

# Úprava klíčových aktivitních dat ovlivňující odhady emisí skleníkových plynů z obhospodařování zemědělských půd podle požadavků Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC)

**Adjustment of key activity data affecting greenhouse gas emission estimates from agricultural land management in accordance with the requirements of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**

## Jana Beranová

IFER – Ústav pro výzkum lesních ekosystémů  
Československé armády 655  
254 01 Jilové u Prahy  
✉ jana.beranova@ifercz

## Miroslav Trnka

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.  
Bělídla 986/4a  
603 00 Brno

## Emil Cienciala

IFER – Ústav pro výzkum lesních ekosystémů  
Československé armády 655  
254 01 Jilové u Prahy

## Jan Klír, Jana Wollnerová

Národní centrum zemědělského  
a potravinářského výzkumu v. v. i.  
Drnovská 507/73  
161 00 Praha 6-Ruzyně

## Daniela Semeradová, Jan Balek

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.  
Bělídla 986/4a  
603 00 Brno

## Jitka Slámová

Český hydrometeorologický ústav  
Na Šabatce 2050/17  
143 06 Praha 4-Komořany

**This study presents a methodological refinement of calculating greenhouse gas emissions from agricultural land management in the Czech Republic according to IPCC requirements. The authors utilize the SoilClim model providing input**

**data in a 500 × 500 m grid for finer division of the Czech territory into climate zones according to IPCC. The research analyses the application of nitrogen fertilizers at the district level for the period 2015–2023 instead of national data. Results show significant dynamics of climate zones, where the extent of “dry” areas fluctuated in individual years from 40% to more than 80%. Implementation of the refined model led to a reduction in reported nitrous oxide emissions by an average of more than 9% in the reported period 1990–2023, representing savings of 20 Mt CO<sub>2</sub> equivalent. The model-based use of district-level data on fertilizer application led to an additional reduction of 1.2 Mt CO<sub>2</sub> equivalent for the years 2015–2023. The study demonstrates that methodological refinement and the use of region-specific activity data can significantly influence the national greenhouse gas inventory. It highlights the need for continuous updates of calculation methods and activity data to improve the quality of national reporting and provides essential insights for a more effective emission reduction strategy in the agricultural sector of the Czech Republic.**

**KLÍČOVÁ SLOVA:** evapotranspirace – oxid dusný – inventarizace skleníkových plynů – zonace klimatická – faktory emisní – hnojiva minerální – hnojiva statková

**KEYWORDS:** evapotranspiration – nitrous oxide – greenhouse gas inventory – climate zoning – emission factors – chemical fertilizers – animal manure

## 1. Úvod do problematiky

Česká republika je jednou ze stran Rámcové Úmluvy OSN o změně klimatu (UNFCCC) a má povinnost připravovat a pra-

videlně aktualizovat národní inventarizace vykazování emisí a propadů skleníkových plynů. Kromě toho z členství v Evropské unii plynou pro Českou republiku další požadavky, např. plnění povinností specifikovaných v Nařízení EU č. 2018/1999 a jeho prováděcích nařízeních (konkrétně Prováděcí nařízení č. 2020/1208). Česká republika každoročně odevzdává národní inventarizační zprávu, která prezentuje úroveň emisí skleníkových plynů pro časovou řadu 1990 až po poslední zpracovaný rok s dvouletým odstupem vzhledem k roku submise<sup>1</sup>, s důrazem na poslední vykazovaný rok.

Inventarizace emisí a propadů skleníkových plynů se připravuje v souladu s metodickými pokyny Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC 2006; 2019). Konkrétní využití této metodiky a využití národně specifických postupů je popsáno v jednotlivých kapitolách národního inventarizačního dokumentu, dále v textu též NID (např. CHMI 2024). Národním inventarizačním dokumentem je každoročně předkládaná národní zpráva připravená podle požadavků metodického pokynu Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu, která je zpracována pro sektory: Energetika (včetně dopravy), Průmyslové procesy, Zemědělství, Využívání krajiny, změny ve využívání krajiny a lesnictví (LULUCF), Odpadové hospodářství. Spolu s ostatními národními zprávami, datovými soubory, případně výsledky mezinárodních oponentur je k dispozici na stránkách UNFCCC (<https://unfccc.int/reports>).

Následující text se týká výhradně sektoru Zemědělství, který se podílí na celkových emisích GHG České republiky cca 7 % (třetí nejvýznamnější emitent). Emise v sektoru pocházejí ze čtyř základních zdrojů, jejichž podíl na emisích je různý:

1. Enterická fermentace, zdroj emisí metanu ( $\text{CH}_4$ ), podíl na emisích sektoru 51 %<sup>2</sup>,
2. Nakládání se statkovými hnojivy, zdroj emisí metanu ( $\text{CH}_4$ ) i oxidu dusného ( $\text{N}_2\text{O}$ ), podíl na emisích sektoru 11 %,
3. Obhospodařování zemědělských půd, zdroj emisí oxidu dusného ( $\text{N}_2\text{O}$ ), podíl na emisích sektoru 34 %,
4. Aplikace vápenatých hmot a močoviny na zemědělskou půdu a lesy, zdroj emisí oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ), podíl na emisích sektoru 4 %.

Metodická úroveň výpočtu emisí reflektuje význam jednotlivých zdrojů emisí na celkových emisích zemědělského sektoru. Kromě emisí z aplikace močoviny a vápnění jsou proto emise v ostatních kategoriích zdrojů odhadovány metodickými postupy vyšší úrovně (Tier 2). Posun na vyšší metodickou úroveň odhadu v kategorii emise z obhospodařování zemědělských půd (3D) je nejnovější aktualizací postupu používaného pro odhady emisí v sektoru Zemědělství. Bylo využito mezioborové spolupráce, a díky nově navrženému postupu byla přesněji zohledněna regionální klimatická specifika při úpravě klíčových aktivitních dat vstupujících do odhadu. Nový postup se odrazil ve výši emisí – došlo k jejich významnému poklesu v celé časové řadě v průměru o více než 9 % (CHMI 2025) ve srovnání s dříve používaným postupem, který nezohledňoval klimatickou zónaci.

Cílem předloženého článku je ukázat na příkladu odhadu emisí v kategorii 3D (Emise oxidu dusného z obhospodařování zemědělských půd), jak se zpřesnění aktivitních dat odrazilo

ve zpřesnění odhadů emisí skleníkových plynů v národním výkaznictví. Porovnáním výsledků odhadu emisí pro dva zdroje vstupních dat (národní statistika, šetření na úrovni okresů) a emisních faktorů zohledňujících klima demonstrujeme význam metodického zpřesnění pro odhad a v tomto konkrétním případě i úsporu emisí v národním výkaznictví.

