

Název mapy:

Klimaticky podmíněný posun výrobních oblastí na území ČR do roku 2050

**Žalud Zdeněk^{1,2} Možný Martin³ Zahradníček Pavel^{1,3} Štěpánek Petr^{1,3} Balek Jan^{1,2}
Semerádová Daniela^{1,2} Kudláčková Lucie^{1,2} Bláhová Monika^{1,2}, Hlavinka Petr^{1,2} Prášil
Ilja⁴ Milan Fischer^{1,2} Růžek Pavel⁴ Klem Karel^{1,2} Svobodová Eva¹ Trnka Miroslav^{1,2}**

¹Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Brno

²Mendelova univerzita v Brně

³Český hydrometeorologický ústav, Praha-Komořany

⁴Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Praha

Popis novosti mapy:

Mapa si klade za hlavní cíl poukázat na dopady rychlé změny klimatu na krajinu z pohledu typizace výrobních oblastí. Dílčím cílem je vyhodnocení teplotních sum a vodní bilance, dále poukázání na proměnu krajiny, podmínek hospodaření a potenciální produktivitu stávajících výrobních oblastí. Současně je cílem upozornit na nutnost rekvalifikace území pro stávající výrobní oblasti a zavedení nových výrobních oblastí s potenciálem adaptace naší krajiny na dopady klimatické změny (sucho, vlny veder apod.). Takto zpracovaná mapa nebyla doposud pro území ČR předložena.

Úvod

Vymezení klimatických výrobních oblastí jsou jedním z datových zdrojů, které jsou v rámci Evropské unie využity pro posouzení dopadů klimatické změny, ale i znečištění dusičnany nebo poklesu biologické rozmanitosti (např. Mooney a kol. 2009, Metzger a kol. 2010, Pereira a kol. 2010). Jak uvádí přehled Altera (2011), klima je v globálním měřítku a kontinentálním kontextu hlavní determinant ekosystému. Environmentální a klimaticky podobné oblasti v různých částech světa lze interpretovat tak, že mají podobný potenciál pro podporu ekosystémů a zemědělské produkce (např. Metzger et al. 2005). V případě pěstování plodin se jedná o tzv. agroklimatické zónování, které umožňuje stanovit agronomicky možnou horní hranici pro produkci jednotlivých plodin za daných agroklimatických, půdních a terénních podmínek pro konkrétní stav zemědělství (Fischer et al. 2012).

Jeden z prvních pokusů o klasifikaci toho, co by být nazýván "bioklimatické" podmínky vyvinuli staří Řekové (Sanderson 1999), ale rostoucí pozornost rajonizace získala od konce 19. a první poloviny 20. století, kdy se vědci snažili vysvětlit především rozmanitost vegetace, ale

i půd (např. Köppen 1900). Klasifikační schéma, původně vyvinuté Wladimírem Köppenem, se používá nejčastěji a je založeno na dlouhodobých průměrech měsíčních hodnot teplot a srážek. Zatímco systém od Thornthwaita (Thornthwaite 1948) zahrnuje spolu s informacemi o teplotě a srážkách i údaje o výparu (evapotranspiraci).

Informace o rozsahu využití mapy

Pozice dané oblasti v konkrétní klimatické oblasti je klíčový ukazatel při určování oficiální daňové sazby země pro zemědělce, charakterizující potenciál produktivity zemědělské půdy a určení hodnoty tohoto pozemku (např. Novotný a kol. 2013). Tradiční základní předpoklad agroklimatické rajonizace, tedy že agroklimatické podmínky zůstávají dlouhodobě stabilní, byl narušen probíhající změnou klimatu (např. Zahradníček a spol. 2020, Žalud et al., 2020). Pokud se dopady změny klimatu neberou v daných oblastech v úvahu a lpí se na tradičním pojetí mohou adaptační opatření na měnící se klima mít nedostatečný efekt nebo dokonce vést k maladaptaci (více škody než užitku). Správná a na změnu klimatu reagující agroklimatická rajonizace může být velmi prospěšná pro plánování a analýzu rizik dlouhodobé zemědělské produkce, stejně jako k doporučení krátkodobých až střednědobých možností adaptace, jako je např. šlechtění a výběr vhodných kultivarů (např. Státní zemědělský dozorový a zkušební ústav 2019) nebo investice do možností zemědělského hospodaření s vodou (např. investice do zavlažovacích systémů). Mapu mohou využívat pracovníci oddělení ministerstva zemědělství, ale i životního prostředí, stejně jako Státní pozemkový úřad, Ústav zemědělských a ekonomických informací, Výzkumný ústav rostlinné výroby apod.

a) Využití pro aktuální klasifikaci výrobních oblastí na území ČR

Na území České republiky (ČR) bylo v minulosti využíváno několik typů agrometeorologických rajonizací. Jeden z prvních pokusů zavedl Kořistka (1860) v severní části Rakouského císařství (včetně současné ČR). I když Kořistkova zonace vycházela z různých agroklimatických ukazatelů (např. vegetační období, dostupnost vody), byla to rajonizace subjektivní a přísně dodržovala administrativní hranice. Ve 20. letech 20. století byla nahrazena dalšími obecnými schémata zón, která pokrývaly řadu plodin a sledovaly spíše přírodní než administrativní hranice. Zpřesněné zařazení katastrálních území do výrobních typů a podtypů sloužilo od 60. let pro účely stanovení zemědělské daně. Na počátku 70. let 20. století vznikl nový koncept založený na hydrotermálních charakteristikách (Kurpelová et al. 1975), který byl později upraven Petrem (1991). Tato klasifikace rozdělila území tehdejší ČSSR do deseti agroklimatických zón, které se vyznačovaly podobnými agroklimatickými podmínkami

