Petr Blinka (Přírodovědecká fakulta UK)

KLIMATOLOGICKÉ HODNOCENÍ SUCHA A SUCHÝCH OBDOBÍ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY V LETECH 1876–2002

Climatological evaluation of drought and dry periods on the territory of Czech Republic in the years 1876–2002. 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. In the first part of the paper we determined the driest months, vegetation seasons and years in Czechia in the period 1876–2002 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. 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 dry period we can also determine the longest drought period 3.11.1942 – 14.8.1943. We also made an analysis of frequency of days of 1-year and more considerable dry and drought periods in each year. The years 1943 and 1973 have the highest average frequency in days of dry periods. The driest year, according to the occurrences of drought periods, is 1943. The years 1990–1992 represent the three-year period with the highest frequency in dry periods. Finally, we tried to determine new dry and drought periods as the intersection of 1-year and more considerable dry and drought periods from all stations.

KLÍČOVÁ SLOVA: sucho – období suchá – metody hodnocení sucha – intenzita sucha – Česko

1. ÚVOD

1.1 Definice sucha

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 [1]: „Hlavní vlastností sucha je pokles dostupnosti vody v určitém období a oblasti". Jiný pohled na sucho přináší definice NDMC (National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska, USA) v [5]. 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 [11], která uvádí, že sucho lze definovat jako deficit srážek vzhledem k očekávané srážce (normálu), jenž se vyskytuje v průběhu sezony nebo delšího časového období…, lze chápat jako definici meteorologického sucha.

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. Autoři rozlišují sucho meteorologické, hydrologické, zemědělské a socioekonomické. Souhrn definic sucha podávají také Tate a Gustard (2000), Demuth a Bakenhus (1994) a Dracup et al. (1980).

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 a jako poslední se také vracejí k normálu.

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 sezony, roků a dokonce i desetiletí. 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 [12].

Pro území Česka bude vyzkoušena poměrně nová metoda H. R. Byuna a D. A. Wilhitea [2], podrobně popsaná v následujícím textu. Z tohoto území bylo vybráno osm stanic, které do jisté míry mohou reprezentovat srážkové i teplotní poměry studovaného období, neboť déle trvající sucho se projevuje hlavně srážkovým deficitem víceméně současně na celém území Česka i v sousedních státech. O využití dalších stanic, které by pomohly lépe pokrýt zpracovávané území, nebylo s ohledem na délku projektu a časovou náročnost na získání vstupních údajů uvažováno.

1.2 Metody hodnocení sucha

V [9] nacházíme stručný komentář k charakteristikám sucha. Co tedy můžeme u sucha sledovat? Sucho hodnotíme z prostorového a časového hlediska, určujeme také jeho intenzitu.

První kategorií je plošný rozsah sucha. Časovými vlastnostmi 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 aj. Ty mohou významně zvýšit intenzitu 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, 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 [9]. V její příloze nalezneme přehled definic sucha a s nimi souvisejících přístupů založených na meteorologických a hydrologických proměnných, charakteristikách půdní vláhy a rostlin.

Poněkud aktuálnější přehled indexů sucha je spolu s komentářem k výhodám a omezením jejich použití uveden v [2, 6 a 7].

Nejznámějším a asi také nejpoužívanějším indexem je PDSI (Palmer Drought Severity Index), který řadíme mezi meteorologické indexy sucha. K výpočtu indexu potřebujeme vedle srážek rovněž evapotranspiraci, odtok, půdní a hloubkovou infiltraci. PDSI modeluje rovnici vodní bilance pro danou lokalitu.

Současné indexy sucha však mají celou řadu slabin, na které upozorňují H. R. Byun a D. A. Wilhite v [2]. 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. 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 [2] navrhli nové indexy sucha, které se pokouší řešit 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, D. A. Wilhite, kterou jsme se rozhodli vyzkoušet při hodnocení sucha na území ČR v letech 1876–2002.

