

KLIMATOLOGICKÉ HODNOCENÍ SUCHA A SUCHÝCH OBDOBÍ NA ÚZEMÍ ČR V LETECH 1876 – 2003

Petr Blinka

Abstract

CLIMATOLOGICAL EVALUATION OF DROUGHT AND DRY PERIODS IN CZECHIA IN THE PERIOD 1876 – 2003
There are some problems connected with the research of drought, e.g. quantifying drought intensity and duration. H. R. Byun and D. A. Wilhite proposed new indices to solve the weaknesses of the current ones. Daily depletion of water resources is represented by effective precipitation (EP). The indices, which are calculated from EP, make it possible to determine the duration and severity of drought, accumulated precipitation deficit, precipitation for the return to normal condition. A standardized index EDI allows comparison between different places.

This paper is a part of the project „Long-term changes in the regime of the occurrence of extreme drought in Czechia“. The evaluation of drought was based on 8 weather-station, which were chosen according to the length of the measurement.

We determined driest months, vegetation seasons, years and also drought and dry periods. We also made an analysis of frequency of days of 1-year (2-year) and worse drought and dry periods in each year, month and in each day of the year. Comparison between the weather-stations and calculation of the average indices from all stations is also included.

Úvod

Sucho

První přiblížení pojmu sucho, i když velmi obecné, podává Meteorologický slovník výkladový a terminologický (1993): „Sucho - velmi neurčitý, avšak v meteorologii často užívaný pojem, znamenající v zásadě nedostatek vody v půdě, rostlinách nebo i v atmosféře“. S podobným přístupem se setkáváme i v [2]: „Hlavní vlastností sucha je pokles dostupnosti vody v určitém období a oblastí“. Poněkud konkrétnější je definice NDMC (National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska, USA) v [6]. Podle ní je sucho normální, opakující se projev klimatu, který souvisí s jeho kolísáním (fluktuací). Mnoho lidí se však chybně domnívá, že se jedná o vzácný a náhodný jev. Sucho se může jako přechodná anomálie klimatu vyskytovat ve všech klimatických zónách (srážkových

režimech) a liší se tak od aridity, kterou považujeme za trvalý znak klimatu. Zavedení pojmu sucho podle Encyclopedia of Earth System Science [15], která uvádí, že sucho lze definovat jako deficit srážek vzhledem k očekávané srážce (normálu), který se vyskytuje v průběhu sezóny nebo delšího časového období..., lze chápat jako definici meteorologického sucha.

Dostáváme se tak k třídění a klasifikaci definic sucha. Je důležité připomenout, že sucho ovlivňuje různé složky krajinné sféry. Neexistuje proto žádná univerzální a všeobecně uznávaná definice sucha. D. A. Wilhite a M. H. Glantz (1985) uvádějí přehled některých z více než 150 publikovaných definic sucha. Souhrn definic sucha podávají také Tate a Gustard (2000), Demuth a Bakenhus (1994) a Dracup et al. (1980). Wilhite a Glantz (1985) rozlišují tyto čtyři druhy sucha:

Kontakt

Mgr. Petr Blinka, : petr_blinka@seznam.cz, petr@blinkovi.com
adresa pracoviště: Albertov 6, 128 43 Praha 2

Meteorologické sucho: obvykle se hodnotí na základě odchylky srážek od normálu pro určité časové období. Vyjadřuje tedy jednu z primárních příčin sucha.

Hydrologické sucho: vyjadřuje se pomocí deficitů povrchových a podpovrchových zásob vody.

Zemědělské sucho: obvykle se vztahuje k potřebám půdní vláhy konkrétních plodin v určitém čase.

Socio-ekonomické sucho: definice spojující sucho s ekonomickou teorií nabídky a poptávky.

Meteorologické sucho ve smyslu nedostatku srážek je primární příčinou sucha. Kvůli nedostatku vody v půdě se postupně objevuje sucho zemědělské. Pokud deficit srážek nadále pokračuje, vzniká hydrologické sucho, vztahující se k zásobám povrchových vod. Podzemní vody jsou obvykle ovlivněny naposled jako poslední se také vracejí k normálu. Tate a Gustard (2000) rozlišují sucho klimatologické, agrometeorologické, sucho z pohledu řek a z hlediska stavů podzemních vod.

Sucho řadíme mezi přírodní rizika. Liší se však od nich v několika směrech. Většina přírodních rizik vzniká velmi rychle (někdy úplně bez jakéhokoliv varování) a má rychlý průběh. Sucho se vyznačuje pomalým vznikem i vývojem, který trvá měsíce. Někdy se může vyskytovat v průběhu celé sezóny, roků a dokonce i dekád. Stanovení začátku a konce sucha je velmi obtížné a vyžaduje řadu meteorologických, ale také hydrologických proměnných. Efekty působení sucha mají kumulativní charakter, velikost intenzity sucha se zvyšuje s každým dalším dnem. S dopady po suchu se setkáváme ještě několik let po výskytu normálních dešťů [16].

Metody hodnocení sucha

V [13] nacházíme stručný komentář k charakteristikám sucha. Co tedy můžeme u sucha sledovat? Sucho hodnotíme

z prostorového a časového hlediska, určujeme také jeho intenzitu (sílu).

První kategorií je plošný rozsah sucha. Časovými vlastnosti sucha rozumíme zejména začátek, konec a délku trvání. Kromě času se na charakteru a průběhu sucha podílejí také další faktory jako vysoká teplota, rychlost větru, nízká relativní vlhkost vzduchu a jiné. Ty mohou významně zvýšit intenzitu (sílu) sucha.

Absence univerzální definice sucha vede k mnoha problémům. Obtížné je v některých případech vůbec rozhodnout, zda se sucho vyskytuje či nikoliv. Pro stanovení začátku, konce a intenzity sucha máme celou řadu objektivních metod. Do výpočtu indexů sucha vstupují různé faktory jako srážky, teplota, evapotranspirace, půdní vláha, odtok, zásoby sněhu a vody v řekách a nádržích atd.

Existuje celá řada publikací, které se dotýkají problematiky přehledu a klasifikace metod hodnocení sucha. Zmínit musíme zejména publikaci WMO s názvem *Drought and Agriculture* [13]. V její příloze nalezneme přehled definic sucha a s nimi souvisejících přístupů založených na meteorologických a hydrologických proměnných, charakteristikách půdní vláhy a rostlin.

Definice vycházející výhradně ze srážek vymezují meteorologické sucho. Tyto definice obvykle obsahují vyjádření odchylky srážek od normálu pro určité časové období.

Kombinací teplot a srážek dostáváme vymezení sucha podle indexů, které v sobě mají obsažen určitý odhad evapotranspirace, která je v poměrně těsném vztahu ke globálnímu záření a tedy i teplotě.

Při hodnocení sucha se uplatňují také metody odhadu evapotranspirace, neboť sucho, jak již bylo dříve naznačeno, je následkem snížení množství a intenzity srážek pro dané místo a současně velkého potenciálního výparu. Některé indexy tak porovnávají množství srážek a potenciální evapotranspiraci, tedy maximálně

možný výpar za předpokladu dostatečného množství vody k vypařování. Přehled metod stanovení výparu nalezneme v publikacích Novák (1995) a [12].

Poněkud aktuálnější přehled indexů sucha je spolu s komentářem k výhodám a omezením jejich použití uveden v [3] a [7]. Tabulku současných indexů sucha najdete v příloze. Podívejme se blíže na vybrané indexy a pokusme se krátce zhodnotit výhody a nevýhody jejich použití.

PR (Percent of Normal) je jedna z nejjednodušších metod hodnocení srážek pro určité místo. Počítá se z poměru aktuálních srážek k příslušnému srážkovému normálu, obvykle třicetiletému. **PR** lze spočítat pro různé časové jednotky. Srážky v měsíčním a sezónním měřítku nemají často normální rozdělení. Přitom metoda **PR** vychází z předpokladu normálního rozdělení, ve kterém jsou průměr a medián rovny. **PR** rovněž neumožňuje srovnání mezi různými místy. V Austrálii se pro monitoring sucha používá metoda **decilů**. Podstata metody **Deciles** vychází z konstrukce frekvenční funkce, která se může lišit od frekvenční funkce normálního rozdělení. Graf pod frekvenční křivkou se rozdělí na 10 plošně shodných úseků. První decil udává množství srážek, které není překročeno ve více než 10 procentech případů. Pátý decil je medián, který určuje srážku, jež není překročena v 50 % případů během periody záznamu. Metoda **decilů** se vztahuje k meteorologickému suchu a mezi její výhody patří menší náročnost na vstupní údaje. Umožňuje rovněž stanovit délku a intenzitu sucha, zejména vzhledem k dlouhodobým poměrům. Index **SPI** (Standardized Precipitation Index) je konstruován pro kvantifikaci srážkového deficitu ve vícerozměrném časovém měřítku a je proto počítán pro rozličné časové úseky. Z dlouhodobé řady srážek se stanoví rozdělení pravděpodobnosti (distribuční funkce), které se převede na normované normální rozložení s průměrem 0 a směrodatnou odchylkou

1. **SPI** pracuje s normovanými hodnotami, což umožňuje srovnání pro různé stanice.

Nejznámějším a asi také nejpoužívanějším indexem je **PDSI** (Palmer Drought Severity Index). Index vychází z rovnice vodní bilance a měří velikost zásob půdní vláhy, které jsou standardizovány, což umožňuje srovnání mezi různými místy a měsíci. Počítá se s využitím srážkových a teplotních dat, uvažován je také obsah dosažitelné vody v půdě (AWC). Do výpočtu vstupují všechny členy rovnice vodní bilance jako jsou evapotranspirace, vsak a zásoby vody v půdě, odtok a výpar z povrchu. Lidské vlivy na vodní bilanci v půdě, jako např. odvodňování (irigace), nejsou ve výpočtu **PDSI** uvažovány. Palmer také odvodil kritéria, podle kterých lze určit začátek a konec sucha na základě **PDSI**. **PDSI** se počítá typicky pro měsíce, ve vegetačním období i pro jednotlivé týdny a je široce používán zejména pro vysokou úspěšnost při měření půdní vlhkosti. Alley (1984) upozorňuje na některé nedostatky Palmerova indexu. McKee et al. (1995) zase připomíná, že **PDSI** je navržen pro zemědělství, ale již tak přesně nereaguje na hydrologické vlivy, které jsou následkem delších such. Jako doplněk Palmerova indexu pro vlhkostní podmínky státu Colorado byl autory Shafer a Dezman (in [7]) zkonstruován **SWSI** (Surface Water Supply Index). Trochu specifickým je v našem přehledu **CMI** (Crop Moisture Index) vyvinutý Palmerem v rámci metodiky výpočtu **PDSI**. Je zaměřen na krátkodobý (týdenní) monitoring vláhových podmínek v hlavních produkčních regionech. Vychází z průměrné teploty a množství srážek za každý týden. Závisí také na hodnotě **CMI** předchozího týdne. **CMI** tak reaguje poměrně rychle na měnící se podmínky.

Současné indexy sucha však mají celou řadu slabin, na které upozorňují H. R. Byun a D. A. Wilhite v [3] a [17]. Většina indexů, které se používají při hodnocení sucha, nedokáže dostatečně přesně

určit jeho začátek a konec. Obvykle pracují pouze s měsíčními průměry (nejen meteorologických prvků). Neuvažují rovněž úbytek vodních zásob v čase, který je funkcí odtoku a evapotranspirace. Nevýhodou některých metod zůstává značná náročnost na vstupní údaje. Mnoho parametrů při výpočtu indexů musí být odhadováno (např. odtok a evapotranspirace). Dále je také opomíjen fakt, že základem všech odhadovaných parametrů jsou srážky. Někteří autoři se domnívají, že použití pouze srážek je pro stanovení meteorologického sucha lepší než užití složitých indexů. Žádný z indexů také nezohledňuje skutečnost, že se dopady sucha na jednotlivé části krajinné sféry projevují s určitým zpožděním. Velikost půdní vláhy vztahujeme obvykle k aktuálním srážkovým poměrům, vodní zdroje v rezervoárech pak k časově delším součtům srážek.

H. R. Byun a D. A. Wilhite v [3] a [17] navrhli nové indexy sucha, které řeší nedostatky současných metod hodnocení sucha. Denní úbytek vodních zdrojů reprezentuje efektivní srážka (EP), k jejíž určení potřebujeme pouze denní průměry srážek na stanici. Úbytek vodních zásob v čase vyjadřuje časově závislá redukční funkce, z níž odhadujeme aktuální vodní deficit. Z EP vychází řada dalších indexů, které dovolují stanovit délku a intenzitu sucha, akumulovaný srážkový deficit (odchylku od normálu), srážku nutnou pro návrat k normálu. Standardizovaný index intenzity sucha umožňuje srovnání mezi různými místy s odlišnými klimatickými poměry.

V následující kapitole představíme metodu efektivní srážky (EP) autorské dvojice H. R. Buyn a D. A. Wilhite, kterou jsme se rozhodli vyzkoušet při hodnocení sucha na území ČR v letech 1876 – 2003.

Metoda efektivní srážky (EP)

Koncept

Denní úbytek vodních zdrojů reprezentuje efektivní srážka EP (Effective Precipitation), která je dána rovnicí

$$(1) \quad EP_i = \sum_{n=1}^i \left(\frac{\sum_{m=1}^n P_m}{n} \right),$$

kde i je doba sumace (DS), P_m je srážka před m dny. P_1 značí aktuální srážku.

Složitý matematický zápis můžeme přepsat:

$$EP_i = \sum_{m=1}^i \lambda_m P_m,$$

kde λ_m jsou váhy pro srážky P_m .

Položíme-li i rovno 365, představuje EP_{365} vodní zdroje nahromaděné za posledních 365 dní. Pro hodnocení deficitu půdní vláhy (vlhkosti) se používá $EP_{14(15)}$, která vyjadřuje vodní zdroje akumulované během posledních 14 (resp. 15) dní. Rovnice EP vychází z úvahy, že srážka před m dny je přidána k celkovým zásobám vody ve tvaru průměru srážek za m dnů (např. $EP_2 = P_1 + \frac{(P_1 + P_2)}{2}$). Způ-

sob vážení denních srážek v závislosti na čase, který uplynul od jejich výskytu (vyjádřen počtem dní, které uplynuly od příslušného dne, jehož úhrn srážek vážíme), popisuje obrázek 1 (příloha). Křivka z obr. 1 znázorňuje průběh časově závislé redukční funkce. Jak vidíme z obrázku, rovnice EP zaručuje strmější změny vah v prvních dnech. To je také v souladu s výsledky různých srážkovodtokových modelů, které ukazují, že změna poměru odtoku je nejprudší jen po dešti [3].