pro produkci polních plodin. S využitím agroklimatických zón byly v zásadě empirickými postupy definovány tzv. výrobní oblasti a pojmenovány podle typických (dominantních) plodin. Agroklimatická klasifikace pozemku se pak mj. projevila i v daňové politice státu, přičemž podobný přístup byl aplikován i v sousedním Rakousku (Harlfinger a Knees, 1999) a Slovensku, kde agroklimatickou rajonizaci s cílem provázat klimatické podklady se zemědělskými výrobními oblastmi navrhli Šiška a Špánik, (2008). Dělení území do výrobních oblastí je pravděpodobně nejrozšířenějším agroklimatickým produktem používaným v zemědělské praxi a díky tomu i velmi vhodným nástrojem pro přiblížení možných dopadů klimatické změny odborné veřejnosti. Za tímto účelem byl řešitelským kolektivem (Trnka a kol., 2009) vytvořen nový algoritmus pro objektivní definování výrobních oblastí na základě klimatických parametrů (teplotních poměrů a vodní bilance), který co nejvíce respektuje původní metodiky, avšak odstraňuje subjektivní vliv zpracovatele na výsledek nepřipuštěním zásahu/ů ex-post. Mimo jiné vyvstala tak nutnost např. sloučit obilnářskou a bramborářskou výrobní oblast, neboť tyto dvě oblasti se od sebe klimaticky významněji neliší. V současnosti je u nás stále v platnosti klasifikace publikovaná Němcem (2001) ze které je v Tab. 1 popsáno klimatické vymezení, pěstované hlavní zemědělské plodiny a potenciální produktivita.

Tab. 1 Čtyři agroklimatické zóny definovány Němcem (2001), určené na základně klimatických parametrů a pojmenované podle nejtypičtější plodiny pěstované v odpovídajícím regionu

Charakteristika	Kukuřičná oblast (K)	Řepařská oblast (Ř)	Obilnářsko-bramborářská oblast (O)	Pícninářská oblast (P)
Nadmořská výška (m)	<250	250–350	300–650	>600
Průměrná roční teplota (°C)	9–10	8–9	5–8,5	5–6
Průměrné roční srážky (mm)	500–600	500–650	550–900	>700
TS 10 (°C)	2800–3100	2550–2950	2100–2700	<2150
KVi-Viii (mm)	-180 do -100	-140 do -100	-90 do 120	>-30
Hlavní zemědělské plodiny	kukuřice na zrno, cukrovka, teplomilné ovoce, vinná réva, teplomilné zeleniny, kvalitní pekařská pšenice, sladovnický ječmen	cukrovka, kvalitní pšenice, sladovnický ječmen, kořenová zelenina, v některých oblastech chmel, rané brambory	obilniny, technické plodiny, řepka, pěstování brambor a cukrovky není příliš výhodné konzumní, průmyslové a sadbové brambory, krmné obilniny, řepka, len	částečně sadbové brambory, len, převážně louky a pastviny
Potenciální produktivita	>82	>84	>56	>34

K_{Vi-Viii} (mm) – index zavlažení = vodní deficit během měsíců červen-srpen

Metodika

Pro vytvoření mapy bylo využito celkem 268 klimatologických a 787 srážkoměrných stanic sítě ČHMÚ s pozorovanými denními údaji o počasí od roku 1961 do roku 2020, které prošly kontrolou kvality dat a byly homogenizovány pomocí softwaru ProClimDB (Štěpánek a kol., 2013). Výjimečně chybějící denní údaje o počasí u některých stanic, byly poté interpolovány pomocí lokálně vážené regrese, která zahrnovala i vliv nadmořské výšky. Denní údaje o počasí pak byly interpolovány pomocí regresního krigování (pomocí různých terénních charakteristik jako prediktorů) do mapy v prostorovém rozlišení 500 m. Toto upravené schéma zohledňuje

několik agroklimatických ukazatelů: součet průměrných denních teplot nad 10 °C v období bez mrazu roku (TS10, viz Mapa 1). Index zavlažení = deficit půdní vody v průběhu roku měsíce červenec–srpen (JJA, viz Mapa. 2). Zatímco TS10 je poměrně dobrým indikátorem trvání vegetačního období, JJA poskytuje integrovaný přehled srážek a potenciální evapotranspirace během letních měsíců, kdy mají rostliny nejvyšší poptávku na vodu. Výpočet potenciální evapotranspirace byl proveden primárně na základě denního časového kroku na Penman-Monteithově metodě (Allen a kol. 2005) pomocí modelu SoilClim (Hlavinka a kol. 2011). Na základě denních vstupů byly zjištěny hodnoty TS10 a JJA pro každý rok v hodnoceném období. V dalším kroku střední hodnoty oba indexy byly vypočteny na území ČR pro grid 0,5 km a poté interpolována pomocí lokálně váženého regrese, která zahrnovala i vliv nadmořské výšky. Prahové hodnoty používané k určení klasifikovaných typů produkčního regionu daného katastrálního území do konkrétního agroklimatického pásma vycházelo z dříve používaných hodnot, které sestavil např. Němec (2001, viz Tab. 1). I proto musely být pro nové klimatické podmínky doplněny dvě zcela nové výrobní oblasti „vinohradnická“ a „mimořádně teplá a mimořádně suchá“ (MTMS viz Tab. 2).

Tab. 2 Parametry TS10 a Kvi-viii pro všechny výrobní oblasti (VO) včetně vinohradnické a mimořádně teplé a mimořádně suché (MTMS).

VO	TS10 (° C)	Kvi-viii (mm)
MTMS	> 3200	< -20
Vinohradnická	2950–3250	-210 to -140
Kukuřičná	2800–3100	-180 to -100
Řepařská	2550–2950	-140 to -40
Obilnářsko-bramborářská	2100–2700	-90 to 120
Pícninářská	<2150	> -30

b) Využití pro klimatický vývoj výrobních oblastí do roku 2050

Pro simulaci budoucího rozložení výrobních oblastí v podmínkách měnícího se klimatu byl využit vědci preferovaný emisní scénář RCP4.5 a na něj naparametrizovaných šest současných globálních klimatických modelů a současně jejich průměr.

Reprezentativní směry vývoje koncentrací – anglicky Representative Concentration Pathways (RCPs) – jsou trajektorie koncentrací skleníkových plynů. Tyto cesty popisují různé klimatické budoucnosti, přičemž všechny jsou považovány za možné v závislosti na objemu

emisí skleníkových plynů (GHG) v následujících letech. Reprezentativní směry vývoje koncentrací – označené RCP2.6, RCP4.5, RCP6 a RCP8.5 – jsou označeny podle možného rozsahu hodnot radiačního působení v roce 2100 (2,6; 4,5; 6; resp. 8,5 W/m²) v porovnání s rokem 1750 (IPCC, 2014). Emise skleníkových plynů v RCP4.5 dosahují vrcholu kolem roku 2040, poté klesají. S pravděpodobností tento scénář povede ke zvýšení globální teploty o 2 až 3 stupně °C do roku 2100. RCP4.5 je scénář, který je vědci nazýván jako realistický.

