



**UNIVERZITNÍ
CENTRUM
ENERGETICKY
EFEKTIVNÍCH BUDOV
ČVUT V PRAZE**

**ŠANCE
PRO BUDOVY**

Potenciál pro snížení provozních emisí CO₂ z českého fondu budov

Aktualizace červen 2020

Antonín Lupíšek, ČVUT-UCEEB
Tomáš Trubačik, Šance pro budovy
Petr Holub, Šance pro budovy

1. června 2020

název	Potenciál pro snížení provozních emisí CO ₂ z českého fondu budov Aktualizace červen 2020
verze datum	1.0 1.6.2020
hlavní autor: spoluautoři:	Antonín Lupíšek, ČVUT-UCEEB Tomáš Trubačik, Šance pro budovy Petr Holub, Šance pro budovy
kontaktní osoba	Antonín Lupíšek antonin.lupisek@cvut.cz +420 777 215 770 České vysoké učení technické v Praze Univerzitní centrum energeticky efektivních budov Třínecká 1024 273 43 Buštěhrad www.uceeb.cz

Obsah:

Manažerské shrnutí	1
1 Úvod	2
2 Metodika	3
2.1 Použité scénáře vývoje fondu budov ČR	3
2.2 Výpočet úspor emisí pro jednotlivé scénáře	8
2.3 Citlivostní analýza na pokles emisních faktorů elektřiny ze sítě, dálkového tepla a plynu z rozvodů	9
2.4 Klimatické závazky ČR	10
3 Výsledky.....	11
3.1 Přehled vypočtených emisí CO ₂ pro jednotlivé roky	11
3.2 Výsledky citlivostní analýzy	13
4 Vyhodnocení výsledků	15
4.1 Diskuse	16
5 Závěr	18

Tato studie byla zpracována s finanční podporou Technologické agentury České republiky z programu Théta v rámci projektu Příprava nástrojů pro realizaci optimálního scénáře renovace a adaptace budov do 2050.



MANAŽERSKÉ SHRUTÍ

Česká republika si stanovila závazek do roku 2050 snížit emise oxidu uhličitého o 80 až 95 % vůči roku 1990. K jeho splnění je potřeba oproti roku 2016, který je výchozí pro modelování scénářů renovace budov, potřeba snížit roční emise o 73,8 Mt CO₂. Za předpokladu rovnoměrného podílu sektorů ekonomiky na snižování na plnění závazku byla dopočtena maximální produkce emisí pro fond budov v roce 2050, která činí 11,4 Mt CO₂.

Studie vyčíslila potenciál úspor emisí CO₂ z provozu českého fondu obytných, veřejných a podnikatelských budov podle aktualizovaných scénářů renovace budov. Výpočty vychází z údajů o modelovaných konečných ročních spotřebách energie ve čtyřech scénářích v letech 2016–2050. Ke každému scénáři byl sestaven odhad vývoje podílu zdrojů na pokrytí konečné spotřeby energie v budovách a vývoj výroby elektřiny z fotovoltaiky na budovách. Na základě dostupných informací byly stanoveny emisní faktory CO₂ pro jednotlivá paliva a energonositele.

Výsledky ukázaly, že fond budov v roce 2016 produkoval celkem 36,9 Mt CO₂, což znamená, že provozování fondu budov se na celkových národních emisích podílelo přibližně 34,6 %.

Výstupy výpočtu ukazují na potenciál snížení provozních emisí CO₂ národního fondu budov bez uvažování fotovoltaiky oproti roku 2016 v rozmezí od 27,6 % v *Základním scénáři* do 52,0 % v *Hypotetickém scénáři* do roku 2050. Při zahrnutí fotovoltaiky na budovách se jedná o rozmezí snížení od 43,6 % do 86,9 %. Vůči emisím z roku 1990 by pak rozpětí snížení za různých předpokladů renovace budov a rozvoje fotovoltaiky mohlo činit 69 % až 93 %.

Porovnání hodnot emisí v jednotlivých scénářích s maximální cílovou hodnotou potřebnou ke splnění národního emisního závazku alokovaného na fond budov ve výši 11,4 Mt CO₂ ukázalo, že závazek **je možné splnit pouze realizací alespoň *Progresivního scénáře renovace budov v kombinaci s rozvojem fotovoltaiky***. V *Hypotetickém scénáři* by cíl byl splněn již v roce 2040 a v roce 2050 by se emise z fondu budov blížily cíli jejich plné dekarbonizace.

Základní scénář k dostatečnému snížení nevede, dosahuje téměř dvojnásobné hodnoty, než je cílová hodnota pro rok 2050. *Reálný scénář dle MPO* cíl také míjí a překračuje hodnotu o 56 %.

Pro dosažení skutečně nulových emisí však bude dále potřeba výrazně změnit podíly zdrojů energie na budovách tak, aby vysokoemisní zdroje nebyly používány, nebo dekarbonizovat energetiku, tedy výrazně snížit emisní faktory elektřiny, dálkového tepla a plynu.

1 ÚVOD

Tato analýza je součástí projektu *Příprava nástrojů pro realizaci optimálního scénáře renovace a adaptace budov do 2050* financovaného z programu Théta, Technologické agentury ČR pod číslem TK01010099, realizovaného Šancí pro budovy.

Cílem studie je vyčíslit potenciál úspor emisí CO₂ z provozu českého fondu budov podle jednotlivých aktualizovaných scénářů renovace budov tak, jak byly zpracovány Šancí pro budovy v souladu s požadavky na Dlouhodobou strategii renovací podle článku 2a směrnice o energetické náročnosti budov (EU) 2018/844, a vyhodnotit možný příspěvek energeticky úsporných opatření na fondu budov k národním emisním závazkům.

Tato zpráva navazuje na zprávu *Potenciál úspor emisí skleníkových plynů ČR pomocí rekonstrukcí budov z roku 2016*¹. Oproti roku 2016 byly aktualizovány a zpřesněny jednotlivé scénáře renovace budov, byly aktualizovány emisní faktory podle aktuálního vývoje energetického mixu, rovněž byly aktualizovány předpoklady vývoje energetického mixu zdrojů na budovách a doplněny scénáře rozvoje fotovoltaických instalací na budovách.

¹ Lupíšek, A. *Potenciál úspor emisí skleníkových plynů ČR pomocí rekonstrukcí budov*. České vysoké učení technické v Praze, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, 2016.

2 METODIKA

Metodika pro modelování provozních emisí CO₂ pro budovy zahrnovala:

- Shrnutí základních údajů ke scénářům vývoje fondu budov ČR (renovace a novostaveb), zejména co se týče plochy, kvality a míry renovací, nárůstu počtu novostaveb
- Zpracování údajů o spotřebách energie v budovách pro období do roku 2050
- Aktualizaci scénářů podílů energetických zdrojů na budoucí spotřebě energie na vytápění, ohřev teplé vody a osvětlení v budovách (spotřeby uvedené v PENB)
- Doplnění odhadů spotřeby energie na spotřebiče a vaření v rezidenčním sektoru
- Aktualizaci emisních faktorů pro jednotlivá paliva a energonositele
- Výpočet emisí CO₂ pro jednotlivé scénáře renovace budov
- Doplnění scénářů rozvoje fotovoltaických instalací a variantní modelování emisí CO₂
- Provedení citlivostní analýzy zohledňující možný budoucí pokles emisních faktorů elektřiny ze sítě, dálkového tepla a plynu z rozvodů
- Vyhodnocení výsledků s ohledem na národní klimatické závazky

2.1 Použité scénáře vývoje fondu budov ČR

Tato studie vychází ze čtyř stavebně-technických scénářů renovace fondu budov v ČR. Pro každý z nich byly vymodelovány dílčí scénáře lišící se ve struktuře zdrojů energie v budovách.

