

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Analýza výskytu a úhrnů srážek na vybraném území

Bakalářská práce

Autor práce Blanka Hromádková

Obor studia Živočišná produkce

Vedoucí práce Dr. Ing. Martin Možný

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Analýza výskytu a úhrnů srážek na vybraném území" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17. 7. 2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce Dr. Ing. Martinu Možnému za jeho pomoc, rady, připomínky a za poskytnutí dat z Českého meteorologického ústavu. Dále bych chtěla poděkovat Jaroslavu Najbertovi za jazykovou korekturu a v neposlední řadě celé své rodině za motivaci.

Analýza výskytu a úhrnů srážek na vybraném území

Souhrn

Úvodní část bakalářské práce obsahuje rešerši odborné literatury k problematice srážkových úhrnů, jejich nedostatku a předpokládanému budoucímu vývoji. Dále se zabývá vlivem srážek na zemědělskou, především rostlinou, produkci a rozebírá změny v zemědělství, které bude potřeba v následujících letech provést a které souvisí se schopností reagovat na změny klimatu na území České republiky.

Druhá část práce obsahuje analýzu srážkových úhrnů ve vegetačním období let 1961–2018 na 30 vybraných stanicích ve středních a východních Čechách. Největší pozornost byla věnována rokům s výskytem sucha a extrémního sucha, vymezeným podle Standardizovaného srážkového indexu (SPI). Na základě analýzy bylo zjištěno, že v posledních letech nedošlo k poklesu celkového množství srážek, ale srážky spíše stagnovaly. Začaly se ale častěji střídát roky s většími kladnými i zápornými odchylkami srážek od normálu. K těmto výkyvům docházelo u většího počtu stanic, nešlo tedy o lokální změny, jako tomu bylo v dřívějších letech. Nejsuššími byly na zkoumaném území vzestupně roky 2018, 1982, 2003, 1976, 1992, 1990 a 2015, z nichž v posledních třech se minimálně sucho vyskytovalo na všech stanicích.

Zjištěné výsledky jsou v souladu s dalšími pracemi uvedenými v rešerši. Míra intenzity sucha v jednotlivých letech závisí na rozloze sledovaného území a použitých metodách pro hodnocení sucha, které se mezi sebou liší. Metody hodnotící sucho na základě bilance srážek a výparu mají mírně odlišné výsledky než metody hodnotící pouze srážky.

Tato práce detailněji analyzovala srážkové poměry středních a východních Čech v letech 1961-2018. Získané poznatky bude možné využít při návrhu adaptačních opatření, reagujících na probíhající změnu klimatu v zemědělství v zájmové oblasti.

Klíčová slova: klima, srážky, sucho, zemědělství

Analysis of frequency and total precipitation in selected area

Summary

The introductory part of the bachelor's thesis contains a search of professional literature on the issue of precipitation totals, their deficiency and the expected future development. It also deals with the impact of precipitation on agricultural, especially arable, production and describes changes in agriculture, which will need to be implemented in the coming years and which are related to the problem of ability to respond to climate change in the Czech Republic.

The second part of the thesis contains an analysis of precipitation totals in the vegetation period of 1961–2018 at 30 selected stations in Central and Eastern Bohemia. The greatest attention was paid to the years with the occurrence of drought and extreme drought, defined according to the Standardized Precipitation Index (SPI). Based on the analysis, it was found that in recent years there has been no decrease in the total amount of precipitation, but rather precipitation has stagnated. However, more often annual alternating larger positive and negative deviations of precipitation from normal were detected. These fluctuations occurred at a larger number of stations, so they were not local changes, as was the case in previous years. The driest years in the study area were in ascending order 2018, 1982, 2003, 1976, 1992, 1990 and 2015. In the last three cases there was at least a drought at all stations.

The ascertained results are in accordance with other findings mentioned in the research. The degree of drought intensity in individual years depends on the size of the monitored area and the methods used for assessing drought which differ from each other. Methods for assessing drought based on the balance of precipitation and evaporation have slightly different results from methods for assessing only precipitation.

This thesis analysed in depth the precipitation conditions of Central and Eastern Bohemia in the period of 1961-2018. The extracted findings can be used in order to design the measures responding to the ongoing climate change in agriculture in the monitored area.

Keywords: climate, precipitation, drought, agriculture

Obsah

1 Úvod	9
2 Cíl práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Terminologie	11
3.1.1 Srážky	11
3.1.2 Srážkový úhrn	11
3.1.3 Srážkový stín	11
3.1.4 Srážkový normál	11
3.1.5 Srážkový průměr	11
3.1.6 Sucho	11
3.1.7 Vegetační období	12
3.1.8 Standardizovaný srážkový index	12
3.1.9 Standardizovaný srážkový evapotranspirační index	12
3.2 Měření srážek	12
3.2.1 Princip měření	13
3.2.2 Historie měření srážek v ČR	13
3.3 Průměrný úhrn srážek v České republice	14
3.3.1 Průměrný roční úhrn srážek v ČR	14
3.3.1.1 Oblasti s menším množstvím srážek	14
3.3.1.2 Oblasti s větším výskytem srážek	15
3.3.1.3 Střední a východní Čechy	15
3.3.2 Průměrný měsíční úhrn srážek v ČR	15
3.3.2.1 Leden	15
3.3.2.2 Únor	15
3.3.2.3 Březen	16
3.3.2.4 Duben	16
3.3.2.5 Květen	16
3.3.2.6 Červen	16
3.3.2.7 Červenec	16
3.3.2.8 Srpen	17
3.3.2.9 Září	17
3.3.2.10 Říjen	17
3.3.2.11 Listopad	17

3.3.2.12	Prosinec	18
3.3.3	Průměrný úhrn srážek v ČR ve vegetačním období	18
3.3.3.1	Střední a východní Čechy.....	18
3.4	Významně suché roky v ČR od roku 1960.....	19
3.4.1	Rok 1992.....	19
3.4.2	Rok 2000.....	19
3.4.3	Rok 2003.....	20
3.4.4	Rok 2007.....	20
3.5	Srážky a zemědělství	20
3.5.1	Rostliny a sucho.....	20
3.5.2	Dopady zemědělského sucha	21
3.5.2.1	Dopady sucha na půdu.....	22
3.6	Budoucnost vývoje klimatu	22
3.6.1	Vliv sucha na zemědělství	23
4	Metodika	25
5	Výsledky	26
5.1	Střední Čechy	26
5.1.1	Desná	26
5.1.2	Semčice.....	27
5.1.3	Brandýs nad Labem	27
5.1.4	Lány	27
5.1.5	Praha–Ruzyně	27
5.1.6	Praha–Karlovy	28
5.1.7	Praha–Libuš	28
5.1.8	Ondřejov	28
5.1.9	Příbram.....	28
5.1.10	Nedrahovice	29
5.1.11	Košetice	29
5.1.12	Havlíčkův Brod.....	29
5.2	Východní Čechy.....	29
5.2.1	Labská bouda	30
5.2.2	Luční bouda	30
5.2.3	Pec pod Sněžkou	30
5.2.4	Vrchlabí	31
5.2.5	Broumov	31
5.2.6	Polom.....	31
5.2.7	Deštné v Orlických horách	31
5.2.8	Hradec Králové – Svobodné Dvory.....	32
5.2.9	Hradec Králové – Nový Hradec Králové.....	32

5.2.10	Rychnov nad Kněžnou.....	32
5.2.11	Rokytnice v Orlických horách	32
5.2.12	Poděbrady	33
5.2.13	Mokošín	33
5.2.14	Pardubice	33
5.2.15	Ústí nad Orlicí.....	33
5.2.16	Chotusice	34
5.2.17	Seč.....	34
5.2.18	Svratouch	34
6	Diskuse	35
6.1	Průměrné množství srážek.....	35
6.2	Suché roky	35
6.3	Změny v srážkových úhrnech	36
7	Závěr	37
8	Literatura.....	38
9	Samostatné přílohy	I–XVI

1 Úvod

Atmosférické srážky jsou v České republice, ve které se nachází hlavní evropské rozvodí, nejdůležitějším zdrojem vody. Spoluutváří životní prostředí, a jsou důležité i pro jednotlivé hospodářské sektory, zejména pro primární sektor, kam spadá například zemědělství, lesnictví a vodní hospodářství. Jejich extrémní nedostatek i nadbytek vede k ekonomickým ztrátám. Přemíra srážek může vést ke vzniku povodní, které způsobují škody na majetku či ztráty lidských životů. Dlouhodobá nouze o srážky vytváří období sucha, které mají negativní dopady na zemědělskou výrobu, komplikují hospodaření a zásobování vodou, zapříčiňují ztráty v lesnictví atd. Proto je důležité znát rozložení srážek v prostoru i čase pro různé profesní obory (Tolasz et al. 2007).

Díky vzájemnému působení geografie našeho státu, cirkulace atmosféry a vzniku fyzikálních procesů má Česko charakteristickou časovou a prostorovou proměnlivost. V letním období (duben–září) se nejčastěji tvoří kupovitá až bouřková oblačnost pomocí proudění vzduchu směrem od povrchu země nahoru. Srážky jsou silné a trvají krátce. Zato v zimě (říjen–březen) se často jedná o dlouhotrvající srážky, které nejsou tak intenzivní. Je to v důsledku pohybu tlakových níží a systémem front s vrstevnatou oblačností. Individuální množství srážek spadlé za určitou dobu se může na dané ploše lišit. Závisí to na rozložení tlakových výší a níží, jejich velikosti a směru pohybu. Záleží i na tvaru zemského povrchu, kde se celkový úhrn srážek zvyšuje s nadmořskou výškou, a zda se jedná o závětrnou (méně srážek) či návětrnou (více srážek) stranu svahu (Tolasz et al. 2007).

V uplynulých letech se proměnlivost srážek stává předmětem zvýšené odborného i veřejného zájmu v souvislosti s probíhajícími klimatickými změnami. Vznikají různé modely predikující, jak se bude klima a společně s ním i srážky vyvíjet. Politici budou nuceni na aktuální situaci i predikce reagovat, a bude to stát hodně peněz. Proto je potřebné vycházet z pečlivé analýzy dat o dosavadním vývoji, aby se na jedné straně činila zodpovědná rozhodnutí, na druhé straně, aby se předcházelo mediální panice a aktuální výkyvy se nezaměňovaly za trendy apod. Proto se tato bakalářská práce na téma Analýza výskytu a úhrnů srážek zaměřuje na vliv srážkových sum na zemědělskou produkci, budoucí vývoj srážkových úhrnů a změny v zemědělství s tím související, a nahlédnutí na průběh srážek v rámci vegetačního období let 1961–2018 s větší pozorností věnovanou extrémně suchých roků. Protože na změnu klimatu se musí nejen zemědělský sektor připravovat postupně v řádu let.

2 Cíl práce

Tato práce měla více cílů. Prvním cílem bylo prostudovat odbornou literaturu a seznámit čtenáře blíže s problematikou týkající se měření srážek na území České republiky, jejich průměrnými ročními, měsíčními úhrny a úhrny v rámci vegetačního období za posledních 60 let. Zaměřila jsem se přitom na oblast středních a východních Čech. Větší pozornost byla věnována rokům s nedostatkem srážkových úhrnů. Dále měla tato bakalářská práce tematizovat vliv změn srážkových sum na zemědělskou produkci a poukázat na případné vývojové trendy ve změně klimatu, na které bude muset nejen zemědělský sektor reagovat.

Druhý cíl zahrnoval analýzu srážkových úhrnů za vegetační období let 1961–2018 na vybraných třiceti meteorologických stanicích ve středních a východních Čechách. Po stanovení standardizovaných srážkových indexů pro jednotlivá vegetační období (dále už jen SPI-6) dané stanice, a jejich grafickému zobrazení, jsem chtěla pozorovat srážkové změny a jejich případné pravidelnosti s větším zaměřením na podprůměrné hodnoty. Určit hranice sucha a extrémního sucha SPI-6 a porovnat tak četnosti jejich výskytů mezi jednotlivými stanicemi.

Posledním cílem bylo porovnat získané informace z praktické části s informacemi napsanými v odborné literatuře.

3 Literární rešerše

3.1 Terminologie

3.1.1 Srážky

Srážky jsou částice vody v kapalně i pevné formě, vzniklé kondenzací či desublimací vodní páry v atmosféře nebo zemském povrchu. Člení se dle místa nálezu na horizontální usazené (ledovka, náledí, námraza, jinovatka, jíní, rosa, a zmrzlá rosa) a vertikální padající (déšť, mrholení, sníh, kroupy atd.). Podle místa vytvoření rozeznáváme frontální, vznikající díky tlakové níži pohybem vzduchových hmot, konvekční, vznikající prouděním zahřátého vzduchu od povrchu země nahoru, a orografické, které se vytvoří při naražení proudícího vzduchu na horské hřebeny. Dle skupenství je dále dělíme na kapalně, tuhé a smíšené a podle doby trvání na občasně srážky, přeháňky a trvalé srážky (Žalud 2015).

3.1.2 Srážkový úhrn

Srážkový úhrn neboli množství srážek či sumy srážek je výška vodního sloupce srážek za určitý časový úsek, většinou v jednotkách mm/hod, mm/rok. Hodnota představuje objem srážek v litrech spadných na metr čtvereční (Žalud 2015).

3.1.3 Srážkový stín

Srážkový stín je oblast pod závětrnou stranou horských celků, kde je málo srážek. Srážky se díky vysokým horám zastaví na návětrné straně svahu, kde se vyprší. Na závětrné straně se sníží vzdušná vlhkost a oblačnost zanikne (Žalud 2015).

3.1.4 Srážkový normál

Průměrné množství srážek (měsíční, roční atd.), vypočítané pro jednotné třicetileté období, se nazývá srážkový normál. Co se týče nepřekrývajících standardních srážkových normálů, podle kterých se hodnotí klimatické změny, ty se počítají pro daná období: 1901–1930, 1901–1930, 1931–1960, 1961–1990. Světová meteorologická organizace v současnosti doporučuje používat normály stanovené za poslední třicetileté období, a to od roku 1981 do roku 2010. (WMO 2019).

3.1.5 Srážkový průměr

Srážkový průměr je průměr z měsíčních hodnot srážek (jejich měsíčních průměrů, či sum) za danou časovou jednotku. Pokud se jedná o periodické průměry srážek, jsou to aritmetické průměry za posledních 10 let od 1. ledna roku končícího číslicí 1 (WMO 2019).

3.1.6 Sucho

Definování sucha není úplně jednoduchou záležitostí. Meteorologické sucho je nejčastěji definováno jako záporná odchylka srážek od normálu. Na půdní sucho má vliv vyšší teplota vzduchu, nedostatek srážek, nižší relativní vlhkost vzduchu, intenzivnější záření slunce a větší

rychlost větru (Allen et al. 1998). Podle Lloyd-Hughese (2013) je nutné při určování sucha brát ohled na půdní zásoby vody, její aktuální požadavek a hospodaření s ní. Tedy určování sucha je velmi složité, v tom s ním souhlasí i Wilhite a Glantz (1985).

Sucha existuje několik typů. Za prvé je to meteorologické sucho, které je způsobeno srážkami pod normálem a nadprůměrnými teplotami vzduchu. Trvá v řádu několik měsíců až let a může přejít v jiný typ sucha. Za druhé je zde zemědělské/agronomické sucho, kde se v důsledku méně častých dešťů s podprůměrnými hodnotami srážek, nebo výší evaporací vysuší půda. Nedostatek vláhy v půdě vede k menšímu růstu rostlin a k jejich nižší produkci. Hydrologické sucho nastává při snížení průtoku a hladiny ve vodních tocích a nádržích či jezerech pod průměrnou úroveň. Vzniká až s postupem času, neboť na ni má vliv množství uložené vody v podzemí, která není případným nedostatkem úhrnů srážek doplňována (Dai 2011). Na stránkách oficiálního slovníku České meteorologické společnosti (2017) se uvádí ještě sucho socioekonomické, kde roli hraje poptávka po službách a produktech, kterých je díky nižšímu množství vody nedostatek, a to ovlivňuje ekonomické ukazatele. Dále sucho fyziologické, což je obdoba zemědělského, ale ve vztahu k fyziologickým požadavkům rostlin.

3.1.7 Vegetační období

Během vegetačního období neboli vegetační doby jsou vhodné klimatologické podmínky pro růst a vývoj rostlin. Nemá přesně stanovenou mezinárodně uznávanou definici. V cizině je za toto období brán časový interval od posledního data jarního mrazu po datum prvního podzimního mrazu, nebo období, kdy se denní maximální teplota vzduchu pohybuje nad 0 °C či nad 10 °C. V České republice se podle Elektronického meteorologického slovníku (2017) vegetační období rozlišuje do tří kategorií. Velké, kdy časový interval určují průměrné denní teploty ≥ 5 °C, hlavní/malé vegetační období s průměrnými teplotami ≥ 10 °C a tzv. vegetační léto s denními průměrnými teplotami ≥ 15 °C. V meteorologické praxi bývá za vegetační období označováno také tzv. teplé pololetí čili letní půlrok (duben–září).

3.1.8 Standardizovaný srážkový index

Standardized Precipitation Index (SPI) hodnotí sucho podle týdenních a měsíčních sum srážek. Jedná se o normovanou hodnotu množství srážek za stanovený časový interval. Ukazuje nadbytek a deficit srážek. Dokáže hodnotit krátkodobé sucho trvající jeden měsíc, střednědobé vyskytující se 3–12 měsíců a dlouhodobé nad 12 měsíců (Brázdil 2015).

3.1.9 Standardizovaný srážkový evapotranspirační index

Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) využívá k hodnocení sucha kromě rozdílů sum srážek i evapotranspiraci porostu, na základě rozdělení dle statistiky a pravděpodobnosti, pro stanovenou dobu, jak uvádí na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu (2020).

3.2 Měření srážek

Jak uvádí Tolasz v článku na INFOMETU, Český hydrometeorologický ústav (dále jen ČHMÚ) získává data o srážkách ze stanic dvěma způsoby. Buď manuálním způsobem měření,

kdy musí pověřená osoba chodit měřit množství zachycené vody ve srážkoměru. Nejčastěji jsou pozorovány denní úhrny, kterými se myslí 24hodinový časový úsek od ranních 7 hodin předchozího dne do ranních 7 hodin dne následujícího, a srážkový údaj se zapisuje k předchozímu dni. V současnosti se srážky nejvíce měří automatickými srážkoměry, nejčastěji člunkovými či váhovými srážkoměry, které úhrny srážek měří kontinuálně. ČHMÚ v současnosti měří srážky na cca 3000 stanicích, z nich tvoří cca 535 srážkoměrných stanic základní srážkoměrnou síť.

3.2.1 Princip měření

Pro měření srážek se používá řada přístrojů. Pro manuální měření se používá srážkoměr, Je tvořený dvěma záchytnými nádobami, nálevkou se záchytnou plochou, konvicí a odměrkou. Padající srážky v pevném skupenství se zachytávají do ombrometru bez nálevky a poté se musí rozehrát. Přelitím získaného objemu vody do kalibrovaného odměrného válce se zjistí celkový úhrn srážek za určitou dobu. Ombrograf umožňuje sledovat množství srážek a jejich průběh v čase, díky tomu se dá zjistit intenzita srážek. Měří totiž srážkové úhrny kontinuálně. V nádobě je umístěn plovák, ke kterému je připojeno záznamové zařízení zapisující průběh na otáčející se papír (Žalud 2015).

V člunkovém automatickém srážkoměru se nachází dělený překlápěcí člunek. Srážky jsou vedeny vždy na jednu jeho polovinu a po jejím naplnění určitým objemem vody, který odpovídá určitému množství srážek, se člunek překlápí, tím dojde k plnění druhé poloviny a obsah z plné poloviny odteče. Každé překlopení je zaznamenáno. Z jejich celkových počtů a množství srážek v jedné polovině člunku se vypočítá celkový úhrn. Váhový automatický srážkoměr měří srážky na váhovém principu, díky tomu dokáže měřit přesně srážky o velké intenzitě a tuhé srážky (Žalud 2015).

Pozorovatelé nezaznamenávají pouze samotný úhrn srážek, ale musí též zjišťovat délku jejich trvání, druh a intenzitu. Měření intenzity probíhá prostřednictvím ombrografu či automatického srážkoměru a udává se v mm/min nebo mm/h. Zvláště při bouřkových situacích mají srážky často lokální charakter, pro jejich plošné zpřesnění využívají modely založené na hodnocení radarových měření.

Princip manuálního měření je celkem jednoduchý, ale kvalita získaných dat závisí především na preciznosti pozorovatele. Problém nastává u malých úhrnů do 0,4 mm srážek, kterých si nepečlivý pozorovatel nemusí vůbec všimnout, jedná se třeba i o horizontální srážky – například rosa. Díky tomu dochází ke klamnému určení počtu dní s denním úhrnem $\geq 0,1$ mm, a také ke špatnému stanovení měsíčních úhrnů (Tolasz et al. 2007). Chyby v měření srážek se v rámci roku častěji objevují v zimě, proto se musí data zkontrolovat (Štěpánek et al. 2009).

3.2.2 Historie měření srážek v ČR

První záznam o měření srážek na našem území se datuje do roku 1752 v pražském Klementinu. Kontinuální měření ale začala až od roku 1803 v Brně, v Klementinu o rok později od 1. května. Srážky se chytaly do nádržky, u které se věděl její průměr. Zvážily se a přepočítaly na výšku vodního sloupce v dobových jednotkách. Tyto hodnoty se časem převedly na milimetry. V roce 1851 vznikl Ústřední ústav pro meteorologii a zemský magnetismus ve Vídni, od té doby se začaly používat normované válcové srážkoměry. Od roku

1961 se začaly používat výhradně staniční srážkoměry METRA se záchytnou plochou 500 cm², od roku 1997 přechází stanice díky automatizaci na automatický srážkoměr MR3H s mechanismem překlápěcího člunku. Má totožnou záchytnou plochu a měřící s přesností na desetinu milimetru (Tolasz et al. 2007). V posledních letech se používají stále častěji váhové srážkoměry.

3.3 Průměrný úhrn srážek v České republice

Jak vyplývá z Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al. 2007), který analyzuje léta 1961–2000, tak lze rozložení srážek během roku charakterizovat tzv. ombrickou oceanitou či kontinentalitou. České podnebí je více charakteru oceánského, směrem k východu přechází v kontinentální. Je velice různorodé, i když se celkově jedná o malou rozlohu. Tmavší barvy znamenají větší sklon ke kontinentalitě, viz příloha č. 9.1. Typické jsou pro ombrickou oceanitu místa s vyšší nadmořskou výškou, hlavně pohraniční pohoří v Čechách. Kontinentalita způsobuje srážková minima v zimě a maxima v létě, hlavně ve stanicích lokalizovaných v nížinách a kotlinách. V nížinách pozorujeme větší sklon ke kontinentálnímu typu, na horách registrujeme oceanitu.

Srážky jsou provázány s teplotou vzduchu. Změny průběhu ročních teplot vyvolávají změny srážek. V České republice jsou srážky velmi variabilní, a je těžké jejich proměnlivost vysvětlit (Brázdil et al. 2012).

3.3.1 Průměrný roční úhrn srážek v ČR

Česká republika rozdělena na oblasti s menším množstvím srážek, převážně kolem toků velkých řek v nížinách, a na území s vyšším úhrnem srážek, v pohořích tvořících hranice země a na hranici Čech a Moravy (viz příloha č. 9.2.1). Nejvíce srážek spadne v měsíci červnu, někde v červenci, ve vyšších polohách na severu a severozápadě Čech jsou na množství srážek nejbohatší měsíce duben a květen, případně srpen a září (Tolasz et al. 2007). Stejně hodnoty jako Tolasz uvádí i Brázdil et al. (2015), který zpracoval průměrný roční úhrn srážek za kratší časové období 1981–2010.

