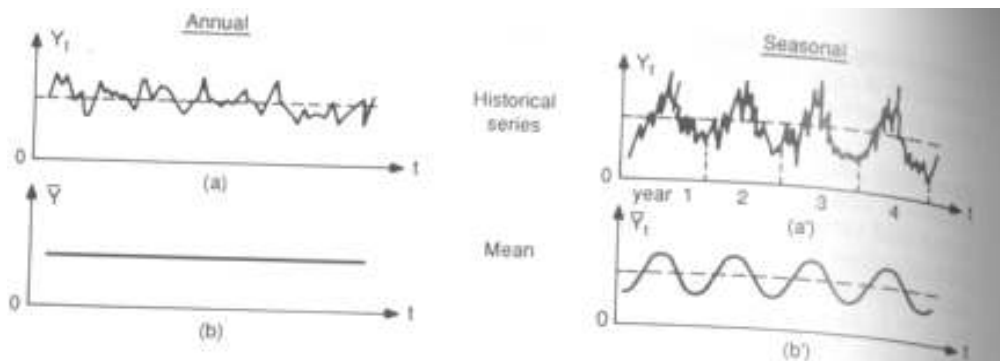
Kruskal-Wallisův test

Kruskal-Wallisův test je neparametrická verze ANOVY a generalizovaná forma metody Mann-Whitney, protože umožňuje testovat 2 a více souborů. Tento test je založen na shodě distribučního rozdělení. Tedy pokud p-hodnota je menší, než 0,05 zamítá se nulová hypotéza, že skupiny pocházejí z téhož rozdělení (*Kömüscü, 2010*).

1.6.4 Hodnocení trendů a posunů

Hodnocení trendů a posunů nám poskytuje informace z dlouholeté časové řady srážek o případných změnách v množství srážek v dané srážkoměrné stanici. Časové řady srážek vykazují v různých stupních trendy, posuny či skoky a abnormality. Obecně platí, že okamžité trendy a posuny (skoky) v časové řadě srážkových úhrnů mohou být způsobeny vlivem přírody a člověka (*Maidment, 1993*). Časové trendy, jak je uvedeno v Paynter a Nachabe (2009), jsou důležité pro hospodaření s vodními zdroji a identifikace určitého trendu může umožnit včasné provedení zmírňujících opatření pro zásobování vodou, obnovy mokřadů nebo vodních ploch a při dalších otázkách týkajících se ochrany vodních zdrojů.

Sezónní a roční chody srážkové řady se transformují do statistických charakteristik, které se liší v průběhu roku. Důležitými parametry, které ovlivňují sezónní nebo periodické kolísání oproti průměru jsou variance, kovariance a šikmost. Obrázek 3 ukazuje, že sezónní časová řada po zprůměrování vykazuje pravidelné odchylky od střední hodnoty (amplituda), roční hodnoty vykazují prakticky lineární průběh (*Maidment, 1993*).



Obr. 3: Vzor časové série a průměru Zdroj: Maidment (1993)

Stanovení a testování trendů

Testování trendů se provádí z důvodu zkoumání stacionarity v časové řadě, tedy zjišťuje se, zda má časová řada konstantní průměr a rozptyl (Yang a kol., 2010). V literatuře je známo několik parametrických a neparametrických testů, které se mohou použít pro stanovení a testování trendů v časové řadě.

Lineární regrese

Lineární regrese je jednou z používaných metod pro stanovení lineárních trendů v časové řadě srážkových úhrnů. V praxi, jak uvádí Mrkvička a Petrášková (2006), se můžeme často setkat se situací, kdy některé náhodné veličiny jsou snadno dostupné a dají se jednoduše změřit nebo jinak zjistit, zatímco jiné veličiny se určují obtížné nebo se o nich dozvíme až z velkého časového odstavu. Pokud mezi těmito dvěma druhy veličin existuje nějaký vztah, lze z jedné odhadnout resp. předpovědět druhé. Cílem lineární regrese je najít regresní funkci, známe-li n pozorovaných dvojic, která by charakterizovala data srážkových úhrnů v časové řadě.

Za lineární regresi považujeme regresi, jejíž regresní funkce je lineární

$$y = a_1 + b_1 x$$

Cílem je nalezení parametrů a_1 a b_1 , kdy parametr b_1 představuje přírůstek hodnoty y připadající na jednotkovou změnu časové proměnné (směrnice přímky). Tedy z tohoto parametru můžeme určit trend časové řady za určité období, pro které jsme hledali funkci lineární regrese. Nalezení parametrů lineární regrese se provádí metodou nejmenších čtverců, která spočívá v tom, že hledáme parametry a_1 a b_1 , pro něž je součet čtverců chyb modelu minimální.

Parametry funkce lineární regrese tedy získáme z následující rovnice:

$$b_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x}$$

(Dub a Němec, 1969; Mrkvička a Petrášková, 2006).

Mann-Kendallův test

Mann-Kendallův je jednou z velmi často používaných metod pro hodnocení trendu časové řady srážek. Je to neparametrický test hledající trend v časové řadě bez určení, zda je tento trend lineární nebo nelineární. Zvažuje roční časové řady y_t , $t = 1, \dots, n$. Každá hodnota y_t , $t' = 1, \dots, n - 1$ je porovnávána se všemi následujícími hodnotami $y_{t'}$, $t' = t + 1, t + 2, \dots, n$, a z tohoto porovnání vznikne nová řada z_k .

$$\begin{aligned} z_k &= 1 && y_t > y_{t'} \\ z_k &= 0 && \text{jestliže } y_t = y_{t'} \\ z_k &= -1 && y_t < y_{t'} \end{aligned}$$

ve které $k = (t' - 1)(2n - t') / 2 + (t - t')$.

Mann-Kendallová statistika je dána součtem série z_k

$$S = \sum_{t'=1}^{N-1} \sum_{t=t'+1}^N z_k$$

Tato statistika představuje porovnání pozitivních a negativních rozdílů pro všechny uvažované hodnoty.

Statistický údaj zkoušky pro $n > 40$ může být psán jako

$$u_c = \frac{S + m}{\sqrt{V(S)}}$$

$$V(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n e_i(e_i-1)(2e_i+5) \right]$$

kde $m = 1$, pokud $S < 0$ a $m = -1$, pokud $S > 0$, n je počet vázaných skupin, a e_i je počet dat (vázané) skupiny.

Výhodou Mann-Kendallového testu, jak uvádí Maidment (1993) a Yang a kol. (2010) je, že nevyžaduje žádné distribuční předpoklady v datech a zároveň má stejnou vypovídající schopnost jako jiné parametrické testy. K odhadu velikosti lineárního trendu se u této metody využívá neparametrická Senova metoda, která umožňuje případné srovnání velikosti trendu s lineární regresí.

1.6.5 Korelace

Korelace, jak uvádí Nysl (1986) sleduje závislost mezi soubory. Pomocí korelačního koeficientu můžeme zjistit tvar a těsnost obou souborů. Široce se používá na hodnocení vztahu mezi srážkoměrnými stanicemi (prostorového vztahu srážkových úhrnů) (Pedersen a kol., 2010).

Prostorová korelace

Jak uvádí Svoboda a kol. (2014) struktura prostorové korelace srážkových úhrnů poskytuje základní informace o rozložení srážkových polí. To hraje důležitou roli pro

mnoho aplikací v různých oblastech, například pro popis rozložení a variability srážek v různých časových intervalech. Tuto strukturu můžeme studovat i na malém prostoru 1 km² za použití různých zdrojů informací jako jsou údaje získané z meteorologického radaru nebo z husté sítě srážkoměrů.

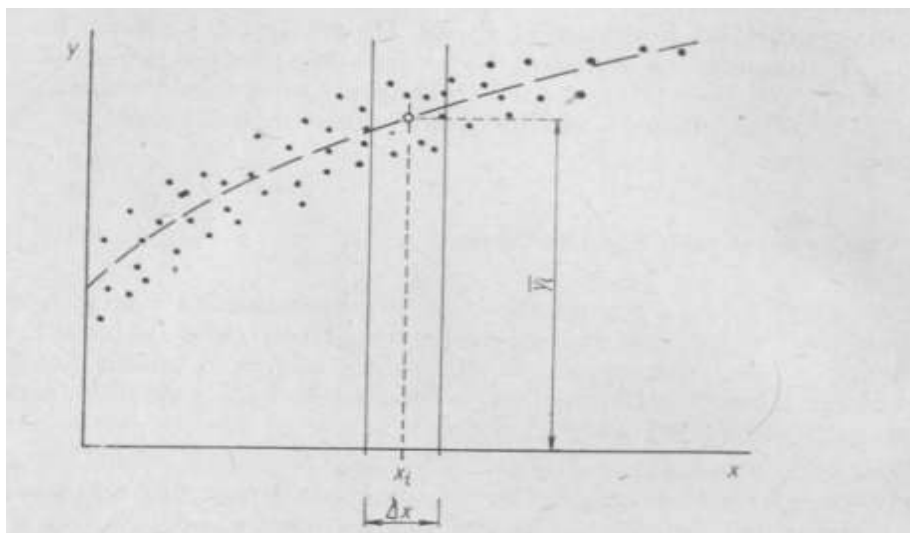
Pearsonův korelační koeficient

Pearsonův korelační koeficient je jedním z nejvíce používaných koeficientů pro popis prostorové závislosti rozložení srážek v mnoha studiích (např. Tian, 1993; Habib a kol., 2001; Pedersen a kol., 2010; Prax a kol., 2010; Ngondgondo a kol., 2011; Svoboda a kol., 2014). Používá se pro odhad korelačních koeficientů $r(X, Y)$, dvojice srážkových procesů pozorovaných dvěma měřidly. Pearsonův korelační koeficient r , odvozený pro n počet pozorování se získá z následujícího vztahu:

$$r(X, Y) = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

Pokud bude mít korelační koeficient hodnotu nula v mnohorozměrné normálně distribuované datové sadě, jak uvádí Pedersen a kol. (2010), nemají zjištěné hodnoty mezi sebou žádnou závislost. Pak je možné popsat prostorovou strukturu srážkových úhrnů na základě naměřených hodnot z jednotlivých stanovišť pomocí standardní směrodatné odchylky jednotlivých měřidel nebo jejich porovnání se srážkovým normálem. Příklad použití uvádí Nypl (1986) na údajích ročních srážkových úhrnů na dvou srážkoměrných stanicích. Jeden soubor hydrologických prvků X (roční srážkový úhrn ve stanici A) s proměnnou hodnotou prvku x , a druhý soubor hydrologických prvků Y (roční srážkový úhrn ve stanici B), proměnné hodnoty prvku jsou y . Obě hodnoty prvku $x_1 = 720$ mm ve stanici A, $y_1 = 700$ mm ve stanici B jsou údaje za tentýž rok, tedy tvoří sobě odpovídající dvojici. Jestliže vyneseme tyto hodnoty do pravoúhlého systému souřadnic vždy odpovídající si dvojici hodnot x_i ve směru úseček, y_i ve směru osy pořadnic, obdržíme množinu bodů o souřadnicích $M_i(x_i, y_i)$. Vzniklé body mohou mít trojí charakter (viz obr. 4):

1. Body leží na přímce nebo křivce
2. Body jsou rozptýleny po celé ploše papíru rovnoměrně. To svědčí o tom, že neexistuje vztah mezi soubory.
3. Body jsou rozptýleny po papíře tak, že tvoří širší nebo užší pruh přímkového nebo křivkového tvaru. Tento druh zobrazení svědčí o tzv. pravděpodobnostním neboli korelačním vztahu (přímkovém, nebo křivkovém).



Obr. 4: Vztah dvou veličin Zdroj: Dub a Němec (1969)

Jak uvádějí Habib a kol. (2001) korelační součinitel může být ovlivněn extrémními hodnotami, které zkreslují vyjádření průměru. Ukazují, že existence extrémních událostí povede ke špatnému odhadu korelačního součinitele, což může do značné míry ovlivnit skutečný vztah získaných dat. Velikost korelačního koeficientu má tendenci se snižovat s rozsahem území, přes které se měří proměnné a s rostoucí nadmořskou výškou.

Významnost vypočítané hodnoty korelačního součinitele nelze hodnotit ve všech případech stejně podle nějaké všeobecně platné stupnice. Takové posuzování závisí na povaze analyzované závislosti a na praktickém použití nalezené korelace. Významnost vypočteného součinitele korelace možno posoudit pomocí t-testu nebo přímo porovnáním vypočteného součinitele r s kritickými hodnotami r_p (Dub a Němec, 1969). Habib a kol. (2001) poukazují na problém se základním rozdělením uvažovaných proměnných. V případě normální distribuce, lze součinitel korelace použít k vytvoření intervalů nebo provádění testu významnosti. Avšak v případě, kdy vzorek dat nemá normální rozdělení, je test významnosti jen málo vypovídající o distribuci korelačního koeficientu. Proto navrhují použití případných alternativ pro zjištění korelační závislosti například Spearmanův korelační koeficient nebo Kendallův korelační koeficient.

2 Cíl práce

Cílem práce je analýza časových řad srážek vztažených pro povodí Jenínského potoka ve dvou obdobích. Jedná se o období 1980 – 1988 a 2005 – 2013. Tato období budou porovnána z pohledu charakteristiky časové řady s cílem zjistit, zda během nich nedošlo ke změnám statistických charakteristik srážkových úhrnů s ohledem na časovou distribuci srážek pro toto povodí, případně odhalit změny v množství srážek v různých časových intervalech především z hlediska jejich extremity a zjistit jejich trend. Dalším dílčím cílem je popsat rozdíly srážkových úhrnů mezi srážkoměrnými stanicemi Jenín a Dolní Dvořiště.

Cíle práce jsou shrnuty do následujících bodů:

- charakteristika dostupných časových řad srážek pro povodí Jenínského potoka (1. období 1980 – 1988, 2. období 2005 – 2013)
- porovnání srážkových charakteristik
- zjištění případného trendu u časových řad srážek
- posouzení prostorové variability mezi srážkoměrnými stanicemi v blízkosti Jenínského potoka

3 Materiály a metody

Pro hodnocení srážkových údajů je nutno znát dlouhou časovou řadu sledování. Pokud není k dispozici dostatečně dlouhá časová řada, využívají se data z nejbližších srážkoměrných stanic, to platí především pro menší území (povodí). Tento problém také nastává u experimentálního povodí Jenínského potoka, které bylo vybráno jako zájmové území pro tuto práci. Proto došlo k porovnání dvou období, kdy v prvním období byly k dispozici údaje o srážkách pouze z nejbližších srážkoměrů a v druhém období byla data dostupná již ze srážkoměru umístěného v zájmovém území.

3.1 Data

Pro zpracování analýzy srážkových dat pro povodí Jenínského potoka byly k dispozici údaje o denních srážkách ve dvou obdobích.

V prvním období 1980-1988 se neprovádělo v zájmovém území měření srážek. Pro hodnocení srážek se proto využilo srážkových údajů z nejbližších srážkoměrných stanic Českého hydrometeorologického ústavu, který poskytl údaje pro studijní účely. Nejbližšími funkčními srážkoměry (ombrometry) v tomto období byly stanice umístěné ve Vyšším Brodě (údaje od 1.1. 1980 do 31.3. 1987) a v Dolním Dvořišti (údaje od 1.4. 1987 do 31.12. 1988).

V zájmovém území experimentálního povodí katedry Krajinového managementu Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity bylo zavedeno srážkové měření člunkovým srážkoměrem od 29.5. 2004. Tyto údaje byly poskytnuty pro analýzu srážek druhého období (2005 – 2013).

Pro popis srážkových rozdílů mezi stanicemi Jenín a Dolní Dvořiště byla využita data, které jsou uváděna v Dolnodvořišťském zpravodaji (2011-2014). Jedná se o roční úhrny změřené na srážkoměrné stanici Dolní Dvořiště provozovatelem Viktorem Jakubenkem v letech 1993-2013. U některých roků jsou zde uvedeny i měsíční úhrny srážek. Pro podrobnější popsání prostorové variability byly k dispozici denní údaje srážkových úhrnů Českého hydrometeorologického ústavu ze stanice Dolní Dvořiště za rok 2006.

3.2 Metodika

Analýza časových řad srážek byla aplikována na data, která jsou popsána v předchozí kapitole (kap. 3.1). Data srážkových úhrnů pro obě období nebyla k dispozici ze stejné srážkoměrné stanice. Pro porovnání a získání základních informací o časové distribuci srážek byly však tyto údaje dostačující, protože, jak uvádí Augustine (2010), prostorové rozdíly srážek jsou mnohem nižší než časová proměnlivost srážek a pro popis časové variability může být použit srážkoměr ze

vzdálenosti až 8 km. To znamená, že použití kombinace srážkoměrných stanic Vyšší Brod a Dolní Dvořiště, které jsou vzdálené přibližně 8 km respektive 4 km od zájmového území, může být reprezentativní. Zároveň je nutné připomenout dobu pozorování v jednotlivých obdobích, které bylo pouze 9 leté, a z hlediska statistického zpracování by pro lepší spolehlivost výsledků byla vhodnější delší časová řada. Například Munzar a kol. (1989) uvádí, že pro orientační stanovení normálu se v klimatologii může považovat 10 leté pozorování. To nijak nevylučuje možnost použít i časový úsek sledování blízký tomuto období.

Analytická část práce byla provedena pomocí některých statistických a srážkových charakteristik. Pro výpočet a usnadnění práce bylo využito softwaru Statistica12 a Microsoft Excel 2003 s nadstavbou XLSTAT pro výpočet trendu (podle Mann-Kendallového testu). Hodnocení a porovnávání bylo zjišťováno pro různé časové intervaly (den, měsíc a rok).

V dalších podkapitolách uvádím metody, které byly použity pro analýzu časové řady srážek, jednotlivé metody jsou podrobněji popsány v kapitole 1.6.

3.2.1 Statistické a srážkové charakteristiky

Základní informace o srážkovém režimu daného období byla získána na základě statistických charakteristik časové řady, jako je průměr, medián, směrodatná odchylka, variační koeficient, variační rozpětí, horní a dolní kvartil. Důležitou informací o srážkách především pro zemědělskou produkci podaly také srážkové charakteristiky a to množství srážek, počet dní s určitým srážkovým úhrnem ($\geq 0,1$ mm, ≥ 1 mm, 1-5 mm, ≥ 10 mm, ≥ 20 mm), podíl přivalových srážek (index H_{20}/H), délka mokré periody (po sobě jdoucí dny se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm), délka suché periody (po sobě jdoucí dny se srážkovým úhrnem < 1 mm). Z časové řady byla zároveň zjištěna pravděpodobnost výskytu určitých srážkových charakteristik. Pro hodnocení časové variability bylo využito výpočtu indexu koncentrace srážek (PCI) (viz kap. 1.6.2).

Porovnáním spadlých srážek během měsíce nebo roku s průměrným množstvím srážkového úhrnu během celého období byla získána informace o přibližné normalnosti daného měsíce či roku, tedy se zjistilo, zda byl podnormální, normální nebo nadnormální. Hodnocení bylo prováděno na základě kritérií uvedených v Rožnovském (1999) (viz. kap. 1.6.2).

3.2.2 Statistické porovnání srážkových úhrnů

Porovnání srážkových úhrnů a charakteristik obou období bylo provedeno na základě statistických testů. Protože nebylo zjišťováno normální rozdělení u výběrů, které je předpokladem parametrické metody, byly pro statistické porovnání srážkových úhrnů a charakteristik mezi obdobími využity parametrické i neparametrické metody. Mohlo tak dojít k porovnání výsledků obou metod. Vhodnými testy pro dané porovnání byly dvouvýběrový t-test a Mann-Whitneyův test. Tyto testy slouží k porovnání a odhalení případných statisticky významných rozdílů mezi sledovanými obdobími. Dvouvýběrový t-test je parametrický test s předpokladem normálního rozdělení a Mann-Whitneyův test je neparametrická verze s předpokladem shodného rozdělení, které nemusí být normální.

