IMPACTECH\_CZ – TECHNICKÁ PŘÍRUČKA K MODELU

Verze 0.1

Související výsledek: TK01010208-V2 „Interaktivní online model graduálního přechodu na nízkouhlíkovou ekonomiku“ (R – Software)

Číslo projektu: TK01010208

Název projektu: Ekonomické dopady uplatnění různých technologií při nízkouhlíkové transformaci (IMPACTECH)

Předkládá:

**Název** **organizace**: Katedra environmentálních studií, Masarykova Univerzita

**Autoři příručky:** Mgr. Ing. Martin Černý, Ing. Martin Gajdoš, PhD.

**Autoři modelu:** Mgr. Ing. Martin Černý, Ing. Martin Gajdoš, PhD., Martin Bruckner, Dr.

**Hlavní** **řešitel projektu**: Christian Kimmich, MSc., PhD.

Obsah

[Představení a popis účelu software 3](#_Toc82605584)

[Hlavní vlastnosti softwaru IMPACTECH\_CZ 3](#_Toc82605585)

[Prostředí a licence softwaru 4](#_Toc82605586)

[Prostředí 4](#_Toc82605587)

[Licence a dostupnost 4](#_Toc82605588)

[Změny na vstupních datech databáze EXIOBASE v3.6 5](#_Toc82605589)

[Rozčlenění sektorů v elektroenergetice 5](#_Toc82605590)

[Aktualizace dat o zaměstnanosti v detailně členěných sektorech elektroenergetiky 6](#_Toc82605591)

[Aktualizace dat emisí skleníkových plynů v detailně členěných sektorech elektroenergetiky 7](#_Toc82605592)

[Postup práce s modelem IMPACTECH\_CZ ve verzi z GitHub repozitáře 8](#_Toc82605593)

[Organizace kódu modelu IMPACTECH\_CZ 8](#_Toc82605594)

[Popis GUI a jednotlivých funkcí 14](#_Toc82605595)

[Popis vstupních modulů 14](#_Toc82605596)

[Integrace scénářů vývoje elektroenergetiky (výroba elektřiny) 14](#_Toc82605597)

[Integrace scénářů vývoje elektroenergetiky (instalovaná kapacita) 14](#_Toc82605598)

[Integrace scénářů produkce jednotlivých paliv v energetice jako celku 14](#_Toc82605599)

[Integrace projekcí vývoje životnosti 14](#_Toc82605600)

[Integrace projekcí vývoje poměru kapitálových nákladů (capex) versus nákladů na provoz a údržbu (opex) 14](#_Toc82605601)

[Integrace projekcí vývoje nákladů na provoz a údržbu (opex) 15](#_Toc82605602)

[Integrace projekcí vývoje kapitálových nákladů (capex) 15](#_Toc82605603)

[Integrace projekcí vývoje intenzity zaměstnanosti 15](#_Toc82605604)

[Popis výstupů - výpočet dopadů na zvolené indikátory po jednotlivých kategoriích 15](#_Toc82605605)

[Aktualizace 19](#_Toc82605606)

[Reference 19](#_Toc82605607)

# Představení a popis účelu software

Model IMPACTECH\_CZ slouží jako praktický nástroj k vyhodnocování socioekonomických dopadů a dopadů na emise skleníkových plynů v závislosti na změnách energetického mixu České republiky (ČR).

Software pracuje s daty z input-output databáze EXIOBASE v3.6 (Stadler et al., 2021) dostupnými na adrese <https://zenodo.org/record/4588235#.YTYWvI4zaUk>.

Tato data doplňuje o detailní informace o zaměstnanosti a emisích skleníkových plynů po jednotlivých sektorech v oblasti elektroenergetiky. Dále doplňuje podrobné informace k dopadům kapitálových investic, které vzhledem k předpokládané nutnosti uzpůsobení energetických infrastruktur budou hrát významnou roli v případě rozsáhlejší energetické transformace. Model umožňuje integrovat projekce budoucího vývoje vybraných technologií.

Nástroj je vhodný ke tvorbě krátkodobých až střednědobých analýz (v horizontu 5-10 let) s přihlédnutím ke schopnosti modelu integrovat vybrané dlouhodobé trendy (vývoj technologií), avšak zároveň s ohledem na limity modelu dané využitou metodologií. Více informací o logice modelu poskytuje metodika Černý et al. (2020).

Technická příručka popisuje praktické fungování softwaru IMPACTECH\_CZ a aktualizuje některé informace uvedené v metodice.

# Hlavní vlastnosti softwaru IMPACTECH\_CZ

V souladu s projektovým návrhem projektu TK01010208 Ekonomické dopady uplatnění různých technologií při nízkouhlíkové transformaci (IMPACTECH) je nástroj IMPACTECH\_CZ interaktivním online modelem postaveným na metodě input-output analýzy (viz metodika Černý et al. (2020)). Software - model existuje ve dvou verzích: 1) na platformě GitHub na adrese <https://github.com/Xcerm01/IMPACTECH> pro zájemce o využití kódu modelu (a případné další adaptace) v režimu open source dle níže uvedené licence a 2) na webu <https://impactech.fss.muni.cz/> v podobě pro zájemce z řad širší zainteresované veřejnosti, tj. bez nutnosti práce s kódem modelu v jazyku R. Obě verze pak obsahují následující moduly:

1. Zadání vstupních scénářů vývoje energetického mixu (výroba energie) v:
   1. elektroenergetice (POVINNÝ VSTUP)
   2. energetice jako celku (VOLITELNÉ ROZŠÍŘENÍ)
2. Zadání vstupních scénářů vývoje energetického mixu (instalovaná kapacita) v elektroenergetice (POVINNÝ VSTUP)
3. (VOLITELNÉ ROZŠÍŘENÍ) Úprava modelu zadáním projekcí vývoje vybraných technologií v elektroenergetice (fotovoltaika, větrná energie, elektřina z biomasy a bioplynu) v oblasti:
   1. nákladů na provoz a údržbu (opex)
   2. kapitálových investic (capex)
4. (VÝSTUPY) Výpočet dopadů zvolených scénářů a projekcí na 4 indikátory v grafické (grafy) a numerické (tabulky csv) podobě:
   1. poptávka po práci
   2. hrubý domácí produkt
   3. hrubá přidaná hodnota
   4. emise skleníkových plynů

Specifikem verze umístěné na výše odkazovaném webu jsou pak:

1. Specifikace vstupů uživatelem pomocí GUI
2. Provoz modelu ve webovém prostředí R shiny

Model se věnuje výhradně energetickému sektoru v ČR a vyhodnocuje dopady na zvolené indikátory spojené s jeho fungováním.

