

Analýza experimentů simulace vytápění bytového domu

1 Úvod

Tento dokument shrnuje výsledky tří experimentů simulace tepelné distribuce v bytovém domě. Simulace modeluje čtyři byty s různými tepelnými rozměry a plány vytápění. Pomocí metody spravedlivého dělení nákladů (40 % základní složka dle plochy, 60 % spotřební složka dle skutečné spotřeby) jsou celkové náklady rozděleny mezi jednotlivé byty. Simulace jsou prováděny v rozmezí 1. ledna – 10. dubna.

Byly provedeny tři experimenty:

- Experiment 1 – Vliv nevytápění bytu 1 (termostat nastaven na 5 °C)
- Experiment 2 – Vliv přetápění bytu 3 (termostat nastaven na 28 °C)
- Experiment 3 – Vliv ceny energie (4 Kč/kWh vs 16 Kč/kWh)

1.1 Parametry bytů

Byt	Termostat (všední)
1	21 °C (6–8, 15–22 h), jinak 18 °C
2	20 °C (19–22 h), jinak 17 °C
3	23 °C (6–8, 13–20 h), jinak 19 °C
4	24 °C (6–8, 18–22 h), jinak 20 °C

Tabulka 1 – Vlastnosti a termostatové plány bytů

1.2 Rozložení bytového domu

Vizualizace domu je načtena z csv souboru kdy každé políčko reprezentuje jeden patch a jeho hodnota určí o jaký typ patche jde. Každá barva představuje jeden byt, šedá představuje zeď, modré okolí reprezentuje vnější prostředí a bílé patche reprezentují radiátory.

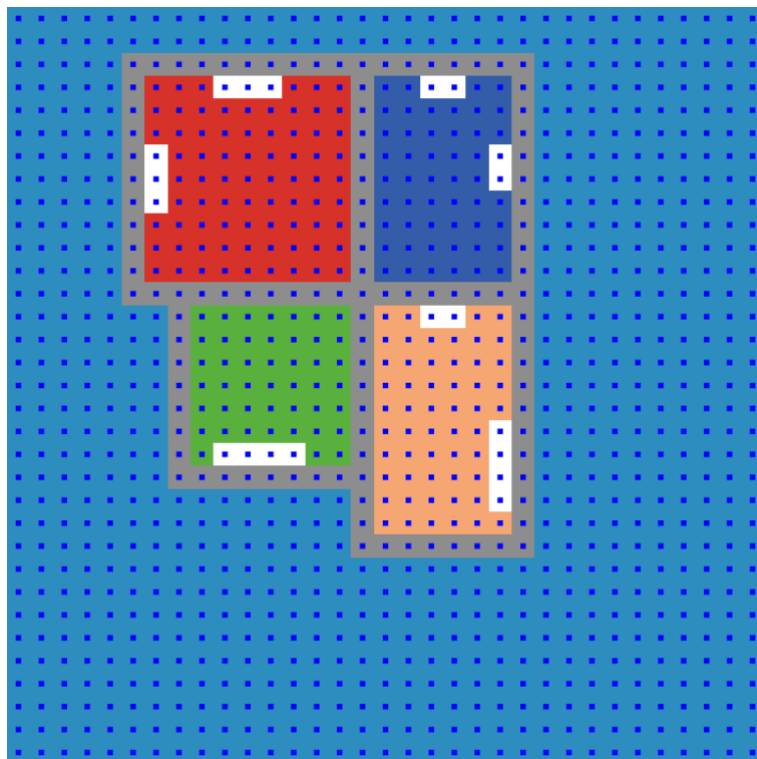
Legenda znaků v souboru data.csv:

S – vnější prostředí (obloha/venku)

X – stěna (beton)

1–4 – zóny bytů

R – radiátory



Obrázek 1 – Rozmístění bytů v modelu (červená = byt 1, modrá = byt 2, zelená = byt 3, oranžová = byt 4)