3.2.3 Hodnocení trendu časové řady

K hodnocení trendu bylo využito parametrické metody lineární regrese a pro porovnání neparametrické metody Mann-Kendalova testu. Lineární regrese odhalí pouze lineární trend, zatímco Mann-Kendallův test odhalí i nelineární trend v časových řadách. Velikost lineárního trendu u Mann-Kendalova testu podala neparametrická Senova metoda.

3.2.4 Popis prostorových rozdílů mezi srážkoměry

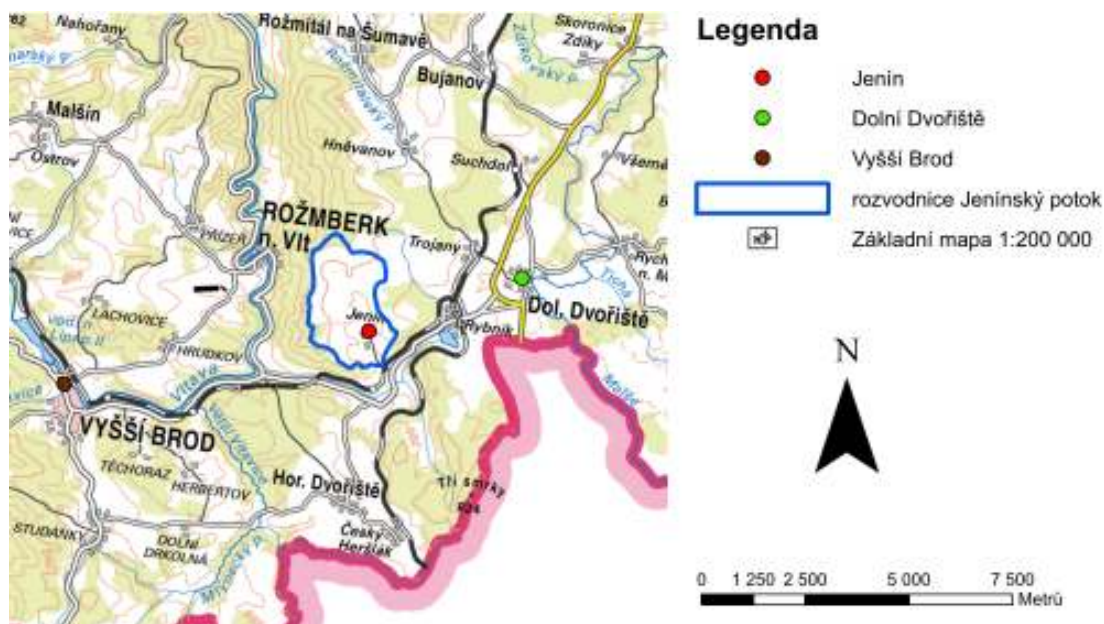
Popis srážkových úhrnů v prostoru byl proveden prostým porovnáním ročních srážkových úhrnů mezi srážkoměrnými stanicemi Jenín a Dolní Dvořiště v období společného měření 2005-2013. Pro popis dlouhodobějšího vztahu ročních srážkových úhrnů byl využit Pearsonův korelační koeficient, který se používá ve většině studií zabývajících se popisem prostorového rozložení srážek.

3.3 Popis zájmového území – Povodí Jenínského potoka

Analýza srážkových dat byla prováděna pro experimentální povodí Jenínského potoka a to z důvodu zjištění srážkových charakteristik pro toto území, které je výzkumným povodím katedry Krajinného managementu Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Území je určeno pro výzkum v oblasti hydrologických vlastností a vlivu odvodnění na vodní režim. Výměra zájmového území je 4,65 km².

Povodí Jenínského potoka se nachází v příhraniční oblasti České republiky a Rakouska v Jihočeském kraji, okrese Český Krumlov, jihozápadně od obce Dolní Dvořiště a jihovýchodně od města Rožmberk nad Vltavou. Povodí Jenínského potoka se nachází v oblasti dvou katastrálních území Jenína a Horního Kaliště. V zájmovém

území se nachází osada Jenín. Přibližná lokalizace zájmového území je na obr. 5. Jenínský potok, který tudy protéká, je pravostranným přítokem Rybnického potoka. Povodí Jenínského potoka spadá pod povodí Rybnického potoka (povodí 4. řádu), číslo hydrologického pořadí 1-06-01-1380 (*HEIS VUV*) a je zobrazeno na obr. 6.



Obr. 5: Lokalizace zájmového území

Zdroj: Geoportál ČUZK (upraveno autorem)

Geomorfologie

Území spadá do podhorské hraniční oblasti Šumavy, je značně kopcovitě s velkým zastoupením trvale travního porostu (téměř 80 % území) s menším podílem lesních porostů ve vrcholových partiích kopců a křovin (zhruba 19 %). Téměř vůbec se v území nevyskytuje zastavěná část (1 %). Nejnižší bod v území představuje uzávěrový profil s nadmořskou výškou 637 m n. m. Nejvyšší bod je Žibřidovský vrch s nadmořskou výškou 870 m n. m.

Geomorfologické členění uvedené na stránkách Národního Geoportálu INSPIRE pro zájmovou oblast je následující:

Systém: Hercynský

Provincie: Česká vysočina

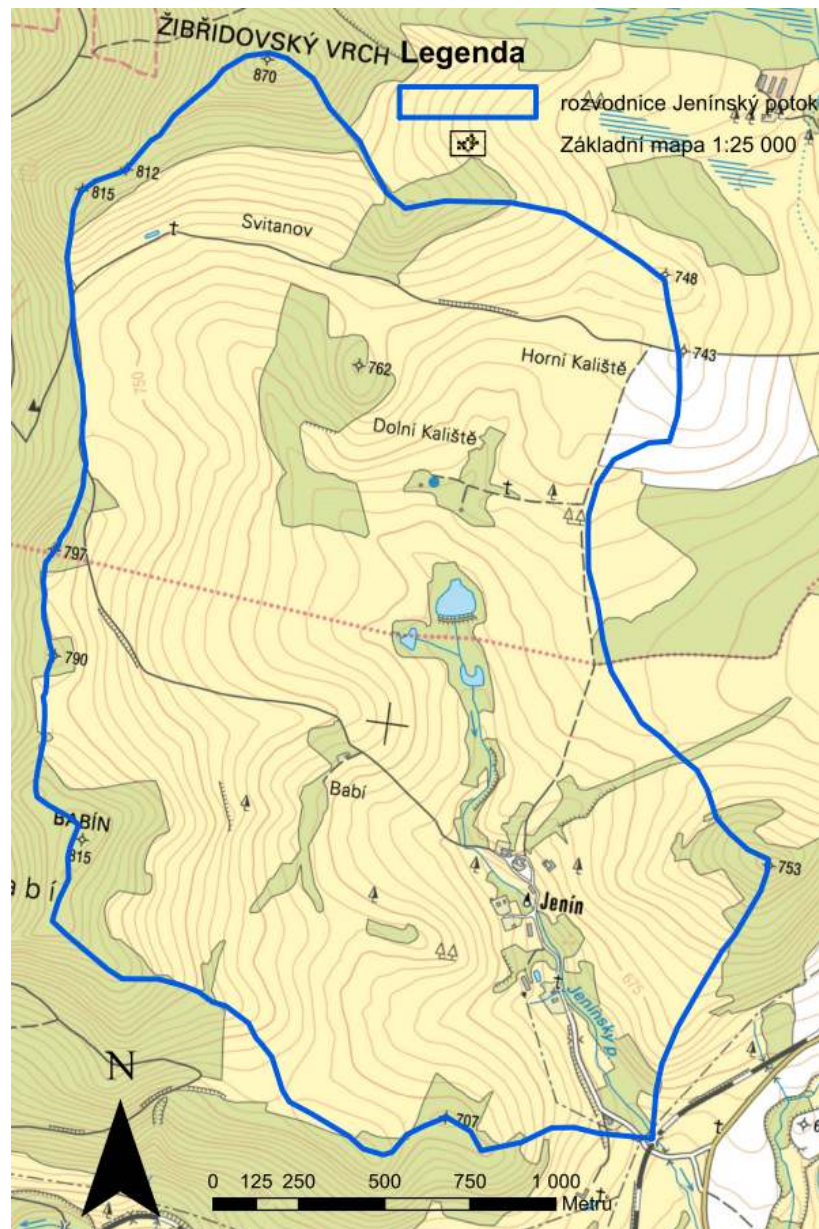
Subprovincie: Šumavská soustava

Oblast: Šumavská hornatina

Celek: Šumavské podhůří (menší část na východě: Novohradské podhůří)

Podcelek: Českokrumlovská vrchovina (menší část na východě: Kaplická brázda)

Okrsek: Rožmberská vrchovina (menší část na východě: Dolnodvořišťská sníženina)



Obr. 6 Povodí Jenínského potoka

Zdroj: Geoportál ČUZK (upraveno autorem)

Geologie

Z geologického hlediska, podle internetových stránek České geologické služby, spadá území do soustavy Českého masivu oblasti moldanubika, regionu metamorfních jednotek v moldanubiku. Na území se převážně nachází hornina pararuly, jižně od osady Jenín se vyskytuje granit. U vodního toku se nacházejí písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty.

Pedologie

Z pedologického hlediska, podle internetových stránek Národního geoportálu INSPIRE, se na území vyskytuje převážně půdní typ kambizemě dystrikové a kambizemě oglejené kyselé, které se vyvinuly na půdním substrátu svahovin svorů a středních fylitů.

Klimatologie

Pro klimatologický popis existuje několik způsobů přístupů a vymezení, z nichž uvádím klimatické charakteristiky pro sledované zájmové území, které jsou uvedeny v literatuře. Některé zde uvedené klimatické charakteristiky se částečně od sebe odlišují, to je dáno především zobecňováním dat do většího měřítka, jinou metodikou vymezení území a schopností určení zájmového místa v mapě České republiky.

Podle rozdělení dle Quitta (1971) jsem území zařadil do klimatologického regionu mírně teplého (MT3). Je zde ovšem na místě upozornit, že toto území se nachází na hranici s klimatologickým regionem chladné oblasti (CH7), které má značně odlišné charakteristiky. Klimatická oblast MT3 se charakterizuje krátkým létem, mírným až mírně chladným, suchým až mírně suchým. Zima je normálně dlouhá, mírná až mírně chladná, suchá až mírně suchá s normálním až krátkým trváním sněhové pokrývky. Přejídné období je normální až dlouhé, mírné jaro a mírný podzim. Klimatická oblast CH7 má léto velmi krátké až krátké, mírně chladné, vlhké. Zima je dlouhá mírná, mírně vlhká s dlouhým trváním sněhové pokrývky. Přejídné období je dlouhé s mírně chladným jarem a mírným podzimem. Pro tyto regiony jsou uvedeny některé charakteristiky v tab. 5.

Tab. 5 Charakteristika klimatických regionů **Zdroj: Quitt (1971)**

Charakteristiky oblasti	MT3	CH7
Počet letních dnů	20 - 30	10 - 30
Počet dní s průměrnou teplotou 10°C a více	120 - 140	120 - 140
Počet dní s mrazem	130 - 160	140 - 160
Počet ledových dní	40 - 50	50 - 60
Průměrná lednová teplota	-3 - -4	-3 - -4
Průměrná červencová teplota	16 - 17	15 - 16
Průměrná dubnová teplota	6 - 7	4 - 6
Průměrná říjnová teplota	6 - 7	6 - 7
Počet srážkových dní (≥ 1 mm)	110 - 120	120 - 130
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 - 450	500 - 600
Srážkový úhrn v zimním období	250 - 300	350 - 400
Roční úhrn srážek	600 - 750	850 - 1000
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 100	100 - 120
Počet zamračených dní	120 - 150	150 - 160
Počet jasných dní	40 - 50	40 - 50

Na základě vymezení Tolasze a kol. (2007) v Atlase podnebí by se měla průměrná teplota v zájmovém území pohybovat v rozmezí 6 – 7 °C, průměrné roční srážky 700 - 800 mm a vítr by měl vanout nejčastěji ze západního směru s průměrnou rychlostí 4 - 6 m/s.

Zájmové území na základě BPEJ (bonitovaná půdně ekologická jednotka) a jeho prvního číselného symbolu, který je pro toto povodí číslo 8, spadá do klimatologického regionu mírně chladného a vlhkého regionu, pro který je ve vyhlášce č. 327/1998 Sb. uvedeno několik charakteristik:

Průměrná teplota 5 – 6 °C

Průměrný roční úhrn srážek 700 - 800 mm

Pravděpodobnost suchých vegetačních období 0-5%

4 Výsledky a diskuse

V této kapitole jsou uvedeny výsledky, které byly získány po zpracování dostupných dat (viz kap. 3.1). Výsledky jednotlivých metod hodnocení jsou členěny do jednotlivých podkapitol. Metody byly vždy aplikovány na různě dlouhé časové intervaly (roční, měsíční a charakteristiky denních srážkových úhrnů) jednotlivých období.

4.1 Statistické a srážkové charakteristiky

4.1.1 Roční srážkové úhrny

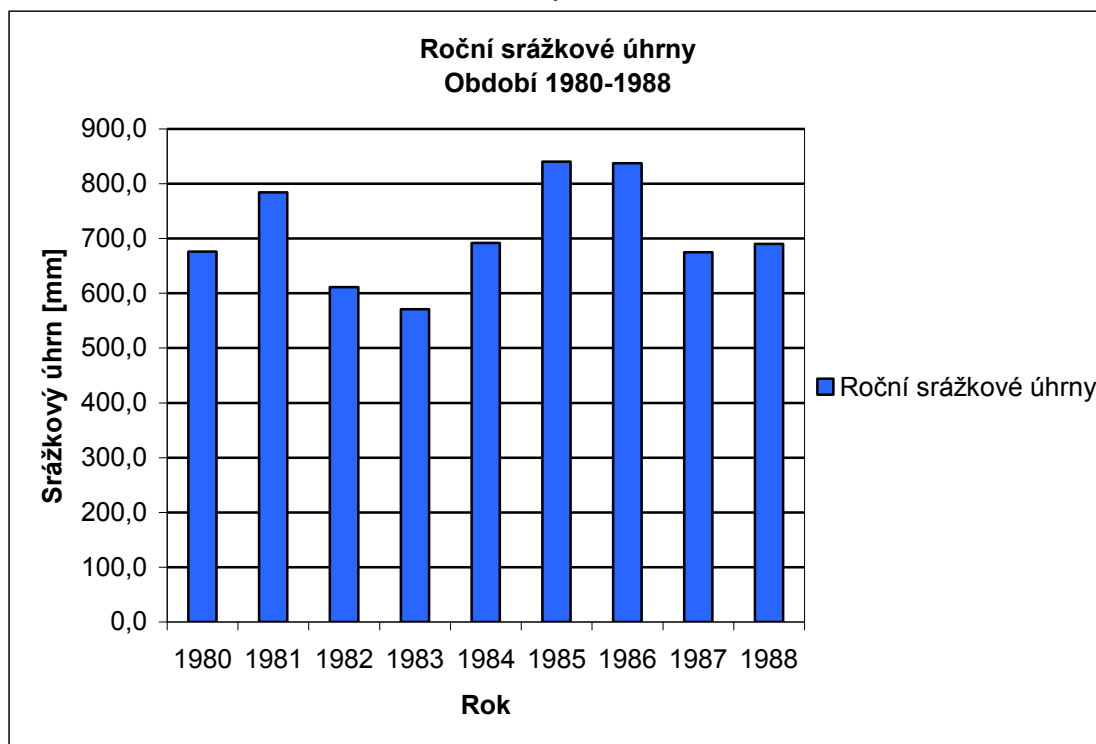
Období 1980-1988

Průměrný roční úhrn srážek v zájmovém povodí za období 1980 – 1988 byl 708,6 mm se směrodatnou odchylkou 94,1 mm. Největší roční úhrn srážek 840,4 mm byl dosažen v roce 1985. Nejmenší roční srážkový úhrn 571,0 mm byl v roce 1983. Roční úhrny v jednotlivých letech je možné zjistit z grafu 1. Variabilitu množství srážek mezi jednotlivými roky udává variační koeficient ve výši 13,28%. Další statistické charakteristiky tohoto období jsou uvedeny v tabulce 6. V tomto období se na základě posouzení normálnosti uvedené v knize Rožnovský (1999) vyskytovalo 5 abnormálních roků. Vlhký rok byl v roce 1981 (110,70% průměru), 1985 (118,60%), 1986 (116,16%) a suchý rok byl v roce 1982 (86,30%), 1983 (80,58 %). Ostatní roky byly normální v rozmezí 90-110% při porovnání s průměrem.

Tab. 6 Statistické charakteristiky – období 1980-1988, roční srážkové úhrny

Průměr	708,6 mm	
Směrodatná odchylka	94,1 mm	
Medián	690,0 mm	
Minimum	571,0 mm	1983
Maximum	840,4 mm	1985
Variační rozpětí	269,4 mm	
Dolní kvartil	674,8 mm	
Horní kvartil	784,4 mm	
Variační koeficient	13,28%	

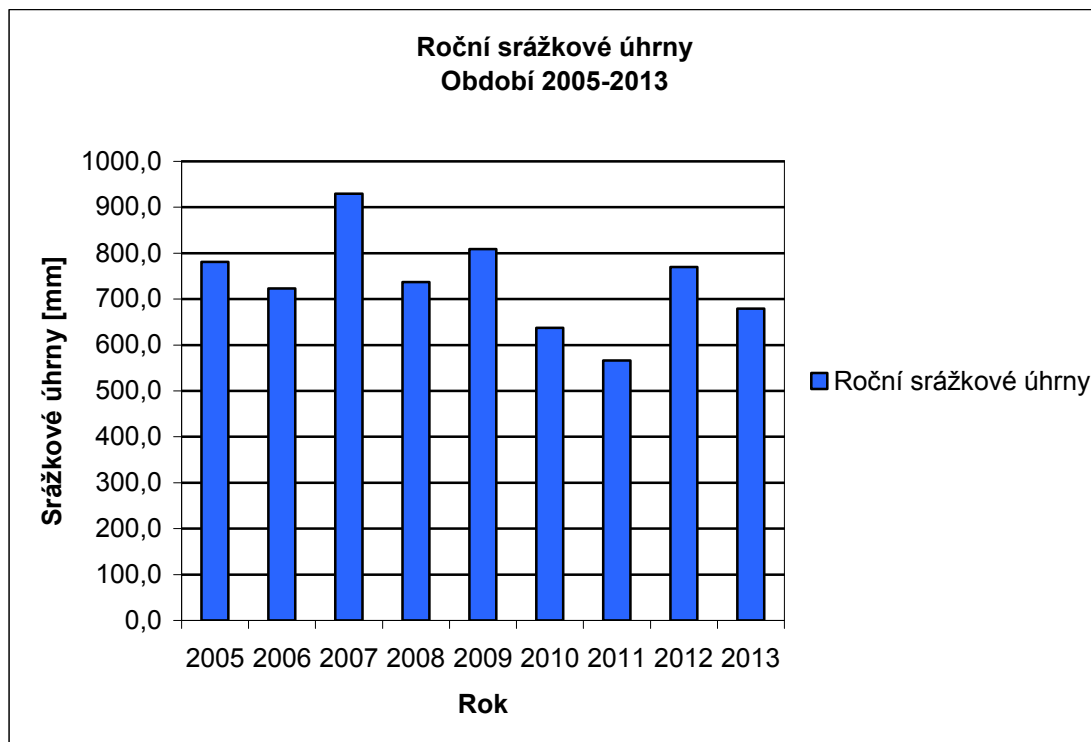
Graf 1 Období 1980 - 1988 - roční srážkové úhrny



Období 2005 - 2013

V zájmovém území za období 2005 – 2013, kdy bylo měřeno již ze srážkoměrné stanice ve výzkumném povodí, spadlo za rok průměrně 736,9 mm. Směrodatná odchylka byla 104,8 mm. Největší roční úhrn srážek 929,4 mm byl dosažen v roce 2007, naopak nejmenší roční srážkový úhrn byl zjištěn v roce 2011 ve výši 566,1 mm. Roční úhrny v jednotlivých letech je možné zjistit z grafu 2. Variabilitu množství srážek mezi jednotlivými roky udává variační koeficient ve výši 14,22%. Statistické charakteristiky tohoto období jsou uvedeny v tabulce 7. Při posouzení normalnosti ročních srážkových úhrnů se v tomto období podle kritérií uvedených v Rožnovském (1999) objevily 3 abnormální roky. Velmi vlhký rok byl v roce 2007 (126,13 % průměru), suchý rok byl v roce 2010 (86,52%) a velmi suchý rok byl v roce 2011 (76,82 %).