Kromě této uvažované rovnice lze úbytek vodních zdrojů v čase vyjádřit také dal-

šími rovnicemi. Výběr nejlepší rovnice však nadále zůstává nevyřešeným problémem, protože zde vystupuje velmi mnoho parametrů. Jedná se zejména o topografii, vlastnosti půdy, schopnost zadržovat vodu ve vodních nádržích, teplotu a vlhkost vzduchu, rychlost větru a další. Všechny zmiňované faktory ovlivňují úbytek vody v přírodě odtokem a evapotranspirací.

Postup a přehled ukazatelů

Rozhodli jsme se pracovat pouze s EP_{365} (vodní zdroje za 365 posledních dní), neboť rok se vyznačuje charakteristickým chodem srážek. Hodnota EP_{365} se používá při hodnocení sucha z pohledu akumulovaných vodních zásob. Z EP_{365} počítáme další indexy, které nám dovoří vymežit období sucha, zhodnotit jejich intenzitu a rovněž umožní jejich vzájemné srovnání. Společně s přehledem indexů naznačíme postup při aplikaci EP_{365} .

Nejprve se spočítají pro každou stanici a každý den hodnoty EP_{365} (dále jen EP) podle vzorce (1). K provedení výpočtu potřebujeme denní úhrny srážek za posledních 365 dní. Znamená to, že metodika výpočtu nedovoluje hodnotu EP spočítat pro první rok měření příslušné stanice.

Ve druhém kroku se na jednotlivých stanicích spočítá pro každý kalendářní den roku průměr hodnot EP (MEP). Hodnota MEP představuje klimatologickou charakteristiku vodních zdrojů. Lze si ji také představit jako dlouhodobý normál hodnot EP pro daný den v roce. MEP má vysokou variabilitu, proto se dále počítá s 5-denními klouzavými průměry.

V další fázi postupu se porovnává výpočtem stanovená hodnota EP s dlouhodobým normálem (MEP) pro příslušný kalendářní den v roce. Pro každý den období stanovíme na jednotlivých stanicích hodnotu DEP (Deviation of EP from MEP) ze vztahu

$$DEP = EP - MEP.$$

DEP vyjadřuje nedostatek nebo nadbytek vodních zdrojů k určitému datu a místu. Z DEP pro jednotlivé dny pak vychází další indexy.

Standardizací DEP dostáváme index SEP (Standardized value of DEP), který umožňuje srovnání intenzity sucha mezi různými místy:

$$SEP = \frac{DEP}{\sigma(EP)},$$

kde $\sigma(EP)$ je standardní odchylka pro každou denní řadu EP (standardní odchylka pro příslušný kalendářní den). Standardní odchylka je spočítána z pětidenních klouzavých průměrů EP.

Negativní hodnoty DEP a SEP znamenají období vodního deficitu, neboť hodnoty EP jsou pod úrovní normálu. **Suché období definujeme jako období po sobě jdoucích dní s negativní hodnotou SEP (DEP).** Délku suchého období označujeme CNS (Consecutive days of negative SEP).

Ke kvantifikaci intenzity sucha se používají další indexy. Uvedeme zde jejich přehled a stručný komentář.

ANES (Accumulation of consecutive negative SEP) značí součet všech záporných po sobě jdoucích negativních hodnot SEP. ANES dobře vyjadřuje také délku sucha, protože absolutní hodnota ANES je skoro vždy menší než 2.

Další charakteristikou, která vychází z DEP , je **PRN** (Precipitation needed for a return to normal condition). Z negativní hodnoty DEP lze spočítat denní srážku nutnou pro návrat k normálním podmínkám. Její předností je především srozumitelnost široké veřejnosti. PRN vyjadřuje rovnice

$$PRN = \frac{DEP}{\sum_{N=1}^{365} \frac{1}{N}}$$

PRN udává rovněž deficit srážek akumulovaný během posledních 365 dní.

Ačkoliv PRN a jiné uvedené indexy poměrně dobře určují intenzitu sucha, je potřeba konstruovat také index, který by umožňoval stanovit intenzitu sucha a přitom dovolil srovnání mezi různými místy (nezávisle na jejich klimatických charakteristikách). **EDI** (Effective drought index) tyto požadavky splňuje:

$$EDI = \frac{PRN}{\sigma(PRN)} = \frac{DEP}{\sigma(DEP)},$$

kde σ značí standardní odchylku indexu v závorce pro příslušný kalendářní den.

Standardizací se rozložení EDI blíží normovanému normálnímu rozdělení. Proto se někdy **sucho definuje jako období s hodnotami EDI menšími než -1,0**, kde jsou suchá období mezi jednotlivými suchy zahrnuta, pokud se nevyskytnou kladné hodnoty EDI [3]. Suchá období však my při vymezování such uvažovat nebudeme. **Sucho v našem pojetí bude znamenat období po sobě jdoucích dní s hodnotou EDI menší než -1,0.**

Vedle indexů vztažených k metodě efektivní srážky, jsme využívali také charakteristiku **APD** (Accumulated precipitation deficit):

$$APD_j = \sum_{i=1}^j (P_i - AVG_i),$$

kde j je délka suchého období (nebo sucha), P_i denní úhrn srážek pro i -tý den a AVG_i je dlouhodobý průměr srážek (normál) pro den i .

Při hodnocení srážkových poměrů vymezených such a suchých období jsme používali také ukazatel **PDst_j**

$$PDst_j = \sum_{i=1}^j \frac{(P_i - AVG_i)}{\sigma_i},$$

kde j je délka suchého období (nebo sucha), P_i denní úhrn srážek i -tého dne období, AVG_i je dlouhodobý průměr srážek (normál) pro příslušný (kalendářní) den a σ_i značí standardní odchylku denních úhrnů srážek pro daný kalendářní den.

Podobně můžeme zhodnotit také teplotní poměry vymezených období. Pro výpar mají význam teploty nad nulou, proto jsme záporným teplotám přiřadili automaticky nulové hodnoty a uvažovali níže uvedený index **Tst_j**

$$Tst_j = \sum_{i=1}^j \frac{(T_{oi} - \bar{T}_{oi})}{\sigma_{oi}},$$

kde j je délka suchého období (nebo sucha), T_{oi} je denní průměr teploty vzduchu i -tého dne období (v případě záporných teplot je roven 0°C), \bar{T}_{oi} je dlouhodobý průměr teplot pro příslušný den (kalendářní) (místo záporných hodnot se při jeho výpočtu berou nuly) a σ_{oi} značí standardní odchylku denních průměrů teplot pro daný kalendářní den.

Kombinací hodnot $PDst_j$ a Tst_j lze pak zkonstruovat novou charakteristiku, která vypovídá o teplotní a srážkové abnormalitě vymezeného období. Naším úkolem je stanovit intenzitu sucha, která logicky roste se snižujícími se hodnotami $PDst_j$ a zároveň rostoucími hodnotami Tst_j .

Nový ukazatel, který bude určitým doplňkem indexů odvozených z metody EP, má tvar

$$DI_j = PDst_j - c * Tst_j,$$

kde j je délka suchého období (nebo sucha) a multiplikátor c je empirická hodnota, která vyjadřuje průměrnou změnu úrovně výparu při změně hodnoty kladných denních průměrů teploty vzduchu.

V naší studii budeme pracovat s hodnotou c rovno 1,0 a 0,1. První hodnota zajišťuje stejnou váhu obou dílčích ukazatelů na výslednou hodnotu DI_j . Váha 0,1 vyjadřuje v kombinaci s indexem Tst_j spíše abnormalitu výparu a ukazatel DI_j pak porovnává úroveň srážkové abnormality s úrovní abnormality výparu. Tato úvaha vychází z rovnice Seljaninovova hydrotermického koeficientu.

Klimatologické hodnocení sucha a suchých období na území ČR v letech 1876–2003

Přehled výsledků ukazatelů ze jednotlivé stanice

Pro osm vybraných stanic na území ČR jsme spočítali metodou efektivní srážky jednotlivé indexy, které jsme doplnili hodnotami dalších ukazatelů z předchozí kapitoly. Srovnání délek řad pozorování denních úhrnů srážek a denních průměrů teploty vzduchu, které jsme měli k dispozici za jednotlivé stanice, uvádí tabulka 1.

Tabulka 1 Přehled stanic a délek jejich pozorování

Stanice	Pozorování	Ukazatele za období
Brno	1891 – červenec 2003	31.12.1891 – 31.7.2003
České Budějovice	1888 – červenec 2003	31.12.1888 – 31.7.2003
Čáslav	1876 – červenec 2003	31.12.1876 – 31.7.2003
Karlovy	1921 – červenec 2003	31.12.1921 – 31.7.2003
Klatovy	1921 – červenec 2003	31.12.1921 – 31.7.2003
Klementinum	1875 – červenec 2003	31.12.1875 – 31.7.2003
Olomouc	1.3.1909 – červenec 2003	28.2.1910 – 31.7.2003
Tábor	1875 – červenec 2003	31.12.1875 – 31.7.2003

Pozn. Ukazatele vycházející z EP potřebují ke svému výpočtu denní úhrny srážek za posledních 365 dní.

Tabulka 2 Srovnání klimatických podmínek stanic podle MEP

	Br	Bu	Čá	Ka	Kla	Kle	Ol	Tá
Leden	489,8	528,9	526,1	409,0	537,2	417,2	531,8	540,1
Únor	447,7	480,0	488,1	374,9	500,3	378,6	477,0	505,7
Březen	413,4	446,9	462,7	350,4	469,0	355,3	433,7	475,4
Duben	403,7	452,3	463,8	350,4	477,8	360,1	426,9	471,5
Květen	452,0	520,9	513,2	395,7	520,1	417,0	476,4	515,6
Červen	532,8	641,1	587,3	484,4	622,4	502,2	568,6	604,3
Červenec	619,9	755,3	684,7	549,4	715,6	576,6	671,7	680,9
Srpen	654,0	813,5	732,9	596,0	771,1	615,8	730,3	729,5
Září	635,7	799,6	715,5	587,3	760,3	605,3	710,0	714,0
Říjen	594,8	740,0	665,9	539,9	697,4	556,9	665,9	668,5
Listopad	568,9	667,5	617,2	505,8	646,8	511,0	640,5	619,2
Prosinec	534,9	598,9	571,2	459,4	594,1	465,4	587,1	578,6
Rok MEP	529,3	621,0	586,1	467,2	609,7	480,5	577,1	592,2
Rok srážky	529,2	622,2	586,0	465,2	608,7	480,7	576,2	592,6

Pozn. Zkratky stanic (budou použity i v dalších tabulkách):

Br – Brno, **Bu** – České Budějovice, **Čá** – Čáslav, **Ka** – Karlov,
Kla – Klatovy, **Kle** - Klementinum, **Ol** – Olomouc, **Tá** – Tábor
Rok MEP – průměrná roční hodnota MEP,
Rok srážky – průměrný roční úhrn srážek

Uvedená tabulka potřebuje doprovodný komentář. Nejprve si musíme všimnout dobrou shodu mezi průměrnou roční hodnotou MEP a ročním úhrnem srážek na stanicích. Tedy ačkoliv to z matematického výrazu pro EP není zcela patrné, hodnota EP jednotlivých dnů poměrně dobře vyjadřuje vodní zdroje akumulované během posledních 365 dní.

Průměrné měsíční hodnoty MEP z tabulky 2 nejsou překvapující, jestliže si uvědomíme způsob výpočtu EP. Například vysoce nadprůměrná hodnota MEP u září je dána předcházejícími letními měsíci s vysokými průměrnými srážkovými úhrny. Naproti tomu u dubna, s měsíčním úhrnem srážek srovnatelným se zářím, dosahuje průměr MEP pouze asi 60 % hodnoty měsíce září. Obecně nízké hodnoty zásob vodních zdrojů jarních měsíců způsobuje předcházející zimní období tvořené dny s nízkými úhrny srážek, jenž jsou pak ve výpočtu EP pro dny jarních měsíců váženy relativně vysokými koeficienty v porovnání např. se srážkami z letních měsíců. Na tomto místě musíme upozornit na určitý nedostatek metody EP, která, jak je patrné z tabulky, nepočítá s evapotranspirací. Při jejím započítání v denním kroku by se zásoby vodních zdrojů v jarních měsících

z relativního pohledu jistě zvýšily a zajímavé by bylo nové srovnání s podzimem. Nicméně tato skutečnost nehraje podstatnou roli při výpočtu dalších indexů odvozených z EP. Jak je patrné ze vzorců jednotlivých indexů, základem je ve všech případech DEP, který vztahuje vypočítanou hodnotu EP pro určitý den k dlouhodobému průměru (MEP). MEP si lze představit jako hodnotu EP, kterou bychom pro daný kalendářní den očekávali. Jak vyplývá z tabulky, v zimních měsících jsou očekávané hodnoty podstatně nižší než v létě.

Hodnoty jednotlivých indexů jsme spočítali pro všech osm stanic za období, která odpovídají délce jejich pozorování zmenšené o jeden rok (viz koncept EP). Extrémní hodnoty vybraných ukazatelů na jednotlivých stanicích, společně s dnem, ve kterém jich bylo dosaženo, přináší tabulka 3.

Dříve než se zaměříme na hodnocení extrémních hodnot jednotlivých ukazatelů, uvedeme pro srovnání klimatických podmínek stanic tabulku hodnot MEP (5-denní klouzavý průměr). Ty, jak jsme již při představení metody uvedli, vyjadřují dlouhodobý normál hodnot EP – tedy vodních zdrojů akumulovaných během posledních 365 dní.