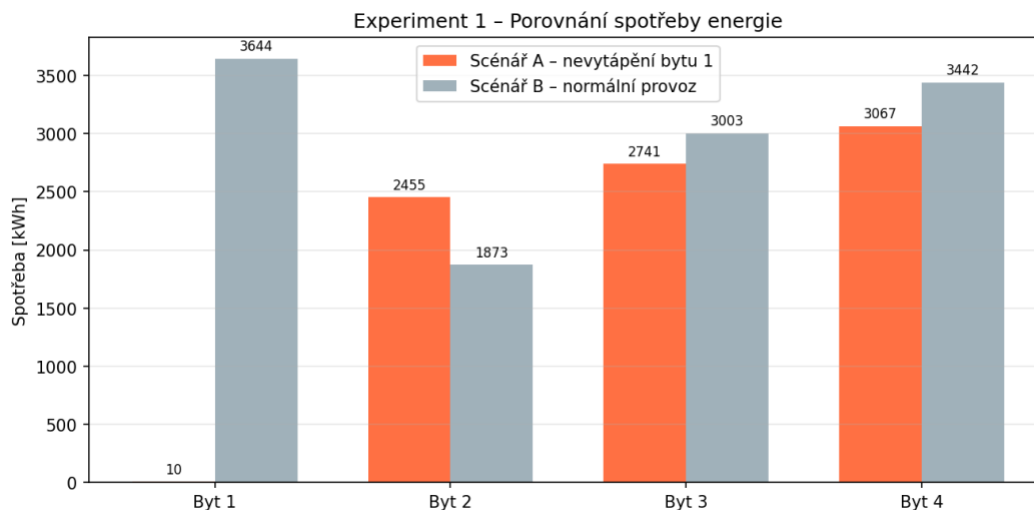
2 Experiment 1 – Nevytápěný byt 1

Cílem experimentu bylo zjistit, jak ovlivní dělení nákladů situace, kdy obyvatel bytu 1 záměrně omezí vytápění na minimum (nastavení termostatu 5 °C) – typická situace dlouhodobé nepřítomnosti.

Porovnáváme dva scénáře:

- *Scénář A: Byt 1 – termostat na 5 °C*
- *Scénář B: Normální automatický provoz všech bytů*

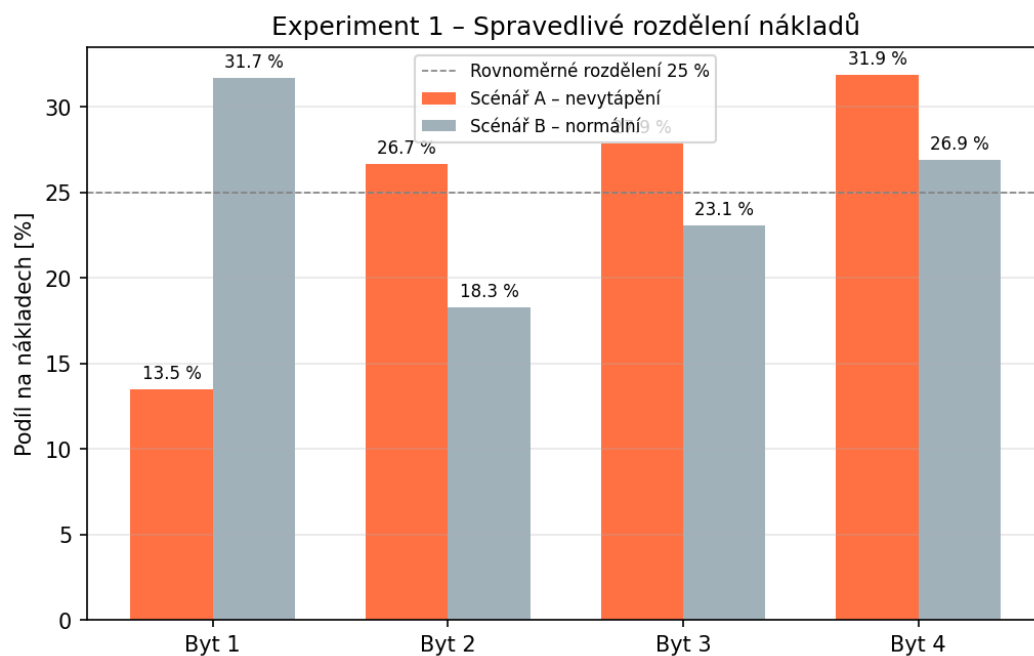
2.1 Spotřeba energie



Graf 1 – Spotřeba energie za topnou sezónu, Experiment 1

Nevytápění bytu 1 neznamenal nulovou spotřebu, z důvodu chránění před zamrznutím je potřeba v místnosti udržovat minimální teplotu 5 °C. V tomto případě byla spotřeba pouhých 9.5 kWh oproti 3645 kWh v moment standardního provozu. Byt 2 měl podle očekávání ve scénáři A vyšší spotřebu oproti scénáři B (2 455 vs 1 873 kWh). Byty 3 a 4 mají ve scénáři A překvapivě menší spotřebu než ve scénáři B a to z důvodu zpětné vazby a změny cílové teploty.