2.1.1 Scénáře energeticky úsporné renovace fondu budov ČR

Výpočet byl vypracován pro čtyři stavebně-technické scénáře vývoje fondu budov ČR:

- *Základní* (bez nových politických opatření, dále také Business as Usual, zkráceně BAU)
- *Reálný dle MPO* (doporučený ve vládním dokumentu², tam také nazývaný Optimální)
- *Progresivní* (rychlá a důkladná renovace fondu budov)
- *Hypotetický* (3 % důkladně renovovaných budov od roku 2020)

Scénáře byly založeny na modelech, které jsou popsány ve studiích Šance pro budovy^{3,4}. Tyto modely byly aktualizovány a doplněny v *Dlouhodobé strategii renovací*⁵. Jednotlivé scénáře se liší roční mírou a hloubkou renovací v různých kategoriích budov – viz Tab. 1.

Mělká energetická renovace odpovídala zlepšení tepelně-izolační obálky budovy na hodnoty požadované normou, střední renovace na hodnoty doporučené pro nízkoenergetické domy. Hluboká renovace představuje rekonstrukce na úroveň požadavků pro pasivní domy – tedy zlepšení obálky budovy a instalace mechanického větrání s rekuperací. S hloubkou renovací pak šla ruku v ruce i výměna zdroje za efektivnější.

² Dlouhodobá strategie renovací, návrh MPO zaslaný v březnu 2020 do meziresortního připomínkového řízení

³ Antonín, J. *Průzkum fondu rezidenčních budov v České republice a možnosti úspor v nich*. Šance pro budovy, 2016.

⁴ Antonín, J. *Průzkum fondu nerezidenčních budov v České republice a možnosti úspor v nich, aktualizovaná verze prosinec 2016*. Šance pro budovy, 2016.

⁵ *Dlouhodobá strategie renovace budov v České republice, aktualizace květen 2020*. Šance pro budovy, 2020.

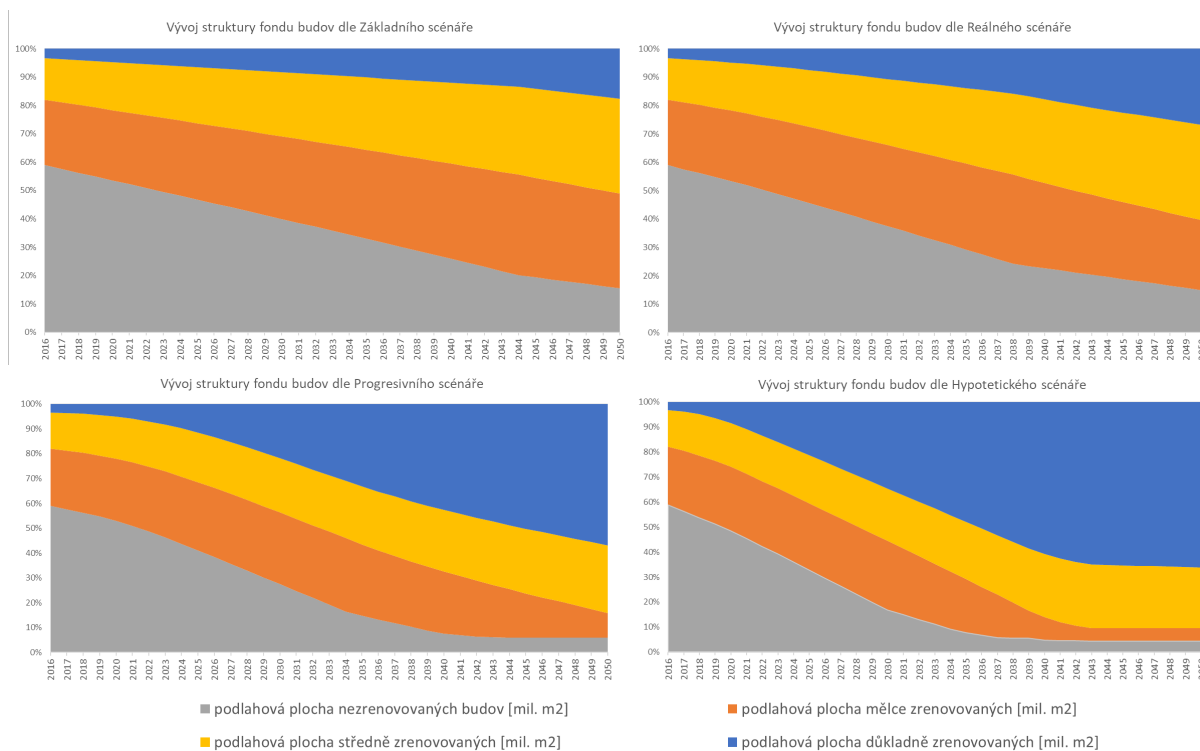
Tab. 1: Zjednodušená rozdílová tabulka

Kategorie budov	Hloubka renovace	Scénář			
		Základní	Reálný dle MPO	Progresivní	Hypotetický
Nová výstavba – roční přírůstky plochy v jednotlivých kategoriích*					
<i>rodinné domy</i>		1,11 %	1,11 %	1,11 %	1,11 %
<i>bytové domy</i>		0,46 %	0,46 %	0,46 %	0,46 %
<i>veřejné a komerční budovy</i>		0,96 %	0,96 %	0,96 %	0,96 %
Roční míra renovací po kategoriích					
<i>rodinné domy</i>		1,40 %	1,40 %	3,00 %	3,00 %
<i>bytové domy</i>		0,79 %	0,79 %	2,00 %	3,00 %
<i>veřejné a komerční budovy</i>		1,40 %	2,00 %	2,50 %	3,00 %
Rozložení nárůstu hloubky renovací v čase					
Podíly hloubky nově realizovaných renovací uvažované v jednotlivých scénářích		Výchozí rozložení (stabilní po celou dobu)**	Nárůst do 2025 (a poté stabilní)	nárůst do 2030 (a poté stabilní)	rovnou od 2020 (a poté stabilní)
<i>rodinné domy</i>	<i>mělké</i>	35 %	20 %	5 %	5 %
	<i>střední</i>	38 %	40 %	10 %	10 %
	<i>důkladné</i>	27 %	40 %	85 %	85 %
<i>bytové domy</i>	<i>mělké</i>	31 %	20 %	5 %	5 %
	<i>střední</i>	50 %	40 %	10 %	10 %
	<i>důkladné</i>	19 %	40 %	85 %	85 %
<i>veřejné a komerční budovy</i>	<i>mělké</i>	27 %	20 %	5 %	5 %
	<i>střední</i>	44 %	40 %	10 %	10 %
	<i>důkladné</i>	30 %	40 %	85 %	85 %

* Vedle nové výstavby uvažují všechny kategorie i odhad míry demolic (demolition rate) ve výši 0,2 % – pouze u bytových domů byla míra demolic snížena na 0,1 %,

** Výchozí podíly hloubek renovací vychází z dat databáze ENEX dle zatřídění průkazu energetické náročnosti budovy s účelem vypracování "Větší změna dokončené budovy". Zdroj: *Dlouhodobá strategie renovací*⁵.

