



## **IMS: Modelovanie a simulácia**

### **2. Teplárenství**

# Obsah

1	Úvod .....	3
1.1	Zdroj údajov .....	3
2	Fakty .....	3
3	Koncepcia modelu .....	3
3.1	OZE – obnoviteľné zdroje energie .....	3
3.1.1	Spotreba .....	3
3.1.2	Cena .....	4
3.2	Zemný plyn .....	4
3.2.1	Spotreba .....	4
3.2.2	Cena .....	4
3.3	Uhlie .....	4
3.3.1	Spotreba .....	4
3.3.2	Cena .....	5
4	Simulácia .....	5
4.1	Použité nástroje .....	5
4.2	Spúšťanie simulácie .....	5
5	Experimenty .....	6
5.1	OZE .....	6
5.1.1	Spotreba .....	6
5.1.2	Cena .....	7
5.2	Zemný plyn .....	8
5.2.1	Spotreba .....	8
5.2.2	Cena .....	9
5.3	Uhlie .....	10
5.3.1	Spotreba .....	10
5.3.2	Cena .....	11
6	Záver .....	11
7	Použité zdroje .....	12

# 1 Úvod

V tomto projekte sme sa zaoberali problematikou spotreby konečnej tepelnej energie v sektore domácnosti z troch rôznych zdrojov (biomasa a iné OZE, zemný plyn, uhlie) a jej vplyvu na priemernú cenu z týchto zdrojov s ohľadom na prudký nárast cien v období 2020-2022 a očakávaným ustálením v roku 2023. Zemný plyn bol modelovaný z dôvodu najviac používaného typu vytápania v domácnostiach ČR. Uhlie bolo modelované na ukážku kontrastu k biomase a iným OZE, kde je snaha o zvýšenie používania biomasy a iných OZE namiesto uhlia ako hlavného zdroja vytápania v domácnostiach ČR. Cieľom simulačných experimentov je odhadnúť správanie systému v nasledujúcich rokoch s ohľadom na prudký nárast cien energie a v pokračovaní trendu z predchádzajúcich rokov.

## 1.1 Zdroj údajov

Ako hlavný zdroj dát bola využitá *Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2020* [1] z portálu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR a *Elektřina - podrobný graf 3 roky vývoje ceny komodity Elektřina* [4] z portálu Kurzy.cz. Na práci nespolupracoval odborný konzultant.

## 2 Fakty

V ČR sa k výrobe tepelnej energie využíva prevažne uhlie, ktorého spotreba zostáva v klesajúcom trende. Výroba tepla zo zemného plynu, ktorý je prevažujúcim palivom pre domácnosti medziročne stagnuje. Množstvo vyrobeného tepla z obnoviteľných zdrojov narastá. Skokový nárast cien medzi rokmi 2020-2022 súvisí s postupným zvyšovaním cien energií na svetových trhoch, k nemu v Európe začalo dochádzať v priebehu roku 2021 [1].

## 3 Konceptcia modelu

Na riešenie projektu boli využité numerické metódy pre spojitú simuláciu – konkrétne viackroková metóda *Adams-Bashforth* a na získanie prvých štyroch koeficientov metóda *Runge-Kutta 4.rádu* [3]. Jednotlivé funkcie pre simuláciu boli získané z reálnych údajov za použitia kalkulátora pre exponenciálne rovnice [2], odhadom pre sínus rovnicu a následnom ladení.

### 3.1 OZE – obnoviteľné zdroje energie

#### 3.1.1 Spotreba

Pre konečnú spotrebu energie v sektore domácností na vytápanie z biomasy a ostatných OZE [TJ/rok] ([1], str. 21) bola použitá rovnica:

$$y = 71288.3358 e^{0.0376x}$$

$$y' = 2677.7325 e^{0.0376x}$$

### 3.1.2 Cena

Pre priemernú cenu tepelnej energie z biomasy a iných OZE pre konečných spotrebiteľov (Kč/GJ bez DPH) ([1], str. 18) boli použité dve rovnice kvôli prudkému nárastu a odhadovaného ustálenia okolo roku 2023 [4].