Emisní scénáře a odhady vývoje koncentrace skleníkových plynů ve formě RCP vstupují do tzv. globálních klimatických modelů (GCM), které jsou vytvářeny ve světových klimatologických centrech disponujících dostatečnou výpočetní technikou pro propojení cirkulací nad pevninou, oceány a kryosférou (věčně zmrzlou půdou). Tyto modely jsou schopné pro jednotlivá místa (gridy) vytvářet scénáře klimatického vývoje a vytvářet pravděpodobné trendy vývoje meteorologických prvků na úrovni gridů v řádu zeměpisných stupňů. Vždy je pro vědecké účely vhodné využít více scénářů než jeden. Na základě validace (testů shody GCM klimatu s pozorovaným klimatem) byly pro území ČR vybrány

- 1) Klimatický model CMCC-ESM2 je produktem Italského CMCC (Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici) centra Detaily v práci Cherchi a kol., 2019.
- 2) Model EC-Earth3 je global climate model postavený na datech ECMWF (European Centre of Medium Range Weather Forecast) vyvinutý evropským EC-Earth konsorciem. consortium with SMHI as coordinating partner. Detaily v práci Döscher a kol., 2022
- 3) Model GFDL-ESM4 je produktem Geophysical Fluid dynamics Laboratory NOAA (U.S. Department of Commerce National Oceanic & Atmospheric Administration Office of Oceanic & Atmospheric Research) . Detaily v Krasting a kol., 2018.
- 4) Model MPI připravil Max Planck Institute for Meteorology, Německo. Detaily jsou v práci Gutjaht a kol., 2019.
- 5) Model MRI-ESM2-0 byl vytvořen MRI/JMA (Meteorological Research Institute of the Japan Meteorological Agency). Základní dokumentace je opublikována v práci Yukimoto a kol., 2019.
- 6) Model TaiESM1 (Taiwan Earth System Model verse 1) je produktem RCEC (Research Center for Environmental Changes), Academia Sinica, Taiwan. Model je podrobně popsán v práci Wang a kol., 2021.

Tab. 3 Ve srovnání s referenčním obdobím 1961–1990 pro ČR jsou uvedena data průměrné měsíční teploty (°C) a změny měsíčních úhrnů srážek (%) pro použité scénáře a RCP4.5

	Změna průměrné teploty [°C]					
	CMCC-ESM2	EC-EARTH3	GFDL-ESM4	MPI-ESM1-2-HR	MRI-ESM2-0	TAIESM1
Leden	3	3,8	2,9	2,3	2,1	3
Únor	2,6	3,4	2,9	1,9	1,6	2,5
Březen	2,6	3,5	3,3	2,3	2	2,6
Duben	2,7	3,5	3,3	2,4	2,6	2,9
Květen	3	0,5	2,9	2,5	2,9	3,3
Červen	3,2	3,4	2,4	2,5	2,8	3,3
Červenec	4,1	4,2	2,9	3,3	3,4	4,2
Srpen	3,9	4,2	2,7	3,1	3,2	4,3
Září	2,8	3,1	1,6	1,7	2,2	3,2
Říjen	2,3	2,9	1,5	1,5	2	2,8
Listopad	2,1	2,8	1,4	1,7	2	2,3
Prosinec	2,1	3	1,6	1,8	2	2,3
Rok	2,9	3,4	2,4	2,3	2,4	3

	Změna sumy srážek [%]					
	CMCC-ESM2	EC-EARTH3	GFDL-ESM4	MPI-ESM1-2-HR	MRI-ESM2-0	TAIESM1
Leden	16	20	11	16	5	10
Únor	23	25	8	16	7	16
Březen	50	43	26	39	27	42
Duben	5	-2	-6	3	-6	5
Květen	-2	-8	2	1	-2	10
Červen	-10	-16	3	-7	-2	-1
Červenec	8	-3	26	-7	25	11
Srpen	2	-7	16	5	15	-5
Září	13	6	30	26	18	4
Říjen	5	7	24	22	-5	-2
Listopad	1	6	15	13	-11	-6
Prosinec	11	19	16	17	1	5
Rok	7	3	14	11	6	6