Graf 1: Modelovaný vývoj struktury celkového fondu budov v období 2016-2050 dle scénářů renovace



2.1.2 Scénáře konečné spotřeby energie v budovách do roku 2050

Vstupními údaji pro výpočet emisí CO₂ fondu budov byly výstupy z výpočetního modelu popsaného v předchozí kapitole a detailněji v *Dlouhodobé strategii renovací*. Základním vstupem byly modelové konečné spotřeby energie rezidenčních a nerezidenčních budov mezi roky 2016 a 2050. Shrnutí pro rezidenční a nerezidenční fond budov je uvedeno v Tab. 2.

Tab. 2: Zestručněný přehled vstupních údajů o konečné spotřebě energie ve fondu budov ČR. Hodnoty jsou uvedeny v PJ/rok a nezahrnují spotřebu energie na vaření a spotřebiče.

Scénáře renovací	2016	2030	2040	2050
Rezidenční budovy				
Základní		234	219	204
Reálný dle MPO	253	232	214	196
Progresivní		206	154	126
Hypotetický		179	126	115
Nerezidenční budovy				
Základní		117	109	102
Reálný dle MPO	125	113	102	93
Progresivní		107	94	86
Hypotetický		98	85	83

Jelikož modelové spotřeby v rezidenčním sektoru neuvažovaly spotřebu energie na vaření a domácí spotřebiče, byly pro výpočet celkových rezidenčních emisí tyto spotřeby připočteny k modelové spotřebě, a to ve výši 15,5 PJ za domácí spotřebiče a 15 PJ za vaření⁶ v každém roce.

2.1.3 Scénáře podílů paliv a energonositelů na spotřebě energie

Oproti předchozí analýze z roku 2016 jsou aktualizovány scénáře odhadovaných podílů zdrojů energie v budovách v roce 2050. Scénáře byly zpracovány pro každý renovační scénář samostatně pro rezidenční a nerezidenční budovy. Jako výchozí hodnoty byly použity hodnoty sestavené ve výše uvedených reportech na základě dostupných statistických údajů pro rok 2016. Následně byly staveny cílové hodnoty podílů zdrojů energie v budovách v roce 2050. Mezilehlé hodnoty mezi současným a cílovým stavem byly lineárně interpolovány.

Hodnoty, které jsou uvedeny v Tab. 3 byly stanoveny na základě analýzy předpokladů budoucího vývoje a národních závazků obsažených ve *Vnitrostátním plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu*⁷ a dalších dokumentů, které se v posledním roce zabývaly potenciálem energetiky ČR. Pro vyčíslení potenciálu dekarbonizace sektoru budov byly využity scénáře rozvoje obnovitelných zdrojů energie dle materiálu *Potenciál využití obnovitelných zdrojů energie v budovách*⁸. Použity byly scénáře pro rozvoj fotovoltaických elektráren, solárních termických kolektorů, tepelných čerpadel a využití biomasy (pelet) v ČR do roku 2030 s výhledem do roku 2050.

⁶ Pro zjednodušení bylo uvažováno s těmito spotřebami jako konstantními po celou dobu, což odpovídá dlouhodobému trendu. Uvažovaným energonositelem pro spotřebiče byla elektřina, u vaření bylo uvažována z 50 % elektřina a z 50 % plyn.

⁷ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR: *Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu 2019*, ke stažení na <https://mpo.cz/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/vnitrostatni-plan-ceske-republiky-v-oblasti-energetiky-a-klimatu--252016/>

⁸ *Potenciál využití obnovitelných zdrojů energie v budovách*, Komora obnovitelných zdrojů energie, 2018

Tab. 3: Uvažované podíly zdrojů na konečné spotřebě energie pro rezidenční a nerezidenční budovy v roce 2050 (zaokrouhлено)

Scénář renovace		Základní	Reálný dle MPO	Progresivní	Hypotetický
Energonositel/zdroj energie	2016	2050	2050	2050	2050
Rezidenční budovy					
Topné oleje	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Zemní plyn	30 %	25 %	26 %	23 %	22 %
Uhlí	12 %	10 %	3 %	0 %	0 %
Biomasa (bez pelet)	20 %	25 %	20 %	15 %	12 %
Pelety	0,3 %	4 %	9 %	14 %	16 %
CZT	17 %	16 %	16 %	15 %	15 %
Elektřina	19 %	10 %	11 %	8 %	8 %
Solárně termické systémy	0,3 %	2 %	4 %	6 %	7 %
Tepelná čerpadla	1 %	9 %	12 %	19 %	21 %
Nerezidenční budovy					
Plynová kogenerace	2 %	2 %	2 %	2 %	2 %
Zemní plyn	27 %	26 %	23 %	22 %	22 %
Uhlí	0,2 %	0,2 %	0 %	0 %	0 %
Biomasa (bez pelet)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Pelety	0,3 %	4 %	8 %	8 %	9 %
CZT	29 %	28 %	25 %	25 %	25 %
Elektřina	42 %	39 %	36 %	36 %	35 %
Solárně termické systémy	0,2 %	2 %	4 %	4 %	4 %
Tepelná čerpadla	0 %	0,2 %	3 %	3 %	3 %

2.1.4 Scénáře rozvoje fotovoltaiky na budovách

Scénáře vývoje vyrobené elektřiny z fotovoltaiky se v rámci renovačních scénářů liší. Základním uvažovaným rozdílem je hloubka renovace – čím hlubší renovace, tím větší předpoklad preference komplexnějších projektů, a tedy i instalace fotovoltaického systému.

Tab. 4: Scénáře vývoje dodané energie z fotovoltaiky na budovách pro rezidenční a nerezidenční sektor dle materiálu *Potenciál využití obnovitelných zdrojů energie v budovách⁸* (v GWh/rok)

Sektor	Scénář	2016	2030	2040	2050
Rezidenční sektor	Střední	262	2 944	4 710	6 477
	Optimální	262	5 561	8 995	12 430
	Technický	262	5 414	9 707	14 000
Nerezidenční sektor	Střední	140	1 560	2 490	3 420
	Optimální	140	2 940	4 755	6 570
	Technický	140	3 129	5 265	7 400
Fond budov celkem	Střední	402	4 504	7 200	9 897
	Optimální	402	8 501	13 750	19 000
	Technický	402	8 543	14 971	21 400

Tyto scénáře pak byly přiřazeny scénářům renovace budov následujícím způsobem:

- *Základnímu scénáři* renovace budov byl přiřazen *Střední* scénář rozvoje fotovoltaiky.
- *Reálnému scénáři dle MPO* byl přiřazen *Střední* scénář rozvoje fotovoltaiky.
- *Progresivnímu scénáři* byl přiřazen *Optimální* scénář rozvoje fotovoltaiky.
- *Hypotetickému scénáři* byl přiřazen *Technický* scénář rozvoje fotovoltaiky.

2.2 Výpočet úspor emisí pro jednotlivé scénáře

2.2.1 Postup výpočtu

Pro výpočet byl rozšířen model Šance pro budovy vytvořený pro *Dlouhodobou strategii renovací*. Model obsahuje podrobná data o vypočtených úsporách konečné spotřeby energie pro rodinné domy, bytové domy a pro nerezidenční budovy v jednotlivých letech do roku 2050. Tyto konečné spotřeby energie byly rozděleny mezi jednotlivé zdroje podle scénářů uvedených v předchozí kapitole a byla k nim také následně přiřazena určitá výroba elektřiny z fotovoltaiky.