1) Pre roky 2012-2020 a 2023-2030

$$y = 438.3751 e^{0.0121x}$$

$$y' = 5.3162 e^{0.0121x}$$

2) Pre roky 2020-2023

$$y = 339.5231 e^{0.0518x}$$

$$y' = 17.5758 e^{0.0518x}$$

## 3.2 Zemný plyn

### 3.2.1 Spotreba

Pre konečnú spotrebu energie v sektore domácností na vytápanie zo zemného plynu [TJ/rok] ([1], str. 21) bola použitá rovnica:

$$y = 5000 \sin(0.0129x + 150) + 52000$$

$$y' = 64.5 \cos(0.0129x + 150)$$

### 3.2.2 Cena

Pre priemernú cenu tepelnej energie zo zemného plynu pre konečných spotrebiteľov (Kč/GJ bez DPH) ([1], str. 18) boli použité dve rovnice kvôli prudkému nárastu cien a odhadovaného ustálenia okolo roku 2023 [4].

1) Pre roky 2012-2020 a 2023-2030

$$y = 558.6047 e^{-0.0114x}$$

$$y' = -6.3888 e^{-0.0114x}$$

2) Pre roky 2020-2023

$$y = 502.8600 e^{0.4122x}$$

$$y' = 207.2929 e^{0.4122x}$$

## 3.3 Uhlie

### 3.3.1 Spotreba

Pre konečnú spotrebu energie v sektore domácností na vytápanie z uhlia [TJ/rok] ([1], str. 21) bola použitá rovnica:

$$y = 40340.4110 e^{-0.0512x}$$

$$y' = -2066.7603 e^{-0.0512x}$$

### 3.3.2 Cena

Pre priemernú cenu tepelnej energie z uhlia pre konečných spotrebiteľov (Kč/GJ bez DPH) ([1], str. 18) boli použité dve rovnice kvôli prudkému nárastu cien a odhadovaného ustálenia okolo roku 2023 [4].

3) Pre roky 2012-2020 a 2023-2030

$$y = 443.6345 e^{0.0288x}$$

$$y' = 12.7762 e^{0.0288x}$$

4) Pre roky 2020-2023

$$y = 514.5609 e^{0.0946x}$$

$$y' = 48.6960 e^{0.0946x}$$

## 4 Simulácia

### 4.1 Použité nástroje

Na vygenerovanie odhadu exponenciálnych rovníc použitých pri simulácii bol použitý online kalkulátor - *Curve Fitting Of Exponential Curve* [2]. Samotná simulácia bola písaná v jazyku C, kde boli využité nasledujúce knižnice: *stdio.h*, *math.h*, *getopt.h*. Pre preklad bol použitý *GCC -std=c99*.

### 4.2 Spúšťanie simulácie

Preklad zahájime príkazom *make*.

