

**Možná rizika daná změnou klimatu**  
**Jaroslav Rožnovský, Hana Středová, Tomáš Středa**  
**Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno,**  
**email: roznovsky@chmi.cz**  
**Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno**

## **Souhrn**

*Podnebí České republiky je typické svou vysokou proměnlivostí, tedy výskyty extrémů. Průběh počasí a následně podnebí významně ovlivňuje nejen život člověka, ale i přírodu a naši hospodářskou činnost. Extrémní stavy počasí přichází nečekaně a nelze je v delším časovém horizontu předpovídat. Podle poznatků klimatologů lze odhadovat, že se změny klimatu na našem území budou v nejbližších desetiletích projevovat zvyšováním teploty vzduchu, ale to neznamená, že se nebudou vyskytovat silné mrazy nebo mrazy ve vegetačním období. Výskyt srážek by měl být s vyšší dynamikou, ale v dlouhodobém hodnocení se jejich roční sumy významně měnit nemají. Statistické analýzy teplot vzduchu a výskytu srážek na našem území tyto odhady potvrzují. Proto bychom se měli zabývat riziky, jako jsou čtenější výskyt sucha, lokálních povodní, rychlých změn teploty vzduchu s extrémními projevy apod. a provádět vhodná opatření.*

**Klíčová slova:** podnebí, teplota vzduchu, srážky, evapotranspirace, mrazy, sucho

## **Úvod**

Projevy počasí a podnebí jsou již mnoho let předmětem zájmu nejen odborníků, ale i politiků. Mnohé výsledky matematického modelování klimatu nejsou pro naši planetu příznivé. Stále diskutovanou otázkou je podíl člověka na změnách podnebí. Růst hospodářství je logicky doprovázen nárůstem emisí skleníkových plynů a tím zesilování skleníkového efektu. Až konference v Paříži přivedla k jednacímu stolu takřka všechny státy, tedy průmyslově vyspělé, rozvíjející se a ty, z kterých se jen vyváží suroviny. Pokrokem je, že se daří jejich vzájemná komunikace. Musíme si uvědomit, že jen mezinárodní dohody a vhodné postupy mohou omezit až případně zastavit technologie poškozující podnebí celé planety. Zamezit nevhodným změnám podnebí na našem území totiž znamená, že musíme zamezit těmto změnám celoplanetárně. Klimatické procesy se neomezují na jednotlivé státy, podnebí České republiky je výsledkem astronomických, cirkulačních a dalších procesů na celé Zemi, to však neznamená, že bychom neměli na našem území provádět opatření k omezení emisí skleníkových plynů apod. Abychom však tato opatření prováděli účelově a naopak ještě podnebí nenarušovali, musíme ho dobře znát. Pochopit jeho podstatu, studovat jeho jednotlivé procesy, vývoj a dynamiku. Hledat cesty jak zlepšovat výstupy z klimatologických modelů, ale také se těmito poznatky řídit.

## **Podnebí České republiky**

Naše podnebí je limitováno zeměpisnou polohou, jsme součástí mírného klimatického pásu, ovšem v oblasti přechodného klimatu střeoevropského (Kolektiv autorů 1958). Významnou roli sehrávají cirkulační a geografické poměry. Po převážnou část roku u nás převládá vzduch mírného pásma, ale na našem území se projevuje v krátkých obdobích i vzduch tropický, ale také vzduch arktický. Oceanita našeho podnebí je vyvolávána Atlantickým oceánem, proto je s ohledem na proudění vzduchu vyšší v Čechách, kde jsou častěji mírnější zimy a chladnější léta, srážky jsou rozděleny rovnoměrněji. Naopak kontinentalita je oproti Čechám vyšší na Moravě a ve Slezsku, kde jsou také větší teplotní amplitudy. Z geografických podmínek mají vliv naše hory, které vytvářejí tzv. klimatické přehradu, kdy zčásti zabraňují vpádům studeného vzduchu od severu více v Čechách, ale vzhledem k západnímu proudění vyvolávají dešťový stín (Rožnovský, 1999). Významnou roli pro naše počasí má cyklonální činnost, která ovlivňuje přechody atmosférických front přes naše území, a tím výskyt srážek (Tolasz et al., 2007).