2.2.2 Emisní faktory pro jednotlivé energonositele

Ve výpočtech byly pro paliva použity emisní faktory kompatibilní s Národní inventarizační zprávou (NIR)^{9,10}. Pro elektřinu ze sítě nebyla dostupná jednoznačná informace o emisní intenzitě. Na základě analýzy dostupných zdrojů^{11,12,13} a odborných konzultací byl zvolen emisní faktor 0,6 t CO₂/MWh. Podobně nebylo možné jednoznačně určit hodnotu emisního faktoru dálkového tepla, protože ta se napříč jednotlivými sítěmi CZT liší v závislosti na zdroji a použitých technologiích. Na základě analýzy informací obsažených v dostupných zdrojích^{14,15,16,17} byl pro CZT pro účely této analýzy průměrný emisní faktor 0,3 t CO₂/MWh.

⁹ Výpočtové faktory pro výkazy emisí za rok 2019 dostupné na https://www.mzp.cz/cz/vypoctove_faktory_emise

¹⁰ Czech Republic. 2020 National Inventory Report (NIR) ke stažení na <https://unfccc.int/documents/227664>

¹¹ EEA 2017: CO₂ emission intensity of electricity generation, data ke stažení na https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-intensity-of-electricity-generation/eea-2017-co2-emission-intensity/2017-co2_intensel_eea_csv

¹² Koffi B, Cerutti A.K., Duerr M., Iancu A., Kona A., Janssens-Maenhout G., Covenant of Mayors for Climate and Energy: Default emission factors for local emission inventories – Version 2017, EUR 28718 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-71479-5, doi:10.2760/290197, JRC107518.

¹³ IEA Emission factors database, 2019 edition. Dostupné na <http://data.iea.org/payment/products/122-emissions-factors.aspx>

¹⁴ ENVIROS: Metodika tvorby a hodnocení politik a opatření pro snižování emisí skleníkových plynů. ENVIROS, 2017. Ke stažení na <https://www.enviros.cz/metodika-tvorby-a-hodnoceni-politik-a-opatreni-pro-snizovani-emisi-sklenikovyh-plynu/>

¹⁵ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: Merkblatt zu den CO₂-Faktoren. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2019. Ke stažení na https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/eew_merkblatt_co2.pdf?blob=publicationFile&v=2

¹⁶ Euroheat & Power: Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling systems. Ecoheatcool and Euroheat & Power, 2005-2006. Dostupné na https://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2016/02/Ecoheatcool_WP3_Web.pdf

¹⁷ Ecoheat4cities: The environmental benefits of district heating: using the new Ecoheat4cities label – Guidance for district heating companies. Report projektu Ecoheat4cities, 2012. Dostupný z https://www.bre.co.uk/filelibrary/rpts/ecoheat4cities/Ecoheat4Cities_WP4_Guidance_for_companies.pdf

Co se týče místních zdrojů, pak plynová kogenerace byla namísto odečtu emisí uspořené místní výrobou elektřiny zjednodušeně modelována emisním faktorem polovičním oproti plynovému vytápění. Tepelná čerpadla byla modelována zjednodušeně tak, že byl uvažován jejich pohon elektřinou a průměrný COP 3,0. Samostatně byla modelována elektřina vyrobená v budovách pomocí fotovoltaiky. Ve výpočtu je uvažováno s předpokladem, že elektřina vyrobená na budovách přinese úsporu elektřiny ze sítě (elektřiny na vytápění a ohřev vody, ale i spotřebitelské elektřiny), a proto je možné takto uspořené emise odečíst od produkce emisí fondu budov. Výpočetně měla takto vyrobená elektřina opačný emisní faktor než elektřina ze sítě. Použité emisní faktory jsou shrnuty v Tab. 5.

Vzhledem k nejistotám ohledně emisních faktorů a předpokladu jejich budoucího snižování s dekarbonizací české energetiky byla provedena citlivostní analýza, která je podrobněji popsána v kapitole 2.3.

Tab. 5: Použité emisní faktory

Palivo nebo energie	Použitý emisní faktor [t CO ₂ /MWh]
Uhlí bez rozlišení	0,35
TOEL	0,26
Zemní plyn (plyn z rozvodů)	0,20
Biomasa	0,00
Teplo ze solárních kolektorů	0,00
Elektřina ze sítě	0,60
Elektřina vyrobená fotovoltaikou v místě	-0,60
Dálkové teplo (CZT)	0,30
Zjednodušený výpočet pro plynovou kogeneraci	0,10
Zjednodušený výpočet pro teplo vyrobené pomocí tepelných čerpadel	0,20

2.3 Citlivostní analýza na pokles emisních faktorů elektřiny ze sítě, dálkového tepla a plynu z rozvodů

Vzhledem k nejistotám ohledně emisních faktorů elektřiny a dálkového tepla a možného budoucího vývoje mixu plynu byla provedena citlivostní analýza pro rok 2050. Citlivostní analýza byla provedena bez i s uvažováním fotovoltaiky na budovách.

Samostatně byly zkoumány dopady potenciálního snížení emisních faktorů:

- U elektřiny ze sítě bylo použito snížení emisních faktorů na 67 % a 33 % tedy z výchozí hodnoty 0,6 na hodnoty 0,4 a 0,2 t CO₂/MWh. To zohledňuje možný budoucí rozvoj obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny do sítě (na úrovni utilit).
- U dálkového tepla (CZT) bylo použito snížení emisních faktorů na 75 % a 50 %, tedy z výchozí hodnoty 0,3 na hodnoty 0,225 a 0,15 t CO₂/MWh. To zohledňuje možnou budoucí výměnu zdrojů uhelných zdrojů za plyn, případně i biomasu.
- U plynu z rozvodu bylo použito snížení emisního faktoru na 90 % a 80 %, tedy z výchozí hodnoty 0,2 na 0,18 a 0,16 t CO₂/MWh. To zohledňuje možné vtláčení bioplynu do rozvodů, případně také syngasu vyrobeného za pomoci nízkoemisní elektřiny.

Tato snížení emisních faktorů byla ve druhém kroku přiřazena do dvou kombinací snížení emisních faktorů tak, jak jsou popsány v Tab. 6

Tab. 6: Scénáře vývoje emisních faktorů elektřiny, CZT a plynu pro rok 2050 [t CO₂/MWh]

Palivo nebo energie	Scénáře emisních faktorů [t CO ₂ /MWh]		
	EF1 (výchozí)	EF2	EF3
Elektřina ze sítě	0,60	0,40	0,20
Dálkové teplo	0,30	0,225	0,15
Plyn z rozvodů	0,20	0,18	0,16

Tato studie nezkoumá možnosti snížení těchto emisních faktorů, ale jen a pouze provádí citlivostní analýzu vlivu jejich snížení na celkové emise z fondu budov.

2.4 Klimatické závazky ČR

K vyhodnocení výsledků studie s ohledem na národní klimatické závazky bylo potřeba shrnout vstupní data týkající se národních klimatických závazků.

Česká republika se zavázala ke snížení produkce emisí skleníkových plynů o 80 % oproti roku 1990¹⁸. Podle *Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu 2019*¹⁹ vyprodukovala ČR v roce 1990 celkem 194,35 Mt CO_{2,eq.} (bez uvažování LULUCF a odpadů). Do roku 2016 tyto emise poklesly na úroveň 124,02 Mt CO_{2,eq.}. Dodržení závazku bude představovat nutnost snížení roční produkce emisí na 38,87 Mt CO_{2,eq.}.

