

Proč vysychá naše krajina

Jaroslav Rožnovský

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67

jaroslav.roznovsky@chmi.cz,

Souhrn

Vláhová bilance naší krajiny je dána srážkami, které jsou pro naše území jsou jediným zdrojem vody. Dále teplotou vzduchu, která výrazně ovlivňuje evapotranspiraci, tedy výdej vody. Vývoj podnebí nejen na našem území s sebou přináší stále častější výskyty sucha. Jak dokládají statistické analýzy, roční úhrny srážek na našem území neklesají, ale ani nerostou, ale mají zvyšující se dynamiku. Ovšem v závislosti na statisticky prokazatelném zvyšování teploty vzduchu roste reálná evapotranspirace. Díky těmto procesům je stále častěji vláhová bilance negativní, tedy jsou častější výskyty sucha. Tato skutečnost vede k tomu, abychom co nejvíce vody v naší krajině zadrželi. Ovšem na tzv. retenci vody v krajině jsou různé názory. Vývoj našeho podnebí však dokládá, že nedostatek vody v krajině může být velkým problémem v již v nejbližších letech. Proto se musíme věnovat vhodným opatřením v krajině, abychom zajistili dostatek vod povrchových a podzemních. Jinak nám hrozí nedostatek vody jak pro obyvatele, tak pro hospodářství včetně zemědělství.

Klíčová slova: evapotranspirace, vláhová bilance, sucho, retence vody

I. Úvod

Pokud chceme hodnotit množství vody v krajině, musíme začít od hodnocení našeho podnebí. To je typické svou proměnlivostí, která je dána geografickou polohou a reliéfem našeho území. Jsme součástí mírného klimatického pásu, ovšem v oblasti přechodného klimatu středoevropského (Kolektiv autorů 1958). Významnou roli sehrávají cirkulační a geografické poměry. V Atlasu podnebí Československa (1958) a Podnebí ČSSR - Tabulky (1960) jsou uvedeny výstupy zpracování za období 1901 až 1950. Mapy klimatických prvků v Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al., 2007) byly vypracovány z meteorologických údajů za období 1961 až 2000. Vidíme, že desetiletí 1951 až 1960 zpracováno není. Proto většina studií změny klimatu využívá období od roku 1961. Od 80. let 20. století je pozorován významný nárůst teplot vzduchu, a to ve všech sezónách s výjimkou podzimu (Střeščík et al., 2014).

Pokud hovoříme o vysychání naší krajiny, hovoříme o výskytech sucha. Charakteristika sucha je však dosud méně přesně vyjádřena s tím, že pojem sucho je mnohdy brán z různých pohledů. Nejčastěji se setkáváme označením sucha atmosférického, agronomického, meteorologického, klimatologického, fyziologického, hydrologického, ale také např. nahodilého (Meteorologický slovník 1993). Suchost podnebí - aridita, v pojetí klimatologie vyjadřuje výrazně převažující výpar nad množstvím spadlých srážek. V klimatografii je období sucha vztahováno na část roku, kdy jsou takřka pravidelně velmi malé srážkové úhrny nebo se vůbec nevyskytují. Po tomto období nastupuje období dešťů. Jako suché období je často v klimatologické literatuře označováno období bezsrážkové. Tímto míníme vždy určitý počet po sobě jdoucích dnů (nejčastěji nejméně 5 dnů), kdy nebyly na stanici naměřeny srážky, případně byly srážky velmi malé (0,0 mm, výjimečně 1 mm) jak uvádí Nosek (1972).

Vymezení období sucha podle srážek uvádí Cablík (1951), který za hrubou hranici sucha považuje roční úhrny srážek 550 mm. Nedostatek půdní vláhy se potom projeví ve vegetačním období, pokud srážkový úhrn nepřekročí 340 mm, v jednotlivých měsících, když úhrn srážek nedosáhne 50 mm. Agroklimatologické vymezení sucha pro Československo pomocí ukazatele zavlažení, vyjádřeného rozdílem potenciální evapotranspirace a srážek za letní měsíce (VI až VIII) uvádí Kurpelová a kol. (1975). Ve shodě s definicí mnoha autorů, např. Seeman a kol. (1979), Michalopoulou, Papaioannou (1991), Kott (1993) vyjadřuje Rožnovský (1982) sucho agronomické jako nedostatek vody v půdě vyvolaný suchem meteorologickým, nejčastěji chápaným jako nedostatkem srážek, které se nevyskytují vůbec anebo jen v malých úhrnech.

Toto znamená, že výskyt sucha je doslova limitován vlastnostmi půd, jejich hydropedologickými charakteristikami. Stejně úhrny srážek se v tomto pohledu budou projevovat různě. Zákonitě se při výskytu sucha uplatňuje vliv evaporatione, v porostech potom evapotranspirace zvyšované vyššími teplotami vzduchu a většími rychlostmi větru. Z tohoto pohledu je nutné věnovat velkou pozornost variabilitě srážkových úhrnů a jejich trendu. Rozbory této problematiky uvádějí např. Groisman, Easterling (1994).