## 2. Metodika odhadu emisí

Pro odhad emisí v kategorii 3D Obhospodařování zemědělských půd v NID České republiky je používán postup popsáný v aktuální verzi metodiky IPCC (IPCC 2019). Samotný výpočet je prostým násobením množství aplikovaného dusíku a správného emisního faktoru, případně frakce dusíku, která se uvolní do vzduchu nebo je vyplavena. Klíčovými vstupy do odhadu jsou:

1. Množství dusíku, které se v podobě rostlinných zbytků, minerálních, organických a statkových hnojiv dostane do půdy.
2. Emisní faktory, které upřesňují množství dusíku, které se z aplikovaných hnojiv uvolní ve formě emisí
3. Podíly dusíku (frakce), které se z aplikovaného dusíku uvolní do ovzduší a podzemních a povrchových vod a stanou se znovu zdrojem emisí.
4. Klimatické podmínky, za kterých hospodaření probíhá, protože je prokázáno, že významně ovlivňují množství emisí, které se ze zdrojů uvolní (IPCC 2019).

Ad. 1 Zdrojem informací o vstupech dusíku do odhadu emisí jsou celonárodně dostupné údaje o výrobě a spotřebě minerálních hnojiv, které Česká republika (prostřednictvím Ministerstva zemědělství a Českého statistického úřadu – ČSÚ) poskytuje do mezinárodních databází (FAOSTAT, EUROSTAT), údaje o stavech hospodářských zvířat ČSÚ, údaje o podílu exkrementů hospodářských zvířat, které zůstávají na pastvinách, a množství dusíku v exkrementech hospodářských zvířat (CARC), dále osevní plochy a sklizeň základních plodin (ČSÚ), údaje o množství dusíku z organických hnojiv, zejména kompostu a digestátu (CARC) a z čistírenských kalů (ČSÚ) aplikovaných na zemědělskou půdu.

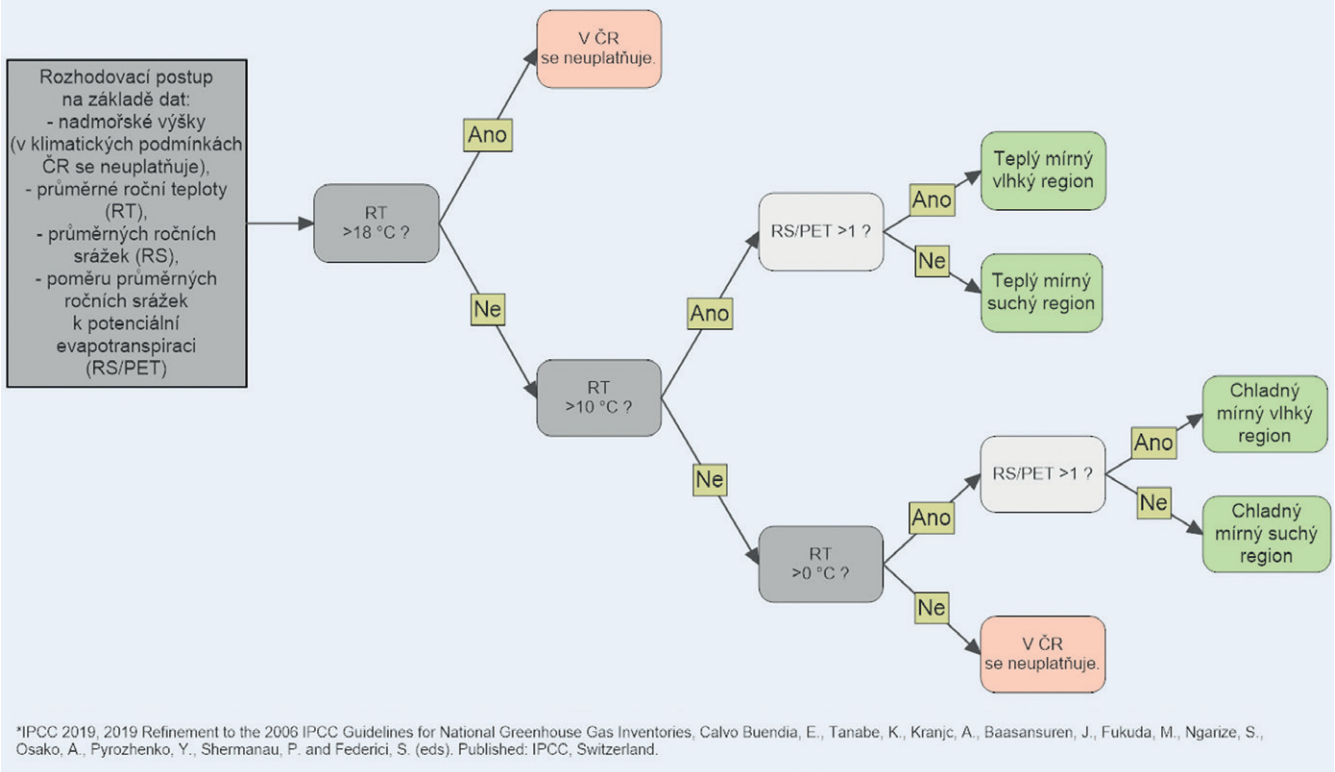
Ad. 2 a 3. Emisní faktory a frakce dusíku, které se uvolní při aplikaci a stanou se znovu zdrojem emisí jsou převzaty z IPCC 2019 (T 11.1 a T 11.3, kapitola 11\_Volume 4 AFOLU). Hodnoty emisních faktorů se pohybují od 0,002 do 0,016  $\text{kg N}_2\text{O-N/kg N}_2\text{O}$ . Frakce dusíku, které se uvolní do ovzduší se liší pro minerální hnojiva (0,11  $\text{kg NH}_3\text{-N+N}_2\text{O-N/kg}$  aplikovaného N), organická a statková hnojiva (0,21  $\text{kg NH}_3\text{-N+N}_2\text{O-N/kg}$ ) a pro ztráty vyplavením (0,24  $\text{kg NH}_3\text{-N+N}_2\text{O-N/kg}$ ). O použití konkrétního emisního faktoru rozhoduje klimatická zóna, do které území republiky spadá.

Ad 4. Pro odhady emisí  $\text{N}_2\text{O}$  z aplikace dusíkatých hnojiv na zemědělskou půdu je důležité, zda aplikace probíhá ve vlhké nebo suché klimatické zóně. Postup klasifikace klimatu do jednotlivých zón předepisuje IPCC (IPCC 2019) pro celý svět v kapitole 3, Vol. 4 (AFOLU). Rozhodující jsou údaje o průměrných ročních teplotách, celkovém úhrnu srážek, počtu dní s teplotou nižší než 0 °C a poměru mezi ročním úhrnem srážek a potenciální evapotranspirací. Na následujícím schématu (obr. 1) je vidět postup odvození klimatických zón pro teplý a chladný region, kam spadá území České republiky.

<sup>1</sup> V roce 2025 se odevzdávala zpráva za období 1990 až 2023 (CHMI 2025), dále v textu může být uváděno jako Submise 2025.

<sup>2</sup> Podíly zdrojů jsou odvozeny z výsledků Submise 2025.