V této studii nebyly dostupné kompletní emisní faktory pro potenciál globálního oteplování (GWP [t CO_{2,eq.}]), proto bylo počítáno pouze se základním skleníkovým plynem, emisemi CO₂. *Národní inventarizační zpráva České republiky z roku 2020*²⁰ uvádí přehled produkce skleníkových plynů po jednotlivých plynech. Pro emise CO₂ v ČR uvádí pro rok 1990 hodnotu 164,2 Mt. Uvažujeme-li teoreticky rovnoměrné rozložení národního závazku mezi sledované skleníkové plyny, znamenal by závazek 80% snížení maximální produkci CO₂ v roce 2050 na hodnotu 32,8 Mt. V roce 2016 tato produkce činila 106,6 Mt CO₂, do roku 2050 je tedy potřeba snížit roční produkci emisí ČR o 73,8 Mt CO₂.

Z dalších výsledků plyne, že fond budov v roce 2016 produkoval celkem 36,9 Mt CO₂, což znamená, že provozování fondu budov se na celkových národních emisích podílelo přibližně 34,6 %. **Maximální cílová hodnota potřebná ke splnění adekvátního národního emisního závazku alokovaného na fond budov je ve výši 11,4 Mt CO₂ pro rok 2050.**

Adekvátně by se pro rok 1990 daly zpětně odhadnout emise z fondu budov na úrovni 67,25 Mt CO₂ (tento odhad má velkou nepřesnost, emise začátkem devadesátých let razantně klesaly zejména díky útlumu těžkého průmyslu a restrukturalizaci hospodářství).

¹⁸ Ministerstvo životního prostředí české republiky: *Politika ochrany klimatu v ČR*. Schválena vládou 22.3.2017. Podrobné informace na https://www.mzp.cz/cz/politika_ochrany_klimatu_2017

¹⁹ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR: *Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu 2019*, ke stažení na <https://mpo.cz/cz/energetika/strategie-a-koncepcni-dokumenty/vnitrostatni-plan-ceske-republiky-v-oblasti-energetiky-a-klimatu--252016/>

²⁰ Eva Krtková (ed.): *National Greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic – Submission under UNFCCC and Under the Kyoto Protocol Reported Inventories 1990–2018*. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 2020.

3 VÝSLEDKY

3.1 Přehled vypočtených emisí CO₂ pro jednotlivé roky

Výsledné emise po jednotlivých scénářích jsou uvedeny v následujících tabulkách. Tab. 7 uvádí pro jednotlivé scénáře emise dosažitelné pomocí energeticky úsporné renovace budov, tedy zlepšení kvality obálek budov, výměny zdrojů za efektivnější, využití účinného řízení a využití nuceného větrání s rekuperací, ale bez instalace fotovoltaických systémů.

Tab. 8 pak zahrnuje i fotovoltaické systémy na budovách. Tabulky pro zjednodušení uvádí pouze hodnoty v letech 2016 (což byl výchozí rok modelu) a pro roky 2030, 2040 a 2050.

Tab. 7: Výsledné emise CO₂ z provozu českého fondu budov pro jednotlivé scénáře bez uvažování fotovoltaiky na budovách. Hodnoty jsou uvedeny v Mt CO₂/rok.

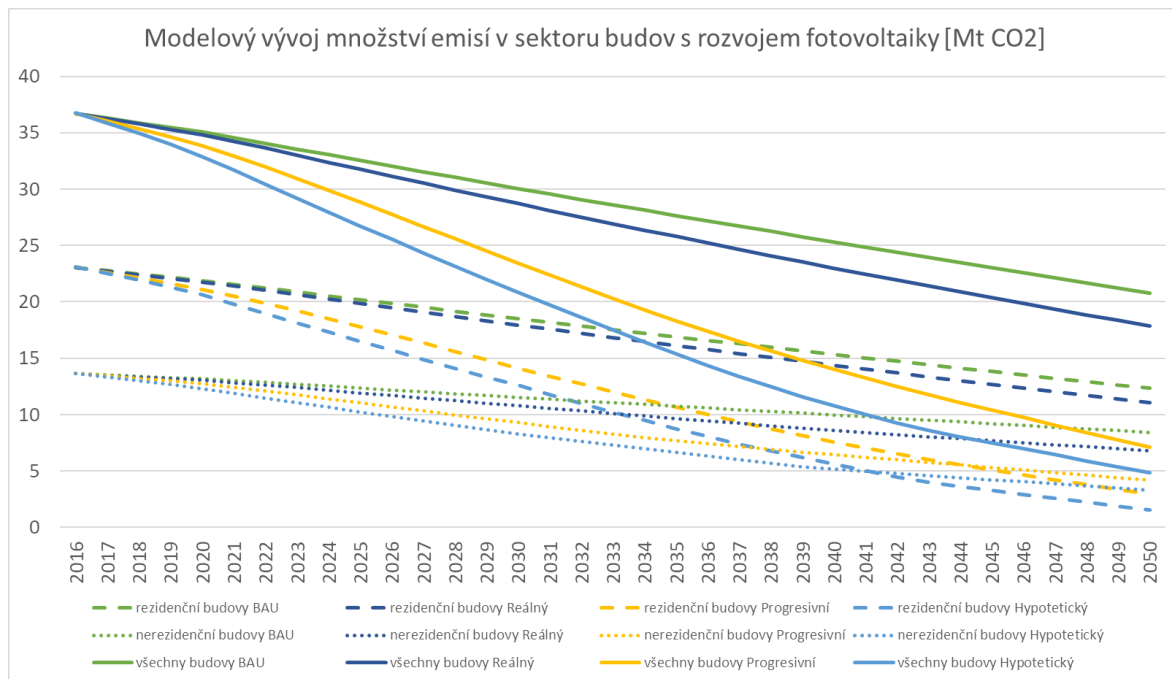
Segment	Scénář	Rok			
		2016	2030	2040	2050
Rezidenční budovy	Základní	23,2	20,3	18,2	16,2
	dle MPO		19,7	17,2	14,9
	Progresivní		17,5	13,0	10,4
	Hypotetický		15,8	11,4	9,9
Nerezidenční budovy	Základní	13,7	12,5	11,5	10,5
	Reálný dle MPO		11,7	10,1	8,9
	Progresivní		11,1	9,3	8,1
	Hypotetický		10,1	8,3	7,7
Fond budov celkem	Základní	36,9	32,8	29,6	26,7
	Reálný dle MPO		31,4	27,3	23,8
	Progresivní		28,5	22,3	18,5
	Hypotetický		26,0	19,8	17,7

Tab. 8: Výsledné emise CO₂ z provozu českého fondu budov pro jednotlivé scénáře včetně fotovoltaiky na budovách. Hodnoty jsou uvedeny v Mt CO₂/rok.