Tabulka 3 Extrémy hodnot EDI a PRN

Stanice	EDI		PRN	
	den	hodnota	den	hodnota
Brno	28.6.1893	-2,76	21.7.1976	-57,11
České Budějovice	30.1.1909	-2,51	22.8.1911	-71,15
Čáslav	23.3.1954	-2,46	15.9.1878	-63,96
Karlov	21.2.1954	-2,61	11.8.1990	-54,30
Klatovy	16.10.1947	-2,62	23.9.1947	-65,88
Klementinum	24.2.1954	-2,66	8.9.1911	-58,15
Olomouc	29.6.1925	-2,57	3.7.1925	-63,45
Tábor	26.12.1953	-2,79	31.8.1904	-60,06

Z tabulky lze vyčíst, že nejvyšší hodnoty denních srážek, které by bylo potřeba, aby se vyrovnal akumulovaný deficit vodních zdrojů za posledních 365 dní (PRN), se vyskytují výhradně v letních měsících a v září. Je to v celku logické, neboť v těchto měsících dosahuje ukazatel MEP nejvyšších hodnot a případná odchylka od normálu (DEP) se může dostat hluboko do záporných čísel. Pravděpodobnost výraznější srážky je však v létě vyšší, což může vést k poměrně rychlému vyrovnání deficitu. Dne 22.8.1911 by byl na stanici České Budějovice vyrovnán deficit z předchozího období pouze denní srážkou ve výši 71,15 mm.

Základním indexem, ze kterého budeme v další části studie vycházet, je EDI (Effective drought index). Při představení indexu jsme uvedli, že se jedná o index, který je standardizovaný a umožňuje srovnání mezi různými místy (nezávisle na jejich klimatických charakteristikách). Proto jsme jej zvolili pro srovnání mezi stanicemi a v následující kapitole také k určení nejsušších dní, měsíců, vegetačních období a roků na jednotlivých stanicích a také v průměru za všech osm stanic dohromady. Abychom měli lepší představu o hodnotách, kterých EDI nabývá, uvádíme tabulku, která znázorňuje průměrné rozložení hodnot EDI za všech osm stanic.

Tabulka 4 Hodnoty EDI a pravděpodobnost jejich překročení

EDI	Pravděpodobnost překročení v %
-1,96	99
-1,45	95
-1,19	90
-0,85	80
-0,57	70
-0,33	60
-0,09	50
0,17	40
0,45	30
0,79	20
1,30	10

Tabulku interpretujeme tak, že náhodně vybraná hodnota EDI pro libovolný den na některé ze stanic je pouze s pravděpodobností 1 % nižší než -1,96. Při vymezování such budeme pracovat s hodnotou EDI -1,0. Stejná nebo nižší hodnota se vyskytuje na našich stanicích pouze s pravděpodobností asi 15,1 %. Suchá období jsme definovali jako období po sobě jdoucích dní s hodnotou EDI menší než nula. Záporné EDI se vyskytuje u 53,5 % dní. Už spíše jako zajímavost uvádíme skutečnost, že EDI menší než -2,0 zaznamenáváme jen u 2715 dní z celkového počtu 315 747, což odpovídá pouhým 0,86 %.

Stanovení nejsušších dní, měsíců, vegetačních období a roků v období 1876 – 2003 (červenec) podle EDI

V této kapitole, která předchází pasážím věnovaným vymezování such a suchých období, se pokusíme zhodnotit sucho v předem daných – kalendářních jednotkách. Srovnáme mezi sebou nejsušší měsíce, vegetační období (duben – září) a roky na jednotlivých stanicích a stanovíme nejsušší období v průměru za všechny stanice. Problémem zůstává zejména různě dlouhá období pozorování na jednotlivých stanicích. U některých měsíců, veg. období a roků máme

k dispozici hodnoty EDI pouze ze dvou stanic, od roku 1922 pak již za všech osm stanic. Proto jsou také průměry EDI za kalendářní jednotky spočítány z různého počtu stanic. V tabulkách, které uvádí

výsledky za tuto kapitolu, však tuto skutečnost nebudeme nijak rozlišovat a výsledky prezentujeme za celé období 1876 – 2003 (červenec).

Tabulka 5 Deset nejsušších měsíců celkově a ve vegetačním období na stanicích

Pořadí	Celkem				Vegetační období			
	stanice	rok	měsíc	EDI	stanice	rok	měsíc	EDI
1	Tá	1953	prosinec	-2,542	Br	1976	červenec	-2,289
2	Kla	1947	říjen	-2,493	Kla	1947	září	-2,242
3	Kle	1954	únor	-2,465	Čá	1878	září	-2,186
4	Ka	1954	únor	-2,424	Ka	1943	květen	-2,186
5	Kle	1953	prosinec	-2,353	Tá	1884	květen	-2,126
6	Kla	1943	březen	-2,346	Ka	1947	září	-2,123
7	Bu	1909	leden	-2,345	Kle	1911	srpen	-2,115
8	Kle	1954	březen	-2,343	Kle	1976	srpen	-2,111
9	Ka	1954	březen	-2,330	Kle	1990	srpen	-2,096
10	Tá	1954	únor	-2,318	Br	1974	duben	-2,095

Pozn. EDI značí průměrnou hodnotu ukazatele ve dnech příslušného měsíce na dané stanici.

Tabulka 6 Deset nejsušších měsíců celkově a ve vegetačním období

Pořadí	Celkem			Vegetační období		
	rok	měsíc	EDI	rok	měsíc	EDI
1	1947	říjen	-2,095	1947	září	-1,779
2	1954	únor	-1,998	1974	duben	-1,754
3	1954	březen	-1,977	1976	červenec	-1,701
4	1953	prosinec	-1,962	1904	srpen	-1,651
5	1943	březen	-1,951	1943	květen	-1,631
6	1909	leden	-1,781	1911	srpen	-1,590
7	1947	září	-1,779	1976	srpen	-1,442
8	1954	leden	-1,774	1885	červen	-1,433
9	1974	duben	-1,754	1904	září	-1,432
10	1976	červenec	-1,701	1990	srpen	-1,425

Pozn. EDI je spočítáno jako průměr hodnot ze všech stanic, ze kterých jsme měli v příslušném měsíci k dispozici hodnoty EDI.

Snažili jsme se určit také nejsušší období tří po sobě jdoucích měsíců. Jako nejsušší se jeví období leden – březen roku 1954. Dny těchto tří měsíců mají EDI v průměru rovno -1,92. K uvedeným mě-

sícům je třeba přidat také prosinec 1953. Jen nepatrně vlhčím obdobím jsou měsíce září až listopad 1947 s průměrem EDI -1,86.

Vegetační období je v naší studii určeno měsíci duben – září. V níže uvedených

tabulkách naleznete průměrné hodnoty EDI za těchto 6 měsíců.

Tabulka 7 Deset nejsušších vegetačních období na stanicích a v průměru za všechny stanice

Pořadí	Na stanicích			V průměru	
	stanice	veg. období	EDI	veg. období	EDI
1	Brno	1893	-1,775	1976	-1,233
2	Karlov	1943	-1,772	1943	-0,957
3	Brno	1976	-1,688	1885	-0,885
4	Klementinum	1943	-1,628	1893	-0,867
5	Klementinum	1976	-1,504	1884	-0,867
6	Karlov	1976	-1,445	1933	-0,846
7	Klementinum	1911	-1,418	1947	-0,828
8	Karlov	1990	-1,402	1973	-0,806
9	Klementinum	1990	-1,372	1990	-0,764
10	Olomouc	1993	-1,371	1991	-0,727

Jako nejsušší se z pohledu vegetačních období jeví konec 80. a začátek 90. let, i když musíme zdůraznit mimořádně suché vegetační období roku 1976. Nejnižší tříletý průměr hodnot EDI za vegetační období zaznamenáváme mezi lety 1990 –

1992 (-0,72), pětiletý v období 1989 – 1993 (-0,62) a desetiletý v letech 1990 – 1999 (-0,32). Hodnocení sucha vegetačních období v jednotlivých dekádách dokládá stále se zvyšující intenzitu sucha (viz tabulka 9).

Tabulka 8 Deset nejsušších roků na stanicích a v průměru za všechny stanice

Pořadí	Na stanicích			V průměru	
	stanice	rok	EDI	rok	EDI
1	Karlov	1943	-1,834	1943	-1,185
2	Klementinum	1943	-1,741	1973	-1,011
3	Klatovy	1943	-1,535	1933	-0,835
4	Brno	1893	-1,362	1991	-0,825
5	Čáslav	1943	-1,310	1976	-0,807
6	Brno	1976	-1,279	1990	-0,777
7	Karlov	1990	-1,245	1984	-0,664
8	Klementinum	1990	-1,219	1884	-0,660
9	Brno	1983	-1,212	1934	-0,643
10	Čáslav	1991	-1,195	1983	-0,642

U roků pozorujeme poměrně dobrou shodu s vegetačními obdobími. Vedle dvou abnormálně suchých let 1943 a 1973 je nejsušší tříleté období, stejně jako v případě vegetačních období, tvořeno roky 1990 – 1992 (-0,72), pětileté pak roky 1989 – 1993 (-0,61). Desetileté se

od vegetačních období trochu liší, neboť je více posunuto do osmdesátých let mezi roky 1983 – 1992 (-0,34).

Zvyšování intenzity sucha směrem ke konci 20. století dokládá průměr EDI za jednotlivé dekády. Ten jsme vypočítali z jednotlivých roků i vegetačních sezón.

Tabulka 9 Nejsušší dekády v průměru za všechny stanice

Pořadí	Roky		Vegetační období	
	období	EDI	období	EDI
1	1991 - 2000	-0,257	1991 – 2000	-0,271
2	1981 - 1990	-0,240	1981 – 1990	-0,214
3	1971 - 1980	-0,207	1971 – 1980	-0,160
4	1901 - 1910	-0,102	1901 – 1910	-0,073
5	1941 - 1950	-0,063	1941 – 1950	-0,065
6	1951 - 1960	-0,051	1951 – 1960	0,001
7	1961 - 1970	-0,021	1921 – 1930	0,047
8	1876 - 1880	0,078	1961 – 1970	0,068
9	1921 - 1930	0,091	1931 – 1940	0,086
10	1881 - 1890	0,182	1876 - 1880	0,098
11	1931 - 1940	0,186	1881 – 1890	0,126
12	1891 - 1900	0,242	1911 – 1920	0,179
13	1911 - 1920	0,274	1891 - 1900	0,275

Shrnutí

Na úrovni měsíců lze za nejsušší označit období prosinec 1953 až březen 1954 a podzim roku 1947 (září – listopad), který je následkem abnormálně suchého léta 1947. Posouváme-li se na úroveň vegetačních sezón a celých roků, nemůžeme již zcela jednoznačně definovat nejsušší období. Jak vyplývá z tabulek a dílčích závěrů, je mezi vegetačními obdobími a roky poměrně dobrá shoda. Mezi deseti nejsuššími roky a veg. sezónami mají zastoupení různé dekády. Za nejsušší rok lze považovat rok 1943, ve vegetačním období se jako mimořádně suchý jeví rok 1976. Nicméně lze udělat společný závěr, že suchost roků se ke konci 20. století v průměru zvyšuje. Nejsušší tříletou periodou je z pohledu roků i veg. sezón období 1990 – 1992 a jako nejsušší dekádu jsme v obou případech vyhodnotily 90. léta 20. století.

Vymezování a hodnocení such a suchých období

Na úvod této kapitoly si připomeneme definice sucha a suchých období, jak jsme je uvedli dříve při představení metody efektivní srážky.

- ▶ Suché období definujeme jako období po sobě jdoucích dní s negativní hodnotou SEP (resp. EDI nebo DEP).
- ▶ Sucho bude znamenat období po sobě jdoucích dní s hodnotou EDI menší než $-1,0$.

Pro úplnost ještě připomeneme, že podíl počtu dní se zápornou hodnotou EDI (SEP nebo DEP) je na našich osmi stanicích v průměru 53,5 % a počtu dní s EDI nižším než $-1,0$ zhruba 15,1 %.

V krátkosti naznačíme postup, jehož výsledky zde budeme prezentovat. Nejprve jsme dle definic vymezili na všech osmi stanicích sucha a suchá období. Ta jsme poté seřadili podle různých ukazatelů, jenž by měla pomoci kvantifikovat intenzitu sucha vzhledem k normálu. Uvažována byla následující kritéria:

- ▶ délka
- ▶ suma EDI (dále EDI)
- ▶ suma PRN (dále PRN)
- ▶ průměr EDI na den
- ▶ průměr PRN na den
- ▶ PDst_j
- ▶ DI_j (s vahami 0,1 a 1,0)

Pořadí nejhorších such, resp. suchých období se s volbou kritéria nutně mění. Dále budeme vycházet pouze z pořadí podle sumy EDI, která se nám pro hod-

nocení intenzity sucha jeví jako nejvhodnější. Narozdíl od ukazatele PRN je EDI pro jednotlivé dny roku standardizovaný - máme tak eliminován vliv ročního chodu srážek. Vysoký denní průměr EDI a PRN značí vysokou intenzitu suchého období (resp. sucha). Zásoby vody v daném období jsou sice výrazně podnormální, nicméně délka bývá mnohem kratší než u období dle sumy EDI. Navíc musíme zohlednit skutečnost, že s rostoucí délkou suchého období (sucha) se zároveň zvyšuje i intenzita sucha jako jevu. Ukazatel PDst_j je stejně jako EDI standardizovaný, jeho nevýhodou však zůstává, že nijak nezohledňuje srážkové poměry období

těsně předcházejícího vymezenému suchu, resp. suchému období. Index DI_j jsme uvažovali pouze jako pomocný. Volba vah v jeho definici zůstává otevřenou záležitostí. Jeho výhodou ve srovnání s ostatními jmenovanými charakteristikami, kvůli které jsme jej zařadili do naší studie, je skutečnost, že pracuje také s teplotními poměry a tedy nepřímo s výparem. V daném období tak porovnává srážkovou abnormalitu s abnormalitou teplotní, resp. výparu. Následující tabulky podávají přehled nejhorších such a suchých období podle zvolených ukazatelů souhrnně za všechny stanice.