Graf 2 Období 2005-2013 - roční srážkové úhrny



Tab. 7 Statistické charakteristiky - období 2005-2013, roční srážkové úhrny

Průměr	736,9 mm	
Směrodatná odchylka	104,8 mm	
Medián	736,9 mm	
Minimum	566,1 mm	2011
Maximum	929,4 mm	2007
Variační rozpětí	363,3 mm	
Dolní kvartil	679,2 mm	
Horní kvartil	780,7 mm	
Variační koeficient	14,22%	

Porovnání obou období

Hodnoty průměru ročních srážek se nacházely u obou období v rozmezí srážkových úhrnů (600-750 mm a 700-800 mm), což odpovídá hodnotám uváděným v literatuře pro zájmové území povodí Jenínského potoka. Průměrná hodnota srážek spadá do nejčastějšího rozmezí srážek pro naše území, kdy podle Duba a Němce (1969) se na 59% plochy států vyskytuje průměrný roční úhrn srážek v rozmezí 600-800 mm.

Při porovnání sledovaných období vykazovalo vyšší průměr ročních srážek druhé období (2005 – 2013) a to v rozdílu o 28,6 mm oproti prvnímu (1980-1988). Při porovnání maximálních a minimálních ročních srážkových úhrnů obou období bylo variační rozpětí celé sledované časové řady ve druhém období o 93,9 mm větší než u

prvního období (1980 – 1988). Variační rozpětí v období 2005-2013 bylo 363,3 mm, naproti tomu v prvním období (1980-1988) bylo variační rozpětí 269,4 mm. Z toho je patrné, že druhé období bylo extrémnější v rozdílech mezi minimem a maximem ročních srážkových úhrnů. Zároveň dochází k potvrzení výsledku studie Střeštíka a kol. (2014), kteří pozorovali slabě rostoucí roční srážkové úhrny na většině srážkových stanic v České republice. Ty jsou nepatrné vzhledem ke zvýšení rozdílu mezi nejdeštivějším a nejsušším rokem (variační rozpětí), který se pohybuje kolem 350 mm. K podobným výsledkům došli i Shongwe a kol. (2009). Také oni pozorovali zvyšující se variační rozpětí u ročních srážkových úhrnů, které je vysvětlováno zvyšujícími se extrémními srážkovými událostmi a prodlužující se délkou suchého období. Rovněž však upozorňují, že nemusí docházet ke zvyšování průměrného ročního srážkového úhrnu, ale může docházet dokonce k poklesu. Stejně i tak Střeštík a kol. (2014) zjistili změnu množství srážek při porovnání západní a východní části naší republiky, kdy na západě se roční úhrn srážek za sledované období (1961-2012) zvýšil, naopak na východě došlo k poklesu.

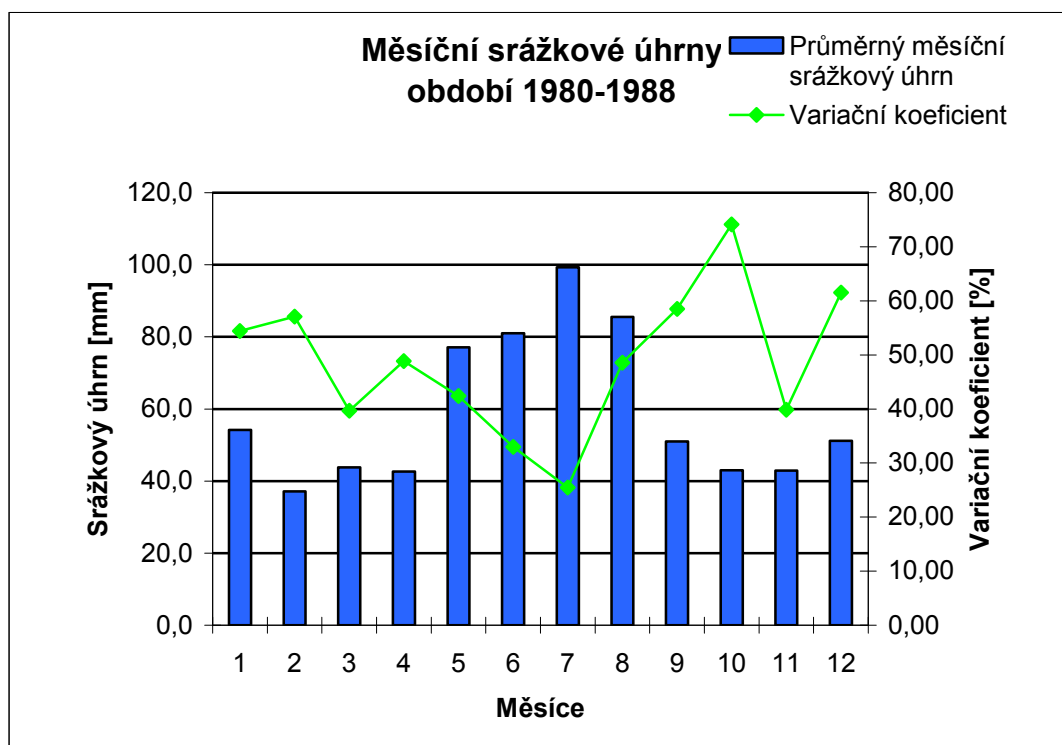
Při srovnání meziroční variability časových řad (viz tab. 6 a 7) obě období vykazovala přibližně stejné hodnoty (variační koeficient 13,28 % respektive 14,22%). To znamená, že obě období měla podobnou nízkou meziroční variabilitu. Hodnocení normality roku dokonce vykazovalo v prvním období více abnormálních roků, ale jednalo se pouze o suché (1982, 1983) a vlhké roky (1981, 1985, 1986), zatímco ve druhém období se vyskytly roky, které jsou hodnoceny více abnormálně velmi vlhké (2007), suché (2010) a velmi suché (2011).

4.1.2 Měsíční srážkové úhrny – Roční chod srážek

Období 1980 – 1988

Měsíční srážkové úhrny v období 1980-1988 se během roku přirozeně měnily. Na základě vypočteného indexu koncentrace srážek (PCI) je patrné mírné sezónní rozložení v průběhu roku, kdy hodnoty se pohybovaly těsně nad hranicí indexu 10. Pouze v roce 1983 index koncentrace srážek dosahoval hodnoty 9,84, což ukazuje na rovnoměrnější rozložení srážek v průběhu roku. Průběh průměrných měsíčních srážkových úhrnů a variačního koeficientu je znázorněn v grafu 3. Největší průměrný srážkový úhrn byl zaznamenán v letních měsících a to nejvíce v červenci 99,3 mm. Naopak nejmenší průměrný srážkový úhrn byl v únoru 37,2 mm. Nejmenší variační koeficient, tedy nejnižší meziroční variabilitu, vykazoval měsíc červenec (25,48%) s největším průměrným srážkovým úhrnem. Naopak největší variabilitu mezi jednotlivými roky vykazoval říjen (74,11%).

Graf 3 Průměrný měsíční srážkový úhrn - období 1980-1988



Statistické charakteristiky jednotlivých měsíců jsou uvedeny v tabulce 8. Nejvyšší měsíční srážkový úhrn byl zaznamenán v měsíci srpnu 156,7 mm v roce 1986. Nejnižší měsíční srážkový úhrn 8,8 mm byl naměřen během února roku 1982. Největší směrodatná odchylka 41,5 mm byla zaznamenána pro měsíc srpen, zároveň pro tento měsíc bylo také největší variační rozpětí 111,2 mm. Nejmenší směrodatná odchylka byla vypočtena pro listopad 17,1 mm, nejmenší variační rozpětí během období 1980-1988 bylo v měsíci březnu 55,8 mm.

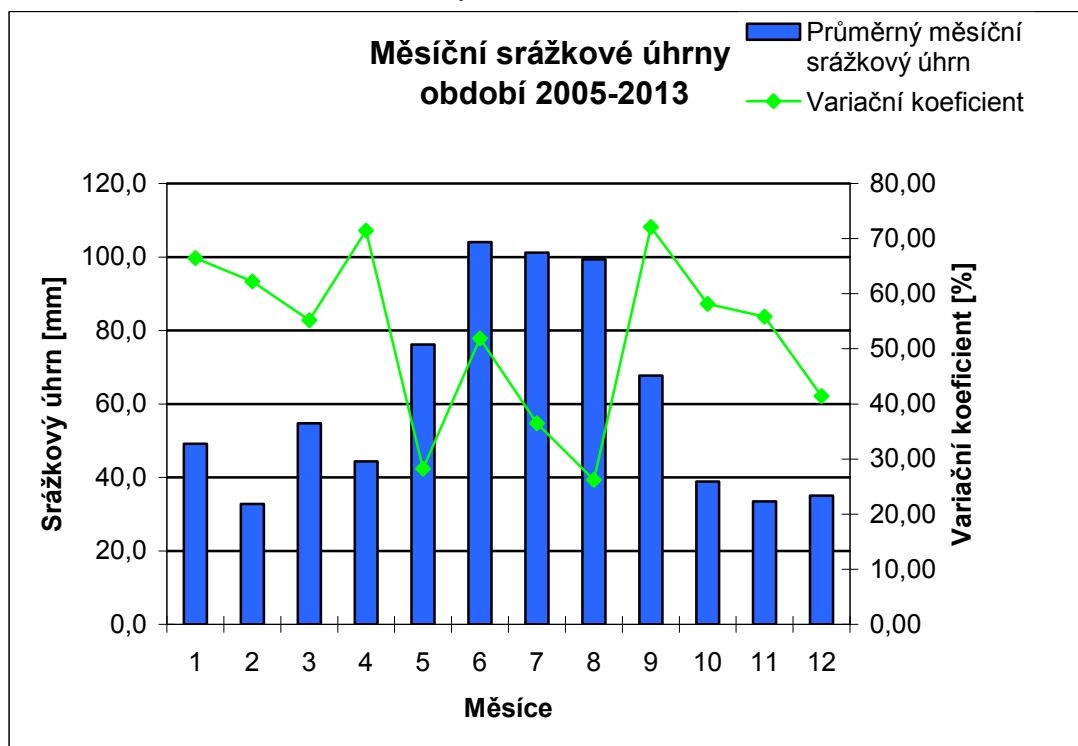
Tab. 8 Statistické charakteristiky měsíčních srážkových úhrnů - období 1980-1988

Statistické charakteristiky	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Průměr	54,2	37,2	43,8	42,6	77,1	81,0	99,3	85,5	51,0	43,0	42,9	51,2
Sm. odchylka	29,5	21,2	17,4	20,8	32,7	26,7	25,3	41,5	29,8	31,9	17,1	31,5
Medián	42,7	36,2	43,8	38,6	78,5	85,0	92,7	61,5	34,7	27,0	40,1	49,6
Minimum	23,2	8,8	21,4	14,8	36,7	44,6	70,5	45,5	20,4	15,8	19,9	11,4
Rok výskytu minima	1980	1982	1984	1988	1980	1984	1984	1981	1983	1985	1986	1984
Maximum	105,3	82,3	77,2	72,6	122,2	110,6	145,2	156,7	104,5	101,1	80,1	103,8
Rok výskytu maxima	1986	1984	1988	1980	1985	1988	1980	1986	1984	1981	1985	1981
Variační rozpětí	82,1	73,5	55,8	57,8	85,5	66,0	74,7	111,2	84,1	85,3	60,2	92,4
Dolní kvartil	30,5	26,5	31,6	27,2	44,0	56,7	78,7	59,8	33,8	20,2	34,2	28,1
Horní kvartil	73,2	44,8	55,4	63,9	103,4	106,0	116,0	93,4	80,1	61,6	44,2	65,9
Var. koeficient [%]	54,40	57,11	39,65	48,87	42,40	32,97	25,48	48,53	58,50	74,11	39,88	61,55

Období 2005-2013

Měsíční srážky v tomto období měly sezónní rozložení v průběhu roku podle indexu koncentrace srážek (PCI) v rozmezí hodnot 10,21 – 15,43. Nejvíce nerovnoměrné rozložení bylo v roce 2013 (PCI = 15,43) a nejrovnoměrnější rozdělení měsíčních srážek bylo v roce 2005 (PCI = 10,21). Za období 2005-2013 byl nejvyšší průměrný měsíční srážkový úhrn zjištěn pro měsíc červen 104,1 mm. Nejnižší průměr vykazoval měsíc únor 32,8 mm. Průměrné měsíční srážkové úhrny s variačním koeficientem pro jednotlivé měsíce je možno vyčíst z grafu 4. Největší meziroční variabilitu vykazoval měsíc září (variační koeficient 72,09%) a duben (71,48%). Naopak nejmenší meziroční variabilita byla pozorována u měsíců srpen (26,21 %) a květen (28,23 %).

Graf 4 Průměrné měsíční srážkové úhrny - období 2005-2013



Statistické charakteristiky za období 2005-2013 jsou uvedeny v tabulce 9. Nejvyšší srážkový měsíční úhrn byl zaznamenán v roce 2013 během června, kdy bylo dosaženo 215,1 mm. Nejnižší měsíční úhrn byl zaznamenán v listopadu 2011, kdy spadlo pouze 0,1 mm. Největší rozpětí v průběhu sledovaného období v měsíčních srážkových úhrnech bylo v průběhu června, kdy rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou byl 160,7 mm. To potvrzuje také směrodatná odchylka, která byla pro tento měsíc ve výši 54,0 mm. Nejnižší rozpětí hodnot měsíčních srážkových úhrnů bylo v prosinci 47,3 mm, směrodatná odchylka 14,5 mm.

Tab. 9 Statistické charakteristiky - období 2005-2013

Statistické charakteristiky	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Průměr	49,2	32,8	54,7	44,4	76,2	104,1	101,2	99,3	67,7	38,9	33,5	35,0
Sm. odchylka	32,7	20,4	30,2	31,7	21,5	54,0	36,9	26,0	48,8	22,6	18,7	14,5
Medián	35,4	28,6	40,6	42,0	79,1	85,5	97,3	97,3	51,8	39,4	33,4	33,7
Minimum	16,3	9,1	9,6	4,3	34,3	54,4	51,7	60,6	11,7	11,3	0,1	14,8
Rok výskytu minima	2009	2011	2012	2007	2010	2005	2013	2011	2006	2005	2011	2013
Maximum	107,9	65,3	98,7	103,2	109,5	215,1	153,2	138,5	178,3	83,7	69,2	62,1
Rok výskytu maxima	2007	2009	2006	2008	2006	2013	2010	2006	2007	2009	2007	2011
Variační rozpětí	91,6	56,2	89,1	98,9	75,2	160,7	101,5	77,9	166,6	72,4	69,1	47,3
Dolní kvartil	26,9	18,5	34,3	23,4	67,1	56,5	64,2	82,9	40,8	22,5	25,6	25,2
Horní kvartil	77,2	43,8	76,6	60,7	87,3	134,1	135,3	115,9	83,3	53,5	38,2	45,1
Var. koeficient [%]	66,44	62,20	55,17	71,48	28,23	51,90	36,48	26,21	72,09	58,13	55,85	41,42

Porovnání obou období

Průměrné měsíční srážkové úhrny pro obě období dosahovaly nejvyšších hodnot v letních měsících. V prvním období dosahoval nebo se blížil průměrné hranici 100 mm pouze měsíc červenec, v druhém období to byly tři letní měsíce červen, červenec a srpen. Ve druhém období 2005-2013 byl také nejnižší průměrný měsíční úhrn, který pro měsíc únor byl 32,8 mm, stejně tak jako v období 1980-1988, kdy nejnižší průměrný měsíční srážkový úhrn byl v únoru a to 37,2 mm. Při porovnání indexu koncentrace srážek a hodnocení rozložení srážek v průběhu roku se ukázala ve druhém období zvýšená nerovnoměrnost rozložení srážkového úhrnu mezi jednotlivými měsíci. K tomu docházelo z důvodu většího vlivu kontinentálního chodu srážek v zájmovém území. Největší změna průměrného měsíčního úhrnu mezi jednotlivými obdobími byla v měsíci červnu, kdy došlo k navýšení ve druhém období o 23,1 mm. V tomto období naopak došlo k poklesu průměrných měsíčních srážkových úhrnů během zimních měsíců, největší pokles nastal v prosinci, kdy se průměr snížil o 16,1 mm. Zvýšení měsíčních úhrnů v červnu také pozorovala pro jihočeské srážkoměrné stanice Starostová (1994), kdy v období 1960-1990 docházelo k přesunu maximálních měsíčních úhrnů z července na červen. U srážkoměrných stanic na Novohradsku a částečně Šumavy byl ještě zaznamenán vyšší úhrn v červenci, ale jak se ukazuje, během dalšího desetiletí došlo již k dovršení sledovaného trendu a přesunu maxima z července na červen.

Proměnlivost srážek v průběhu roku podle variačního koeficientu se zvýšila v měsíci dubnu a došlo k přesunutí maximální proměnlivosti z října na září a nejnižší proměnlivost se přesunula z července na srpen. Tedy docházelo k mírnému odklonu od uvedeného ročního chodu proměnlivosti srážek pro Českou republiku, který uvádí Tolasz a kol. (2007), kdy nejproměnlivější měsíc by měl být říjen a srážkově

nejvyrovnanější by měl být červen nebo listopad.

Při porovnání měsíčních srážkových úhrnů byly stejně tak jako u ročních úhrnů opět maximální a minimální hodnoty zaznamenány v období 2005-2013. Nejvyšší srážkový úhrn byl zjištěn během června roku 2013 ve výši 215,1 mm a nejnižší srážkový úhrn byl v roce 2011 v listopadu během, kterého bylo naměřeno pouze 0,1 mm.

Hodnocení normality měsíců v jednotlivých letech v období 1980-1988





Normalita jednotlivých měsíců v jednotlivých letech byla zjištěna na základě porovnání s průměrnou hodnotou. Výsledky z tohoto porovnání jsou uvedeny v tabulce 10. Z hodnocení vyplývá, že ve sledovaném období se vyskytly 4 mimořádně vlhké měsíce a to říjen a prosinec roku 1981 a únor a září v roce 1984. Dále se v průběhu období vyskytly 2 mimořádně suché měsíce prosinec 1984 a únor v roce 1982. Nejvíce abnormálních měsíců bylo zaznamenáno v roce 1980, kdy se vyskytl pouze jeden normální měsíc (únor), ostatní měsíce byly abnormální. V průběhu roku 1980 byly 2 měsíce velmi vlhké a velmi suché, 2 měsíce vlhké a 5 měsíců suchých. Přestože se v tomto roce objevilo mnoho měsíců s abnormálním množstvím srážek, porovnáním tohoto ročního srážkového úhrnu s průměrem za sledované období (1980-1988) nebyla zjištěna abnormalita. To plně potvrzuje myšlenky Rožnovského (1999), který tvrdí, že i při výskytu abnormálních měsíčních srážkových úhrnů může být výsledný roční srážkový úhrn normální.




Nejvíce abnormalit bylo dosaženo během měsíce ledna, září a října, kdy pouze v jednom roce se vyskytl měsíční srážkový úhrn, který spadá do intervalu normality.