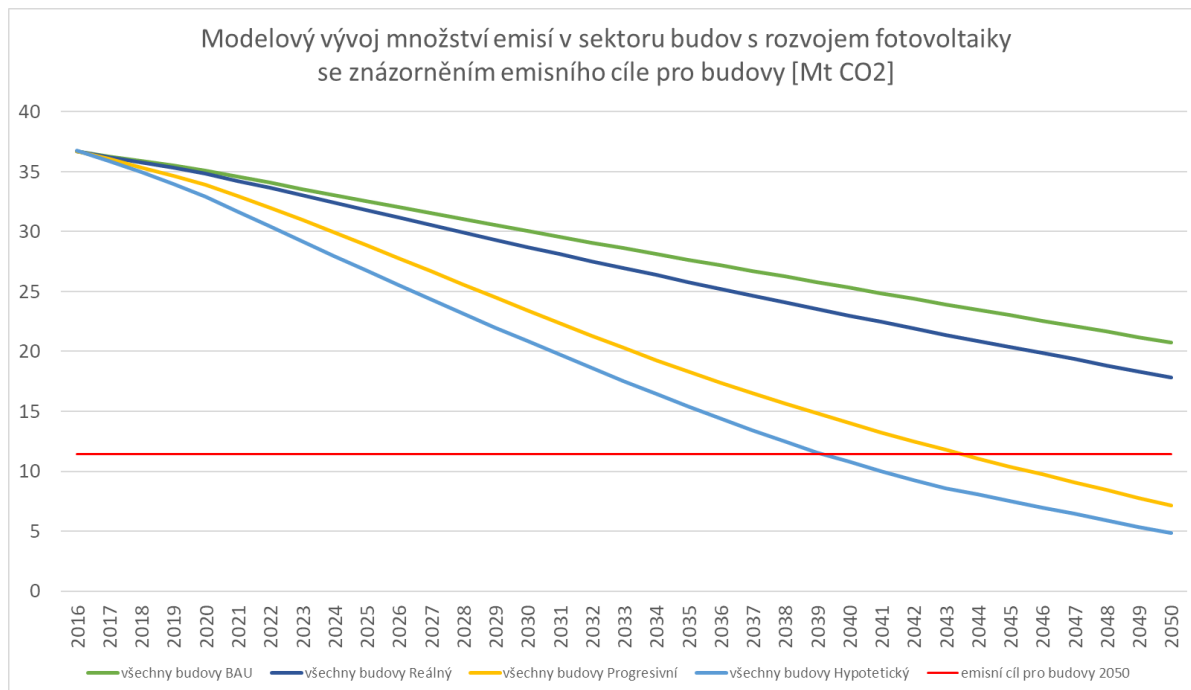
Segment	Scénář	Rok			
		2016	2030	2040	2050
Rezidenční budovy	Základní (BAU)	23,1	18,5	15,3	12,3
	Reálný dle MPO		17,9	14,4	11,0
	Progresivní		14,1	7,6	2,9
	Hypotetický		12,6	5,6	1,5
Nerezidenční budovy	Základní (BAU)	13,6	11,5	10,0	8,4
	Reálný dle MPO		10,8	8,6	6,8
	Progresivní		9,3	6,5	4,2
	Hypotetický		8,3	5,2	3,3
Fond budov celkem	Základní (BAU)	36,7	30,0	25,3	20,8
	Reálný dle MPO		28,7	23,0	17,8
	Progresivní		23,4	14,0	7,1
	Hypotetický		20,8	10,8	4,8

Výstupy výpočtu ukazují na potenciál snížení provozních emisí bez uvažování fotovoltaiky na budovách CO₂ českého fondu budov do roku 2050 v rozmezí od zhruba 27,6 % ve *Základním scénáři* do 52,0 % v *Hypotetickém scénáři*. Při zahrnutí fotovoltaiky na budovách se jedná o snížení v rozmezí od 43,6 % až do 86,9 %.

Graf 2: Modelovaný vývoj množství provozních emisí CO₂ českého fondu budov včetně uvažování fotovoltaiky na budovách při uvažování konstantních emisních faktorů [Mt CO₂]



Graf 3: Modelovaný vývoj množství provozních emisí CO₂ českého fondu budov včetně uvažování fotovoltaiky na budovách při uvažování konstantních emisních faktorů včetně znázornění emisního cíle pro budovy [Mt CO₂]



3.2 Výsledky citlivostní analýzy

Následující tabulky uvádí výsledky citlivostní analýzy hodnot provozních emisí CO₂ v jednom bodě pro rok 2050. Tab. 9 Tab. 8 uvádí citlivost na emisní faktor elektřiny ze sítě, Tab. 10 citlivost na emisní faktor plynu z rozvodů a na emisní faktor dálkového tepla. Citlivost na kombinace emisních faktorů podle kombinovaných variant EF1–EF3 jsou v Tab. 12.

Tab. 9: Citlivost výsledných emisí CO₂ z provozu českého fondu budov na emisním faktoru elektřiny v roce 2050 pro jednotlivé scénáře. Hodnoty jsou uvedeny v Mt CO₂/rok.

Elektřina		Bez rozvoje fotovoltaiky			S rozvojem fotovoltaiky		
Emisní faktor elektřiny [t CO ₂ /MWh]		0,6 (základní)	0,4	0,2	0,6 (základní)	0,4	0,2
Rezidenční budovy	Základní	16,2	13,4	10,6	12,3	10,8	9,4
	Reálný dle MPO	14,9	12,0	9,2	11,0	9,5	7,9
	Progresivní	10,4	8,1	5,9	2,9	3,2	3,4
	Hypotetický	9,9	7,7	5,5	1,5	2,1	2,7
Nerezidenční budovy	Základní	10,5	8,3	6,1	8,4	6,9	5,4
	Reálný dle MPO	8,9	7,0	5,1	6,8	5,6	4,4
	Progresivní	8,1	6,4	4,6	4,2	3,8	3,3
	Hypotetický	7,7	6,1	4,4	3,3	3,1	2,9
Fond budov celkem	Základní	26,7	21,7	16,7	20,8	17,8	14,8
	Reálný dle MPO	23,8	19,0	14,2	17,8	15,1	12,3
	Progresivní	18,5	14,5	10,5	7,1	6,9	6,7
	Hypotetický	17,7	13,8	9,9	4,8	5,2	5,6

Tab. 10: Citlivost výsledných emisí CO₂ z provozu českého fondu budov na emisním faktoru plynu v roce 2050 pro jednotlivé scénáře. Hodnoty jsou uvedeny v Mt CO₂/rok.

Plyn		Bez rozvoje fotovoltaiky			S rozvojem fotovoltaiky		
Emisní faktor plynu [t CO ₂ /MWh]		0,20 (základní)	0,18	0,16	0,20 (základní)	0,18	0,16
Rezidenční budovy	Základní	16,2	15,9	15,6	12,3	12,0	11,7
	Reálný dle MPO	14,9	14,6	14,3	11,0	10,7	10,4
	Progresivní	10,4	10,2	10,0	2,9	2,7	2,5
	Hypotetický	9,9	9,8	9,6	1,5	1,4	1,2
Nerezidenční budovy	Základní	10,5	10,3	10,2	8,4	8,3	8,1
	Reálný dle MPO	8,9	8,8	8,6	6,8	6,7	6,6
	Progresivní	8,1	8,0	7,9	4,2	4,1	4,0
	Hypotetický	7,7	7,6	7,5	3,3	3,2	3,1
Fond budov celkem	Základní	26,7	26,2	25,8	20,8	20,3	19,8
	Reálný dle MPO	23,8	23,3	22,9	17,8	17,4	17,0
	Progresivní	18,5	18,2	17,9	7,1	6,8	6,5
	Hypotetický	17,7	17,4	17,1	4,8	4,6	4,3

Tab. 11: Citlivost výsledných emisí CO₂ z provozu českého fondu budov na emisním faktoru CZT v roce 2050 pro jednotlivé scénáře. Hodnoty jsou uvedeny v Mt CO₂/rok.