Tabulka 10 Pět nejhorších suchých období podle délky, EDI, PRN a PDst_j

Poř.	St.	Období	Délka	St.	Období	PRN
1	Ka	16.6.1942-21.5.1944	706	Ka	16.6.1942-21.5.1944	-20815,7
2	Čá	26.8.1932-26.6.1934	670	Čá	26.8.1932-26.6.1934	-15001
3	Kle	20.10.1942-21.5.1944	580	Kle	20.10.1942-21.5.1944	-14610,5
4	Čá	4.8.1942-12.2.1944	558	Čá	4.8.1942-12.2.1944	-13959,2
5	Kle	28.2.1953-6.6.1954	464	Br	12.3.1893-27.4.1894	-13023,7
Poř.	St.	období	EDI	St.	období	PDst _j
1	Ka	16.6.1942-21.5.1944	-1100,6	Ka	16.6.1942-21.5.1944	-116,8
2	Kle	20.10.1942-21.5.1944	-875,8	Čá	26.8.1932-26.6.1934	-92,7
3	Čá	26.8.1932-26.6.1934	-734,1	Kle	20.10.1942-21.5.1944	-83,1
4	Br	12.3.1893-27.4.1894	-692,3	Br	12.3.1893-27.4.1894	-79,2
5	Kle	28.2.1953-6.6.1954	-664,3	Kla	20.3.1942-10.6.1943	-79,0

Tabulka 11 Pět nejhorších suchých období podle EDI/den, PRN/den, DI_j(1,0) a DI_j(0,1)

Poř.	St.	Období	EDI/den	St.	Období	PRN/den
1	Kla	24.4.-28.12.1947	-1,715	Kla	24.4.-28.12.1947	-42,69
2	Tá	6.8.1953-21.6.1954	-1,689	Čá	3.6.-13.11.1976	-41,06
3	Br	12.3.1893-27.4.1894	-1,680	OI	22.5.1921-23.3.1922	-38,29
4	Br	3.6.-12.11.1976	-1,659	Bu	21.7.-22.12.1947	-37,63
5	Br	23.5.1921-31.3.1922	-1,610	Br	3.6.-12.11.1976	-37,20
Poř.	St.	období	DI _j (1,0)	St.	období	DI _j (0,1)
1	Kle	22.4.2000-21.3.2001	-221,9	Ka	16.6.1942-21.5.1944	-120,5
2	Kle	14.7.1989-22.4.1990	-183,8	Kle	20.10.1942-21.5.1944	-85,0
3	Olo	5.9.1989-22.4.1990	-171,6	Čá	26.8.1932-26.6.1934	-84,4
4	Kla	16.4.1982-10.2.1983	-168,9	Kla	20.3.1942-10.6.1943	-83,0
5	Tá	7.5.1992-21.5.1993	-159,6	Br	12.3.1893-27.4.1894	-80,9

Jako nejhorší suché období lze podle všech kumulativních ukazatelů označit 706 dní dlouhý časový úsek na stanici

Praha-Karlov mezi dny 16.6.1942 a 21.5.1944. Na druhé pražské stanici Klementinu začíná odpovídající suché ob-

dobí až 20.10.1942, jeho konec je však totožný. Další výrazná suchá období, která svou délkou významně překračují rok, jsme vymezili na stanici Čáslav mezi dny 26.8.1932 - 26.6.1934 a 4.8.1942 - 12.2.1944. Tato dlouhotrvající suchá období však logicky nejsou mezi předními z pohledu intenzity sucha vyjádřené ukazateli EDI/den, resp. PRN/den. Zde dominují kratší období a jejich zařazení z pohledu roků je také odlišné. Nejhorší suché období se podle obou ukazatelů intenzity sucha vyskytlo na stanici Klatovy v roce 1947 a trvalo 249 dní. Dalšími roky s vysoce intenzivními suchými

obdobími jsou 1976, 1894, 1953, 1954, 1921 a 1922. Zcela odlišnou vypovídající schopnost a také úplně odlišné pořadí pozorujeme u ukazatele $DI_j(1,0)$, který porovnává teplotní a srážkovou normalitu období. V tabulce se objevují suchá období, která hodnotíme jako teplotně výrazně nadnormální (z pohledu nezáporných teplot) a u kterých je předpoklad vysokého výparu, který předchází charakteristiky nezohledňují. Můžeme si všimnout, že všechna nejhorší suchá období se podle tohoto kritéria vyskytují v posledních 25 letech.

Tabulka 12 Pět nejhorších such podle délky, EDI, PRN a PDst_j

Poř.	St.	Období	Délka	St.	Období	PRN
1	Ka	3.11.1942-14.8.1943	285	Ol	9.7.1921-21.3.1922	-10846,6
2	Br	9.7.1921-21.3.1922	256	Br	9.7.1921-21.3.1922	-9302,3
3	Ol	9.7.1921-21.3.1922	256	Ka	3.11.1942-14.8.1943	-9046,2
4	Kle	10.12.1942-14.8.1943	248	Bu	15.6.-24.12.1911	-8469,3
5	Ka	23.8.1953-20.4.1954	241	Kla	14.7.-22.12.1947	-8467,4
Poř.	St.	období	EDI	St.	období	PDst _j
1	Ka	3.11.1942-14.8.1943	-517,1	Ka	3.11.1942-14.8.1943	-62,5
2	Br	9.7.1921-21.3.1922	-469,6	Kle	10.12.1942-14.8.1943	-54,5
3	Kle	23.8.1953-4.4.1954	-463,1	Ka	23.8.1953-20.4.1954	-52,7
4	Ka	23.8.1953-20.4.1954	-463,0	Tá	15.9.1953-2.4.1954	-50,3
5	Kle	10.12.1942-14.8.1943	-447,5	Kle	23.8.1953-4.4.1954	-49,7

Tabulka 13 Pět nejhorších such podle EDI/den, PRN/den, $DI_j(1,0)$ a $DI_j(0,1)$

Poř.	St.	Období	EDI/den	St.	Období	PRN/den
1	Kle	23.8.1953-4.4.1954	-2,058	Kla	14.7.-22.12.1947	-52,27
2	Tá	15.9.1953-2.4.1954	-2,042	Čá	23.6.-3.11.1878	-51,16
3	Kla	14.7.-22.12.1947	-2,017	Bu	9.7.-14.9.1904	-50,65
4	Br	11.6.-16.9.1976	-1,944	Čá	3.7.-23.9.1911	-48,81
5	Ka	15.7.-27.12.1947	-1,930	Bu	16.8.-14.11.1947	-47,78
Poř.	St.	období	$DI_j(1,0)$	St.	období	$DI_j(0,1)$
1	Čá	8.8.1982-9.2.1983	-105,2	Ka	3.11.1942-14.8.1943	-63,5
2	Ol	24.10.1973-20.5.1974	-104,5	Kle	10.12.1942-14.8.1943	-57,2
3	Kla	14.7.-22.12.1947	-100,7	Tá	15.9.1953-2.4.1954	-53,1
4	Kle	8.9.1982-15.1.1983	-99,2	Ka	23.8.1953-20.4.1954	-52,6
5	Ol	13.7.-2.9.1992	-98,1	Kle	23.8.1953-4.4.1954	-51,7

Sucha jsou již z definice součástí suchých období. Přísnější kritérium na jejich vymezení podstatně zkracuje jejich délku ve

srovnání se suchými obdobími. Z toho také vyplývají podstatně menší rozdíly mezi suchy z pohledu jednotlivých uka-

zatelů. Z nejdelšího suchého období na stanici Praha-Karlov lze rovněž vymezit patrně nejhorší sucho (3.11.1942 – 14.8.1943), které ostatní sucha předčí nejen svou délkou, ale také podle standardizovaných ukazatelů srážkových poměrů EDI a PDstj. Z pohledu intenzity sucha měřené indexy EDI/den a PRN/den je situace dosti odlišná. Nicméně stejně jako u suchých období pozorujeme vyšší intenzitu jevu v letech 1953, 1954, 1947 a 1976. Období srpen 1953 – září 1954 na stanicích Klementinum a Tábor, stejně jako léto a podzim roku 1947 na stanicích Klatovy a Karlov a léto 1976 v Brně, můžeme označit jako zcela mimořádně suchá. Hodnoty EDI blížíci se -2,0 nalezneme v průměru pouze u necelého procenta všech sledovaných dní. Z tabulky můžeme dále přechíst, že průměrný deficit vodních zdrojů ve dnech 14.7.-22.12.1947 činil na stanici Klatovy více než 52 mm. K návratu k normálním vláhovým podmínkám by bylo potřeba, aby během 24 hodin napadlo více než 52 mm srážek. Ukazatel $DI_j(1,0)$ upozorňuje na teplotně abnormální sucho v druhé polovině roku 1982 na stanicích Čáslav a Klementinum.

Jednoletá (dvouletá) a horší sucha a suchá období 1876 – 2003 (červenec)

Následující kapitola si klade za cíl provést podrobnější analýzu such a suchých období. Budeme vycházet, jak jsme již v diskusi k ukazatelům naznačili, pouze ze sumy EDI (dále jen EDI).

Dříve než předložíme výsledky vycházející pouze z jednoletých (příp. dvouletých) such a suchých období, uvádíme spíše pro úplnost tabulky pěti nejhorších such a suchých období na jednotlivých stanicích podle EDI.

Abychom omezili počet such a suchých období, která budou součástí naší analýzy, budeme dále pracovat pouze s jednoletými (dvouletými) suchy a suchými obdobími na jednotlivých stanicích. Například počet jednoletých such na určité stanici (stejně jako jednoletých suchých období) odpovídá počtu roků, za které máme pro danou stanici hodnoty EDI. Prakticky se jedná o délku pozorování zmenšenou o 1 rok. Pro úplnost přikládáme tabulku 16, která počty jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období více ozřejmí.

Z pořadí podle EDI jsme určili na jednotlivých stanicích (počty viz tabulka 16) příslušný počet nejhorších such a suchých období (s nejvyšší zápornou hodnotou sumy EDI), která budeme dále označovat jako jednoletá (dvouletá) a horší sucha, resp. jednoletá (dvouletá) a horší suchá období.

Mimořádně zajímavé je srovnání mezi vybranými průměrnými charakteristikami jednoletých such a suchých období na jednotlivých stanicích.

Určili jsme a dále budeme vycházet z 868 jednoletých a horších such a suchých období. Průměrná délka jednoletého a horšího suchého období (dále pouze suchého období) je na našich osmi zpracovávaných stanicích téměř 132 dní, u jednoletého a horšího sucha (dále jen sucha) okolo 42 dní. Tabulky poskytují poměrně dobrou představu o charakteristikách průměrných jednoletých a horších such a suchých období na jednotlivých stanicích. Zároveň nabízí srovnání mezi stanicemi a průměrem, který byl vypočítán ze všech 868 jednoletých a horších such a suchých období, která jsme na našich stanicích stanovili.

Tabulka 14 Pět nejhorších suchých období na jednotlivých stanicích podle sumy EDI (EDI)

Pořadí	Brno	EDI	Č. Budějovice	EDI
1	12.3.1893-27.4.1894	-692,3	15.5.1983-12.5.1984	-472,8
2	23.5.1921-31.3.1922	-503,9	5.8.1973-10.5.1974	-381,4
3	12.5.1971-12.4.1972	-412,2	1.7.1963-3.4.1964	-371,9
4	28.9.1973-12.7.1974	-387,0	29.5.1911-2.3.1912	-367,5
5	28.6.1983-1.4.1984	-387,0	8.8.1953-6.5.1954	-354,2
Pořadí	Čáslav	EDI	Karlovy	EDI
1	26.8.1932-26.6.1934	-734,1	16.6.1942-21.5.1944	-1100,6
2	4.8.1942-12.2.1944	-653,1	11.4.1953-7.7.1954	-647,7
3	17.5.1878-10.5.1879	-547,8	28.4.1990-1.8.1991	-557,5
4	29.6.1990-25.7.1991	-519,9	28.5.1962-3.5.1963	-423,4
5	13.4.1982-30.4.1983	-494,9	13.4.1933-18.4.1934	-407,6
Pořadí	Klatovy	EDI	Klementinum	EDI
1	20.3.1942-10.6.1943	-637,2	20.10.1942-21.5.1944	-875,8
2	24.4.-28.12.1947	-427,0	28.2.1953-6.6.1954	-664,3
3	22.6.1943-20.6.1944	-414,6	1.5.1990-26.6.1991	-516,2
4	22.8.1953-6.5.1954	-374,7	4.2.1893-28.4.1894	-513,0
5	13.6.1962-14.6.1963	-366,9	1.3.1933-18.4.1934	-492,9
Pořadí	Olomouc	EDI	Tábor	EDI
1	18.3.1932-11.5.1933	-536,7	6.8.1953-21.6.1954	-540,5
2	9.5.1973-26.6.1974	-501,7	23.5.1917-3.7.1918	-514,4
3	22.5.1921-23.3.1922	-458,6	24.8.1883-5.10.1884	-502,5
4	12.8.1953-5.5.1954	-370,3	9.3.1893-16.3.1894	-460,1
5	7.10.1924-2.8.1925	-366,0	2.2.1959-16.3.1960	-457,3

Tabulka 15 Pět nejhorších such na jednotlivých stanicích podle sumy EDI (EDI)

Pořadí	Brno	EDI	Č. Budějovice	EDI
1	9.7.1921-21.3.1922	-469,6	22.8.1983-29.3.1984	-367,1
2	12.7.1983-16.1.1984	-316,7	15.6.-24.12.1911	-311,0
3	9.8.-2.12.1947	-213,8	27.10.1973-29.4.1974	-292,9
4	22.11.1893-14.3.1894	-212,9	28.9.1908-2.2.1909	-238,9
5	21.2.-17.6.1974	-209,7	29.11.1963-3.4.1964	-229,5
Pořadí	Čáslav	EDI	Karlovy	EDI
1	30.6.1921-9.1.1922	-335,1	3.11.1942-14.8.1943	-517,1
2	4.11.1953-20.4.1954	-316,2	23.8.1953-20.4.1954	-463,0
3	26.9.1983-2.4.1984	-313,7	15.7.-27.12.1947	-320,4
4	8.8.1982-9.2.1983	-306,1	19.8.1943-13.2.1944	-303,8
5	23.7.-27.12.1947	-255,4	9.6.-17.11.1990	-267,9
Pořadí	Klatovy	EDI	Klementinum	EDI
1	10.12.1942-2.6.1943	-337,5	23.8.1953-4.4.1954	-463,1
2	14.7.-22.12.1947	-326,8	10.12.1942-14.8.1943	-447,5
3	8.10.1953-2.4.1954	-317,8	9.6.-17.11.1990	-278,9
4	23.8.-25.12.1959	-227,2	1.10.1943-7.2.1944	-231,9
5	3.10.1943-5.2.1944	-206,7	31.5.-23.9.1911	-222,4
Pořadí	Olomouc	EDI	Tábor	EDI
1	9.7.1921-21.3.1922	-422,9	15.9.1953-2.4.1954	-408,3
2	24.10.1973-20.5.1974	-307,9	4.1.-3.6.1884	-282,8
3	28.10.1932-10.5.1933	-300,2	28.7.-21.12.1947	-258,5
4	7.11.1953-5.4.1954	-274,8	28.9.1908-2.2.1909	-240,4
5	24.7.-1.12.1947	-207,2	2.9.1959-4.1.1960	-219,1