V souvislosti s trendy je bohatě studována problematika možné změny klimatu. Jsou posuzovány vlivy možné změny na chod a dynamiku jednotlivých klimatických prvků, jak uvádějí Pittcock, Fowler, Whetton (1991). Možné dopady změny klimatu na zemědělství jsou analyzovány v práci Brázdil, Rožnovský (1996).

Z literárních podkladů pro hodnocené území je zřejmé, že ačkoliv lineární trendy u průměrných teplot a úhrnů srážek vykazují tendenci potvrzující domněnku o postupné aridizaci našeho území (Litschmann, Rožnovský 1993, Rožnovský 2019). Pozornost je nutno věnovat zvláště zvyšujícímu se počtu dnů s vláhovou bilancí pod 20 %.

II. Metodika

Obsah článku představuje shrnutí dosavadních poznatků a analýzu úhrnů srážek na území ČR. Využita byla data dostupná na portálu Českého hydrometeorologického ústavu. Data byla zpracována běžnými statistickými metodami včetně stanovení trendu.

III. Výsledky

Hodnocení vláhových poměrů nejen naší krajiny, ale obecně, je nutné začít hodnocením podnebí. S ohledem na zaměření tohoto článku, je věnována hlavní pozornost výskytu srážek a jejich rozložení v průběhu roku.

III. 1 Srážky na území ČR

Pro zhodnocení srážkových poměrů se zjišťuje jejich množství vzhledem k dlouhodobým normálům. Je vhodné, aby to byly řady alespoň dvacetileté. Pokud přímé pozorování chybí, je možné je zjistit podle míst, kde se pozorování prováděla, a která leží přibližně ve stejných geografických podmínkách. Jestliže máme k dispozici dostatečně dlouhou řadu pozorování srážek, např. za roční období (chápaná klimaticky), nebo za vegetační období, můžeme posoudit srážkový charakter jednotlivých časových období.

Hodnocení výskytů srážkových úhrnů nám poskytuje základní informaci o vláhových podmínkách. Za období 1901 až 1950 (Podnebí ČSSR - Tabulky 1960) z hodnocení uvedených dlouhodobých průměrů pro jednotlivé měsíce vyplývá, že nejbohatším měsícem na srážky je v oblasti jižní Moravy měsíc červenec, kdy v průměru naprší od 70 do 150 mm srážek. Nejnižší měsíční úhrn vychází pro měsíc únor, kdy je to 3 až 60 mm srážek. Roční průměr činí 524 mm, za vegetační období (IV - IX) 323 mm, to 62 % z ročního úhrnu. Úhrny srážek představují z ročního úhrnu pro jaro 22%, léto 41 %, podzim 20 % a zimu 17 %. Nejvyšší průměr za rok a za vegetační období byl dosažen v roce 1910, kdy roční úhrn činil 776 mm a za vegetační období 520 mm. Naopak nejnižší roční úhrn dosáhl jen 316 mm v r. 1921, za vegetační období roku 1947 to bylo pouze 161 mm.