Teplotu vzduchu lze velmi jednoduše charakterizovat dlouhodobou průměrnou roční teplotou vzduchu, která se pohybuje v období 1961 až 2010 od 0 °C (vrcholové polohy) až po 10 °C na jižní Moravě. Nejvyšší maximum teploty vzduchu na území ČR bylo naměřeno 20. 8. 2012 v Dobřichovicích, a to 40,4 °C. Nejnižší minimum teploty vzduchu, -42,2 °C se vyskytlo v Litvínovicích u Českých Budějovic 11. února 1929. V průměru je nejchladnějším měsícem roku leden, nejteplejším měsícem červenec. Z analýzy průměrných ročních a měsíčních teplot vzduchu za období 1961 až 2010 vyplývá, že teploty vzduchu na našem území rostou.

Zdroj vody na našem území jsou pouze srážky, které se však vyznačují velkou časovou i místní proměnlivostí s vysokou závislostí na nadmořské výšce a expozici vzhledem k převládajícímu proudění. Nejnižší dlouhodobé roční průměrné úhrny srážek se vyskytují v okolí Žatce, kdy tento úhrn činí 410 mm. Nejvíce srážek vykazuje Bílý Potok (U studánky) v Jizerských horách ve výšce kolem 900 m n. m. s průměrem 1705 mm srážek. Podle ročních období má nejvyšší průměrné úhrny srážek léto (kolem 40 %), dále jaro (25 %), podzim (20 %) a zima (15 %). Měsíční maxima v mimořádně vlhkých měsících mohou překročit i více než 500 % příslušného měsíčního průměru. Denní maxima v jednotlivých měsících překračují měsíční průměr pro dané místo. Počet dnů se srážkami 1 mm a více je průměrně za rok v suchých oblastech přes 90, v horských, nejvlhčích oblastech, skoro 190. Letní maximum souvisí s výskytem bouřkových lijáků. Průměrně je u nás v roce kolem 25 bouřek, přitom nejméně jich je v nížinách, ale s nadmořskou výškou jejich počet stoupá.

V chladném období se projevuje oteplování tak, že období s výskytem sněhu se zkracují, klesá i výška sněhové pokrývky (Zahradníček et al., 2016). Obecně můžeme konstatovat, že výskyt sněhové pokrývky je velmi nepravidelný. V jižních částech se v některých letech souvislá sněhová pokrývka takřka nevyskytuje. V průměru se maximální výška sněhové pokrývky pohybuje od 15 cm v nížinách do 200 cm na horách. Průměrný počet dnů se sněžením činí v nížinách kolem 40, na horách dosahuje až 110 dnů.

Výdej vody v krajině představuje výpar. Skutečný celkový výpar z porostů a půdy, tedy reálná evapotranspirace, dosahuje v teplých oblastech 400 až 450 mm, největší je ve středních výškách, málo přes 500 mm, a v nejvyšších polohách činí méně než 350 mm. Výpar z vodní hladiny se pohybuje v rozmezí 520 až 760 mm. Ovšem potenciální evaporace či evapotranspirace činí v jižních oblastech až 700 mm. Pro tyto oblasti je potenciální roční vláhová bilance, vyjádřená jako rozdíl mezi úhrnem srážek a potenciální evapotranspirací, slabě záporná s hodnotami do -100 mm (Rožnovský a Kohut, 2004).

### **Extrémní projevy počasí**

Výše uvedené hodnoty klimatických prvků nejen charakterizují naše podnebí, ale také slouží k porovnání a vymezení extrémních stavů počasí. Tyto jsme zaznamenali několikrát i v posledním desetiletí (Kyselý et al., 2003). V roce 1997 a 2002 to byly letní povodně, v roce 2006 byly povodně způsobeny rychlým táním velkého množství sněhu při současných deštích. Rok 2010 byl mimořádný vysokými úhrny srážek a výskytem povodní z přívalových dešťů. Ovšem tyto se vyskytují v letech, kdy je v naší krajině sucho, viz rok 2013.

Obdobně jako povodně jsou příznačné výskyty sucha. Silné až mimořádné sucho bylo na našem území v letech 2000, 2003, 2012 a 2015. Jako extrémní se projevilo i počasí v březnu a dubnu roku 2014, kdy po srážkově podnormálním průběhu zimy se vyskytlo sucho. Nedostatek vody v krajině se projevil na části našeho území i v roce 2016. Jde o roky klimatologicky hodnocené jako velmi teplé, některé měsíce potom jako mimořádně teplé. Například za období leden až září roku 2003 bylo na většině území ČR naměřeno méně než 500 mm srážek, což není ani 80 % průměrné hodnoty, velká část území zaznamenala méně než 60 % dlouhodobého průměrného úhrnu srážek. Koncem roku 2015 byly na podstatné části našeho území úhrny srážek do 75 % dlouhodobého průměru.