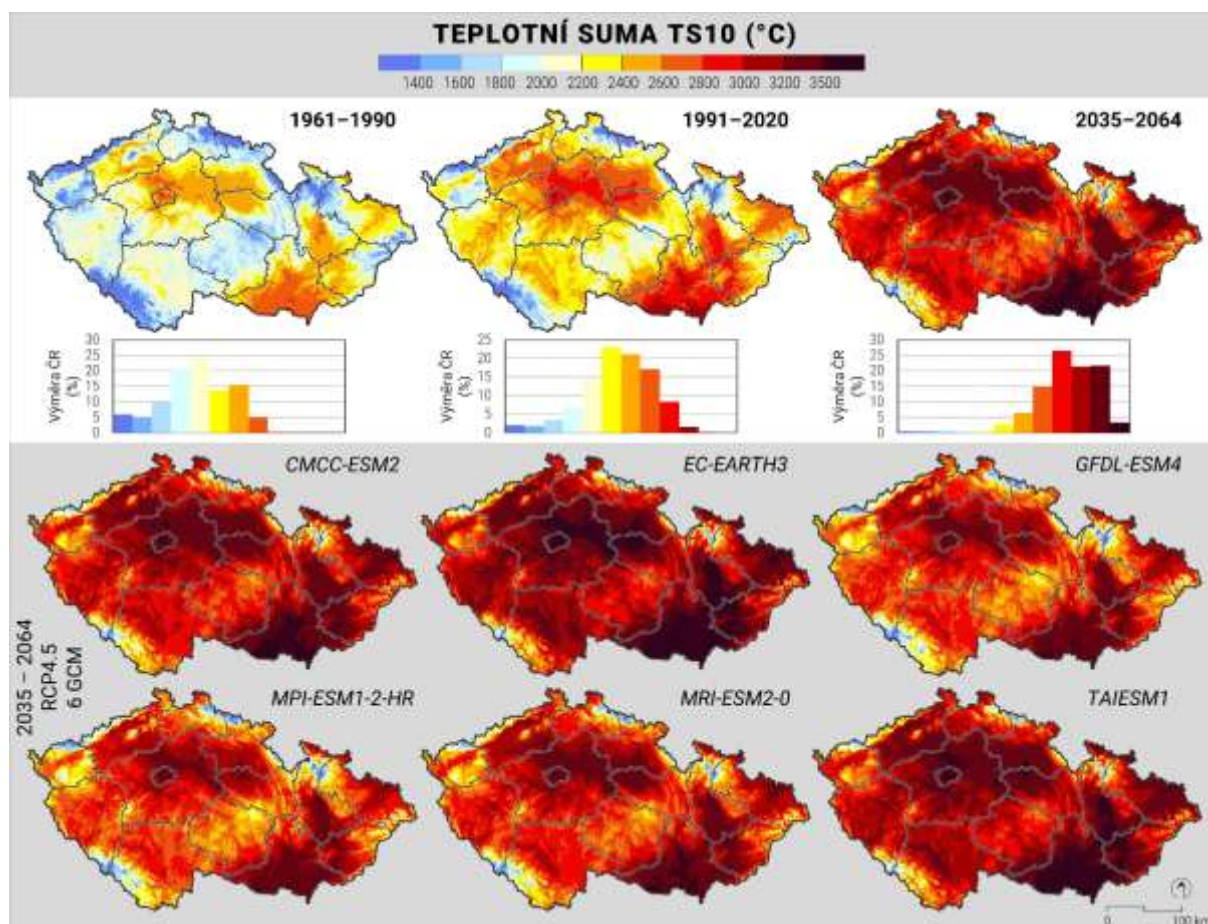
Tab. 4 Ve srovnání s 1991–2020 pro ČR jsou uvedena data průměrné měsíční teploty (°C) a změny měsíčních úhrnů srážek (%) pro použité scénáře a RCP4.5.

	Změna průměrné teploty [°C]					
	CMCC-ESM2	EC-EARTH3	GFDL-ESM4	MPI-ESM1-2-HR	MRI-ESM2-0	TAIESM1
Leden	1,5	2,3	1,4	0,9	6,6	1,5
Únor	1,7	2,5	2	1	0,7	1,6
Březen	1,8	2,7	2,4	1,4	1,1	1,8
Duben	1,3	2,1	1,9	1	1,2	1,5
Květen	2	2,5	1,9	1,6	2	2,2
Červen	1,8	2,1	1,1	1,1	1,5	1,9
Červenec	2,4	2,6	1,3	1,7	1,8	2,6
Srpen	2,2	2,5	0,9	1,4	1,6	2,6
Září	2,4	2,7	1,2	1,3	1,8	2,9
Říjen	2,1	2,6	1,1	1,2	1,7	2,5
Listopad	1,1	1,9	0,4	0,7	1	1,4
Prosinec	1,3	2,2	0,8	1	1,2	1,6
Rok	1,8	2,4	1,4	1,2	1,4	2

	Změna sumy srážek [%]					
	CMCC-ESM2	EC-EARTH3	GFDL-ESM4	MPI-ESM1-2-HR	MRI-ESM2-0	TAIESM1
Leden	9	12	4	9	-2	3
Únor	25	27	11	19	10	18
Březen	28	23	8	19	9	21
Duben	26	18	13	24	13	26
Květen	2	-4	6	5	1	14
Červen	-8	-15	5	-6	0	1
Červenec	-5	-15	11	-6	10	-3
Srpen	3	-7	17	6	16	-4
Září	-2	-8	13	10	2	-10
Říjen	-10	-9	5	4	-19	-17
Listopad	10	14	25	22	-4	2
Prosinec	14	21	19	20	3	7
Rok	5	1	11	8	4	3

Informace o přínosech mapy pro uživatele

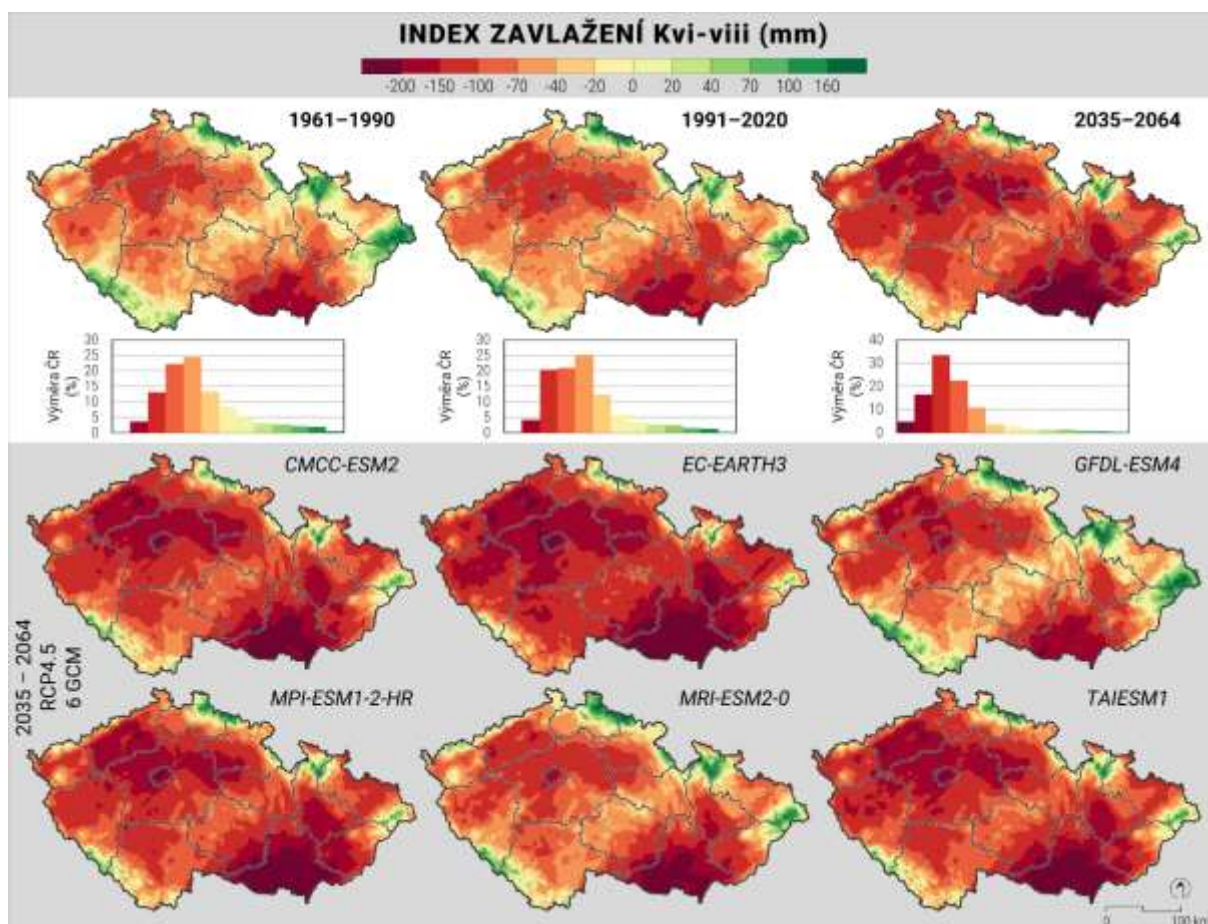
Aby byl zachycen vývoj klíčových meteorologických parametrů (TS10 a Kvi-viii) ale i změny v rozloze klimatických oblastí jsou mapy rozděleny do časových úseků průměrující hodnoty z období 1961–1990, 1991–2020 a 2035–2064. Mapa 1 ukazuje, jak se (z)mění hodnoty teplotní sumy 10 °C (TS10), která mj. rozhodují o délce vegetačního období, rychlosti dělení buněk a délce trvání fenologických fází.