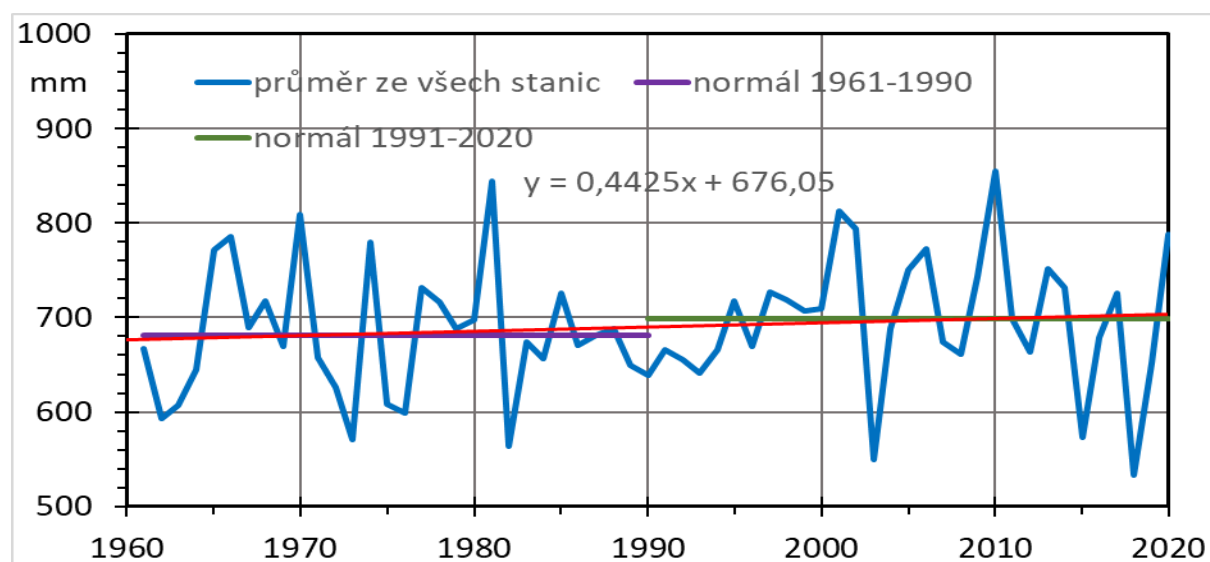
Hodnoty absolutních minimálních měsíčních úhrnů se vyskytovaly s nulovou hodnotou v měsících duben, říjen a listopad. U ostatních měsíců nepřekročily úhrny 10 mm, mimo měsíce srpen, který má minimální úhrn 12 mm. Absolutní maxima přesahují u všech měsíců 60 mm, když nejnižší úhrny ve výši 60 mm byly naměřeny v lednu a únoru. Absolutního měsíčního maxima bylo dosaženo v říjnu v r. 1930, a to úhrnem 165 mm. Nejbohatší měsíc na srážky, červenec má nejvyšší úhrn z roku 1906 výší 130 mm. Pro nyní nejvíce používané období (1961 až 1990) zjišťujeme, že úhrn srážek je oproti průměru za období 1901 - 1950 o 23 až 75 mm, úhrn vegetačního období o 5 až 38 mm nižší. Můžeme říci, že z tohoto srovnání vyplývá, že roční pokles srážek hodnoceného období probíhal rozdělen takřka na poloviny mezi vegetační a nevegetační období. To potvrzuje srovnání průměrných měsíčních úhrnů srážek hodnocených období. Ve vegetačním období normálového období je pouze průměr června o 7 mm vyšší, než je průměr za roky 1901- 50. Ostatní měsíce vegetačního období mají úhrny nižší, největší pokles vykazuje červenec, a to o 12 mm. V nevegetačním období nacházíme největší pokles v normálovém období u měsíce října, také o 12 mm. Vyšší úhrn oproti období 1901- 1950 nenacházíme v žádném měsíci.

U nás se první typy oblastí (extrémně aridní a aridní) nevyskytují. Roční průměrné srážky 550 mm v našich podmínkách tvoří zhruba hranici mezi podnebí aridním a humidním. Odhadem má v České republice 65 % území průměrné roční srážky 600 až 800 mm, 18 % území je s průměrnými ročními srážkami < 600 mm a 17 % území s průměrnými ročními srážkami > 800 mm. K absolutně nejsušším

oblastem patří v Čechách oblast Žatce, Loun, Mostu, Chomutova, Kadaně a Kralup s průměrným úhrnem srážek 420 – 500 mm za rok, na Moravě Dolnomoravský a Dyjskosvratecký úval s 500 – 550 avšak s vysokými letními teplotami vzduchu. Roční úhrny srážek kolísají v jednotlivých letech až o $\pm 40\%$ kolem dlouhodobého průměru.

S ohledem na časoprostorová proměnlivost výskytu srážek se zde nejčastěji projevuje výskyt bezsrážkových období, která vyvolávají sucho. Z hlediska zemědělského jde o významný výnosotvorný faktor, protože se projevuje převážně ve vegetačním období. Výskyt sucha bude mít odlišný účinek podle doby výskytu, délky trvání a intenzity. Největší snížení výnosů zemědělských plodin suchem je v tzv. kritických vývojových obdobích jednotlivých plodin. Znalost pravděpodobnosti výskytu sucha je jednou ze základní podmínek pro zavedení efektivní opatření, snižujících jeho negativní účinky. Udržení zemědělské produkce v této úrodné oblasti bude vyžadovat změny technologií pěstování zemědělských plodin, zavádění nových odrůd atd. Základním období sucha vykazují shodně velkou variabilitu v průběhu vegetační doby. Nejdelší souvislé období bez srážek může překročit 30 dnů. Z hlediska pěstování zemědělských plodin jsou škodlivější výskyty sucha v jarním období. stabilizačním faktorem by měly být závlahy.