CZT		Bez rozvoje fotovoltaiky			S rozvojem fotovoltaiky		
Emisní faktor CZT [t CO ₂ /MWh]		0,300 (základní)	0,225	0,150	0,300 (základní)	0,225	0,150
Rezidenční budovy	Základní	16,2	15,6	14,9	12,3	11,7	11,0
	Reálný dle MPO	14,9	14,3	13,6	11,0	10,4	9,8
	Progresivní	10,4	10,0	9,6	2,9	2,6	2,2
	Hypotetický	9,9	9,6	9,2	1,5	1,2	0,8
Nerezidenční budovy	Základní	10,5	9,9	9,3	8,4	7,8	7,2
	Reálný dle MPO	8,9	8,4	7,9	6,8	6,3	5,9
	Progresivní	8,1	7,7	7,2	4,2	3,7	3,3
	Hypotetický	7,7	7,3	6,9	3,3	2,9	2,4
Fond budov celkem	Základní	26,7	25,4	24,2	20,8	19,5	18,3
	Reálný dle MPO	23,8	22,7	21,6	17,8	16,7	15,6
	Progresivní	18,5	17,7	16,9	7,1	6,3	5,5
	Hypotetický	17,7	16,9	16,1	4,8	4,1	3,3

Tab. 12: Citlivost výsledných emisí CO₂ z provozu českého fondu budov na emisních scénářích dle Tab. 6 v roce 2050 pro jednotlivé scénáře. Hodnoty jsou uvedeny v Mt CO₂/rok.

Kombinace		Bez uvažování fotovoltaiky			S uvažováním fotovoltaiky		
Emisní scénář		EF1 (základní)	EF2	EF3	EF1 (základní)	EF2	EF3
Rezidenční budovy	Základní	16,2	12,5	8,7	12,3	9,9	7,4
	Reálný dle MPO	14,9	11,1	7,3	11,0	8,5	6,0
	Progresivní	10,4	7,5	4,7	2,9	2,6	2,2
	Hypotetický	9,9	7,2	4,4	1,5	1,6	1,6
Nerezidenční budovy	Základní	10,5	7,5	4,6	8,4	6,2	3,9
	Reálný dle MPO	8,9	6,4	3,9	6,8	5,0	3,2
	Progresivní	8,1	5,8	3,5	4,2	3,2	2,2
	Hypotetický	7,7	5,6	3,4	3,3	2,6	1,9
Fond budov celkem	Základní	26,7	20,0	13,3	20,8	16,0	11,3
	Reálný dle MPO	23,8	17,5	11,1	17,8	13,5	9,1
	Progresivní	18,5	13,4	8,2	7,1	5,8	4,4
	Hypotetický	17,7	12,7	7,8	4,8	4,2	3,5

4 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Výsledky výpočtů ukazují, že **fond budov v roce 2016 produkoval celkem 36,9 Mt CO₂**, přičemž z rezidenčních budov pocházelo 23,3 Mt CO₂ a z nerezidenčních budov 13,7 Mt CO₂. Celková podlahová plocha budov v roce 2016 byla 599,49 mil m², a **průměrná emisní intenzita za celý fond budov byla 61,6 kg CO₂/(m²·rok)**.

Podle údajů z kap. 0 činily v tomtéž roce národní emise 106,6 Mt CO₂, což znamená, že podíl provozování fondu budov na celkových národních emisích byl přibližně 34,7 %. Podíl rezidenčních budov na národních emisích byl přibližně 21,9 % a podíl nerezidenčních budov 12,9 %.

Národní závazek přepočtený na emise CO₂ v roce 2050 představuje celkovou produkci emisí na úrovni 32,8 Mt. Budeme-li pro zjednodušení předpokládat rovnoměrné rozložení zodpovědnosti za snižování emisí napříč odvětvími české ekonomiky, můžeme uvažovat pro fond budov konstantní podíl na národních emisích. To by znamenalo, že **cílová maximální hodnota ročních emisí CO₂ fondu budov v roce 2050 je 11,4 Mt CO₂**. Předpokládaná podlahová plocha budov v roce 2050 byla 741,02 mil m², **cílová emisní intenzita fondu budov tak, aby vyhovoval národnímu závazku je 15,4 kg CO₂/m²·a, což je čtvrtina oproti roku 2016**.

Porovnání hodnot emisí v jednotlivých scénářích uvedených v Tab. 7 a Tab. 8 s maximální cílovou hodnotou potřebnou ke splnění národního emisního závazku 11,4 Mt CO₂ ukázalo, že **závazek je možné splnit pouze realizací alespoň Progresivního scénáře renovace budov v kombinaci s rozvojem fotovoltaiky**.

V *Hypotetickém* scénáři by cíl byl splněn již v roce 2040 a v roce 2050 by se blížil závazku plné dekarbonizace českého fondu budov.

Základní scénář k dostatečnému snížení nevede, dosahuje téměř dvojnásobné hodnoty, než je cílová hodnota pro rok 2050. *Reálný scénář dle MPO* pak překračuje cílovou hodnotu o 56 %.

Ke splnění emisního závazku ČR je do roku 2050 potřeba snížit roční národní produkci emisí o 73,8 Mt CO₂. V případě realizace *Hypotetického* scénáře s uvažováním fotovoltaiky by na fondu budov došlo k roční úspoře emisí 31,9 Mt CO₂, což by ke snížení na národní úrovni přispělo celkem 43,2 %, tedy vyšším podílem, než činí emise z budov na celkových emisích nyní.

V *Hypotetickém* scénáři bez rozvoje fotovoltaiky v případě snížení emisního faktoru elektřiny ze sítě o 33 % na 0,4 t CO₂/MWh klesnou oproti modelu s konstantním emisním faktorem v roce 2050 emise národního fondu budov o 22,0 %. V případě snížení o 67 % na 0,2 t CO₂/MWh by byl pokles přibližně o 44,0 %. Snížení emisního faktoru dálkového tepla o 25 %, resp. o 50 % by vedlo na snížení emisí o 4,5 % a 9,0 %. Snížení emisního faktoru plynu o 10 %, resp. o 20 % by přinesl pokles emisí o 1,7 % a 3,4 %. V případě snížení emisních faktorů podle kombinace emisních faktorů *EF2* by byl pokles emisí 28,2 %, v případě kombinace *EF3* pak 56,5 %.

V případech, kdy se zahrnuje fotovoltaika na budovách a odpočet teoreticky přebytečné elektřiny oproti emisnímu faktoru elektřiny ze sítě, je situace méně přehledná, protože odečet je tím větší, čím vyšší je emisní faktor elektřiny a rychlejší rozvoj fotovoltaiky. V praxi to znamená, že se snižujícím se emisním faktorem elektřiny jsou celkové emise z budov v roce 2050 u nejprogresivnějšího scénáře renovací mírně vyšší, neboť tento scénář zároveň počítá

s rychlým rozvojem fotovoltaiky, jejíž výroba je exportována do sítě. Jde nicméně pouze o metodiku počítání emisí sektoru budov a specifickou roli elektřiny, resp. fotovoltaiky. Celkové emise sektoru budov lze v *Hypotetickém* scénáři do roku 2050 právě díky integraci fotovoltaiky a uvažování kombinace emisních faktorů *EF3* oproti roku 2016 snížit až o 90 %.

4.1 Diskuse

Vzhledem k rozsáhlosti modelu bylo potřeba i u této studie učinit celou řadu zjednodušení, která nutně vedou k nejistotám.

Hlavním zdrojem nejistot jsou zejména použité emisní faktory. Oproti předchozí studii z roku 2016, která u emisního faktoru elektřiny ze sítě vycházela z hodnoty 1,17 kg/kWh uvedené v tehdy platné vyhlášce pro provádění energetických auditů, byl v této studii použit emisní faktor blíže statistickým hodnotám pro energetický mix. Tento fakt vedl k výrazné korekci směrem snížení výsledných emisí CO₂. Zatímco předchozí studie z roku 2016 prezentovala podíl budov na národní produkci CO₂ 43 %, výsledek této zpřesněné studie ukazuje 34,7 %, což je blíže evropskému průměru 36 % uváděnému Evropskou komisí²¹.