3.3.1.1 Oblasti s menším množstvím srážek

Sušší oblasti jsou dvě. V těchto oblastech dosahují maximálně roční průměry 600 mm srážek a méně. Částečně jde o krajiny nacházející se ve srážkovém stínu horských celků např. Krušných hor či Českomoravské vrchoviny. První oblast se nachází v Čechách, v nížinách kolem řek Labe a Ohře, na pahorkatinách okolo řeky Berounky a Vltavy a všech jejích přítoků. Nejsušší oblast v rámci ČR je mezi Kadaní a Žatcem v okolí vodní nádrže Nechanice, kam spadne průměrně do 450 mm srážek za rok. Dále území jižně od Litoměřic po Kralupy nad Vltavou (do 500 mm/rok) a území kolem jižního toku řeky Střely na Plzeňsku (také do 500 mm). Druhá oblast je na jižní Moravě v Dyjsko-svrateckém i Dolnomoravském úvalu. V širším pojetí prochází kolem Vyškova do Hornomoravského úvalu, zde srážky dosahují 600 mm. Nejméně srážek zde spadne severně a západně od vodní nádrže Nové Mlýny – průměrně 500 mm/rok (Tolasz et al. 2007).

3.3.1.2 Oblasti s větším výskytem srážek

Vyšší průměrné roční úhrny srážek se vyskytují převážně v horském pohraničí a na Českomoravské vrchovině. Jedná se o Orlické hory, Krkonoše, Jizerské hory, Český les, Šumavu a Moravskoslezské Beskydy, kde průměrné úhrny dosahují i nad 1200 mm/rok. Potom následují Lužické hory, Krušné hory, Doupovské hory, Slavkovský les, Brdy, Novohradské hory, Českomoravskou vrchovina a území jihovýchodně od Prahy, Hrubý i Nízký Jeseník a Bílé Karpaty, kde se průměrné roční množství srážek pohybuje od 600 do 1200 mm (Tolasz et al. 2007).

3.3.1.3 Střední a východní Čechy

Na námi vybraném území jsou na srážky během roku nejbohatší Jizerské hory, Krkonoše a Orlické hory. Území Českomoravské vrchoviny má maximální úhrny kolem 700–800 mm, vyšší hodnoty připadají na území Železných hor a Žďárských vrchů. Menší úhrny se vyskytují západně od a v oblasti toku řeky Vltavy a Labe i jeho přítoků. Nejméně naprší západně od Kralup nad Vltavou do 500 mm (Tolasz et al. 2007).

3.3.2 Průměrný měsíční úhrn srážek v ČR

Podle Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al. 2007) se množství srážek víceméně mění s nadmořskou výškou. S rostoucí výškou roste i množství srážek (nejvíce jich spadne na horách). Jednotlivé měsíce se liší převážně množstvím spadených srážek. V rámci jednotlivých měsíců jsou detailněji popsány oblasti středních a východních Čech, viz dále.

3.3.2.1 Leden

V lednu průměrný úhrn dosahuje nad 100 mm/měsíc, a to pouze na rozhraní Krkonoš s Jizerskými horami, v Orlických horách, na Šumavě a v Českém lese. 60–80 mm mají Lužické a Krušné hory, Slavkovský les, oblasti Javořické vrchoviny, Žďárských Vrchů a Železných hor, Jeseníky a Moravskoslezské Beskydy. Nejméně srážek do 20 mm se nachází v okolí Žatce, Českého Krumlova, Znojma a Opavy.

Na území středních a východních Čech registrujeme nejvyšší průměrné množství srážek v Jizerských horách, Krkonoších a Orlických horách, a to více jak 100 mm. Nejméně srážek v průměru do 30 mm je ve Středočeském kraji jižně od řeky Labe a západně od řeky Vltavy.

3.3.2.2 Únor

V tomto měsíci se srážky moc neliší od ledna. Nejnižší srážky se pohybují okolo 30 mm a nacházejí se převážně v nížinách, v horských oblastech stoupají nad 100 mm.

Ve vybrané oblasti připadají opět nejvyšší hodnoty do okruhu pohraničních hor. Pole srážek do 30 mm se rozšířilo oproti lednu do východních Čech podél Labe až k Vysokému Mýtu a podél řeky Doubravy k obci Žleby. Na zbylém území spadne průměrně 40–50 mm srážek.

3.3.2.3 Březen

Rozpětí množství srážek je stále stejné, ale přibývají srážky v nížinách a kolem řek. Méně srážek je pouze na Žatecku, na území mezi Litoměřicemi a Kralupy nad Vltavou, jižní Moravě, u Olomouce, podél toku řeky Moravy a u Opavy.

V nížinách středních a východních Čech průměrné úhrny dosahují 40 mm/měsíc. Na Českomoravské vrchovině a v podhorských lokalitách začíná průměrné množství srážek na 50 mm. Nejvíce srážek nad 100 mm, a to i v rámci celé republiky, se vyskytuje v Jizerských horách, Krkonoších a Orlických horách.

3.3.2.4 Duben

Duben vykazuje nejmenší rozpětí úhrnů srážek. Na horách dochází k mírnému snížení úhrnů na průměrných 80 mm/měsíc. Méně srážek je pouze na Žatecku do 30 mm. U velkých řek v nížinách jsou úhrny přibližně 40 mm, na vrchovinách je to cca o 10–20 mm více.

Vybraná oblast je kromě západní strany ohraničena průměrnými srážkami nad 50 mm. Srážky do 40 mm se nacházejí v Polabské nížině, jejím širokém okolí, západně od Prahy a kolem toků Berounky a Vltavy.

3.3.2.5 Květen

Na většině území Česka srážky dosahují průměrné měsíční hodnoty 80 mm, do 60 mm srážek je v Podkrušnohoří, kolem řeky Ohře, mezi Karlovými Vary a Plzní, a na jižní Moravě. Více srážek padá v Orlických horách, Krkonoších, Jizerských horách, na Šumavě, v Hrubém Jeseníku, a hlavně v okolí Moravskoslezských Beskyd (nad 120 mm).

Na skoro celém území středních a východních Čech jsou vyrovnané průměrné srážkové úhrny – okolo 80 mm/měsíc. Železné hory mají o 20 mm více srážek. Oblasti jižně od měst Kralup nad Vltavou a Jičína do Českého ráje disponují srážkami do 60 mm. Průměrné měsíční srážky nad 120 mm spadnou v Jizerských horách, Krkonoších a Orlických horách.

3.3.2.6 Červen

V nížinách na Moravě a v severních a západních Čechách dosahují srážky 80 mm průměrné měsíční hodnoty, kromě okolí Kadaně a Mostu (cca 60 mm). Na Českomoravské vrchovině vzniká předěl mezi výše uvedenými oblastmi a úhrny srážek činí 100 mm/měsíc. Nad 140 mm srážek se vyskytuje pouze v Krkonoších a Moravskoslezských Beskydách.

Jak již bylo uvedeno nejvíce vody naprší v Krkonoších. Dále v Jizerských a Orlických horách (120–140 mm), poté na Českomoravské vrchovině až k Říčanům. Západ a severněji situovaný střed vybraného území dosahuje průměrných 80 mm/měsíc.

3.3.2.7 Červenec

Rozpětí úhrnů srážek na jednotlivých územích jsou stejné jako v červnu, pouze se více rozšířila oblast s menším množstvím srážek ze západních Čech směrem na jih, a oblast na jižní Moravě se zvětšila celá. Na západě od vodní nádrže Nové Mlýny se vyskytuje území

s průměrným úhrnem do 60 mm/měsíc. V červenci mají srážkové úhrny největší rozpětí průměrných maxim od 60 mm do 140 mm.

Západní a střední oblast s větším zásahem na sever zvoleného území tvoří srážky čítající průměrně 80 mm Pohraničí, podhoří a Českomoravská vrchovina dosahuje 100 mm. Nad 140 mm srážek je v okolí hory Velké Deštné a v Krkonoších severně od Sněžky až po Jizerské hory.

3.3.2.8 Srpen

Rozsah srážek je stále stejný. Na většině republiky spadne cca 80 mm, kromě srážkově chudé Mostecké pánve a jižní Moravy, nejvíce srážek spadne v Krkonoších a Beskydech.

Také většinu středních a východních Čech tvoří srážky s průměrem 80 mm. Výjimku tvoří krajina vymezená mezi Havlíčkovým Brodem, Golčovým Jeníkovem, Ledčí nad Sázavou a Pelhřimovem. Železné hory a Žďárské vrchy, území jižně od České Třebové a výběžek u Žacléře a Broumova tady naprší měsíčně průměrně 100 mm. Oblast Jizerských hor, Krkonoš, Broumovské vrchoviny a Orlických hor až po Ústí nad Orlicí má 120 až 140 mm. Nejhojnější je okolí meteorologických stanic Luční a Labská boudy, kde se nachází pramen Labe.

3.3.2.9 Září

Rozpětí průměrného množství srážek se snižuje, úhrny jsou od 40 mm až nad 100 mm. V okolí velkých řek průměry dosahují hodnot 50 mm, Českomoravská vrchovina a podhorské oblasti mají 60–80 mm, pohraniční hory nad 100 mm srážek.

Co se středních a východních Čech týče, pás většího množství srážek začíná v horách na severu, nejvíce v Jizerských horách a Krkonoších – nad 100 mm, a táhne se po východní straně vyznačeného území k jihu. Přibližnou západní hranici tvoří města Hradec Králové, Pardubice, Golčův Jeníkov a Zruč nad Sázavou. V oblastech jižně od Kostelce nad Černými lesy a Říčán, a také jihovýchodně od Sedlčan, mají úhrny nad 50 mm. Na zbytku území a v oblasti Slatiňan je úhrnů srážek méně do 50 mm/měsíc.

3.3.2.10 Říjen

Průměrné úhrny se stále snižují, většina území má 40–50 mm srážek. V Mostecké pánvi, u Kralup nad Vltavou a v části Dyjsko-svrateckého úvalu nepřekročí 30 mm. Pouze v Krkonoších a Jizerských horách přesahují srážky hodnotu 100 mm.

Nejvíce prší na severu námi studovaného území. Polabská nížina, krajina na západ a jihozápad od ní dále kolem Vltavy a části toku Sázavy se pyšní úhrny 40 mm. Jižní část vytyčené plochy směrem na východ do Orlických hor a severně od Hradce Králové má úhrny v rozmezí od 50 do 100 mm/měsíc.

3.3.2.11 Listopad

V centrální části republiky se zvětšuje území s průměrem srážek okolo 50 mm, na úkor těch méně srážkových nacházejících se v Čechách a jižní Moravě. Ve velkých pohraničních pohořích dosahují maximální průměrné hodnoty okolo 100 mm.

Na severu a východě Polabské nížiny a na toku Sázavy se zvyšuje podíl srážek na 50 mm. 40 mm bývá na západě území po řeku Vltavu, podél Labe přibližně až do Kolína a jihovýchodně od Pardubic. Území s vyššími úhrny se rozšiřuje z horských, podhorských oblastí a Českomoravské vrchoviny více do centra východočeské a středočeské oblasti.

3.3.2.12 Prosinec

Rozmezí průměrných úhrnů srážek se pohybuje stále mezi hodnotami do 30 mm/měsíc až nad 100 mm/měsíc, ale naše země je v rámci srážkových úhrnů v tomto měsíci více rozčleněná než v těch předešlých. Srážek ubývá v okolí Plzně, Prahy, povodí řeky Ohře, Berounky, Českobudějovické pánve, Jevišovické pahorkatiny, Dyjsko-svrateckého úvalu a Opavska. Naopak přibývá srážek v horských oblastech.

Jizerské hory a Krkonoše spojuje průměrné množství srážek nad 100 mm. Stejně hodnoty platí i pro Orlické hory. Od hraničních pohoří směrem do středu vymezené oblasti, k Broumovsku a na Českomoravské vrchovině postupně sumy srážek klesají až na 50 mm. Výjimku tvoří Železné hory a Žďárské vrchy, zde je až 70 mm. Od Pardubic kolem toku Labe, přes Říčany, dále podél toku Vltavy a části Sázavy je pás dosahující úhrnu 40 mm za měsíc. Srážky mající 30 mm se vyskytují v Praze, severozápadně i západně od ní a na území mezi Příbramí a Sedlčany.

3.3.3 Průměrný úhrn srážek v ČR ve vegetačním období

Pokud budeme za vegetační období považovat letní půlrok, který trvá od dubna do září, tak zjistíme, že se maximální průměrné srážky pohybují od 300 mm až nad 700 mm, viz příloha č. 9.2.2. Nejvíce srážek spadne v Moravskoslezských Beskydech a Krkonoších. Meteorologická stanice na Lysé hoře je v měsících od dubna do srpna místem s největším měsíčním průměrným úhrnem srážek, za celé vegetační období zde naprší průměrně 888 mm. Další v pořadí jsou Hrubý Jeseník, Orlické hory, Jizerské hory, Český les a Šumava. Přes Českomoravskou vrchovinu se táhne pás srážek s maximálními úhrny od 450 do 500 mm. V pásu vedoucím od Podkrušnohoří do západních Čech a dále na jižní Moravě jsou nejnižší úhrny, nejméně opět okolo měst Most, Kadaň a Žatec.

3.3.3.1 Střední a východní Čechy

V rámci středních a východních Čech pokrývají ve vegetačním období velkou část oblasti srážky s průměrným množstvím 400 mm. V Praze, v území nad Novým Bydžovem, v oblasti severovýchodně od soutoku Labe s Jizerou a v okolí Neratovic směrem na západ až k pohoří Džbán dosahují srážky za letní půlrok 350 mm. Západně od Kralup nad Vltavou mají srážky hodnotu 325 mm. Na jih od Říčan a Kostelce nad Černými lesy po Sedlec-Prčice a na Českomoravské vrchovině k Orlickým horám jsou srážky 450 mm. Železné hory a Žďárské vrchy mají do 500 mm. Orlické a Jizerské hory zaznamenávají průměrné úhrny srážek do 700 mm/letní půlrok. Okolí Labské a Luční boudy dosahuje srážek nad 700 mm.

3.4 Významně suché roky v ČR od roku 1960

Nejvíce měsíců s výskytem sucha se vyskytuje za léta 1961–2012 na území od Podkrušnohorská směrem k Praze, v České tabuli a v Dyjsko-svrateckém úvalu přes nížinu kolem řeky Moravy až na Hanou. Roky s nedostatkem srážek se na území České republiky objevovaly již dříve (1808, 1809, 1811, 1826, 1824, 1842, 1863, 1868, 1904, 1911, 1917, 1921, 1947, 1953–1954, 1959). Roky byly hodnoceny pomocí metod standardizovaného srážkového indexu (SPI) a standardizovaného srážkového evapotranspiračního indexu (SPEI), a mezi sebou byly porovnány za období 1805–2012. Například léta 1953–1954 byla neobyčejná tím, že sucho přešlo plynule z léta do zimy. Hydrologické sucho trvalo 196 dnů od 15. srpna 1953 do 28. února 1954 (Brázdil et al. 2015). Území, na kterém v tomto období nepřesáhlo trvání sucha 100 dní, se táhlo od Českého lesa a severní části Šumavy, přes Středočeskou pahorkatinu, Českomoravskou vrchovinu a kolem měst Pelhřimov a Jihlava do Dyjsko-svrateckého úvalu. Další oblasti byly Liberecko až k České tabuli, Opavsko, Frýdecko-Místecko a Zlínsko směrem na jih až po hranice (Novický et al. 2010).

3.4.1 Rok 1992

Srážky v tomto roce nevykazovaly hodně extrémních výkyvů vzhledem ke srážkovému normálu za období 1961–1990. Výrazné změny se vyskytly v měsíci březen, kdy napršelo přes 75 % více srážek, než je obvyklé. Deficit srážek nastal v květnu (> 50 %) a srpnu (< 50 %). Kromě podprůměrných srážek mělo vliv na vznik sucha, které začalo ve druhé polovině července a trvalo tři měsíce, zvýšení teploty vzduchu od května do srpna skoro o 6 °C. Dle hydrologického sucha v oblasti Olomouce tento rok klesly hodnoty prahového průtoku pod 44 %. V rámci měření, které probíhá od roku 1921, byl rok 1992 na Olomoucku čtvrtý, co se týče doby s nouzí o vodu i v rámci délky trvání nízkých průtoků. Na jiných velkých tocích nenastal tak prudký pokles díky přehradním systémům. Suchá epizoda duben–září je v rámci řady let 1805–2012 dle hodnocení pomocí SPI 10. nejsušší, ale hodnocení podle SPEI toto období posunulo na šestou pozici (Brázdil et al. 2015). Na území Oderských vrchů tráva moc nevyrostla a byla řídká. Otavy nenarostly vůbec, a místo zeleného krmení se zkrmovalo seno. Voda se musela na některá místa i dovážet (Vlček 1994). Mrkva (1993) uvádí, že díky tomuto suchu započala kůrovcová kalamita, protože vlivem vodního stresu neměly stromy tak vysokou obranyschopnost proti invazi škůdců.

3.4.2 Rok 2000

Teplotně byl tento rok převážně nadprůměrný (cca o 3 °C), lehce pod průměr se dostal pouze v červenci. Zimní období roku bylo srážkově celkem průměrné. V březnu se průměrný měsíční úhrn srážek zdvojnásobil. K 50% poklesu úhrnů oproti srážkovému normálu došlo v dubnu a pod průměrem zůstal, kromě přerušení v červenci, kdy spadlo o skoro 75 % více srážek, než je v tomto měsíci obvyklé, až do října (okolo 25 %). Vlivem nízkých úhrnů srážek a teplotních nadprůměrů bylo období od dubna do června v rámci SPEI považováno v tomto roce jako nejsušší oproti ostatním rokům, SPI ho řadí na šesté místo. Na vodních tocích nastalo hydrologické sucho pouze výjimečně a jen na pár dní (Brázdil et al. 2015).

3.4.3 Rok 2003

Teplota vzduchu se nad průměr dostala v březnu, a kromě října byla nad ním až do konce roku. Největší výkyvy byly zaznamenány v květnu, červnu a srpnu cca 5 °C nad průměrem. Více jak polovina roku se nacházela pod srážkovým normálem. Jednalo se o měsíce únor–duben, kdy v únoru chybělo až tři čtvrtiny průměrného množství srážek, v březnu cca polovina a v dubnu okolo 25 %, dále v červnu (s chybějícími 50 %), srpnu (méně než 50 %), září (25 %) a listopadu (s více jak 25 %). Interval od února do září označuje SPEI za nejextrémnější a SPI za čtvrté, pouze období červen–září se řadí SPEI na druhé, zatímco SPI na jedenácté a období únor–duben bylo dle SPEI třetí a podle SPI druhé největší sucho. Od června do října byly nízké průtoky na tocích, a to hlavně na části řeky Moravy protékající Olomoucí. Z pohledu hydrologického sucha se jednalo o páté nejhorší sucho (Brázdil et al. 2015). Novický et al. (2010) zmapoval míru hydrologického sucha tohoto roku v rámci České republiky a zjistil, že nejvíce byly zasaženy oblasti Broumovska a Třeboňské pánve, méně pak Středočeská pahorkatina, Slavkovský les, pás táhnoucí se od hranic do Dvora Králové nad Labem jihovýchodně přes Orlické hory po Ústí nad Orlicí, dále západně od Orlických hor až do Jeseníků, a dál podél toku řeky Moravy s výběžkem na Vsetínsko.

3.4.4 Rok 2007

Výrazné podprůměrné hodnoty srážek nastaly pouze v měsíci dubnu, kdy chybělo až 75 % z průměrných úhrnů. Nadprůměrné byly měsíce leden s > 50 %, únor pod 25 %, březen nad 25 %, září nad 100 % a listopad < 25 %. Sucho bylo ale způsobeno hlavně vysokými teplotami vzduchu, které byly nejvýraznější už v lednu (více jak 6 °C nad průměrem) a postupně se snižovaly až do srpna. Podle hodnocení SPEI zaujal tento rok pořadí jako třetí nejsušší na rozdíl od SPI, kde obsadil až 26. příčku. Díky srážkám na začátku roku meteorologické sucho nepřešlo v to hydrologické (Brázdil et al. 2015).

3.5 Srážky a zemědělství

Jak již bylo výše uvedeno, množství spadených srážek má významný vliv na zemědělství, na tom se shodne mnoho autorů. Mluví hlavně o deficitu srážek, v zemědělství se používá termín agronomické sucho, které může trvat pár týdnů či 6–9 měsíců (Trnka et al. 2009). Fischer & Turner (1978) uvádí, že cca 40 % povrchu země trpí nedostatkem vody, tudíž je na těchto místech obtížné něco vypěstovat. Jenže tyto oblasti jsou důležité pro světovou produkci živočišné i rostlinné výroby. Více jak 32 % potencionální světové orné půdy nelze použít k produkci, neboť leží v podnebí, kde je roční úhrn srážek menší než celkový výpar. Z dotazníků Olesena (2011) se zjistilo, že zemědělci v Evropě pocítují klimatické změny a snaží se jim přizpůsobit, např. změnou načasování pěstování, výběrem jiných druhů i odrůd plodin.

3.5.1 Rostliny a sucho

Rostliny, stejně jako ostatní živé organismy, potřebují ke svému životu vodu (např. pro průběh fotosyntézy či pro příjem jiných látek). Vodu získává většina zemědělsky významných plodin kořenovým systémem z půdní vlhkosti. Je-li v půdě extrémní nedostatek vody, rostliny

nejsou schopné vodu přijímat a hynou (Brázdil et al. 2015). Pokud trpí rostliny i jen mírným vodním stresem, zastavují růst a neposkytují takové výnosy (Hsiao 1973). Aby organismus neztrácel více vody, zastaví růst, zredukuje plochu listů, uzavře průduchy a urychlí proces stárnutí (Brázdil et al. 2015), zvětší se poměr kořenové části ku nadzemní části rostliny, i když se celkový růst kořenů zastaví, kromě koncových částí (Sharp et al. 2004). Zřejmě proto, aby zmapovaly větší plochu půdy a našly tak nějaký zdroj vody. Šlechtitelé se snaží vyšlechtit stále nové odrůdy rostlin, které jsou odolné vůči vodnímu stresu a mají v těžkých podmínkách větší výnosy než ty neodolné (Fischer & Turner 1978). Strategií, jak se bránit tomuto stresu, je několik. Rostliny se suchu vyhnou díky krátkému životnímu cyklu, jsou na něj fyziologicky adaptované, nebo mají nástroje pro větší efektivitu využití vody (Jones 2014). Šlechtění a pěstování se má z vylepšování efektivitu využití vody rostlinami, tedy ze vztahu „prší, více vyrostu“, který v suchých oblastech vede ke snížení transpirace a k nižším výnosům, zaměřit na zdokonalení efektivního využití vody, tj. maximalizovat zachycení vlhkosti v půdě pro transpiraci hlubším zakořeněním či minimalizovat ztráty vody výparem půdy pro nárůst výnosů (Blum 2009).

3.5.2 Dopady zemědělského sucha

Naše zemědělství je závislé na množství spadených srážek, a co se týče zemědělské produkce, jejich nedostatek snižuje roční úrodu. Jak ukazuje studie, která se zabývala vlivy počasí a klimatických faktorů na výnosy hlavních českých plodin – pšenici ozimou a ječmen jarní, z analýzy výnosů z let 1961–2007 ze 13 okresů na jižní Moravě bylo zjištěno, že sucho se negativně projevilo spolu s vysokými teplotami v dubnu–červnu menším odnožováním, dřívějším nástupem kvetení a plnou zralostí. Sucho způsobilo extrémně nízké výnosy ječmene v letech 1993, 2000 a 2007. Výnosy ozimé pšenice ovlivnily kromě těchto faktorů ještě silné mrazy s nedostatečnou vrstvou sněhu (Kolář et al. 2014).