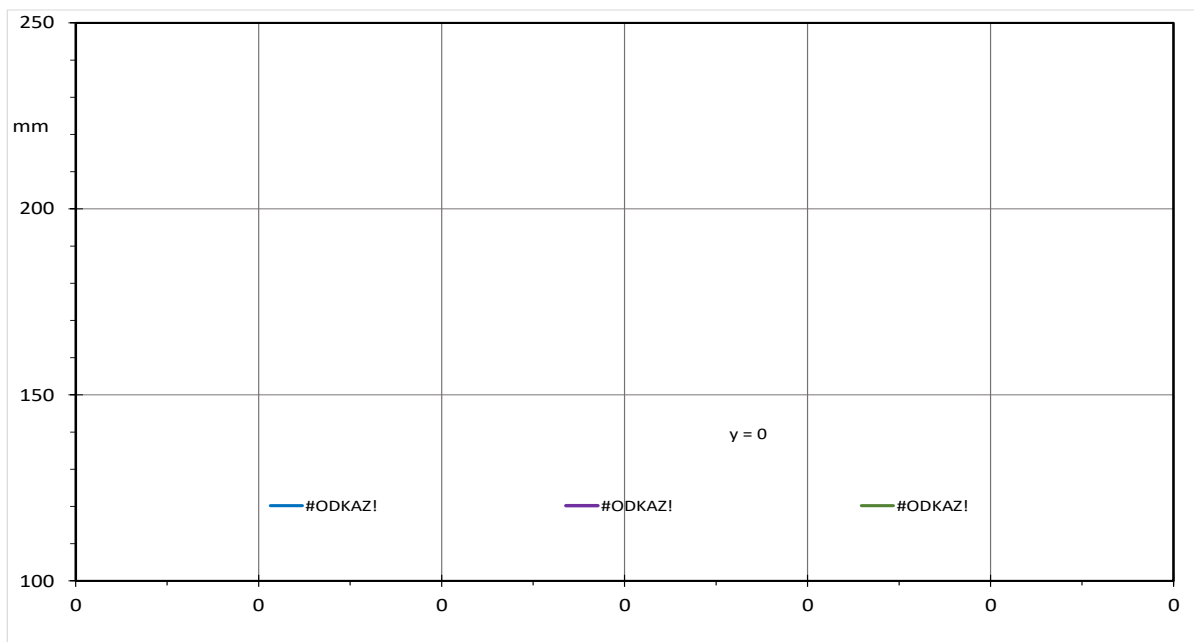
Průměrné roční úhrny srážek dokládají svou dynamikou proměnlivost našeho podnebí. Jak vidíme na Obr. 1, rozdíly v ročních úhrnech srážek za období 1961 až 2020 jsou vysoké. V podstatě nevykazují nějakou periodicitu. V průměru za celé naše území velmi slabě rostou, statisticky neprůkazně. Ovšem podle proložení přímkou je za 60 let zvýšení o 24 mm. Pokud jde o srovnání obou normálů, tak zvýšení vidíme ve 4. normálu, a to o 18 mm proti 3.



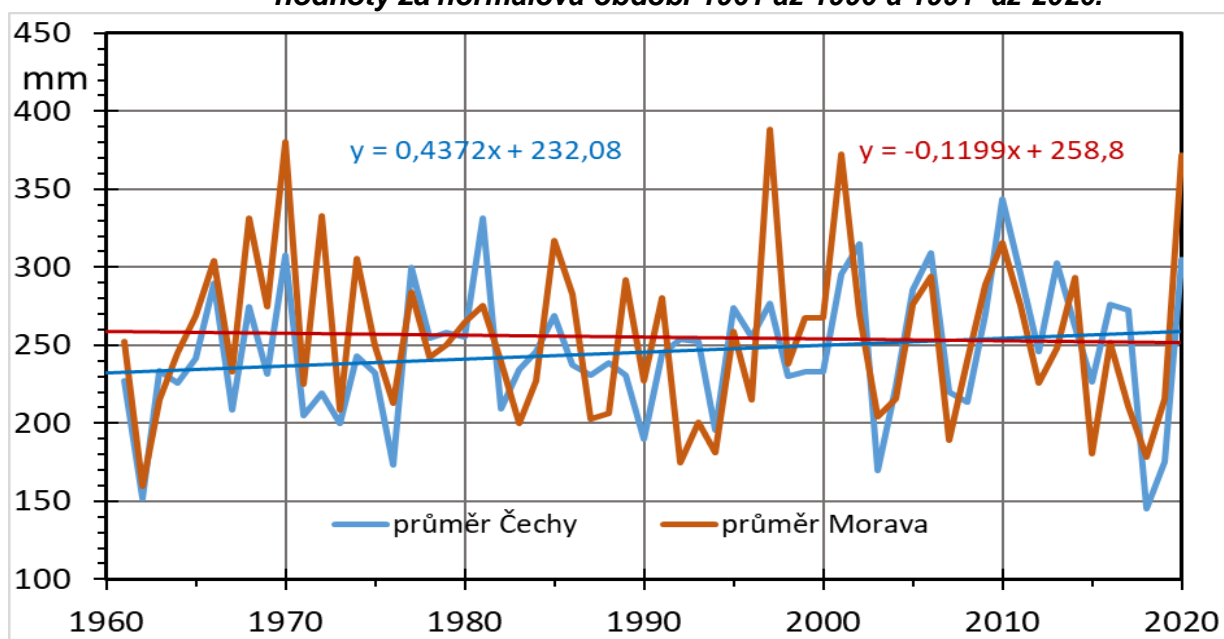
Obr. 1 Roční úhrny srážek (mm) v letech 1961 až 2020 na území České republiky a průměrné hodnoty za normálová období 1961 až 1990 a 1991 až 2020

Přesto, že geografické podmínky Čech a Moravy se liší, průběh ročních úhrnů samostatně za Čechy a Moravu se v trendu velmi podobá, rozdíl je v jednotkách mm (Obr. 1). Velké rozdíly v ročních úhrnech najdeme jen v několika letech (např. r. 1973 nebo 1976, ale také v roce 2020) i přes 100 mm. Rozdíly normálů nejsou velké.