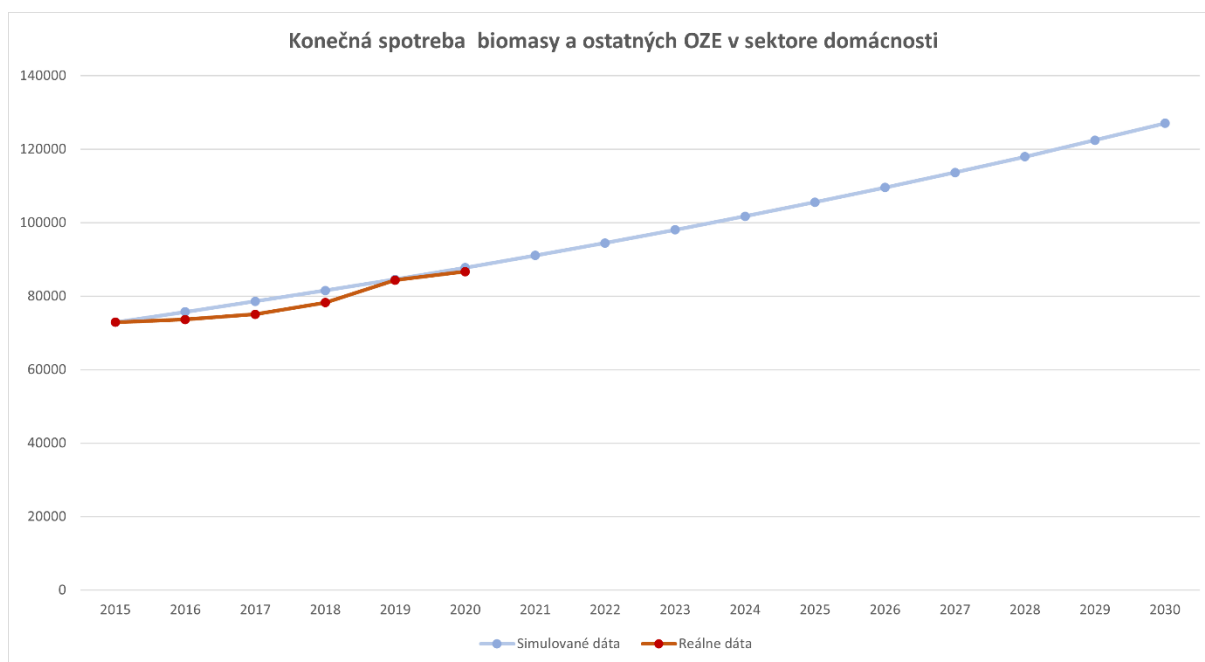
- Príkazom *make run* sa spustí simulácia konečnej spotreby tepelnej energie z biomasy a iných OZE [TJ/rok].
- Príkazom *make run\_price* sa spustí simulácia priemernej ceny tepelnej energie z biomasy a iných OZE (Kč/GJ bez DPH).
- Príkazom *make run\_natural* sa spustí simulácia konečnej spotreby tepelnej energie zo zemného plynu [TJ/rok].
- Príkazom *make run\_natural\_price* sa spustí simulácia priemernej ceny tepelnej energie zo zemného plynu (Kč/GJ bez DPH).
- Príkazom *make run\_coal* sa spustí simulácia konečnej spotreby tepelnej energie z uhlia [TJ/rok].
- Príkazom *make run\_coal\_price* sa spustí simulácia priemernej ceny tepelnej energie z uhlia (Kč/GJ bez DPH).

## 5 Experimenty

### 5.1 OZE

#### 5.1.1 Spotreba

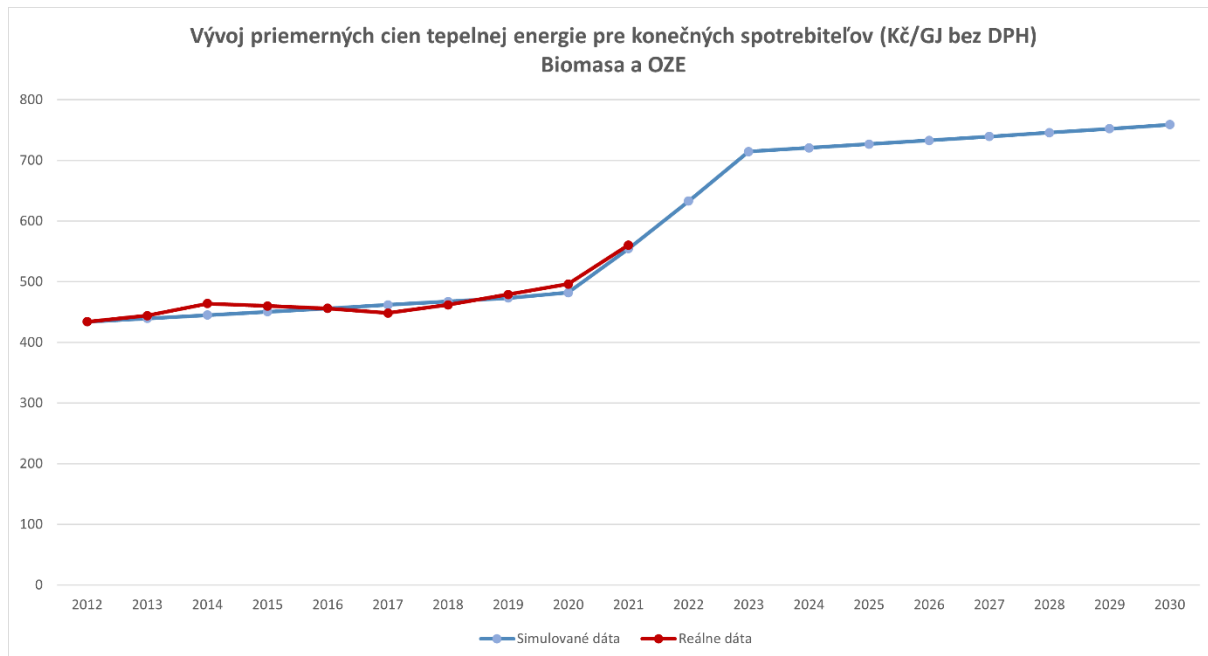
V tomto experimente simulujeme konečnú spotrebu tepelnej energie z biomasy a iných OZE v domácnostiach [TJ/rok] do roku 2030. Ako počiatočnú hodnotu sme zvolili reálnu hodnotu 72 890 [TJ/rok] za rok 2015.