2. METODA EFEKTIVNÍ SRÁŽKY (EP)

2.1 Výpočet EP

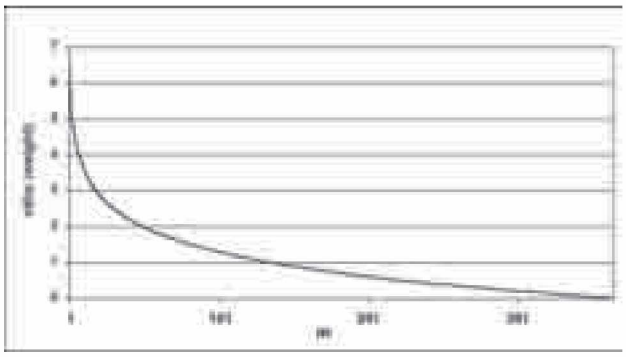
Denní úbytek vodních zdrojů reprezentuje efektivní srážka EP (Effective Precipitation), která je dána rovnicí

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

kde i je doba sumace (DS), P_m je srážka před m dny (P_i 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 za m dnů (např. $EP_2 = P_1 + \frac{(P_1 + P_2)}{2}$). Způsob 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. 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 srážkoodtokových modelů, které ukazují, že změna poměru odtoku je nejprudší jen po dešti [2].



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

Fig. 1 Variation of the weight of precipitation P_m to EP_{365} along the day pass (m).

Kromě této uvažované rovnice lze úbytek vodních zdrojů v čase vyjádřit také dalšími 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. Komplikovaná situace s modelováním vodních zdrojů nastává zejména v zimních měsících

a na začátku jara, kdy akumulace vody závisí také na promrzání půdního povrchu a sněhové pokrývce.

2.2 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 dovolí vymezit 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 5denními 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

$$\mathrm{DEP} = \mathrm{EP} - \mathrm{MEP}\,.$$

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:

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

kde σ(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 srážkového 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.

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

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

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:

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

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 [2]. Suchá období však 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), T_{oi} je dlouhodobý průměr teplot pro příslušný (kalendářní) den (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 DI_j, který bude určitým doplňkem indexů odvozených z metody EP, má tvar

$$DI_j = PDst_j - \mathrm{c}\,.\,Tst_j\,,$$

kde j je délka suchého období (nebo sucha) a multiplikátor c je empirická hodnota, která může např. vyjadřovat 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 [7].

3. KLIMATOLOGICKÉ HODNOCENÍ SUCHA A SUCHÝCH OBDOBÍ NA ÚZEMÍ ČR V LETECH 1876–2002

3.1 Přehled výsledků ukazatelů za jednotlivé stanice

Pro osm vybraných stanic na území ČR s nejdelšími homogenními řadami pozorování denních úhrnů srážek a denních průměrů teploty vzduchu jsme spočítali metodou efektivní srážky jednotlivé indexy, které jsme doplnili hodnotami dalších ukazatelů z předchozí kapitoly. Při výběru stanic hrála roli délka pozorování. Období pozorování jednotlivých stanic uvádí tabulka 1.

Tab. 1 Přehled stanic a délek jejich pozorování.

Table 1. Weather stations – periods of observation.

Stanice	Pozorování	Ukazatele za období
Brno	1. 1. 1891 – 31. 12. 2002	31. 12. 1891 – 31. 12. 2002
České Budějovice	1. 1. 1888 – 31. 12. 2002	30. 12. 1888 – 31. 12. 2002
Čáslav	1. 1. 1876 – 31. 12. 2002	30. 12. 1876 – 31. 12. 2002
Karlov	1. 1. 1921 – 31. 12. 2002	31. 12. 1921 – 31. 12. 2002
Klatovy	1. 1. 1921 – 31. 12. 2002	31. 12. 1921 – 31. 12. 2002
Klementinum	1. 1. 1875 – 31. 12. 2002	31. 12. 1875 – 31. 12. 2002
Olomouc	1. 3. 1909 – 31. 12. 2002	28. 2. 1910 – 31. 12. 2002
Tábor	1. 1. 1875 – 31. 12. 2002	31. 12. 1875 – 31. 12. 2002

Hodnoty jednotlivých indexů jsme spočítali pro všech osm stanic za období, která odpovídají délce jejich pozorování zmenšené o jeden rok (viz koncept EP), neboť ukazatele vycházející z EP potřebují ke svému výpočtu denní úhrny srážek za posledních 365 dní. Extrémní hodnoty vybraných ukazatelů na jednotlivých stanicích, společně s dnem, ve kterém jich bylo dosaženo, přináší tabulka 2.

Tab. 2 Extrémy hodnot EDI a PRN.

Table 2. Extreme values of EDI and 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 vcelku 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, např. dne 22. 8. 1911 by byl na stanici České Budějovice vyrovnán deficit z předchozího období 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 měsíců, vegetačních období a roků na jednotlivých stanicích a také v průměru pro všech osm stanic dohromady.