Sucho se v našich podmínkách projevuje jako jev nahodilý. Vyskytuje se nepravidelně v období podnormálních až výrazně podnormálních srážek s trváním od několika dní až po, extrémně, několik měsíců. Ovšem v dlouhodobém průměru jsou hlavně oblasti s nízkými úhrny srážek suché. Srážkový deficit ve vegetačním období bývá velmi často doprovázen nadnormálními až výrazně nadnormálními teplotami vzduchu, nižší relativní vlhkostí vzduchu, zmenšenou oblačností a větším počtem hodin slunečního svitu. Uvedené meteorologické prvky mají pak za následek vyšší evapotranspiraci, resp. vyšší evaporaci, čímž se dále zvyšuje nedostatek vody a současně se prohlubuje období sucha. Nahodilé sucho je velmi nebezpečné právě svým neočekávaným a nepravidelným výskytem. Ve střední Evropě v našich zeměpisných šířkách vznikají v důsledku nadnormálně četného výskytu anticyklonálních typů synoptické situace, při nichž se nad evropskou pevninou často vytvářejí blokující anticyklóny. V těchto situacích je nižší úhrn srážek, vypadávačích při relativně menším počtu přecházejících atmosférických front. Příčiny těchto dlouhodobějších synoptických anomálií nebyly doposud uspokojivě objasněny, a proto je velmi obtížné tato nahodilá sucha předpovídat.

Vývoj srážek na našem území za období 1961 až 2010 dokládá, že v ročních úhrnech se neprojevuje statisticky významný trend. V létě srážek přibývá, jsou však dány z větší části intenzivními lokálními bouřkami a předpokládá se větší výskyt právě těchto jevů. Ovšem jejich vysoká intenzita je příčinou toho, že větší část vody odeče a v krajině nezůstává. Více srážek tedy nepřináší větší zásoby vláhy. Naproti tomu na jaře je pozorován zřetelný pokles srážek. Proto na počátku vegetačního období mohou srážky chybět, zvláště v krajích, kde i tak jsou celkové úhrny nízké. Srážkové úhrny na podzim a v zimě, z pohledu vegetačního období méně zajímavé, slabě rostou. Pro sezónní srážky v regionech platí totéž co pro srážky celostátní: na západě spíše přibývají, na východě ubývají a tento úbytek je výraznější v nížinách (Střešík et al., 2014b).

Oproti srážkám naopak průměrné roční teploty mají statisticky potvrzený nárůst, obdobně rostou teploty v jednotlivých ročních obdobích (Střešík et al., 2014). Zvýšená dynamika teplot vzduchu je doložena nárůstem počtu tropických dnů v letním období. Tyto vysoké teploty mají negativní dopady nejen na atmosférické procesy, ale také na pocity člověka v prostředí a na fyziologické procesy u rostlin, včetně fotosyntézy. Škody na porostech působí ojediněle mrazy v zimním období, např. v roce 2003. Přes oteplování jsou velmi často poškozovány rostliny jarními mrazy. Dokládají to škody v roce 2011, na části území v roce 2012, na převážné části území v roce 2015. Paradoxně zde dochází k negativnímu průniku oteplování a vpádům studeného vzduchu v druhé polovině dubna až první polovině května.

Pro přezimování organismů má velký význam pokles výskytu sněhové pokrývky. Je totiž rozdíl, zda při stejném množství srážek jsou tyto ve formě sněhu, nebo deště. Významný klesající trend v zimním půlroce má počet dnů se sněhovou pokrývkou nad určitý limit. Počet dnů se sněhovou pokrývkou nad 5 cm statisticky významně klesá v nadmořských výškách nad 300 m o 3–4 dny za 10 let v zimním půlroce. Počet dnů, kdy nasněžilo více než 1 cm, je o 14–18 % nižší u nadmořských výšek do 600 m. Hlavní změna byla v nížinách do 300 m. U vyšších nadmořských výšek (nad 600 m) je změna jen kolem 9 %. Sníh má v krajině několik důležitých funkcí. Díky vysokému albedu snižuje teplotu vzduchu. Svými izolačními vlastnostmi chrání porosty před silnými mrazy, hlavně při vpádech arktického vzduchu. Při absenci sněhu jsou to naopak výskyty holomrazů. Tím, že sníh taje na povrchu půdy, dochází takřka ke vsakování veškeré vody do půdy.