Z výsledkov experimentu vidíme mierny nárast v konečnej spotrebe tepelnej energie z biomasy a iných OZE v domácnostiach [TJ/rok] v nasledujúcich rokoch. Odhadovaná spotreba v roku 2030 je 127 038 [TJ/rok].

### 5.1.2 Cena

V tomto experimente simulujeme priemernú cenu tepelnej energie z biomasy a iných OZE v domácnostiach (Kč/GJ bez DPH) do roku 2030 s predpokladom ustálenia ceny v roku 2023. Ako počiatočnú hodnotu sme zvolili reálnu hodnotu 434,09 (Kč/GJ bez DPH) za rok 2012.

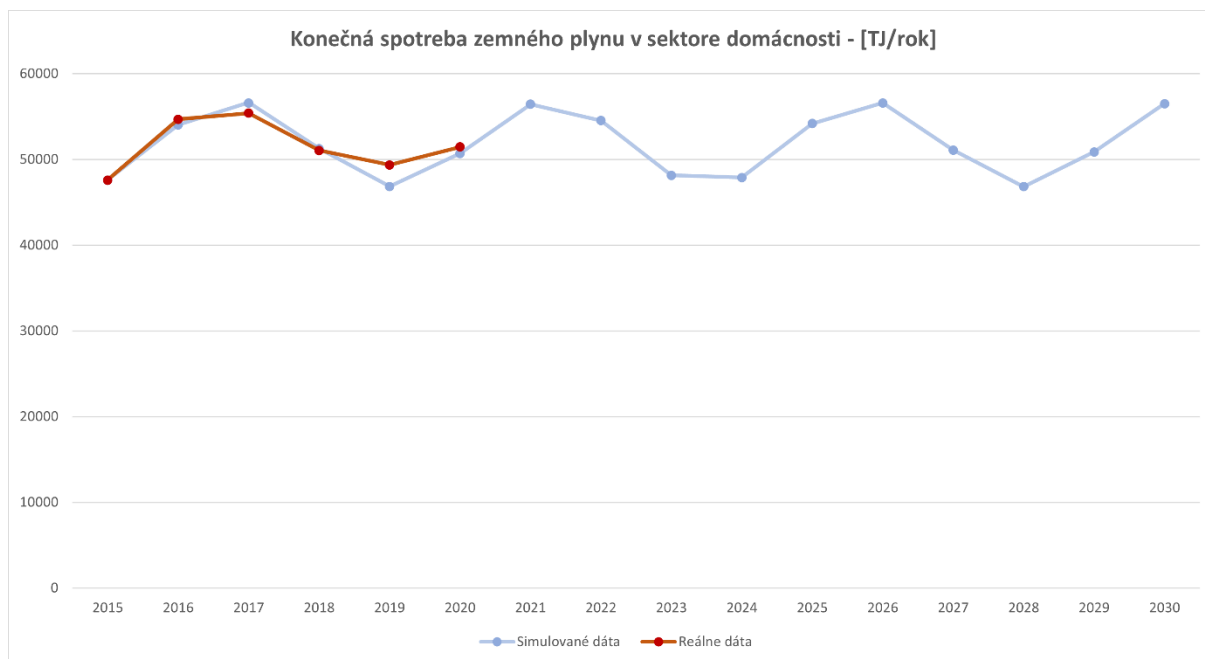