Mapa 1 Změny hodnot TS10 (°C) pro území ČR. Mapa v pravém horním rohu představuje průměr šesti scénářů změny klimatu pro období 2035–2064, jednotlivé scénáře jsou individuálně zobrazeny ve druhém a třetím řádku pro stejné časové období.

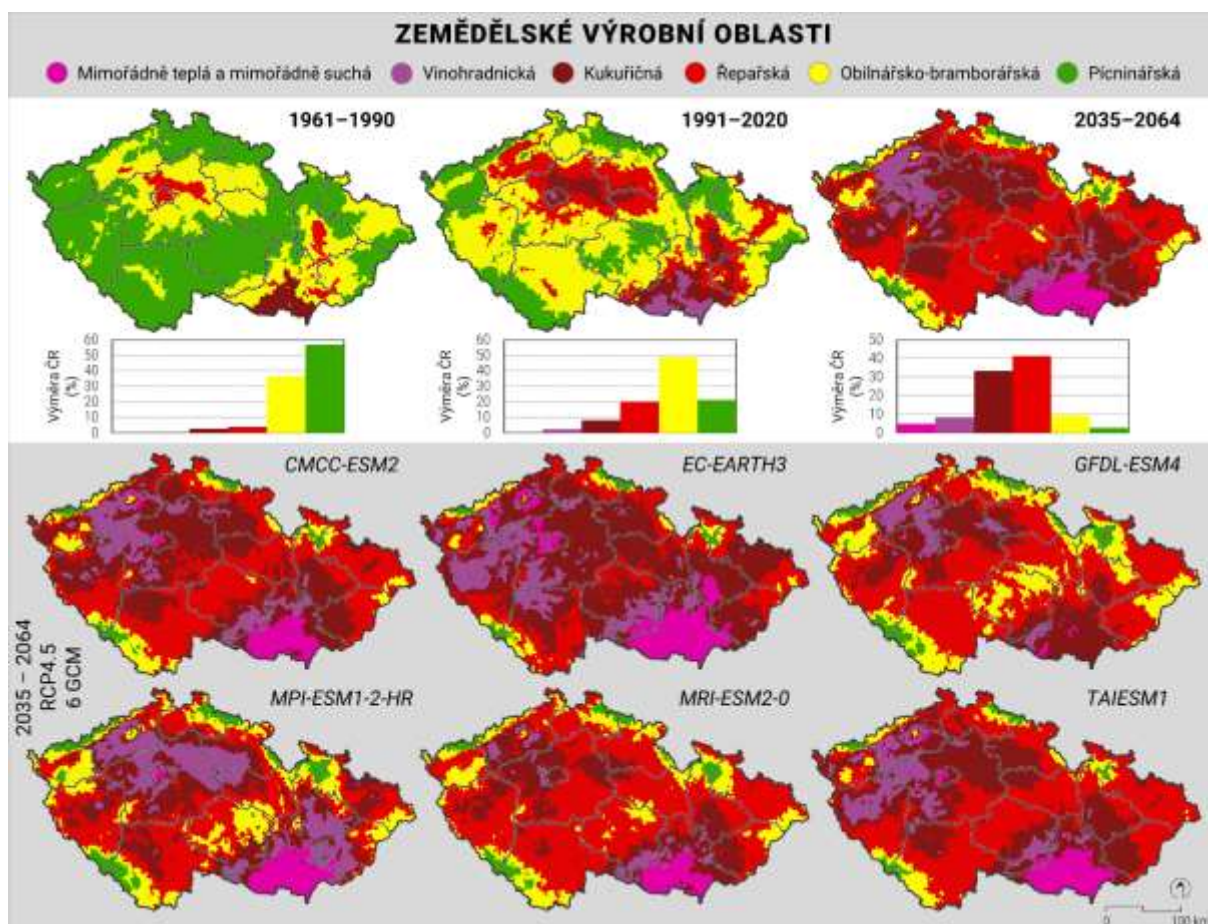
Zatímco v období 1961–1990 nejvyšší procento území připadalo do TS10 v rozmezí 2000–2200 °C (následováno 1800–2000 °C), již pro nedávno uplynulé normálové období 1991–2020 se přes 20 % území nacházelo v rozsahu 2200–2400 °C, ale i 2400–2600 °C. Na rozdíl od předchozího období, kdy se jižní území dostaly maximálně do rozpětí 2600–2800 °C, tak v 1991–2020 se jižní Morava přesunula i do rozsahu 3000–3200 °C. Při zahrnutí scénářů změny klimatu pro období 2035–2064 se však dostáváme do zcela jiné teplotní situace a hodnoty 2200–2400 budou dosahovány v nejchladnějších (podhorských a horských) oblastech a téměř polovina území ČR bude v režimu TS10 přes 2800 °C.