**Klasifikační schéma rozdělení ČR do klimatických regionů, upraveno podle metodiky IPCC 2019 \***



**Obř. 1 Postup klasifikace území na klimatické zóny, upraveno podle metodiky IPCC 2019.**  
 Fig. 1. The procedure for classifying territories into climate zones adapted according to the IPCC 2019 methodology.

**2.1 Postup plošného rozložení klimatických zón IPCC 2019 v ČR**

Pro aktuální inventarizační zprávu (CHMI 2025) byla ve spolupráci s Ústavem výzkumu globální změny připravena plošná analýza klimatických podmínek v ČR. Identifikace klimatických zón využívá systému výpočtu vodní bilance modelem SoilClim, který všechny nezbytné parametry poskytuje v síti 500 x 500 m. Systém sám byl poprvé představen ve studii Hlavinky et al. (2011) a od té doby je průběžně vyvíjen a zdokonalován mimo jiné jako základní součást českého systému monitoringu sucha (Trnka et al. 2020), kde je průběžně intenzivně testován. Pro identifikaci klimatických zón je využívána průměrná roční teplota vzduchu (RT), roční úhrn srážek (RP) a roční suma potenciální evapotranspirace (PET) viz IPCC 2019. Pro účely této studie byla definičně problematická veličina PET nahrazena referenční evapotranspirací (ET<sub>0</sub>), tak jak je definována ve studii (Allen et al. 1998) na základě metody Penman-Monteith (Monteith, Unsworth 1990). Pro účely klasifikace klimatických regionů byl celý přístup upraven tak, aby odpovídal schématu a zdrojovým výpočtům (IPCC 2019) s výjimkou nahrazení metody výpočtu PET empirickým postupem dle autorů Oudina et al. (2005) fyzikálně založenou a obecně přijímanou metodou Penman-Monteith pro odhad referenční evapotranspirace ET<sub>0</sub>.

Identifikace zón se opírá o denní meteorologická data, tj. denní maximální a minimální teplotu, denní průměrnou vlhkost vzduchu a rychlost větru a denní sumy globální radiace a srážek, která jsou získávána z měření stanic ČHMÚ (téměř 200 kli-

matických stanic a více než 400 stanic srážkoměrných) a která jsou doplněna o cca 20 stanic provozovaných Ústavem pro výzkum globální změny (ÚVGZ), o 100 stanic Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) a cca 30 stanic v Polsku, Rakousku a Německu. Data ze stanic umístěných mimo Českou republiku umožňují spolehlivější interpolace pro pohraniční regiony České republiky.

Všechna data procházejí nejprve kontrolou kvality u poskytovatelů dat (např. ČHMÚ, SHMÚ) a následně jsou testována v rámci systému SoilClim v dalším kroku kontroly kvality, který se soustředí na případné odlehle hodnoty. Denní data jsou interpolována regresí pomocí metody kriging, která jako prediktory používá zeměpisné souřadnice, nadmožskou výšku a další charakteristiky terénu. V České republice je průměrná minimální vzdálenost mezi dvěma sousedními stanicemi přibližně 22 km pro prvky měřené na klimatologických stanicích a méně než 10 km pro prvky měřené na srážkoměrných stanicích. Denní dopadající sluneční záření zohledňuje sklon, aspekt a překážky na horizontu podle metodiky navržené a testované ve studii Schaumbergera (2005). Denní data jsou k dispozici od roku 1961 a jsou průběžně aktualizována. Z těchto denních dat pak byly pro každý grid určeny sumy potenciální evapotranspirace (PET) a také roční suma srážek (RP) a průměrná teplota (RT), a to jak pro jednotlivé roky, tak pro vybraná období různé délky. Současně je možné specificky odlišit celorepublikový podíl spadající do jednotlivých klimatických kategorií podle způsobu využití území, ať se jedná o území ČR jako celek, zemědělskou půdu, pouze ornou půdu či pouze louky a pastviny, a to s vysokou přesností, neboť základní krok 0,5 km u kli-

matických dat je dále zpřesněn v případě dat využití území na 100 m, a v případě potřeby i na 30 m.

Na základě výsledků analýzy klimatických podmínek bylo možné z prostorových dat kvantifikovat podíl rozlohy zemědělské půdy podle požadavků IPCC. Analýzy byly provedeny pro celé území ČR a pro každý rok časové řady, pro který se emise skleníkových plynů vykazují (1990–2023 včetně). Pro období 2015–2023 je zonace k dispozici i pro jednotlivé okresy ČR.

## 2.2 Postup vykazování roční aplikace minerálních hnojiv pro jednotlivé okresy

Aplikace minerálních hnojiv se na celkových emisích kategorie 3D podílí 59 %, je tedy nejvýznamnějším zdrojem emisí v kategorii 3D. Jakékoliv zpřesnění aktivitních dat proto může významně ovlivnit výsledné emise i podíl kategorie 3D na celkových emisích sektoru.

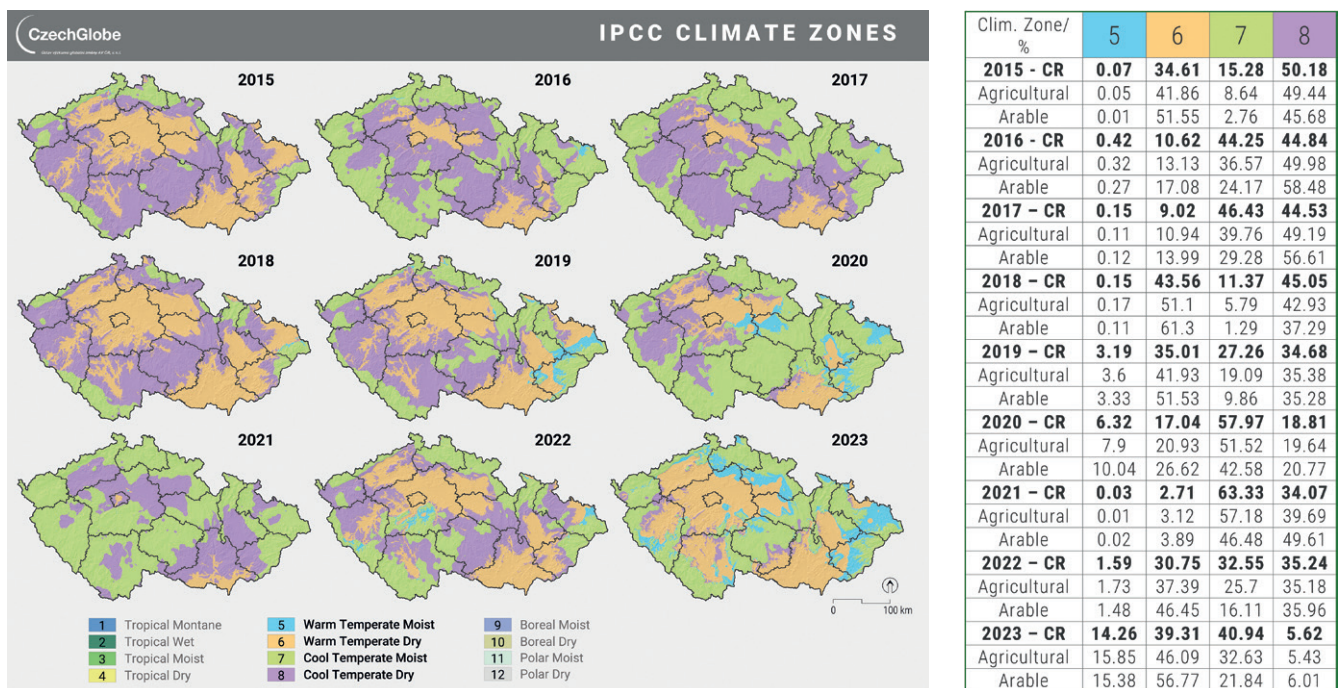
Vliv regionálního upřesnění vstupních dat o spotřebě minerálních hnojiv bylo možné vyhodnotit díky výsledkům výběrového šetření ČSÚ (dle zákona č. 89/1995 Sb., o státní statistické službě) prováděného na ca 78 % využívané zemědělské půdy. Tyto údaje zpracoval v letech 2023 a 2024 CARC pro účely bilance dusíku a fosforu na okresní úrovni (zatím nepublikováno). Pro časové období 2015–2023 jsou tak k dispozici údaje o spotřebě minerálních, statkových i organických hnojiv po jednotlivých okresech. Pro účely hodnocení na úrovni okresů byly vybrány podniky s výměrou nad 50 ha, hospodařící převážně v daném okrese. Od celostátní zemědělské bilance dusíku a fosforu počítané v návaznosti na bilanci živin podle metodiky EUROSTAT (Kremer 2013) se bilance na úrovni okresů liší zejména ve