# Prostředí a licence softwaru

## Prostředí

Software je naprogramovaný v R (verze 3.6.1). Pro správné fungování potřebuje následující knihovny:

* readxl
* tidyverse
* dplyr
* tidyr
* data.table
* reshape2
* ggplot2
* stringr
* tibble
* gridExtra
* zoo
* ggsci
* ggthemes
* viridis
* shiny
* rhandsontable
* shinyjs

Nástroj je spustitelný v R (příp. RStudio) a v prostředí R Shiny (Chang et al., 2017), které umožňuje prezentaci modelu ve webovém rozhraní.

## Licence a dostupnost

Software je přístupný v režimu licence Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0). Je dostupný na adresách <https://github.com/Xcerm01/IMPACTECH> (kde lze stáhnout kód modelu, podkladová data a technickou příručku) a na webu <https://impactech.fss.muni.cz/>. Pravidla licence jsou dostupná na adrese <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> a rovněž v repozitáři modelu na adrese <https://github.com/Xcerm01/IMPACTECH>.

## Změny na vstupních datech databáze EXIOBASE v3.6

Základní zdrojová databáze modelu EXIOBASE v3.6 je v režimu licence Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0), která nařizuje popsat sekvenci změn uskutečněných na zdrojovém dokumentu. V souladu s tím níže popisujeme adaptace uskutečněné na vstupních datech.

### Rozčlenění sektorů v elektroenergetice

Oproti základní verzi databáze EXIOBASE v3.6 rozdělujeme "Výrobu elektřiny z větrné energie" na "Výrobu elektřiny z větrné energie onshore" a "Výrobu elektřiny z větrné energie offshore" a "Výrobu elektřiny ze solární fotovoltaiky" na "Výrobu elektřiny ze solární fotovoltaiky - velkoplošné" a "Výrobu elektřiny ze solární fotovoltaiky - maloplošné". Fotovoltaické elektrárny s instalovaným výkonem nad 1 MW klasifikujeme jako užitkové (velkoplošné) a pod 1 MW jako rezidenční (maloplošné). Výsledná struktura rozdělených modelovaných sektorů v oblasti elektroenergetiky vypadá následovně:

|  |  |
| --- | --- |
| **Název sektoru** | **Kód sektoru** |
| Uhlí | i40.11.a |
| Plyn | i40.11.b |
| Jaderná energie | i40.11.c |
| Vodní energie | i40.11.d |
| Větrná energie (onshore) | i40.11.e.1 |
| Větrná energie (offshore) | i40.11.e.2 |
| Ropa a další ropné deriváty | i40.11.f |
| Biomasa, bioplyn a odpad | i40.11.g |
| Velkoplošná fotovoltaika (>1MW) | i40.11.h.1 |
| Maloplošná fotovoltaika (<1MW) | i40.11.h.2 |
| Solární termální energie | i40.11.i |
| Přílivová energie | i40.11.j |
| Geotermální energie | i40.11.k |

Tabulka 1: Výsledné rozčlenění elektroenergetických sektorů (adaptace struktury z databáze EXIOABSE v3.6)

### Aktualizace dat o zaměstnanosti v detailně členěných sektorech elektroenergetiky

Původní data z databáze EXIOBASE v3.6 ohledně přímé intenzity zaměstnanosti (počtu zaměstnaných osob na MW instalované kapacity daného zdroje) u jednotlivých zdrojů energie v detailně členěných sektorech elektroenergetiky byla aktualizována a zpřesněna na základě porovnání údajů z ostatních zdrojů (např. Cameron and van der Zwaan, 2015; Ortega et al., 2020, 2015; Ram et al., 2020; Rutovitz et al., 2015). Důvodem byl nesoulad původních dat s drtivou většinou ostatních dostupných zdrojů. Adaptace spočívá v nahrazení intenzity zaměstnanosti (faktorů zaměstnanosti) z EXIOBASE v3.6 v modelovaných sektorech faktory zaměstnanosti na jednotku instalované kapacity v MW uvedenými ve studiích (Ram et al., 2020; Rutovitz et al., 2015; SolarPower Europe, 2015) a jejich konverzi na počet pracovních míst na milion EUR (daného základního roku, tj. roku 2015) za pomoci dat ohledně instalované kapacity každého zdroje (členěno dle sektorů) dle dat Capros et al. (2016) a data ohledně nákladů (ceny) na MW instalované kapacity dle Carlsson et al. (2014) - pro neobnovitelné zdroje, solární termální energii, geotermální energii a přílivovou energii - a dle International Renewable Energy Agency (2019) pro ostatní obnovitelné zdroje. Vzhledem k nepřítomnosti určitých technologií v současné podobě energetického mixu a chybějícím údajům k výrobě elektřiny z biomasy a bioplynu v ČR byla rovněž nahrazena intenzita zaměstnanosti pro tyto technologie daty z jiných zemí (z týchž odborných zdrojů, citovaných výše) za využití indikativních kritérií geografické blízkosti a porovnatelnosti kupní síly, a to následovně: Větrná energie (offshore) - Německo; Biomasa, bioplyn a odpad + Geotermální energie - Rakousko; Solární termální energie - Španělsko; Přílivová energie - Francie (vyznačeno kurzívou v tabulce níže).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Zdroj (sektor)** | **Zaměstnanost celkem r.2015 (1000 osob) dle EXIOBASE v3.6** | **Intenzita zaměstnanosti (prac. místa/MW instalované kapacity) za využití dat EXIOBASE v3.6** | **Intenzita zaměstnanosti (prac. místa/MW instalované kapacity) dle Ram et al. (2020)** | **Zaměstnanost celkem r.2015 (1000 osob) přepočtená dle Ram et al. (2020), Carlsson et al. (2014) a International Renewable Energy Agency (2019)** |
| **Uhlí** | 8,674 | 0,90 | 0,14 | 1,352 |
| **Plyn** | 0,215 | 0,18 | 0,14 | 0,171 |
| **Jaderná energie** | 4,898 | 1,22 | 0,60 | 2,404 |
| **Vodní energie** | 0,241 | 0,22 | 0,20 | 0,216 |
| **Větrná energie (onshore)** | 0,041 | 0,15 | 0,30 | 0,084 |
| **Větrná energie (offshore)** | 0,000 | 0,00 | *0,20* | 0,000 |
| **Ropa a další ropné deriváty** | 0,015 | 0,11 | 0,14 | 0,019 |
| **Biomasa, bioplyn a odpad** | 0,000 | 0,00 | *1,50* | 0,257 |
| **Velkoplošná fotovoltaika (>1MW)** | 0,062 | 0,04 | 0,70 | 1,016 |
| **Maloplošná fotovoltaika (<1MW)** | 0,033 | 0,04 | 1,40 | 1,139 |
| **Solární termální energie** | 0,000 | 0,00 | *0,60* | 0,000 |
| **Přílivová energie** | 0,000 | 0,00 | *0,60* | 0,000 |
| **Geotermální energie** | 0,000 | 0,00 | *0,40* | 0,000 |