2.2 Spravedlivé rozdělení nákladů



Graf 2 – Podíl na celkových nákladech [%], Experiment 1

Algoritmus spravedlivého dělení (40 % dle plochy, 60 % dle spotřeby) výrazně snižuje podíl bytu 1 při jeho nevytápění: ze 31,7 % (normální provoz) na pouhých 13,5 %. Tím dochází k redistribuci nákladů na zbývající tři byty, jejichž podíly vzrostou (byt 2: 18,3 % → 26,7 %, byt 3: 23,1 % → 27,9 %, byt 4: 26,9 % → 31,9 %).

2.3 Souhrnná tabulka

Ukazatel	Byt 1	Byt 2	Byt 3	Byt 4
Spotřeba A [kWh]	10	2 455	2 741	3 066
Spotřeba B [kWh]	3 645	1 873	3 002	3 443
Náklady A [%]	13,5	26,7	27,9	31,9
Náklady B [%]	31,7	18,3	23,1	26,9
Teplota A [°C]	12,7	15,0	15,0	15,0
Teplota B [°C]	18,0	17,0	19,0	18,8
Spokojenost A [%]	22,9	99,9	99,9	99,8
Spokojenost B [%]	99,9	99,7	99,9	99,8

Tabulka 2 – Souhrn výsledků Experimentu 1

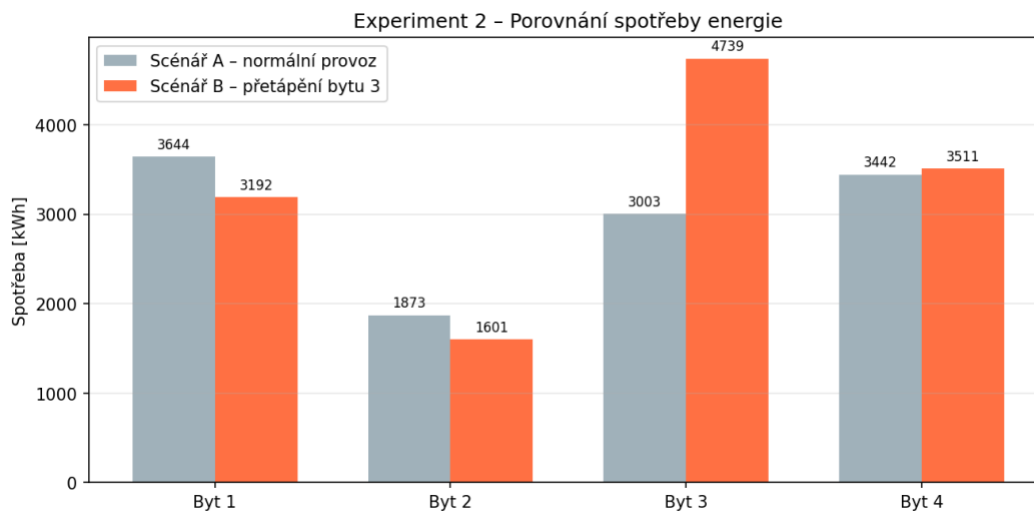
3 Experiment 2 – Přetápění bytu 3

Druhý experiment zkoumá opačnou situaci: obyvatel bytu 3 nastaví termostat na 28 °C (přetápění o 5-9 °C).

Porovnávané scénáře:

- *Scénář A: Normální automatický provoz všech bytů*
- *Scénář B: Byt 3 –termostat na 28 °C*