Hodnocení srážek za jednotlivá roční období přináší další doklady o jejich dynamice. V jarním období (Obr. 2) na první pohled zaujme extrémně vysoký úhrn shodný v roce 1965 a 2010 na Moravě. Ale ve většině let se jarní úhrny mezi oběma územími významně neliší. Co je důležité zdůraznit, že také ve většině roků jsou úhrny kolem 150 mm. Oproti trendu u ročních úhrnů vidíme, že v jarním období dlouhodobý trend vykazuje pokles o 23 mm. Na jaře je ve 4. normálu oproti 3. pokles o 4 mm. Vzhledem k posouzení hodnocení k oběma normálům je významné, že průběh rozdílů je velmi podobný, minimálními rozdíly. Mírné zvýšení letních úhrnů dokládá vyšší hodnota 4. normálu, a to o 9 mm. Ovšem v tomto období jsou také nejvyšší (2018 a 2010) a nejnižší letní úhrny

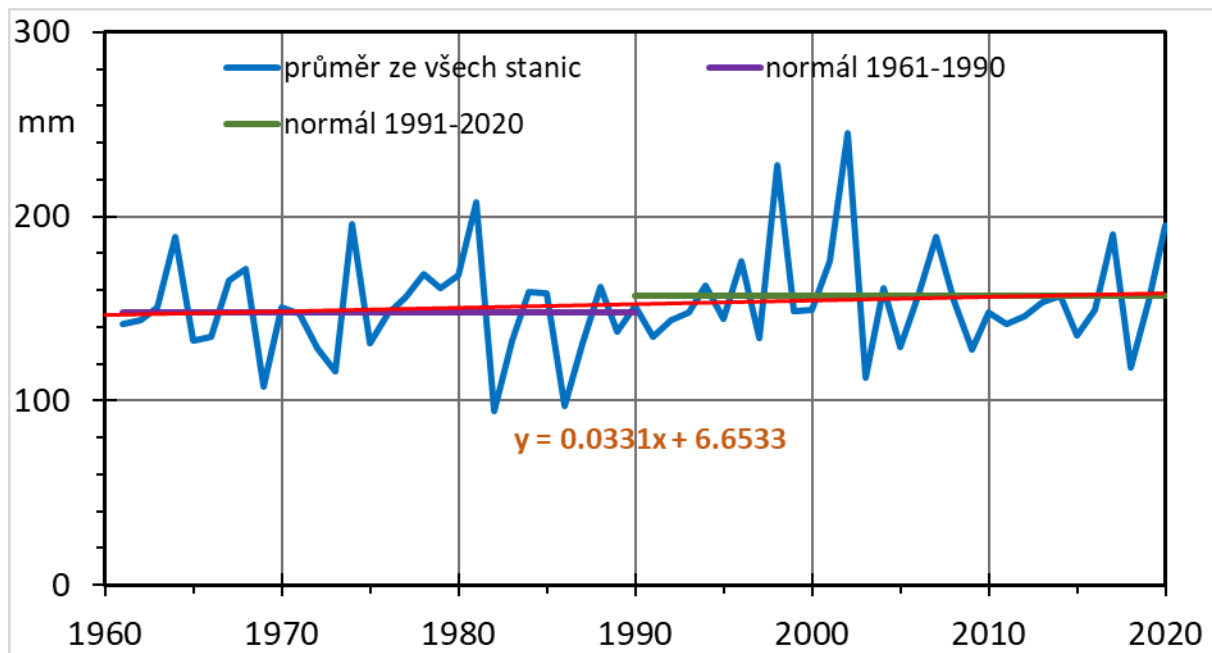


Obr. 2 Úhrny srážek (mm) za jaro v letech 1961 až 2020 na území České republiky a průměrné hodnoty za normálová období 1961 až 1990 a 1991 až 2020.