Vliv sucha v dubnu–červnu na výnosy jarního ječmene prokázal i Trnka et al. (2007) a to hlavně na jižní Moravě. Hlavinka et al. (2009) poukazuje na velká sucha v letech 1981 a 2000, která snížila významně výnosy hlavních zemědělských plodin. Vodním stresem jsou prý více ovlivněny jarní než ozimé plodiny a trvalé travní porosty sloužící k produkci sena ke krmení hospodářských zvířat. Trnka et al. (2011) vytvořili pro české pastviny model GRAM, který umožňuje stanovit stres ze sucha, a podle toho určit teoretický výnos trvale travnatých porostů. Potop et al. (2009) dokazuje, že ve středních Čechách způsobilo sucho a vysoké teploty velmi nízké výnosy plodin a jejich poškození hlavně v letech 1964, 1976, 2000, 2003, 2006 a 2007. S úbytkem vody v krajině a jejím oteplováním se objevuje větší napadení plodin škůdci, protože rostliny mají pod vlivem stresu méně účinné obranné mechanismy (Kocmánková et al. 2008). Z nejrůznějších výzkumů hodnotících vliv sucha na výnos plodin vidíme, že vztah vzniká hlavně v době vegetačního období od dubna do září, a pro každou plodinu trvá alespoň tři měsíce (Brázdil et al. 2015).

Vegetace v České republice je zvyklá na rovnoměrné rozložení srážek, území je však náchylné na krátkodobá období sucha. V posledních době sice nedochází k výrazným ročním úbytkům srážek, ale zaznamenán byl silný pokles půdní vlhkosti. Hlavně v období května a června, kdy je dostatečná vláha klíčová ve vegetační fázi pro růst a vývoj rostlin. Po porovnání období mezi lety 1961–1980 s obdobím 2001–2012 se zjistilo, že pravděpodobnost výskytu

sucha se zvětšila za měsíce duben–červen o 50 % (Trnka et al. 2015). Velké sucho v roce 2012 přineslo největší ztráty v zemědělství, hlavně na jihovýchodě země. Výnosy poklesy z roku na rok o 35–70 %. Ozimé plodiny byly více poškozeny než ty jarní. Byl to největší pokles za celou dobu sbírání těchto údajů, tedy více jak 50 let (Zahradníček et al. 2014).

Podle studie Potop et al (2012) v časovém intervalu let 1901–2010, který mapoval nížiny v ČR pomocí standardizovaného srážkového indexu (SPI) a standardizovaného srážkového evapotranspiračního indexu (SPEI), došlo k přesunu období sucha. Od začátku století do roku 1960 se sucho vyskytovalo především v zimě. Od té doby se do roku 2010 v zimě vyskytlo pouze šestkrát. V letech 1961–1970, 1981–1990 nebyla četná jarní sucha, ta se objevují až v posledních dvaceti letech. Letní sucha se vyskytovala ve dvacátých a padesátých letech minulého století. Od roku 2000 jsou intenzivnější, prodlužují se a zasahují až do podzimu. Ve studii se zabývali také vlivem sucha na pěstování zeleniny v Polabí. Zjistili, že více než 40 % vegetační doby může být ohroženo mírným až silným suchem, což mělo negativní dopad hlavně v době výsadby a tři týdny před sklizní, například na tvorbu kedluben, hlávek květáků a zelí (Potop et al. 2012). Cukrová řepa při tvorbě bulvy v červenci a srpnu potřebuje dostatek vody, jenže v tomto období se u nás objevují suché periody. Nejvíce byl v poslední době její výnos ovlivněn díky srážkovým úhrnům v letech 2003, při jejich nedostatku a vysoké teplotě vzduchu, a 2010, kdy byl nadbytek srážek doprovázen teplotními výkyvy (Potop & Türkott 2011).

3.5.2.1 Dopady sucha na půdu

Sucho způsobuje, že půda přichází o schopnost plně využívat své přirozené schopnosti. Má zásluhu na erozi, desertifikaci a dehumifikaci, tím se částečně podílí i na vodní erozi. Špatné hospodaření s půdou může jeho dopady ještě zhoršit. Nedostatek půdní vlhkosti způsobuje zasolení půdy, protože srážky nestačí odplavit soli z půdního profilu, které pak vysušují rostliny. Dále pak usnadňuje větrnou erozi, která odnáší z půdy živiny, humus, osiva, sadby i poškozuje samotné rostliny, nehledě na to, že odnesené části zanášejí příkopy i silnice a způsobují vyšší prašnost. Půda je pak zrnitější a způsobuje nepřesnější pohyb zemědělských strojů (Janeček et al. 2012) Nakonec sucho přispívá k dehumifikaci, která je také zapříčiněna intenzivním využíváním půdy s nedostatečným přidáváním organických hnojiv. Dehumifikace je zesilována ještě vodní a větrnou erozí, větším množstvím minerálních látek v půdě po vysušení pozemku, zavlažováním či po provzdušnění půdy orbou. Pokud v půdě není dostatečné množství organické hmoty, tak není schopna dobře pojmout a zadržet spadlé srážky (Brázdil et al. 2015).

3.6 Budoucnost vývoje klimatu

Klimatické modely pro roky 2071–2100 předpovídají, že v Evropě do budoucna dojde ke zvyšování teploty v jednotlivých ročních obdobích. Pokles srážek se bude týkat jižní Evropy, střední část světadílu bude mít úhrny přibližně stejné, a na severu Evropy bude kladná změna srážek. Sucho se bude ale v rámci Evropy postupem času stupňovat. Na území České republiky se sníží celkové úhrny v létě, navýšení nastane v zimě a částečně i na jaře. To ale nebude mít moc vysoký vliv na zmírnění intenzity sucha, protože po celý rok budou teploty vzduchu nad normálem. Ani nárůst srážek v zimě nepokryje ztráty vody způsobené výparem v tomto

období. Sucho zde bude v rámci celého roku, kde nejvyšší intenzity bude dosahovat v létě (Brázdil et al. 2015).

Modely ukazují, že v následujících třiceti letech přibude téměř v celé republice celkové množství srážek, v různých částech státu i více jak 10 % nad normál daný léty 1961–2000. Neshodují se ale tolik na jejich prostorovém rozložení. Pro období 2071–2100 se však modely rozcházejí zcela úplně. První tvrdí, že velká část území bude na normálu, na zbylém území budou převládat hodnoty pod normálem. Druhý ukazuje, že téměř všude v Česku narostou úhrny o více než 10 %. A třetí rozděluje republiky na dvě části, kde hranici tvoří přibližně města Liberec, Pardubice a Brno. Západní část bude mít normální úhrny a východní poklesnou o > 5 %. Počty dnů se srážkami pod 1 mm by se nijak výrazně měnit neměly. Poměr délek suchých period se bude měnit. Ze současných suchých dob představuje > 56 % periody trvající do 50 dní (z toho cca 6 % do 35 dnů), > 35 % trvající do 65 dní a zbytek do 80 dní. Do roku 2050 by se měly krátkodobé navýšit v jednotkách % (z toho cca 15 % do 35 dnů) na úkor střednědobým a z dlouhodobých se > 20 % prodlouží na sucha trvající 95 dní. Od roku 2071–2100 by sucha trvající do 35 dnů tvořila okolo 4 %, do 50 dnů cca 20 %, do 65 dnů 52 %, do 80 dnů asi 16 %, do 95 dnů přibližně 6 % a nad 95 dní kolem 2 % (Brázdil et al. 2015). Podle Štěpánka et al. (2019) v letech 2041–2060 by se oproti rokům 1981–2010 mělo množství spadených srážek v rámci ČR zvýšit. Druhý zase počítá s poklesem srážek na jižní Moravě a v Podkrušnohoří, a se zvýšením na východě republiky. Nedojde ke snížení počtu srážkových dní, ale denní hodnoty srážek se budou zvyšovat.

Müller et al. (2015) vytvořili tři indexy, které umožňují lépe porovnat vztah mezi extrémními srážkami a následnými povodněmi, než když jsou povodně hodnoceny pouze na základě maximálních sum z jednotlivých stanic. Povodně nejsou totiž ovlivněny jen spadeným množstvím srážek, ale i sezónou, hydrologickou situací, předchozím nasycením půdy atd.

3.6.1 Vliv sucha na zemědělství

Vliv sucha na zemědělství uvádí ve své práci Dubrovský et al. (2014). V půdě bude postupně méně vlhkosti, kde hlavní poklesy nastanou především v létě. Ubudou počty dní se srážkami, vyskytnou se častěji období sucha, ale objeví se denní srážkové extrémy. Na to navazují výsledky studie zabývající se trendy vlhkosti půdy v ČR od Trnka et al. (2015). Ukazují, že se v budoucnu budou pravděpodobně čím dál tím víc vyskytovat ve vegetačním období sucha týkající se nedostatku vody v půdě, zatímco v následujících letech se v měsících od října do března bude v půdě nacházet více půdní vlhkosti. V další své práci uvedl, že probíhající změny týkající se teploty a vlhkosti v půdě povedou k nárůstu suchých let, v důsledku čehož dojde k půdní erozi, a tudíž k nižší úrodnosti a produkci v zemědělství zejména ve střední Evropě. Nabádá k zavedení vhodné zemědělské politiky a politiky na ochranu půdy (Trnka et al. 2013).

Po porovnání map zobrazujících grafické rozložení výrobních oblastí v ČR v letech 1939–1960 (Němec 2001) a 1961–1990 (Trnka et al. 2009) zjistíme, že se snížilo množství oblastí vhodných pro pěstování píce, zatímco kukuřičná a řepařská oblast se rozšířila do vyšších nadmořských výšek. Předpovědi pro rok 2050 ukazují, že kvůli nedostatku vody, způsobenému velkým výparem a malým úhrnem srážek ve vegetačním období, již nepůjdou

na území Česka pěstovat píce a bude málo trávy ke krmení. Většina území bude vhodná pouze pro pěstování kukuřice, popřípadě cukrovky. Jižní Morava, střední Čechy po Podkrušnohorskou, Táborskou pahorkatinu, Českobudějovická a Třeboňská pánev budou příliš teplé a suché pro pěstování jakýchkoliv plodin. Špatná kvalita půdy a složitý terén ztíží přechod oblastí se současným extenzivním zemědělstvím na intenzivní. Tyto změny potvrzují i modely Brázdila et al. (2015), které poukazují za vznik, nám zatím neznámých, výrobních oblastí s extrémními klimatickými podmínkami na území jižní Moravy a středních Čech. Problém způsobí i zkrácení doby pokrývky sněhem. Rostliny nebudou totiž chráněné před holomrazy, a nebude zdroj vody pro rostliny na začátku vegetační doby díky postupnému odtávání sněhu, protože zimě spadne hodně srážek ve formě deště, tudíž se objeví jarní sucha přecházející do léta. Vzhledem k letnímu nedostatku vody nebude možné provádět celoplošné závlahy a bude se muset přejít na úspornější systém kapkových závlah.

Klíma bude extrémnější, přibude střídání přílivových srážek s obdobím sucha. To nebude ani tak způsobeno úbytkem srážek, ale úhrny nebudou dostatečné pro zvýšenou spotřebu vody v ekosystému, kvůli vyšším teplotám vzduchu i půdy. Bude se snižovat množství zdrojů vody uložené pod povrchem, protože nebude docházet k jejich opětovné obnově ze srážek, nemluvě o ohrožení zdrojů pitné vody. V současné době tento problém má jižní Morava, Haná a území ve srážkovém stínu Krušných hor. Pokud chceme vodu v naší krajině udržet, je nutné zavést opatření, která v ní navýší její retenční schopnost. Například provádět zemědělské polní práce ve správném časovém sledu pomocí účelných technologických postupů, vybírat a dodržovat vhodné osevní postupy, zmenšit plochy s monokulturami a zvýšit pěstování plodin, které zlepšují vlastnosti půdy – třeba víceleté píce (Trnka et al. 2017). Změny klimatu budou mít v zemědělství hlavní dopad na rostlinnou výrobu, která zajišťuje výrobu potravin a krmiv (Brázdil et al. 2015). Zahradníček et al. (2014) předpokládá, že by se extrémní roky, jako byl ten 2012, by mohly v České republice vyskytovat přibližně jednou za 20 let i častěji.

4 Metodika

K analýze srážkových úhrnů bylo vybráno 30 meteorologických stanic ČHMÚ ve středních a východních Čechách, které dokázali zaznamenávat spadené množství srážek od roku 1961 do roku 2018. Rozloha vybrané oblasti odpovídala území přidělenému podle ČHMÚ pod pobočky Praha a Hradec Králové. Z toho se 12 stanic nachází ve středních Čechách. Jedná se o stanice Desná, Semčice, Brandýs nad Labem, Lány, Praha–Ruzyně, Praha–Karlovy, Praha–Libuš, Ondřejov, Příbram, Nedrahovice, Košetice a Havlíčkův Brod (jejich lokalizace viz příloha 9.3.1). Zbylých 18 stanic se nachází ve východních Čechách. Jsou to stanice Labská bouda, Luční bouda, Pec pod Sněžkou, Vrchlabí, Broumov, Polom, Deštné v Orlických horách, Hradec Králové – Svobodné Dvory, Hradec Králové – Nový Hradec Králové, Rychnov nad Kněžnou, Rokytnice v Orlických horách, Poděbrady, Mokošín, Pardubice, Ústí nad Orlicí, Chotusice, Seč a Svratouch (viz příloha 9.3.2). Výběr stanic proběhl na základě pokrytí celé oblasti a jejich různorodých geografických podmínek.

Z jmenovaných stanic byly získány měsíční srážkové úhrny pro každý rok za časový interval let 1961–2018. Bylo vybráno pouze šest měsíců – od dubna do září, představujících vegetační období (k problematice vymezení délky vegetačního období viz kapitola 3.1.7). Pro každou stanicí byly z obdržovaných dat vypočteny standardizované srážkové indexy (SPI-6) za jednotlivé roky. Standardizovaný srážkový index byl použit proto, že umožňuje okamžité porovnání jednotlivých stanic bez ohledu na jejich topografii, a lze podle něho určit intenzitu sucha (Drlička 2006). Z výsledků SPI pro jednotlivá vegetační období byly sestaveny tabulky, ze kterých se posléze vytvořily grafy, mapující míru změn srážek oproti normálu (viz přílohy 9.4).

Obor hodnot standardizovaného srážkového indexu se pohybuje jak v kladných, tak i v záporných číslech. Kladné hodnoty SPI-6 indikují větší množství spadených srážek oproti normálu, hodnota 0 odpovídá srážkovému normálu dané stanice a záporná čísla představují deficit srážek. Větší pozornost byla zaměřena hlavně na roky s nízkými srážkovými úhrny, u kterých vypočtené hodnoty SPI-6 spadaly do záporných čísel, znamenajících meteorologické sucho. Za hranici sucha byly považovány roky, kdy hodnoty SPI-6 klesly pod -0,5, a roky s SPI-6 pod -1,6 už byly považovány za extrémně suché. Za suché roky byly vybrány ty, kde bylo sucho či extrémní sucho zaznamenáno alespoň na dvou třetinách stanic.

5 Výsledky

Z výsledků analýzy srážek na vybraných 30 lokalitách středních a východních Čech vyplynulo, že sucho či extrémní sucho bylo zaznamenáno na alespoň dvou třetinách studovaných stanic v letech 1962, 1969, 1973, 1976, 1982, 1999, 2000, 2003, 2008 a 2018. V roce 2018 bylo na 28 stanicích zaznamenáno podle indexu SPI sucho, na 20 z nich bylo sucho dokonce extrémní. Druhý nejčtenější výskyt extrémního sucha byl v roce 1976 a to na 17 stanicích.

Na všech stanicích byla minimální hranice sucha podle SPI překonána za sledované období třikrát. V roce 1990, který byl celkově druhý nejsušší, se extrémní sucho vyskytlo na 11 stanicích. Dále v roce 1992, který byl celkově třetí nejsušší s devíti stanicemi s výskytem extrémního sucha. Nejsušší z řady let, byl rok 2015, kdy se extrémní sucho vyskytlo na 13 z 30 stanic.

Na stanicích položených ve vyšších nadmořských výškách se neobjevilo tolik extrémně suchých vegetačních období, na rozdíl od těch níže položených, kde se u části lokalit četnost extrémů zvětšila v posledních letech.

5.1 Střední Čechy

Ve středních Čechách byla za sledované období 1961–2018 na většině meteorologických stanic překročena hranice sucha s hodnotou $-0,5$ standardizovaného srážkového indexu za vegetační období (SPI-6) nejčastěji třináctkrát až patnáctkrát. Jenom dvanáctkrát byla mez překonána v Havlíčkově Brodě, sedmkrát v Příbrami, a nejvíce osmkrát v Lánech a Košetcích. Za sledované období bylo na jednotlivých stanicích extrémní sucho dosaženo maximálně čtyřikrát. Sucho bylo na alespoň dvou třetinách stanic zaznamenáno v letech 1962, 1964, 1969, 1973, 1999 a 2000, 2018, někde dokonce dosáhl SPI-6 pod $-1,6$, tedy extrémního sucha. K tomu se na všech stanicích sucha či extrémního sucha dosáhlo v letech 1976, 1982, 1990, 1992, 2003 a 2015. Z nich lze za nejsušší považovat rok 1976, kdy na 9 z 12 meteorologických stanic bylo extrémní sucho v době vegetačního období, a poté rok 1990, tehdy padla hranice extrému na osmi lokalitách. V ostatních letech byla hranice pokořena maximálně na pěti stanicích během jednoho roku.

5.1.1 Desná

Díky standardizovaným srážkovým indexům za jednotlivá vegetační období bylo zjištěno, že na meteorologické stanici Desná se od roku 1972 začala vyskytovat suchá období, která se střídala s obdobími majícími srážkové úhrny výrazně nad normálem, což v předchozích jedenácti letech tak nebylo (viz příloha 9.4.1.1). Jejich frekvence se postupem času zmenšovala. Průměrný srážkový úhrn v této lokalitě za vegetační období z let 1961–2018 činil 635,6 mm.

Co se týče extrémních roků, ty nastaly v rámci sledovaného období třikrát, a to v letech 1976, kdy spadlo 361,5 mm, 2003 (367,4 mm) a 2018, který byl z nich nejextrémnější, protože během vegetačního období spadlo pouze 345,5 mm. Po velmi suchém roce 1976 nastal rok, kdy SPI-6 dosahoval nejvyšších hodnot v rámci sledovaného období, tehdy spadlo 1000,6 mm za vegetačním obdobím.

5.1.2 Semčice

Na meteorologické stanici v Semčicích byl ve sledované řadě let pozorován velmi častý výskyt sucha (viz příloha 9.4.1.2). Jednotlivé suché roky byly často vystřídány rokem s výraznou dešťovou aktivitou dosahující maximálních hodnot 565,1 mm v roce 1977. Aritmetický průměr srážkových hodnot za sledované období byl v Semčicích 361,6 mm.

Po období s nízkými hodnotami SPI-6, ohraničeném extrémními roky 1973 a 1976, kdy napršelo 228,6 mm a 231,3 mm, nastoupil již výše zmíněný srážkově velmi vydatný rok, následovaný srážkově nejvyšším nadprůměrným intervalem. Další extrémní vegetační období nastala v letech 1990 s úhrny 227,6 mm a 2018 s 213,1 mm, který je dle SPI-6 hodnocen jako nejsušší na této stanici.

5.1.3 Brandýs nad Labem

V Brandýse nad Labem se střídaly celkem pravidelně vegetační doby s dostatečným úhrnem srážek (maximum 560,2 mm v roce 1981) s dobami, které byly podle SPI-6 označeny za suché (viz příloha 9.4.1.3). V rámci analyzovaných let probíhaly periody většinou tak, že po pár letech sucha (max. 5) přišlo několik let (cca 4) s nadbytkem srážek, následovaných zase lety s nižšími srážkovými úhrny oproti normálu. Srážkový normál z let 1961–2018 byl 374,5 mm.

Za velmi suchá byla označena vegetační období v letech 1976, 1990, 2000, 2018 s množstvími srážek 225, 223, 241,2 a 225 mm. Nejhorší byl rok 1990. Dokonce i rok předchozí s 298,3 mm a dva po něm následující (255,4 mm a 293,6 mm) byly suché. To bylo pro toto stanoviště velmi neobvyklé, protože jindy po výrazně suchém roce následoval rok s nadprůměrným srážkovým úhrnem, nebo se alespoň přiblížil k normálu. Lehce nad hodnotu SPI-6 velkého sucha se spadenými 247 mm skončil rok 1969.

5.1.4 Lány

Od roku 1961 se v Lánech opakovaly srážkové události, kdy byly extrémně suché roky nahrazeny roky suššími, či roky srážkově nadprůměrnými (viz příloha 9.4.1.4). Maximálně spadlo 522,6 mm v roce 1995, průměr byl 364 mm. Po roce 2000 se přestaly vyskytovat záporné srážkové extrémy, hodnoty SPI-6 přesahovaly pouze hranici sucha. Celkově se hranice sucha překonala osmnáctkrát, což je spolu s Košeticemi nejvyšší hodnota v rámci středních Čech.

Jako extrémní jsou vyhodnoceny pouze roky 1971 s množstvím srážek 228,2 mm a rok 1990, kdy napršelo pouze 227,1 mm srážek, což z něj činilo nejsušší za celé sledované období. Těsně nad hranicí SPI-6 extrémně suchého roku skončily roky 1964, kdy napršelo 239,7 mm, 1976 s úhrnem 242,9 mm za vegetační období a rok 1982 s 240,3 mm.

5.1.5 Praha–Ruzyně

V Ruzyni v rámci sledovaných let nedocházelo k tak velkým srážkovým rozdílům jako na předchozích meteorologických stanicích. Obvykle po větších kladných i záporných hodnotách SPI-6 nenásledovala období s velkým opačným výkyvem srážek, ale přechody mezi nimi byly postupné, viz příloha 9.4.1.5. Kromě vegetačních dob v letech 2013–2015, kdy byly v prvních dvou letech velké srážkové úhrny, které poté následoval třetí nejsušší rok 2015. Rok

2013 byl z vybraného období srážkově nejbohatší, spadlo tehdy 533,7 mm, v dalším roce 471 mm, a v roce 2015 pouhých 227,1 mm. Srážkový průměr stanice dosáhl 351,4 mm.

K extrémně suchým vegetačním obdobím došlo v Ruzyni pouze třikrát, a to v letech 1976, 1990, které jsou se stejným srážkovým úhrnem 222,1 mm brány za nejsušší v rámci sledovaného období, a výše zmíněném roce 2013. Téměř extrémní byly roky 1982, 2000 a 2003, kdy se srážky pohybovaly kolem 234 mm.

5.1.6 Praha–Karlov

V Praze–Karlově docházelo převážně v novém tisíciletí k větším meziročním výkyvům úhrnů srážek než v Ruzyni (viz přílohy 9.4.1.5 a 9.4.1.6). Delší šestileté suché období nastalo v intervalu 1989–1995, kdy se srážky podle SPI-6 během této doby nedostaly nad hranici normálu. Navíc vegetační období 1990 bylo na stanici zaznamenáno jako srážkově nejhorší, spadlo tehdy pouhých 176,7 mm oproti průměrným 304,1 mm. Nejhojnější byl na srážky rok 2014 s úhrnem 452,3 mm.

Extrémy nastaly v analyzované době čtyřikrát. V roce 1976 spadlo 186,2 mm, potom již zmíněný rok 1990, dále s úhrnem 183,7 mm druhý nejsušší rok 2000, a nakonec rok 2003 s 191 mm. Nad hranicí extrému s celkovým množstvím srážek 203,8 mm zůstal rok 1982.