Druhý parametr (nazývaný index zavlažení) využívaný pro rajonizaci je zaměřený na vodu v období Kvi–Viii a jedná se o kombinovanou charakteristiku sledující vodní deficit v letním období. Její změna je funkcí teploty, intenzivnějšího výparu, ale i množství a rozložení srážek.



Mapa 2 Změny hodnot Indexu zavlažení Kvi-Viii (mm) pro území ČR. Mapa v pravém horním rohu představuje průměr šesti scénářů změny klimatu pro období 2035–2064, jednotlivé scénáře jsou individuálně zobrazeny ve druhém a třetím řádku pro stejné časové období.

Při porovnání období 1961–1990 a 1991–2020 je největší rozdíl vidět v rozšíření oblastí s hodnotami indexu -100 až -150 mm tedy v rozšíření této oblasti v nižších nadmořských výškách, zatímco území s hodnotami -40 až +100 zůstávají pro obě časová období shodná. Jejich pokles je však poměrně razantní pro období 2035–2064, kdy index zavlažení Kvi-Viii naznačuje dramatický nárůst vláhového deficitu s hodnotami -100 a více pro téměř polovinu území ČR.

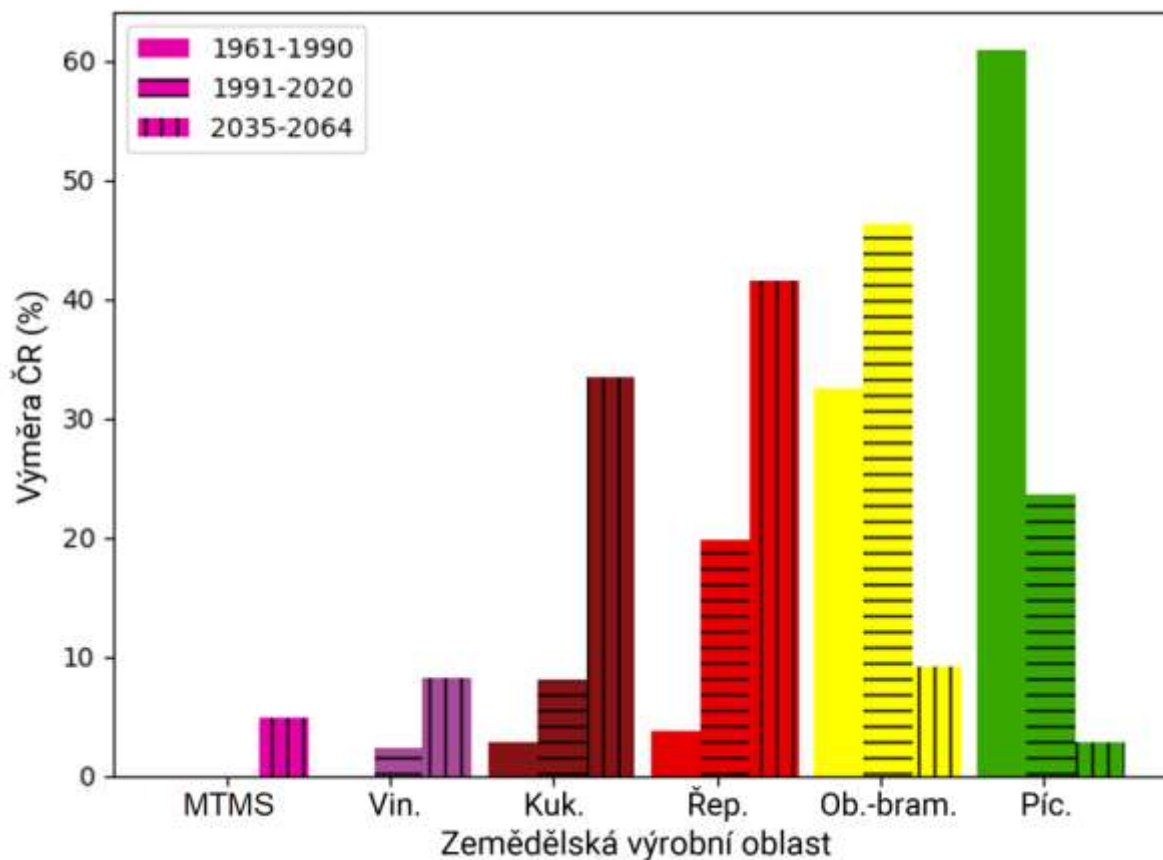


Mapa 3 Prostorová změna výrobních oblastí pro rozmezí let 1961–1990 a 1991–2020 a dále výhled do budoucnosti kolem roku 2050 (období 2035–2064). Mapa v pravém horním rohu představuje průměr šesti scénářů změny klimatu, jednotlivé scénáře jsou individuálně zobrazeny ve druhém a třetím řádku. Pozn. Mapa 3 je klíčová mapa celé studie.

Integrace obou klíčových parametrů pro klimatické vymezení výrobních oblastí TS10 a Kvi-viii (Mapa 3) ukazuje jejich poměrně razantní posun a změnu na území ČR za posledních 60 let. Zatímco TS10 téměř roste 100 °C za dekádu, poklesl Kvi-viii přibližně o 8 mm za 10 let.

Změny jsou tak značné, že jak bylo zdůvodněno v metodice, bylo přistoupeno k vytvoření dalších dvou VO, které byly označeny jako vinohradnická a mimořádně teplá a mimořádně suchá (MTMS). Jak ukazuje Mapa 3 a Graf 1, vinohradnická oblast má minimální zastoupení v již nedávno skončeném normálovém období 1991–2020 a pro 2034–2065 se stává dominantní na jihovýchodě, ale i ve středních Čechách a dosáhne téměř 8 % orné půdy ČR. Oblast MSMT pro tento časový úsek obsadí 5 % plochy našeho státu, což však bude více než nejchladnější pícninářská oblast. Z pohledu procentního podílu se významně v budoucnu zvýší

plochy kukuřičné a řepařské oblasti, zatímco u obilnářsko-bramborářské po nárůstu pro 1991–2020 následuje poměrně dramatický pokles.