Z výsledkov experimentu vidíme nárast priemernej ceny tepelnej energie z biomasy a iných OZE v domácnostiach (Kč/GJ bez DPH) v nasledujúcich rokoch. Odhadovaná spotreba v roku 2030 je 758,86 (Kč/GJ bez DPH).

## 5.2 Zemný plyn

### 5.2.1 Spotreba

V tomto experimente simulujeme konečnú spotrebu tepelnej energie zo zemného plynu v domácnostiach [TJ/rok] do roku 2030. Ako počiatočnú hodnotu sme zvolili reálnu hodnotu 47 627 [TJ/rok] za rok 2015.

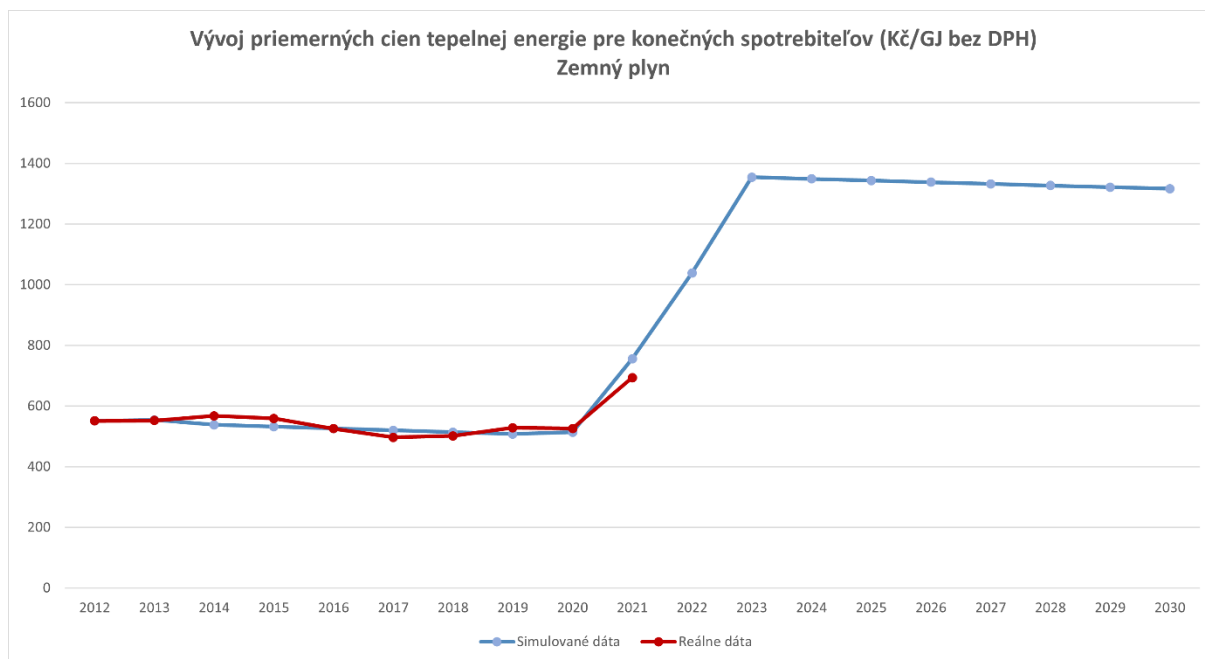


Z výsledkov experimentu vidíme stagnujúcu spotrebu tepelnej energie zo zemného plynu v domácnostiach [TJ/rok] v nasledujúcich rokoch. Odhadovaná spotreba v roku 2030 je 56 497 [TJ/rok].