5.1.7 Praha–Libuš

Na meteorologické stanici Praha-Libuš se vyskytovaly srážkově průměrné až nadprůměrné epizody dlouhé 3–6 let, prokládané jednotlivými suchými či až velmi suchými vegetačními obdobími, viz příloha 9.4.1.7. Od téměř extrémně suchého roku 1990, kdy napršelo 232,5 mm, nastal těmto pravidelnostem konec. Velké změny srážek oproti normálu, který činil 368,5 mm, přišly v období 2000–2003, které začalo výrazným suchým rokem s 250,1 mm. Po něm následovaly srážkově nadprůměrné roky, ze kterých byl ten 2002 nevydatnější za celou sledovanou dobu – 629,5 mm. Rok nato nastal druhý extrémně nejsušší rok s 210,9 mm.

Velmi suché roky byly v letech 1976 (209,2 mm), 1982 (217,8 mm), již řečeném roku 2003 a 2018, ve kterém napršelo 220,9 mm.

5.1.8 Ondřejov

Srážkové úhrny na stanici v Ondřejově nevykazují nějaké pravidelnosti, viz příloha 9.4.1.8. Výrazného maxima srážek oproti ostatním nadprůměrům bylo dosaženo v roce 2002, kdy za vegetační dobu spadlo 721,2 mm. Přitom normál dané lokality za období 1961–2018 činil 419,9 mm. Rok poté následoval výrazný srážkový deficit s 291,9 mm.

Do extrémně suchých let se zařadily roky 1976, kdy úhrny činily 258,7 mm. V roce 1990 napršelo pouhých 248,4 mm a v roce 2015 261,4 mm. Nejslabší byl na srážky rok 2018, ve kterém spadlo jenom 247,2 mm.

5.1.9 Příbram

Z grafu ukazující změny SPI-6 v řadě let je patrné, že po pár letech nadprůměrných hodnot srážek ve vegetačním období následovaly suché roky, viz příloha 9.4.1.9. K větším extrémním hodnotám jak deficitu, tak nadbytku srážek docházelo častěji od roku 1990.

Srážkový normál stanoviště za sledované období dosáhl hodnoty 348,5 mm. Hranice sucha byla překročena sedmáctkrát.

Velmi suché roky zaznamenala meteorologická stanice v Příbrami tři. První extrém byl v roce 1969, to spadlo o 130 mm méně srážek oproti normálu. Největší srážkový deficit napršel ve vegetační době roku 1990, kdy byl srážkový úhrn 147 mm pod průměrem. Zatím poslední extrémní byl rok 2015, kde k normálu chybělo 142 mm. Těsně nad hranicí extrému zůstal rok 1971 s 231,8 mm.

5.1.10 Nedrahovice

Na začátku studovaného časového intervalu byly srážkové úhrny více vyrovnanější. Hodnoty SPI-6 se častěji měnily postupně než skokově, a méně přecházely ve větší kladná i záporná čísla, viz příloha 9.4.1.10. Průměrné množství srážek na stanici v Nedrahovicích bylo vypočteno na 370,3 mm. Největší srážkový úhrn 606,6 mm nastal v roce 2013.

Extrémní nedostatek srážek byl registrován ve letech 1976, tehdy spadlo 225,8 mm, pak v roce 1982 209,8 mm), následně nejméně v roce 2003, kdy úhrny činily 203,4 mm, a nakonec rok 2015, tenkrát napršelo 217,8 mm.

5.1.11 Košetice

V Košeticích srážková aktivita extrémů vůbec nedosahovala až do roku 2010 (viz příloha 9.4.1.11), kdy velké spadené množství srážkových sum za vegetační období dosáhlo 661,4 mm. Přitom průměr stanice byl 376,9 mm. Srážky zde ale velmi často překročily hranici sucha – celkem osmáctkrát. Blízko k extrému se dostaly v letech 1976, 1982, 1992 a 2008, kdy spadlo od 264 do 268 mm.

Co se týče extrémně suchých let, ty se dle SPI-6 za sledované období 1961–2018 na meteorologické stanici vůbec nevyskytly. Zato zde ale byla překročena hranice sucha nejvícekrát ve středních Čechách, tedy spolu se stanicí v Lánech, a to osmáctkrát.

5.1.12 Havlíčkův Brod

V lokalitě Havlíčkův Brod byly do roku 1967 srážky nadprůměrné. Poté přišlo období s celkovou nižší srážkovou aktivitou, které trvalo dvacet šest let, viz příloha 9.4.1.12. Od té doby se začaly střídát roky výraznější na množství srážek se suchými lety. Srážkový normál stanice činil 418,7 mm a k největšímu srážkovému úhrnu došlo v roce 2002, kdy spadlo 601,1 mm. Pokud nepočítáme extrémní roky, tak hranice sucha byla na této stanici překročena pouze dvanáctkrát, a to je v rámci vybraných stanic středních Čech nejméně.

Za extrémní byly považovány roky 1969 s 287 mm, nejsušší 1976 s množstvím 256,3 mm, 1990, kdy úhrn srážek činil 291 mm, a rok 1992 s napršenými 268,5 mm. Blízko se k extrému dostal se spadenými 299,2 mm rok 2018.

5.2 Východní Čechy

Pokles hodnoty SPI-6 pod limit sucha se na většině jednotlivých stanic vyskytl třináctkrát až sedmáctkrát za zkoumané vegetační období. Pouze jedenáctkrát byla hranice překročena na stanicích v Poděbradech a Seči, desetkrát pak v Rokytnici. Nejčastěji bylo sucho

zaznamenáno v lokalitě Hradec Králové – Svobodné Dvory a to devatenáctkrát. Extrémní sucha se na jednotlivých stanicích za sledovaných 58 let vyskytla dvakrát až pětkrát. Tam, kde jich bylo méně, byl častější výskyt sucha. Suché či extrémně suché byly na alespoň dvou třetinách stanic roky 1962, 1969, 1973, 1976, 1982, 1983, 1999, 2003, 2004, 2008 a 2016. Sucha či extrémního sucha bylo na všech stanovištích dosaženo v letech 1990, 1992, 2015 a 2018, které takto vzestupně ukazují míru sucha. Nejvíce nejsušší byl rok 2018, kdy hodnota extrému 1,6 SPI-6 byla překonána na 15 z 18 suchých meteorologických stanic ve východních Čechách, v roce 2015 to bylo na devíti, v roce 1992 na osmi a v roce 1990 na třech stanicích.

Jelikož meteorologické stanice na Labské boudě, Luční boudě, v Peci pod Sněžkou a ve Vrchlabí se naházejí docela blízko u sebe, tak měly všechny tyto stanice stejný grafický vývoj průběhu srážek v rámci analyzovaného období. Ještě větší podobnost platila pro dvojice stanic Polom – Deštné v Orlických horách a stanice v Hradci Králové.

5.2.1 Labská bouda

Od roku 1961 do velmi extrémního roku 1976 převládal na Labské boudě spíše srážkový deficit, který ve většině případů způsobil ve vegetačním období sucho, viz příloha 9.4.2.1. V následujícím období do roku 1994 se srážkové úhrny pohybovaly více méně kolem normálu, případný větší výkyv byl srovnán srážkami z následujících let. V posledních třiatdvaceti letech se častěji objevovaly větší meziroční srážkové rozdíly. K maximálnímu úhrnu došlo v roce 2010, kdy na stanici napršelo za pouhých 6 měsíců 1319,6 mm, a to průměrné množství činilo 761,1 mm.

Hodnoty extrémního sucha byly překročeny v letech 1973, který měl úhrn 451,8 mm, a v nejsušším roce 1976, kdy v lokalitě spadlo pouhých 349,9 mm. Rok nato sumy srážek byly bezmála o 581 mm vydatnější. Blízko k extrému se přiblížil rok 2003, tehdy spadlo 495,2 mm.

5.2.2 Luční bouda

Na Luční boudě docházelo ke srážkovým změnám do roku 1994 většinou plynule, viz příloha 9.4.2.2. Kromě velkého výkyvu z let 1976 a 1977, kdy nastala skoková změna o 441,2 mm. Od roku 1997, kdy napršelo nejvíce srážek za studovanou dobu – 1061,8 mm, se začala střídát na srážky velmi bohatá, a naopak chudá vegetační období. Normál srážek meteorologické stanice byl 640,8 mm.

SPI-6 vyhodnotil jako extrémně suché roky již výše zmíněný nejsušší rok 1976 s celkovým úhrnem 311,1 mm a rok 2003, kdy množství srážek činilo 407,7 mm.

5.2.3 Pec pod Sněžkou

Na začátku sledované doby trvala srážkově nadprůměrná období zhruba 5 let a po nich následovala přibližně stejně dlouhá období s menšími srážkovými úhrny, která se na svá minima dostávala postupným snižováním srážek (viz příloha 9.4.2.3). Po dosažení nejnižších hodnot obvykle následoval srážkově velmi nadprůměrný rok. Ke změně trendu došlo v roce 1999. Od té doby nedocházelo k tak velkým srážkovým výchytkám oproti normálu, a roky s nedostatkem a nadbytkem srážek se střídaly po menších časových intervalech. Průměrné množství srážek stanice bylo 627,4 mm. Maximum napršelo v roce 1997 s úhrnem 969,5 mm.

Minimum srážek bylo 333,5 mm v roce 1976, dále byly hranice extrémního sucha překročeny s 410,6 mm, v roce 1983 a v roce 2018, kdy napršelo o 230 mm méně oproti normálu. K extrému se přiblížil rok 1992, tehdy napršelo 209 mm pod normál.

5.2.4 Vrchlábí

Průběh přechodů mezi srážkovými úhrny ve Vrchlábí byl vzhledem k meziročním rozdílům zpravidla postupný, viz příloha 9.4.2.4. K mírným změnám došlo od roku 2004, kdy se začaly častěji objevovat markantnější rozdíly. Průměrné množství srážek spadené na stanici za vegetační období bylo 428,7 mm. Velké srážkové extrémy týkající se nadměrného množství spadených srážek se v této lokalitě nevyskytovaly. Nejvíce vody spadlo v roce 2010, kdy byla zaznamenána hodnota 600,3 mm.

Velmi suchých vegetačních období bylo za sledované období zaznamenáno celkem pět. První extrémně suché období zahrnuje roky 1973 se sumou 269,7 mm, 1975 s 266,1 mm a nejméně srážkový rok 1976 s pouhými 224,2 mm. Dále se jednalo o roky 2016 a 2018, kdy srážkové úhrny činily 260 a 233,5 mm.

5.2.5 Broumov

Chod srážek se v průběhu let 1961–2018 neměnil, viz příloha 9.4.2.5. Suchá vegetační období se víceméně rok co rok střídala s těmi srážkově nadprůměrnými. Větší výkyv sucha nastal v intervalu 1990–1993, kdy v jednotlivých letech napršelo od 279,4 do 298 mm. Největší srážkový úhrn byl v roce 2001, tehdy spadlo o 191 mm více srážek, než činil staniční průměr dosahující hodnoty 398,3 mm.

Extrémy byly zaznamenány pouze dvakrát, a to na konci sledovaného období. Největší sucho bylo v roce 2015, kdy množství srážek dosáhlo 226,9 mm. Poslední velké sucho bylo v roce 2018 se srážkovými úhrny 259,3 mm za vegetační období.

5.2.6 Polom

Srážkové úhrny byly na meteorologické stanici Polom velmi variabilní, viz příloha 9.4.2.6. Od roku 1975 se začaly objevovat výraznější meziroční srážkové rozdíly, které se během tří let přesunuly z velkého nadbytku do citelného nedostatku srážek. Nejhojnější na srážky byl rok 1998, tehdy spadlo 769,5 mm. Srážkový normál stanice za sledované období byl 498,9 mm.

Nejsušší byl podle SPI-6 rok 1992, to napršelo pouze 266,7 mm. Rok 2015 s 195 mm pod průměrem byl třetí nejhorší. Mezi nimi se umístil s úhrnem 287,3 mm rok 2018. K extrému se přiblížil rok 1976, který byl 165 mm pod normálem.

5.2.7 Deštné v Orlických horách

Zde se měnil průběh SPI-6 stejně jako na stanici Polom, viz přílohy 9.4.2.6 a 9.4.2.7. Větší výkyv srážek se vyskytl roku 1986 a dále v období 2011–2014, tehdy množství srážek klesla hluboko pod normál. Nejdeštivější byl rok 1998, kdy srážkový úhrn činil 812,8 mm. Průměrné množství srážek za vegetační období bylo 536,2 mm.

Se sumou srážek 282,9 mm byl nejsušší rok 1992. 337,8 mm spadlo v roce 2015 a jako druhý nejskromnější rok na srážky byl vyhodnocen rok 2018 s 285,2 mm. Rok 1976 s množstvím srážek 360,6 mm skončil těsně nad hranicí extrému.

5.2.8 Hradec Králové – Svobodné Dvory

V části města Hradec Králové – Svobodné Dvory po řadě trvajících až 5 srážkově nadprůměrných let obvykle následovalo podobně dlouhé období sucha. Hranice sucha byla za analyzovanou dobu překročena devatenáctkrát (viz příloha 9.4.2.8), což je nejčastěji ze všech vybraných stanic ve východních Čechách. Průměrný úhrn stanice činil 358,9 mm, maximálních 543,4 mm srážek napršelo v roce 2010.

Extrémní sucho se vyskytlo pouze dvakrát, a to v letech 1990 a 2018, tehdy spadlo 228,1 mm a 224,4 mm. Blízko k extrému měly roky 1962 a 2016, kdy srážkové úhrny dosáhly 232,9 a 238,9 mm.

5.2.9 Hradec Králové – Nový Hradec Králové

Na této stanici se grafický průběh standardizovaného srážkového indexu za vegetační období z větší části podobal tomu v lokalitě Svobodné Dvory, viz přílohy 9.4.2.8 a 9.4.2.9. Srážky zde ale překročily hranici sucha pouze patnáctkrát. Nejbohatší na srážky s 543,7 mm byl rok 1977. Srážkový normál činil 376,6 mm.

Hranice extrémního sucha byla překonána až na konci analyzovaného období a to úhrnem 212,1 mm v roce 2015. Druhý nejsušší byl rok 2016 s 200,5 mm a na srážky nejskromnější byl rok 2018 se 197,7 mm.

5.2.10 Rychnov nad Kněžnou

Na meteorologické stanici v Rychnově nad Kněžnou se často střídaly roky s nadměrným množstvím srážek s roky, kdy byl srážkový úhrn podprůměrný, viz příloha 9.4.2.10. Velká změna SPI-6 proběhla v intervalu 1992–1995. Rozdíl srážkových sum mezi těmito krajními nejextrémnějšími roky činil 434,2 mm. Průměrné spadené množství srážek na tomto stanovišti je 422 mm.

Velká sucha byla v již zmíněném roce 1992, kdy napršelo pouze 195,7 mm, a v roce 2018, tehdy na daném území byly úhrny dosahující 268,2 mm. K extrému se nejblíže dostal rok 2015 s napršenými 283,7 mm.

5.2.11 Rokytnice v Orlických horách

Srážky se v blízkosti normálu na stanici moc často nevyskytovaly, viz příloha 9.4.2.11. Po obdobích hojných na srážky, která začínala obvykle rokem s nejvyšším úhrnem, následovaly doby, kdy hodnoty SPI-6 klesly pod hranici sucha. Průměrná suma srážek za sledovanou dobu byla 509,7 mm. Největší množství srážek spadlo v roce 1995, tři roky po nejsušším vegetačním období za analyzovanou dobu, a činilo 629,9 mm.

Velmi chudý na srážky byl rok 1976 s množstvím srážek 330,4 mm. Nejsušší byl rok 1992, tehdy úhrny dosáhly jen 279,7 mm. Další byly roky 2015 a 2016, kdy sumy srážek činily 308,2 a 317,9 mm. Naposled byl extrém překonán 316,3 mm v roce 2018.

5.2.12 Poděbrady

Do roku 1972 SPI-6 na stanici v Poděbradech nevykazovaly velké výchylky od staničního normálu, který byl 359,3 mm, viz příloha 9.4.2.12. Od té doby se však začaly úhrny srážek častěji nabývat vzdálenějších hodnot od normálu, ve kterých setrvaly i více let a někdy dosahovaly až do extrémů. Nejhojnější dešťovou aktivitu měl rok 2010 se spadenými 529,4 mm. Na této lokalitě byla hranice sucha překročena pouze jedenáctkrát, stejně jako na meteorologické stanici v Seči, a to bylo nejméně ze zkoumaných lokalit ve východních Čechách.

Extrémní nedostatek srážek se vyskytl v roce 1973 s množstvím 226,2 mm, další byl rok 1990, to srážkový úhrn činil 220,6 mm, poté rok 2003 s 218,6 mm a nejsušší byl rok 2018, tehdy napršelo pouze 191,1 mm. K extrému se velice přiblížily roky 1999, 2000 a 2009, jejichž sumy srážek se pohybovaly od 233,7 do 235,8 mm.

5.2.13 Mokošín

V Mokošíně se střídala období s dostatečným množstvím srážek s obdobími, kdy srážkové úhrny dle SPI-6 klesly pod hranici sucha, viz příloha 9.4.2.13. Větší sušší epizoda, přerušovaná malými nadprůměry, se vyskytovala v době 1969–1976. Další byla od roku 1988 do roku 1994. Průměrné množství spadených srážek za vegetační období bylo 390,3 mm. Maximum srážek spadlo v roce 2001 a jejich úhrn činil 580,1 mm.

Extrémy byly překonány v roce 1976, kdy napršelo 241,4 mm, dále v roce 2015, tehdy byl úhrn 242,4 mm, potom v roce 2016 s 216,5 mm. Nejsušší byl se sumou srážek 206 mm rok 2018.

5.2.14 Pardubice

Na meteorologické stanici v Pardubicích se začaly častěji vyskytovat suchá vegetační období po roce 1989, viz příloha 9.4.2.14. Nejvyšší naměřená hodnota byla v roce 1977, kdy napršené množství srážek dosáhlo na 588 mm. Srážkový normál pro analyzované období činil 359,7 mm.

Velmi suchý s 222,4 mm byl rok 1973. Málo srážek spadlo i v roce 1990, tehdejší úhrn měl jen o 5 mm více srážek než ten v roce 1973. Pod hranici extrému se doslat i rok 2016 s množstvím srážek 228,2 mm. Ještě extrémnější byl rok 2018, to spadlo pouhých 183,2 mm.

5.2.15 Ústí nad Orlicí

V prvních třiceti letech sledovaného období se nevyskytovaly tak často větší srážkové odchylky ať už kladné či záporné, jako v době poté, viz příloha 9.4.2.15. Od roku 1992 se srážky ze záporného extrému do kladného a obráceně změnilы nejdéle během tří let. Jako například v časovém intervalu let 2008–2010, kdy rozdíl srážek v tomto období dosáhl 341,4 mm. Rok 2008 zůstal těsně nad hranicí extrému, zato rok 2010 byl s 634,7 mm na stanici srážkově nejvydatnější. Průměr srážek byl 433,1 mm.

Extrémní sucho se dle SPI-6 vyskytlo v letech 1992, 2015 a 2018. Nejextrémnější rok 1992 měl úhrn 239,1 mm. Třetí nejsušší byl rok 2015 s 283,3 mm srážek. Druhou nejhorší pozici zaujal rok 2018, tehdy spadlo jen 260,5 mm.

5.2.16 Chotusice

Do roku 1994 se na meteorologické stanici v Chotusicích vyskytovala často hodně suchá vegetační období i suché extrémy, viz příloha 9.4.2.16. Srážky, které se pohybovaly nad normálem, nedosahovaly tak vysokých hodnot jako po roce 1994. Od tohoto roku docházelo k větším nadprůměrným výkyvům a hodnoty SPI-6 v suchých letech neklesly moc hluboko pod hranici sucha. Staniční srážkový normál činil 325,4 mm. Maximální úhrn srážek napršel v roce 2010 a měl 517,9 mm.

Druhý nejsušší byl dle SPI-6 rok 1976, tehdy spadlo 178,2 mm. Třetí místo zaujal s 194,1 mm rok 1982. Nejextrémnější byl rok 1992, to srážkoměry zachytily pouhých 174,4 mm. Naposled skončil pod hranicí extrémního sucha s 205,1 mm rok 2008.

5.2.17 Seč

Prvních třicet let v rámci sledovaného období se srážky obvykle pohybovaly kolem srážkového normálu stanice (viz příloha 9.4.2.17), který měl hodnotu 447,8 mm, jen jednou za cca sedm let klesl SPI-6 pod hranici sucha. V období 1995–2001 se výrazně zvýšily úhrny nadprůměrných srážek. Srážkově nejhojnější byl již zmíněný rok 2001, kdy napršelo 758,9 mm.

V pořadí třetí nejsušší se sumou srážek 254,8 mm byl rok 1976. Nejsušší byl rok 1992, tehdy spadlo na stanici jen 216,2 mm srážek. Z posledních čtyř let byly hned tři extrémně suché roky, a to 2015, 2016 a 2018, které zaznamenaly 260,1, 265,6 a 251,7 mm srážek.

5.2.18 Svratouch

V první polovině zkoumaného období se na meteorologické stanici ve Svratouchu dle SPI-6 srážkové úhrny pohybovaly kolem srážkového normálu (viz příloha 9.4.2.18), který pro danou lokalitu činil 484,5 mm. Výjimka nastala v intervalu 1964–1967, kdy srážkové úhrny měly větší nadprůměrný výkyv. V letech 1982 a 1983 bylo zaznamenáno větší sucho oproti ostatním vegetačním obdobím do roku 1991. Od roku 1992 začalo množství spadených srážek kolísat. Jeden rok bylo velmi sucho, druhý byl pak výrazně nad průměrem. Nejvýraznější propad nastal mezi lety 2014 a 2015, to byl rozdíl srážek 424,4 mm. Na srážky nejvydatnější byl rok 2010, kdy tehdy úhrn srážek činil 724,7 mm.

Extrémně suchá vegetační období se začala nejprve objevovat až v roce 1992. Ten byl podle SPI-6 ve Svratouchu nejsušší za celou sledovanou dobu. Napršelo tenkrát pouze 241,6 mm. Druhý nejsušší byl rok 2015 s 269,9 mm. V roce 2016 bylo naměřeno 305,8 mm. Rok 2018 se umístil na třetí příčce s množstvím srážek 287,9 mm.

6 Diskuse

6.1 Průměrné množství srážek

Výsledky analýzy průměrných množství srážek na jednotlivých stanicích za vegetační období 1961-2018, viz příloha 9.5, z velké části odpovídají průměrům uváděným v Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al. 2007), který zpracovává roky 1961–2000. Hodnoty průměru studovaných lokalit se pohybují v rozmezí 304–761 mm. Největší průměrný úhrn srážek je v Krkonoších – konkrétně na Labské boudě. Následuje s normálem nad 600 mm Desná v Jizerských horách a Pec pod Sněžkou. Nad 500 mm srážek má Rokytnice v Orlických horách. Průměrné srážky nad 450 mm má také meteorologická stanice ve Svatouchu. S Atlasem souhlasí i hodnoty průměrného množství srážek v Havlíčkově Brodě, Ondřejově, Vrchlabí, Rychnově nad Kněžnou a Ústí nad Orlicí, které přesahují 400 mm. Srážkový normál nad 350 mm je v Lánech, Praze–Ruzyně i Libuši, Brandýsu nad Labem, Semčicích, Nedrahovicích, na obou stanicích v Hradci Králové, Mokošíně, Poděbradech a Pardubicích. Těsně pod srážkovými úhrny, než které uvádí Atlas, je stanice Příbram, Broumov, Polom a Seč. Na každé z těchto tří stanic ale chybí pouze maximálně 3 mm, nelze tedy tvrdit, že na těchto místech došlo poklesu srážek.