Graf 1 Procentuální zastoupení klimatických výrobních oblastí na území ČR pro období 1961–1990, 1991–2020 a 2035–2064.

V Grafu 1 je především zřejmý dopad vyšších teplot a akumulace teplotních sum, kdy pro očekávané klima kolem 2050 klesají plochy obilnářsko-bramborářské oblasti až na úroveň 10 % a pícinářské oblasti až na 4 %. Tato oblast zaznamenala pokles již v období 1991–2020, zatímco výměra obilnářsko-bramborářské VO se v daném časovém horizontu zvyšovala. U teplejších oblastí je zaznamenám konstantní nárůst ploch, což ale nepřinese zásadní vyšší potenciální produktivitu, neboť teplejší oblasti se posunou do míst s horšími půdními podmínkami. Posun výrobních oblastí je v korelaci i s metodikou posunu indexu zavlažení.

Informace o přínosech mapy pro uživatele - Závěr

Mapu lze využít pro argumentaci v oblasti posouzení společné zemědělské politiky, dotačního systému, strategického plánování v zemědělské prvovýrobě, ale i v plánování dlouhodobě

udržitelných pozemkových úprav. I když na první pohled je změna v agroklimatických podmínkách relativně příznivá, neboť zóny se suboptimálními teplotami (pícninářská a obilnářsko-bramborářská) jsou střídány oblastmi s lepším agroklimatem řepařské výrobní oblasti, dochází zároveň k „pronikání“ kukuřičné výrobní oblasti a sušších agroklimatických režimů do klíčových oblastí střední Moravy a Polabí, kde se v současnosti setkáváme téměř s optimální kombinací klimatických a půdních podmínek pro bezzávlahové zemědělství, tj. řepařskou výrobní oblastí na kvalitních půdách. Oblasti, ve kterých dochází k přechodnému zlepšení agroklimatických podmínek, se s ohledem na kvalitu půdy nemohou s oblastí Hané ani Polabí měřit. Nástup teplejších, ale většinou sušších ročníků znamená vyšší riziko výskytu sucha během letních měsíců a problémy s obděláváním půdy na konci léta i v oblastech, kde jsme těmto problémům doposud nemuseli čelit. Pěstování plodin bez využití závlah se postupně bude stávat v oblastech úvalů a podunajské nížiny nerentabilní za předpokladu realizace v současnosti uznávaných scénářů vývoje budoucího klimatu. Vznik oblasti MSMT naznačuje potřebu hledat nové plodiny (např. čirok, proso, bér), které jsou přizpůsobené pro změněné regionální podmínky. Lze však ale očekávat, že oblasti doposud produkčně okrajové (např. Českomoravská vrchovina), budou z této změny do jisté míry profitovat, neboť odpadne řada klimatických limitů pro pěstování zemědělských plodin. Co však musíme vzít v úvahu, je fakt, že naplněním výše uvedených odhadů dojde k posunu agroklimatických podmínek, který nemá minimálně v novodobých dějinách zemědělství na našem území obdoby. Změna nastane nikoli během století, ale spíše dekád a adaptace bude ztížena jak panující nejistotou v odhadech budoucího vývoje, tak důsledky zvýšené koncentrace radiačně aktivních (skleníkových) plynů.

Seznam odborných podkladů, které předcházely vypracování mapy:

- Allen G.A., Walter I.A., Elliot R.L., Howell T.A. (2005): ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. Reston, American Society of Civil Engineers. ISBN: 9780784408056
- Altera (2011): Recommendations for establishing Action Programmes under Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Final report. Part A. Available at: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/057e5f2e-904a-4507-815e-cdf5c616a750/language-en/format-PDF/source-search>
- Döscher, R., Acosta, M., Alessandri, A., Anthoni, P., Arsouze, T., Bergman, T., Bernardello, R., Boussetta, S., Caron, L.-P., Carver, G., Castrillo, M., Catalano, F., Cvijanovic, I., Davini, P., Dekker, E., Doblas-Reyes, F. J., Docquier, D., Echevarria, P., Fladrich, U., Fuentes-Franco, R., Gröger, M., v. Hardenberg, J., Hieronymus, J., Karami, M. P., Keskinen, J.-P., Koenigk, T., Makkonen, R., Massonnet, F., Ménégoz, M., Miller, P. A., Moreno-Chamarro, E., Nieradzik, L., van Noije, T., Nolan, P., O'Donnell, D., Ollinaho, P., van den Oord, G., Ortega, P., Prims, O. T., Ramos, A., Reerink, T., Rousset, C., Ruprich-Robert, Y., Le Sager, P., Schmith, T., Schrödner, R., Serva, F., Sicardi, V., Sloth Madsen, M., Smith, B., Tian, T., Tourigny, E., Uotila, P., Vancoppenolle, M., Wang, S., Wårlind, D., Willén, U., Wyser, K., Yang, S., Yepes-Arbós, X., and Zhang, Q.: The EC-Earth3 Earth system model for the Coupled Model Intercomparison Project 6, *Geosci. Model Dev.*, 15, 2973–3020, <https://doi.org/10.5194/gmd-15-2973-2022>, 2022.