dvou bodech: spotřeba hnojiv je hodnocena za hospodářský rok a vstupy/výstupy živin odpovídají převážně vyšší intenzitě hospodaření (vyšší úroveň vstupů i výstupů), neboť do šetření ČSÚ nejsou zahrnuti nejmenší zemědělci, hospodařící převážně extenzivně.

## 3. Výsledky

### 3.1 Rozdělení zemědělské půdy v ČR na suchou a vlhkou klimatickou zónu podle IPCC

Nový postup vymezení klimatických zón umožňuje nejen stanovit klimatické zóny pro delší časová období (např. normálové období 1991–2020), ale současně v rámci emisní inventury uvažovat i s ročním krokem, který nejlépe odrazí časové rozlišení dalších dat, např. množství aplikovaného minerálního dusíku ve statkových, organických a minerálních hnojivech, či podíl pěstovaných kultur. Na příkladu obr. 2 demonstrujeme značnou časoprostorovou dynamiku klimatických zón v období let 2015–2023, kdy v letech 2015, 2018 a 2019 činil podíl „suchých“ klimatických zón více než 80 %, zatímco v letech 2021 či 2023 o něco více než 40 %. Jak vyplývá z obr. 3a, od počátku 90. let minulého století roste podíl teplých klimatických zón na našem území, od roku 2000 postupně roste podíl teplého a vlhkého regionu mírného pásma (zóna 5) a po roce 2010 převažují suché klimatické zóny, jak v teplé, tak v chladné variantě. Oba dva zmíněné trendy zásadně ovlivňují emisní inventuru, neboť emisní koeficienty, tedy předpokládané emise zejména oxidu dusného jsou přibližně o řád nižší v případě suchých klimatických variant.



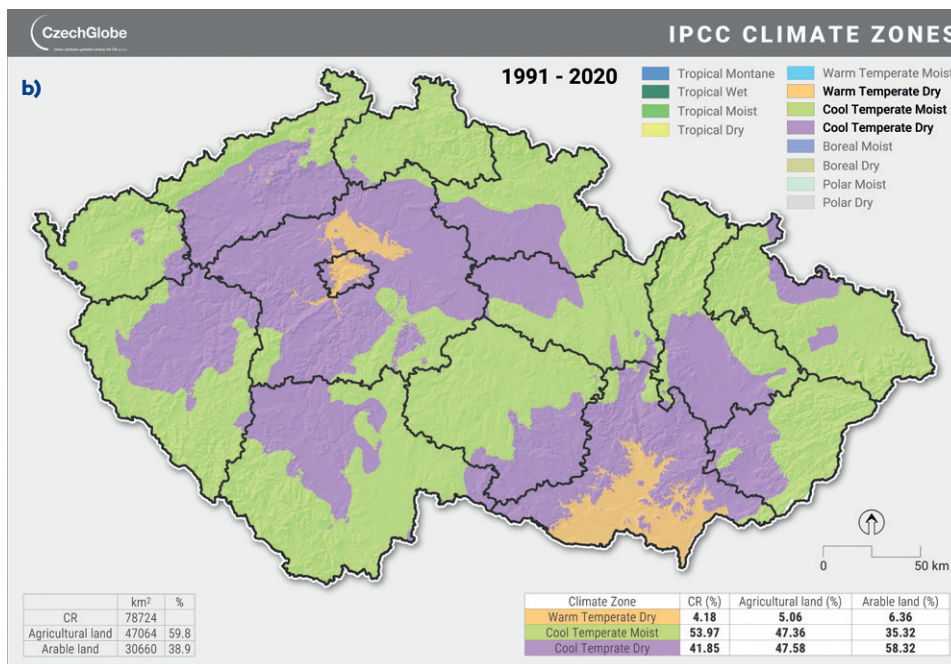
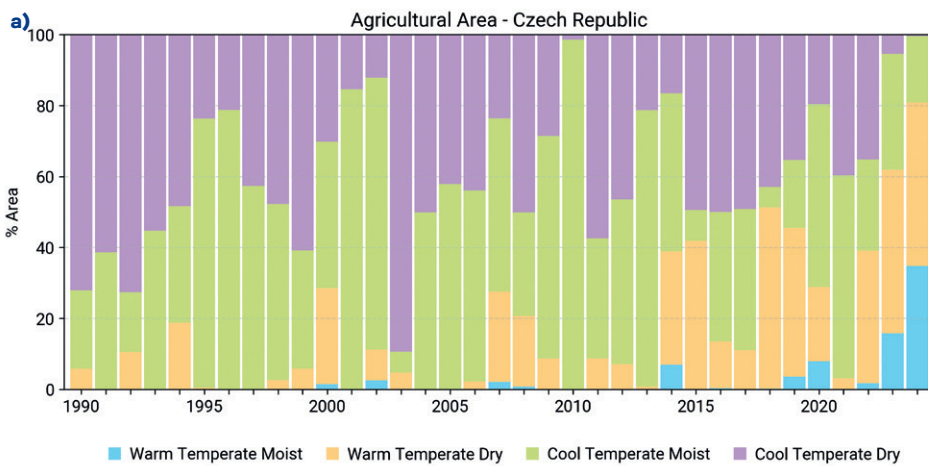
**Obr. 2** Zastoupení klimatických zón IPCC (obr. 1) v letech 2015–2023 včetně celkového podílu ploch v % na ploše celé České republiky, resp. zemědělské půdy.