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 15,1 %. Suchá období jsme definovali jako období po sobě jdoucích dní s hodnotou EDI menší než nula. Záporné EDI se vyskytuje u 53,6 % dní. Už spíše jako zajímavost uvádíme skutečnost, že EDI menší než -2,0 zaznamenáváme jen u 2 716 dní z celkového počtu 314 060, což odpovídá pouhým 0,86 %.

3.2 Nejsušší měsíce, vegetační období a roky v letech 1876–2002 podle EDI

V této kapitole, 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, vegetačních období a roků máme k dispozici hodnoty EDI pouze ze dvou stanic, od roku 1922 pak již ze všech osmi stanic. Průměry EDI za kalendářní jednotky jsou tedy spočítány z různého počtu stanic.

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. Vůbec nejsušším měsícem byl na základě ukazatele EDI prosinec roku 1953 na stanici Tábor (-2,54), ve vegetačním období zaznamenáváme nejnižší průměrnou hodnotu EDI v červenci 1976 v Brně. V námi sledovaných stanicích vychází v průměru jako nejsušší říjen 1947, jak je patrné z tab. 3.

Snažili jsme se také určit nejsušší období tří po sobě jdoucích měsíců. Jako nejsušší se jeví období leden–březen roku 1954. Dny těchto tří měsíců mají průměrnou hodnotu ukazatele EDI -1,92. K uvedeným měsícům 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. Nejsušší vegetační období připadají na konec 80. a začátek 90. let 20. století, i když je potřeba zdůraznit mimořádně suché vegetační období roku 1976. Nejnižší tříletý průměr hodnot EDI za vegetační období pozorujeme mezi lety 1990–1992 (-0,72), pětiletý v období 1989–1993 (-0,62) a desetiletý v letech 1990–1999 (-0,32).

U roků je patrná poměrně dobrá shoda s vegetačními obdobími. Vedle dvou abnormálně suchých let 1943 a 1973 tvoří nejsušší tříleté období, stejně jako v případě vegetačních

Tab. 3 Deset nejsušších měsíců celkově a ve vegetačním období.

Table 3. Ten driest months overall and in the vegetation season.

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

období, roky 1990–1992 (-0,72), pětileté pak roky 1989–1993 (-0,61). Desetileté se od vegetačních období trochu liší, neboť je více posunuto do let osmdesátých mezi roky 1983–1992 (-0,34).

Mezi deseti nejsušími roky a vegetačními sezonami mají zastoupení různé dekády. Zvyšování intenzity sucha směrem ke konci 20. století dokládá průměr EDI za jednotlivá desetiletí. Ten jsme vypočítali z jednotlivých roků a vegetačních sezon. Nejsušším desetiletím jsou u roků i vegetačních období 90. léta 20. století.

Stručné závěry této kapitoly doplňujeme o sled tabulek, které dávají lepší přehled o intenzitě sucha v hodnocených kalendářních jednotkách.

Tab. 4 Deset nejsušších vegetačních období na stanicích a v průměru za všechny stanice.

Table 4. Ten driest vegetation seasons at the stations and at average.

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

Tab. 5 Deset nejsušších roků na stanicích a v průměru za všechny stanice.

Table 5. Ten driest years at the stations and at average.

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

Tab. 6 Průměr EDI v jednotlivých desetiletích.

Table 6. EDI of individual decades.

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

3.3 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 53,6 % 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, jež by měla pomoci kvantifikovat intenzitu sucha vzhledem k normálu. Uvažována byla následující kritéria:

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

Pořadí nejvýraznějších such, resp. suchých období, se s volbou kritéria nutně mění. Pro hodnocení intenzity sucha se jeví jako nejvhodnější suma EDI. Na rozdíl 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 také zařadili do naší studie, je skutečnost, že pracuje s teplotními poměry, a tedy nepřímo s výparem. V daném období

Tab. 7 Pět nejvýraznějších suchých období podle vybraných ukazatelů.

Table 7. Five most considerable dry periods after chosen indices.

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	-15001,0
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
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	Ol	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

Tab. 8 Pět nejvýraznějších such podle vybraných ukazatelů.

Table 8. Five most considerable drought periods after chosen indices.

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
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

tak porovnává srážkovou abnormalitu s abnormalitou teplotní, resp. výparu. Následující tabulka podává přehled nejvýraznějších such a suchých období podle zvolených ukazatelů souhrnně za všechny stanice.