Tabulka 16 Počty jednoletých (dvouletých) such a suchých období na stanicích

	Br	Bu	Čá	Ka	Kla	Kle	Ol	Tá
Jednoletá a horší	112	115	127	82	82	128	94	128
Dvouletá a horší	56	58	64	41	41	64	47	64

Tabulka 17 Průměrná jednoletá a horší suchá období na jednotlivých stanicích

	Br	Bu	Čá	Ka	Kla	Kle	Ol	Tá	Průměr
Počet	112	115	127	82	82	128	94	128	868
Délka	124,23	131,40	131,72	139,38	133,34	130,61	134,69	132,05	131,80
Srážka	113,22	142,42	138,31	113,21	151,68	109,41	131,51	144,96	130,49
APD	-61,71	-69,45	-70,01	-62,64	-69,51	-59,75	-73,16	-66,88	-66,49
PD _{stj}	-16,02	-16,49	-17,52	-18,10	-17,50	-16,31	-17,69	-17,46	-17,07
T _{stj}	12,96	9,10	4,68	13,92	10,50	13,31	11,19	5,69	9,88
SEP	-119,54	-118,60	-124,85	-130,83	-126,49	-126,18	-119,91	-127,30	-124,08
PRN	-2238,4	-2542,0	-2666,7	-2473,2	-2654,7	-2245,4	-2809,1	-2554,2	-2512,2
EDI	-117,79	-117,01	-123,21	-129,31	-124,90	-124,42	-118,59	-125,64	-122,46
DI _j (1,0)	-28,98	-25,59	-22,20	-32,02	-28,00	-29,62	-28,88	-23,15	-26,96
DI _j (0,1)	-17,31	-17,40	-17,99	-19,49	-18,55	-17,64	-18,81	-18,03	-18,06
PD _{stj} /den	-0,129	-0,125	-0,133	-0,130	-0,131	-0,125	-0,131	-0,132	-0,130
T _{stj} /den	0,104	0,069	0,036	0,100	0,079	0,102	0,083	0,043	0,075
APD/den	-0,497	-0,529	-0,532	-0,449	-0,521	-0,457	-0,543	-0,506	-0,504
SEP/den	-0,962	-0,903	-0,948	-0,939	-0,949	-0,966	-0,890	-0,964	-0,941
PRN/den	-18,02	-19,35	-20,24	-17,74	-19,91	-17,19	-20,86	-19,34	-19,06
EDI/den	-0,948	-0,890	-0,935	-0,928	-0,937	-0,953	-0,880	-0,951	-0,929
DI _j (1,0)/den	-0,233	-0,195	-0,169	-0,230	-0,210	-0,227	-0,214	-0,175	-0,205
DI _j (0,1)/den	-0,139	-0,132	-0,137	-0,140	-0,139	-0,135	-0,140	-0,137	-0,137
EDI<-1	52,63	48,54	54,60	57,38	54,44	57,63	49,57	57,90	54,18
EDI<-2	3,67	2,16	3,14	4,93	3,70	3,02	1,53	3,28	3,13

Naši pozornosti by neměla ujít skutečnost, že průměrná (jednoletá a horší) sucha a suchá období nejsou pouze období srážkově podnormální, ale jsou ve srovnání s normálem také teplejší. Teplotní odchylka od normálu však ve všech případech není tak velká (T_{stj}) jako příslušná odchylka srážek vzhledem k normálu (PD_{stj}). Nejdelší suchá období i sucha jsou na stanici Praha-Karlov. Karlov předčí ostatní stanice i podle nejdůležitějšího ukazatele EDI. Z tabulek

dále čteme, že nejintenzivnější suchá období se v průměru podle EDI/den vyskytují na stanici Klementinum, sucha naopak v Klatovech. Rozdíly mezi stanicemi jsou však velmi malé. Dny such a suchých období v Brně se zase nejvíce liší od očekávaného srážkového a teplotního normálu (DI_j(1,0)/den). Nejvyšší srážka nutná pro návrat k normálu (PRN/den) je potřeba během dní suchých období v Olomouci, u such zase v Čáslavi.

Tabulka 18 Průměrná jednoletá a horší sucha na jednotlivých stanicích

	Br	Bu	Čá	Ka	Kla	Kle	Ol	Tá	Průměr
Počet	112	115	127	82	82	128	94	128	868
Délka	39,56	37,59	44,91	46,91	43,06	45,94	38,29	43,23	42,45
Srážka	23,29	26,04	31,71	23,76	33,08	25,95	22,01	31,57	27,33
APD	-32,78	-33,26	-38,84	-33,31	-36,66	-32,22	-32,82	-34,04	-34,26
PDst _j	-8,97	-8,51	-10,08	-10,35	-9,84	-9,50	-8,60	-9,53	-9,41
Tst _j	6,08	5,25	4,68	6,83	6,03	6,76	7,41	4,98	5,91
SEP	-59,45	-54,88	-67,00	-69,57	-65,49	-67,98	-53,99	-64,49	-62,89
PRN	-1118,4	-1141,9	-1440,3	-1322,2	-1355,2	-1226,0	-1226,7	-1279,5	-1261,6
EDI	-58,56	-54,17	-66,15	-68,81	-64,69	-67,11	-53,42	-63,72	-62,10
DI _j (1,0)	-15,05	-13,77	-14,76	-17,17	-15,88	-16,26	-16,00	-14,52	-15,32
DI _j (0,1)	-9,58	-9,04	-10,55	-11,03	-10,45	-10,17	-9,34	-10,03	-10,00
PDst _j /den	-0,227	-0,226	-0,225	-0,221	-0,229	-0,207	-0,225	-0,220	-0,222
Tst _j /den	0,154	0,140	0,104	0,145	0,140	0,147	0,193	0,115	0,139
APD/den	-0,828	-0,885	-0,865	-0,710	-0,851	-0,701	-0,857	-0,788	-0,807
SEP/den	-1,503	-1,460	-1,492	-1,483	-1,521	-1,480	-1,410	-1,492	-1,481
PRN/den	-28,27	-30,38	-32,07	-28,18	-31,47	-26,69	-32,04	-29,60	-29,72
EDI/den	-1,480	-1,441	-1,473	-1,467	-1,502	-1,461	-1,395	-1,474	-1,463
DI _j (1,0)/den	-0,380	-0,366	-0,329	-0,366	-0,369	-0,354	-0,418	-0,336	-0,361
DI _j (0,1)/den	-0,242	-0,240	-0,235	-0,235	-0,243	-0,221	-0,244	-0,232	-0,235
EDI<-2	3,67	2,16	3,14	4,93	3,70	3,02	1,53	3,28	3,13

Pozn. Počet značí počet jednoletých a horších such (resp. suchých období), Srážka – úhrn srážek v průběhu průměrného jednoletého a horšího sucha (suchého období).

Hodnocení četnostního zastoupení dní jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období v jednotlivých dnech roku, měsících a letech 1876 – 2003

V této předposlední kapitole nás bude zajímat, do kterých částí roku zasahují nejhorší sucha a suchá období, která jsme označili jako jednoletá (případně dvouletá) a horší. Zaměříme se pouze na hodnocení četnostní analýzy souhrnně za všechny stanice.

Předvedeme souhrnné výsledky četnostního zastoupení za všech 868 jednoletých a horších such a suchých období, resp. 435 dvouletých a horších such a suchých období. Při zpracování četnosti dní uvedených období v jednotlivých letech provedeme analýzu zvláště pro celé sledované období 1876 – 2003 a zvláště pro

roky 1922 – 2003, za které máme údaje ze všech stanic a počet such a suchých období, které vstupují do analýzy, je tak za všechny stanice stejný (82, resp. 41).

Výsledky kapitoly shrnuje následující komentář, který doplňují tabulky. Příslušné grafy jsou součástí přílohy.

Při hodnocení četnostního zastoupení dní jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období v jednotlivých dnech roku, měsících a letech musíme připomenout určitou zvláštnost metodiky EP. Index EDI je standardizovaný. Tzn., že pro každý z 365 dní v roce je přibližně roven počet kladných a záporných hodnot EDI. Tato skutečnost způsobuje poměrně vyrovnané četnosti výskytů jednoletých a horších such a suchých období v průběhu roku. U dvouletých such a suchých období jsou již patrné větší rozdíly v četnostech.

Tabulka 19 Průměrná četnost jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období ve dnech jednotlivých měsíců 1876 - 2003

Měsíc	Jednoletá a horší				Dvouletá a horší			
	Suchá období		Sucha		Suchá období		Sucha	
	pr. čet.	pst. zas.	pr. čet.	pst. zas.	pr. čet.	pst. zas.	pr. čet.	pst. zas.
Leden	41,48	38,23	14,94	13,77	34,08	62,68	12,70	23,35
Únor	40,59	37,41	13,62	12,55	32,43	59,63	11,40	20,96
Březen	39,49	36,40	14,05	12,95	29,86	54,91	10,21	18,78
Duben	37,73	34,78	11,33	10,45	26,53	48,78	6,81	12,53
Květen	34,94	32,20	10,06	9,28	23,12	42,51	6,02	11,08
Červen	34,91	32,17	9,95	9,17	23,03	42,36	6,71	12,34
Červenec	36,73	33,85	10,60	9,77	23,95	44,05	7,52	13,82
Srpen	37,59	34,64	11,92	10,99	26,69	49,09	9,77	17,96
Září	40,60	37,42	13,93	12,83	30,87	56,77	11,68	21,49
Říjen	41,77	38,50	13,72	12,64	32,98	60,65	11,08	20,37
Listopad	41,55	38,29	13,87	12,78	33,53	61,66	10,98	20,20
Prosinec	42,52	39,19	13,39	12,34	34,63	63,69	11,49	21,13
Průměr	39,15	36,08	12,91	11,90	29,29	53,87	9,69	17,82

Pozn. Pr. čet. - průměrné četnostní zastoupení dní jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období ve dnech příslušného měsíce.

Pst. zas. - průměrná pravděpodobnost, že den daného měsíce bude zastoupen v jednoletém (dvouletém) a horším suchu, resp. suchém období.

Z tabulky je vidět, že sucha a suchá období (jednoletá i dvouletá) se nadprůměrně vyskytují v chladnější polovině roku. Je to do jisté míry způsobeno i metodou, která aktuálním srážkám přiřazuje vysoké váhy. Chladná polovina roku se vyznačuje obecně nižšími úhrny srážek, ale také nižší pravděpodobností vysoké denní srážky. Období vláhového deficitu, které předchází chladným měsícům, tak v některých případech pokračuje po velkou část zimy. Nicméně standardizace tento problém do jisté míry eliminuje. Jednoletá i dvouletá a horší suchá období nejčastěji zasahují do prosincových dní. Vybraný prosincový den je s 39% pravděpodobností obsažen v jednoletém a horším suchém období – u dvouletého suchého období se tato pravděpodobnost zvyšuje na téměř 64 %. Nejvyšší četnost jednoletých suchých období má 27. prosinec (348), což odpovídá více než 40%

pravděpodobnosti výskytu v jednoletých suchých obdobích. U dvouletých suchých období vykazují nejvyšší četnosti 20. a 21. prosinec (282 – zastoupení v 64,8 % případů). Vysoké průměrné zastoupení v suchých období mají také říjnové, lednové a listopadové dny. Nadprůměrné pak ještě měsíce únor, září a březen. Naopak v suchých obdobích nacházíme nejméně květnových a červnových dní. Pravděpodobnost zastoupení těchto dní se v případě jednoletých suchých období pohybuje těsně nad hodnotou 32 %, u dvouletých pak nad 42 %. Nejnižší četnost v jednoletých (266 – 30,6% pravd. zast.) i dvouletých (170 – 39% pravd. zast.) suchých obdobích vykazuje 22. květen.

U such pozorujeme větší rozdíly jejich výskytů v jednotlivých dnech roku, než tomu bylo u suchých období. Nejvyšší četnosti such zaznamenáváme

v lednových dnech. Dny 28.1. a 31.1. se vyskytují ve 124 z 868 jednoletých a horších such, což je zastoupení v 14,3 % všech jednoletých such. U dvouletých nacházíme vyšší četnosti v první polovině ledna. Nejvyšší četnost (105) mají 9. a 15. leden. Vyskytují se ve více než 24 % dvouletých such. V porovnání se suchými obdobími se u such relativně zvyšuje pravděpodobnost výskytu zářijových dní a naopak relativně ubylo těch prosincových. Měsíce říjen, listopad, únor i březen si udržely významně nadprůměrnou četnost. Nadprůměrný je také výskyt srp-

nových dní v případě dvouletých a horších such. Nejnižší četnostní zastoupení such mají opět květnové a červnové dny. Dnem, který je nejméně obsažen v případech jednoletých such, je 18. červen (četnost 66 – pouze 7,6% pravděp. výskytu), u dvouletých such pak dvojice dní 25. duben a 8. květen (četnost 42 – 9,66% pravděp. výskytu).

Analýzu četnosti jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období v jednotlivých letech jsme provedli odděleně pro období 1876 – 2003 a 1922 – 2003.