## Změny klimatu

Podle údajů v pracovních verzích 5. zprávy IPCC, ale i výsledků výzkumu v ČR, se predikované změny klimatu již promítají do pozorovaných změn podnebí. Z klimatologických analýz pro naše území můžeme vynést tyto závěry:

### A) Teplota vzduchu

1. V posledních dvou desetiletích se zvyšuje počet teplotně nadprůměrných roků, v desetiletí 2001 až 2010 je to sedm až osm let.
2. Dynamika teplot vzduchu se v posledních letech zvyšuje, např. rok 2003, který měl v únoru mimořádný výskyt holomrazů, byl jako celek velmi až mimořádně teplý.
3. Průběh průměrné roční teploty vzduchu má vzestupný trend se zvyšováním ve dvou posledních desetiletích.
4. Nárůst teploty vzduchu je odlišný pro jednotlivé roční doby, nevíce se teplota zvyšuje v létě (0,4 °C/10 let), naopak pro podzim je vzestup malý (méně než 0,1 °C/10 let). Roční nárůst teploty vzduchu představuje necelé 0,3 °C/10 let.
5. Podle publikovaných výsledků průměrné roční územní teploty podléhaly v posledním padesátiletí výrazným meziročním změnám, nicméně vykazují rostoucí trendy.
6. V posledních dvou desetiletích se průměrná roční teplota oproti standardnímu období (1961–1990) zvýšila o 0,8 °C, větší změny byly zaznamenány v letních měsících, menší na podzim. V letních měsících se teplota zvyšuje nepatrně rychleji na území Moravy, v zimě a na jaře na území Čech, nicméně rozdíly jsou minimální.
7. Zvyšováním teploty vzduchu dochází k výskytu vyšších teplotních extrémů, roste počet letních dnů, ale i dnů tropických. Přes snižování počtu dnů mrazových a ledových, nelze vyloučit výskyty dnů arktických a tím vysoké škody na porostech.
8. Přes vyšší vliv oceanity v Čechách nejsou podle dostupných výsledků významnější rozdíly v dynamice teplot vzduchu mezi Čechami a Moravou.

## B) Srážky

1. Průměrné roční srážkové úhrny vykazují velmi výraznou meziroční proměnlivost.
2. V posledních dvou desetiletích se průměrný roční srážkový úhrn oproti standardnímu období (1961–1990) zvýšil přibližně o 5 %.
3. Hlavní rysy ročního chodu srážek zůstávají zachovány (maximum v létě, minimum v zimě), dochází však k redistribuci měsíčních srážkových úhrnů během roku (pokles od dubna do června, nárůst od července do září), rozdíly mezi Čechami a Moravou nejsou výrazné.
4. Vegetační období má výraznější změny výskytu srážek. Území Moravy obecně vykazuje větší sklon ke změnám ve prospěch vyšších srážkových úhrnů než území Čech.
5. Počet dní se sněhovou pokrývkou 1 cm a více je meziročně značně proměnlivý jak v nižších, tak i ve vyšších polohách, nicméně v posledním padesátiletí jejich počet, zejména v souvislosti s nárůstem průměrné teploty, klesá.
6. Časová variabilita průměrných denních srážkových úhrnů vykazuje ještě výraznější roční chod než variabilita průměrných denních teplot (vyšší v létě, nižší v zimě), obecně je vyšší na území Moravy.
7. V posledních dvou desetiletích se časová variabilita průměrných denních srážkových úhrnů v teplé polovině roku zvyšuje, v chladné polovině roku snižuje, režim změn je výrazně zřetelnější na území Čech, zatímco na území Moravy jsou změny vyrovnanější.
8. Prostorová proměnlivost časové variability srážek je v porovnání s teplotou výrazně vyšší, což je hlavní příčinou statisticky nevýznamných rozdílů ve výskytech průměrných počtů dnů s nadlimitními denními srážkovými úhrny na jednotlivých stanicích, významnější rozdíly v prostorové proměnlivosti mezi územím Čech a Moravy nelze vysledovat.

## C) Vláhové poměry

1. S rostoucí teplotou vzduchu se zvyšuje potenciální evapotranspirace.
2. V souvislosti s rostoucí variabilitou srážek se vyskytují delší bezesrážková období.
3. V posledním desetiletí roste počet období s výskytem sucha.
4. Trend rostoucí teploty vzduchu avizuje, že výskyty suchých období mohou být četnější.