Tabulka 2: Adaptovaná data ohledně intenzity práce v modelovaných sektorech elektroenergetiky

### Aktualizace dat emisí skleníkových plynů v detailně členěných sektorech elektroenergetiky

Stejně jako v otázce intenzity zaměstnanosti byla aktualizována a zpřesněna původní data z databáze EXIOBASE v3.6 ohledně emisní náročnosti detailně členěných elektroenergetických odvětví (ekvivalent CO2 v g). K tomuto kroku byla využita data z Amponsah et al. (2014). Důvodem byl nesoulad původních dat s drtivou většinou dostupných zdrojů. Adaptace spočívá v nahrazení původní emisní náročnosti (emise skleníkových plynů v poměru k rozsahu produkce v EUR) z EXIOBASE v3.6 v modelovaných sektorech emisní náročností (g ekvivalentu CO2) na jednotku vyrobené elektrické energie (kWh) a její přepočtení na množství vyrobené elektrické energie z daného zdroje v daném roce (2015) dle Capros et al. (2016). Vzhledem k nepřítomnosti určitých technologií v současné podobě energetického mixu a chybějícím údajům k výrobě elektřiny z biomasy a bioplynu v ČR nahrazena emisní náročnost pro tyto technologie daty z jiných zemí (za využití stejných odborných zdrojů, citovaných výše) podle kritérií geografické blízkosti a porovnatelnosti kupní síly, a to stejně jako v předchozím případě (vyznačeno kurzívou v tabulce níže).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Zdroj (sektor)** | **Emise skleníkových plynů r.2015 (kg) dle EXIOBASE v3.6** | **Emisní náročnost (g/kWh) za využití dat EXIOBASE v3.6 a Capros et al. (2016)** | **Emisní náročnost (g/kWh) za využití dat Amponsah et al. (2014) a Capros et al. (2016)** | **Emise skleníkových plynů r.2015 (kg) přepočtené dle Amponsah et al. (2014)** |
| **Uhlí** | 8300159498,621 | 201,98 | 1054,00 | 43314097957,360 |
| **Plyn** | 253716288,011 | 43,35 | 499,00 | 2920837112,244 |
| **Jaderná energie** | 91851505,511 | 3,33 | 24,20 | 667831998,023 |
| **Vodní energie** | 75007,971 | 0,03 | 45,90 | 111143501,519 |
| **Větrná energie (onshore)** | 1335861121,312 | 2628,57 | 34,20 | 17380734,480 |
| **Větrná energie (offshore)** | 0,000 | 0,00 | *13,00* | 0,000 |
| **Ropa a další ropné deriváty** | 19778297,362 | 85,44 | 733,00 | 169675950,854 |
| **Biomasa, bioplyn a odpad** | 48383912,280 | 21,85 | *86,00* | 190426788,524 |
| **Velkoplošná fotovoltaika (>1MW)** | 93512426,277 | 66,53 | 91,10 | 128050610,665 |
| **Maloplošná fotovoltaika (<1MW)** | 49448220,743 | 66,53 | 53,00 | 39393130,115 |
| **Solární termální energie** | 333567820,438 | 0,00 | *39,60* | 0,000 |
| **Přílivová energie** | 22947063,384 | 0,00 | *22,80* | 0,000 |
| **Geotermální energie** | 4444779,226 | 0,00 | *53,00* | 0,000 |

Tabulka 3: Adaptovaná data ohledně emisní náročnosti v modelovaných sektorech elektroenergetiky

# Postup práce s modelem IMPACTECH\_CZ ve verzi z GitHub repozitáře

1. Uživatel stáhne R (https://www.r-project.org/) popř. RStudio (https://www.rstudio.com/products/rstudio/download/) dle instrukcí a dle svého operačního systému
2. Uživatel stáhne složku “input” z repozitáře <https://github.com/Xcerm01/IMPACTECH> a uloží vstupní data do preferované složky
3. Uživatel stáhne kód modelu v R z repozitáře <https://github.com/Xcerm01/IMPACTECH>
4. Uživatel otevře soubor “IMPACTECH\_vstupy.xlsx” ze stažené složky “input”
5. Uživatel zadá (dle listu “instrukce” v souboru) vstupní scénáře a popř. expertní projekce do souboru !IMPACTECH\_vstupy.xlsx”, uloží soubor
6. Uživatel spustí R a otevře kód modelu
7. Uživatel nastaví cestu ke zdrojovým (vstupním datům) dle složky, do které je uložil (viz bod 2 výše) - “datapath” a cestu k výsledkům - “respath”
8. Uživatel nastaví podmínky (detailní postup viz níže v části “Organizace kódu modelu IMPACTECH\_CZ”) a zvolí výstupní (vyhodnocované) indikátory a jejich jednotlivé kategorie (opět detail viz níže v části “Organizace kódu modelu IMPACTECH\_CZ”)
9. Uživatel spustí kód modelu (model načte vstupní data včetně adaptovaného souboru “IMPACTECH\_vstupy.xlsx”, spustí výpočet a dle kombinace vstupních podmínek a požadavků na výstupy exportuje grafy a tabulky s výsledky výpočtu)
10. Uživatel otevře složku “respath” s výsledky

# Organizace kódu modelu IMPACTECH\_CZ

Kód modelu je členěn do 11 kapitol (a jejich podkapitol), které se v iniciální fázi (část 0) aktivují dle zadaných vstupních podmínek a požadovaných hodnocených indikátorů a jejich kategorií pro výstupy - viz tabulka a vývojové schéma modelu níže (jednotlivé výstupní indikátory a kategorie popisuje následující část „Popis GUI a jednotlivých funkcí“).