Fig. 2. Representation of IPCC climate zones (Fig. 1) in 2015–2023, including the total extent of areas in % of the territory of the entire Czech Republic and agricultural land.

**Tab. 1 Odhad emisí N<sub>2</sub>O pro vybrané roky časové řady bez zohlednění (sloupec 3) a při zohlednění (sloupec 4) klimatické zonace (převzato z CHMI 2025).**

Table 1. Estimated N<sub>2</sub>O emissions for selected years of the time series without considering climate zonation (Column 3) and with considering climate zonation (Column 4), according to CHMI 2025. Click or tap here to enter text.

Rok	1 Podíl rozlohy zemědělské půdy, vlhké klima [%]	2 Podíl rozlohy zemědělské půdy, suché klima [%]	3 Emise N <sub>2</sub> O, ČR zařazena pouze do kategorie mírně vlhké klima [kt CO <sub>2</sub> ekv.]	4 Emise N <sub>2</sub> O, ČR rozdělena na klimatické zóny [kt CO <sub>2</sub> ekv.]	5 Rozdíl, emise [%]
1990	22,1	77,9	5 219	3 334	-36
1995	75,9	24,1	2 954	2 819	-5
2000	42,7	57,3	3 117	2 429	-22
2005	57,8	42,2	3 290	2 760	-16
2010	98,5	1,5	3 045	3 162	4
2015	8,7	91,3	4 210	2 402	-43
2020	59,4	40,6	3 323	2 841	-15
2023	48,5	51,5	3 575	2 352	-34



**Obr. 3 a) Zastoupení klimatických zón IPCC v období 1990–2023 na zemědělské půdě v České republice; b) Zastoupení klimatických zón IPCC, pokud je zonace provedena na základě dat z normálového období 1991–2020.**

Fig. 3. a) Representation of IPCC climate zones in the period 1990–2023 on agricultural land in the Czech Republic; b) Representation of IPCC climate zones when the zonation is carried out based on data from the 1991–2020 normal period.

Plošná specifikace klimatických charakteristik umožnila nově plošně specifikovat rozlohu zón mírně teplých vlhkých a suchých a mírně chladných vlhkých a suchých a v celé časové řadě (obr. 3) přepočítat odhad emisí z aplikace dusíku na zemědělskou půdu (tab. 1). Ve sloupci 3 tab. 1 jsou uvedeny emise vypočtené bez ohledu na identifikované klimatické zóny, tedy původním postupem používaným před zavedením klimatické zonace. Ve sloupci 4 jsou vypočteny emise při zohlednění klimatické zonace. Výsledky rekalkulace byly připraveny s národními údaji o aplikaci dusíku při zemědělském hospodaření. Rozloha republiky byla pro každý rok na základě údajů o zastoupení definovaných klimatických zón pro zemědělskou půdu rozdělena na i) zónu mírnou teplou suchou a chladnou suchou a ii) zónu teplou vlhkou a chladnou vlhkou. Emise byly pro republiku vypočteny v poměru daném rozdělením na zóny, s použitím emisních faktorů zohledňujících klima.

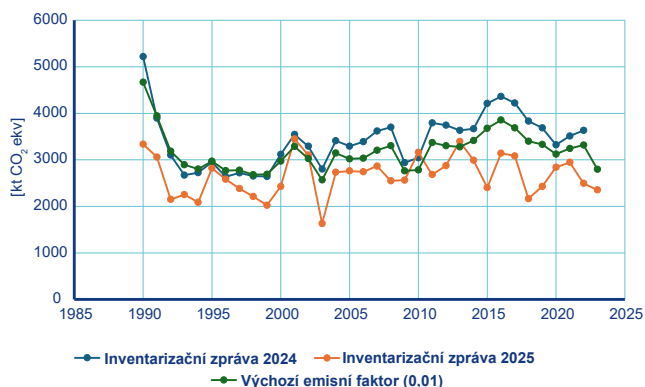
Upřesnění rozloh klimatických zón přineslo za vykazované období 1990–2023 úsporu emisí ve výši cca 20 Mt CO<sub>2</sub> ekv.

Výsledky rekalkulace jsou při využití emisního faktoru i) který nezohledňuje klimatické zóny, tedy bez klimatické zonace využívající defaultní emisní faktor, ii) který se liší podle rozlohy kli-

**Tab. 2 Porovnání emisí oxidu dusného z dusíku dodaného v minerálních hnojivech (spotřeba po okresech) a statkových nebo organických hnojivech (spotřeba za celou republiku). Porovnán je odhad bez klimatické zonace území (sloupec 4), s klimatickou zonací (sloupec 5) a výsledek odhadu emisí se zohledněním klimatu i dat zjištěných na úrovni okresu (sloupec 6).**

Table 2. Comparison of nitrous oxide emissions from nitrogen applied in synthetic and organic fertilizers or animal manure calculated by districts and for the entire republic. The estimates without climatic zoning of the territory (Column 4) and with climatic zoning (Column 5) are compared, as well as the result of the emission estimate considering climate and data determined at the district level (Column 6).

1	2	3	4	5	6
Rok	Spotřeba N v min. hnojivech, výsledky šetření ČSÚ	Spotřeba N ve statk. a org. hnojivech, Zelená zpráva MZe	Emise N <sub>2</sub> O, ČR zařazena pouze do mírného vlhkého klíma	Emise N <sub>2</sub> O, ČR rozdělena na klimatické zóny	Emise N <sub>2</sub> O, zohledněno klim. zonace a spotřeba N po okresech
	[kg N/ha]	[kg N/ha]	[kt CO <sub>2</sub> ekv.]	[kt CO <sub>2</sub> ekv.]	[kt CO <sub>2</sub> ekv.]
2015	97,9	28,6	3 410	1 714	1 616
2016	104,3	27,5	3 594	2 349	2 135
2017	103,5	27,8	3 574	2 396	2 210
2018	102,1	27,9	3 531	1 713	1 632
2019	100,4	27,7	3 475	2 005	1 880
2020	98,7	27,4	3 419	2 660	2 540
2021	94,3	27,5	3 289	2 522	2 336
2022	84,1	26,4	2 961	1 907	1 661
2023	81,1	25,3	2 844	2 050	2 043



**Obr. 4 Vývoj emisí N<sub>2</sub>O v celé časové řadě při použití různých emisních faktorů (převzato CHMI 2025).**

Fig. 4. Development of N<sub>2</sub>O emissions across the entire time series using different emission factors (according to CHMI 2025).

matické zóny a iii) který ČR jako celek řadí do zóny mírné, vlhké, vizualizovány v následujícím grafu (obr. 4).