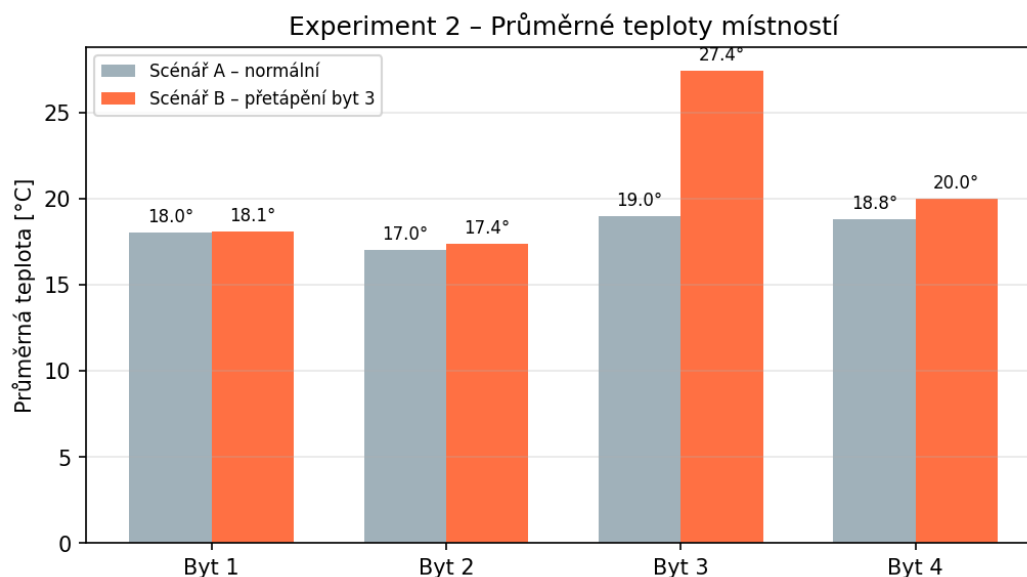
3.1 Spotřeba energie



Graf 3 – Spotřeba energie za topnou sezónu, Experiment 2

Přetápění bytu 3 zvýšilo jeho spotřebu o 58 % (3 002 → 4 739 kWh). Zajímavým efektem je pokles spotřeby sousedních bytů: byt 1 klesne z 3 645 na 3 192 kWh, byt 2 z 1 873 na 1 601 kWh – teplo z přetápěného bytu 3 se přeneslo přes zdi a snižuje potřebu vytápění sousedů.

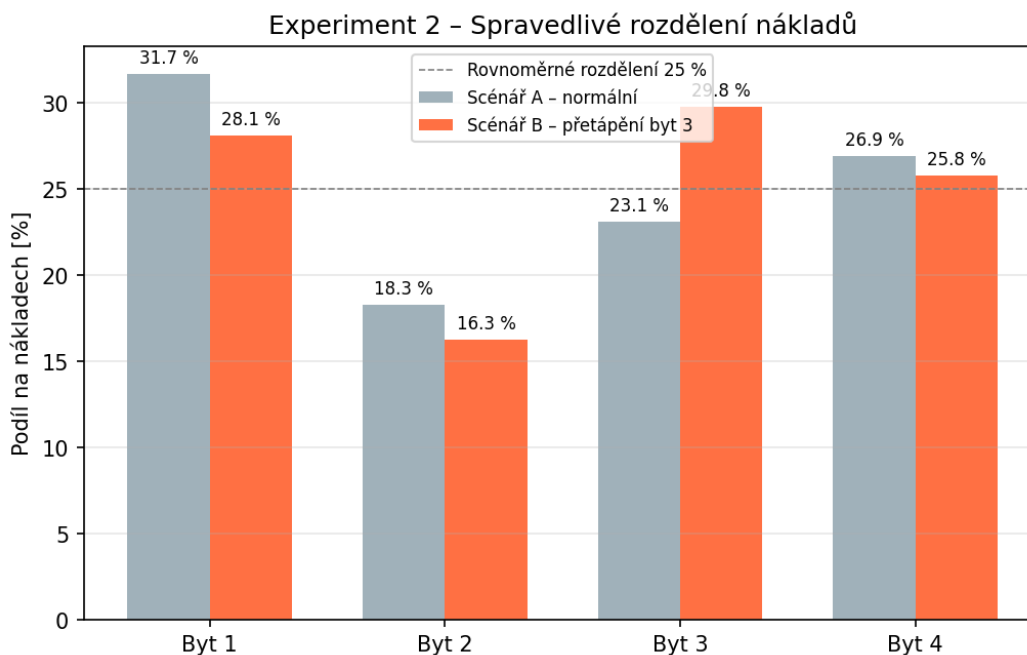
3.2 Průměrné teploty bytů



Graf 4 – Průměrné teploty bytů, Experiment 2

Byt 3 dosahuje průměrné teploty 27,4 °C (vs 19 °C v normálu). Sousední byty vykazují mírně vyšší teploty díky tepelné přenosu tepla z bytu 3.

3.3 Spravedlivé rozdělení nákladů



Graf 5 – Podíl na celkových nákladech [%], Experiment 2

Podíl bytu 3 na nákladech vzrostl z 23,1 % na 29,8 % – algoritmus správně přenáší zvýšené náklady na konkrétní byt.