Zvolí-li uživatel podmínku (indikátor, kategorii) rovnu 0, podmínka se neaktivuje (je-li tedy odpověď na otázku “ne”, podmínka by se měla v kódu zadat rovna 0). Zvolí-li uživatel 1, podmínka (indikátor, kategorie) se aktivuje (uživatel by měl odpovědět na související otázku “ano”).

Kód modelu je veden převážně v anglickém jazyce s ohledem na kompatibilitu s provozem programu R (především s verzí pro R Shiny). Struktura kapitol a podkapitol uvedených níže je v tomto manuálu přeložena do českého jazyka (v závorce vždy anglický nadpis uváděný v kódu).

|  |  |
| --- | --- |
| **Přehled podmínek** | |
| install\_libraries | Chce uživatel instalovat potřebné balíčky pro aktivaci příslušných knihoven v R? |
| p1 | Chce uživatel zadat expertní projekce k předpokládanému technologickému vývoji vybraných obnovitelných zdrojů energie? |
| p2 | Chce uživatel modelovat celý energetický sektor? |
| p3 | Zadává uživatel vstupy v procentech, nebo fyzických jednotkách? (p3=1 - procenta; p3=0 - fyzické jednotky) |

Tabulka 4: Přehled podmínek

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Podmínka** | **ID (sekce kódu)** | **Popis** |
|  | 0.0 | Definice podmínek uživatelem, nastavení cest ke zdrojovým datům (datapath) a výsledkům (respath) dle volby uživatele (Define conditions and set path) |
| install\_libraries=1 | 0.1 | Načtení knihoven R, příp. instalace balíčků (Install packages and libraries) |
|  | 0.2 | Načtení dat z EXIOBASE a dalších zdrojových dat (Load data adjusted from EXIOBASE 3.6 and other objects necessary to run the scenarios and expert projections) |
|  | 0.3 | Definice dat a objektů pro výpočet (Define sets and other necessary objects) |
|  | 0.4 | Načtení funkcí (Load functions) |
|  | 1. | Načtení scénáře vývoje energetického mixu v elektroenergetice zadaného uživatelem (Read scenario of the electricity sector given by the user) |
| p3=1 | 1.1 | Načtení a úprava scénáře zadaného v procentech (Read and adjust scenario in percents) |
| p3=0 | 1.2 | Načtení a úprava scénáře zadaného v absolutních jednotkách (Read scenario in absolute values) |
|  | 2. | Načtení scénáře vývoje energetického mixu dle jednotlivých paliv v energetice jako celku (Read scenario of the whole energy sector given by the user) |
| p2=1 AND p3=1 | 2.1 | Načtení a úprava scénáře zadaného v procentech (Read and adjust scenario in percents) |
| p2=1 AND p3=0 | 2.2 | Načtení a úprava scénáře zadaného v absolutních jednotkách (Read scenario in absolute values) |
|  | 3. | Načtení a úprava expertních projekcí zadaných uživatelem (Read expert projections given by the user and adjust for further calculations) |
| p1=1 | 3.1 | Načtení a úprava expertních projekcí (Read and adjust expert projections) |
| p1=1 | 3.2 | Převedení údajů o životnosti ze vstupního souboru (Translate lifespan from the expert projections input file) |
| p1=1 | 3.3 | Převedení poměru capex : opex ze vstupního souboru (Translate capex : opex shares from the expert projections input file) |
| p1=1 | 3.4 | Převedení intenzity zaměstnanosti ze vstupního souboru (Translate employment intensity from the expert projections input file) |
| p1=1 | 3.5 | Převedení položek capex ze vstupního souboru (Translate capex shares from the expert projections input file) |
| p1=1 | 3.6 | Převedení položek opex ze vstupního souboru (Translate opex shares from the expert projections input file) |
| p1=1 | 3.7 | Kompatibilizace upravených položek capex se strukturou IO modelu (Compatibilize adjusted capex shares with the IO structure of the model) |
| p1=1 | 3.8 | Kompatibilizace upravených položek opex a dalších proměnných majících vliv na opex se strukturou IO modelu (Compatibilize adjusted opex shares and other variables influencing opex shares with the IO structure of the model) |
| p1=1 | 3.9 | Integrace hodnot z capex\_opex, lifespan\_CZ, opex\_CZ, CZ\_RES\_opex a emp\_intensity do concordance\_opex (Integrate values from capex\_opex, lifespan\_CZ, opex\_CZ, CZ\_RES\_opex and emp\_intensity into concordance\_capex) |
|  | 4. | Transformace scénářů zadaných uživatelem (Transform and calculate scenarios given by the user) |
|  | 4.1 | Výpočet instalované kapacity (Calculate installed capacity) |
|  | 4.2 | Výpočet vyrobené elektřiny (Calculate electricity generation) |
| p2=1 | 4.3 | Výpočet produkce z ostatních paliv/zdrojů (Calculate production from other fuels) |
|  | 5. | Implementace capex (kapitálových investic) do modelu (Implement capex (GFCF) parts into the model structure) |
| p1=0 | 5.0 | Příprava concordance\_capex (konkordanční matice) pro každý modelovaný rok (Prepare concordance\_capex for each year) |
|  | 5.1 | Nahrazení sloupců z původní konkordanční matice pro oblast kapitálových investic pro každý modelovaný elektroenergetický sektor zadanými projekcemi capex (Replace the columns from the original GFCF capex concordance for all electricity sectors with capex projections for the modelled sectors) |
|  | 5.2 | Výpočet GFCF\_CZ na základě scénáře pro vývoj instalované kapacity (scen\_el\_cap) (Calculate GFCF\_CZ on the basis of the scenario for the installed capacity (scen\_el\_cap)) |
|  | 5.3 | Přidání součtových řádků pro oblast kapitálových investic u každého modelovaného elektroenergetického sektoru a výpočet podílů ostatních sektorů na tvorbě kapitálu (Add summary GFCF rows for each sector and calculate shares of each row's input to the summary GFCF) |
|  | 5.4 | Vložení GFCF do YGFCF2015 a YGFCF z každého modelovaného sektoru v ČR vs. “zbytku světa” plynoucího do modelovaných sektorů pro každý modelovaný rok (Paste GFCF from each sector of CZ vs. RoW going into the modelled sectors into YGFCF2015 and YGFCF for other modelled years) |
|  | 5.5 | Vynětí pouze relevantních sloupců GFCF pro modelované sektory z YGFCF (Extract only the detailed electricity GFCF columns from YGFCF) |
|  | 6. | Implementace expertních projekcí opex do A\_CZ a Ext\_CZ, výpočet L (Leontiefovy inverzní matice) ( Implement opex expert projections into A\_CZ and Ext\_CZ, calculate L |
| p1=1 | 6.1 | Výpočet sumačního vektoru (řádku) a podílů jednotlivých vstupů na celkovém součtu řádků (Calculate summary rows and shares of each row's input to the summary) |
| p1=1 | 6.2 | Nahrazení původních sloupců modelovaných sektorů pro každý rok pro ČR vs. “zbytek světa” v A\_CZ (Replace original columns of the modelled renewable energy sectors for each year in CZ vs. RoW in A\_CZ) |