### 3.2 Porovnání odhadu emisí při využití dat na úrovni okresů a republiky

Místo standardních údajů o aplikaci dusíku v minerálních, organických a statkových hnojivech, které jsou k dispozici na národní úrovni a jsou využívány pro národní reporting emisí, byly pro odhady emisí v této části článku využity údaje získané při podnikovém šetření spotřeby minerálních, statkových a organických hnojiv. Šetření umožnilo průměrnou spotřebu specifikovat podle okresů, v kg N/ha. Při znalosti rozlohy zemědělské půdy v okrese pak bylo možné zjistit celkovou spotřebu dusíku v minerálních hnojivech. Z podnikových šetření nebylo možné získat vstup do odhadu emisí ze statkových a organických hnojiv v kg/ha, proto byla pro odhady využita data uváděná v Zelené zprávě (MZe). Zonace podle klimatu byla k dispozici pro vybrané roky a všechny okresy. Vstupní data a výsledky odhadů jsou k dispozici v následující tabulce (tab. 2).

Z výsledků je zřejmé, že data o spotřebě dusíku při obhospodařování zemědělských půd spolu s údaji o podílu různých klimatických zón na úrovni okresu jsou přesnější než data republiková zohledňující podíl klimatických zón na úrovni republiky. Z výsledků vyplývá potenciální úspora ve výši 1,2 Mt CO<sub>2</sub> ekv. pro období 2015–2023.

## 4. Diskuse

### 4.1 Zařazení ČR do klimatických zón podle IPCC

Pro zařazení ČR do klimatických zón podle IPCC byly od prvních vykazovacích období používány i územní ukazatele teplot a srážek dostupné na [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz) (tab. 3) a na jejich základě bylo území ČR jako celek řazeno do klimatického re-

**Tab. 3 Přehled územních ukazatelů teplot a srážek, které jsou k dispozici pro zařazení ČR do klimatických zón podle IPCC. Zdroj dat: [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz).**

Table 3. Overview of territorial indicators of temperature and precipitation available for classifying the Czech Republic into climate zones according to the IPCC. Data source: [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz).

	Průměrná roční teplota	Průměrná roční teplota, dlouhodobý normál	Roční úhrn srážek	Roční úhrn srážek, dlouhodobý normál
	[°C]	[°C]	[mm]	[mm]
1990	8,4	7,9	582	686
1995	7,9		777	
2000	9,1		684	
2005	7,7		720	
2010	7,2		867	
2015	9,4		532	
2020	9,1	867	684	
2021	8,0	683		
2022	9,2	634		
2023	9,7	732		

gionu mírného pásma varianty chladné a vlhké. To logicky vedlo k použití stejných výpočetních koeficientů při aplikaci metody Tier 1. Nově navržená metoda přináší dvě podstatné změny. Za prvé je díky detailnějšímu rozlišení možné provést přesnější prostorové vymezení regionu, a to současně provádět pro jednotlivé roky. To umožňuje následně zohlednit charakter ročníku při odhadu emisí. Vzhledem k relativně vysoké mobilitě dusíku ze statkových, organických a minerálních hnojiv je pro procesy nitrifikace a denitrifikace vhodnější použití klimatických poměrů v sezóně, ve které k aplikaci došlo, a nikoliv v rámci dlouhodobého průměru, který navíc kvůli probíhající klimatické změně není příliš relevantní.

Kromě změny prostorového měřítka autoři použili dvě modifikace při stanovení klimatického regionu. Za prvé bylo rozhodnuto namísto relativně neurčitě definované veličiny potenciální evapotranspirace (PET) použít tzv. referenční evapotranspiraci. Potenciální evapotranspirace (PET) je definována jako množství vody, které se může vypařit z půdy (výpar z půdy) a vegetačního krytu (transpirace rostlin) při nasycení půdy vodou nebo při sněhové pokrývce. V přírodních podmínkách potenciální evapotranspirace zpravidla převyšuje evapotranspiraci aktuální (ČMeS 2025). Naproti tomu referenční evapotranspirace ( $ET_0$ ), použitá v této studii, je definována přesněji jako evapotranspirace z hypotetické referenční plodiny odpovídající svými parametry dobře zavlažované travní ploše jednotné výšky. Nicméně tato změna je spíše otázkou upřesnění definice referenčního povrchu, ze kterého se maximální možná evapotranspirace posuzuje.

Referenční evapotranspirace byla odhadnuta metodou volby, tj. postupem podle Penmana-Monteitha (Allent et al. 1998), která zahrnuje mezi vstupní proměnné kromě teploty i úhrn globální radiace, vlhkost vzduchu a rychlost větru. Tento postup lze považovat podle našeho názoru pro podmínky ČR za vhodnější oproti empirickým metodám (např. Oudin et al. 2005), protože k použití empirických metod pro poslední dekády není s ohledem na kvalitu měřených dat všech prvků na našem území důvod.

## 4.2 Množství dusíku aplikovaného na zemědělskou půdu

Pro odhad emisí oxidu dusného aplikovaného ve formě hnojiv na zemědělskou půdu je podle nižších úrovní metodik (Tier 1 a 2, IPCC 2006; 2019) nutno uvést celoroční spotřebu dusíku ze všech jeho zdrojů. V následující tabulce (tab. 4) je uvedeno srovnání vstupů množství dusíku aplikovaného v minerálních hnojivech i) z výběrového šetření ČSÚ, které na základě vyhodnocení CARC umožnilo specifikovat průměrnou spotřebu dusíku po okresech, v kg N/ha (sloupec 3, tab. 4), ii) data o průměrné spotřebě dusíku v minerálních hnojivech, která pro mezinárodní výkaznictví na základě vyhodnocení CARC poskytuje Ministerstvo zemědělství (sloupec 4, tab. 4). Z výsledků je zřejmé, že výsledky šetření ČSÚ kolísají oproti údajům MZe o  $\pm 20\%$ , ale v sumě za celé sledované období 2015–2023 se liší pouze o 1,2 % (tab. 4). Relativní shoda v celkové sumě spotřeby hnojiv potvrzuje i hlavní důvod rozdílů v jednotlivých letech. Při šetření v praxi, které provádí ČSÚ je hodnocena spotřeba hnojiv, tedy jejich skutečná aplikace za hospodářský rok. Naproti tomu, za celou ČR jsou do mezinárodního porovnání (EUROSTAT, FAOSTAT) předávány údaje za kalendářní rok, vypočítané bilančním způsobem na základě výroby, importu a exportu hnojiv. Nejsou tedy zohledněny sezónní nákupy hnojiv obchodníky a jednotlivými podniky, skladování hnojiv ani skutečná aplikace.