Tab. 10 Normalita měsíců - období 1980 -1988

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1980	43	121	72	170	48	179	146	70	66	143	73	55	
1981	135	80	74	54	79	156	127	53	158	235	132	203	
1982	123	24	100	91	57	97	79	97	68	63	80	97	
1983	79	129	69	150	102	93	76	72	40	56	94	40	
1984	158	221	49	110	134	87	71	72	205	47	93	22	
1985	64	97	127	155	158	124	101	178	67	37	187	73	
1986	194	46	101	73	115	108	88	183	48	198	46	181	
1987	56	71	132	64	151	143	117	66	157	39	90	100	
1988	47	111	176	35	56	114	93	109	91	81	103	129	

Legenda výplně normality měsíce

	Normální (75-125 % průměru)
	Vlhký (126-150 %)
	Velmi vlhký (151-200 %)
	Mimořádně vlhký (nad 200 %)

	Suchý (50-74 %)
	Velmi suchý (25-49 %)
	Mimořádně suchý (pod 25 %)

Hodnocení normality měsíců v jednotlivých letech v období 2005-2013

Při hodnocení normality jednotlivých měsíců byly zaznamenány v tomto období 4 mimořádně suché měsíce (září 2006, duben 2007, listopad 2011 a březen 2012) a 6 mimořádně vlhkých měsíců (leden 2007, září 2007, listopad 2007, duben 2008, říjen 2009, červen 2013). Nejvíce abnormální se jevil rok 2011, který byl vyhodnocen jako velmi suchý, a rok 2007, který byl velmi vlhký. V roce 2011 byl zaznamenán mimořádně suchý měsíc listopad, ve kterém spadlo pouze 0,1 mm, dále jeden velmi suchý měsíc únor, 6 suchých měsíců (leden, březen, duben, červen, červenec, srpen), velmi vlhký prosinec a vlhký říjen. V roce 2007 byly naměřeny 3 mimořádně vlhké měsíce již zmíněné leden, září a listopad, velmi vlhký březen, vlhký únor a říjen, mimořádně suchý měsíc byl duben, suchý prosinec, ostatní měsíce v tomto roce se vešly do rozmezí normálních měsíců.

Nejvíce abnormální měsíc v průběhu druhého období byl březen, kdy ani v jednom roce nebylo dosaženo rozmezí pro normální měsíc. V březnu se za celé období vyskytovaly 4 suché měsíce, jeden mimořádně suchý, 2 vlhké a 2 velmi vlhké. Ostatní porovnání s průměrem a hodnocení normality měsíců je uvedeno v tabulce 11.

Tab. 11 Hodnocení normality měsíců - období 2005-2013

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
2005	157	193	63	179	99	52	117	98	148	29	105	96	
2006	60	87	180	137	144	101	61	139	17	53	114	58	
2007	219	134	158	10	110	78	92	105	263	138	207	72	
2008	34	60	140	233	88	82	134	70	86	58	141	101	
2009	33	199	138	55	120	144	96	97	68	215	90	94	
2010	72	91	56	95	45	54	151	117	57	58	100	129	
2011	55	28	73	53	115	53	63	61	123	138	0,3	177	
2012	168	56	18	95	76	129	135	130	76	101	67	131	
2013	101	52	74	44	104	207	51	83	60	109	76	42	

Legenda výplně normality měsíce

	Normální (75-125 % průměru)
	Vlhký (126-150 %)
	Velmi vlhký (151-200 %)
	Mimořádně vlhký (nad 200 %)

	Suchý (50-74 %)
	Velmi suchý (25-49 %)
	Mimořádně suchý (pod 25 %)

Porovnání obou období

Při porovnání normality měsíčních srážkových úhrnů vykazovala obě sledovaná období relativně malé odchylky od normálu v měsících květnu (pro období 2005-2013) a červnu (pro období 1980-1988), naopak nejvíce extrémních hodnot bylo zaznamenáno v prvním období v lednu, září a říjnu, naproti tomu ve druhém období v lednu, únoru a březnu. Toto hodnocení dává jisté náznaky přesunu abnormálních měsíců z podzimního období roku na předjarní a jarní měsíce. Ve druhém období

bylo zjištěno více mimořádných suchých a vlhkých měsíců a dochází tak znovu k potvrzení větší extremity v tomto období.

4.1.3 Srážkové charakteristiky - denních srážkových úhrnů

Srážkové charakteristiky za rok

Období 1980-1988

Průměrný počet srážkových dní, ve kterých bylo naměřeno alespoň 0,1 mm srážek pro období 1980-1988 byl 158. Během srážkového dne průměrně spadlo 4,5 mm. Srážkových dní s úhrnem ≥ 10 mm se v tomto sledovaném období průměrně vyskytlo 18 v roce a srážkový úhrn ≥ 20 mm byl zjištěn průměrně 4 dny v roce. Počet srážkových dní během roku klesal se zvyšujícím se srážkovým úhrnem. Pravděpodobnost srážkového dne s úhrnem ≥ 10 mm byla 0,05 a s úhrnem ≥ 20 mm byla 0,01. S vyššími srážkovými úhrny také rostla meziroční variabilita srážkových dní, kdy pro dny s úhrnem ≥ 20 mm, byl variační koeficient 71,13%. Další statistické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 12. Nejvyšší zaznamenaný srážkový úhrn pro toto období byl 70,4 mm 5. 8. 1986.

Tab. 12 Srážkové charakteristiky - rok, období 1980-1988

	Průměr	Min.	Max.	Var. koef.	Pravd.	Průměrný srážk. úhrn
Srážkový den $\geq 0,1$ mm	158	135	179	10,61%	0,43	4,5
Srážkový den ≥ 1 mm	116	102	144	10,58%	0,32	6,0
Počet dní se srážkami 1-5 mm	70	40	93	20,74%	0,19	2,7
Počet dní se srážkami ≥ 10 mm	18	9	22	21,99%	0,05	17,8
Počet dní se srážkami ≥ 20 mm	4	2	12	71,13%	0,01	30,8

Období 2005-2013

Během období 2005-2013 bylo průměrně 196 srážkových dní ($\geq 0,1$ mm). Průměrný srážkový úhrn na jeden srážkový den byl 3,8 mm. Průměrně v tomto období se vyskytlo 21 dní se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm a 5 dní se srážkovým úhrnem ≥ 20 mm. Pravděpodobnost dne se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm byla 0,06 a pro den s množstvím ≥ 20 mm byla 0,01. Nejvyšší variační koeficient 23,55 % byl zjištěn pro dny se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm. Další statistické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 13. Nejvyšší srážkový úhrn se vyskytl 6. 9. 2007 ve výši 75,4 mm.

Tab. 13 Srážkové charakteristiky - rok, období 2005-2013

	Průměr	Min.	Max.	Var. koef.	Pravd.	Průměrný srážk. úhrn
Srážkový den $\geq 0,1$ mm	196	134	232	14,48%	0,54	3,8
Srážkový den ≥ 1 mm	111	76	126	13,32%	0,30	6,4
Počet dní se srážkami 1-5 mm	63	36	75	19,87%	0,17	2,6
Počet dní se srážkami ≥ 10 mm	21	14	30	23,55%	0,06	17,5
Počet dní se srážkami ≥ 20 mm	5	4	8	20,96%	0,01	28,9

Porovnání obou období

Z porovnání obou období vyplývá, že ve druhém období došlo oproti prvnímu k navýšení průměrného počtu srážkových dní (o 38 dní). Tento rozdíl byl způsoben větším počtem dní se srážkovým úhrnem 0,1 – 1 mm. Toto navýšení mohlo být způsobeno rozdílnou metodou měření srážek, kdy v prvním období bylo měření provedeno ombrometrem a ve druhém období se měřily srážky člunkovým srážkoměrem. Na tuto chybu upozorňuje Tolasz (2007) a je popsána v kapitole 1.4.1 (část ombrometr). Průměrný srážkový úhrn na jeden srážkový den je tak ovlivněn, proto pro lepší srovnání je vhodné využít srovnání průměrného množství srážek na srážkový den se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm. Z tohoto srovnání vyplývá, že došlo k nárůstu množství srážek z 6,0 mm/srážkový den na 6,4 mm/srážkový den.

Ve druhém období 2005-2013 dále došlo k úbytku dní se srážkovým úhrnem 1 – 5 mm, který je nejvhodnější pro maximální využití srážek půdou (nejvhodnější pro rostlinou produkci). V tomto období se naopak zvýšil průměrný počet dní se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm a ≥ 20 mm, které jsou spojené s erozní činností na zemědělské půdě. To také pozorují Shongwe a kol. (2009) a uvádějí, že tyto extrémní srážky zhoršují výsledky zemědělských prací v průběhu roku. Během druhého období také došlo oproti prvnímu (1980-1988) k ustálení počtu srážkových dní ≥ 20 mm, kdy variační koeficient udávající meziroční variabilitu klesl ze 71,13 % na 20,96 %. Nejvyšší denní srážkový úhrn v obou obdobích přesáhl hodnotu 70 mm. V prvním období byla zjištěna na hranici 70,4 mm, ve druhém období 75,4 mm.

Počet srážkových dní v průběhu roku se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm

Pro lepší srovnání srážkových dní v průběhu roku mezi jednotlivými obdobími, z důvodu výše zmíněné předpokládané chyby, byl porovnán počet srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm, kdy se již nepředpokládá výrazná chyba v měření srážek.

Období 1980-1988

Nejvíce srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm se vyskytoval během měsíce června a to průměrně ve 13 dnech. Nejméně srážkových dní bylo v říjnu (7 dní). Nejvyšší variabilita ve srážkových dnech byla zaznamenána pro listopad 54,95 %, nejnižší variabilita byla v červnu a to 26,27 %. Nejvyšší průměrný srážkový

úhrn na jeden srážkový den byl v měsíci červenci 8,8 mm/den. Další statistické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 14.

Tab. 14 Srážkový den se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm, období 1980-1988

	Průměr	Min.	Max.	Variační koeficient	Pravděpod.	Průměr. srážkový úhrn
Leden	10	5	16	35,19%	0,32	5,1
Únor	8	2	14	53,31%	0,28	5,0
Březen	10	2	14	38,35%	0,31	4,8
Duben	10	3	17	39,31%	0,34	3,9
Květen	10	6	14	32,46%	0,33	7,2
Červen	13	8	18	26,77%	0,42	6,3
Červenec	12	5	17	29,27%	0,38	8,8
Srpen	11	6	13	24,80%	0,34	7,8
Září	8	5	12	34,97%	0,26	6,0
Říjen	7	3	14	52,48%	0,23	5,7
Listopad	9	5	19	54,95%	0,30	5,1
Prosinec	9	5	16	46,70%	0,30	5,2

Období 2005-2013

V období 2005-2013 se nejvíce srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm průměrně vyskytovalo v červenci a to celkem ve 13 dnech. Nejméně srážkových dní se vyskytlo v říjnu průměrně v 6 dnech. Nejvyšší meziroční variabilita srážkových dní v průběhu celého období byla v dubnu 51,92 %, nejnižší v srpnu 21,25 %. Nejvyšší průměrný srážkový úhrn byl zjištěn pro červen ve výši 9,0 mm/srážkový den.

Tab. 15 Srážkový den se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm, období 2005-2013

	Průměr	Min.	Max.	Variační koeficient	Pravděpod.	Průměr. srážkový úhrn
Leden	10	5	15	40,07%	0,31	4,2
Únor	7	3	12	41,46%	0,27	3,9
Březen	11	3	19	49,16%	0,34	5,5
Duben	8	2	15	51,92%	0,27	5,0
Květen	11	8	17	30,34%	0,36	7,2
Červen	11	8	17	27,72%	0,36	9,0
Červenec	13	8	16	24,26%	0,41	7,9
Srpen	12	9	17	21,25%	0,37	8,5
Září	8	3	15	46,85%	0,25	7,9
Říjen	6	2	10	43,96%	0,20	5,7
Listopad	7	0	12	50,31%	0,25	3,8
Prosinec	8	3	12	38,26%	0,25	4,0

Porovnání období

Při porovnání průměrného počtu srážkových dní došlo k přesunu maximálního počtu srážkových dní z června na červenec, minimální počet dní u obou období byl zjištěn v říjnu. Největší změna byla zaznamenána u měsíce dubna a června, kdy došlo k úbytku počtu srážkových dní (o 2 dni), ale došlo ke zvýšení průměrného srážkového úhrnu. V měsících dubnu a září se při porovnání zvýšila meziroční variabilita o 12,61 % resp. 11,88 %. Průměrný srážkový úhrn na srážkový den se zvýšil pro měsíce březen-říjen (s výjimkou května), naopak pro zimní období (listopad-únor) došlo ke snížení průměrného srážkového úhrnu připadajícího na srážkový den. Nejvyšší nárůst byl zjištěn pro měsíc červen o 2,7 mm/srážkový den. To ukazuje na zvyšující se podíl srážkových událostí s vyšším srážkovým úhrnem ve vegetačním období a naopak snižující se podíl těchto událostí pro mimo vegetační období.

Tolasz a kol. (2007) předpokládá průměrný roční chod srážkových dní ($\geq 0,1$ mm) víceméně dvouvrcholový s hlavním maximem v prosinci a červnu a jedním minimem v lednu. Při porovnání obou období je patrné, že dochází ke splnění pouze jednoho předpokladu a to v počtu dní v červnu. Předpoklad však přestává platit ve druhém období, kdy došlo k posunu maxima srážkových dní na červenec. Rozdíl porovnání v počtu srážkových dní může být dán odlišným chodem srážek mezi povodím Jenínského potoka a srážkoměrnými stanicemi v Praze a Brně, kdy sám autor poukazuje na odlišné srážkové režimy v rámci České republiky.

Počet srážkových dní v průběhu roku se srážkovým úhrnem 1-5 mm

Období 1980 - 1988

Nejvyšší průměrný počet srážkových dní se srážkovým úhrnem v rozmezí 1 - 5 mm pro období 1980-1988 byl zaznamenán v průběhu dubna, kdy dané množství srážek bylo dosaženo průměrně v 8 dnech. Největší meziroční variabilita byla v únoru, kdy variační koeficient byl 85,22 %. Nejstálější počet srážkových dní (s úhrnem 1-5 mm) byl v květnu a červenci (variační koeficient 33,80 % resp. 33,01 %). Další statistické charakteristiky jednotlivých měsíců jsou v tabulce 16.

Období 2005 - 2013

Nejvyšší průměrný počet dní se srážkovým úhrnem v rozmezí 1 - 5 mm byl zjištěn pro leden, ve kterém se průměrně vyskytlo 7 dní s daným úhrnem. Nejméně srážkových dní bylo v září, průměrně 3. Nejvyšší meziroční variabilita byla dosažena v říjnu, kdy byl variační koeficient 68,18 %, nejnižší variabilita srážkových dní byla pro červen 28,26 %. Další statistické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 17.

Tab. 16 Srážkový den se srážkovým úhrnem 1-5 mm, období 1980-1988

	Průměr	Min.	Max.	Var. koef.	Pravděpod.
Leden	6	3	12	41,78%	0,20
Únor	5	1	13	85,22%	0,19
Březen	7	0	11	46,33%	0,23
Duben	8	1	14	50,09%	0,26
Květen	5	3	8	33,80%	0,17
Červen	7	2	11	44,72%	0,24
Červenec	6	3	8	33,01%	0,18
Srpen	5	2	10	40,86%	0,17
Září	4	2	7	37,50%	0,13
Říjen	4	2	8	57,62%	0,13
Listopad	6	2	13	64,84%	0,19
Prosinec	6	1	10	52,64%	0,19

Tab. 17 Srážkový den se srážkovým úhrnem 1-5 mm, období 2005-2013

	Průměr	Min.	Max.	Var. koef.	Pravděpod.
Leden	7	3	14	54,12%	0,24
Únor	5	1	8	40,15%	0,19
Březen	7	1	16	59,01%	0,23
Duben	4	1	8	57,49%	0,15
Květen	6	3	12	46,85%	0,19
Červen	4	3	7	28,26%	0,14
Červenec	6	2	10	42,20%	0,19
Srpen	4	1	9	61,73%	0,14
Září	3	0	7	61,64%	0,11
Říjen	4	0	6	68,18%	0,12
Listopad	6	0	10	56,50%	0,19
Prosinec	5	2	10	48,71%	0,17

Porovnání obou období

Při porovnání počtu srážkových dní se srážkovým úhrnem 1-5 mm došlo mezi oběma obdobími k některým změnám. Nejvyšší pokles průměrného počtu srážkových dní byl zaznamenán v průběhu dubna z 8 srážkových dní na 4 srážkové dni. Podobný pokles ze 7 na 4 srážkové dny byl zjištěn pro červen.

Počet srážkových dní v průběhu roku se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm**Období 1980-1988**

Největší počet dní se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm byl v období květen – srpen, kdy se průměrně vyskytly 3 srážkové dny s daným množstvím srážek. V ostatních měsících to byl průměrně 1 den za měsíc. Nejnižší variabilita byla zjištěna v červenci, tomu také odpovídá variační koeficient 55,93 %. V tabulce 18 jsou některé statistické charakteristiky pro jednotlivé měsíce.

Tab. 18 Srážkový den se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm, období 1980-1988

	Průměr	Min.	Max.	Var. Koef.	Pravděpod.
Leden	1	0	4	114,09%	0,04
Únor	1	0	4	132,29%	0,04
Březen	1	0	2	86,60%	0,03
Duben	1	0	4	179,28%	0,03
Květen	3	1	5	55,72%	0,08
Červen	2	0	6	92,16%	0,07
Červenec	3	1	6	55,93%	0,09
Srpen	3	1	5	59,06%	0,08
Září	1	0	2	68,18%	0,04
Říjen	1	0	3	100,00%	0,03
Listopad	1	0	2	107,14%	0,03
Prosinec	1	0	3	94,87%	0,04

Období 2005-2013

Počtu dní s vyšším úhrnem než 10 mm bylo v tomto období dosaženo nejčastěji v měsících květnu – září. Průměrně 4 dny v měsíci se vyskytl denní srážkový úhrn ≥ 10 mm v červenci a srpnu, 3 dny v květnu a červnu, 2 dny v září a průměrně jeden den v lednu, březnu, dubnu, říjnu a listopadu. Nejstálejší počet dní s tímto srážkovým úhrnem byl v červenci (variační koeficient 40,05 %) a srpnu (variační koeficient 43,12 %).

Tab. 19 Srážkový den se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm, období 2005-2013

	Průměr	Min.	Max.	Var. koef.	Pravděpod.
Leden	1	0	3	118,59%	0,03
Únor	0	0	1	118,59%	0,02
Březen	1	0	4	134,30%	0,04
Duben	1	0	4	92,31%	0,05
Květen	3	1	4	44,23%	0,08
Červen	3	1	9	81,65%	0,10
Červenec	4	2	5	40,05%	0,11
Srpen	4	1	6	43,12%	0,12
Září	2	0	5	89,55%	0,06
Říjen	1	0	2	87,95%	0,03
Listopad	1	0	3	140,52%	0,03
Prosinec	0	0	2	163,46%	0,01

Porovnání obou období

Při srovnání obou období došlo k nárůstu o jeden srážkový den se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm pro období měsíců červen – září, naopak došlo k úbytku průměrného počtu srážkového dne s tímto úhrnem pro únor a prosinec. Pro letní měsíce tedy nejspíše dochází k částečnému zvýšení podílu erozně ohrožujících

srážek a v zimních měsících se objevuje méně přeháněk s vysokými srážkovými úhrny. Na koncentraci dní s vyšším srážkovým úhrnem do posklizňového období upozorňuje Kozlovská (2014) a to z důvodu zvyšujícího se rizika eroze na nezakryté půdě. Na rostoucí nebezpečí výskytu extrémních srážek a vzniku extrémních povrchových odtoků také upozorňují Toman a Pokladníková (2004), kteří poukazují na nutnost správného návrhu protierozních a protipovodňových opatření v povodích, která zabrání odtoku srážek z povodí.

Index H20/H

Období 1980-1988

Za toto období byl průměrný roční součet srážkových úhrnů nad 20 mm ve výši 133,05 mm, průměrný roční úhrn srážek 706,6 mm. To znamená, že pro toto období byl index 18,8 s obodováním 3, tedy střední zastoupení přívalových srážek.

Období 2005-2013

Za období 2005 - 2013 byl průměrný roční součet srážkových úhrnů nad 20 mm ve výši 154,3 mm, průměrný roční úhrn srážek 736,9 mm, index 20,9 s obodováním 4, tedy s mírně vyšším zastoupením přívalových srážek.