| p1=1 | 6.3 | Nahrazení původních sloupců modelovaných sektorů pro každý rok pro ČR vs. “zbytek světa” v Ext\_CZ, včetně části employment.persons (Replace original columns of the modelled renewable energy sectors for each year in Ext\_CZ, including employment.persons part) |
|  | 7. | Adaptace A\_CZ na Anoel\_CZ a výpočet Lnoel\_CZ pro každý rok (Adapt A\_CZ to Anoel\_CZ and calculate Lnoel\_CZ for each year) |
| p1=1 | 7.0 | Příprava A\_CZ pro každý rok (Prepare A\_CZ for each year) |
| p2=0 | 7.1 | Výpočet Anoel s nulovými řádky v elektroenergetice s ohledem na odstranění double-accountingu v matici L (Calculate Anoel with zero electricity rows in CZ to avoid changing diagonal elements in L) |
| p2=1 | 7.2 | Výpočet Anoel s nulovými řádky v elektroenergetice a ostatních energetických sektorech s ohledem na odstranění double-accountingu v matici L (Calculate Anoel with zero electricity and other energy fuels rows in CZ to avoid changing diagonal elements in L) |
|  | 7.3 | Výpočet Lnoel s adaptovanými elementy mimo diagonálu pro modelované sektory v části pro ČR (Calculate Lnoel with adapted off-diagonal elements of the modelled sectors in CZ) |
|  | 8. | Implementace scénářů do x\_CZ pro každý rok (Implement scenarios into x\_CZ for each year) |
|  | 8.1 | Začlenění změn v celkovém výstupu (x\_CZ) v elektroenergetice pro každý modelovaný rok, odvozených od scénářů zadaných uživatelem (Insert changes in total output (x\_CZ) for each modelled year based on the scenarios) |
| p2=1 | 8.2 | Začlenění změn v celkovém výstupu (x\_CZ) v energetice celkově pro každý modelovaný rok, odvozených od scénářů zadaných uživatelem (Insert changes in total output (x\_CZ) of the other fuels for each modelled year based on the scenarios) |
|  | 9. | Výpočet dopadů (Calculate footprint) |
| p1=0 | 9.0 | Příprava Ext\_CZ pro každý rok (Prepare Ext\_CZ for each year) |
|  | 9.1 | Příprava Ext (rozšíření) extrahováním indikátorů, které chce uživatel vyhodnotit, příprava Ext.names (Prepare Ext (extensions) by extracting indicators we are interested in, prepare Ext.names) |
| p2=0 | 9.2 | Výpočet dopadů scénářů v elektroenergetice (Calculate footprint for the effects of the electricity sector) |
| p2=1 | 9.3 | Výpočet dopadů scénářů pro celý energetický sektor (Calculate footprint for the effects of the whole energy sector) |
|  | 10. | Načtení výsledků pouze pro elektroenergetiku, organizace dat a jejich exportování v grafické a textové podobě (tabulky) (Load results for the electricity sectors only, organise data and plot) |
| p2=0 | 10.1 | Organizace a exportování celkových výsledků pro zaměstnanost (Organise EMP total results and plot) |
| p2=0 | 10.2 | Organizace a exportování výsledků pro zaměstnanost spojenou s provozem a údržbou vs. kapitálovými investicemi (Organise EMP results by O&M vs. GFCF and plot) |
| p2=0 | 10.3 | Organizace a exportování výsledků pro zaměstnanost podle úrovní kvalifikace a podle pohlaví (Organise EMP results by skill levels and gender and plot) |
| p2=0 | 10.4 | Organizace a exportování výsledků pro zaměstnanost po jednotlivých sektorech (Organise EMP results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot) |
| p2=0 | 10.5 | Organizace a exportování výsledků pro zaměstnanost po jednotlivých zdrojích energie (Organise EMP results by electricity sources and plot) |
| p2=0 | 10.6 | Organizace a exportování celkových výsledků pro hrubou přidanou hodnotu (Organise GVA total results and plot) |
| p2=0 | 10.7 | Organizace a exportování výsledků pro hrubou přidanou hodnotu po jednotlivých sektorech (Organise GVA results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot) |
| p2=0 | 10.8 | Organizace a exportování výsledků pro hrubou přidanou hodnotu po jednotlivých zdrojích energie (Organise GVA results by electricity sources and plot) |
| p2=0 | 10.9 | Organizace a exportování celkových výsledků pro hrubý domácí produkt (Organise GDP total results and plot) |
| p2=0 | 10.10 | Organizace a exportování výsledků pro hrubý domácí produkt po jednotlivých sektorech (Organise GDP results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot) |
| p2=0 | 10.11 | Organizace a exportování výsledků pro hrubý domácí produkt po jednotlivých zdrojích energie (Organise GDP results by electricity sources and plot) |
| p2=0 | 10.12 | Organizace a exportování celkových výsledků pro emise skleníkových plynů (Organise GHG total results and plot) |
| p2=0 | 10.13 | Organizace a exportování výsledků pro emise skleníkových plynů po jednotlivých zdrojích energie (Organise GHG results by electricity sources and plot) |
|  | 11. | Načtení výsledků pro celý energetický sektor, organizace dat a jejich exportování v grafické a textové podobě (tabulky) (Load results for the whole energy sector, organise data and plot) |
| p2=1 | 11.1 | Organizace a exportování celkových výsledků pro zaměstnanost (Organise EMP total results and plot) |
| p2=1 | 11.2 | Organizace a exportování výsledků pro zaměstnanost podle úrovní kvalifikace a podle pohlaví (Organise EMP results by skill levels and gender and plot) |
| p2=1 | 11.3 | Organizace a exportování výsledků pro zaměstnanost po jednotlivých sektorech (Organise EMP results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot) |
| p2=1 | 11.4 | Organizace a exportování výsledků pro zaměstnanost po jednotlivých typech paliv (Organise EMP results by each fuel and plot) |
| p2=1 | 11.5 | Organizace a exportování celkových výsledků pro hrubou přidanou hodnotu (Organise GVA total results and plot) |
| p2=1 | 11.6 | Organizace a exportování výsledků pro hrubou přidanou hodnotu po jednotlivých sektorech (Organise GVA results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot) |
| p2=1 | 11.7 | Organizace a exportování výsledků pro hrubou přidanou hodnotu po jednotlivých typech paliv (Organise GVA results by each fuel and plot) |
| p2=1 | 11.8 | Organizace a exportování celkových výsledků pro hrubý domácí produkt (Organise GDP total results and plot) |
| p2=1 | 11.9 | Organizace a exportování výsledků pro hrubý domácí produkt po jednotlivých sektorech (Organise GDP results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot) |
| p2=1 | 11.10 | Organizace a exportování výsledků pro hrubý domácí produkt po jednotlivých typech paliv (Organise GDP results by each fuel and plot) |
| p2=1 | 11.11 | Organizace a exportování celkových výsledků pro emise skleníkových plynů (Organise GHG total results and plot) |
| p2=1 | 11.12 | Organizace a exportování výsledků pro emise skleníkových plynů po jednotlivých typech paliv (Organise GHG results by each fuel and plot) |