Větší rozdíly byly zjištěny na stanicích Praha–Karlovy Vary, Košetice, Luční bouda, Deštné v Orlických horách a Chotusice, kde zjištěné průměry jsou menší než uváděné v Atlasu. V Praze–Karlovy Vary o 21 mm, v Košeticiích o 23 mm, na stanici Luční bouda o 60 mm, v Deštné v Orlických horách o 64 mm a Chotusicím o 25 mm.

Analýza kolísání úhrnů srážek za vegetační období ukázala, že celkové množství srážek ve sledovaném území spíše stagnuje, na řadách úhrnů srážek nelze zaznamenat statisticky významné trendy. K mírně větším výkyvům srážek ve sledovaném období došlo v nížinách, naopak ve vyšších polohách bylo kolísání srážek méně výrazné.

6.2 Suché roky

Mezi nejsušší vegetační období na území středních a východních Čech dle SPI-6 patřila ta v letech 1990, 1992 a 2015, kdy bylo na všech vybraných stanicích zaznamenáno sucho. Nejextrémnější byl rok 2015, kdy se extrémní sucho vyskytlo na třinácti stanicích. Vyšší četnost extrémního sucha byla zaznamenána ve východních Čechách, jedná se zejména o výše položené území od Broumova přes Orlické hory po Českomoravskou vrchovinu, dále stanice Nový Hradec Králové a Mokošín. Ve středních Čechách jde o stanice na Středočeské pahorkatině a v Ruzyni. Druhý nejsušší je rok 1990 s jedenácti výskyty extrémního sucha. Tehdy byla velká sucha hlavně ve středních Čechách převážně na stanicích s nižší nadmořskou výškou. Poslední s devíti extrémními suchy je rok 1992. Sucho bylo zaznamenáno ve středních Čechách od Broumova přes Orlické hory až po Českomoravskou vrchovinu, v Chotusicích a ve středních Čechách pouze v Havlíčkově Brodě.

Brázdil et al. (2015) uvádí, že od roku 1961 do roku byly extrémně suché roky 1992, 2000, 2003 a 2007, které podle této analýzy až na rok 1992 vyšly jen jako suché. Tyto roky jsou ale považovány za nejsušší dle SPEI, který bere v potaz i výpar ze zemského povrchu, který je z části závislý na teplotě vzduchu. Je také důležité brát v úvahu, že Brázdil hodnotil

celý rok, nejen vegetační období a celé území České republiky, takže jsou zde započítány i jiné na výskyt sucha více náchylné lokality.

Ve středních a východních Čechách byl zjištěn výskyt sucha na alespoň dvou třetinách stanic vzestupně v letech 1962, 2000, 2008, 1999, 1969, 1973, 2018, 1982, 2003 a 1976. Zajímavé je srovnání suchých roků 1976 a 2018. Zatímco v roce 1976 se sucho vyskytovalo na 29 stanicích, v roce 2018 na 28 z nich. V roce 1976 bylo extrémní sucho zaznamenáno na 17 stanicích, v roce 2018 dokonce na 20 stanicích. Extrémní sucho bylo v roce 1976 zaznamenáno častěji ve středních než východních Čechách, s výjimkou stanic v Lánech, Příbrami a Košeticích. Ve východních Čechách dosáhly extrémů stanice v Krkonoších, Rokytnici v Orlických horách, Mokošíně, Chotusicích a Seči. Žádný extrém nenastal v suchých letech 1962 a 1999, kdy byla sucha rovnoměrně rozmístěna po celém území. Ve středních Čechách byl ještě suchý rok 1964, tehdy sucho nebylo pouze v Desné a Havlíčkově Brodě. Ve východních Čechách se jednalo ještě o roky 1983, 2004 a 2016, který měl 7 extrémů z patnácti stanic pod hranicí sucha.

6.3 Změny v srážkových úhrnech

Pravidelnosti srážkových úhrnů lze přesně stanovit těžko. Můžeme říci, že suché nebo extrémně suché roky se v každém desetiletí vyskytnou dvakrát, někdy až třikrát. Frekvence se mírně zvýšila oproti dřívějšímu od přelomu tisíciletí ve východních Čechách, zvýšil se ale hlavně výskyt sucha a extrémního sucha na větším počtu stanic v rámci jednoho roku. Ve středních Čechách žádné takové změny nepozorujeme. Obecně lze tvrdit, že na většině stanic vybraného území se od nového tisíciletí úhrny srážek mezi jednotlivými roky častěji měnily a tyto změny byly výraznější, jednou byl rok velmi hojný na srážky a za rok bylo srážek málo, proto nedochází ke snižování celkového průměru srážek.

7 Závěr

Prvním cílem této práce bylo provést rešerši odborné literatury zabývající se problematikou srážkových úhrnů. Z literární rešerše je patrné, jak se srážky měří, že spadlé množství srážek má svůj měsíční a roční chod a že záleží také na dané lokalitě, charakterizované například nadmořskou výškou, blízkostí velkého pohoří a častým směrem proudění větru. Dále, že suché roky byly již v minulosti a nejsou tedy v současné době ničím novým. Současně, že má sucho také vliv na zemědělství a jeho produkci, a že je důležité dodržovat určité zemědělské postupy pro udržení vláh v půdě a tím dosáhnout vyšších výnosů. Náhled budoucích změn vývoje klimatu ukazuje, že je důležité se připravovat na tyto změny zemědělství už dnes.

Druhým cílem bylo analyzovat sumy srážek za vegetační období ve středních a východních Čechách. Provedená analýza ukázala, že suché a extrémně suché roky se v letech 1961–2018 pravidelně střídaly, nebyla to tedy jen záležitost poslední doby. V novém tisíciletí došlo v jednotlivých letech k většímu rozšíření sucha na větší území, výskyt sucha či extrémního sucha se dle SPI-6 objevil na více stanicích zároveň. Významný nedostatek srážek nebyl tedy pouze lokální, ale zaujímal větší rozlohu. Obecně se nesnižovala hodnota průměrného srážkového úhrnu za vegetační období, a to díky střídání dob bohatých a chudých na srážky. V posledních letech se ale častěji spadené množství srážek pohybovalo dále od hodnot průměru. Nelze tedy říct, že za častější výskyt sucha po roce 2000 mohlo menší množství spadených srážek oproti letům minulým. Sucho bylo způsobeno spíše zvyšující se průměrnou teplotou, která vyvolala větší výpar ze zemského povrchu (Trnka et al. 2013).

Posledním cílem bylo porovnat získané výsledky s informacemi dostupnými v odborné literatuře. Při porovnání našich výsledků a literatury jsme zjistili, že získané závěry záleží na studovaném území a použitých metodách, které se ne vždy shodnou na míře intenzity sucha. Je tedy důležité přesně definovat studovanou oblast a postup jejího hodnocení.

Ze získaných informací vyplynulo, že dochází ke klimatické změně, ta ale není způsobena jen menšími srážkovými úhrny (ty jsou v průměru víceméně stejné), jako spíše růstem průměrné teploty vzduchu, a tudíž vysycháním země. Větší srážkové výkyvy spolu s intenzivním využíváním půdního potenciálu vedou ke zhoršení vlastností půdy, a tedy i k snížení schopnosti zadržet vodu. Proto byly v posledních letech častěji zaznamenány extrémy, jako jsou sucha a povodně. Díky oteplování nebude současné množství srážek do budoucna stačit, protože bude větší spotřeba vody. Politická reprezentace se musí tedy zaměřit na zvýšení schopnosti zadržet v krajině vodu, a to nejen změnou zemědělského hospodaření.

8 Literatura

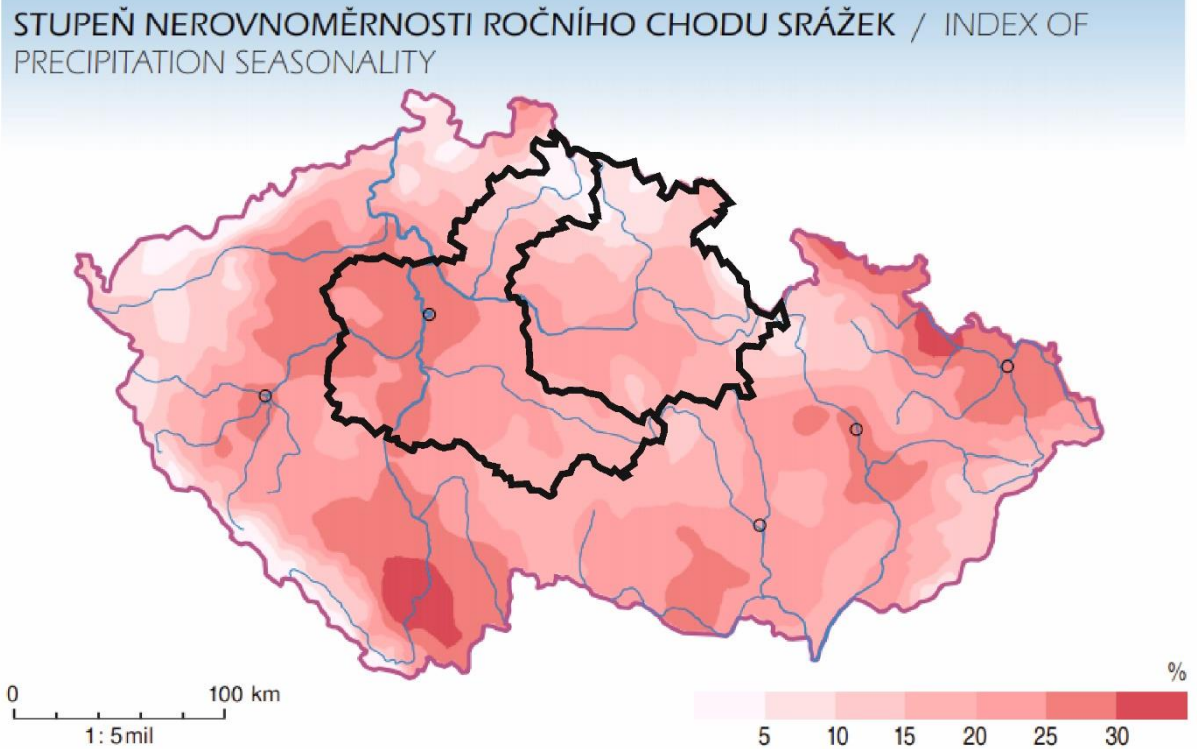
- Allen RG, Pereira LS, Raes D., Smith M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome.
- Blum, A. 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research* **112**:119–123.
- Brázdil R. et al. 2015. Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Centrum výzkumu klimatické změny AV ČR, Brno.
- Brázdil R, Zahradníček P, Pišoft P, Štěpánek P, Bělinová M, Dobrovolný P. 2012. Temperature and precipitation fluctuations in the Czech Republic during the period of instrumental measurements. *Theoretical and Applied Climatology* **110**:17–34.
- Dai A. 2001. Drought under global warming: a review. *WIREs Climate Change* **2**:45–65.
- Drlička R. 2006. Sucha na Moravě a ve Slezku [BSc. Thesis]. Masarykova univerzita, Brno.
- Dubrovský M, Hayes M, Duce P, Trnka M, Svoboda M, Zara P. 2014. Multi-GCM projections of future drought and climate variability indicators for the Mediterranean region. *Regional Environmental Change* **14**:1907–1919.
- Fischer RA, Turner NC. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Annual Review of Plant Physiology* **29**:277–317.
- Hlavinka P, Trnka M, Semerádová D, Dubrovský M, Žalud Z, Možný M. 2009. Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology* **149**:431–442.
- Hsiao TC. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* **24**:519–570.
- Janeček M, Dostál T, Kozlovsky-Dufková J, Dumbrovský M, Hůla J, Kadlec V, Konečná J, Kovář P, Krása J, Kubátová E, Kobzová D, Kudrnáčová M, Novotný I, Podhrázká J, Pražan J, Procházková E, Středová H, Toman F, Vopravil J. 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika. Česká zemědělská univerzita Praha, Fakulta životního prostředí, Praha.
- Jones HG. 2014. *Plants and Microclimate. A quantitative Approach to Environmental Plant Physiology*. Cambridge University Press, New York.
- Kocmánková E, Trnka M, Žalud Z, Semerádová D, Dubrovský M, Muška F, Možný M. 2008. The comparison of mapping methods of European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) potential distribution. *Plant Protection Science* **44**:49–56.
- Kolář P, Trnka M, Brázdil R, Hlavinka P. 2014. Influence of climatic factors on the low yields of spring barely and winter wheat in Southern Moravia (Czech Republic) during the 1961–2007 period. *Theoretical and Applied Climatology* **117**:707–721.
- Lloyd-Hughes, B. 2013. The impracticality of a universal drought definition. *Theoretical and Applied Climatology* **117**:607–611.
- Mrkva R. 1993. Sucho 1992 a kůrovcová kalamita. *Lesnická práce* **72**:37–39.

- Müller M, Kašpar M, Valeriánová A, Crhová L, Holtanová E, Gvoždíková B. 2015. Novel indices for the comparison of precipitation extremes and floods: an example from the Czech territory. *Hydrology and Earth System Sciences* **19**:4641–4652.
- Němec J. 2001. Bonitace a oceňování zemědělské půdy ČR. Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky, Praha.
- Novický O. et al. 2010. Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmínkách klimatické změny na zemi České republiky. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha.
- Olesen JE, Trnka M, Kersebaum KC, Skjelvag AO, Seguin B, Peltonen-Sainio P, Rossi F, Kozyra J, Micale F. 2011. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* **34**:96–112.
- Potop V, Možný M, Soukup J. 2012. Drought evolution at various time scales in the lowland regions and their impact on vegetable crops in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology* **156**:121–133.
- Potop V, Türkott L. 2011. Variabilita výnosů cukrovky ve vztahu k suchým a vlhkým obdobím. *Listy cukrovarnické a řepařské* **11**:338–342.
- Potop V, Türkott L, Kožnarová V. 2009. Drought impact on variability crop yields in Central Bohemia. *Cereal Research Communications* **37**:295–304.
- Sharp RE, Poroyko V, Hejlek LG, Spollen WG, Springer GK, Bohnert HJ, Nguyen HT. 2004. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *Journal of Experimental Botany* **55**:2343–2351.
- Štěpánek P, Trnka M, Meitner J, Dubrovský M, Zahradníček P, Lhotka O, Skalák P, Kyselý J, Farda A, Semerádová D. 2019. Očekávané klimatické podmínky v České republice část I. Změna základních parametrů. Ústav výzkumu globální změny, Akademie věd České republiky, Brno.
- Štěpánek P, Zahradníček P, Skalák P. 2009. Data quality control and homogenization of air temperature and precipitation series in the area of the Czech Republic in the period 1961–2007. *Advances in Science and Research* **23**:23–26.
- Tolasz R, Míková T, Valeriánová A, Voženílek V. 2007. Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Trnka M, Brázdil R, Možný M, Štěpánek P, Dobrovolný P, Zahradníček P, Balek J, Semerádová D, Dubrovský M, Hlavinka P, Eitzinger J, Wardlow B, Svoboda M, Hayes M, Žalud Z. 2015. Soil moisture trends in the Czech Republic between 1961 and 2012. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.4242.
- Trnka M, Drbal K, Dumbrovský M, Novotný I, Žalud Z et al. 2017. Generel vodního hospodářství krajiny České republiky – stručný souhrn. Státní pozemkový úřad, Praha.
- Trnka M, Eitzinger J, Hlavinka P, Dubrovský M, Semerádová D, Štěpánek P, Thaler S, Žalud Z, Možný M, Formayer H. 2009. Climate-driven changes of production regions in Central Europe. *Plant and Soil* **55**:257–266.

- Trnka M, Hlavinka P, Semerádová D, Dubrovský M, Žalud Z, Možný M. 2007. Agricultural drought and spring barely yields in the Czech Republic. *Plant, Soil and Environment* **53**:306–316.
- Trnka M, Kersebaum KC, Eitzinger J, Hayes M, Hlavinka P, Svoboda M, Dubrovský M, Semerádová D, Wardlow B, Pokorný E, Možný M, Wilhite D, Žalud Z. 2013. Consequences of climate change for the soil climate in Central Europe and the central plains of the United States. *Climatic Change* **120**:405–418
- Trnka M, Schaumberger A, Formayer H, Eitzinger J, Hlavinka P, Semerádová D, Dobrovský M, Možný M, Thaler S, Žalud Z. 2011. Evaluating drought risk for permanent grasslands under present and future climate conditions. *Procedia Environmental Sciences* **3**:50–57.
- Vlček J. 1994. Zhodnocení počasí v roce 1992 na Spálovsku. *Oderské vrchy* **9**:46–47.
- Wilhite DA, Glantz MH. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International* **10**:111–120.
- Zahradníček P, Trnka M, Brázdil R, Možný M, Štěpánek P, Hlavinka P, Žalud Z, Malý A, Semerádová D, Dobrovolný P, Dubrovský M, Řezníčková L. 2014 The extreme drought episode of August 2011–May 2012 in the Czech Republic. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.4211.
- Český hydrometeorologický ústav. 2020. Standardizovaný srážkový evapotranspirační index (SPEI) pro období 1 měsíce. ČHMÚ. Available from <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/SPEI.html> (accessed červen 2020).
- Elektronický meteorologický slovník. 2017. Sucho. ČMeS. Available from <http://slovník.cmes.cz/fulltext/sucho> (accessed červen 2020).
- Elektronický meteorologický slovník. 2017. Období vegetační. ČMeS. Available from <http://slovník.cmes.cz/fulltext/vegeta%C4%8Dn%C3%AD%20obdob%C3%AD> (accessed červen 2020).
- Tolasz R. 2010. Měření srážek na stanicích ČHMÚ. ČHMÚ. Available from <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1276515350> (accessed červen 2020).
- World Meteorological Organization. 2019. WMO Climatological Normals. WMO. Available from http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/GCDS_1.php (accessed červen 2020).
- Žalud Z. 2015. Bioklimatologie. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