### 5.2.2 Cena

V tomto experimente simulujeme priemernú cenu tepelnej energie zo zemného plynu v domácnostiach (Kč/GJ bez DPH) do roku 2030 s predpokladom ustálenia ceny v roku 2023. Ako počiatočnú hodnotu sme zvolili reálnu hodnotu 551,13 (Kč/GJ bez DPH) za rok 2012.

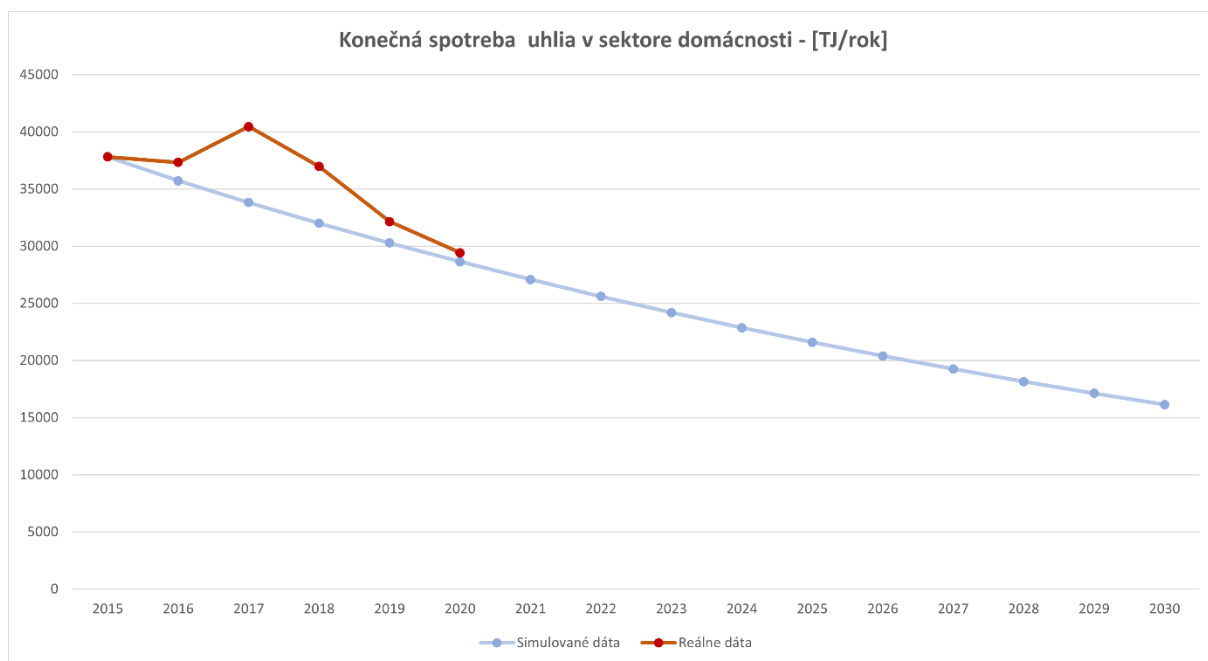


Z výsledkov experimentu vidíme pokles priemernej ceny tepelnej energie zo zemného plynu v domácnostiach (Kč/GJ bez DPH) v nasledujúcich rokoch. Odhadovaná spotreba v roku 2030 je 1316,59 (Kč/GJ bez DPH).