Tabulka 5: Přehled jednotlivých částí kódu modelu v R

# Popis GUI a jednotlivých funkcí

Obecné:

1. Uživatel vybírá, zda zadává vstupní scénáře v procentech, nebo ve fyzických jednotkách (GWh, MW, ktoe). Podle toho vyplňuje vstupy.
2. Uživatel vybírá, zda zadává pouze scénář vývoje elektroenergetiky (produkce a instalovaná kapacita), nebo i vývoj produkce energie z jednotlivých paliv (zdrojů) celkově. Zadání vývoje produkce z jednotlivých paliv není povinným vstupem.
3. Uživatel může také zadat předpokládaný technologický vývoj vybraných parametrů u modelovaných obnovitelných zdrojů energie (větrná energetika, výroba elektřiny z biomasy, bioplynu a odpadu, velkoplošná fotovoltaika, maloplošná fotovoltaika). Tyto vstupy slouží ke zpřesnění modelu, není ale povinné je vyplnit.

## Popis vstupních modulů

### Integrace scénářů vývoje elektroenergetiky (výroba elektřiny)

Model integruje scénář výroby elektřiny po jednotlivých zdrojích energie v procentech (zastoupení jednotlivých zdrojů na energetickém mixu v elektroenergetice + procentní změna celkového objemu výroby oproti referenčnímu roku 2015), nebo ve fyzických jednotkách (GWh).

### Integrace scénářů vývoje elektroenergetiky (instalovaná kapacita)

Model integruje scénář instalované kapacity po jednotlivých zdrojích vyrábějících elektřinu v procentech (zastoupení instalované kapacity jednotlivých zdrojů v elektroenergetice + procentní změna celkového objemu instalované kapacity oproti referenčnímu roku 2015), nebo ve fyzických jednotkách (MW).

### Integrace scénářů produkce jednotlivých paliv v energetice jako celku

Model integruje scénář primární produkce po jednotlivých zdrojích energie (palivech) v procentech (zastoupení jednotlivých zdrojů na energetickém mixu + procentní změna celkového objemu výroby oproti referenčnímu roku 2015), nebo ve fyzických jednotkách (ktoe).

### Integrace projekcí vývoje životnosti

Model integruje projekce vývoje životnosti vybraných obnovitelných zdrojů energie (větrná energie (onshore); biomasa, bioplyn a odpad; fotovoltaika (velkoplošná); fotovoltaika (maloplošná)).

### Integrace projekcí vývoje poměru kapitálových nákladů (capex) versus nákladů na provoz a údržbu (opex)

Model integruje projekce poměru nákladů na výrobu a instalaci (capex) vs. nákladů na provoz a údržbu (opex) vybraných obnovitelných zdrojů energie (větrná energie (onshore); biomasa, bioplyn a odpad; fotovoltaika (velkoplošná); fotovoltaika (maloplošná)).

### Integrace projekcí vývoje nákladů na provoz a údržbu (opex)

Model integruje detailní projekce zastoupení jednotlivých nákladů na provoz a údržbu (opex) vybraných obnovitelných zdrojů energie (větrná energie (onshore); biomasa, bioplyn a odpad; fotovoltaika (velkoplošná); fotovoltaika (maloplošná)).

### Integrace projekcí vývoje kapitálových nákladů (capex)

Model integruje detailní projekce zastoupení jednotlivých nákladů na výrobu a instalaci (capex) vybraných obnovitelných zdrojů energie (větrná energie (onshore); biomasa, bioplyn a odpad; fotovoltaika (velkoplošná); fotovoltaika (maloplošná)).

### Integrace projekcí vývoje intenzity zaměstnanosti

Model integruje projekce vývoje intenzity zaměstnanosti (pracovní síla na MW instalované kapacity) vybraných obnovitelných zdrojů energie (větrná energie (onshore); biomasa, bioplyn a odpad; fotovoltaika (velkoplošná); fotovoltaika (maloplošná)).

## Popis výstupů - výpočet dopadů na zvolené indikátory po jednotlivých kategoriích

Model provádí výpočet dopadů zvolených scénářů a projekcí na 4 indikátory (poptávka po práci, hrubý domácí produkt, hrubá přidaná hodnota, emise skleníkových plynů) v grafické (grafy) a numerické (tabulky csv) podobě. Konkrétně nabízí následující kombinaci možných výsledků (i = indikátor, k = kategorie):

|  |  |
| --- | --- |
| **Přehled indikátorů** | |
| i1 | Chce uživatel vyhodnotit dopady na zaměstnanost? |
| i2 | Chce uživatel vyhodnotit dopady na hrubou přidanou hodnotu? |
| i3 | Chce uživatel vyhodnotit dopady na hrubý domácí produkt? |
| i4 | Chce uživatel vyhodnotit dopady na emise skleníkových plynů? |
| **Přehled kategorií** | |
| k1 | Chce uživatel celkové výsledky? |
| k2 | Chce uživatel výsledky po jednotlivých fázích (provoz a údržba vs. kapitálové náklady)? |
| k3 | Chce uživatel výsledky po úrovních kvalifikace a podle pohlaví? |
| k4 | Chce uživatel výsledky po jednotlivých sektorech? |
| k5 | Chce uživatel výsledky po jednotlivých zdrojích energie ve výrobě elektřiny? |
| k6 | Chce uživatel výsledky po jednotlivých typech paliv? |