3.4 Souhrnná tabulka

Ukazatel	Byt 1	Byt 2	Byt 3	Byt 4
Spotřeba A [kWh]	3 645	1 873	3 002	3 443
Spotřeba B [kWh]	3 192	1 601	4 739	3 511
Δ spotřeba [kWh]	-453	-272	+1737	+68
Náklady A [%]	31,7	18,3	23,1	26,9
Náklady B [%]	28,1	16,3	29,8	25,8
Teplota A [°C]	18,0	17,0	19,0	18,8
Teplota B [°C]	18,1	17,4	27,4	20,0
Spokojenost B [%]	99,1	95,8	94,3	99,9

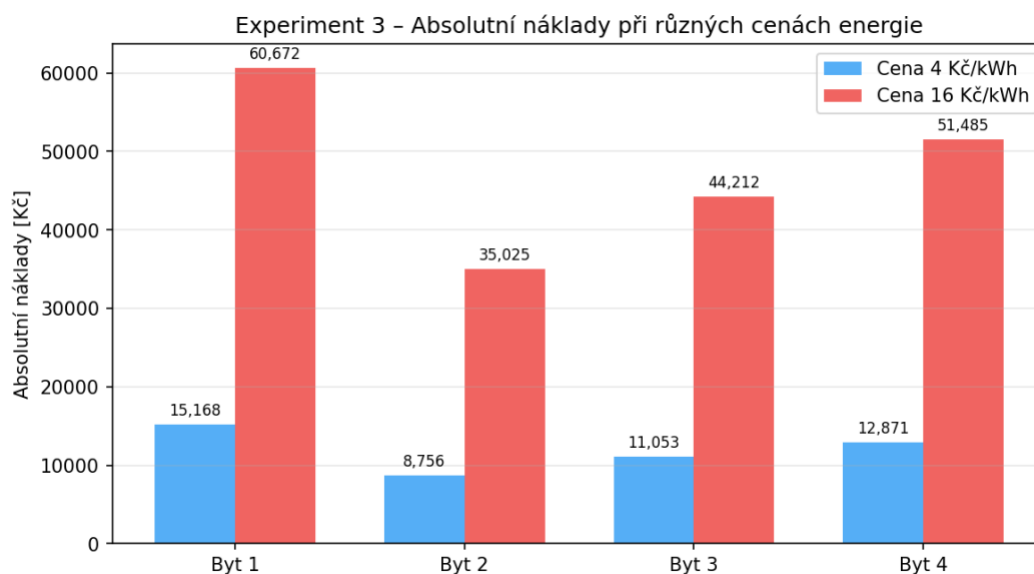
Tabulka 3 – Souhrn výsledků Experimentu 2 (A = normální provoz, B = přetápění bytu 3)

4 Experiment 3 – Vliv ceny energie

Třetí experiment testuje citlivost modelu na cenu energie. Model používá parametr "cena-za-kwh" (Kč/kWh), který přepočítává spotřebu na absolutní cenu. Porovnávají se scénáře:

- *Scénář A: Cena energie 4 Kč/kWh*
- *Scénář B: Cena energie 16 Kč/kWh*

4.1 Absolutní náklady bytů



Graf 6 – Absolutní náklady za topnou sezónu [Kč], Experiment 3

Spotřeby a procentuální podíly jsou v obou scénářích identické – model totiž počítá pouze se spokojeností přerozdělování s ostatními bytovými jednotkami.

4.2 Přehled absolutních nákladů

Byt	Podíl [%]	Náklady 4 Kč/kWh [Kč]	Náklady 16 Kč/kWh [Kč]
Byt 1	31,7 %	15,168	60,672
Byt 2	18,3 %	8,756	35,025
Byt 3	23,1 %	11,053	44,212
Byt 4	26,9 %	12,871	51,485
Celkem	100 %	47,849	191,395

Tabulka 4 – Absolutní náklady pro různé ceny energie (normální provoz)

5 Závěr

Simulace prokázala, že algoritmus spravedlivého dělení nákladů reaguje na chování obyvatel. Experiment 1 ukázal, že nevytápění bytu výrazně sníží jeho podíl na nákladech (z 31,7 % na 13,5 %), a zvýší náklady

sousedů, kteří musí kompenzovat ztrátu tepla. Experiment 2 potvrdil opačný efekt – přetápění bytu 3 zvýšilo jeho podíl z 23,1 % na 29,8 %, přičemž sousední byty benefitovaly z úniku tepla a snížily vlastní spotřebu. Experiment 3 demonstroval, že cena energie ovlivňuje pouze absolutní výši nákladů, nikoli jejich procentuální rozdělení.