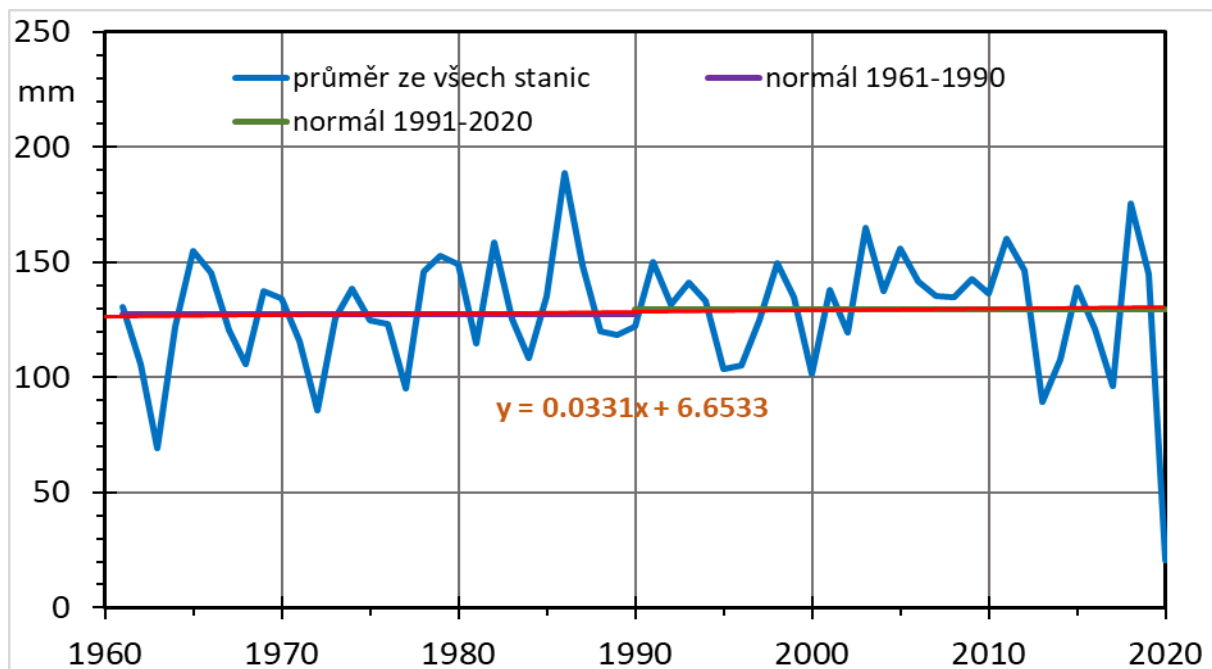
Obr. 3 Úhrny srážek (mm) za léto v letech 1961 až 2020 na území České republiky a průměrné hodnoty za normálová období 1961 až 1990 a 1991 až 2020.

Letní úhrny se ve většině letních období pohybují kolem 250 mm (Obr. 3). Na srážky nejbohatší rok 2010 v létě nejvyšší úhrn nevykazuje. Rozdílné jsou trendy, v Čechách je nárůst o 23 mm, naopak na Moravě je trend klesající o 10 mm. Nejvyšší kladné rozdíly oproti normálům vykazují roky 1970 a opět rok 2010. Záporné naopak roky 1962 a 2018.



Obr. 4. Úhrny srážek (mm) za podzim v letech 1961 až 2020 na území České republiky a průměrné hodnoty za normálová období 1961 až 1990 a 1991 až 2020.

Trend srážkových úhrnů za podzim (Obr. 4) vykazuje vzestup o 4 mm. Podzimní 3. normál s hodnotou 147,9 mm je o 9 mm nižší než normál 4. Většina roků má podzimní úhrn mez 120 až 130 mm. Pro podzimní úhrny Čech a Moravy platí, že oba mají tendenci zvyšování úhrnů s tím, že pro Čechy je to o 4 mm, pro Moravu 19 mm. Průměrný podzimní úhrn je kolem 150 mm, nejvyšší hodnotu pro Čechy vykazuje rok 2002, pro Moravu ještě vyšším úhrnem rok 2020.



Obr. 5 Úhrny srážek (mm) za zimu v letech 1961 až 2020 na území České republiky a průměrné hodnoty za normálová období 1961 až 1990 a 1991 až 2020.

Velmi zajímavé je srovnání rozdílů zimních úhrnů (Obr. 5) v jednotlivých letech k normálům. Za období 1961 až 2020 zimní srážky nevykazují změnu. V zimě úhrny srážek až na několik let nevykazují vysokou dynamiku. V obou normálových obdobích vyšší srážky v Čechách, dá se říci s náznakem rostoucího trendu, na Moravě s náznakem poklesu. Od v podstatě vyrovnaných hodnot se liší extrémně vysoké

úhrny v roce 1986 a překvapivě v roce 2018, ale jen v Čechách. Nejnižší zimní úhrn je v roce 2020, zvláště na Moravě.

III. 2 Klimatické a agroklimatické poměry České republiky podle scénářů

Dosažené výsledky v předcházející části doplňují a rozšiřují naše poznatky o predikovaných agroklimatických poměrech. Nepřinášejí však žádnou základní změnu v dosavadních poznatcích. Jak již bylo uvedeno, je hodnocení sensitivity, možných dopadů a návrhy adaptačních opatření dáno volbou scénářů. Z dosavadních studií MZK a našich výsledků, lze vyvodit tyto stručné poznatky o předpokládaném podnebí a agroklimatologických hodnoceních pro území jižní Moravy a středních Čech. Můžeme očekávat zvýšení teplot vzduchu a nárůstu jejich sum aktivních a efektivních teplot, počtu letních a tropických dnů. Podle některých modelů (např. ECHAM) je významný vysoký počet tropických dnů a častější výskyt horkých vln. V současné teplé klimatické oblasti by mohlo dojít k výskytu období s několika desítkami tropických dnů. Naopak poklesne počet dnů mrazových a dnů ledových s tím, že jejich výskyt nelze vyloučit i ve vegetačním období.