Jako nejvýraznější suché období lze podle všech kumulativních ukazatelů označit 706 dní dlouhý časový úsek na stanici Praha-Karlov vymezený dny 16. 6. 1942 a 21. 5. 1944. Na druhé pražské stanici v Klementinu začíná odpovídající suché období 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. Nejvýraznější suché období se podle obou ukazatelů intenzity sucha vyskytlo na stanici Klatovy v roce 1947 a trvalo 249 dní. Dalšími roky s výskytem vysoce intenzivních suchých období jsou 1893, 1894, 1921, 1922, 1953, 1954 a 1976. Zcela odlišnou vypovídající schopnost a také úplně jiné 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, jenž předchozí charakteristiky nezohledňují. Můžeme si všimnout, že všechna nejvýraznější suchá období se podle tohoto kritéria vyskytují v posledních 25 letech.

Sucha jsou již z definice součástí suchých období. Přísnější kritérium na vymezení podstatně zkracuje jejich délku ve srovnání se suchými obdobími. Z toho také vyplývají menší rozdíly mezi suchy z pohledu jednotlivých ukazatelů. Z nejdelšího suchého období na stanici Praha-Karlov lze rovněž vymezit patrně nejvýraznější sucho (3. 11. 1942–14. 8. 1943), které ostatní sucha předčí nejen svou délkou, ale také podle standardizovaných ukazatelů srážkových poměrů EDI a $PDst_j$. 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 září 1953 až duben 1954 na stanicích Klementinum a Tábor, stejně jako léto a podzim roku 1947 na stanicích Klatovy, resp. Karlov, a léto 1976 v Brně, můžeme označit jako zcela mimořádně suchá (EDI/den), neboť hodnoty EDI nižší než -2,0 nalezneme v průměru pouze u necelého procenta všech sledovaných dní. Z tab. 8 můžeme dále vyčíst, že průměrný deficit vodních zdrojů ve dnech 14. 7.–22. 12. 1947 činil na stanici Klatovy více než 52 mm (PRN/den). 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.

3.4 Jednoletá a výraznější sucha a suchá období 1876–2002

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). Přehled nejvýraznějších such a suchých období na jednotlivých stanicích nalezneme v tabulkách 9 a 10.

Tab. 9 Pět nejvýraznějších suchých období na jednotlivých stanicích podle sumy EDI (EDI).

Table 9. Five most considerable dry periods at the stations after the sum of 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	Karlov	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

Tab. 10 Pět nejvýraznějších such na jednotlivých stanicích podle sumy EDI (EDI).

Table 10. Five most considerable drought periods at the stations after the sum of 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	Karlov	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

Abychom omezili počet such a suchých období, která budou součástí naší analýzy, budeme dále pracovat pouze s jednoletými suchy a suchými obdobími na jednotlivých stanicích. Počet jednoletých such na určité stanici (stejně jako jednoletých suchých období) odpovídá počtu roků, za které máme pro danou stanici hodnoty EDI.

Z pořadí podle EDI jsme určili na jednotlivých stanicích příslušný počet nejvýraznějších such a suchých období (s nejnižší hodnotou sumy EDI), která budeme dále označovat jako jednoletá a výraznější sucha, resp. jednoletá a výraznější suchá období. Na stanici Klatovy jsme tímto způsobem stanovili 81 jednoletých a výraznějších suchých období (resp. such), u Klementina a Tábora, které mají nejdelší řady pozorování, jich bylo 127.

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

Vycházeli jsme z 860 (součet za všech osm stanic) jednoletých a výraznějších such a stejného počtu suchých období. Průměrná délka jednoletého a výraznějšího suchého období (dále pouze suchého období) je na našich osmi zpracovávaných stanicích asi 132 dní, u jednoletého a výraznějšího sucha (dále jen sucha) okolo 43 dní. Naší pozornosti by neměla ujít skutečnost, že průměrná (jednoletá a výraznější) sucha a suchá období nejsou pouze období srážkově podnormální, ale jsou ve srovnání s normálem také teplejší. Teplotní odchylka od normálu však není tak velká (Tst_j) jako příslušná odchylka srážek vzhledem k normálu ($PDst_j$). Nejdelší suchá období i sucha jsou na stanici Praha-Karlov. Karlov předčí ostatní stanice i podle nejdůležitějšího ukazatele EDI. Nejintenzivnější suchá období se v průměru podle EDI/den vyskytují na stanici Klementinum, sucha naopak v Klatovech. Rozdíly mezi stanicemi jsou však velmi malé. Nejvyšší srážka nutná pro návrat k normálu (PRN/den) je potřeba během dní such a suchých období v Olomouci.