Porovnání obou období

Na základě vypočteného indexu H20/H, který indikuje průměrný podíl zastoupení přívalových srážek v ročním srážkovém úhrnu, došlo ve druhém období (2005-2013) k nárůstu podílu o 2,1 oproti prvnímu období (1980-1988) a tento index se dostal z hodnocení středního zastoupení srážek (3) na mírně vyšší zastoupení přívalových srážek (4). To opět potvrzuje, že ve druhém období docházelo k nárůstu dní s vyšším srážkovým úhrnem. Porovnáním jednotlivých měsíců v četnosti srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 20 mm došlo k nárůstu těchto dní v červnu a září částečně také v dubnu, naopak k poklesu srážkových dní s vyšším srážkovým úhrnem opět docházelo v zimních měsících především v únoru a prosinci.

Suché a vlhké periody

Období 1980-1988

V tomto období byla průměrná délka suché periody vypočtena na 4,3 dne, maximální délka byla 44 dní mezi měsíci říjen a listopad v roce 1983. Maximální délka suché periody se pro jednotlivé roky pohybovala v rozmezí 15 až 44 dnů. Vlhká perioda pro toto období byla průměrně 2 dny dlouhá. Maximální trvání vlhkého období bylo dosaženo dvakrát v roce 1985 v měsíci dubnu a prosinci v délce 9 dní.

Období 2005-2013

Pro období 2005-2013 byla průměrná délka suché periody vypočtena na 4,7 dne. Maximální délka suchého období byla 38 dní mezi měsíci říjen, listopad a prosinec v roce 2011. Maximální délka suché periody byla pro každý rok v tomto období v rozmezí 19 až 38 dnů. Trvání vlhké periody pro toto období bylo průměrně 2 dny. Maximální doba vlhkého období v trvání 11 dní byla pozorována v září roku 2011.

Porovnání obou období

Ve druhém období 2005-2013 došlo k prodloužení průměrné suché periody, zároveň v tomto období průměrná délka vlhké periody zůstala na 2 dnech. Maximální délka suché periody byla však zaznamenána v prvním období 44 dnů (1980-1988), ve druhém období to bylo 38 dnů. Maximální délka vlhké periody byla zjištěna ve druhém období v délce 11 dní. Druhé období bylo oproti prvnímu charakterizováno snižujícím se variačním rozpětím v délce maxima suché periody a prodlužující se maximální délkou vlhké periody.

Nejvyšší denní srážkové úhrny

Nejvyšší denní srážkový úhrn byl dosažen v období 2005-2013, kdy bylo 6. 9. 2007 naměřeno 75,4 mm. Pro jednotlivé měsíce byl však naměřen vyšší maximální denní srážkový úhrn většinou během prvního období (1980-1988). Při porovnání maximálních srážkových úhrnů (tabulka 20) pro jednotlivé měsíce bylo dosaženo vyšších hodnot v prvním období pro únor, květen, červen, červenec, srpen, říjen, listopad a prosinec. Téměř totožné nejvyšší srážkové úhrny v obou obdobích byly v lednu, březnu, dubnu, květnu, červnu, říjnu a listopadu.

Tab. 20 Nejvyšší srážkové úhrny

Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Nejvyšší úhrn
1980 1988	32,7	37,2	25,6	17,4	36,6	49,1	54,1	70,4	42,3	29,0	19,8	31,1	70,4
Datum	23.1. 1986	6.2. 1984	2.3. 1987	23.4. 1980	22.5. 1981	21.6. 1986	7.7. 1983	5.8. 1986	16.9. 1984	10.10. 1981	23.11. 1984	18.12. 1986	5.8. 1986
2005 2013	35,4	19,8	28,4	20,4	35,5	45,3	33,1	35,0	75,4	27,8	19,0	16,1	75,4
Datum	20.1. 2005	28.2. 2007	18.3. 2011	29.4. 2008	27.5. 2011	3.6. 2013	3.7. 2008	10.8. 2013	6.9. 2007	9.10. 2009	12.11. 2007	18.12. 2005	6.9. 2007

4.2 Statistické porovnání srážkových úhrnů

V kapitole 4.1 jsou uvedeny některé srážkové charakteristiky, které jsou vzájemně porovnány. V kapitole 4.2 bylo posuzováno, zda mezi oběma obdobími nastaly statisticky významné rozdíly (na hladině $p = 0,05$) ve srážkových úhrnech a srážkových charakteristikách nebo se jednalo o náhodné rozdíly. Ke zjištění

statisticky významných rozdílů byly využity metody dvou výběrového t-testu a Mann-Whitneyova testu. U těchto statistických testů, lze však očekávat malou robustnost a sílu, protože jsou prováděny na malém počtu pozorování.

4.2.1 Roční srážkové úhrny

Při porovnání ročních srážkových úhrnů nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Dvouvýběrový t-test pro nezávislé vzorky neodhalil statistický rozdíl mezi obdobími $p = 0,56$. Porovnáním ročních srážkových úhrnů obou období pomocí metody Mann-Whitneyova testu také nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl na hranici $p=0,05$. Touto metodou byla zjištěna významnost $p = 0,66$.

4.2.2 Měsíční srážkové úhrny

Při porovnání měsíčních srážkových úhrnů obě období nevykazovala statisticky významné rozdíly. U dvou výběrového t-testu nebyla v prosinci dodržena homogenita variancí, proto pro porovnání se využilo Welchovo přibližné t. Nejvíce rozdílné výběry byly měsíční srážkové úhrny podle dvou výběrového t-testu v prosinci $p = 0,19$ a podle Mann-Whitneyova testu v srpnu $p = 0,19$. Za nejvíce shodný měsíc byl oběma testy zjištěn květen, kdy u dvou výběrového t-testu $p = 0,95$ a u Mann-Whitneyova testu $p = 0,93$. Ostatní hodnoty p jsou uvedeny v tabulce 21.

Tab. 21 Statistické testy - měsíční srážkové rozdíly

Měsíc	t-test	Mann-Whitney
	p - value	p - value
Leden	0,74	0,72
Únor	0,66	0,66
Březen	0,36	0,54
Duben	0,89	0,93
Květen	0,95	0,93
Červen	0,27	0,51
Červenec	0,90	0,89
Srpen	0,41	0,19
Září	0,39	0,31
Říjen	0,75	0,96
Listopad	0,28	0,20
Prosinec	0,19*	0,23

*nedodržena homogenita variancí použito Welchovo přibližné t

4.2.3 Srážkové charakteristiky – denních srážkových úhrnů

Srážkové charakteristiky za rok

Porovnáním počtu srážkových dní s určitými charakteristikami během roku byl zjištěn oběma testy statistický rozdíl u srážkového dne (srážkový úhrn $\geq 0,1$ mm). Jak je popsáno výše, tento rozdíl mohl být dán rozdílným způsobem měření srážek. Mann-Whitneyův test našel statistický významný rozdíl také u počtu srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 20 mm ($p = 0,05$), tento rozdíl nebyl však nalezen u dvou výběrového t-testu ($p = 0,37$). Neshodu v hodnocení statistických testů způsobil v prvním období abnormální rok 1986, ve kterém bylo zjištěno 12 dní se srážkovým úhrnem ≥ 20 mm a tak došlo k navýšení průměru za dané období. Z důvodu rozdílů ve variabilitě mezi obdobími se pro hodnocení dvouvýběrového t-testu muselo použít Welchovo přibližné t. Z prostého porovnání vyplývá, že ve druhém období 2005-2013 docházelo ke stálejšímu zastoupení srážek a ke zvýšení počtu dní s vyšším úhrnem (≥ 20 mm) oproti prvnímu období 1980-1988. U ostatních srážkových charakteristik nebyl zjištěn významný rozdíl viz. tabulka 22.

Tab. 22 Výsledky statistických testů - počet srážkových dní, rok

Srážkové charakteristiky	t-test	Mann-Whitney
	p - value	p - value
Srážkový den	0,004	0,01
Počet dní se srážkovým úhrnem > 1 mm	0,43	0,57
Počet dní se srážkovým úhrnem > 10 mm	0,26	0,22
Počet dní se srážkovým úhrnem > 20 mm	0,37*	0,05

* nedodržena homogenita variancí použito Welchovo přibližné t

Počet srážkových dní v průběhu roku se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm

Statistické testy neodhalily statisticky významné rozdíly v počtu srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm. Nejvíce rozdílný v počtu srážkových dní byl měsíc duben a červen, kdy hodnota p byla nejnižší u obou testů (duben dvouvýběrový t-test 0,25 a Mann-Whitney test $p = 0,23$, červen dvouvýběrový t-test $p = 0,26$ a Mann-Whitneyův test $p = 0,20$). Nejstálejší počet dní podle obou metod byl leden (dvouvýběrový t-test $p = 0,90$, Mann-Whitney test $p = 0,89$). Další výsledky statistických testů jsou uvedeny v tabulce 23.

Tab. 23 Výsledky statistických testů - počet srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm

	t-test	Mann-Whitney
	p - value	p - value
Leden	0,90	0,89
Únor	0,85	0,76
Březen	0,65	0,86
Duben	0,25	0,23
Květen	0,63	0,63
Červen	0,26	0,20
Červenec	0,67	0,79
Srpen	0,47	1,00
Září	0,83	0,86
Říjen	0,67	0,79
Listopad	0,49	0,89
Prosinec	0,43	0,60

Počet srážkových dní v průběhu roku se srážkovým úhrnem 1-5 mm

Při statistickém porovnání počtu srážkových dní se srážkovým úhrnem v rozmezí 1-5 mm podle statistického dvouvýběrového t-testu byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi oběma sledovanými obdobími pro měsíc červen ($p = 0,03$). U Mann-Whitneyova testu pro červen byla zjištěna hodnota $p = 0,06$, tedy těsně nad hladinou významnosti. V blízkosti hladiny významnosti $p = 0,05$ se pohybovaly hodnoty také pro duben, kdy u dvouvýběrového t-testu byla zjištěna hodnota $p = 0,06$ a u Mann-Whitneyova testu $p = 0,06$. V červnu a únoru nebyla dodržena pro dvouvýběrový t-test homogenita variancí, proto bylo použito Welchovo přibližné t. Ostatní výsledky statistických testů jsou uvedeny v tabulce 24.

Tab. 24 Výsledky statistických testů – počet srážkových dní se srážkovým úhrnem 1-5 mm

	t-test	Mann-Whitney
	p - value	p - value
Leden	0,54	0,83
Únor	1,00*	0,72
Březen	0,95	0,51
Duben	0,05	0,06
Květen	0,62	0,86
Červen	0,04*	0,06
Červenec	0,91	0,93
Srpen	0,46	0,51
Září	0,36	0,31
Říjen	0,70	0,96
Listopad	1,00	0,69
Prosinec	0,69	0,63

* nedodržena homogenita variancí použito Welchovo přibližné t

Počet srážkových dní v průběhu roku se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm

Porovnáním obou období statistickými testy v počtu srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm nedošlo ke zjištění statisticky významného rozdílu. V únoru nebyla dodržena homogenita variance, proto pro tento měsíc se využilo Welchova přibližného t. Nejmenší podobnost výběrů byla pozorována u prosince ($p = 0,14$ dvouvýběrový t-test, $p = 0,19$ Mann-Whitney test) a srpna ($p = 0,15$ dvouvýběrový t-test, $p = 0,17$ Mann-Whitney test). Nejvyrovnanější počet srážkových dní mezi jednotlivými obdobími byl v květnu ($p = 1,00$ dvouvýběrový t-test, $p = 0,93$ Mann-Whitney test). Ostatní výsledky statistických testů jsou uvedeny v tabulce 25.

Tab. 25 Výsledky statistických testů - počet srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm

	t-test	Mann-Whitney
	p - value	p - value
Leden	0,58	0,72
Únor	0,27*	0,48
Březen	0,72	0,93
Duben	0,32	0,19
Květen	1,00	0,93
Červen	0,48	0,48
Červenec	0,37	0,38
Srpen	0,15	0,17
Září	0,30	0,54
Říjen	0,80	0,96
Listopad	1,00	0,86
Prosinec	0,14	0,19

* nedodržena homogenita variancí použito Welchovo přibližné t

Suché a vlhké periody – roční maxima

Při statistickém porovnání maxim suché a vlhké periody během roku byl zjištěn statistický rozdíl pro vlhkou periodu, kdy bylo dosaženo hladiny významnosti u dvou výběrového t-testu $p = 0,05$ a Mann-Whitneyova testu $p = 0,04$. U suché periody nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi oběma obdobími. Tyto statistické testy tak potvrdily prodlužující se maximální délku po sobě jdoucích dní se srážkovým úhrnem. Toto ukazuje na zhoršující se srážkový režim vůči maximálnímu využití vody půdou a na zvýšené riziko případných povodní z důvodu nasycení vody půdou. Výsledky statistických testů jsou uvedeny v tabulce 26.

Tab. 26 Výsledky statistických testů - roční maxima suché a vlhké periody

	t-test	Mann-Whitney
	p - value	p - value
Suchá perioda - Rok - maximum	0,93	0,57
Mokrá perioda - Rok - maximum	0,05	0,04

Suchá perioda – měsíční maxima

Na základě výsledků statistických testů nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi maximálními suchými periodami v jednotlivých měsících. Nejmenší shoda v maximálních délkách suchých period byla vypočtena pro březen dvouvýběrovým t-testem, kdy byly zjištěny hodnoty $p = 0,17$ a u Mann-Whitneyova testu $p = 0,20$. Porušení homogenity variancí bylo zjištěno v červnu, červenci, září a prosinci. Nejstálejší délka suchých period byla v květnu (dvouvýběrový t-test $p = 0,95$ a Mann-Whitneyův test $p = 0,93$) a srpnu (dvouvýběrový t-test $p = 1,00$ a Mann-Whitneyův test $p = 0,93$). Výsledky statistických testů dalších měsíců jsou uvedeny v tabulce 27.

Tab. 27 Výsledky statistických testů – suché periody, měsíční maxima

	t-test	Mann-Whitney
	p - value	p - value
Leden	0,88	0,86
Únor	0,70	0,51
Březen	0,17	0,20
Duben	0,31	0,33
Květen	0,95	0,93
Červen	0,24*	0,45
Červenec	0,18*	0,35
Srpen	1,00	0,93
Září	0,51*	0,45
Říjen	0,62	0,57
Listopad	0,90	0,76
Prosinec	0,17*	0,54

* nedodržena homogenita variancí použito Welchovo přibližné t

Mokrá perioda - měsíční maxima

Statistické testy při posouzení maximální délky mokré periody v měsíci mezi jednotlivými obdobími neodhalily statisticky významné rozdíly. V dubnu a září došlo k porušení homogenity variancí, proto bylo použito u dvouvýběrového t-testu Welchovo přibližné t. Největší odlišnost mezi jednotlivými obdobími byla zjištěna pro květen (dvouvýběrový t-test $p = 0,07$, Mann-Whitney test $p = 0,10$) a duben (dvouvýběrový t-test $p = 0,11$, Mann-Whitney test $p = 0,17$). Nejmenší změna nastala v listopadu (dvouvýběrový t-test $p = 0,90$, Mann-Whitney test $p = 0,90$). Ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce 28.

Tab. 28 Výsledky statistických testů – mokré periody, měsíční maxima

	t-test	Mann-Whitney
	p - value	p - value
Leden	0,19	0,31
Únor	0,54	0,57
Březen	0,88	0,51
Duben	0,11*	0,17
Květen	0,07	0,10
Červen	0,64	1,00
Červenec	0,48	0,35
Srpen	0,21	0,10
Září	0,43*	0,93
Říjen	0,80	0,63
Listopad	0,90	0,89
Prosinec	0,59	0,54

* nedodržena homogenita variancí použito Welchovo přibližné t

4.3 Hodnocení trendu časové řady

V této kapitole byl u jednotlivých charakteristik posouzen a zjišťován případný trend. Posouzení bylo provedeno pomocí rovnice lineární regrese a Mann-Kendallovu testu. Pro odhad velikosti trendu byla také využita neparametrická Senova metoda, a to pro období 1980-1988 a pro období 2005-2013. Zároveň došlo k posouzení trendu v celém období (1980-2013) a tím ke spojení srážkových úhrnů a charakteristik v delší časové (i když nekontinuální) řadě. Pokud nebylo dosaženo hladiny významnosti ($p = 0,05$), tedy ze statistického hlediska nebyl odhalen trend, byly uvedeny informace o změnách v množství srážek a charakteristik v jednotlivých obdobích v rámci časové řady, pro které bylo dosaženo nejnižší hodnoty významnosti (nejnižší hodnota p).

4.3.1 Roční srážkové úhrny

Roční srážkové úhrny nevykazovaly statisticky významný trend. V období 1980-1988 oběma metodami byl zjištěn nevýznamný růst množství srážek, naopak u období 2005-2013 je možno přepokládat statisticky nevýznamný pokles. Pro celé období (1980-2013) se výsledky použitých metod odlišovaly. Zatímco lineární regrese ukázala na nevýznamné zvýšení ročních srážkových úhrnů, Mann-Kendallův test předpokládal nevýznamný pokles. Zjištěné hladiny významnosti trendu jsou uvedeny v tabulce 29. Nejednoznačnost obou metod a vysoká hladina významnosti ukazují, jak uvádí Paynter a Nachabe (2009), na částečnou stacionaritu ročních srážkových úhrnů, i když je tu určitá nejistota týkající se dalšího vývoje. Doležalová (2013) na srážkoměrných stanicích v blízkosti města Brna také nenachází statisticky

významný trend v období 1981-2010, na většině území byl sledován růst ročních srážkových úhrnů. Tolasz a kol. (2007) uvádí, že delší období nevykazují výraznější trendy. Tendence k poklesu nebo vzestupu srážek je tak patrná pouze v kratších časových úsecích.

Tab. 29 Trend ročních srážkových úhrnů

období	Lineární regrese		Mann-Kendall	
	koef. b_1	p - value	Sen slope	p - value
1980-1988	7,47	0,57	11,62	0,91
2005-2013	-18,17	0,20	-26,34	0,40
celé období	1,04	0,82	-0,48	0,90

4.3.2 Měsíční srážkové úhrny

Při hodnocení trendu měsíčních srážkových úhrnů byly zjištěny některé statisticky významné trendy. Mann-Kendall test odhalil statisticky významný klesající trend ($p = 0,04$) určený pro celé období pro listopad. Senova metoda zjistila velikost trendu na $-1,30$ mm/rok, to znamená, že je srovnatelný s odhadem lineární regrese, kde je velikost regresního koeficientu $b_1 = -1,26$ mm/rok ($p = 0,13$). Další významný trend byl zjištěn pro březen v období 1980-1988 lineární regresí rostoucí trend $4,74$ mm/rok $p = 0,03$, Mann-Kendall test pro toto období zjistil růst srážkového úhrnu s $p = 0,06$ a odhad velikosti růstu podle Senovy metody $5,65$ mm/rok. Pro březen byl také zjištěn statisticky významný trend pro období 2005-2013, který je však na rozdíl od prvního období klesající. Hranice významnosti byla dosažena u Mann-Kendalova testu $p = 0,01$ s odhadovanou velikostí trendu podle Sena $-11,31$ mm/rok. Lineární regresí byl zjištěn pokles regresního koeficientu b_1 $-6,34$ mm/rok s významností $p = 0,10$. Přestože byl pro obě období zjištěn statisticky významný trend při posouzení celkového období tomu tak není a to z důvodu protichůdnosti trendu v období 1980-1988 a 2005-2013. Jednotlivé zjištěné velikosti koeficientů a jejich statistická významnost pro měsíce jsou uvedeny v tabulce 30.