Tabulka 20 Průměrná četnost dní jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období v letech 1876 - 2003

Pořadí	1876 - 2003				1876 – 2003			
	Jednoletá a horší				Dvouletá a horší			
	Suchá období		Sucha		Suchá období		Sucha	
	rok.	pr. čet.	rok	pr. čet.	rok	pr. čet.	rok	pr. čet.
1	1973	338,4	1943	222,1	1973	305,3	1943	201,4
2	1943	318,0	1973	172,4	1943	301,1	1947	144,5
3	1933	299,4	1947	156,6	1991	264,1	1973	138,1
4	1976	282,4	1976	134,5	1976	264,0	1921	114,7
5	1991	282,3	1991	134,4	1933	263,1	1893	112,4
6	1990	269,4	1990	124,3	1990	249,6	1991	112,1
7	1984	257,5	1893	123,8	1982	222,4	1990	111,0
8	1884	256,7	1983	119,1	1983	221,5	1976	107,4
9	1983	255,3	1921	118,8	1947	219,9	1911	104,7
10	1992	250,4	1911	117,2	1992	219,4	1974	98,4

Tabulka 21 Průměrná četnost dní jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období v letech 1922 - 2003

Pořadí	1922 - 2003				1922 – 2003			
	Jednoletá a horší				Dvouletá a horší			
	Suchá období		Sucha		Suchá období		Sucha	
	rok.	pr. čet.	rok	pr. čet.	rok	pr. čet.	rok	pr. čet.
1	1973	338,4	1943	216,6	1943	301,1	1943	195,8
2	1943	318,0	1973	172,4	1973	293,3	1947	144,5
3	1933	289,5	1947	156,6	1976	264,0	1973	138,1
4	1976	279,8	1991	134,4	1933	263,1	1976	110,4
5	1991	276,6	1976	130,8	1990	249,6	1990	107,8
6	1990	263,0	1990	120,6	1991	241,8	1991	107,6
7	1984	257,5	1983	117,4	1982	222,4	1954	100,8
8	1983	255,3	1933	112,4	1983	221,5	1974	98,4
9	1992	250,4	1982	110,4	1947	219,9	1983	94,5
10	1982	234,0	1953	106,6	1992	219,4	1953	92,8

Průměrné četnosti u jednotlivých roků v tabulkách nejsou ve všech případech totožné. Museli jsme pro období 1922 – 2003 znovu stanovit pořadí such a suchých období podle sumy EDI a u většiny stanic se stalo, že nám některá období, která patřila mezi jednoletá (dvouletá) sucha a suchá období za roky 1876 – 2003, vypadla. Tzn., že se nedostala mezi prvních 82 (resp. 41) nejhorších such a suchých období v letech 1922 – 2003. Proto jsou průměrné četnosti u některých roků v období 1922 – 2003 nižší než za celou periodu 1876 – 2003. Dále budeme citovat výsledky za celé období 1876 – 2003.

U suchých období dominují roky 1943 a 1973, u kterých je více než 300 dní součástí některého z jednoletých nebo dvouletých suchých období. Třicátá léta zastupuje rok 1933 a sedmdesátá rok 1976. Polovinu z deseti roků s nejvyšším výskytem jejich dní v jednoletých i dvouletých suchých období tvoří roky osmdesátých a devadesátých let. Jedná se o roky 1982 – 1984 a 1990 – 1992, které zároveň tvoří tříleté období s nejvyšším průměrným zastoupením v jednoletých i dvouletých suchých obdobích (267, resp. 244). V pětileté periodě dominuje období 1989 – 1993 (234, resp. 203). V delším časovém úseku již situace není tak jednoznačná. Nejvyšší průměrné četnosti v jednoletých suchých obdobích mají sice roky 90. let (173,4), nicméně u dvouletých suchých období se maximum přesouvá do 70. a 80. let.

V případě such má nejvyšší průměrné četnostní zastoupení rok 1943, u něhož v průměru více než 200 dní zasahuje do vymezených such. U such předpokládáme vyšší intenzitu jevu, což také dokládá postavení roku 1947. Sedmdesátá léta jsou zastoupena roky 1973, 1974, 1976, devadesátá pak roky 1990 a 1991. Vzdálenější minulost reprezentují roky 1893, 1911 a 1921, které mají v průměru více než 100 dní v některých z jednole-

tých such. Osmdesátá léta nejsou tak výrazně zastoupena jako v případě suchých období. Nutno poznamenat, že mimořádně silné postavení 80. a 90. let se u such neopakuje, i když v tříleté periodě mají v průměru nejvyšší četnost jednoletých such opět roky 1990 – 1992 (110,1). Naproti tomu u dvouletých such se četnostní maximum přesouvá do let sedmdesátých: 1972 – 1974 (91,5). Jako nejsušší pětiletá perioda se z pohledu zastoupení v období jednoletých a dvouletých such jeví roky 1972 – 1976 (prům. četnost 93,9, resp. 77,0). Z pohledu dekád jako nejsušší vycházejí 40. léta s rekordním rokem 1943, kde je průměrná četnost jednoletých such v jednotlivých letech rovna asi 60, dvouletých pak zhruba 50. Až za 40. léty následují 70. léta a léta 80. Obecně lze konstatovat, že pravděpodobnost výskytu méně intenzivních suchých období se směrem ke konci 20. století zvyšuje. U such, která se vyznačují vyšším vláhovým deficitem, není tento trend zcela jednoznačný. Můžeme pouze říci, že druhá polovina 20. století byla významně sušší než první.

Shoda jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období mezi stanicemi

Závěrečná kapitola představuje určité shrnutí jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období.

Snažili jsme se vymezit nová sucha a suchá období, která mají společnou vlastnost – jejich dny jsou součástí such a suchých období na všech osmi stanicích. Udělali jsme postupně průnik jednoletých (dvouletých) such a suchých období jednotlivých stanic v letech 1922 – 2003, tedy v letech, ve kterých měřily všechny zpracovávané stanice. Výsledkem jsou nová sucha a suchá období (jednoletá, dvouletá), která zasáhla celé území ČR, neboť se v daných dnech současně vyskytovala na všech stanicích. Tabulka 23

uvádí počty dní, ve kterých se sucha a suchá období shodovala na všech stanicích a příslušné procento shody. To je spočítáno jako poměr počtu dní, v nichž

se všechny stanice shodují a počtu dní such nebo suchých období (jednoletých, dvouletých) na stanici s jejich nejmenším počtem (Klatovy).

Tabulka 22 Průměrné četnosti dní jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období v jednotlivých dekáдах

Pořadí	Jednoletá a horší				Dvouletá a horší			
	Suchá období		sucha		Suchá období		Sucha	
	období	pr. čet.	období	pr. čet.	období	pr. čet.	období	pr. čet.
1	1991–2000	173,4	1941-1950	59,7	1971–1980	137,0	1941-1950	50,6
2	1981-1990	167,8	1971-1980	59,5	1981-1990	131,2	1971-1980	46,0
3	1971-1980	163,0	1981-1990	55,2	1991-2000	128,2	1981-1990	44,6
4	1941-1950	144,9	1991-2000	52,0	1941-1950	117,9	1951-1960	35,5
5	1951-1960	139,5	1951-1960	44,0	1951-1960	110,5	1991-2000	34,9
6	1901-1910	132,4	1921-1930	39,5	1876-1880	99,8	1921-1930	30,6
7	1921-1930	132,3	1876-1880	36,7	1901-1910	92,4	1911-1920	27,9
8	1876-1880	127,9	1901-1910	35,5	1921-1930	89,4	1901-1910	26,3
9	1961-1970	124,5	1931-1940	35,4	1961-1970	87,7	1931-1940	25,8
10	1881-1890	111,2	1961-1970	34,3	1931-1940	75,4	1961-1970	25,2
11	1931-1940	102,5	1911-1920	33,6	1881-1890	74,1	1891-1900	23,5
12	1911-1920	97,4	1891-1900	29,3	1911-1920	66,7	1876-1880	23,2
13	1891-1900	85,4	1881-1890	26,5	1891-1900	58,4	1881-1890	18,1

Tabulka 23 Shoda jednoletých (dvouletých) a horší such a suchých období mezi všemi stanicemi

	Jednoletá a horší		Dvouletá a horší	
	Suchá období	Sucha	Suchá období	Sucha
Celkem dní	2488	346	1498	266
Shoda v %	22,8	9,8	18,2	9,8

Dále uvádíme tabulky deseti nejhorších such a suchých období 1922 – 2003 podle EDI, které vznikly výše popsaným postupem..

Tabulka 24 Deset nejhorších suchých období podle EDI vytvořených jako průnik jednoletých a horších suchých období ze všech stanic v období 1922 – 2003 (červenec)

Období	Délka	PDst _i	PRN	EDI	PRN/den	EDI/den	DI _i (1,0)	DI _i (0,1)
28.9.1973-5.5.1974	220	-30,08	-5162,2	-286,32	-23,46	-1,30	-77,47	-34,82
4.11.1953-6.4.1954	154	-27,77	-4845,9	-283,90	-31,47	-1,84	-14,37	-26,43
3.9.1983-29.3.1984	209	-29,95	-5208,8	-265,75	-24,92	-1,27	-21,00	-29,05
25.7.-22.12.1947	151	-20,77	-6142,0	-249,12	-40,68	-1,65	-74,29	-26,12
20.10.1942-1.4.1943	164	-30,68	-3554,5	-212,77	-21,67	-1,30	-41,92	-31,81
22.8.1982-15.1.1983	147	-16,57	-4027,3	-179,13	-27,40	-1,22	-88,51	-23,76
19.12.1963-21.3.1964	94	-23,43	-1986,3	-127,37	-21,13	-1,36	28,00	-18,29
28.11.1948-17.3.1949	110	-22,09	-1853,6	-113,22	-16,85	-1,03	2,09	-19,67
25.11.1972-15.2.1973	83	-19,41	-1732,7	-99,57	-20,88	-1,20	-1,63	-17,63
28.9.1973-5.5.1974	220	-30,08	-5162,2	-286,32	-23,46	-1,30	-77,47	-34,82

Pozn. Všechna suchá období s výjimkou 19.12.1963 – 21.3.1964 jsou zároveň dvouletá a horší.

Tabulka 25 Deset nejhorších such podle EDI vytvořených jako průnik jednoletých a horších such ze všech stanic v období 1922 – 2003 (červenec)

Období	Délka	PDst _i	PRN	EDI	PRN/den	EDI/den	DI _i (1,0)	DI _i (0,1)
3.9.-14.11.1947	73	-13,64	-3569,6	-142,68	-48,90	-1,95	-44,66	-16,74
3.12.1983-16.1.1984	45	-6,23	-1346,2	-71,96	-29,92	-1,60	-20,37	-7,64
4.12.1953-6.1.1954	34	-11,05	-1292,3	-67,94	-38,01	-2,00	-4,65	-10,41
28.2.-27.3.1943	28	-10,86	-818,5	-55,90	-29,23	-2,00	-22,64	-12,03
29.3.-29.4.1974	32	-9,18	-862,7	-55,41	-26,96	-1,73	-18,17	-10,08
29.6.-22.7.1976	24	-7,67	-1071,0	-44,61	-44,62	-1,86	-32,11	-10,11
2.-25.11.1983	24	-8,29	-843,9	-38,37	-35,16	-1,60	5,77	-6,89
17.11.-7.12.1982	21	-3,88	-692,3	-33,78	-32,97	-1,61	-12,27	-4,71
5.-19.3.1964	15	-4,59	-383,9	-25,87	-25,60	-1,72	11,78	-2,95
12.-24.5.1943	13	-3,98	-421,1	-23,89	-32,39	-1,84	-4,96	-4,08

Pozn. Všechna sucha z tabulky jsou dvouletá s výjimkou 2.-25.1.1983, 5.-19.3.1964 a 12.-24.5.1943

Společná sucha ani suchá období se samozřejmě nemůžou v jednotlivých ukazatelích srovnávat s obdobími z jednotlivých stanic. Jejich význam spočívá v tom, že poskytují přehled období, ve kterých sucho zasáhlo celé území ČR. Nepřímo tak vypovídají o mimořádném plošném rozsahu takových such a suchých období. Jako nejhorší vychází su-

cho z roku 1947, mimořádně suché byly také roky 1982 – 1984, 1953 – 1954, 1973 – 1974 a roky 1943 a 1976. Pro kontrolu jsme zpracovali četnostní zastoupení těchto such a suchých období (vznikly průnikem jednoletých a dvouletých such a suchých období za všech osm stanic) v jednotlivých letech. Níže uvedená tabulka pouze potvrzuje náš závěr.

Tabulka 26 Nejsušší roky podle četnosti jednoletých (dvouletých) a horších such a suchých období společných pro všechny stanice v letech 1922 - 2003

Pořadí	Jednoletá a horší				Dvouletá a horší			
	Suchá období		Sucha		Suchá období		Sucha	
	rok	četnost	rok	četnost	rok	četnost	rok	četnost
1	1973	263	1947	84	1973	189	1947	82
2	1943	158	1983	53	1947	151	1974	32
3	1947	151	1943	49	1983	135	1983	29
4	1983	135	1974	32	1982	132	1943	28
5	1982	132	1953	28	1974	125	1953	28
6	1974	125	1976	24	1954	96	1976	24
7	1942	118	1982	21	1943	91	1982	21
8	1933	106	1984	16	1984	89	1984	16
9	1949	101	1964	15	1992	86	1954	6
10	1954	96	1973	14	1991	82		

Shrnutí a závěr

Na osmi vybraných stanicích s různými délkami pozorování byla vyzkoušena

poměrně nová metoda EP (efektivní srážky) dvojice autorů H. R. Byun a D. A. Wilhite. Indexy MEP, DEP a SEP (odvozené z EP) umožňují poměrně

přesné vymezení deficitního období z pohledu vodních zásob. V naší studii se však opíráme o standardizovaný ukazatel EDI, který umožňuje objektivní srovnání mezi různými místy nezávisle na jejich klimatických poměrech.

V první části studie jsme podle EDI určili nejsušší dny, měsíce, vegetační období a roky na území Česka v letech 1876 – 2003. Jako nejsušší vychází v průměru za všechny stanice říjen 1947, vegetační období 1976 a rok 1943. Průměr EDI za jednotlivé dekády svědčí o zvyšování intenzity sucha směrem ke konci 20. století.