Na základě úpravy zákonných povinností o evidenci hnojiv v roce 2025 se zrušila povinnost zasílání evidence hnojení do centrální databáze, kterou vede Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Naposledy byly komplexně vloženy údaje o hnojení na úrovni pozemků u podniků s výměrou nad 20 ha zemědělské půdy, a to za kalendářní rok 2022. Postupnou změnou zákona o hnojivech (č. 156/1998 Sb.) se dospělo k tomu, že odesílání údajů o evidenci hnojení do centrálního úložiště nadále bude jen na vyzvání, pro účely kontroly. I když byla tato změna schválena teprve 22. 1. 2025 na schůzi Poslanecké sněmovny a 26. 2. 2025 na schůzi Senátu, tak MZe již v průběhu února vydalo výklad, že pokud nebude zaslána evidence hnojení do centrálního úložiště (dle platné povinnosti měli evidenci za rok 2024 poslat všichni uživatelé s výměrou nad 200 ha zemědělské půdy, a to do 28. února 2025), tak to

**Tab. 4 Porovnání údajů o spotřebě dusíku v minerálních hnojivech i) z šetření ČSÚ a vyhodnocení CARC, po okresech (sloupec 3) ii) z údajů Ministerstva zemědělství ČR (sloupec 4), pro roky 2015–2023.**

Table 4. Comparison of data on nitrogen consumption from synthetic fertilizers i) from the survey by districts provided by CZSO and evaluation by CARC (Column3) ii) from Ministry of Agriculture data (Column 4), for the years 2015–2023.

1	2	3	4	5	6
Rok šetření	Rozloha využívané zemědělské půdy	Spotřeba N v minerálních hnojivech (šetření ČSÚ)	Spotřeba N v minerálních hnojivech (MZe pro FAOSTAT)	Rozdíl mezi různě zjišťovanými spotřebami	Rozdíl mezi různě zjišťovanými spotřebami
	[ha]	[kg]	[kg]	[kg]	[%]
2015	3 550 206	347 492 174	397 136 000	49 643 826	12,5
2016	3 561 863	371 452 145	407 184 000	35 731 855	8,8
2017	3 560 039	368 464 005	397 586 000	29 121 995	7,3
2018	3 557 885	363 260 054	351 780 000	-11 480 054	-3,3
2019	3 555 695	356 991 763	332 032 000	-24 959 763	-7,5
2020	3 555 585	350 936 226	285 436 000	-65 500 226	-22,9
2021	3 555 590	335 285 339	309 646 000	-25 639 339	-8,3
2022	3 550 312	298 589 356	324 916 000	26 326 644	8,1
2023	3 542 902	287 010 508	237 599 000	-49 411 508	-20,8
Celkem		3 079 481 571	3 043 315 000	-36 166 571	-1,2

nebude sankcionováno. Regionálně specifická data o skutečné spotřebě hnojiv daném roce tak nadále dostupná nebudou.

Pro účely vyhodnocení údajů na úrovni okresů bylo nutné zohlednit fakt, že existují velké podniky hospodařící v několika okresech i krajích, které své údaje do šetření ČSÚ lokalizují do okresu, kde mají sídlo. Proto byla do vyhodnocení použita data jen z podniků, které hospodaří min. ze 75 % v jednom okrese.

### 4.3 Metodické postupy IPCC

K odhadu přímých a nepřímých emisí N<sub>2</sub>O z obhospodařovaných půd jsou v případě České republiky potřeba čtyři emisní faktory (EF). V metodice IPCC 2019 jsou uvedené jejich výchozí/defaultně nastavené hodnoty, které mohou být použity i v kombinaci s emisními faktory specifickými pro danou zemi. Výchozí hodnota pro EF1 (přímé emise z aplikace dusíku do půdy) byla stanovena na 1 % dusíku aplikovaného do půd nebo uvolněného prostřednictvím činností, které vedou k mineralizaci organické hmoty v minerálních půdách. Vzhledem k rostoucímu počtu studií zdůrazňujících roli klimatu a typu hnojiva při určování EF1 (Aguilera et al. 2013; Cayuela et al. 2017; Flechard et al. 2007; IPCC 2019) metodiky obsahují i alternativní emisní faktory, které jsou rozčleněny podle klimatické zóny a typu aplikovaného hnojiva. Ve vlhkém klimatu byla výchozí hodnota nastavena na 0,6 % vstupů organického N a 1,6 % vstupů minerálního N. V suchém klimatu byla výchozí hodnota nastavena na 0,5 % vstupů N pro organický i minerální N. Tyto alternativní hodnoty faktoru je možné použít, pokud lze rozdělit vstupní údaje podle klimatických zón, případně typu použitého minerálního hnojiva.

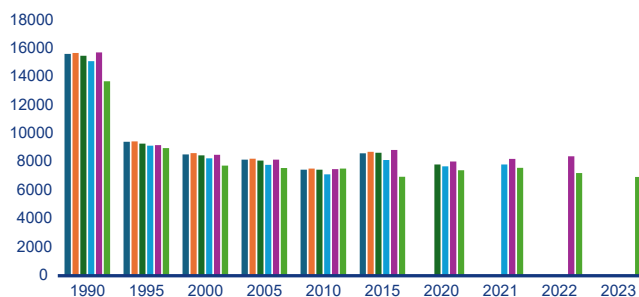
Do roku 2023 byly pro odhady emisí využívány emisní faktory s vyšší hodnotou (konzervativní odhad) odpovídající podmínkám mírného vlhkého regionu, přestože je zřejmé, že část území České republiky spadá do klimatu studeného a suchého a teplého a suchého.

Hodnoty emisních faktorů může dále ovlivnit např. obsah organického uhlíku v půdě, textura půdy, odvodnění, pH půdy a způsoby aplikace hnojiv. V tomto případě je třeba hodnoty emisních faktorů stanovit na národní úrovni a doložit jejich hodnoty experimentálně nebo modelově.

Pro odhady emisí na nejvyšší úrovni je možné použít národně specifické údaje, např. výsledky aplikace specifických modelů (např. NEMA (Lagerwerf et al. 2019)) a výsledky přímých měření. Česká republika zatím národně specifickými údaji na požadované úrovni nedisponuje.

Práce s metodikami IPCC a jejich konfrontace se znalostmi v daném oboru dává prostor pro to, abychom lépe porozuměli procesům, které vedou k uvolnění emisí ze zemědělských půd a abychom hledali možnosti, jak emise účinně snižovat.

Ve vykazování emisí ze sektoru Zemědělství stále chybí řada podkladů, na jejichž základě by bylo možné vykazovat přesněji. Jedná se zejména o různé druhy evidence (spotřeby hnojiv, spotřeby krmiv, způsob chovu hospodářských zvířat, způsob nakládání se statkovými hnojivy apod.), které by vedl farmář a informace od jednotlivých farmářů, které by stát centrálně spravoval. S velkým zpožděním nebo vůbec se zatím nedaří implementovat výsledky výzkumu např. zaměřeného na efekty snižujících opatření, ať už technologických nebo ekologických.



**Obr. 5 Vývoj emisí v sektoru Zemědělství v letech 1990 až 2023, výsledky odhadů emisí vykazované v letech v letech 2020–2025.**

Fig. 5. Development of emissions in the Agriculture sector from 1990 to 2023, results of emission estimates reported in 2020–2025.