Tabulka 6: Přehled indikátorů a kategorií výstupů modelu

Model tedy nabízí následující možnosti/kombinace výsledků (v závislosti na nastavení jednotlivých podmínek a požadovaných výstupech – viz výše):

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Podmínka** | **Indikátor** | **Kategorie** | **ID** | **Popis v kódu modelu** | **Název výstupu (tabulka -> .csv ; graf -> .png)** | **Popis výsledku** | **Poznámka** |
|  |  |  | 10. | Load results for the electricity sectors only, organise data and plot |  |  |  |
| p2=0 | i1=1 | k1=1 | 10.1 | Organise EMP total results and plot | emp\_total | Poptávka po práci celkem - elektroenergetika a dodavatelské řetězce |  |
| p2=0 | i1=1 | k2=1 | 10.2 | Organise EMP results by O&M vs. GFCF and plot | emp\_effects | Poptávka po práci spojená s provozem a údržbou vs. tvorbou hrubého fixního kapitálu - elektroenergetika a dodavatelské řetězce |  |
| p2=0 | i1=1 | k3=1 | 10.3 | Organise EMP results by skill levels and gender and plot | emp\_distr | Poptávka po práci dle úrovně kvalifikace a pohlaví - elektroenergetika a dodavatelské řetězce |  |
| p2=0 | i1=1 | k4=1 | 10.4 | Organise EMP results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot | emp\_sectors.csv + emp\_sectors\_win.png + emp\_sectors\_los.png; emp\_sectors\_av.csv + emp\_sectors\_av.png | emp\_sectors -> Poptávka po práci po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem oproti roku 2015) - elektroenergetika a dodavatelské řetězce; emp\_sectors\_av -> Poptávka po práci po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem, průměr za období 2015-2050) - elektroenergetika a dodavatelské řetězce | Celkem 2 tabulky a 3 grafy (tabulka emp\_sectors.csv obsahuje hodnoty pro grafy emp\_sectors\_win.png a emp\_sectors\_los.png) - vždy vyjet všechny |
| p2=0 | i1=1 | k5=1 | 10.5 | Organise EMP results by electricity sources and plot | emp\_sources | Poptávka po práci dle jednotlivých zdrojů energie - elektroenergetika a dodavatelské řetězce |  |
| p2=0 | i2=1 | k1=1 | 10.6 | Organise GVA total results and plot | gva\_total | Hrubá přidaná hodnota celkem - elektroenergetika a dodavatelské řetězce |  |
| p2=0 | i2=1 | k4=1 | 10.7 | Organise GVA results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot | gva\_sectors.csv + gva\_sectors\_win.png + gva\_sectors\_los.png; gva\_sectors\_av.csv + gva\_sectors\_av.png | gva\_sectors -> Hrubá přidaná hodnota po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem oproti roku 2015) - elektroenergetika a dodavatelské řetězce; gva\_sectors\_av -> Hrubá přidaná hodnota po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem, průměr za období 2015-2050) - elektroenergetika a dodavatelské řetězce | Celkem 2 tabulky a 3 grafy (tabulka gva\_sectors.csv obsahuje hodnoty pro grafy gva\_sectors\_win.png a gva\_sectors\_los.png) - vždy vyjet všechny |
| p2=0 | i2=1 | k5=1 | 10.8 | Organise GVA results by electricity sources and plot | gva\_sources | Hrubá přidaná hodnota dle jednotlivých zdrojů energie - elektroenergetika a dodavatelské řetězce |  |
| p2=0 | i3=1 | k1=1 | 10.9 | Organise GDP total results and plot | gdp\_total | Hrubý domácí produkt celkem - elektroenergetika a dodavatelské řetězce |  |
| p2=0 | i3=1 | k4=1 | 10.10 | Organise GDP results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot | gdp\_sectors.csv + gdp\_sectors\_win.png + gdp\_sectors\_los.png; gdp\_sectors\_av.csv + gdp\_sectors\_av.png | gdp\_sectors -> Hrubý domácí produkt po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem oproti roku 2015) - elektroenergetika a dodavatelské řetězce; gdp\_sectors\_av -> Hrubý domácí produkt po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem, průměr za období 2015-2050) - elektroenergetika a dodavatelské řetězce | Celkem 2 tabulky a 3 grafy (tabulka gdp\_sectors.csv obsahuje hodnoty pro grafy gdp\_sectors\_win.png a gdp\_sectors\_los.png) - vždy vyjet všechny |
| p2=0 | i3=1 | k5=1 | 10.11 | Organise GDP results by electricity sources and plot | gdp\_sources | Hrubý domácí produkt dle jednotlivých zdrojů energie - elektroenergetika a dodavatelské řetězce |  |
| p2=0 | i4=1 | k1=1 | 10.12 | Organise GHG total results and plot | ghg\_total | Emise skleníkových plynů celkem - elektroenergetika a dodavatelské řetězce |  |
| p2=0 | i4=1 | k5=1 | 10.13 | Organise GHG results by electricity sources and plot | ghg\_sources | Emise skleníkových plynů dle jednotlivých zdrojů energie - elektroenergetika a dodavatelské řetězce |  |
|  |  |  | 11. | Load results for the whole energy sector, organise data and plot |  |  |  |
| p2=1 | i1=1 | k1=1 | 11.1 | Organise EMP total results and plot | emp\_total | Poptávka po práci celkem - energetický sektor a dodavatelské řetězce |  |
| p2=1 | i1=1 | k3=1 | 11.2 | Organise EMP results by skill levels and gender and plot | emp\_distr | Poptávka po práci dle úrovně kvalifikace a pohlaví - energetický sektor a dodavatelské řetězce |  |
| p2=1 | i1=1 | k4=1 | 11.3 | Organise EMP results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot | emp\_sectors.csv + emp\_sectors\_win.png + emp\_sectors\_los.png; emp\_sectors\_av.csv + emp\_sectors\_av.png | emp\_sectors -> Poptávka po práci po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem oproti roku 2015) - energetický sektor a dodavatelské řetězce; emp\_sectors\_av -> Poptávka po práci po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem, průměr za období 2015-2050) - energetický sektor a dodavatelské řetězce | Celkem 2 tabulky a 3 grafy (tabulka emp\_sectors.csv obsahuje hodnoty pro grafy emp\_sectors\_win.png a emp\_sectors\_los.png) - vždy vyjet všechny |
| p2=1 | i1=1 | k6=1 | 11.4 | Organise EMP results by each fuel and plot | emp\_fuel | Poptávka po práci dle jednotlivých zdrojů energie - energetický sektor a dodavatelské řetězce |  |
| p2=1 | i2=1 | k1=1 | 11.5 | Organise GVA total results and plot | gva\_total | Hrubá přidaná hodnota celkem - energetický sektor a dodavatelské řetězce |  |
| p2=1 | i2=1 | k4=1 | 11.6 | Organise GVA results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot | gva\_sectors.csv + gva\_sectors\_win.png + gva\_sectors\_los.png; gva\_sectors\_av.csv + gva\_sectors\_av.png | gva\_sectors -> Hrubá přidaná hodnota po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem oproti roku 2015) - energetický sektor a dodavatelské řetězce; gva\_sectors\_av -> Hrubá přidaná hodnota po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem, průměr za období 2015-2050) - energetický sektor a dodavatelské řetězce | Celkem 2 tabulky a 3 grafy (tabulka gva\_sectors.csv obsahuje hodnoty pro grafy gva\_sectors\_win.png a gva\_sectors\_los.png) - vždy vyjet všechny |
| p2=1 | i2=1 | k6=1 | 11.7 | Organise GVA results by each fuel and plot | gva\_fuel | Hrubá přidaná hodnota dle jednotlivých zdrojů energie - energetický sektor a dodavatelské řetězce |  |
| p2=1 | i3=1 | k1=1 | 11.8 | Organise GDP total results and plot | gdp\_total | Hrubý domácí produkt celkem - energetický sektor a dodavatelské řetězce |  |
| p2=1 | i3=1 | k4=1 | 11.9 | Organise GDP results by sectors (winners vs. losers sorted by 2050; average over 2015-2050) and plot | gdp\_sectors.csv + gdp\_sectors\_win.png + gdp\_sectors\_los.png; gdp\_sectors\_av.csv + gdp\_sectors\_av.png | gdp\_sectors -> Hrubý domácí produkt po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem oproti roku 2015) - energetický sektor a dodavatelské řetězce; gdp\_sectors\_av -> Hrubý domácí produkt po jednotlivých odvětvích (10 odvětví s největším nárůstem/poklesem, průměr za období 2015-2050) - energetický sektor a dodavatelské řetězce | Celkem 2 tabulky a 3 grafy (tabulka gdp\_sectors.csv obsahuje hodnoty pro grafy gdp\_sectors\_win.png a gdp\_sectors\_los.png) - vždy vyjet všechny |
| p2=1 | i3=1 | k6=1 | 11.10 | Organise GDP results by each fuel and plot | gdp\_fuel | Hrubý domácí produkt dle jednotlivých zdrojů energie - energetický sektor a dodavatelské řetězce |  |
| p2=1 | i4=1 | k1=1 | 11.11 | Organise GHG total results and plot | ghg\_total | Emise skleníkových plynů celkem - energetický sektor a dodavatelské řetězce |  |
| p2=1 | i4=1 | k6=1 | 11.12 | Organise GHG results by each fuel and plot | ghg\_fuel | Emise skleníkových plynů dle jednotlivých zdrojů energie - energetický sektor a dodavatelské řetězce |  |