Na základě hodnot EDI jsme provedli vymezení such a suchých období. Za nejhorší suché období lze podle většiny ukazatelů označit 706 dní dlouhý časový úsek na stanici Praha-Karlov mezi dny 16.6.1942 a 21.5.1944. Z tohoto suchého období můžeme rovněž vymežit patrně nejhorší sucho (3.11.1942 – 14.8.1943), které ostatní sucha předčí nejen svou délkou, ale také podle standardizovaných ukazatelů srážkových poměrů EDI a PD_{tj}.

Z pořadí podle sumy EDI jsme určili příslušný počet nejhorších such a suchých období (s nejvyšší zápornou hodnotou sumy EDI), která jsme označili jako jednoletá (dvouletá) a horší sucha, resp. jednoletá (dvouletá) a horší suchá období. Dále jsme spočítali průměrná jednoletá (dvouletá) sucha a suchá období na jednotlivých stanicích a provedli hodnocení četnostního zastoupení jednoletých (dvouletých) such a suchých období v jednotlivých dnech roku, měsících a letech.

Sucha a suchá období (jednoletá i dvouletá) se nadprůměrně vyskytují v chladnější polovině roku. Z měsíců vegetačního období je nadprůměrný výskyt pouze ve dnech měsíce září. Nejméně such a suchých období zasahuje do květnových a červnových dní.

V suchých obdobích mají nejvyšší průměrné četnostní zastoupení roky 1943 a 1973, u kterých je více než 300 dní sou-

částí některého z jednoletých nebo dvouletých suchých období. Roky 1990 – 1992 zase tvoří tříleté období s nejvyšším průměrným zastoupením v jednoletých i dvouletých suchých obdobích.

U such má nejvyšší průměrné četnostní zastoupení rok 1943 s více než 200 dny, které v průměru zasahují do některého ze such. Lze říci, že mimořádně silné postavení 80. a 90. let se u such neopakuje, i když v tříleté periodě mají v průměru nejvyšší četnost jednoletých such opět roky 1990 – 1992.

Obecně lze konstatovat, že výskyt méně intenzivních suchých období se směrem ke konci 20. století zvyšuje. U such, která se vyznačují vyšším vláhovým deficitem, není tento trend zcela jednoznačný. Můžeme pouze říci, že druhá polovina 20. století byla významně sušší než první. Na závěr jsme se snažili vymežit nová sucha a suchá období, která jsou průnikem jednoletých (dvouletých) such a suchých období za všechny stanice. Nejhorším takto vymezeným suchým obdobím podle sumy EDI je časový úsek 28.9.1973-5.5.1974, suchem pak období 3.9.-14.11.1947. Význam těchto such a suchých období spočívá v tom, že poskytují seznam období, ve kterých sucho zasáhlo celé území ČR. Jako nejhorší vychází sucho z roku 1947, mimořádně suché byly také roky 1982 – 1984, 1953 – 1954, 1973 – 1974, 1943 a 1976.

V úvodu byly diskutovány výhody metody EP v porovnání s běžně používanými indexy sucha. Mezi nesporné přednosti uvedené metody patří především možnost snadné interpretace výsledků, nenáročnost na vstupní data a precizní vymezení období deficitu vodních zásob. Nutno však poznamenat, že vývoj metody EP autorů H. R. Buyn a D. A. Wilhite jistě není ukončen. Otevřenou otázkou zůstává zejména volba redukční funkce (vah pro denní srážky) a volba období pro výpočet EP. Porovnáním s některou další objektivní metodou hodnocení sucha by bylo možné začlenit do redukční funkce odhad evapotranspirace v denním kroku -

zejména ze závislosti na teplotě vzduchu. Počet vstupních prvků by se tak rozšířil pouze o teplotu vzduchu a samotný algoritmus výpočtu, jednotlivé indexy i způsob vymezení období vodního deficitu by zůstaly zachovány.

Metoda je pro svoji jednoduchost a snadnou dosažitelnost vstupních údajů vhodná při klimatologickém výzkumu sucha velkých územních celků (např. celé ČR). Výsledky studie tuto skutečnost prokazují.

Summary and conclusion

We tested the method of Effective Precipitation at eight chosen Czech stations. Negative values of indices MEP, DEP and SEP (calculated from EP) denote a period of water deficit because precipitation is in these days below normal. The drought intensity we assessed according to EDI which allows determination of drought severity independent of climatic characteristics of the locations.

In the first part of the paper we determined the driest months, vegetation seasons and years in Czechia in the period 1876 – 2003 according to the sum of EDI. The October 1947, the vegetation season 1976 and the year 1943 seem to be the driest ones. The average of EDI for the individual decades indicates the increasing intensity of drought towards the end of the 20th century.

The next part of the paper deals with the evaluation of drought and dry periods. We took into consideration only periods of consecutive days with negative values of EDI (dry periods) and periods of consecutive days with EDI less than -1,0 (drought periods). The period at the Prague-Karlov station between 16.6.1942 – 21.5.1944 is the worst dry period according to nearly all criteria. From this longest dry period we can also determine the longest drought period 3.11.1942 – 14.8.1943 with the lowest value of sum EDI and PDst_j.

We ranked dry (drought) periods after the sum of EDI. From the rank at the stations we chose the driest drought and dry periods, which we denoted as 1-year (2-year) and worse dry (drought) periods. We calculated the average 1-year (2-year) and worse dry (drought) periods at the stations and made an analysis of frequency of days of 1-year (2-year) and worse drought and dry periods in each year, month and in each day of the year.

The occurrences of dry and drought periods are above-average in months, which are not part of the vegetation season (April – September). The other months are subnormal, except for September. The average frequency of 1-year (2-year) and worse drought and dry periods in days of individual months reaches minimum in May and June.

The years 1943 and 1973 have the highest average frequency in days of dry periods. More than 300 days of these years belong to one of the 1-year or 2-year dry periods. The years 1990 – 1992 represent the three-year period with the highest frequency in dry periods. The occurrences of dry periods increase towards the end of the 20th century.

The driest year, according to the occurrences of drought periods, is 1943. The occurrences of drought periods in the 80's and 90's are not as high as in case of dry periods. We can only state that the second half of the 20th century was significantly drier than the first.

Finally, we tried to determine new dry and drought periods as the penetration of 1-year (2-year) and worse dry and drought periods from all stations. According to the sum of EDI we identified the worst dry period (28.9.1973-5.5.1974) and the worst drought period (3.9.-14.11.1947). In these periods drought affected all stations.

The method provided good results in the climatological evaluation of drought and dry period in Czechia in the period 1876 – 2003. It is quite simple and could be applicable elsewhere but it has some weak points. It doesn't count with evapotranspiration. We assume that it will be possible to incorporate the daily estimation of evapotranspiration based on temperature. The measurement of temperatures is besides precipitation most widespread. Algorithm of calculation, indices and method of determination of water deficit periods would remain unchanged.

5. Literatura

- [1] Alley, W. M. (1984): The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, s. 1100-1109.
- [2] Beran, M., Rodier, J.A. (1985): Hydrological aspects of drought. *Studies and reports in hydrology* 39, UNESCO-WMO, Paris, France.
- [3] Byun, H. R., Wilhite, D. A. (1999): Objective Quantification of Drought Severity and Duration, *Journal of Climate*, 12, s. 2747-2756.
- [4] Demuth, S., Bakenhus, A. (1994): Hydrological Drought - A literature review. Internal Report of the Institute of Hydrology, University of Freiburg, Germany.
- [5] Dracup, J.A., Lee, K.S., Paulson, E.G. Jr. (1980): On the definition of droughts, *Wat. Resour. Res.*, 16, s. 297-302.
- [6] Hayes, M. (1995): Understanding and defining drought. National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska.
<http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/def2.htm>
- [7] Hayes, M. (1999): Drought indices. National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska.
<http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/indices.html>
- [8] Kolektiv (1993): Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Praha, Ministerstvo životního prostředí ČR, Akademia, 594 s.
- [9] McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. (1995): Drought monitoring with multiple time scales. Preprints, 9th Conference on Applied Climatology, 15-20 January, Dallas, TX, s. 233-236.

- [10] Novák, V. (1995): Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania. Bratislava, Veda, 260 s.
- [11] Tate, E.L., Gustard, A. (2000): Drought definition: a hydrological perspective, In: Drought and Drought Mitigation in Europe (ed. by J.V.Vogt and F.Somma), Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, s. 23-48.
- [12] Technical Note, No. 83, WMO – No. 201.TP.105, Measurement and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration, Geneva, WMO, 1966, 121 s.
- [13] Technical Note, No. 138 WMO – No. 392, Drought and Agriculture, Geneva, WMO, 1975, 127 s.
- [14] Wilhite, D.A. and M.H. Glantz (1985): Understanding the drought phenomenon: The role of definitions, Water International 10, s. 111-120.
- [15] Wilhite, D.A. (1991): Drought. Encyclopedia of Earth System Science, Volumes 1-4, W.A. Nierenberg, editor, Academic Press, Inc., s.81-92.

Internet

- [16] <http://www.ci.houston.tx.us/OEM/disaster.html>
- [17] http://rossby.metr.ou.edu/~spark/AMON/v1_n5/Byun/Byun.html

6. Přílohy

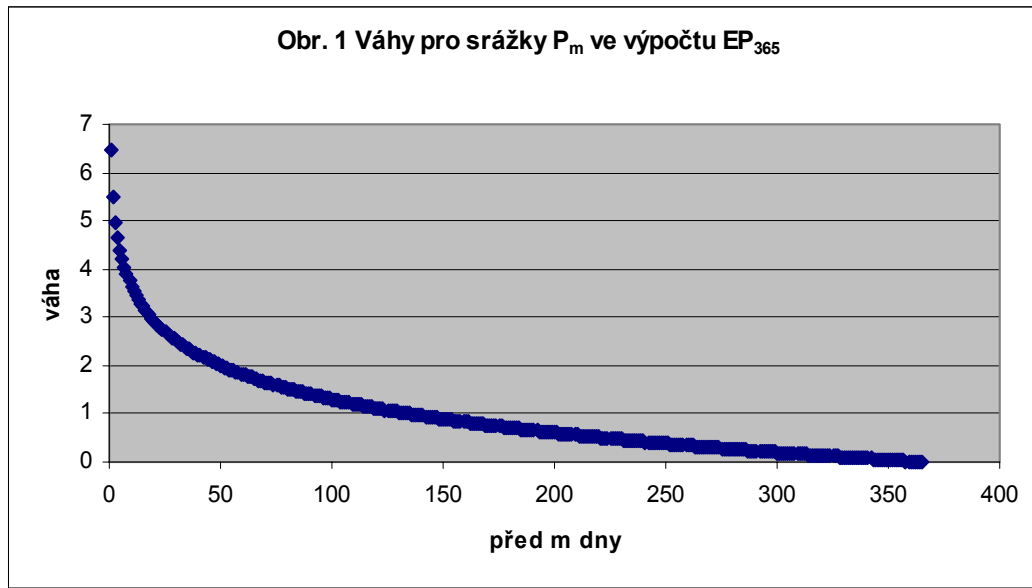
Tabulka 27 Přehled indexů sucha

Index	Faktory, ze kterých vychází	Časová jednotka
PDSI	s, t, et, pv, o	měsíc (2 týdny)
RAI	s	měsíc, rok
Decily	s	měsíc
PN	s	měsíc
CMI	s, t	týden
BMDI	s	měsíc, rok
SWSI	s, t, et, pv, o, sn	měsíc
SMDI	pv	rok
CSDI	et	sezóna
SPI	s	3, 6, 12, 24, 48 měsíců
RI	s	rok, století
RDI	s, t, sn, ř, r	měsíc

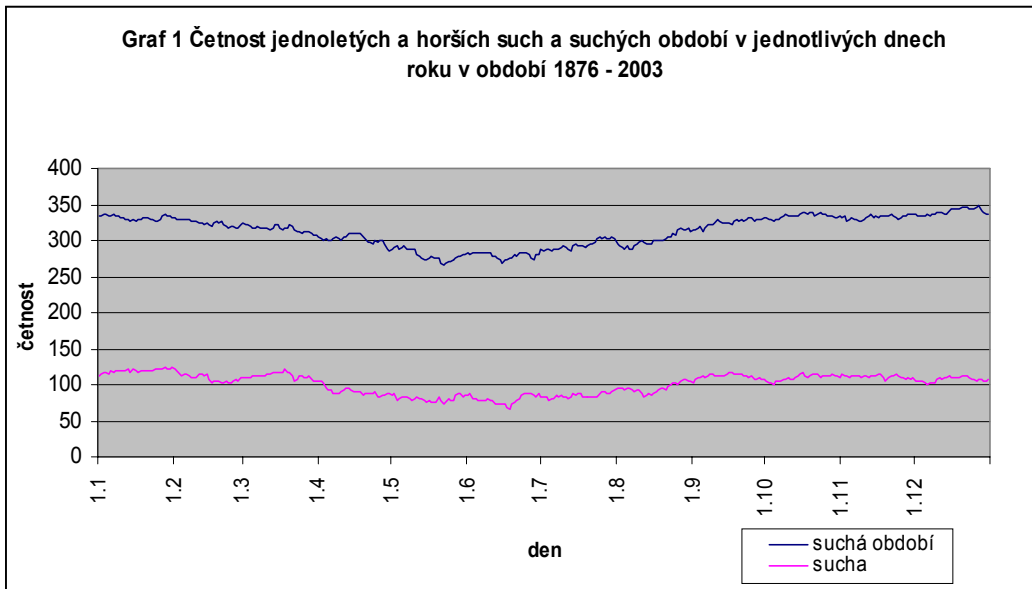
Legenda: s – srážky, t – teplota, et – evapotranspirace, pv – půdní vlhkost, o – odtok, sn – zásoby sněhu, ř – voda v řekách (průtok), r – voda v rezervoárech.

Zdroj: Byun, Hi-Ryong and D.A. Wilhite, 1999: Objective Quantification of Drought Severity and Duration, *Journal of Climate* 12, s. 2747-2756.