## Závěr

Typická proměnlivost našeho podnebí v posledních desetiletích ještě narůstá. Potvrzují se výstupy z klimatologických modelů a růst teplot vzduchu a navazujících dalších procesů včetně nárůstu srážkových extrémů je toho dokladem. Zvyšování teploty vzduchu je příčinou zvyšující se evapotranspirace, tedy výdeje vody z naší krajiny. Jinak řečeno, ke stále většímu nedostatku vody v krajině, tedy nárůstu sucha dochází nejen velkým kolísáním srážek, ale také rostoucí teplotou vzduchu a půdy. Podle dosavadních trendů a klimatologických modelů je zde nebezpečí, že by narostl podíl srážek bouřkového typu na úkor srážek s malou intenzitou. Přes víceméně se nemění roční úhrny srážek by se tak zvýšil výskyt přívalových dešťů a následně povodní, hlavně lokálního typu. Narostl by počet bezesrážkových období a tím by se zvýšil výskyt sucha. Ovšem přívalové deště by právě na suché půdě zvyšovaly výskyt eroze.

Nárůst teploty vzduchu je také jednou z příčin poklesu výskytu sněhové pokrývky. Přitom nejde jen o dopad na průběh meteorologických prvků, ale i na přezimování organismů. Musíme vycházet z toho, že se budou dále vyskytovat škodlivé vegetační mrazy.

Počasi neovlivníme, ovšem s ohledem na hrozící nedostatek vody v naší krajině se musíme velmi rychle začít zabývat vhodnými metodami hospodaření, abychom zvýšili retenční schopnost krajiny. Dopady možné změny klimatu již v současných projevech varují a měli bychom těmto signálům věnovat velkou pozornost a při hospodaření v naší krajině z nich vycházet.

## Literatura

BRÁZDIL, R., ŠTĚPÁNEK, P. (2000): Hodnocení extremity řad měsíčních úhrnů srážek. Výzkumná zpráva projektu VaV/740/1/00: Výzkum dopadu klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na Českou republiku, Brno, 20 s.

KOLEKTIV AUTORŮ (1958): Atlas podnebí Československé republiky. Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha.

KYSELÝ, J., KAKOS, V., POKORNÁ, L. (2003): Povodně a extrémní srážkové úhrny v ČR a jejich časová proměnlivost. In *Bioklimatologické pracovní dny. Funkcia energetickej a vodnej bilancie*

v bioklimatologických systémech, Račková Dolina, 2.-4.9.2003. Ed. Šiška, B., Igaz, D., Mucha, M. SPU v Nitre, Nitra, s. 6.

ROŽNOVSKÝ J., KOHUT M. (2004): Drought 2003 and Potential Moisture Balance. - Contributions to Geophysics and Geodesy 34: 195-208.

ROŽNOVSKÝ, J. Klimatologie. Brno, MZLU 1999, 146 s.

SMITH I. M. (1993): CO<sub>2</sub> and climatic change: An overview of the science. Energy Conversion and Management 34, 739-735.

STŘEŠTÍK J., ROŽNOVSKÝ J., ŠTĚPÁNEK P., ZAHRADNÍČEK P. (2014): Změna ročních a sezonních srážkových úhrnů v České republice v letech 1961-2012. In: Extrémy oběhu vody v krajině (CD-ROM), Mikulov.

STŘEŠTÍK, J., J. ROŽNOVSKÝ, P. ŠTĚPÁNEK a P. ZAHRADNÍČEK. Increase of annual and seasonal air temperatures in the Czech Republic during 1961-2010. In: ROŽNOVSKÝ, J. a T. LITSCHMANN eds. Mendel and Bioclimatology. Conference proceedings, Brno, 3rd-5rd Sep. 2014[CD-ROM]. Brno: 2014. ISBN 978-80-210-6983-1.

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).

VOPRAVIL, J. et al. (2010): Půda a její hodnocení v ČR. Díl I. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha, 2. vydání, 147 s. ISBN 978-80-87361-05-4.

ZAHRADNÍČEK, P., J. ROŽNOVSKÝ, P. ŠTĚPÁNEK, A. FARDA a J. BRZEZINA. Winter recreation and snow. In: FIALOVÁ, J. a D. PERNICOVÁ. *Public recreation and landscape protection – with nature hand in hand. Conference proceeding 1st – 3rd May 2016, Křtiny*. Brno: Mendel University, 2016, s. 302-308. ISBN 978-80-7509-408-7.

### **Poděkování**

Příspěvek vychází z řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum finančně podporovaného Ministerstvem zemědělství, registrační číslo QK1720285 „Metody korekce vláhových potřeb plodin zohledňující scénáře změn klimatu území ČR pro optimalizaci managementu závlah“.

Kontaktní adresa:

RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.

Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 67 Brno, [roznovsky@chmi.cz](mailto:roznovsky@chmi.cz)