Tabulka 7: Přehled kombinací možných výstupů modelu

# Aktualizace

V této sekci postupně uvedeme aktualizace modelu, a to jak v reakci na vyžádání ze strany aplikačních garantů, tak především v souvislosti s navazujícím projektem TAČR Éta TL05000289 “Budoucnost práce v nízkouhlíkové ekonomice: Perspektivy spravedlivé transformace české energetiky” (POSTWORK).

# Reference

Amponsah, N.Y., Troldborg, M., Kington, B., Aalders, I., Hough, R.L., 2014. Greenhouse gas emissions from renewable energy sources: A review of lifecycle considerations. Renewable and Sustainable Energy Reviews 39, 461–475. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.087

Cameron, L., van der Zwaan, B., 2015. Employment factors for wind and solar energy technologies: A literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 45, 160–172. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.001

Capros, P., De Vita, A., Tasios, N., Siskos, P., Kannavou, M., Petropoulos, A., Evangelopoulou, S., Zampara, M., Papadopoulos, D., Nakos, C., 2016. EU Reference Scenario 2016 - Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050.

Carlsson, J., Lacal Arantegui, R., Jäger-Waldau, A., Vellei, M., Sigfusson, B., Magagna, D., Jakubcionis, M., Fortes, M., Lazarou, S., Giuntoli, J., Weidner, E., Marco, G., Spisto, A., Moles, C., 2014. ETRI 2014 Energy Technology Reference Indicator projections for 2010-2050. https://doi.org/10.2790/057687

Černý, M., Kimmich, C., Bruckner, M., Weinzettel, J., Zindulková, K., Pelikán, V., Skalík, J., Kerschner, C., 2020. Metodika hodnocení socioekonomických dopadů energetické transformace.

Chang, W., Cheng, J., Allaire, J., Xie, Y., McPherson, J., 2017. Shiny: web application framework for R. R package version 1.

International Renewable Energy Agency, 2019. Renewable Power Generation Costs in 2019.

Ortega, M., Río, P. del, Ruiz, P., Nijs, W., Politis, S., 2020. Analysing the influence of trade, technology learning and policy on the employment prospects of wind and solar energy deployment: The EU case. Renewable and Sustainable Energy Reviews 122, 109657. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109657

Ortega, M., Río, P. del, Ruiz, P., Thiel, C., 2015. Employment effects of renewable electricity deployment. A novel methodology. Energy 91, 940–951. https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.08.061

Ram, M., Aghahosseini, A., Breyer, C., 2020. Job creation during the global energy transition towards 100% renewable power system by 2050. Technological Forecasting and Social Change 151, 119682. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.06.008

Rutovitz, J., Dominish, E., Downes, J., 2015. Calculating Global Energy Sector Jobs: 2015 Methodology Update.

SolarPower Europe, 2015. Solar Photovoltaics Jobs & Value Added in Europe. Brussels. Retrieved from http://www.solarpowereurope. org/fileadmin ….

Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C.-J., Simas, M., Schmidt, S., Usubiaga, A., Acosta-Fernández, J., Kuenen, J., Bruckner, M., Giljum, S., Lutter, S., Merciai, S., Schmidt, J.H., Theurl, M.C., Plutzar, C., Kastner, T., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Koning, A., Tukker, A., 2021. EXIOBASE 3. https://doi.org/10.5281/zenodo.4588235