3.4.1 Hodnocení četnostního zastoupení dní jednoletých a horších such a suchých období v letech 1876–2002

V této předposlední kapitole nás bude zajímat, do kterých let zasahují nejvýraznější sucha a suchá období, která jsme označili jako jednoletá a výraznější. Souhrnné výsledky prezentuje tabulka 11.

U suchých období dominují roky 1943 a 1973, u kterých je více než 300 dní součástí některého z jednoletých suchých období. Třicátá léta zastupuje rok 1933 a sedmdesátá rok 1976. Polovinu z deseti roků s nejvyšším výskytem jejich dní v jednoletých suchých obdobích tvoří roky osmdesátých a devadesátých let. Jedná se o roky 1983–1984 a 1990–1992, které zároveň tvoří tříleté období s nejvyšším průměrným zastoupením ve dnech jednoletých suchých období (průměrná četnost 267). V pětileté periodě dominuje období 1989–1993 (234). Nejvyšší průměrné četnosti v jednoletých suchých obdobích vykazují roky 90. let (173,4).

V případě such má nejvyšší průměrné četnost-

ní 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 a 1976, devadesátá pak roky 1990 a 1991. Vzdálenější minulost reprezentují roky 1893, 1911 a 1921, které mají v průměru více než 100 dní v některém z jednoletých 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. V tříleté periodě mají v průměru nejvyšší četnost dní jednoletých such roky 1972–1974 (110). Jako nejsušší pětiletá perioda se z pohledu zastoupení v obdobích jednoletých such jeví roky 1972–1976 (průměrná četnost 93,9). Z pohledu desetiletí jako nejsušší vycházejí 40. léta s rekordním rokem 1943, ve kterých je průměrná četnost dní jednoletých such v jednotlivých letech rovna asi 60. Až za 40. léty následují 70. a 80 léta 20. století.

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.

Tab. 11 Nejvyšší průměrná četnost dní jednoletých a výraznějších such a suchých období v letech 1876–2002 a jednotlivých desetiletích

Table 11. Highest frequency of days of 1-year and more considerable dry and drought periods in years 1876 – 2002 and in individual decades

	Roky				Desetiletí			
	Suchá období		Sucha		Suchá období		Sucha	
Pořadí	rok.	prům. četnost	rok	prům. četnost	období	prům. četnost	období	prům. četnost
1	1973	338,4	1943	222,1	1991–2000	173,4	1941–1950	59,7
2	1943	318,0	1973	172,4	1981–1990	168,5	1971–1980	59,5
3	1933	299,4	1947	156,6	1971–1980	163,0	1981–1990	55,0
4	1976	282,4	1976	134,5	1941–1950	144,9	1991–2000	51,6
5	1991	282,3	1991	134,4	1951–1960	139,5	1951–1960	44,0
6	1990	269,4	1893	123,8	1901–1910	132,4	1921–1930	39,5
7	1983	262,1	1990	122,6	1921–1930	131,5	1876–1880	36,7
8	1984	257,5	1983	119,1	1876–1880	127,9	1901–1910	35,5
9	1884	256,7	1921	118,8	1961–1970	124,5	1931–1940	35,3
10	1992	250,4	1911	117,2	1881–1890	111,2	1961–1970	34,1

Tab. 12 Deset nejvýraznějších such a suchých období podle EDI vytvořených jako průnik jednoletých a výraznějších such a suchých období ze všech stanic v období 1922–2002.

Table 12. Ten most considerable dry and drought periods after EDI created as the intersection of 1-year and more considerable dry and drought periods from all stations in years 1922–2002.

Suchá období	Délka	$PDst_j$	PRN	EDI	PRN/den	EDI/den	DI_j (1,0)	DI_j (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
25. 7.-20. 10. 1935	88	-10,14	-2613,9	-97,61	-29,70	-1,11	-26,99	-11,82
Sucha	Délka	$PDst_j$	PRN	EDI	PRN/den	EDI/den	DI_j (1,0)	DI_j (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
12.–24. 5. 1943	13	-3,98	-421,1	-23,89	-32,39	-1,84	-4,96	-4,08
6.–19. 1. 1973	14	-4,89	-366,7	-21,7	-26,2	-1,55	2,47	-4,15

3.4.2 Shoda jednoletých a výraznějších such a suchých období mezi stanicemi

Snažili jsme se vymezit zcela 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 such a suchých období jednotlivých stanic v letech 1922–2002, tedy v letech, ve kterých měřily všechny zpracovávané stanice. Výsledkem jsou nová sucha a suchá období (jednoletá), která zasáhla celé území ČR, neboť se v daných dnech současně vyskytovala na všech osmi stanicích.