Sledované posuny se ve velké míře shodují s prací Doležalové (2013), která pro srážkoměrné stanice v okolí Brna sledovala klesající trend v období 1981-2010 pro zimní období, pro ostatní období roku zjistila pozitivní rostoucí trend. Částečné rozdíly byly pozorovány v jarním a podzimním období, kdy se nejvíce od tohoto tvrzení odlišovaly měsíce listopad a duben. Tato odlišnost může ukazovat na nestejný chod srážek mezi územím v Čechách a na Moravě. Na rozdíly mezi regiony poukazují například Střeščík a kol. (2014), kteří v zásadě potvrdili výsledky uvedené v tabulce 30, z nichž je patrné, že se liší také průběh jednotlivých měsíců i v rámci téže sezóny. Nejpatrnější růst ve srážkových úhrnech zaznamenávají pro letní měsíce. V jarních měsících byl pozorován pokles, který byl kompenzován růstem

srážek v březnu, takže výsledný jarní pokles byl poměrně malý, což odpovídá výsledkům v tabulce 30.

Tab. 30 Trend měsíčních srážkových úhrnů

	Období 1980-1988				Období 2005-2013				Celé období			
	Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K	
	koef. b_1	p	Sen	p	koef. b_1	p	Sen	p	koef. b_1	p	Sen	p
Leden	-0,82	0,85	-5,70	0,18	-1,57	0,74	3,11	0,72	-0,71	0,62	-1,87	0,31
Únor	-0,34	0,91	1,59	0,91	-4,58	0,08	-3,70	0,18	-0,97	0,31	-0,91	0,39
Březen	4,74	0,03	5,65	0,06	-6,34	0,10	-11,31	0,01	0,71	0,54	0,52	0,72
Duben	-3,86	0,16	-2,99	0,55	-5,32	0,21	-2,53	0,40	-0,99	0,42	-0,80	0,49
Květen	5,45	0,22	7,24	0,55	-2,73	0,36	-4,22	0,28	0,26	0,84	-0,84	0,66
Červen	0,61	0,87	2,78	0,40	10,83	0,13	7,76	0,72	3,34	0,09	2,95	0,13
Červenec	-3,32	0,34	2,27	0,91	-1,36	0,80	0,43	0,91	-0,42	0,78	0,99	0,66
Srpen	6,77	0,23	5,88	0,28	-2,09	0,57	-3,44	0,55	1,73	0,28	2,10	0,32
Září	0,68	0,87	-0,16	0,91	-5,47	0,42	-0,07	0,91	0,81	0,67	0,40	0,84
Říjen	-4,18	0,34	-3,04	0,40	3,01	0,33	1,93	0,55	-0,49	0,70	0,55	0,66
Listopad	0,14	0,96	-0,41	0,91	-3,96	0,10	-4,90	0,06	-1,26	0,13	-1,30	0,04
Prosinec	1,60	0,72	1,52	0,91	1,42	0,49	4,23	0,28	-0,97	0,41	-0,68	0,49

4.3.3 Srážkové charakteristiky – denních srážkových úhrnů

Roční srážkové charakteristiky

V počtu srážkových dní s určitým srážkovým úhrnem nebyl odhalen statisticky významný trend. U počtu srážkových dní s množstvím srážek ≥ 1 mm v období 2005-2013 byla zjištěna hodnota p (pro Mann-Kendal test $p = 0,06$, lineární regrese $p = 0,19$) v blízkosti hladiny významnosti $p = 0,05$, v tomto období byl zjištěn klesající počet dní. V období 1980-1988 obě metody vykazovaly rostoucí počet dní se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm, který však není významný. Pro celé období obě metody ukázaly nevýznamný pokles počtu dní. Snižující se počet dní byl také vypočten pro celé období pro srážkové dny se srážkovým úhrnem 1-5 mm. Obě metody naopak vykazovaly z časové řady celého období růst počtu dní s množstvím srážek ≥ 10 mm a ≥ 20 mm. Větší významnost rostoucího počtu dní byla u srážek s úhrnem ≥ 20 mm (u lineární regrese $p = 0,21$, u Mann-Kendalova testu $p = 0,10$). Toman a Pokladníková (2004) zjistili velikost rostoucího lineárního trendu 0,05 pro četnost výskytu erozně nebezpečných srážek (na základě ombrografického záznamu) na srážkoměrné stanici Velkého Meziříčí mezi léty 1961-2000. Tento lineární trend téměř odpovídá rostoucímu regresnímu koeficientu b_1 pro počet dní se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm v celém období, což souvisí s tím, že denní srážkový úhrn ≥ 10 mm poukazuje zpravidla na erozně nebezpečné události. Z tohoto srovnání vyplývá, že dochází ke zvyšování erozně nebezpečných srážkových událostí. Velikosti regresních

koeficientů pro srážkové charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 31.

Tab. 31 Trend - srážkové charakteristiky, rok

Srážkové charakteristiky	Oddobí	Lineární regrese		Mann-Kendall	
		koef. b_1	p - value	Sen slope	p - value
Srážkový úhrn ≥ 1 mm	1980-1988	1,13	0,51	0,70	0,71
	2005-2013	-2,62	0,19	-1,58	0,06
	celé období	-0,62	0,33	-0,53	0,25
Srážkový úhrn 1-5 mm	1980-1988	1,05	0,61	1,00	0,40
	2005-2013	-1,52	0,38	-1,75	0,45
	celé období	-0,65	0,31	-0,66	0,54
Srážkový úhrn ≥ 10 mm	1980-1988	-0,22	0,71	-0,37	0,71
	2005-2013	-1,00	0,12	-1,20	0,32
	celé období	0,05	0,80	0,04	0,74
Srážkový úhrn ≥ 20 mm	1980-1988	0,30	0,49	0,00	0,90
	2005-2013	0,12	0,46	0,00	0,89
	celé období	0,14	0,21	0,10	0,10

Počet srážkových dní v průběhu roku se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm

V počtu srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm nebyl zjištěn statisticky významný trend v celém období, nejnižší hodnota p byla zjištěna pro duben (lineární regrese s hodnotou $p = 0,14$ a Mann-Kendall s $p = 0,28$). V obou obdobích 1980-1988 a 2005-2013 byl zjištěn statisticky významný trend vždy pouze jednou metodou pro měsíc srpen (pro období 1980-1988 lineární regrese velikost trendu 0,70 dní/rok s $p = 0,03$, pro období 2005-2013 Mann-Kendal test s $p = 0,02$ velikost trendu podle Senovy metody -1,00 dní/rok). Obě období však měla opačný trend, proto pak pro celé období nebyl zjištěn statisticky významný trend. Další výsledky jsou uvedeny v tabulce 32.

Tab. 32 Trend pro počet dní se srážkovým úhrnem ≥ 1 mm

	Období 1980-1988				Období 2005-2013				Celé období			
	Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K	
	koef. b_1	p	Sen	p	koef. b_1	p	Sen	p	koef. b_1	p	Sen	p
Leden	-0,58	0,21	-1,00	0,08	0,20	0,72	0,54	0,14	-0,07	0,70	-0,11	0,68
Únor	0,72	0,20	1,25	0,21	-0,38	0,37	-0,17	0,70	0,01	0,94	0,00	0,87
Březen	0,57	0,26	0,83	0,17	-0,77	0,29	-1,50	0,21	0,06	0,78	0,10	0,77
Duben	-0,37	0,52	0,00	1,00	-0,33	0,57	-0,79	0,80	-0,28	0,14	-0,28	0,28
Květen	0,43	0,35	0,58	0,45	-0,03	0,94	0,00	0,79	0,11	0,46	0,00	0,67
Červen	-0,08	0,86	0,00	1,00	0,32	0,45	0,27	0,53	-0,12	0,43	0,00	0,68
Červenec	-0,03	0,95	0,42	0,26	-0,58	0,15	-0,63	0,38	-0,02	0,89	0,11	0,68
Srpen	0,70	0,03	0,29	0,28	-0,57	0,07	-1,00	0,02	0,09	0,44	0,00	0,47
Září	-0,03	0,93	0,00	0,90	-0,32	0,53	0,55	0,38	-0,07	0,63	0,00	0,77
Říjen	-0,50	0,32	-0,20	1,00	0,50	0,18	0,25	0,62	-0,06	0,71	0,09	0,62
Listopad	0,10	0,89	0,00	0,89	-0,88	0,06	-0,83	0,18	-0,22	0,28	-0,21	0,43
Prosinec	0,22	0,73	-0,31	0,71	0,23	0,58	0,71	0,38	-0,07	0,71	-0,11	0,62

Počet srážkových dní v průběhu roku se srážkovým úhrnem 1-5 mm

Metodami pro odhalení trendu byl zjištěn statisticky významný posun pro celé období (lineární regrese $p = 0,02$, Mann-Kendall test $p = 0,04$) v počtu srážkových dní se srážkovým úhrnem 1-5 mm pro červen, kdy parametrickou i neparametrickou metodou byla zjištěna velikost klesajícího trendu $-0,27$ dní/rok. V období 1980-1988 byl zjištěn statisticky významný trend ($-0,59$ dní/rok) pro leden metodou Mann-Kendallova testu s $p = 0,05$. Během období 2005-2013 lineární regrese odhalila významný klesající trend ($-0,62$ dní/rok) s hodnotou $p = 0,04$ pro měsíc červenec. Pro další měsíce nebyl nalezen statisticky významný trend, výsledky testů jsou uvedeny v tabulce 33.

Tab. 33 Trend pro počet dní se srážkovým úhrnem 1-5 mm

	Období 1980-1988				Období 2005-2013				Celé období			
	Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K	
	koef. b_1	p	Sen	p	koef. b_1	p	Sen	p	koef. b_1	p	Sen	p
Leden	-0,55	0,11	-0,59	0,05	0,18	0,75	0,00	0,89	0,04	0,81	0,00	0,67
Únor	0,98	0,10	1,67	0,08	-0,02	0,96	0,00	1,00	0,12	0,47	0,11	0,48
Březen	0,28	0,55	0,21	0,70	-0,55	0,34	-0,75	0,17	-0,04	0,81	-0,12	0,48
Duben	-0,12	0,83	0,20	0,80	0,20	0,58	-0,10	0,80	-0,26	0,11	-0,25	0,24
Květen	0,07	0,80	0,24	0,61	0,13	0,73	-0,17	0,80	0,07	0,51	0,00	1,00
Červen	-0,17	0,71	-0,17	1,00	-0,17	0,32	-0,23	0,12	-0,27	0,02	-0,27	0,04
Červenec	0,07	0,80	0,00	0,80	-0,62	0,04	-0,75	0,08	-0,06	0,56	0,00	0,53
Srpen	0,23	0,44	0,08	0,61	-0,30	0,43	-0,37	0,61	-0,08	0,47	-0,08	0,43
Září	-0,03	0,88	-0,10	0,70	0,03	0,91	0,25	0,71	-0,07	0,43	-0,11	0,27
Říjen	0,03	0,92	0,00	0,80	0,30	0,39	0,00	1,00	0,00	0,97	0,00	0,77
Listopad	0,10	0,85	0,42	0,71	-0,77	0,06	-0,67	0,25	-0,08	0,60	0,00	0,83
Prosinec	0,15	0,73	0,07	1,00	0,05	0,89	0,17	0,90	-0,02	0,87	-0,09	0,59

Počet srážkových dní v průběhu roku se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm

Metodami pro odhalení trendu v počtu srážkových dní se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm nebyl zjištěn žádný statisticky významný trend pro časovou řadu celého období. Částečně lze pozorovat rostoucí počet dní se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm pro červen, červenec a srpen, naopak pokles dnů s tímto úhrnem srážek v měsíci lednu a únoru, kdy hodnoty p byly nejnižší (viz tabulka 34). Jediný statisticky významný trend byl pozorován v květnu v období 2005-2013, kdy byl zjištěn lineární regresí klesající trend $-0,30$ dní/rok s hodnotou $p = 0,03$.

Tyto výsledky potvrdily zjištěný trend v počtu srážkových dní ≥ 10 mm v období 1961-2013 uvedený v práci Kozlovské (2014), který byl pozorován na několika srážkoměrných stanicích v České republice. Vzestupný trend se vyskytoval především v březnu, červenci a září, naopak klesající trend byl sledován pro listopad

a říjen. Obecně tedy docházelo ke zvyšování počtu dní s vyšším úhrnem pro vegetační období a naopak k poklesu pro mimo vegetační období, ale rozložení trendu do jednotlivých měsíců bylo odlišné.

Tab. 34 Trend pro počet dní se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm

	Období 1980-1988				Období 2005-2013				Celé období			
	Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K	
	koef. b_1	p	Sen	p	koef. b_1	p	Sen	p	koef. b_1	p	Sen	p
Leden	-0,18	0,34	-0,40	0,09	-0,05	0,74	0,00	1,00	-0,06	0,32	0,00	0,19
Únor	-0,18	0,31	-0,07	0,27	-0,08	0,24	0,00	0,55	-0,08	0,09	0,00	0,22
Březen	0,18	0,10	0,18	0,29	-0,30	0,17	-0,55	0,06	0,00	0,95	0,00	0,73
Duben	-0,15	0,44	0,00	0,74	-0,17	0,37	0,00	1,00	0,02	0,80	0,00	0,29
Květen	0,25	0,19	0,08	0,42	-0,30	0,03	-0,37	0,06	-0,01	0,92	0,00	0,55
Červen	0,13	0,65	0,33	0,31	0,43	0,19	0,00	1,00	0,14	0,19	0,14	0,11
Červenec	-0,17	0,46	0,08	0,70	-0,08	0,68	0,00	1,00	0,02	0,73	0,08	0,22
Srpen	0,00	1,00	0,00	0,80	-0,10	0,66	-0,27	0,71	0,08	0,28	0,11	0,11
Září	-0,03	0,78	0,00	0,69	-0,27	0,25	0,00	1,00	0,02	0,77	0,00	1,00
Říjen	-0,12	0,40	-0,10	0,51	0,00	1,00	0,00	0,50	-0,02	0,57	0,00	0,79
Listopad	0,03	0,78	0,00	1,00	-0,13	0,38	-0,23	0,18	-0,01	0,78	0,00	0,48
Prosinec	0,02	0,91	0,00	1,00	0,05	0,63	0,00	0,32	-0,05	0,28	0,00	0,32

Suché a vlhké periody – roční maxima

Při zjištění trendu u maximálních ročních suchých a vlhkých period nebyl odhalen žádný statisticky významný trend. Větší sklon k trendu měla mokrá perioda, kdy pro celé období byla vypočtena hladina významnosti nejnižší, u lineární regrese $p = 0,19$ a $p = 0,18$ u Mann-Kendallově testu. Celé období (1980-2013) se projevvalo rostoucí maximální délkou periody, přestože v jednotlivých obdobích byl u mokré periody zjištěn spíše sklon k poklesu. Toto lze vysvětlit statisticky významným rozdílem při porovnání obou období, které bylo zjištěno v kapitole 4.2.3. U suché periody byl sklon k rostoucímu trendu, který je však nevýrazný. Jednotlivé hodnoty trendu jsou uvedeny v tabulce 35.

Tab. 35 Trend ročních maximálních suchých a mokřých period

Srážkové charakteristiky	období	Lineární regrese		Mann-Kendall	
		koef. b_1	p - value	Sen slope	p - value
Suchá perioda maximum	1980-1988	0,48	0,72	0,52	0,91
	2005-2013	0,55	0,49	0,42	0,91
	celé období	0,10	0,78	0,25	0,43
Mokrá perioda maximum	1980-1988	-0,02	0,92	0,00	1,00
	2005-2013	-0,18	0,42	-0,18	0,37
	celé období	0,10	0,19	0,08	0,18

Suchá perioda – měsíční maxima

Statisticky významný trend pro maximální suché periody nebyl objeven, největší posun v délce suchého období v celém studovaném období 1980-2013 byl pozorován v březnu a dubnu, kdy březen měl sklon k nevýznamnému poklesu maximální délky suché periody a naopak duben k prodloužení délky. Další vypočtené koeficienty s jejich významností jsou uvedeny v tabulce 36.

Tab. 36 Trend maximálních měsíčních suchých period

	Období 1980-1988				Období 2005-2013				Celé období			
	Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K	
	koef. b_1	p	Sen	p	koef. b_1	p	Sen	p	koef. b_1	p	Sen	p
Leden	-0,23	0,66	-0,33	0,90	0,52	0,49	-0,13	1,00	0,06	0,77	0,00	1,00
Únor	-0,78	0,18	-1,45	0,18	0,23	0,70	0,14	0,90	-0,13	0,50	-0,10	0,53
Březen	0,15	0,88	0,13	1,00	0,30	0,57	0,34	0,80	-0,27	0,33	-0,23	0,38
Duben	0,33	0,53	0,33	0,71	-0,17	0,82	-1,45	0,45	0,21	0,33	0,25	0,34
Květen	0,42	0,36	-0,10	0,70	-0,15	0,78	-0,46	0,45	0,04	0,79	0,00	0,83
Červen	0,02	0,90	0,00	0,80	-0,13	0,76	-0,40	0,80	0,10	0,37	0,00	0,50
Červenec	-0,28	0,29	-0,50	0,08	0,32	0,62	0,00	1,00	0,20	0,23	0,00	0,84
Srpen	-0,82	0,09	0,00	0,80	0,40	0,44	0,31	0,31	-0,05	0,76	0,00	0,80
Září	0,32	0,65	0,88	0,21	0,12	0,69	0,00	1,00	-0,05	0,79	0,00	0,84
Říjen	0,22	0,81	0,37	0,91	-1,28	0,08	-1,00	0,45	-0,01	0,97	0,00	1,00
Listopad	-0,02	0,99	-0,04	0,91	0,67	0,54	0,00	1,00	0,04	0,89	-0,16	0,65
Prosinec	-0,03	0,86	0,00	0,80	-0,03	0,97	0,00	1,00	0,23	0,24	0,00	0,90

Mokrý perioda – měsíční maxima

Pro celé období nebyl odhalen statistický významný trend. K nejvýraznějšímu poklesu došlo u maximální délky mokré periody v březnu (Mann-Kendall test $p = 0,22$) a dubnu (lineární regrese $p = 0,10$ a Mann-Kendall test $p = 0,20$), naopak nevýznamný růst délky vykazoval srpen (Mann-Kendall test $p = 0,23$) a květen (lineární trend $p = 0,22$). Během období 1980-1988 nedošlo ke statistickému významnému trendu. V období 2005-2013 bylo dosaženo statisticky významného klesajícího trendu u lineární regrese v květnu ($p = 0,04$) a červenci ($p = 0,01$), u Mann-Kendallově testu v březnu ($p = 0,02$). Další výsledky zjištěných lineárních koeficientů a jejich významností jsou uvedeny v tabulce 37.

Tab. 37 Trend maximálních měsíčních mokrých period

	Období 1980-1988				Období 2005-2013				Celé období			
	Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K		Lin. regrese		M-K	
	koef. b ₁	p	Sen	p	koef. b ₁	p	Sen	p	koef. b ₁	p	Sen	p
Leden	-0,20	0,39	-0,50	0,10	0,25	0,51	0,62	0,18	0,13	0,23	0,00	0,83
Únor	0,20	0,36	0,42	0,30	0,02	0,93	0,00	1,00	-0,01	0,88	0,00	1,00
Březen	0,05	0,73	0,00	1,00	-0,37	0,15	-0,73	0,02	-0,05	0,49	-0,09	0,22
Duben	-0,05	0,88	0,00	0,90	-0,15	0,32	-0,10	0,61	-0,15	0,10	-0,10	0,20
Květen	0,25	0,15	0,31	0,44	-0,45	0,04	-0,37	0,16	0,10	0,22	0,00	0,50
Červen	-0,12	0,41	-0,08	0,61	0,32	0,20	0,33	0,10	0,05	0,44	0,00	0,44
Červenec	-0,43	0,07	-0,29	0,37	-0,37	0,01	-0,40	0,06	-0,05	0,48	0,00	0,93
Srpen	-0,05	0,76	0,00	1,00	-0,03	0,81	0,00	1,00	0,05	0,38	0,00	0,23
Září	0,05	0,62	0,00	0,69	-0,27	0,50	0,00	0,90	0,04	0,69	0,00	0,93
Říjen	-0,13	0,57	0,00	1,00	0,05	0,87	0,00	0,89	0,01	0,92	0,00	0,37
Listopad	-0,10	0,61	0,00	0,69	-0,33	0,25	-0,25	0,25	-0,06	0,45	0,00	0,49
Prosinec	0,23	0,38	0,00	1,00	0,15	0,48	0,10	0,61	0,01	0,90	0,00	0,49

4.4 Popis prostorových rozdílů mezi srážkoměry

Částečný prostorový vztah mezi srážkoměry v Jeníně a Dolním Dvořišti byl zjištěn z dostupných překrývajících se dat pro tuto práci v období 2005-2013. Data srážkoměrné stanice Dolní Dvořiště byla pro srovnání převážně převzata z Dolnodvořišťského zpravodaje, pro rok 2006 byly k dispozici denní údaje z Českého hydrometeorologického ústavu. Data, která byla převzata z Dolnodvořišťského zpravodaje, pravidelně uváděl Jaroslav Bulant. Jedná se o údaje, které naměřil pozorovatel dobrovolné stanice Českého hydrometeorologického ústavu Viktor Jakubenko, tyto hodnoty nebyly zkontrolovány Českým hydrometeorologickým ústavem. Pro základní obrysy prostorových rozdílů mezi stanicemi by měly být dostačující.