Dalším zdrojem nepřesností je fakt, že s emisními faktory se nepracuje dynamicky a nejsou zohledněny některé zpětné vazby. Například snižování emisních faktorů u plynu i dálkového tepla by se ve skutečnosti projevilo i snížením emisního faktoru elektřiny díky kogenerační výrobě v teplárnách.

Emisní faktory u obnovitelných zdrojů energie byly uvažovány jako nulové, ale ve skutečnosti tomu tak zcela není. Například pro získávání tepla ze slunečních kolektorů je potřeba pomocná energie, která byla zanedbána. Stejně tak byl nulový emisní faktor použit u biomasy, protože se předpokládalo splnění podmínky obnovitelnosti, což znamená udržitelné pěstování biomasy tak, aby nebylo použito více biomasy, než je možné vypěstovat. Není ale jisté, zda tato podmínka bude v budoucnu dodržena. Zároveň byly zanedbány emise související s těžbou a zpracováním biomasy.

Nejistoty emisních faktorů částečně řeší provedená citlivostní analýza pro cílový rok 2050, která ukazuje, jak se jednotlivé scénáře chovají při uvažování postupného snižování emisních faktorů.

Dalším zdrojem nejistot jsou předpoklady budoucího vývoje podílu zdrojů energie v budovách (a tedy různých paliv či energonositelů). Definici jejich scénářů předcházela odborná diskuse a analýza dostupných dokumentů. Odhadujeme, že vliv odchylky od předpokládaných podílů zdrojů na budovách je menší, než vliv nepřesnosti emisních faktorů.

Určité nejistoty plynou i z povahy vstupních dat o časovém vývoji konečné spotřeby energie v budovách, které vychází ze zjednodušeného modelu a předpokladů o budoucím vývoji fondu budov. Vedle toho jsou nejistoty i v okrajových klimatických podmínkách. V předchozí studii z roku 2016 byly spotřeby energie modelovány ve dvou klimatických scénářích RCP4.5 a RCP8.5 s cílem zjistit, jaký může být dopad změny klimatických podmínek v ČR na konečnou spotřebu

²¹ Evropská komise: Energy performance of buildings directive – Facts and figures. DG Energy, 2020. Dostupné na https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en#facts-and-figures

energie v budovách. S ohledem na očekávané navýšování teplot v obou klimatických scénářích byl do modelu přidán předpoklad nárůstu spotřeby na chlazení a klimatizaci a zároveň snížení spotřeby na vytápění. Výsledným efektem bylo v roce 2050 snížení spotřeby energie v jednotlivých scénářích o 1,7 % až 2,3 % pro klimatický vývoj RCP4.5 a 5,5 % až 6,4 % pro klimatický vývoj RCP8.5 oproti základnímu scénáři. Toto snížení by se samozřejmě projevilo i na emisích. Pro relativně malý rozptyl spotřeb a poměrně velkou přesnost modelování výsledků v této aktualizované studii tyto rozdíly nebyly zapracovány.

Energeticky úsporná renovace fondu budov bude nutně spojena s produkcí svázaných emisí skleníkových plynů, které budou vypuštěny jako důsledek těžby surovin, výroby stavebních materiálů a energetických systémů, jejich dopravy a stavebních procesů jejich zabudování. Tyto svázané emise nebyly doposud příliš uvažovány, protože v poměru k provozním emisím nebyly významné. Ale v momentě, kdy se podaří provozní emise z budov snížit k nule, nabudou svázané emise ze stavebních výrobků a systémů TZB na důležitosti a významně se projeví na celkové produkci emisí skleníkových plynů souvisejících s fondem budov.

5 ZÁVĚR

Cílem studie bylo vyčíslit potenciál úspor emisí CO₂ z provozu českého fondu budov podle aktualizovaných scénářů renovací budov a vyhodnotit možný příspěvek opatření na fondu budov k národním emisním závazkům.

Výpočty vycházely z údajů o modelovaných konečných ročních spotřebách energie národního fondu budov ve čtyřech scénářích renovací v letech 2016–2050. Ke každému scénáři byl sestaven odhad vývoje podílu zdrojů na pokrytí konečné spotřeby energie v budovách a vývoj výroby elektřiny z fotovoltaiky na budovách. Na základě dostupných informací byly stanoveny emisní faktory CO₂ pro jednotlivá paliva a energonositele. Byly vypočteny předpokládané produkce emisí CO₂ pro rezidenční a nerezidenční budovy v letech 2016–2050. Výpočet byl proveden ve dvou variantách, s a bez uvažování výroby elektřiny z fotovoltaických systémů na budovách. Pro rok 2050 byla vypracována citlivostní analýza, která simulovala budoucí pokles emisních faktorů elektřiny ze sítě, plynu z rozvodné plynové soustavy a dálkového tepla.

Výsledky ukázaly, že fond budov v roce 2016 produkoval celkem 36,9 Mt CO₂, přičemž z rezidenčních budov pocházelo 23,2 Mt CO₂ a z nerezidenčních budov 13,7 Mt CO₂. Podíl provozování rezidenčních budov na národních emisích byl přibližně 21,8 %, podíl nerezidenčních budov 12,8 %, celkový podíl činil 34,6 %.

Výstupy výpočtu ukazují na potenciál snížení provozních emisí bez uvažování fotovoltaiky na budovách CO₂ českého fondu budov do roku 2050 v rozmezí od zhruba 27,6 % v *Základním* scénáři do 52,0 % v *Hypotetickém* scénáři. Při zahrnutí fotovoltaiky na budovách se jedná o rozmezí snížení od 43,6 % do 86,9 %. Vůči emisím z roku 1990 by pak rozpětí snížení za různých předpokladů renovace budov a rozvoje fotovoltaiky mohlo činit 69 % až 93 %.

Z předpokladu rovnoměrného podílu sektorů průmyslu na snižování emisí skleníkových plynů byl dopočten národní klimatický závazek pro fond budov v roce 2050, který činí 11,4 Mt CO₂. S touto cílovou hodnotou byly porovnány výsledné hodnoty pro jednotlivé scénáře.

Porovnání hodnot emisí v jednotlivých scénářích uvedených v Tab. 7 a Tab. 8 s maximální cílovou hodnotou potřebnou ke splnění národního emisního závazku 11,4 Mt CO₂ ukázalo, že závazek je možné splnit pouze realizací alespoň Progresivního scénáře renovace budov při současném rozvoji fotovoltaiky. V *Hypotetickém* scénáři by cíl byl splněn již v roce 2040 a v roce 2050 by se emise z fondu budov blížily cíli jejich plné dekarbonizace. *Základní scénář* pak vedl na téměř dvojnásobné hodnoty oproti potřebnému cíli pro rok 2050, *Reálný scénář dle MPO* převyšoval cílovou hodnotu o 56 %.

Dosažení skutečně nulových emisí však musí přispět také snižování emisních faktorů elektřiny, dálkového tepla a plynu nebo výrazná změna podílů zdrojů energie na budovách tak, aby vysokoemisní zdroje nebyly používány, případně v budoucnu spárovat budovy s technologiemi na zachytávání a ukládání uhlíku.

Ke splnění emisního závazku ČR je do roku 2050 potřeba snížit roční národní produkci emisí o 73,8 Mt CO₂. V případě realizace *Hypotetického* scénáře s uvažováním fotovoltaiky by na fondu budov došlo k roční úspoře emisí 31,9 Mt CO₂, což by ke snížení na národní úrovni přispělo snížení emisí o celkem 43,2 % vůči referenční hodnotě emisí v roce 2016.