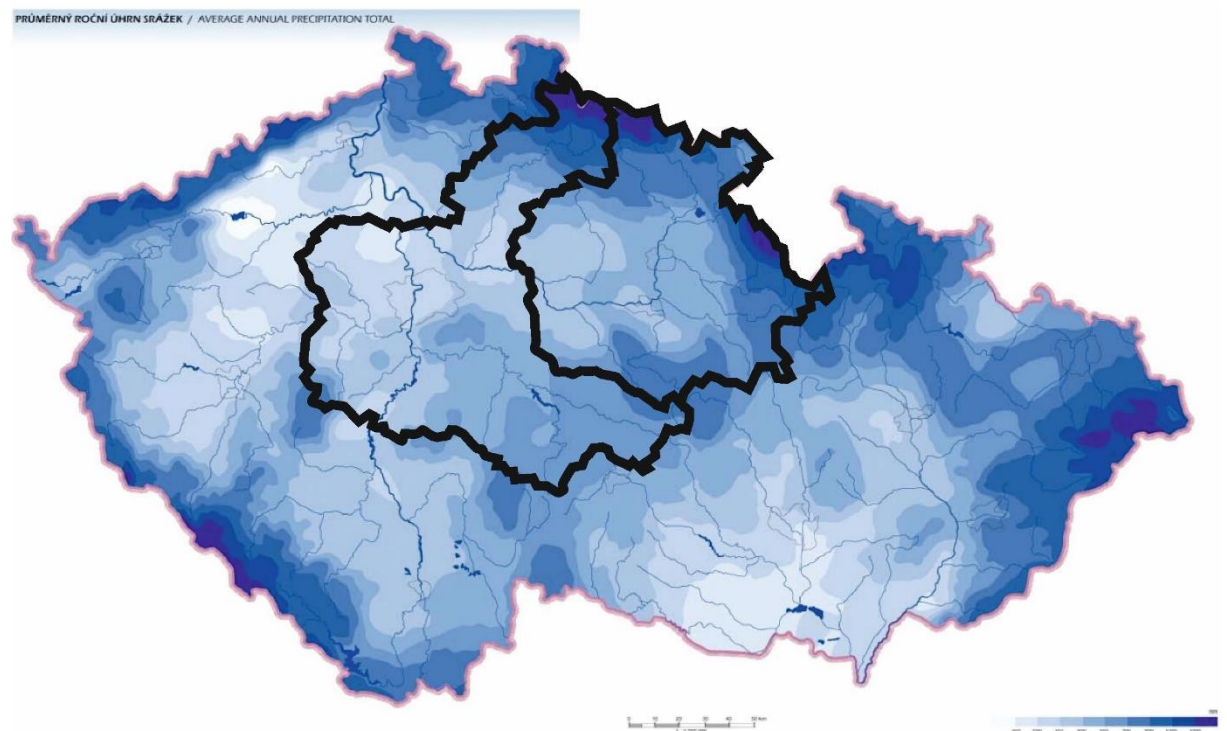
9 Samostatné přílohy

9.1 Ombrická kontinentalita a oceanita ČR (Tolasz et al. 2007, s. 79). Zvýrazněny střední a východní Čechy.



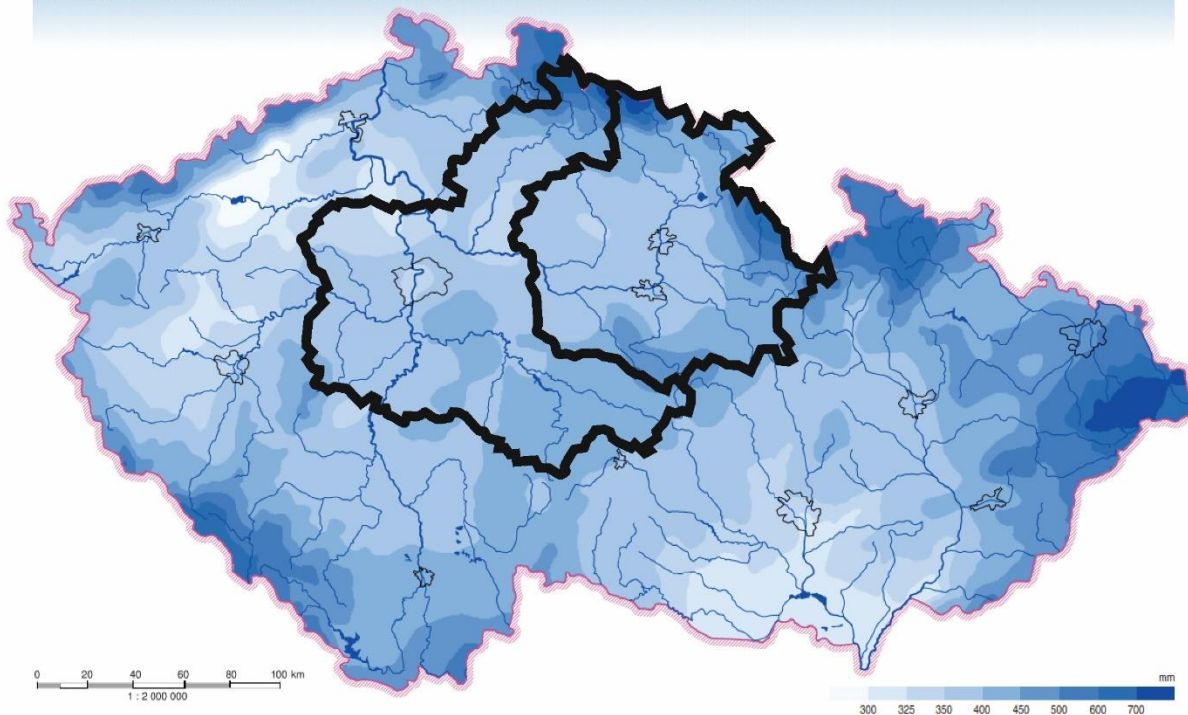
9.2 Průměrné úhrny srážek v ČR

9.2.1 Průměrný roční úhrn srážek (Tolasz et al. 2007, s. 68–69). Zvýrazněny střední a východní Čechy.



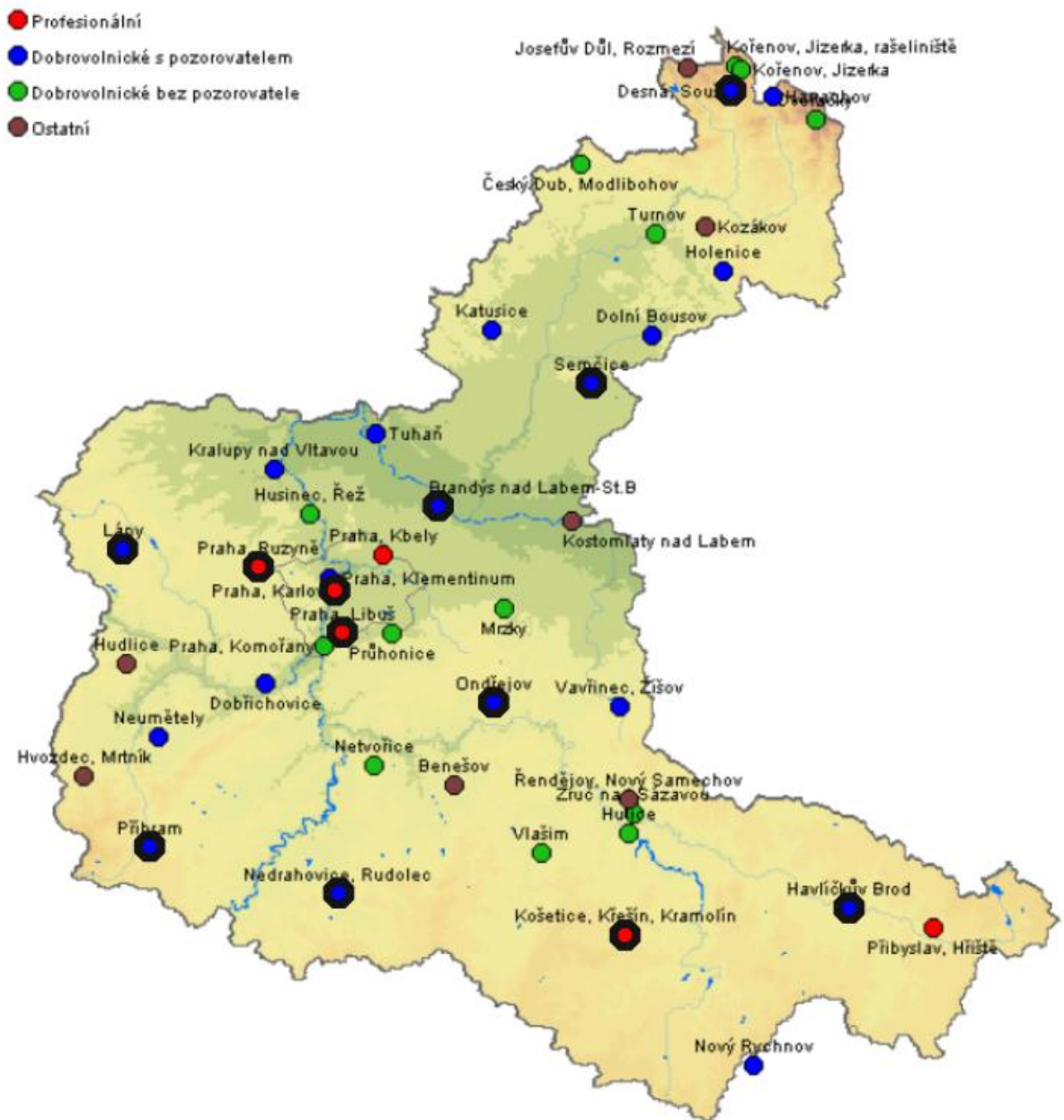
9.2.2 Průměrný úhrn srážek ve vegetačním období ČR (Tolasz et al. 2007. s. 78). Zvýrazněny střední a východní Čechy.

PRŮMĚRNÝ ÚHRN SRÁŽEK V LETNÍM PŮLROCE / AVERAGE PRECIPITATION TOTAL IN SUMMER HALF-YEAR



9.3 Meteorologické stanice středních a východních Čech

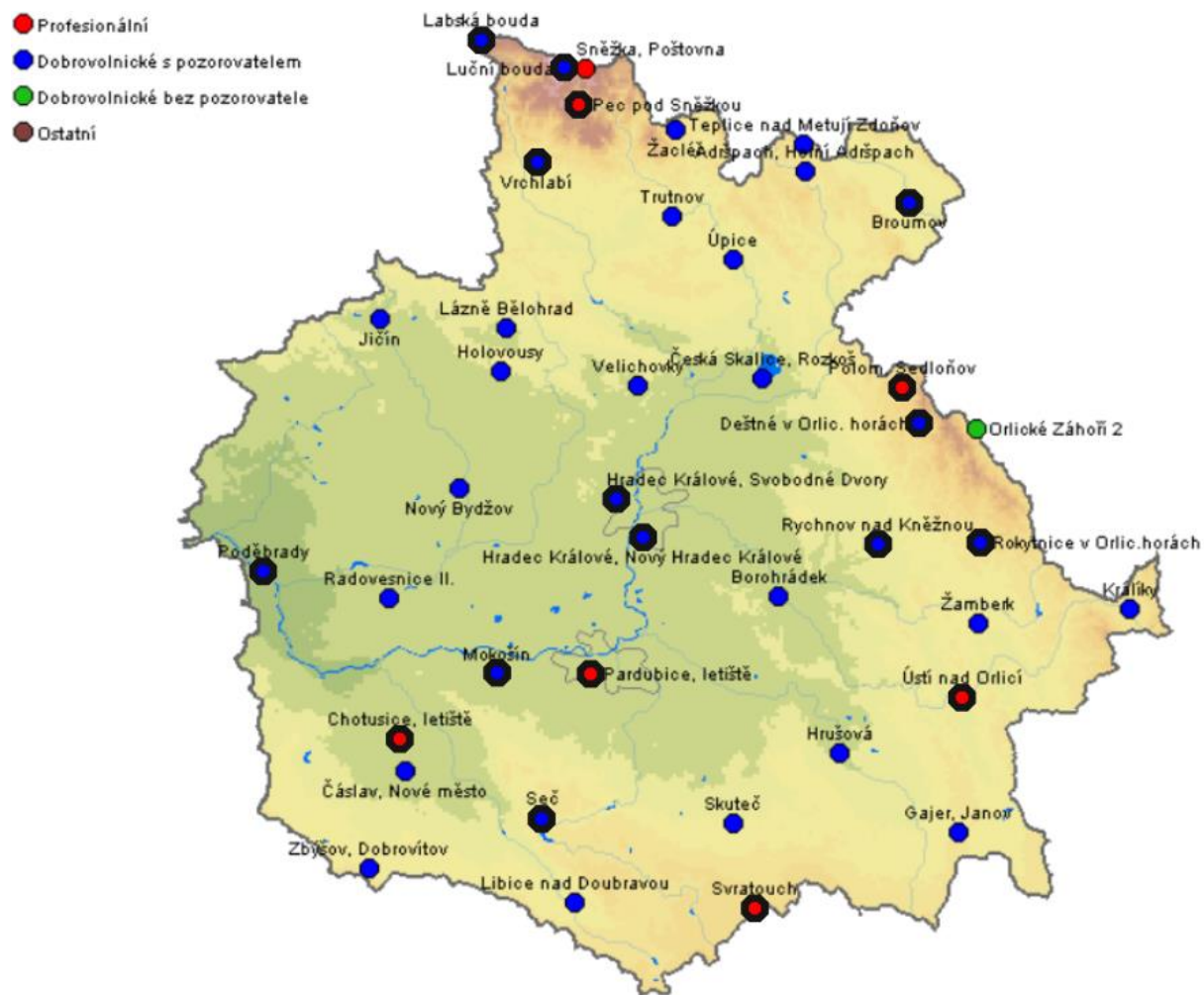
9.3.1 Zvýrazněny vybrané stanice pro střední Čechy



Zdroj obrázku:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/KW/Captor/pobočka.PR.1.html>

9.3.2 Zvýrazněny vybrané stanice pro východní Čechy



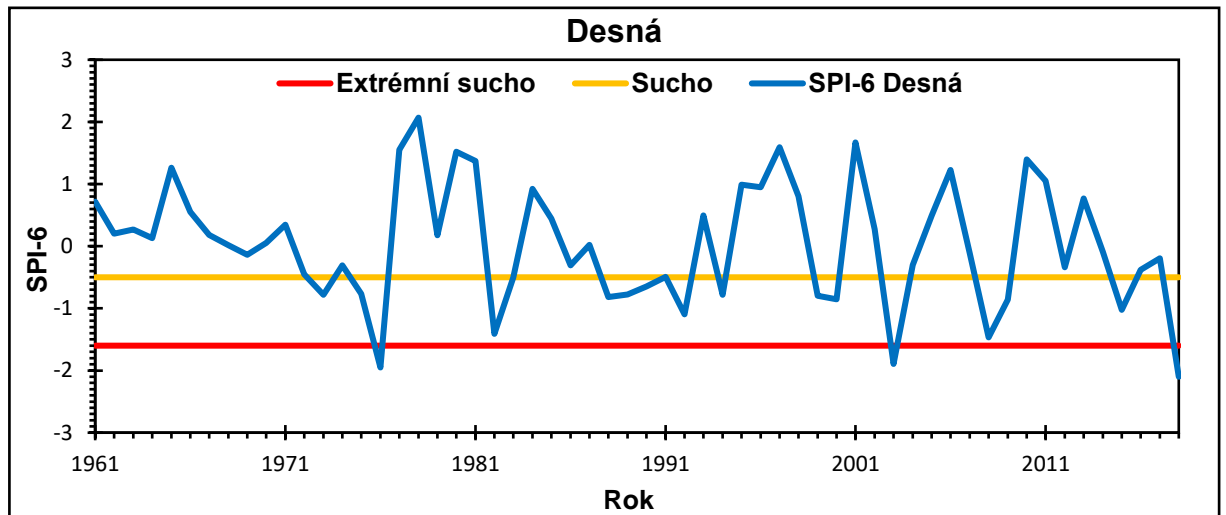
Zdroj obrázku:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/KW/Captor/pobočka.HK.1.html>

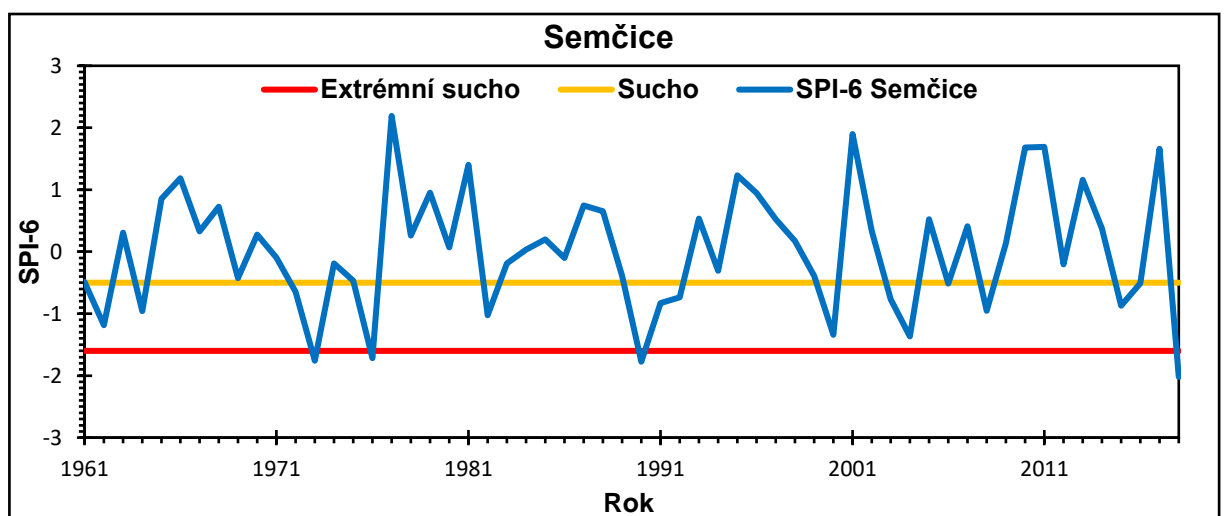
9.4 Průběh změn standardizovaných srážkových indexů v rámci vegetačních období (duben–září) za léta 1961–2018