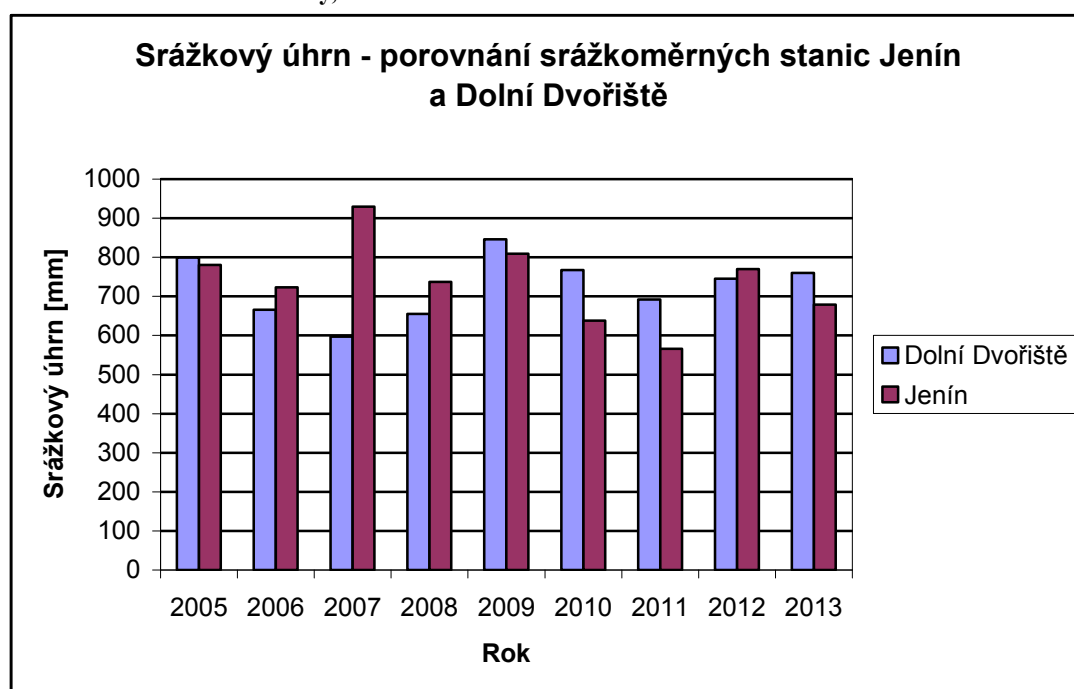
4.4.1 Statistické charakteristiky

Při porovnání statistických charakteristik ročních srážkových úhrnů bylo dosaženo většího průměru v Jeníně o 11,6 mm. Tento rozdíl může být částečně připsán rozdílné nadmořské výšce. V Jeníně bylo dosaženo minimálního i maximálního ročního srážkového úhrnu, variační rozpětí bylo o 114,0 mm větší než u srážkoměrné stanice Dolní Dvořiště. U Jenína se vyskytovala větší meziroční variabilita v ročních srážkových úhrnech. Statistické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 38. Zobrazení ročních srážkových úhrnů na srážkoměrech Jenín a Dolní Dvořiště v jednotlivých letech je uvedeno v grafu 5.

Tab. 38 Statistické charakteristiky ročních srážkových úhrnů, Jenín a Dolní Dvořiště

	Jenín	Dolní Dvořiště
Průměr	736,9 mm	725,3 mm
Směrodatná odchylka	104,8 mm	78,6 mm
Medián	736,9 mm	745,2 mm
Minimum	566,1 mm	597,1 mm
Maximum	929,4 mm	846,4 mm
Variační rozpětí	363,3 mm	249,3 mm
Dolní kvartil	679,2 mm	665,8 mm
Horní kvartil	780,7 mm	767,0 mm
Variační koeficient	14,22%	10,84%

Graf 5 Roční srážkové úhrny, Jenín a Dolní Dvořiště



4.4.2 Rozdíly v ročních srážkových úhrnech

Rozdíl ročních srážkových úhrnů byl porovnán v celém druhém období 2005 – 2013. Porovnání ročních srážkových úhrnů je uvedeno v následující tabulce 39 (vyšší srážka je označena modře). Z této tabulky jsou patrné výrazné rozdíly ve srážkových úhrnech v jednotlivých letech mezi srážkoměrnou stanicí v Jeníně a Dolním Dvořišti. Největší rozdíl v ročním srážkovém úhrnu 332,3 mm byl v roce 2007, kdy větší srážkový úhrn (929,4 mm) byl zaznamenán v Jeníně. Naopak v roce 2010 byl naměřen vyšší úhrn o 129,4 mm na srážkoměrné stanici Dolní Dvořiště (roční úhrn 846,4 mm). Nejmenší rozdíl 18,6 mm ve srážkovém úhrnu byl zjištěn v roce 2005, vyšší úhrn byl dosažen na stanici Dolní Dvořiště (799,3 mm). Při tomto srovnání je patrné, že i na malé vzdálenosti může být dosaženo výrazných rozdílů. Tyto rozdíly mohou být způsobeny konfigurací terénu, kdy v okolí srážkoměrné stanice Jenín se

nachází kopcovitá krajina a vývoj jednotlivých událostí může být odlišný především u konvekční oblačnosti. Pro zjištění a vysvětlení těchto rozdílů by bylo vhodné znát směr větru a postup jednotlivých srážkových událostí. Při srovnání ročních srážkových úhrnů bylo dosaženo vždy vyšších rozdílů než při porovnání průměru za celé období. To znamená, že dochází k postupnému dorovnání množství ročních srážek mezi srážkoměrnými stanicemi (Jenín a Dolní Dvořiště), i když u jednotlivých ročních srážkových úhrnů bylo v některých letech dosaženo i výrazných rozdílů.

Tab. 39 Roční srážkové úhrny 2005-2013, stanice Jenín a Dolní Dvořiště

Rok	Jenín	Dolní Dvořiště	Rozdíl (Jenín - Dolní Dvořiště)
2005	780,7	799,3	-18,6
2006	722,9	665,8	57,1
2007	929,4	597,1	332,3
2008	736,9	655,3	81,6
2009	809,2	846,4	-37,2
2010	637,6	767,0	-129,4
2011	566,1	691,8	-125,7
2012	770,1	745,2	24,9
2013	679,2	760,0	-80,8

Prax a kol. (2010) pozorovali a porovnávali roční srážkové úhrny a maximální intenzitu srážek v okolí města Brna na 17 srážkoměrných stanicích v okruhu cca 7 km v jednotlivých letech, na kterých dochází k různému prostorovému vztahu. Maximální rozdíl v ročním srážkovém úhrnu mezi stanicemi byl zaznamenán v roce 2006 a to 315,7 mm podobně jako mezi srážkoměrnými stanicemi Jenín a Dolní Dvořiště v roce 2007. Analýza naměřených maximálních intenzit srážek ve studii Prax a kol. (2010) ve stejné srážkoměrné síti naznačila také odlišné hodnoty mezi srážkoměrnými stanicemi v průběhu let. Tyto údaje ukazují, že dochází ke značným rozdílům v ročních srážkách na relativně malých území a prostorové rozdíly se zvětšují s rostoucím ročním srážkovým úhrnem, což je potvrzení myšlenky ze studie Augustine a kol. (2010). Navrátil (2014) také pozoroval prostorové rozdíly mezi srážkoměrnými stanicemi na okraji města Vsetín (vzdálenost zhruba 2,5 km), které však nedosahovaly takových rozdílů jako předchozí uvedené případy, maximální rozdíl byl zde zaznamenán 59,8 mm. To ukazuje na snižující se rozdíly v ročních srážkových úhrnech s kratší vzdáleností, snižující se nadmořskou výškou a výškovým převýšením mezi srážkoměrnými stanicemi. Přestože na malém území jsou sledované variabilní prostorové rozdíly, Prax a kol. (2010) ve své práci zjistili čtyři shluky stanic s podobnými charakteristikami množství srážkových úhrnů. Pro objevení území s podobnými charakteristikami na zájmovém území povodí

Jenínského potoka by bylo nutné vybudovat podobně velkou rozsáhlou experimentální síť srážkoměrů jako v uvedeném příkladě, která by byla sice náročná na investiční a provozní náklady, ale mohla by lépe popsat prostorové rozdíly ve srážkových úhrnech.

Při porovnání prostorových rozdílů a rozdílů ve srážkových úhrnech mezi jednotlivými roky (časová variabilita) na území povodí Jenínského potoka se objevily větší meziroční rozdíly než rozdíly u prostorového rozložení srážkových úhrnů. Dochází tak k potvrzení myšlenky Augustine a kol. (2010), že do vzdálenosti 8 km je dosahováno větší meziroční variability než variability prostorových rozdílů. Ale i tak se objevily prostorové rozdíly, které byly větší než rozdíly mezi jednotlivými roky. Prostorové rozdíly ve srážkových úhrnech jsou tak závislé na meziroční variabilitě na jednotlivých stanicích a jejich vysvětlení bude možné, až dojde k pochopení velmi složité časové variability srážek.

4.4.3 Statistické porovnání srážkových úhrnů

Roční srážkové úhrny a jejich výběry byly také otestovány statistickými testy, které nezjistily na hladině významnosti ($p = 0,05$) statistický významný rozdíl mezi stanicemi, rozdíly jsou způsobeny pouze přirozenou variabilitou. Dvouvýběrový t-test s výsledkem $p = 0,79$, Mann-Whitneyův test s $p = 0,86$.

4.4.4 Prostorový vztah srážkoměrných stanic

Vztah mezi stanicemi byl zjištěn na základě výpočtu Pearsonova korelačního koeficientu. Pearsonův korelační koeficient pro obě srážkoměrné stanice byl $r = -0,18$ (s hodnotou $p = 0,65$), to znamená, že mezi stanicemi a jejich ročním srážkovým úhrnem nebyl zjištěn žádný výraznější vztah.

4.4.5 Rozdíly v měsíčních srážkových úhrnech

Porovnání měsíčních srážkových úhrnů mohlo být provedeno z důvodu dostupnosti dat pro tuto práci pro roky 2006 (údaje od Českého hydrometeorologického ústavu) 2008, 2009 a 2010 (údaje zjištěny z Dolnodvořišťských zpravodajů 2011-2014 od Viktora Jakuběnka provozovatele srážkoměrné stanice Dolní Dvořiště).

Měsíční srážkové úhrny srážkoměrných stanic Jenín a Dolní Dvořiště pro roky 2006, 2008, 2009 a 2010 jsou uvedeny v tabulce 40 (vyšší úhrny jsou vyznačeny modře). Při porovnání měsíčních rozdílů byly znovu zaznamenány různé hodnoty a nedocházelo během sledovaných let k žádné stálé distribuci srážek v prostoru. K nejvyššímu rozdílu mezi srážkoměrnými stanicemi došlo v květnu roku 2010, kdy rozdíl byl 90,5 mm.

Kulczycki (2011) studoval časo-prostorové rozložení srážek za rok 2009 v experimentální síti v okolí města Olomouce, výsledky porovnání distribuce srážek v jednotlivých měsících ukázaly na nerovnoměrné rozložení srážek v prostoru, tedy docházelo k odlišným rozdílům mezi srážkoměrnými stanicemi. Nejvyšší rozdíl byl zaznamenán v červnu ve výši 79,0 mm, u ostatních měsíců dochází k podobným rozdílům jako u sledovaných srážkoměrných stanic v blízkosti Jenínského potoka.

Tab. 40 Měsíční srážkové úhrny, stanice Jenín a Dolní Dvořiště

Rok	Srážkoměrná stanice	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2006	Jenín	29,6	28,6	98,7	60,7	109,5	105,1	61,4	138,5	11,7	20,6	38,2	20,3
	Dolní Dvořiště	41,6	25,5	83,8	43,5	83,0	107,9	71,6	140,0	27,0	9,3	20,7	12,3
2008	Jenín	16,9	19,6	76,6	103,2	67,1	85,5	135,3	69,1	58,5	22,7	47,1	35,3
	Dolní Dvořiště	18,9	22,6	46,4	90,2	67,1	72,2	116,5	61,7	60,7	18,1	45,6	35,3
2009	Jenín	16,3	65,3	75,4	24,3	91,7	149,9	97,3	96,4	46,0	83,7	30,1	32,8
	Dolní Dvořiště	20,5	72,2	69,4	18,7	89,2	169,0	116,0	96,6	44,0	85,0	29,4	36,6
2010	Jenín	35,4	29,7	30,7	42,3	34,3	56,5	153,2	115,9	38,6	22,5	33,4	45,1
	Dolní Dvořiště	46,0	25,7	37,5	56,9	124,8	84,9	154,5	101,6	36,5	22,0	31,9	44,7

4.4.6 Rozdíly v denních srážkových úhrnech

Srovnání denních srážkových úhrnů mezi stanicemi Jenín a Dolní Dvořiště byl proveden pro rok 2006, kdy byly k dispozici údaje o denních srážkových úhrnech. V tabulce 41 byly porovnány nejvyšší srážkové úhrny dosažené v jednotlivých měsících. Větší rozdíly denních srážkových úhrnů byly zaznamenány během letních měsíců, kdy vyšší srážkové úhrny byly naměřeny v Dolním Dvořišti.

Tab. 41 Nejvyšší měsíční srážkové úhrny, Jenín a Dolní Dvořiště

	Jenín	datum	Dolní Dvořiště	datum
I	15,7	3.1.	18,0	2.1.
II	7,5	9.2.	6,2	7.2.
III	20,9	28.3.	23,5	28.3.
IV	10,8	10.4.	8,8	10.4.
V	26,3	26.5.	20,0	16.5.
VI	45,4	29.6.	54,0	29.6.
VII	15,0	28.7.	24,0	7.7.
VIII	21,8	3.8.	34,0	6.8.
IX	5,2	18.9.	14,2	19.9.
X	12,4	29.10.	4,6	29.10.
XI	10,6	12.11.	4,6	12.11.
XII	6,2	9.12.	5,3	9.12.

Rozdíly v denních srážkových úhrnech

Rozdíly byly pozorovány tehdy, pokud alespoň na jedné srážkoměrné stanici byl zaznamenán srážkový úhrn. Četnost jednotlivých rozpětí rozdílů mezi stanicemi je

uvedena v tabulce 42. Nejvyšší rozdíl 19,5 mm ve srážkovém úhrnu byl zaznamenán 7. července 2006, kdy na srážkoměrné stanici Dolní Dvořiště byl naměřen srážkový úhrn 24,0 mm, zatímco na stanici Jenín pouze 4,5 mm.

Nejvíce rozdílů v množství denních srážek ≥ 10 mm bylo zaznamenáno v červenci, celkem 5. V rozmezí 5-10 mm byly nalezeny 3 rozdíly pro měsíce červen a srpen. Kromě letních měsíců, u kterých se předpokládají konvekční srážky s větší prostorovou variabilitou srážkových úhrnů, byly zjištěny také výrazné rozdíly v denních srážkových úhrnech mezi stanicemi v lednu, říjnu a listopadu. Pro objevení důvodu a potvrzení dlouhodobosti těchto rozdílů by bylo potřeba delší doba sledování.

Prax a kol. (2010) sledovali srážkové úhrny na 17 srážkoměrných stanicích na menším území v okolí Brna, kdy největší prostorové rozdíly v denních srážkových úhrnech byly pozorovány pro letní měsíce, nejvíce také pro červenec. U podzimních měsíců byly zaznamenány menší rozdíly ve srážkových úhrnech. Svoboda a kol. (2014) ve studii také došli k závěru, že při meziroční variabilitě mezi stanicemi je rovnoměrnější rozložení srážek na podzim a v zimě než na jaře a v létě. To je dáno hlavně tím, že srážky v zimním období vznikají především na čelní straně tlakové níže, zatímco v létě se jedná o srážky převážně konvektivní. Zároveň Svoboda a kol. (2014) uvádí, že podobnost srážkových úhrnů mezi stanicemi klesá ze zvyšující se nadmořskou výškou. To by mohlo částečně vysvětlit rozdíly v poměrně velkých odlišnostech srážkových úhrnů v zimním období zjištěných porovnáním obou srážkoměrných stanic Jenín a Dolní Dvořiště, protože se jedná již o podhůří Šumavy a může zde být rozdílné utváření srážkového režimu. Mohlo také dojít k chybě při měření srážek.

Tab. 42 Rozdíly v denních srážkových úhrnech

Rozdíl srážkových úhrnů [den]	0-0,99 mm	1-4,99 mm	5-9,99 mm	≥ 10 mm
leden	3	3	2	1
únor	14	4	0	0
březen	12	11	0	0
duben	10	10	0	0
květen	9	4	2	2
červen	4	7	3	0
červenec	6	9	0	5
srpen	13	9	3	1
září	8	2	0	1
říjen	8	2	1	0
listopad	15	3	1	0
prosinec	8	3	0	0

5 Závěr

Tato práce se zabývala analýzou časové řady srážek pro území experimentálního povodí Jenínského potoka porovnáním srážkových úhrnů pro dvě období 1980-1988 a 2005-2013. Obě období měla průměrný roční srážkový úhrn v rozmezích, která jsou uvedena v klimatologických vymezeních pro studované území. Druhé období (2005-2013) mělo mírně vyšší průměr a větší rozpětí ročních srážkových úhrnů. Celkově se druhé období chovalo více variabilně, tedy bylo dosahováno větších rozdílů ve spadlém množství srážek. Srovnání ročního chodu srážek v měsíčních srážkových úhrnech ukázalo na navýšení srážek během letních měsíců. Největší nárůst byl zaznamenán v červnu, naopak ke snížení měsíčního srážkového úhrnu došlo během zimních měsíců, největší pokles nastal v prosinci. Při porovnání meziroční variability byl zjištěn největší rozdíl v dubnu (zvýšení variačního koeficientu). Během druhého období bylo také dosaženo více abnormálních měsíčních hodnot srážkového úhrnu. Z dalšího srovnání srážkových charakteristik vyplývá, že ve druhém období (2005-2013) docházelo k poklesu srážkových dní a počtu dní se srážkovým úhrnem 1-5 mm, které jsou příznivější pro využití vody půdou, tedy pro rostlinou produkci. Zároveň byl zaznamenán ve vegetačním období také větší počet dní se srážkovým úhrnem ≥ 10 mm a ≥ 20 mm, které způsobují erozní činnost a přívalové srážky. Ve druhém období docházelo k prodlužování průměrné délky suché periody, průměrná délka vlhké periody byla stejná jako v prvním období. Ve druhém období byla však zaznamenána prodlužující se maximální délka vlhké periody a větší meziroční variabilita těchto period. Tyto výsledky ukazují na zhoršování srážkového režimu s dopadem především pro zemědělskou činnost, kdy při porovnání docházelo ke zvyšování událostí nežádoucích pro zemědělské obhospodařování. Nejvíce nepříznivé změny byly zaznamenány během dubna a června. Při posouzení výsledků statistickými testy však většinou nebyly prokázány statisticky významné rozdíly. Pouze v jednom případě alespoň jedním statistickým testem byly objeveny statisticky významné rozdíly pro počet dní se srážkovým úhrnem ≥ 20 mm během roku, který potvrzuje, že ve druhém období docházelo ke zvýšení počtu dní s vyššími srážkovými úhrny. Zároveň bylo potvrzeno, že v tomto období během měsíce června došlo ke změně počtu dní se srážkovým úhrnem 1-5 mm. Ve druhém období byla potvrzena i prodlužující se maximální délka vlhkých period.