Při dostatečně vysokých teplotách tak budou výnosy zemědělských plodin ovlivněny především dostatkem srážek ve vegetačním období včetně jejich rovnoměrného rozložení. Působení zvýšených teplot by mohly zčásti eliminovat vyšší srážky, jak vychází z některých scénářů. Obtížné je ovšem posoudit jejich rozdělení v roce. Z literárních podkladů pro hodnocené území je zřejmé, že lineární trendy u průměrných teplot a úhrnů srážek vykazují tendenci potvrzující domněnku o postupné aridizaci našeho území. Ukazuje se však, že tyto trendy nejsou na běžně používaných hladinách významnosti signifikantní. Výsledky z období 1961 až 1995 naznačují, že trend srážkových úhrnů vykazuje pokles. V normálovém období 1961 až 1990 výskyt sucha představoval i více než 20 % dnů vegetačního období. Totéž platí i pro období 1991 až 1996. Složitější je průběh vláhových poměrů od roku 1997, kdy se vyskytla období s mimořádně vysokými srážkami. Nárůst suchých období je nutné očekávat v případě předpokládaného oteplování.

Predikce potenciální evapotranspirace (E_o) a agroklimatologických charakteristik pro $2xCO_2$ a $1,5xCO_2$ podle scénáře ECHAM jednoznačně potvrzuje výrazné zvýšení suchosti klimatu ČR. Výsledky scénáře $2xCO_2$ pro vegetační období dokládají nárůst hodnot E_o o více než 200 mm. V současné době jsou získané podklady zpracovávány do publikace. Vláhový deficit by jen v letním období dosahoval v teplých letech i více jak 300 mm, za vegetační období až přes 500 mm. Těchto hodnot v suchých letech přitom nedosahují roční srážkové úhrny na větší části území jižní Moravy.

Vezmeme-li však v úvahu predikovanou změnu klimatu, musíme počítat s nárůstem sucha, protože vláhová bilance vegetačního období bude nižší o několik desítek mm vody. Pozornost je však nutno věnovat zvyšujícímu se počtu dnů s vláhovou bilancí pod 20 %. Určitou roli sehrává i predikovaný nárůst globálního záření. Tato oblast vyžaduje další podrobnou analýzu. Podle výsledků simulací by však vyšší srážky znamenaly také zvýšení pravděpodobnosti výskytu denních úhrnů srážek nad 10 mm, tedy nárůst erozně nebezpečných dešťů, zejména v květnu, červnu a v září.

IV Závěr

Při stanovení dopadů možné změny klimatu musíme pamatovat na komplexní pohled, protože změna klimatu neznámá jen zvýšení teploty vzduchu, ale ovlivní i další procesy v přírodě, zvláště hydrocyklus. Vzhledem k prokazatelně rostoucí teplotě vzduchu, a tím evapotranspirace, jsou pro vláhové poměry naší krajiny rozhodující srážky. Jak je doloženo statistickou analýzou, srážky v období 1961 až 2020 z hlediska ročních úhrnů nevykazují statisticky prokazatelnou změnu. Zůstávají v ročních úhrnech v podstatě stejné. Tím je vysvětleno, proč na našem území jsou častější výskyty sucha. A logicky nastupuje otázka, zda naše krajina nebude mít nedostatek vody. Její možné vysychání naznačují scénáře vývoje klimatu na Zemi.

Proto je nutné podrobně studovat dílčí krajinné procesy, ale vnímat je jako celek. Současné poznatky ukazují, že vyvozování závěrů jen z dílčích analýz není zcela vhodný postup. Musíme si uvědomit, že voda má nezastupitelnou úlohu ve všech krajinných procesech. Její nedostatek tak ovlivní složení ekosystémů, ale také zemědělskou produkci, hospodářské technologie a zvláště zásobování obyvatel vodou. Z hlediska environmentální bezpečnosti je nedostatek uváděn jako jedno z rizik, kterému musíme věnovat pozornost.

Problematika udržení vody v krajině, tedy její retence je jedním z důležitých témat jednak výzkumu, ale také praxe. Zásahy v naší krajině musíme provádět tak, abychom v ní udrželi co nejvíce vody, a to jak povrchové, tak podzemní. Pokračující změna klimatu může snížit množství a dostupnost vody v naší krajině. Proto by se měl do budoucna výzkum problematiky dopadů možné změny klimatu zaměřit na komplexní posouzení změn v naší krajině.