9.4.1 Střední Čechy

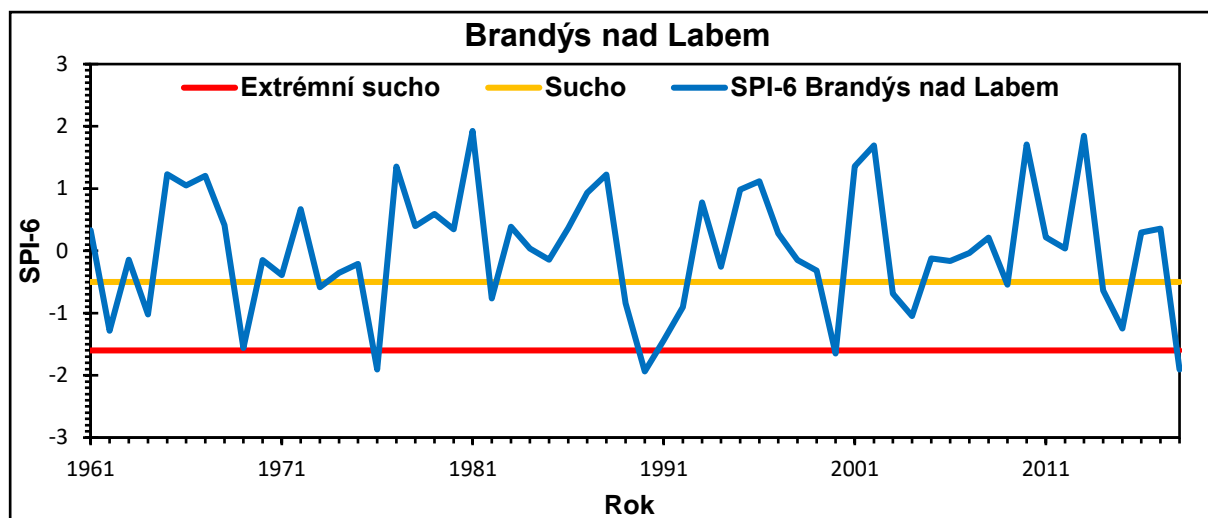
9.4.1.1 Desná



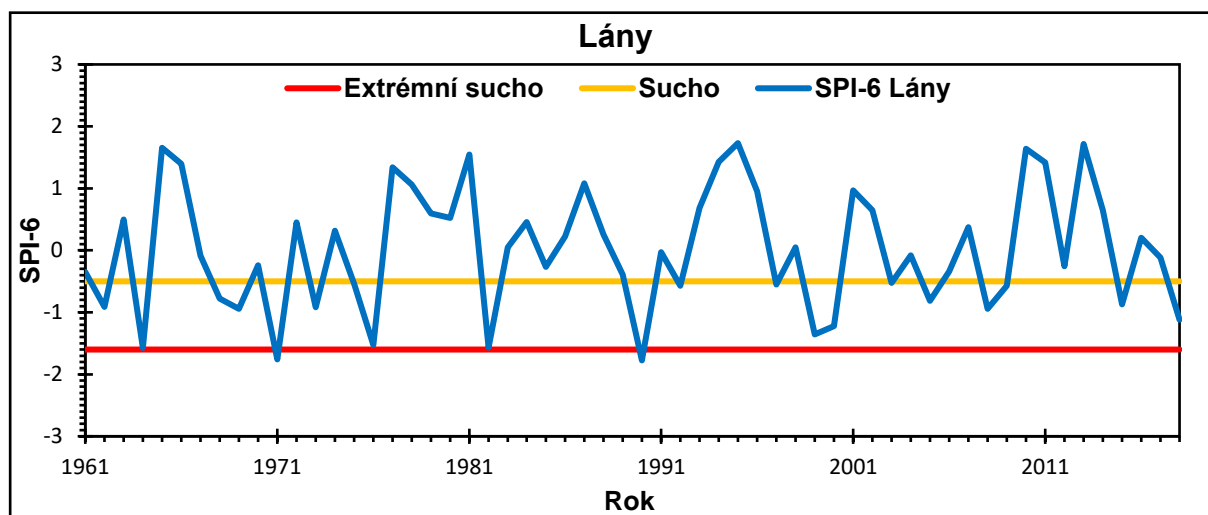
9.4.1.2 Semčice



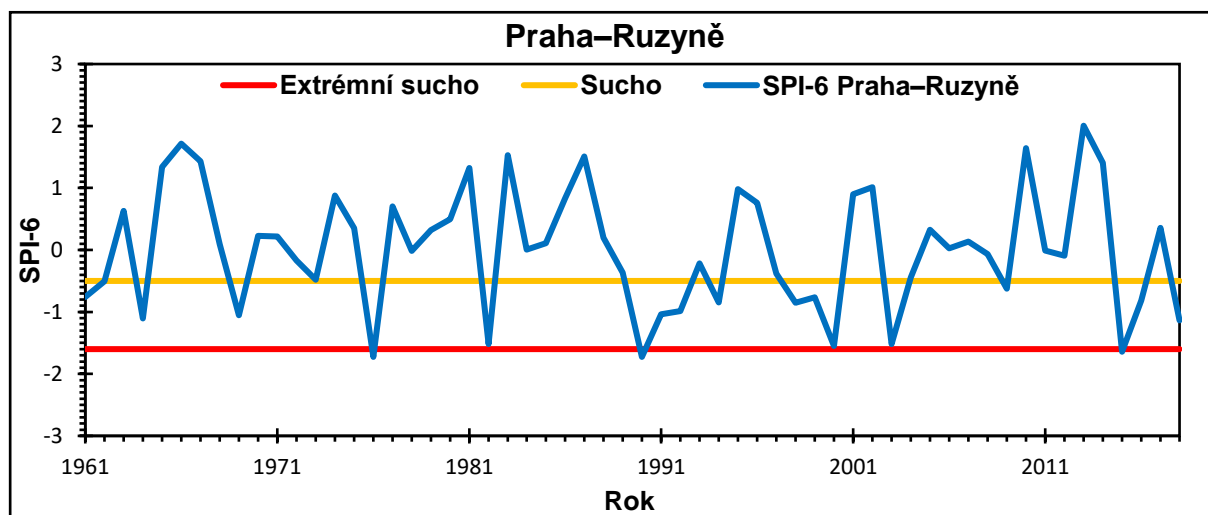
9.4.1.3 Brandýs nad Labem



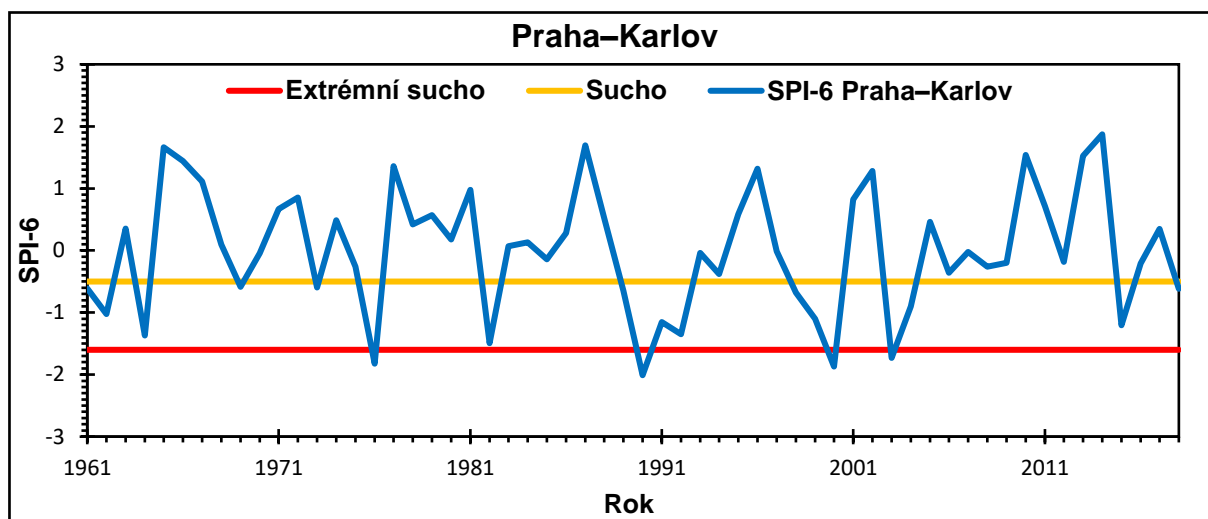
9.4.1.4 Lány



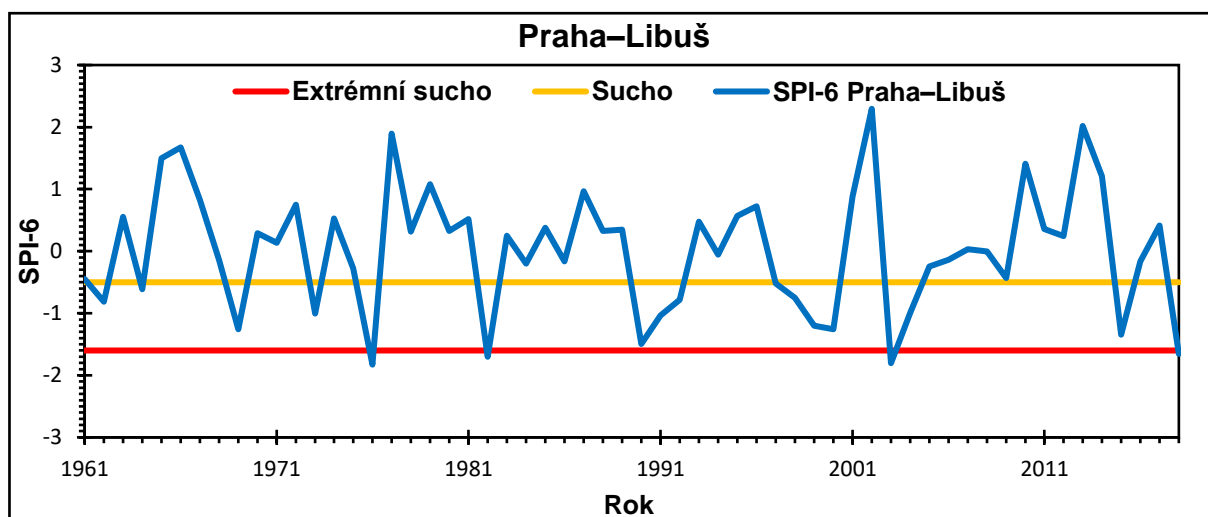
9.4.1.5 Praha–Ruzyně



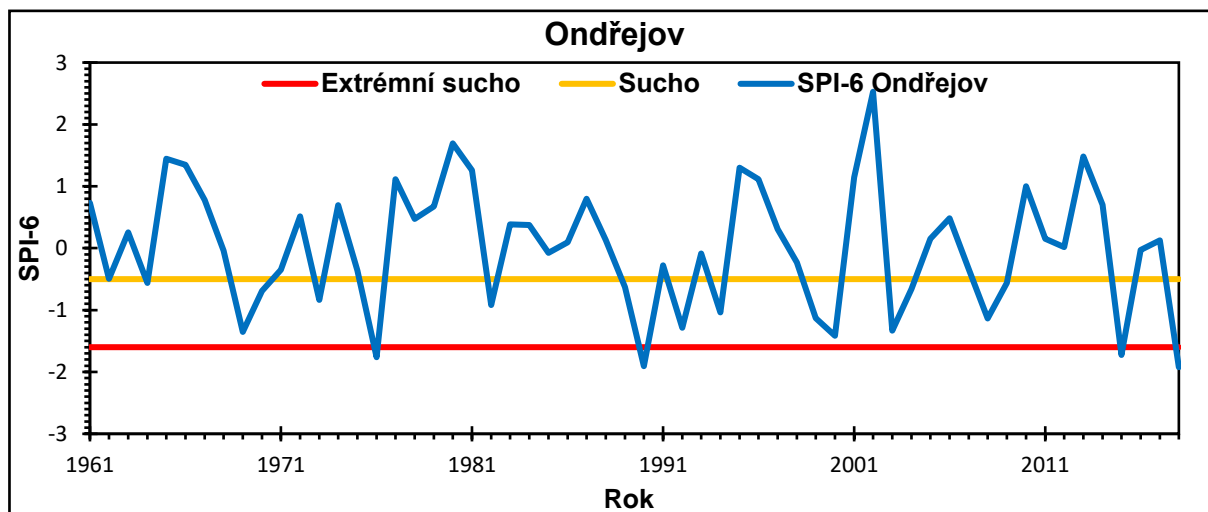
9.4.1.6 Praha–Karlov



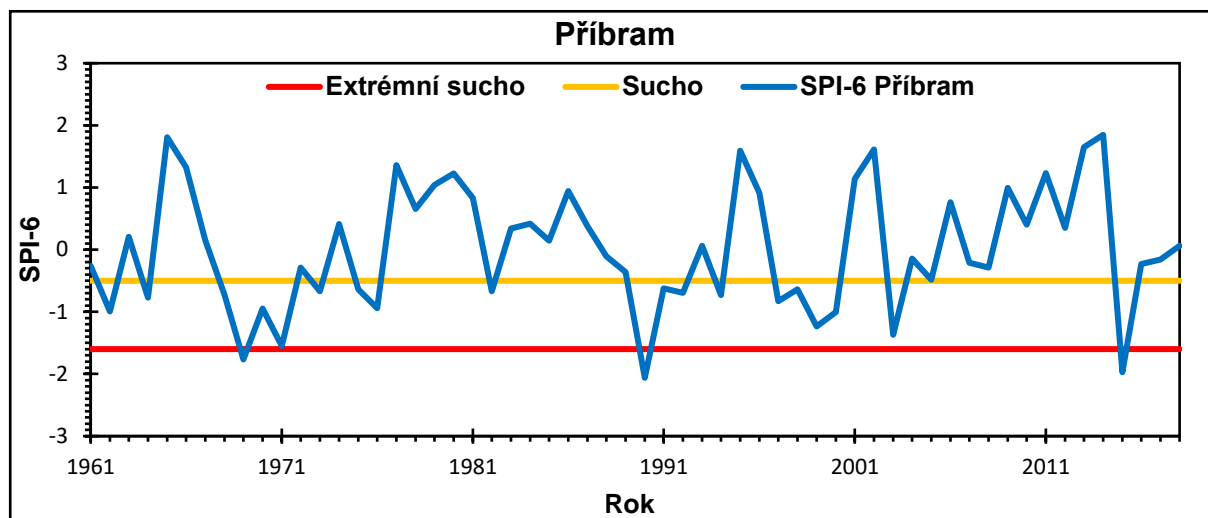
9.4.1.7 Praha–Libuš



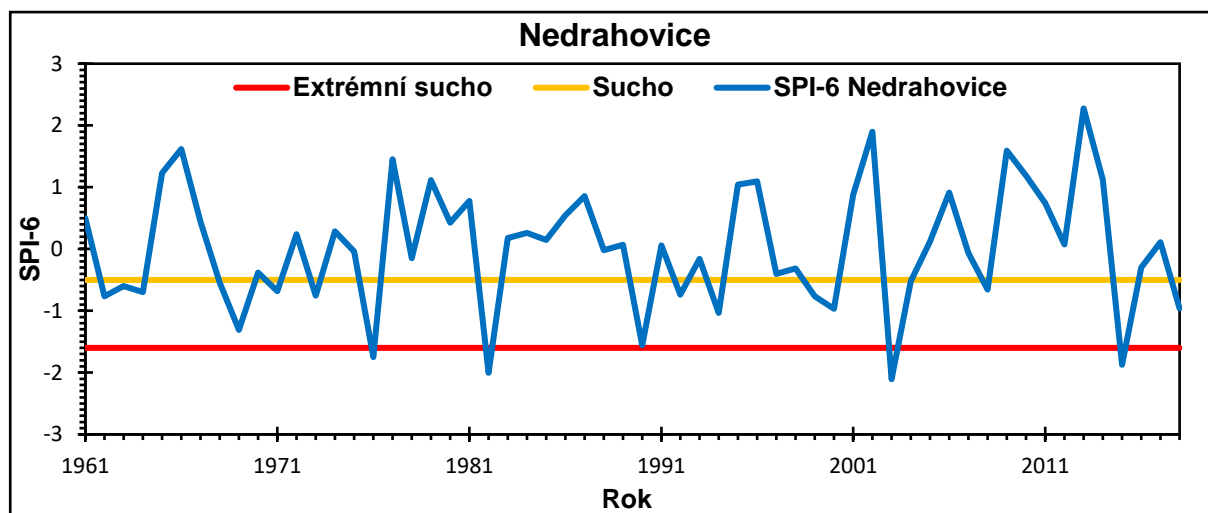
9.4.1.8 Ondřejov



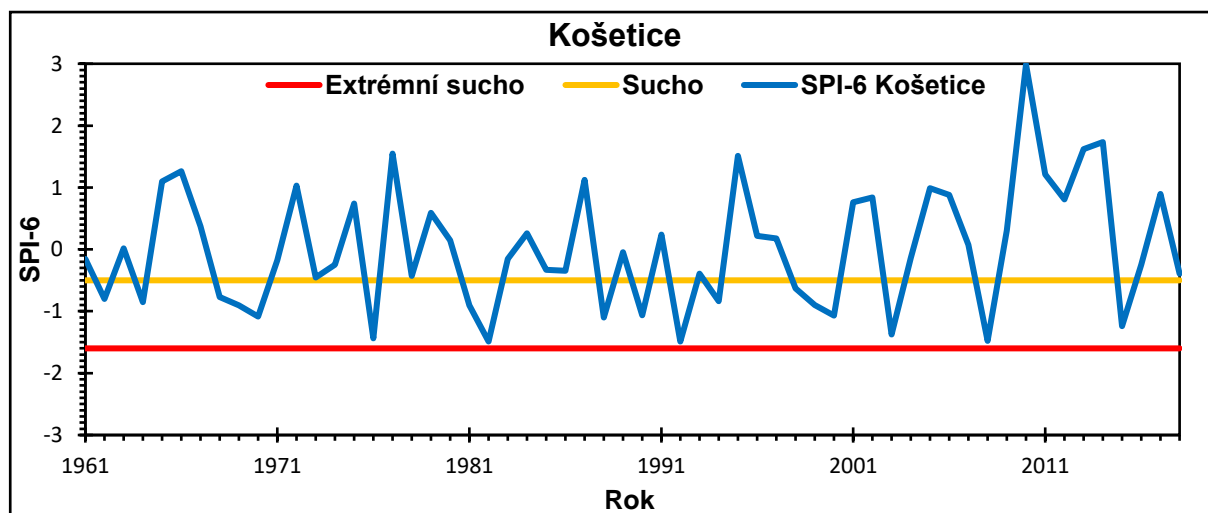
9.4.1.9 Příbram



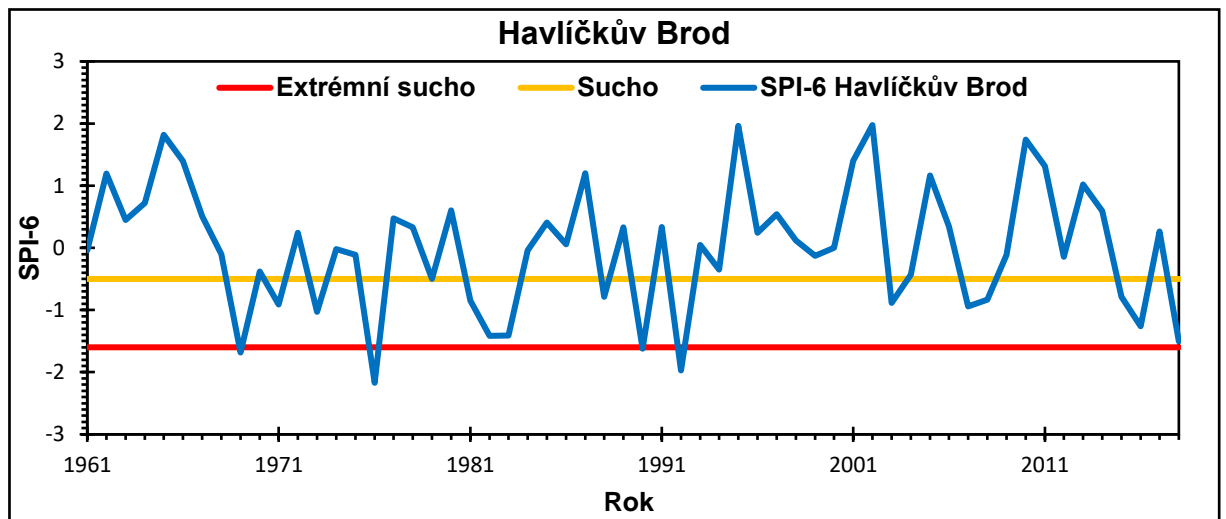
9.4.1.10 Nedrahovice



9.4.1.11 Košetice

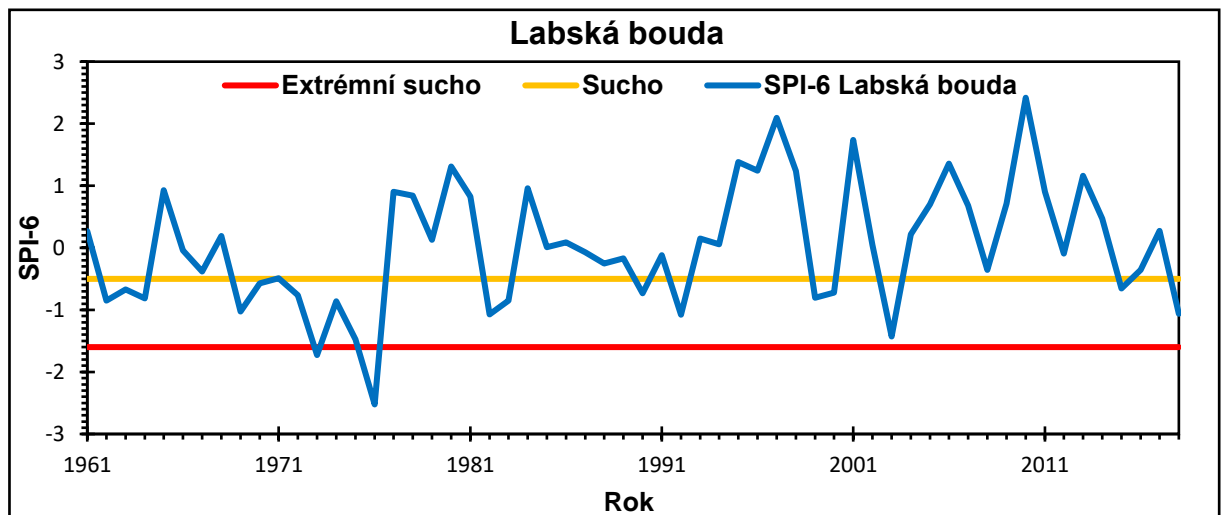


9.4.1.12 Havlíčkův Brod

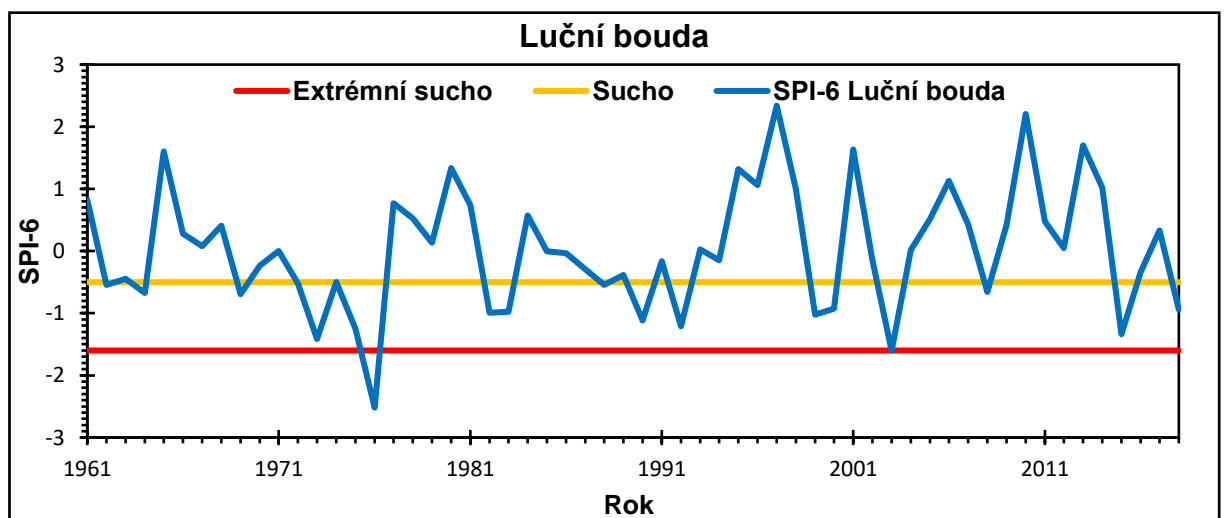


9.4.2 Východní Čechy

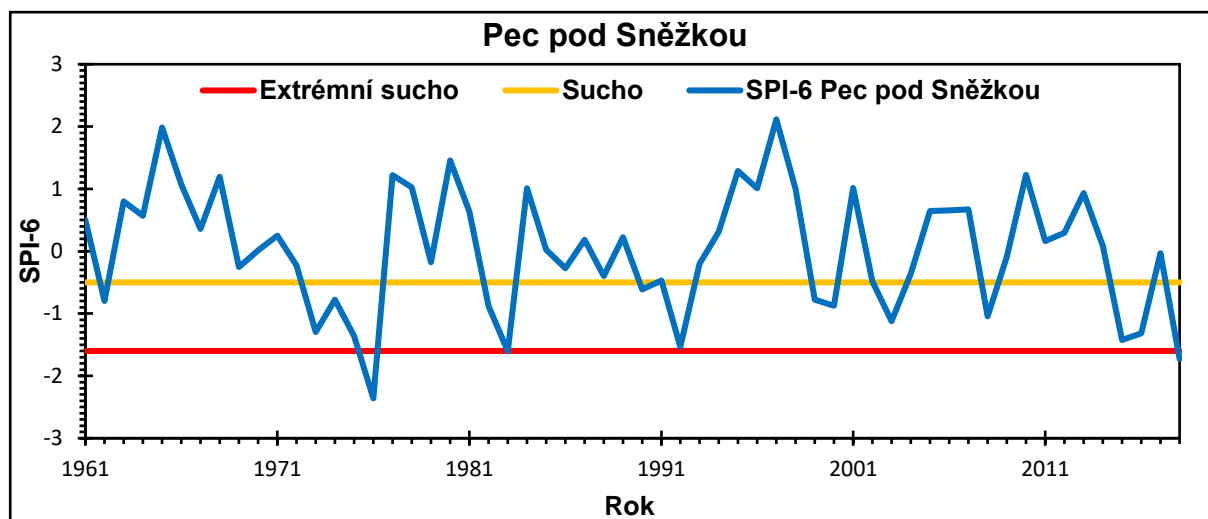
9.4.2.1 Labská bouda



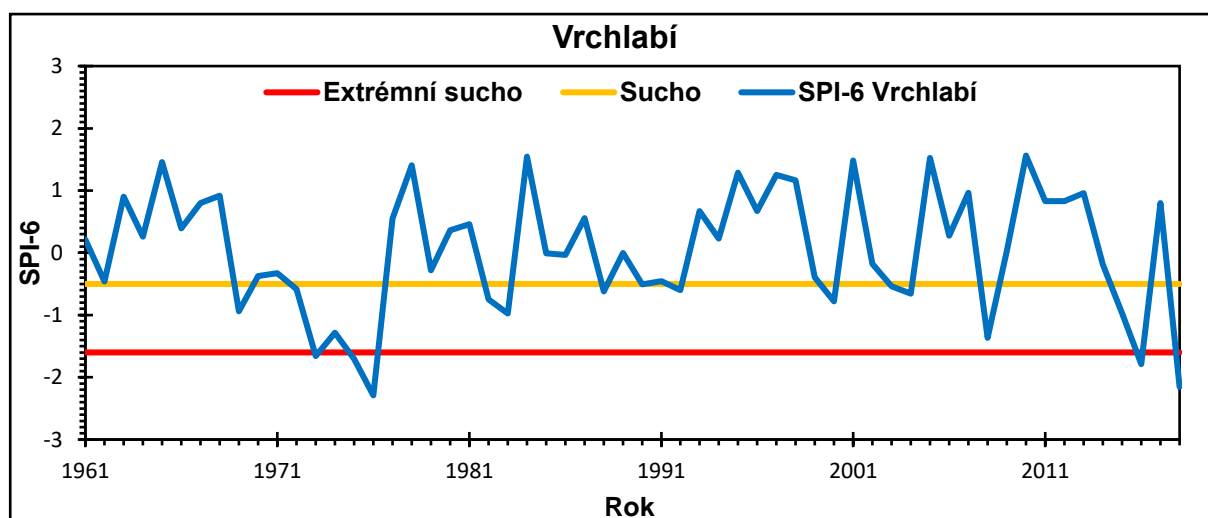
9.4.2.2 Luční bouda



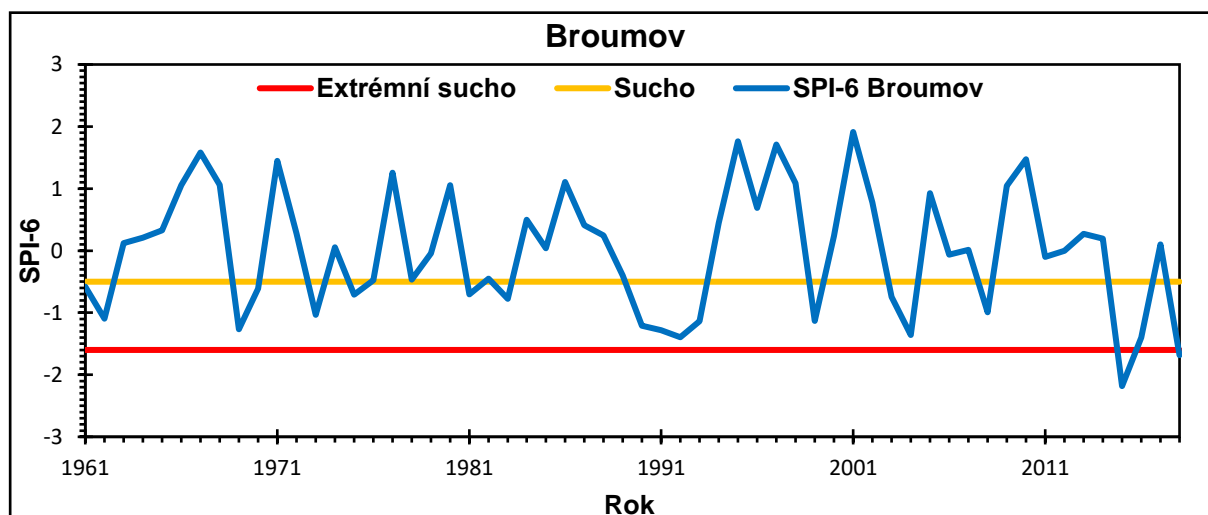
9.4.2.3 Pec pod Sněžkou



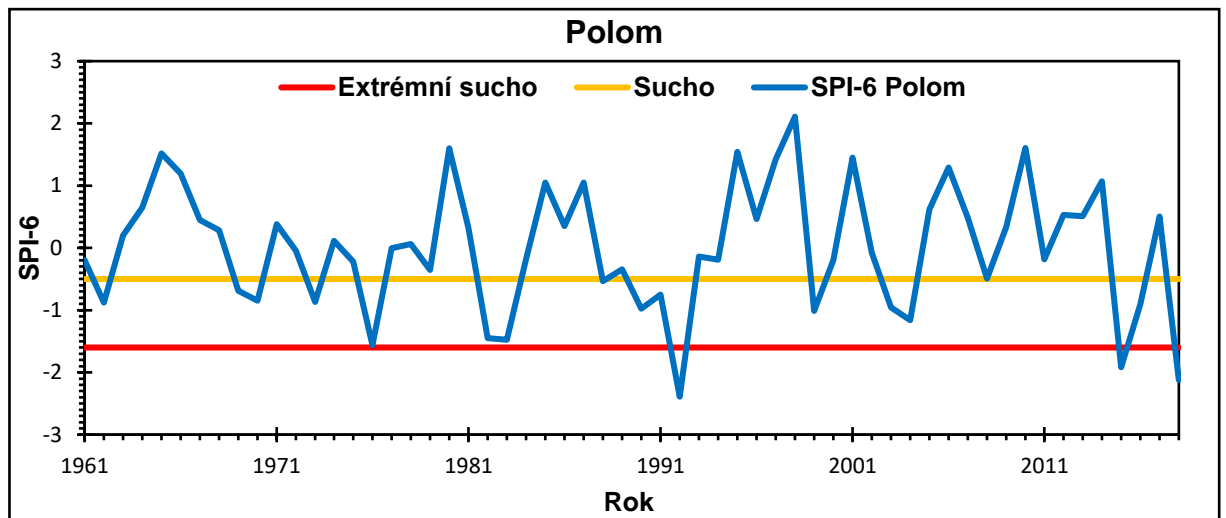