Hodnocení trendu pro celé období (sloučené 1980-1988 a 2005-2013) ukázalo několik statisticky významných trendů. Jednak byl zjištěn klesající trend v měsíčních

srážkových úhrnech pro listopad (Mann-Kendal test) a zároveň i klesající trend pro počet dní se srážkami 1-5 mm pro měsíc červen (obě použité metody zjistily statisticky významný trend). I když bylo zjištěno několik statisticky významných trendů v jednotlivých obdobích, v hodnocení celého období nebyl potvrzen žádný trend, protože tyto jednotlivé trendy byly opačného směru.

Z hodnocení rozdílů obou období různými metodami vyplývá, že došlo ke změně srážkového režimu nejvíce pro měsíc duben, červen, září, listopad a prosinec. U měsíců vegetačního období byl ve druhém období (2005-2013) zaznamenán nárůst srážkových úhrnů a zvýšení počtu dní s vyšším množstvím spadlých srážek, zároveň také docházelo ke zvyšování a prodlužování suché periody. V listopadu a prosinci bylo naopak zjištěno snížení počtu dní s vyšším množstvím srážek, prodlužování suché periody bylo téměř nezatelné. Tyto změny mohou mít nepříznivý dopad na zemědělskou činnost. V zájmovém území povodí Jenínského potoka bylo v minulosti provedeno zatravnění, které zlepšilo retenční a retardační schopnosti krajiny při srážko-odtokovém vztahu a omezilo zvyšující se riziko erozní činnosti v území a další negativní projevy spojené se změnou časové distribuce srážek. Předchozí závěry o změně srážkového režimu v území však mohou být nepřesné, protože došlo k porovnání poměrně krátkého období. Více vypovídající by bylo hodnocení variability srážek v průběhu delšího časového období. Pro potvrzení či vyvrácení změny srážkového režimu je nutné pokračovat v měření srážkového úhrnu v delší časové řadě, aby i jednotlivé statistické metody měly větší vypovídající schopnost.

Při porovnání srážkových rozdílů v období 2005-2013 mezi srážkoměrnými stanicemi Jenín a Dolní Dvořiště byly zjištěny poměrně značné rozdíly ve všech sledovaných intervalech. Tyto rozdíly neměly stejný směr ani velikost. Z toho vyplývá, že srážkové úhrny jsou značně variabilní a nedá se předpovědět ani na malé vzdálenosti přesné rozložení srážek a použití jednoho srážkoměru může být i na takto relativně malém území zavádějící nejvíce pro hydrologické činnosti. Rozdíly ve srážkových úhrnech mohou být způsobeny poměrně členitým a kopcovitým územím. Zároveň může být srážkový režim ovlivněn blízkostí pohoří Šumavy a Novohradských hor. Výše uvedené faktory mohou mít vliv na rozdílné vytváření konvekčních srážek, které jsou známy výraznými srážkovými rozdíly na malých vzdálenostech. Pro bližší vysvětlení rozdílů by bylo vhodné pokračovat ve sledování těchto hodnot se zaměřením na posouzení směru větru během jednotlivých srážkových událostí, případně ověřit údaje uváděné v Dolnodvořištském zpravodaji. To by pak mohlo přinést lepší pochopení časoprostorové distribuce srážek na jednotlivých srážkoměrných stanicích v blízkosti Jenínského potoka.

6 Seznam použité literatury

1. Augustine D. J. (2010): Spatial versus temporal variation in precipitation in a semiarid ecosystem. *Landscape ecology*, 25 : 913-925
2. Astapenko P. D., Kopáček J. (1987): Jaké bude počasí?. Praha, Lidové nakladatelství. 304 s.
3. Baigorria G. A., Jones J. W., O'Brien J. J. (2007): Understanding rainfall spatial variability in southeast USA at different timescales. *International journal of climatology*, 27: 749-760.
4. Bedient P. B., Huber W. C. (1988): Hydrology and Floodplain Analysis. Reading, Addison-Wesley Publishing Company. 649 s. ISBN: 0-201-12056-9
5. Bednář J. (2003): Meteorologie. Praha, Portál. 224 s. ISBN: 80-7178-653-5.
6. Ben-Gai T., Bitan A., Manes A., Alpert P., Rubin S. (1998): Spatial and temporal changes in rainfall frequency distribution patterns in Israel. *Theoretical and applied climatology*, 61: 177-190
7. Blocken B., Carmeliet J., Poesen J. (2005): Numerical simulation of the wind-driven rainfall distribution over small-scale topography in space and time. *Journal of hydrology*, 315: 252-573.
8. Brázdil R., Štekl J. (1986): Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR. Brno, Univerzita J.E. Purkyně – přírodovědecká fakulta. 298 s.
9. Brutsaert W. (2005): Hydrology: An introduction. New York, Cambridge University Press. 605 s. ISBN: 0-521-82479-6.
10. Burton A., Kilsby C.G., Fowler H.J., Cowpertwait P.S.P., O'Connell P.E. (2008): RainSim: A spatial-temporal stochastic rainfall modelling system. *Environmental modeling and software*, 23: 1356-1369.
11. Ceballos A., Martinez-Fernández J. (2004): Analysis of rainfall trends and dry periods on a pluviometric gradient representative of Mediterranean climate in the Duero Basin, Spain. *Journal of arid environments*, 58: 215-233.
12. Daňhelka J. (2007): Operativní hydrologie: Hydrologické modely a nejistota předpovědí. Praha, Český hydrometeorologický ústav. 104 s. ISBN: 978-80-86690-48-3.

13. Doležalová M. (2013): Srážkové poměry města Brna. [Disertační práce]. Brno. Masarykova univerzita. Přírodovědecká fakulta. Geografický ústav. Dostupné na: is.muni.cz/th/63586/prif_d/Dizertace_text_Dolezelova.pdf. Staženo dne: 27.8. 2014.
14. Dub O., Němec J. (1969): Hydrologie. Praha, SNTL - Nakladatelství technické literatury. 378 s.
15. Goodrich D. C., Faurés J-M., Woolhiser D.A. (1995): Measurement and analysis of small-scale convective storm rainfall variability. *Journal of hydrology*, 173: 283-308.
16. Gulma U. L. (2013): An analysis of temporal rainfall variability in Argungu area over the last half climatic year (1995-2012): Implication on rainfed crop production. *Academic journal of interdisciplinary studies*, 2: 117-122.
17. Habib E., Krajewski W. F., Ciach G. J. (2001): Estimation of rainfall interstation correlation. *Journal of hydrometeorology*, 2: 621-629.
18. Hanousek J., Charamza P. (1992): Moderní metody zpracování dat – matematická statistika pro každého. Praha, Grada. 210 s. ISBN: 80-85623-31-5.
19. Havlíček V., Bureš R., Coufal V., Klabzuba J., Kurfürst J., Špánik F., Kožnarová V. (1986): Agrometeorologie. Praha, Státní zemědělské nakladatelství. 264 s.
20. Huff F. A., Neil J. C. (1957): Rainfall relations on small areas in Illinois. Department of registration and education Bulletin 44, Urbana. 61 s. Dostupné na: <http://www.isws.uiuc.edu/pubdoc/B/ISWSB-44.pdf>. Staženo 1.7. 2014
21. Cheng S.-J., Hsied H.-H., Wang Y.-M. (2007): Geostatistical interpolation of space-time rainfall on Tamshui River basin, Taiwan. *Hydrological processes*, 21: 3136-3145.
22. Jeniffer K., Su Z., Woldai T., Maathuis B. (2010): Estimation of spatial-temporal rainfall distribution using remote sensing techniques: A case study of Makanya catchment, Tanzania. *International journal of applied Earth observation and geinformation*, 12: 90-99.
23. Karas P., Zárybnická A., Míková T. (2007): Skoro jasno – průvodce televizní předpovědi počasí. Praha, Česká televize, Edice ČT. 206 s. ISBN:978-80-85005-78-3.

24. Kemel M. (2000): *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Praha, ČVUT. 289 s. ISBN: 80-01-01456-8.
25. Kešner B. (1986): *Agrometeorologie*. Praha, Vysoká škola zemědělská Praha. 272 s.
26. Kliment Z., Kadlec J., Vysloužilová B. (2008): Erozní ohrožení a jeho změny v povodí Opavy po soutok s Moravicí. In: Langhammer J. (ed.): *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. Praha, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, s. 159 - 168
27. Kömüscü A. Ü. (2010): Homogeneity analysis of long-term monthly precipitation data of Turkey. *Fresenius environmental bulettin*, 19: 1220-1230.
28. Kopáček J., Bednář J. (2005): *Jak vzniká počasí*. Praha, Karolinum. 226 s. ISBN: 80-246-1002-7.
29. Kozlovská S., Toman F., Habr V. (2012): Analýza rozložení denních srážkových úhrnů v průběhu roku ve stanici Velké Meziříčí. In: Rožnovský J., Vláhové poměry krajiny: sborník recenzovaných příspěvků z mezinárodní konference: Mikulov 4. - 5. dubna 2012. 1. vyd. Praha: Česká bioklimatologická společnost v nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, 2012. ISBN: 978-80-86690-78-0.
30. Kozlovská S. (2014): Analýza srážkových řad z hlediska vlivu srážek na vodní erozi. [Disertační práce]. Brno, 155 s. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie. Dostupné na: http://theses.cz/id/hrbnxe/zaverecna_prace.pdf. Staženo dne: 31. 1. 2015
31. Krešl J. (2001): *Hydrologie*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 128 s. ISBN: 80-7157-513-5.
32. Kříž V., Jičínský K., Kněžek M., Kolář M., Kolář V., Mrkva M., Sochorec R. (1988): *Hydrometrie*. Praha, Státní pedagogické nakladatelství, n.p. 176 s.
33. Kulczycki M., (2011): Příspěvek ke studiu městského a příměstského klimatu města Olomouce (atmosférické srážky). [Bakalářská práce]. Olomouc, 39 s. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra Geografie. Dostupné na http://geography.upol.cz/soubory/studium/bp/2011-geo/2011_Kulczycki.pdf. Staženo 10.1. 2013.

34. Lee J.-J., Kwon H.-H., Kim T.-W. (2012): Spatio-temporal analysis of extreme precipitation regimes across South Korea and its application to regionalization. *Journal of hydro-environment research*, 6: 101-110.
35. Litschmannová M. (2011): Úvod do statistiky. VŠB-TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ostrava. 370 s. Dostupné na: http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/uvod_do_statistiky.pdf. Staženo dne: 23.11.2014.
36. Liu M., Bárdossy A., Zehe E. (2013): Interaction of valleys and circulation patterns (CPs) on spatial precipitation patterns in southern Germany. *Hydrology and Earth system sciences*, 17: 4685-4699.
37. Maidment D. R. (ed.) (1993): Handbook of Hydrology. New York, McGraw-Hill. 1424 s. ISBN 00-703-9732-5.
38. Mrkvička T., Petrášková V. (2006): Úvod do statistiky. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta. 146 s. ISBN 80-7040-894-4.
39. Munzar J., Krška K., Nedelka M., Pejml K. (1989): Malý průvodce meteorologií. Praha, Mladá fronta. 247 s.
40. Navrátil B. (2014): Počasí a podnebí Vsetína. [Rigorozní práce]. Olomouc, 162 s. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra Geografie. Dostupné na : http://geography.upol.cz/soubory/studium/rp/2014_Navratil.pdf. Staženo dne: 30.1. 2015.
41. Ngongondo C., Xu Ch.-Y., Gottschalk L., Alemaw B. (2011) Evaluation of spatial and temporal of rainfall in Malawi: a case of data scarce region. *Theoretical application climatology*, 106: 79-93.
42. Nypl V. (1986): Hydrologie, Meteorologie, Pedologie II. Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury. 96 s.
43. Paynter S., Nachabe M. (2009): Regional scale spatio-temporal consistency of precipitation variables related to water resource management and planning. *Meteorological applications*, 16: 413-423.
44. Pedersen L., Jensen N.E., Christensen L.E., Madsen H. (2010): Quantification of the spatial variability of rainfall based on a dense network of rain gauges. *Atmospheric research*, 95: 441-454.

45. Prax P., Rožnovský J., Palát M., a kolektiv (2010): Extrémní srážkové scénáře pro rizikovou analýzu posouzení ekonomicky únosného a ekologicky šetrného návrhu stokových sítí. Výzkumná zpráva GA ČR 103/07/0676. Dostupné na: http://ga0676.uvho.fce.vutbr.cz/vysledky/VZ_2010.pdf. Staženo 26.1.2013.
46. Quitt E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Brno, Geografický ústav ČSAV. 73 s.
47. Ramos M.C. (2001): Rainfall distribution patterns and their change over time in a Mediterranean area. *Theoretical and applied klimatology*, 69: 163-170.
48. Reinhartová J. (1989): Zhodnocení časové homogenity dlouholetých řad srážkoměrných pozorování na několika stanicích v Čechách. *Meteorologické zprávy*, 42: 82-85.
49. Rossel F., Garbrecht J. (1999): Variability characteristic of monthly precipitation in Central Oklahoma. *Journal of the American water resources association*, 35: 1455-1461.
50. Rožnovský J. (1999): Klimatologie. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 146 s. ISBN 80-715-7419-8.
51. Sápůžniková S. A. (1952): Mikroklima místní klima. Praha, Nakladatelství Brázda. 260 s.
52. Seifert V. (1987): Rozumíme počasí ?. Praha, ARTIA. 191 s.
53. Shah S.M.S., O'Connell P.E., Hosking J.R.M. (1996): Modelling the effects of spatial variability in rainfall on catchment response. 1. Formulation and calibration of a stochastic rainfall field model. *Journal of hydrology*, 175: 67-88.
54. Shahid S., Khairulmaini O. S. (2009): Spatio-temporal variability of rainfall over Bangladesh during the time period 1969-2003. *Asia-Pacific journal of atmospheric sciences*, 45: 375-389.
55. Shongwe M.E., van Oldenborgh G. J., van den Hurk B., de Boer B., Coelho C. A. S., van Aalst M. K. (2009): Projected changes in mean and extreme precipitation in Africa under global warming. Part I: Southern Africa. *Journal of climate*, 22: 3819-3837.
56. Smolík L., Stružka V. (1959): Inženýrská meteorologie a klimatologie. Praha, Státní nakladatelství technické literatury. 297 s.

57. Starostová M. (1994): Změny v ročním chodu měsíčních úhrnů v oblasti Jižních Čech. *Meteorologické zprávy*, 47: 41-47.
58. Stevens M. R., Dupree J. A., Kuzmiak J. M. (2008): Temporal and spatial variations in precipitation, streamflow, suspended-sediment loads and yields, and land-condition trend analysis at the U.S. Army Piñon Canyon Maneuver Site, Las Animas County, Colorado, 1983 through 2007: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008–5111. 47 s.
59. Střeščík J., Rožnovský J., Štěpánek P., Zahradníček P. (2014): Změna ročních a sezonních srážkových úhrnů v České republice v letech 1961-2012. In: Rožnovský J., Litschmann T., Středa T., Středová H. (eds): Extrémy oběhu vody v krajině. Mikulov, 8.-9.4.2014. ISBN 978-80-87577-30-1. Dostupné na: <http://www.cbks.cz/sbornikMikulov14/Strestik.pdf>. Staženo dne: 3.2.2015
60. Svoboda V., Máca P., Hanel M., Pech P. (2014): Spatial correlation structure of monthly rainfall at a mesoscale region of north-eastern Bohemia. *Theoretical and applied climatology*: 1-17
61. Škopek V. (1996): Problematika vodního hospodářství v komplexních pozemkových úpravách. In: Sborn. Inženýrské problémy vodního hospodářství v komplexních pozemkových úpravách, sborník referátů z 1. odborného semináře 11. dubna 1996. Neuměřice, Centrum pro zemědělské soustavy, s. 21-27.
62. Tian D. (1993): Rainfall spatial and seasonal variability analysis in semi-arid watersheds. The University of Arizona. 113 s.
63. Tlapák V., Šálek J., Legát V. (1992): Voda v zemědělské krajině. Praha, Zemědělské nakladatelství Brázda. 320 s. ISBN 80-209-0232-5.
64. Tolasz R., Brázdil R., Bulíř O., Dobrovolný P., Dubrovský M., a kol. (2007): Atlas podnebí Česka. ČHMÚ a Univerzita Palackého v Olomouci, Praha-Olomouc, 255 s. ISBN: 978-80-86690-26-1.
65. Toman F., Pokladníková H. (2004): Analýzy historických dešťových řad z hlediska ochrany půdy před erozí. In: Rožnovský J., Litschman T. (ed): Seminář „Extrémy počasí a podnebí“, Brno, 11. března 2004, ISBN 80-86690-12-1. Dostupné na: <http://www.cbks.cz/sbornik04/prispevky/TomanPokladnikova.pdf>. Staženo dne: 6.2. 2015.
66. Trabert V. (1910): Meteorologie a klimatologie. Praha, J. Otto. 168 s.

67. Uhlíř P. (1961): Meteorologie a klimatologie v zemědělství. Praha, Státní zemědělské nakladatelství. 402 s.
68. Vinnikov K. Ya., Groisman P. Ya., Lugina K. M. (1990): Empirical data on contemporary global climate changes (temperature and precipitation). *Journal of climate*, 3: 662-667.
69. Vysoudil M. (1997): Meteorologie a klimatologie pro geografu. Olomouc, Vydavatelství Univerzity Palackého. 232 s.
70. Yang T., Shao Q., Hao Z.-Ch., Chen X., Zhang Z., Xu Ch.-Y., Sun L. (2010): Regional frequency analysis and spatio-temporal pattern characterization of rainfall extremes in the Pearl River Basin, China. *Journal of hydrology*, 380: 386-405.

Legislativa:

Vyhláška č. 327/1998 Sb., o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotkách a postupu pro jejich vedení a aktualizaci. [online]. 2014. [cit. 2014-11-10]. Dostupné na:

<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=327~2F1998&rpp=15#seznam>. Staženo dne: 10.11. 2014.

Internetové zdroje:

Česká geologická služba. [online]. 2014. [cit. 2014-11-10]. Geologická mapa 1:50 000. Dostupné na: http://mapy.geology.cz/geocr_50/. Staženo dne: 10.11. 2014.

Dolnodvořištský zpravodaj, Dolní Dvořiště – oficiální web obce. [online]. 2014. [cit. 2014-11-23]. Dolnodvořištský zpravodaj. Dostupné na: <http://www.dolnidvoriste.cz/dolnodvoristsky-zpravodaj/ds-1013/p1=2211>. Staženo dne: 23.11. 2014.

Geografický ústav – Přírodovědecká fakulta MU [online].2013.[cit. 2013-01-16]Víceúrovňová analýza městského a příměstského klimatu na příkladu středně velkých měst. Dostupné na: <http://geogr.muni.cz/klima-mesta>. Staženo 16.1. 2013

Hydroekologický informační systém VÚV TGM – výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. [online]. 2014. [cit. 2014-11-09]. Vodní hospodářství a ochrana vod. Dostupné na: http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=MAPWND_MAIN. Staženo dne: 9.11. 2014.

Národní geoportál INSPIRE [online]. 2014. [cit. 2014-11-09]. Geoportal. Dostupné na: <http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>. Staženo dne: 9.11. 2014.

WMS Server

Geoportál ČUZK – přístup k mapovým produktům a službám resortu [online]. 2015. [cit. 2015-02-18]. Prohlížečské služby – WMS- úvod. Dostupné na:

http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM25_PUB/WMSservice.aspx a

http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM200_PUB/WMSservice.aspx. Staženo dne:

18.2. 2015