V. Literatura

- BRÁZDIL, R., ROŽNOVSKÝ, J. Impacts of a Potential Climate Change on Agriculture of the Czech Republic - Country Study of Climate Change for the Czech Republic, Element 2. Národní klimatický program ČR, svazek 21, Praha, Český hydrometeorologický ústav, 1995, pp. 139
- HOUGHTON, J. Globální oteplování Vyd. 1. Praha: Academia 1998
- KOHUT, M., ROŽNOVSKÝ, J. Dynamika potenciální evapotranspirace podle Penmana-Monteitha. In: Krajina, meliorace a vodní hospodářství na přelomu tisíciletí. Dům techniky, Brno 1999, s.143-148, ISBN 80-02-01304-2.
- KOTT, I. Vláhová bilance na území České republiky v letech 1974-1990. Sborník prací ČHMÚ, 1992 svazek 42, 125 s.
- LITSCHMANN, T., ROŽNOVSKÝ, J. Proměnlivost měsíčních a ročních úhrnů srážek v normálovém období 1961 až 1990. In.: Klimatické změny a lesní hospodářství. Brno, Československá bioklimatologická společnost 1993, s. 28-34.
- MICHALOPOULOU H., PAPAIOANNOU, G. Reference crop evapotranspiration over Greece. Agricultural water and management, 1991 vol. 20, s. 209-221.
- NOSEK, M. Metody v klimatologii. Praha, Academia 1972, 434 s.
- ROŽNOVSKÝ, J.: Agroklimatické podmínky a fenologická hodnocení v pohledu možných klimatických změn. Bratislava, Slovenská bioklimatologická společnost 1993, Štúdia XI., s.52 - 55.
- ROŽNOVSKÝ, J.: Důsledky změn klimatu a antropických vlivů v zemědělství. In: Možné důsledky globální změny podnebí v zemědělství, lesnictví a zdravotnictví a doporučení vhodných opatření. Praha, Česká bioklimatologická společnost 1995, 34-42 s.
- ROŽNOVSKÝ, J.: Proměnlivost a zabezpečení srážkových úhrnů. In: Ochrana a využívání vodních zdrojů v zemědělství a lesnictví. Brno, Vysoká škola zemědělská 1987, s. 126-135.
- ROŽNOVSKÝ, J. Dynamics of occurrence of dry periods in the region of south Moravia and possible reduction of the effect of drought in agriculture. Acta univ. agric. et silvic. Mendel.Brun.(Brno), 1998, XLVI, No. 3, 63-68.
- SEEMANN, J., CHIRKOV, Y.,I., LOMAS, J., PRIMAULT, B. Agrometeorology. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag 1979, 324 s.
- KOLEKTIV AUTORŮ (1958): Atlas podnebí Československé republiky. Ústřední správageodézie a kartografie, Praha.
- KOLEKTIV: Podnebí ČSSR - Tabulky. HMÚ Praha 1961, 379 s.
- KURPELOVÁ M., COUFAL L., ČULÍK, J. (1975): Agroklimatické podmienky ČSSR. Bratislava, Příroda, 270 s.
- ROŽNOVSKÝ, J. a J. STŘEŠTÍK. Dynamika a trendy hodnot klimatologických ukazatelů sucha. In: Salaš, P. (ed): "Rostliny v suchých oblastech a klimatická změna". Lednice 23.- 24. 10. 2019 Zahradnictví: Vědecká příloha. Praha: Profi Press, 2019, XVIII(11), 248 - 256. ISSN 1213-7596
- ROŽNOVSKÝ, J. a J. STŘEŠTÍK: Změny teploty vzduchu za posledních 30 let na území České republiky. Úroda 12, roč. LXIX, 2021, vědecká příloha, s. 75 – 80. ISSN 0139-6013.
- ROŽNOVSKÝ, Jaroslav, Filip CHUCHMA a Rostislav FIALA. Základní vláhová bilance, ukazatel sucha na území České republiky. ACTA HYDROLOGICA SLOVACA. 2018, 19(2), 171-178.
- ROŽNOVSKÝ, Jaroslav. Water Balance and Phase of Hydrocycle Dynamics. In: ZELENÁKOVÁ, Martina, Jitka FIALOVÁ a Abdelazim M. NEGM, ed. *Assessment and Protection of Water Resources in the Czech Republic*. Springer Water, 2019, s. 403-414. ISBN 978-3-030-18362-2.
- SOUKHOVOLSKY V, KOVALEV A, TARASOVA O, MODLINGER R, KŘENOVÁ Z, MEZEI P, ŠKVARENINA J, ROŽNOVSKÝ J, KOROLYOVA N, MAJDÁK A, JAKUŠ R. Wind Damage and Temperature Effect on Tree Mortality Caused by *Ips typographus* L.: Phase Transition Model. *Forests*. 2022; 13(2):180. <https://doi.org/10.3390/f13020180>

TOLASZ, R., et al. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMI), 978-80-244-1626-7 (UP).

Poděkování

Článek je součástí výstupů z řešení projektu Technologické agentury ČR, č. projektu SS02030040, PERUN a Národní agentury pro zemědělský výzkum, QK1920280 „Inovace bonitačního systému zemědělských půd (BPEJ) pro potřeby státní správy“.