9.4.2.4 Vrchlabí



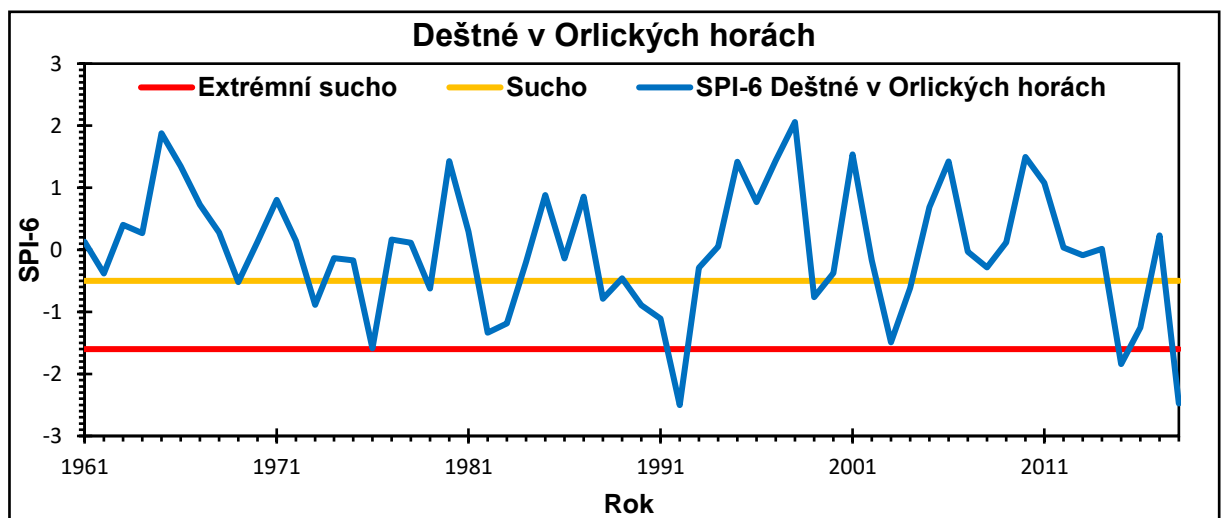
9.4.2.5 Broumov



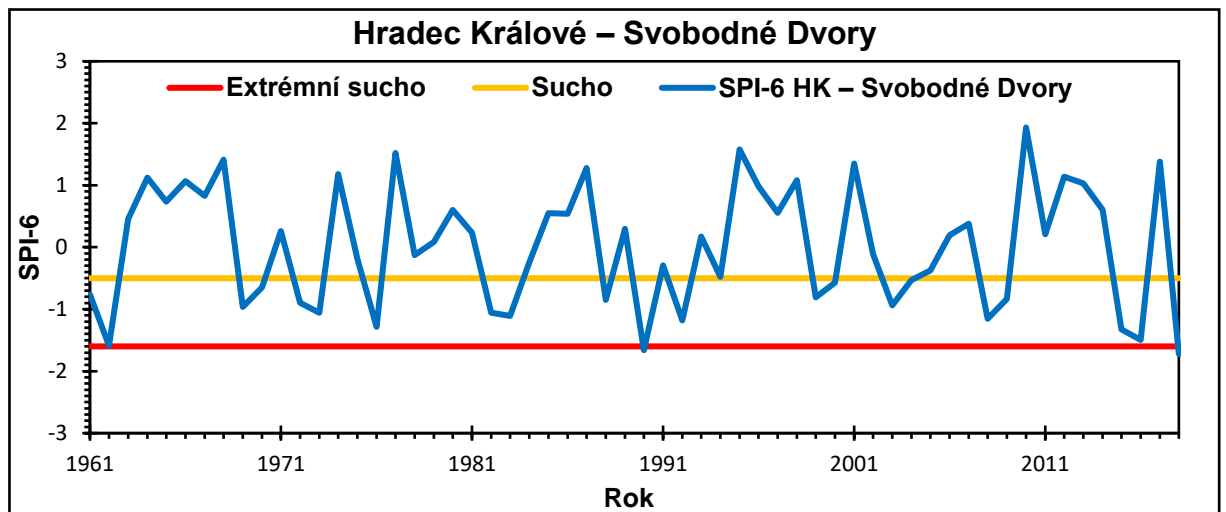
9.4.2.6 Polom



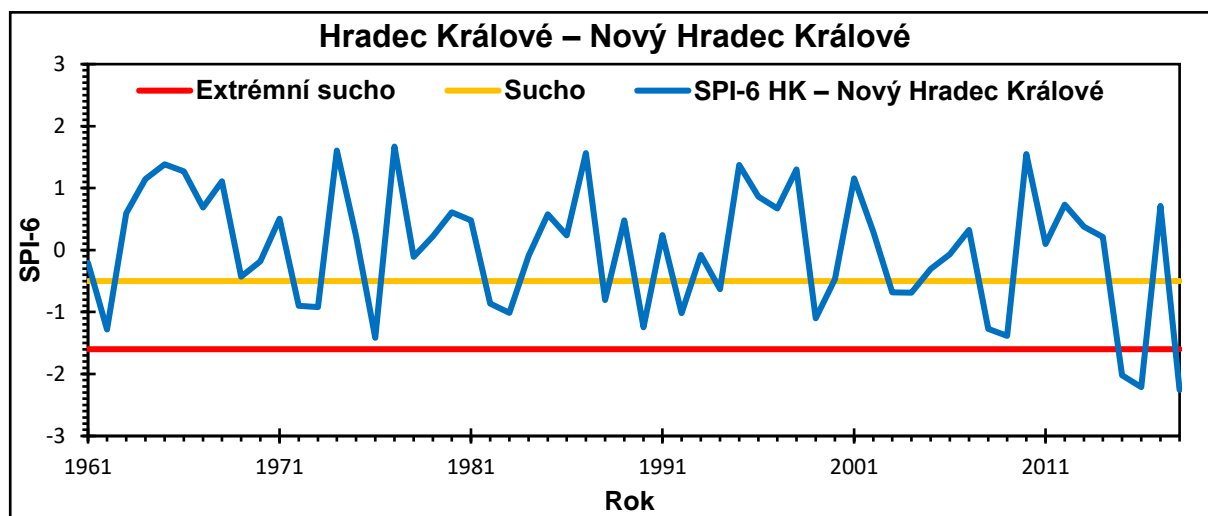
9.4.2.7 Deštné v Orlických horách



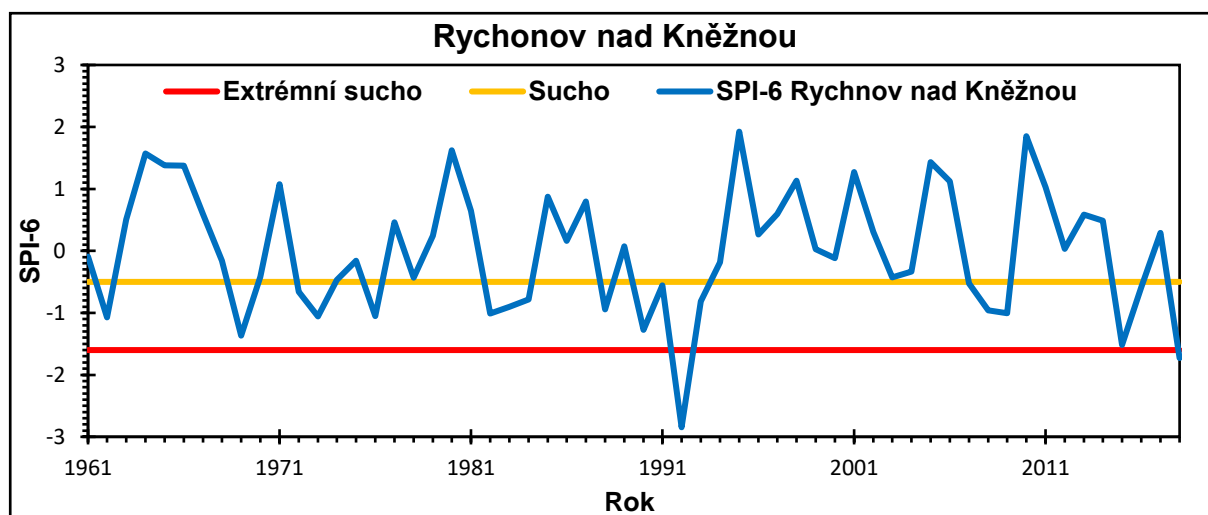
9.4.2.8 Hradec Králové – Svobodné Dvory



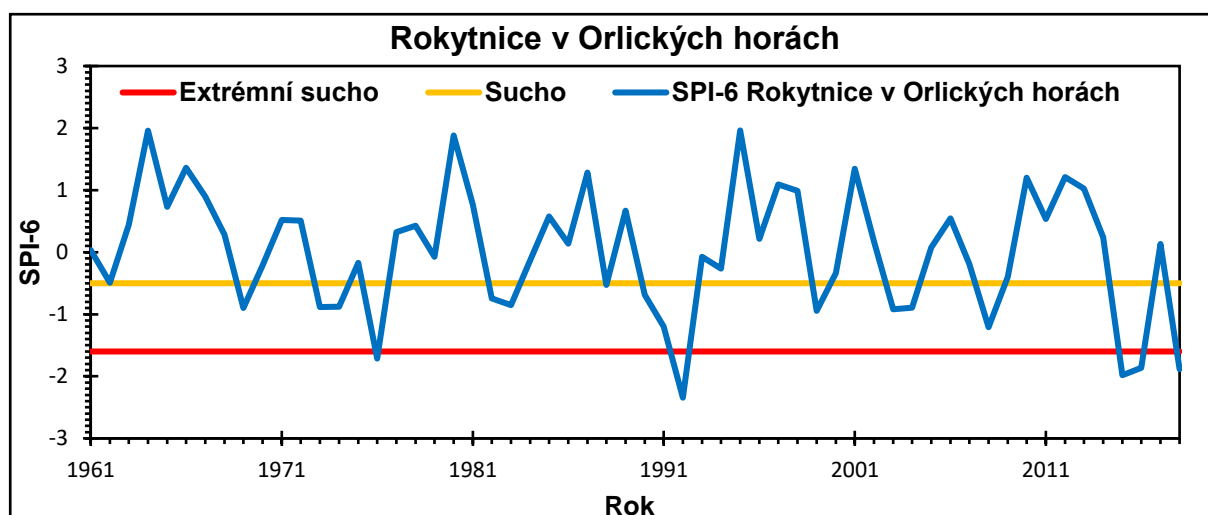
9.4.2.9 Hradec Králové – Nový Hradec Králové



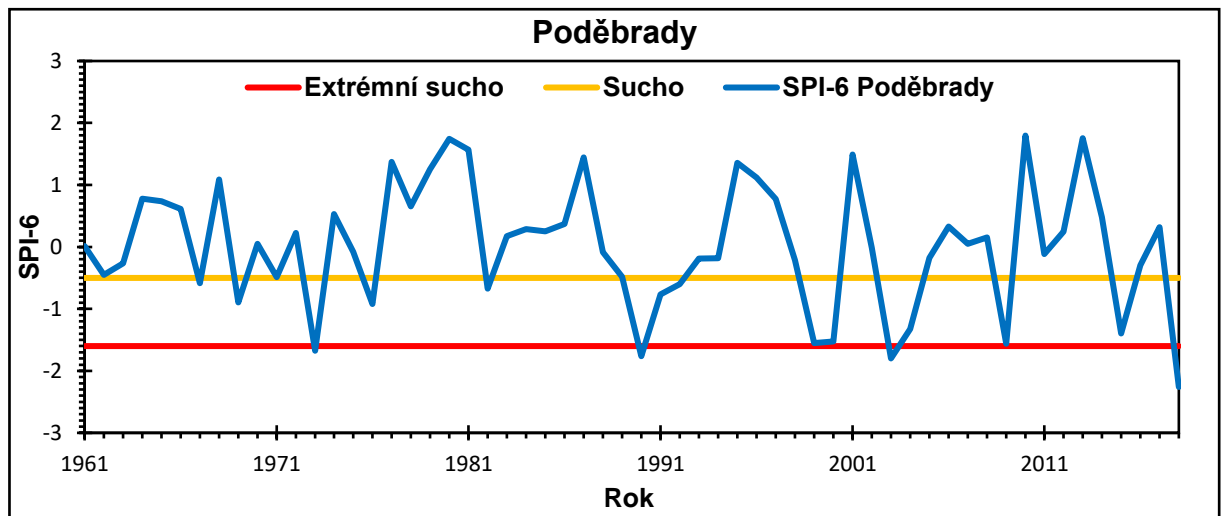
9.4.2.10 Rychonov nad Kněžnou



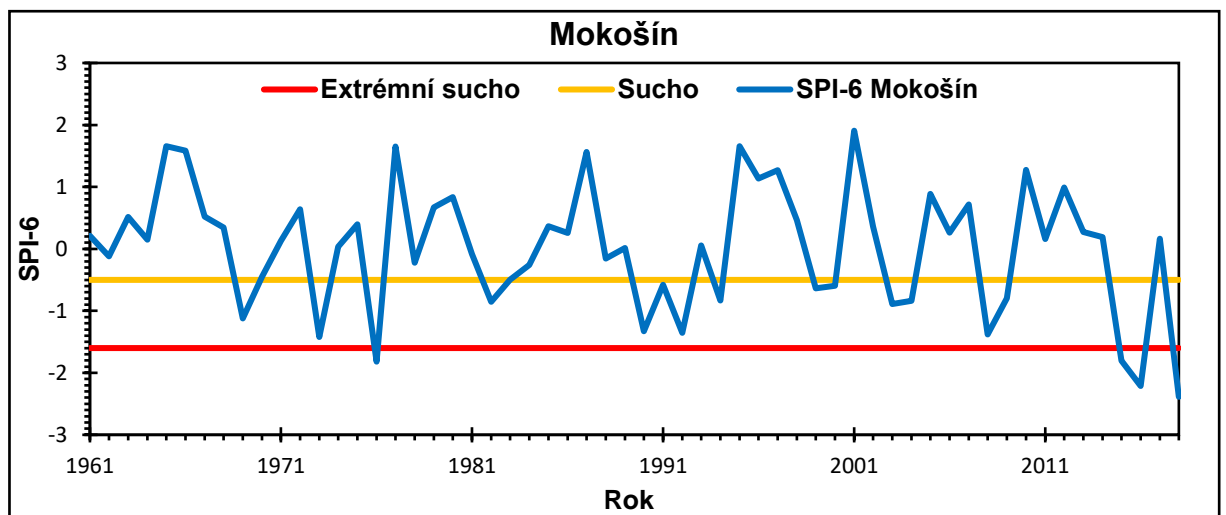
9.4.2.11 Rokytnice v Orlických horách



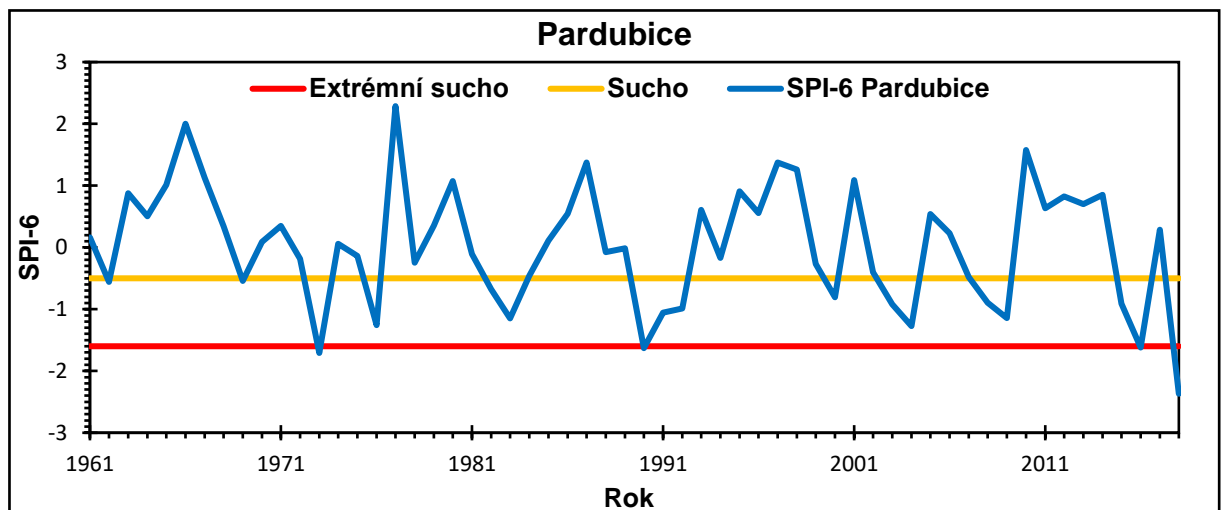
9.4.2.12 Poděbrady



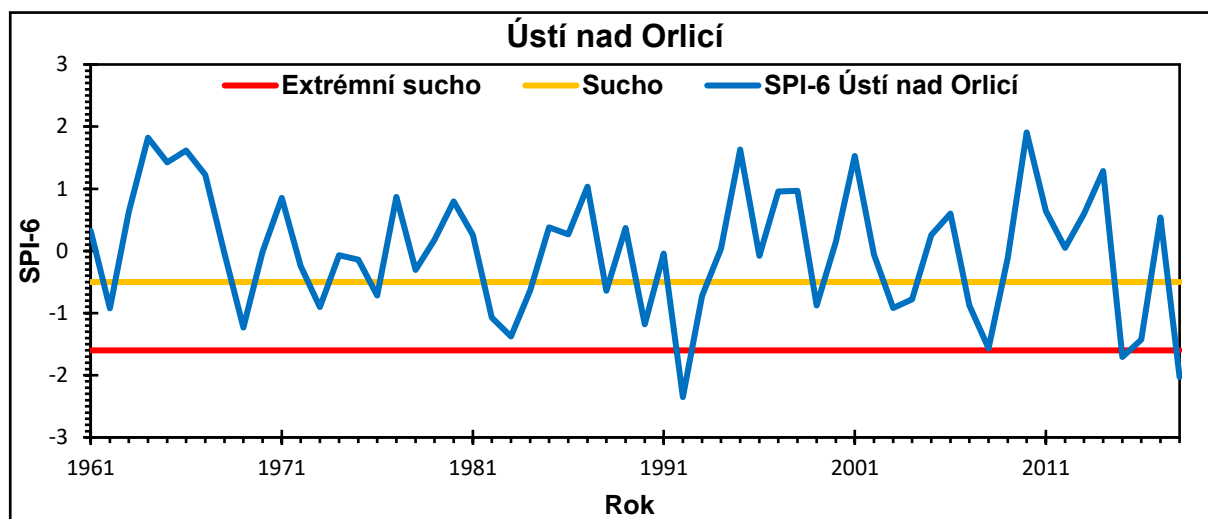
9.4.2.13 Mokošín



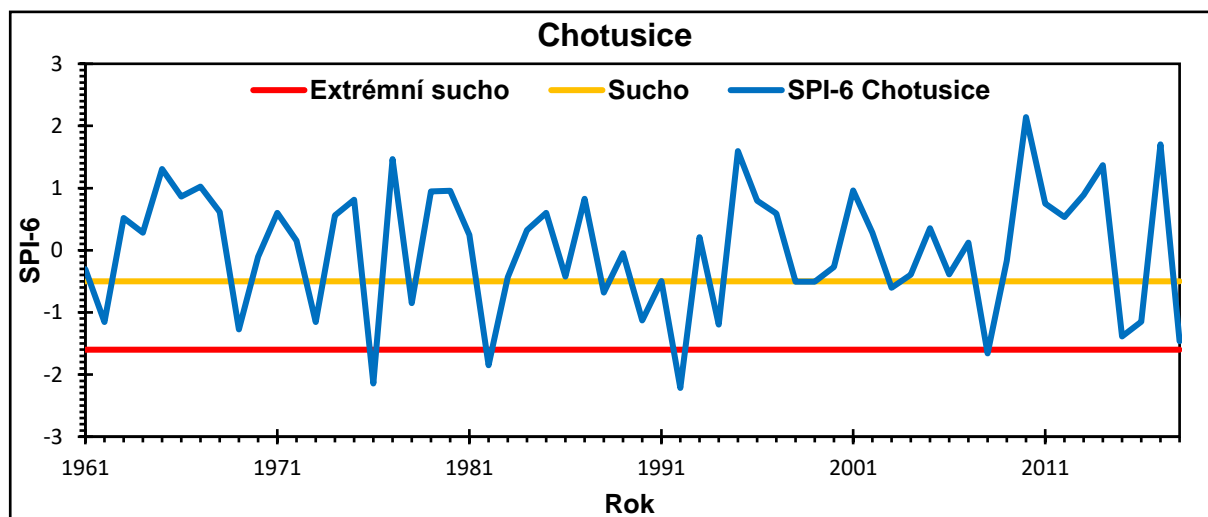
9.4.2.14 Pardubice



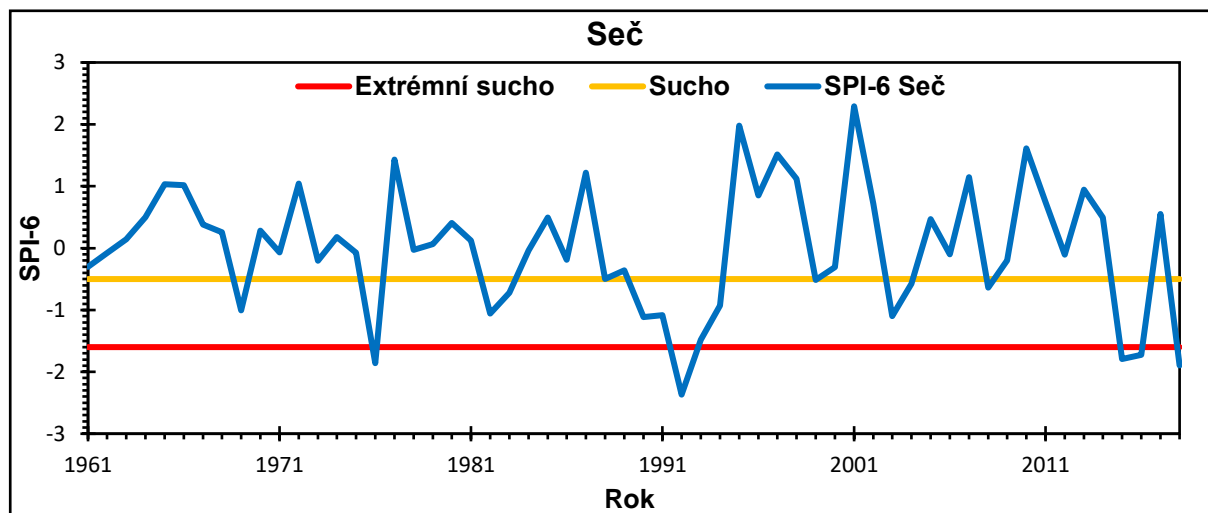
9.4.2.15 Ústí nad Orlicí



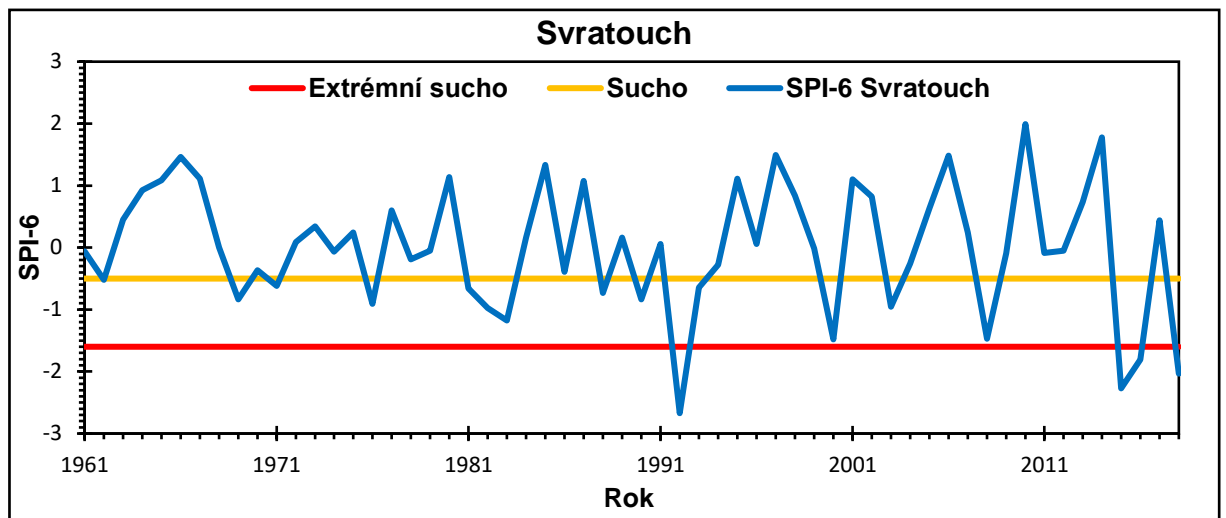
9.4.2.16 Chotusice



9.4.2.17 Seč



9.4.2.18 Svratouch



9.5 Průměrné srážkové úhrny za vegetační období (porovnání průměrů 1961–2000 a průměrů 1961–2018).