## 5.3 Uhlie

### 5.3.1 Spotreba

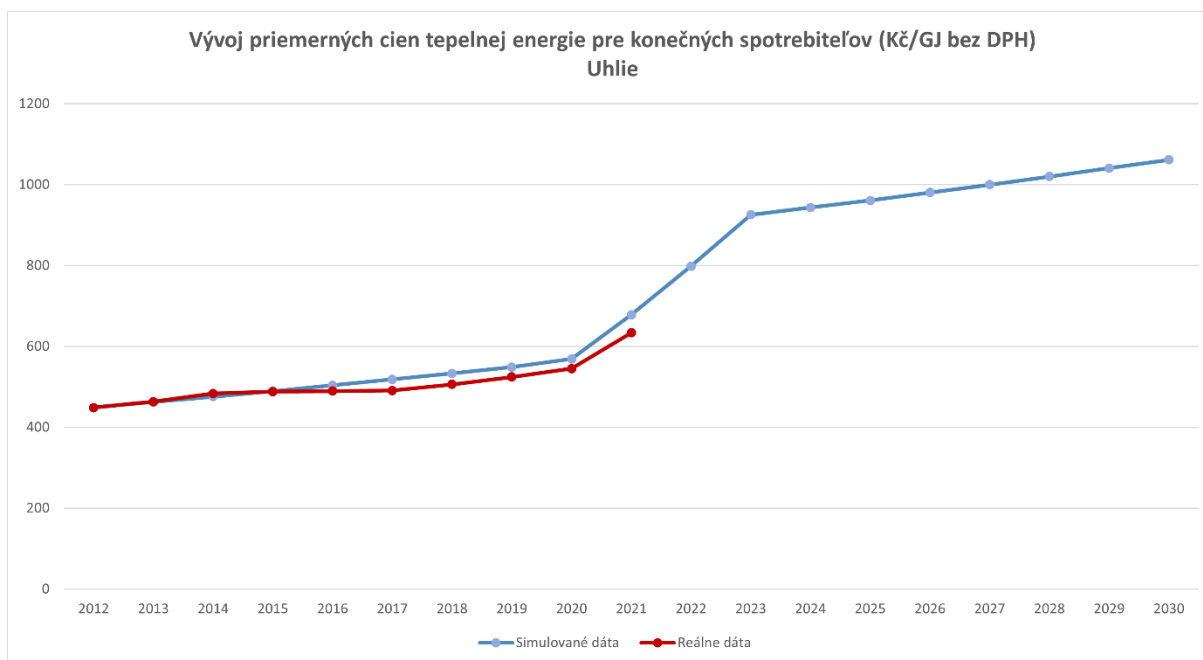
V tomto experimente simulujeme konečnú spotrebu tepelnej energie uhlia v domácnostiach [TJ/rok] do roku 2030. Ako počiatočnú hodnotu sme zvolili reálnu hodnotu 37 823 [TJ/rok] za rok 2015.



Z výsledkov experimentu klesajúcu spotrebu tepelnej energie z uhlia v domácnostiach [TJ/rok] v nasledujúcich rokoch. Odhadovaná spotreba v roku 2030 je 16 145 [TJ/rok].

### 5.3.2 Cena

V tomto experimente simulujeme priemernú cenu tepelnej energie z uhlia v domácnostiach (Kč/GJ bez DPH) do roku 2030 s predpokladom ustálenia ceny v roku 2023. Ako počiatočnú hodnotu sme zvolili reálnu hodnotu 448,88 (Kč/GJ bez DPH) za rok 2012.



Z výsledkov experimentu vidíme nárast priemernej ceny tepelnej energie z uhlia v domácnostiach (Kč/GJ bez DPH) v nasledujúcich rokoch. Odhadovaná spotreba v roku 2030 je 1061,63 (Kč/GJ bez DPH).

## 6 Záver

Simulačnými experimentami bola overená validita modelu, pretože odpovedá reálnym získaným údajom. Na základe experimentov sa zistilo, že spotreba tepelnej energie z biomasy a iných OZE sa má do roku 2030 skoro zdvojnásobiť a bude väčšia ako spotreba tepelnej energie zo zemného plynu a uhlia. Napriek tomu bude za tepelnú energiu z biomasy a iných OZE priemerná cena najnižšia. Uhlie na druhú stranu má pokles v spotrebe, ale priemerná cena stále stúpa.

## 7 Použité zdroje

- [1] Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR - Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2020, <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/zprava-o-vyvoji-energetiky-v-oblasti-tepla-za-rok-2020--270246/>
- [2] Curve Fitting Of Exponential Curve online calculator, <https://www.stepbystepsolutioncreator.com/st/ex>
- [3] IMS - Modelování a simulace, <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
- [4] Elektřina - podrobný graf 3 roky vývoje ceny komodity Elektřina, <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektřiny-graf-vyvoje-ceny/1MWh-eur-3-roky>