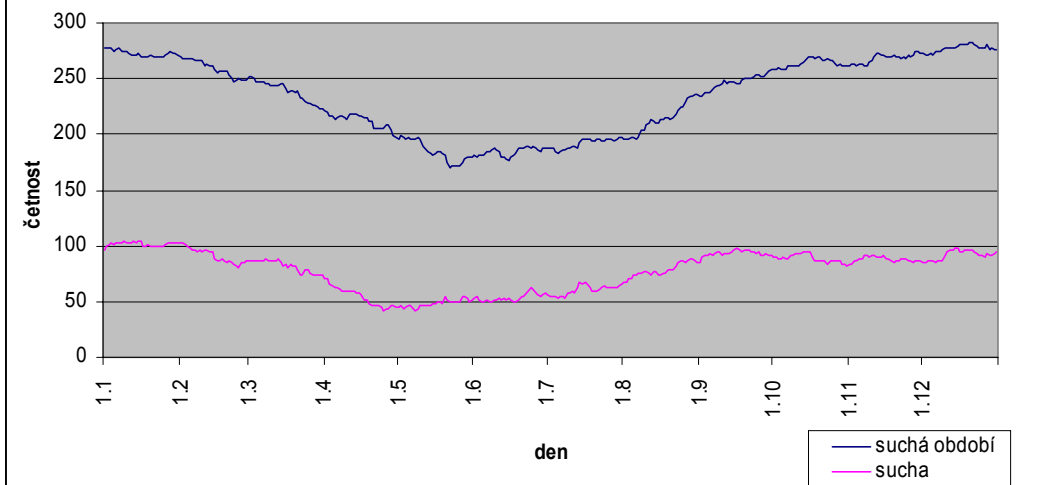
Obr. 1 Váhy pro srážky P_m ve výpočtu EP_{365}



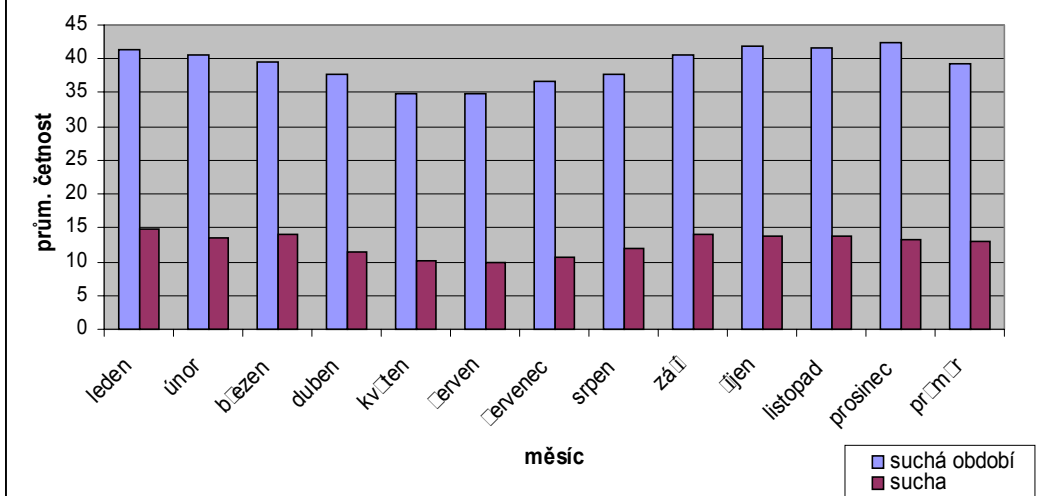
Graf 1 Četnost jednoletých a horších such a suchých období v jednotlivých dnech roku v období 1876 - 2003



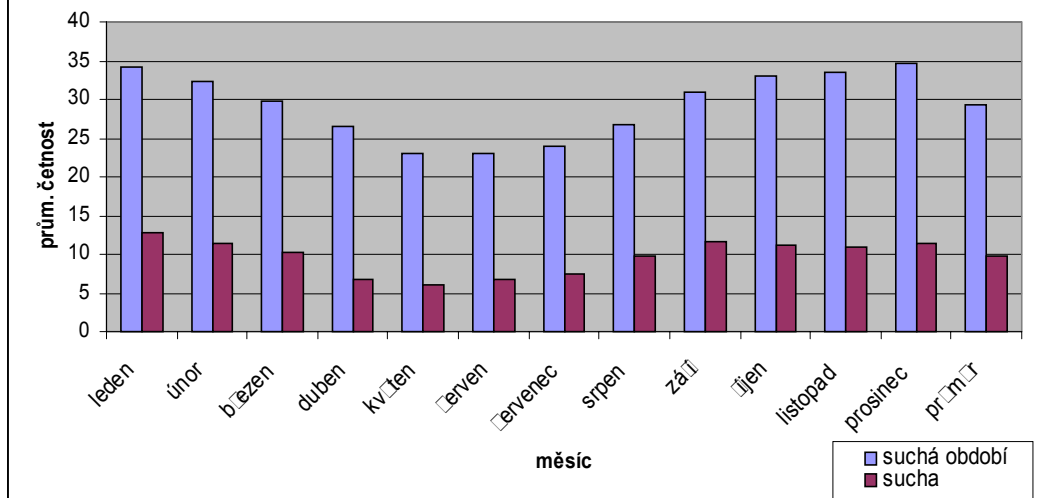
Graf 2 Četnost dvouletých a horších such a suchých období v jednotlivých dnech roku v období 1876 - 2003



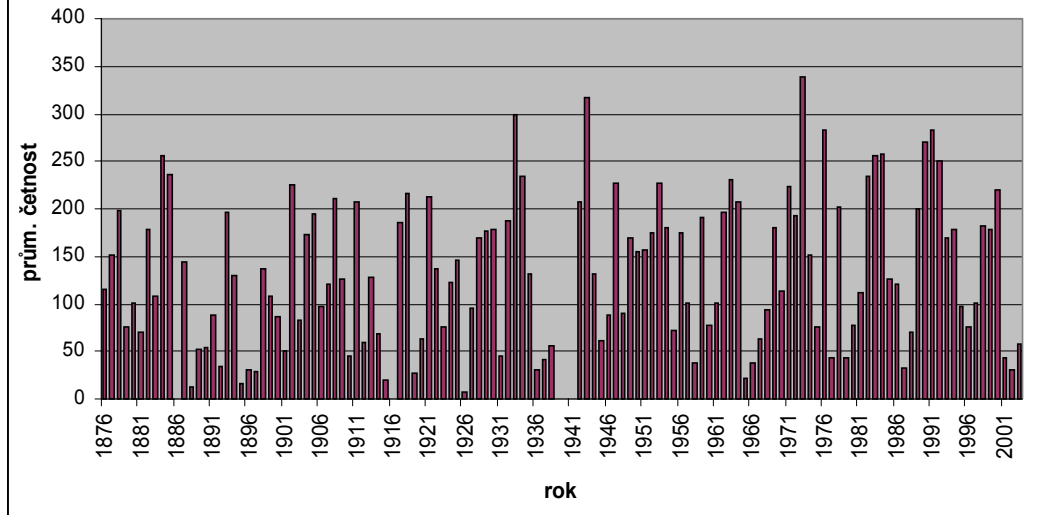
Graf 3 Průměrná četnost jednoletých a horších such a suchých období ve dnech jednotlivých měsíců 1876 - 2003



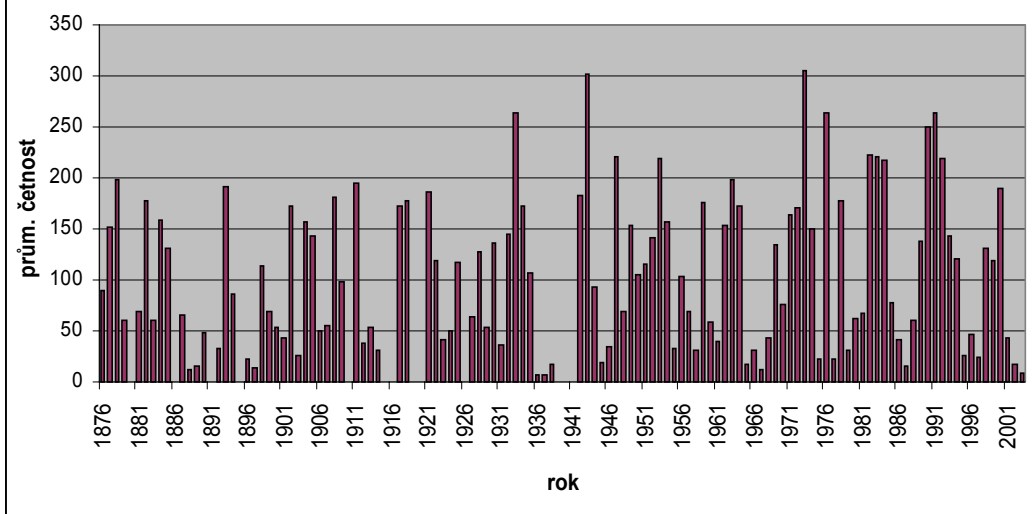
Graf 4 Průměrná četnost dvouletých a horších such a suchých období ve dnech jednotlivých měsíců 1876 - 2003



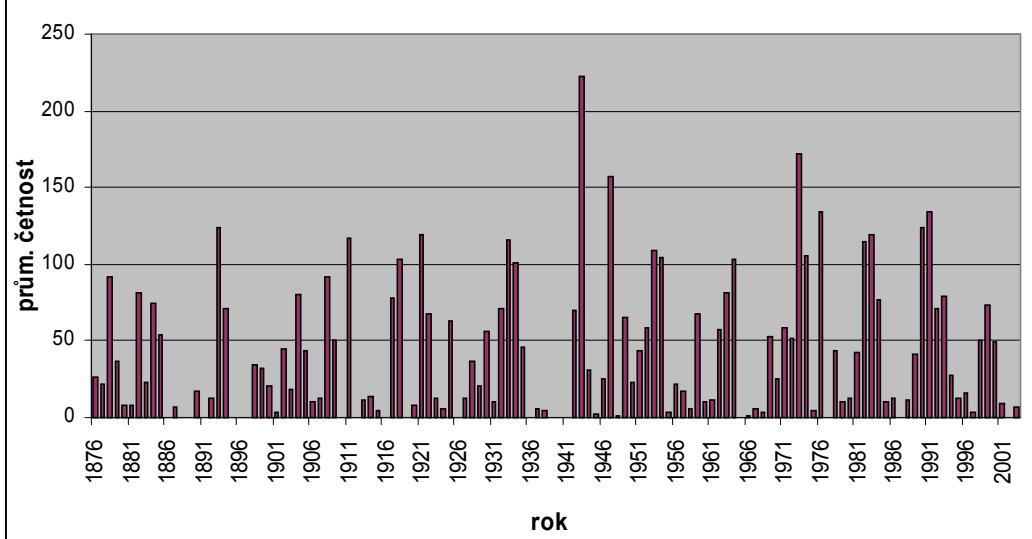
Graf 5 Průměrná četnost dní jednoletých a horších suchých období v letech 1876 - 2003

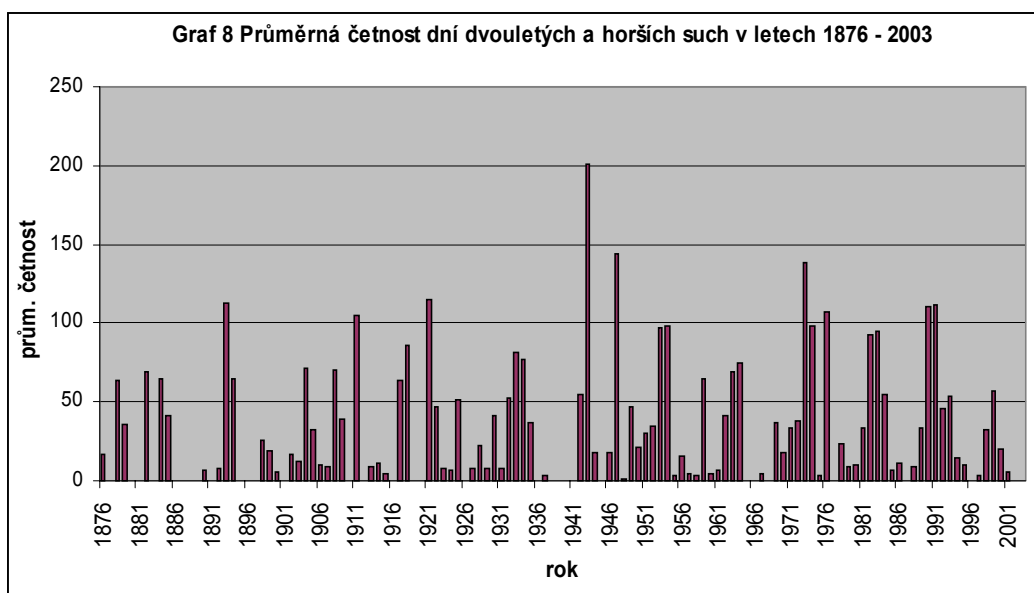


Graf 6 Průměrná četnost dní dvouletých a horších suchých období v letech 1876 - 2003



Graf 7 Průměrná četnost dní jednoletých a horších such v letech 1876 -2003





Abstrakt

Problémem při výzkumu sucha zůstávají kvantifikace intenzity a určování jeho délky. Poměrně nový přístup, který do určité míry řeší nedostatky současných indexů sucha, představuje metoda dvojice autorů H. R. Byun a D. A. Wilhite. Základem celého postupu je stanovení hodnoty EP (effective precipitation), ze které vychází řada dalších indexů, jenž například dovolují stanovit délku a intenzitu sucha, akumulovaný srážkový deficit (odchylku od normálu), srážku nutnou pro návrat k normálu. Standardizovaný index intenzity sucha EDI umožňuje srovnání mezi stanicemi.

Tento příspěvek vznikl v rámci grantového projektu „Dlouhodobé změny režimu výskytu extrémního sucha v Česku“. Hodnocení sucha na území ČR vycházelo z osmi vybraných stanic s nejdelšími řadami pozorování teplot a srážek..

Na základě indexu EDI byly na jednotlivých stanicích stanoveny nejsušší měsíce, veg. období a roky. Vymezování such a suchých období se opíralo o hodnoty ukazatele EDI. Dále byla zhodnocena jejich intenzita a proveden rozbor četnostního zastoupení such a suchých období v jednotlivých letech, měsících a dnech roku.

Součástí jednotlivých podkapitol je srovnání mezi stanicemi a výpočet průměrných charakteristik, které lépe dokumentují výskyt sucha a suchých období na území Česka za posledních více než 100 let.