V následující tabulce uvádíme přehled deseti nejvýraznějších such a suchých období 1922–2002, které vznikly výše popsaným postupem.

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 nejvýraznější vychází sucho z roku 1947, mimořádně suchá byla také období 1982–1984, 1953–1954, 1973–1974 a roky 1943 a 1976.

4. SHRNUTÍ A ZÁVĚR

Na osmi vybraných stanicích na území Česka s různě dlouhými pozorovacími řadami byla vyzkoušena poměrně nová metoda EP (efektivní srážky) dvojice autorů H. R. Byuna a D. A. Wilhitea. 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 období

1876–2002. 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 vymezování such a suchých období. Za nejvýraznější 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 vymezit patrně nejvýraznější sucho (3. 11. 1942–14. 8. 1943), které ostatní sucha předčí nejen svou délkou, ale také podle standardizovaných ukazatelů srážkových poměrů EDI a $PDst_j$.

Z pořadí podle sumy EDI jsme určili příslušný počet nejvýraznějších such a suchých období (s nejnižší hodnotou sumy EDI), která jsme označili jako jednoletá a výraznější sucha, resp. jednoletá a výraznější suchá období. Spočítali jsme také průměrná jednoletá sucha a suchá období na jednotlivých stanicích a provedli hodnocení četnostního zastoupení jednoletých such a suchých období v jednotlivých letech.

V suchých obdobích mají nejvyšší průměrné četnostní zastoupení roky 1943 a 1973, u kterých je více než 300 dní součástí některého z jednoletých suchých období. Roky 1990–1992 naopak tvoří tříleté období s nejvyšším průměrným zastoupením v jednoletých 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. Ve tříleté periodě mají v průměru nejvyšší četnost jednoletých such roky 1972–1974.

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 vymezit nová sucha a suchá období, která jsou průnikem jednoletých a výraznějších such a suchých období ze všech stanic. Nejvýraznějším 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 nejvýraznější 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. Buyna a D. A. Wilhitea 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 vymezování 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.

Literatura

[1] BERAN, M. – RODIER, J. A., 1985. Hydrological aspects of drought. Studies and reports in hydrology 39. Paris: UNESCO-WMO.

[2] BYUN, H. R. – WILHITE, D. A., 1999. Objective Quantification of Drought Severity and Duration. *Journal of Climate,* Vol. **12**, s. 2747–2756.

[3] DEMUTH, S.–BAKENHUS, A., 1994. Hydrological Drought - A literature review. Internal Report of the Institute of Hydrology. University of Freiburg,

[4] DRACUP, J.A.– LEE, K.S.–PAULSON, E.G. JR., 1980. On the definition of droughts. *Water Resources Research*, Vol. **16**, s. 297–302.

[5] HAYES, M., 1995. Understanding and defining drought. Lincoln, Nebraska: National Drought Mitigation Center (http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/def2.htm)

[6] HAYES, M., 1999. Drought indices. Lincoln, Nebraska: National Drought Mitigation Center. (http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/indices.html)

[7] Meteorologický slovník výkladový a terminologický. 1993. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, Academia. 594 s.

[8] 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.

[9] Technical Note, No. 138 WMO – No. 392, 1975. Drought and Agriculture. Geneva: WMO. 127 s.

[10] WILHITE, D. A.–GLANTZ, M. H., 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International,* Vol. **10**, s. 111–120.

[11] WILHITE, D.A., 1991. Drought. Encyclopedia of Earth System Science. Vol. 1–4. W.A. Nierenberg, editor, Academic Press, Inc., s. 81–92.

Internet

[12] http://www.ci.houston.tx.us/OEM/disaster.html

Lektor RNDr. V. Kakos článek doporučil s politováním, že se autorovi nepodařilo zahrnout do článku i výrazně suchý rok 2003 a rozšířit citaci literatury o některé české prameny; rukopis odevzdán v prosinci 2004.