### 4.4 Zpřesňování výsledků emisních inventur

Vývoj emisí v sektoru zemědělství, jak se mění v jednotlivých letech vykazování, je znázorněn na obr. 5. Snižování emisí mezi rokem 1990 a 2010 je způsobeno významným poklesem počtu hospodářských zvířat chovaných na území České republiky. Různé výsledky submisí v jednotlivých letech jsou pak způsobeny metodickými změnami a změnami v používaných aktivních datech, tedy upřesňováním vstupních dat a výpočetních postupů. Jedním z požadavků IPCC je zachovávat konzistentní přístup k vykazování, tedy pokud dojde ke zpřesnění metodických postupů, nebo úpravě aktivních dat, je třeba přepočítat vykázané emise v celé časové řadě. Dochází ovšem k situaci, že emise se v časové řadě mění v jednotlivých letech. Vliv zohlednění klimatické zonace na výši emisí v celé časové řadě je zřejmý z obr. 5, a to výškou světle zeleného sloupce označeného Submise 2025, což jsou aktuální data NID České republiky. Zpřesnění vstupních údajů může odhad emisí zvýšit i snížit.

## 5. Závěr

Z pohledu kvality národního výkaznictví je nesporně velice důležité průběžně pracovat na aktualizaci výpočetních postupů a aktivních dat. Primárně se jedná o požadavek Rámcové úmluvy na změnu klimatu (UNFCCC) na kvalitu a metodickou úroveň vykazování emisí skleníkových plynů. Přesná a lokálně specifická data umožňují zpřesnění emisních odhadů na úrovni státu a pomáhají rozhodnout a implementovat opatření, která změnu klimatu mohou zmírnit. Výsledky klimatické zonace území ČR již byly zapracovány do nejnovějších emisních odhadů (CHMI 2025), což vedlo k úspoře emisí ve výši cca 9 % z celkových emisí dosud vykazovaných v sektoru Zemědělství. Každoroční aktualizace klimatické zonace pro potřeby emisní inventury je zajištěna smluvně ošetřeným zapojením „Oddělení dopadu změny klimatu na agrosystémy“ ÚVGV AV ČR, v. v. i. do přípravy NID. Celková úspora emisí činí za dobu vykazování 20 Mt CO<sub>2</sub> ekv.



**Poděkování:**

Článek byl připraven s finanční podporou Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu SS02030040 Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha, a změny klimatu v Česku (PERUN); projektu SS02030031 Integrovaný systém výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší, ARAMIS a projektu MŠMT CZ.02.01.01/00/22\_008/0004635 Pokročilé metody redukce emisí a sekvence sklenníkových plynů v zemědělské a lesní krajině pro mitigaci změny klimatu, AdAgriF.

**Literatura:**

- AGUILERA, E., LASSALETTA, L., GATTINGER, A., & GIMENO, B. S., 2013. Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. **168**, s. 25–36. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.003>.
- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M., 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. ISBN 92-5-104219-5.
- CAYUELA, M. L., AGUILERA, E., SANZ-COBENA, A., ADAMS, D. C., ABALOS, D. et al., 2017. Direct nitrous oxide emissions in Mediterranean climate cropping systems: Emission factors based on a meta-analysis of available measurement data. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. **238**, s. 25–35. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.10.006>.
- CHMI, 2024. National Greenhouse Gas Inventory Document of the Czech Republic. Submission under UNFCCC and Paris Agreement, reported inventories 1990–2022 [online]. [cit. 7. 6. 2025]. Dostupné z WWW: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CZE\\_NID\\_2024-2022\\_UNFCCC.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CZE_NID_2024-2022_UNFCCC.pdf).
- CHMI, 2025. National Greenhouse Gas Inventory Document of the Czech Republic. Submission under UNFCCC and Paris Agreement, reported inventories 1990–2023 [online]. [cit. 7. 6. 2025]. Dostupné z WWW: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CZE\\_NID\\_2024-2023\\_UNFCCC.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CZE_NID_2024-2023_UNFCCC.pdf).
- ČMeS, 2025. Elektronický meteorologický slovník (eMS) [online]. Česká meteorologická společnost. [cit. 8. 5. 2025]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>.
- ČSÚ, 2025. Veřejná databáze [online]. Český statistický úřad [cit. 7. 6. 2025]. Dostupné z WWW: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/>.
- FLECHARD, C. R., AMBUS, P., SKIBA, U., REES, R. M., HENSEN, A. et al., 2007. Effects of climate and management intensity on nitrous oxide emissions in grassland systems across Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. **121**, s. 135–152. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.12.024>.
- HLAVINKA, P., TRNKA, M., BALEK, J., SEMERÁDOVÁ, D., HAYES, M. et al., 2011. Development and evaluation of the SoilClim model for water balance and soil climate estimates. *Agricultural Water Management*, Vol. **98**, s. 1249–1261. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.03.011>.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies (IGES). ISBN 4-88788-032-4.
- IPCC, 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies (IGES). ISBN 978-4-88788-232-4.
- KREMER, A., 2013. Eurostat/OECD Nutrient Budgets Methodology Handbook: EU-27, Norway, Switzerland, European Network for Rural Development. Belgium. Dostupné z: <https://coilink.org/20.500.12592/xhkjpp> on 22 Jul 2025. COI: 20.500.12592/xhkjpp.
- LAGERWERF, L. A., BANNINK, A., BRUGGEN, C. van, GROENESTEIN, C. M., HUIJSMANS, J. F. M. et al., 2019. Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands: Calculations of CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, NMVOC, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and CO<sub>2</sub> with the National Emission Model for Agriculture (NEMA), Update 2019 [online]. [cit. 7. 6. 2025]. Dostupné z WWW: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/549203>.
- MONTEITH, J. L., UNSWORTH, M. H., 1990. Principles of Environmental Physics (2<sup>nd</sup> edition). Edward Arnold. ISBN 978-0-12-386910-4.
- LOUDIN, L., HERVIEU, F., MICHEL, C., PERRIN, C., ANDRÉASSIAN, V. et al., 2005. Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall-runoff model? Part 2 – Towards a simple and efficient potential evapotranspiration model for rainfall-runoff modelling. *Journal of Hydrology*, Vol. **303**, s. 290–306. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.026>.
- SCHAUMBERGER, A., 2005. Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. Diplomarbeit.
- TRNKA, M., HLAVINKA, P., MOŽNÝ, M., SEMERÁDOVÁ, D., ŠTĚPÁNEK, P. et al., 2020. Czech Drought Monitor System for monitoring and forecasting agricultural drought and drought impacts. *International Journal of Climatology*, Vol. **40**, Issue 14, s. 5941–5958. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.6557>.

**Lektoři (Reviewers):**

**RNDr. Radim Tolasz, Ph.D., Ing. Kristína Tonhauzer, Ph.D.**