- Fischer G., Nachtergaele F.O., Prieler S., Teixeira E., Toth G., van Velthuisen H., Verelst L. (2012): Global Agro-ecological Zones (GAEZ v3.0) – Model Documentation. Laxenburg and Rome, International Institute for Applied Systems Analysis and Food and Agriculture Organisation.
- Gutjahr, O., Putrasahan, D., Lohmann, K., Jungclaus, J. H., von Storch, J.-S., Brüggemann, N., Haak, H., and Stössel, A.: Max Planck Institute Earth System Model (MPI-ESM1.2) for the High-Resolution Model Intercomparison Project (HighResMIP), *Geosci. Model Dev.*, 12, 3241–3281, <https://doi.org/10.5194/gmd-12-3241-2019>, 2019.
- Harlfinger O., Knees G. (1999): Climate Handbook of the Austrian Soil Assessment. Wien, Communication from the Austrian Soil Science Society. ISBN 3703003413 (In German)
- Hlavinka P., Trnka M., Balek J., Semerádová D., Hayes M., Svoboda M., Eitzinger J., Možný M., Fischer M., Hunt E., Žalud Z. (2011): Development and evaluation of the SoilClim model for water balance and soil climate estimates. *Agricultural Water Management*, 98: 1249–1261.
- Cherchi, A., Fogli, P. G., Lovato, T., Peano, D., Iovino, D., Gualdi, S., Masina, S., Scoccimarro, E., Materia, S., Bellucci, Navarra, A. (2019). Global Mean Climate and Main Patterns of Variability in the CMCC-CM2 Coupled Model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 11(1), 185-209.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Köppen W. (1900): Versuch einer Klassifikation der Klimat, Versuchsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Geographische Zeitschrift*, 6: 593–611. (In German)
- Kořistka K. (1860): Die Markgrafschaft Mähren und das Herzogthum Schlesien in ihren geographischen Verhältnissen. Wien and Olmütz, Eduard Hölzel's Verlags-Expedition.
- Krasting, John P.; John, Jasmin G; Blanton, Chris; McHugh, Colleen; Nikonov, Serguei; Radhakrishnan, Aparna., et al. (2018). NOAA-GFDL GFDL-ESM4 model output prepared for CMIP6 CMIP. Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.1407>
- Kurpelová M., Coufal L., Čulík J. (1975): Agroclimatological Conditions of the Czechoslovakia. Bratislava, Hydrometeorological Institute. (In Slovak)
- Metzger M.J., Bunce R.G.H., Jongman R.H.G., Múcher C.A., Watkins J.W. (2005): A climatic stratification of the environment of Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 14: 549–563.
- Metzger M.J., Bunce R.G.H., Van Eupen M., Mirtl M. (2010): An assessment of long term ecosystem research activities across European socio-ecological gradients. *Journal of Environmental Management*, 91: 1357–1365.
- Mooney H., Larigauderie A., Cesario M., Elmquist T., Hoegh-Guldberg O., Lavorel S., Mace G.M., Palmer M., Scholes R., Yahara T. (2009): Biodiversity, climate change, and ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1: 46–54.
- Němec J. (2001): Assessment and Evaluation of Farm Land in the Czech Republic. Prague, Research Institute of Agriculture Economics. ISBN 808589890X (In Czech)
- Novotný I., Vopravil J., Kohoutová L. (eds.) (2013): Methodology of Mapping and Updating of Soil Ecological Units. 4th Edition. Prague, Research Institute for Soil and Water Conservation. ISBN 978-80-87361-21-4 (In Czech)
- Pereira H.M., Belnap J., Brummitt N., Collen B., Ding H., Gonzalez-Espinosa M., Gregory R.D., Honrado J.O., Jongman R.H., Julliard R., Mcrae L., Proença V.N., Rodrigues P.C., Opige M., Rodriguez J.P., Schmeller D.S., Van Swaay C., Vieira C. (2010): Global biodiversity monitoring. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8: 459–460.
- Petr J. (ed.) (1991): Weather and Yield. Developments in Crop Science 20. Amsterdam and New York, Elsevier. ISBN 044441617X
- Sanderson M. (1999): The classification of climates from Pythagoras to Koeppen. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80: 669–673.
- State Institute for Agriculture Supervision and Testing (2019): Available at: http://eagri.cz/public/web/file/625530/obilniny_2019.pdf (accessed June 20, 2020)
- Šiška, B., Špánik, F., 2008: Agroclimatic regionalization of slovak territory in condition of changing climate. *Meteorologický časopis*, 11(1-2), 61-64.
- Štěpánek P., Zahradníček P., Farda A. (2013): Experiences with data quality control and homogenization of daily records of various meteorological elements in the Czech Republic in the period 1961–2010. *Időjárás*, 117: 123–141.

- Thornthwaite C.W. (1948): An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38: 55–94.
- Trnka M., Eitzinger J., Hlavinka P., Dubrovský M., Semerádová D., Štěpánek P., Thaler S., Žalud Z., Možný M., Formayer H. (2009): Climate-driven changes of production regions in central Europe. *Plant, Soil and Environment*, 55: 257–266.
- Wang, Yi-Chi & Hsu, Huang-Hsiung & Chen, Chao-An & Tseng, Wan-Ling & Hsu, Pei-Chun & Lin, Cheng-Wei & Chen, Yu-Luen & Jiang, Li-Chiang & Lee, Yu-Chi & Liang, Hsin-Chien & Chang, Lex & Lee, Wei-Liang & Shiu, Chein-Jung. (2021). Performance of the Taiwan Earth System Model in Simulating Climate Variability Compared With Observations and CMIP6 Model Simulations. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 13. 10.1029/2020MS002353.
- Yukimoto, S., H. Kawai, T. Koshiro, N. Oshima, K. Yoshida, S. Urakawa, H. Tsujino, M. Deushi, T. Tanaka, M. Hosaka, S. Yabu, H. Yoshimura, E. Shindo, R. Mizuta, A. Obata, Y. Adachi, and M. Ishii, 2019: The Meteorological Research Institute Earth System Model version 2.0, MRI-ESM2.0: Description and basic evaluation of the physical component. *J. Meteor. Soc. Japan*, 97, 931–965, doi:10.2151/jmsj.2019-051.
- Zahradníček P., Brázdil R., Štěpánek P., Trnka M. (2020): Reflection of global warming in trends of temperature characteristics in the Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology*, 41: 1211–1229.
- Žalud, Z., Trnka M., Hlavinka P. Zemědělské sucho v České republice – vývoj, dopady a adaptace. Praha: Agrární komora České republiky, 2020, 115 s., ISBN 978-80-88351-02-3

Dedikace: Mapa je výsledkem řešení výzkumného projektu AGRORISK - Agrometeorologický systém včasné výstrahy biotických a abiotických rizik (NAZV č. QK1910338). Výsledky by nebylo možné dosáhnout bez podpory projektu PERUN - Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (TAČR č. SS02030040) a SustES - Adaptační strategie pro udržitelnost ekosystémových služeb a potravinové bezpečnosti v nepříznivých přírodních podmínkách (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000797).

.Jména oponentů (kteří zpracovali posudky) a názvy jejich organizací.

Oponent posudek orgánu státní správy: Ing. František Pavlík. Ph.D. – SPÚ (Státní pozemkový úřad)

Oponent z oboru: prof. RNDr. Bernard Šiška, Ph.D. – Slovenská bioklimatologická společnost