



Województwo
Śląskie

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIA-SKY

Integrovaný projekt LIFE

„Silesia. Blue Sky Restored”.

Komplexní implementace Programu ochrany ovzduší pro Slezské vojvodství.





Województwo
Śląskie

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIA-SKY

Zpráva o energetickém monitoringu budovy,

Dr inż'. Bartłomiej Rutczyk prof.
dr hab. inż'. Andrzej Szle, k Dr
inż'. Michał Chabin'ski
Dr inż'. Maria Gracka

Fakulta environmentálního a energetického inženýrství, Katedra tepelné techniky,
Slezská technická univerzita
Gliwice
2025

Název: *Zpráva o energetickém monitoringu budovy,*

Projekt: prof. dr hab. inż. Andrzej Szlach, Dr inż. Michał Chabiński, Dr inż. Bartłomiej Rutczyk. Copyright 2024

Všechna práva vyhrazena
Katedra tepelné techniky,
Slezská technická univerzita



Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIA-SKY

Obsah

Obsah	2
1 Úvod	3
1.1 Parametry budov	3
2 Zpracování dat z monitorování	4
2.1 Spotřeba elektřiny	4
2.2 Teplá užitková voda	6
2.3 Vytápění a chlazení	8
2.4 Ventilace	9
2.5 Emise ze sítě	10
2.6 Emise související se spalováním paliva	10
3 Výsledky měření	11
Bibliografie	18
Seznam výkresů	18
Seznam tabulek	18



1 Úvod

Tento dokument popisuje činnosti prováděné v rámci integrovaného projektu LIFE „Silesia. Blue Sky Restored“. Komplexní implementace Programu ochrany ovzduší pro Slezské vojvodství , opatření C.3. „Vývoj modelů pro snižování dopadu na životní prostředí ve veřejných budovách“. Dokument si klade za cíl prezentovat data shromážděná v rámci energetického monitoringu budov. Monitorování probíhalo od února 2024 do února 2025. V této zprávě jsou zpracovávány následující údaje:

1. Spotřeba energie na vytápění,
2. Spotřeba energie na ohřev teplé vody,
3. Spotřeba elektřiny pro účely nesouvisející s vytápěním a ohřevem užitkové vody,
4. Kvalita ovzduší uvnitř budov,
5. Emise CO₂ generované budovou za rok.

1.1 Parametry budov

Tabulka 1 uvádí vybrané údaje o budovách shromážděné z průzkumů spolu s výsledky týkajícími se spotřeby energie. Uvádí se: názvy měst, pořadová čísla, která jim byla v práci přiřazena, podoblast, využitelná plocha, zdroj tepla a údaje o větrání a klimatizaci.



Tabulka 1: Souhrn vybraných dat o budovách

Poř. č.	Město	Subregion	Tepelný zdroj	Užitečná m2	Klimatizace Mechanická plocha počet jednotek	Ventilace
1	Bojszowy	Centrální	Topný olej	636.18	1	
2	Bytom	Centrální	Tepelná síť	1,765.89		
3	Chorzów	Centrální	Tepelná síť	1,812.00	1	ano, rek.
4	Częstochowa	Severní	Tepelná síť	2,372.39		
5	Dąbrowa G.	Centrální	Tepelná síť	3,157.00		
6	Gliwice	Centrální	Plyn	610.00		
7	Jastrzębie Zdr.	Západní	Tepelná síť	735.02		
8	Katowice	Centrální	Tepelná síť	9,540.00	1	
9	Koziegłowy	Severní	Plyn	900.00		ano
10	Krzepice 2	Severní	Topný olej	1,967.00		
11	Krzyżanowice	Západní	Plyn	93.18		
12	Gorzycy	Západní	Uhlí	411.39	4	
13	Nędza	Západní	Uhlí	1,265.00		
14	Opatów	Severní	Uhlí	365.00		
16	Piekary S. l.	Centrální	Tepelná síť	330.01		ano
17	Pietrowice Wlk.	Západní	Plyn	1,153.00	2	ano
18	Skoczów	Jižní	Plyn	1,397.00		ano
19	Radzionków	Centrální	Tepelná síť	777.30	3	
20	Ruda S. l.	Centrální	Tepelná síť	2,301.60		
21	Świerklaniec	Centrální	Plyn	773.30	4	
22	Świerklany	Západní	Plyn	650.90		ano, rek.
23	Tychy	Centrální	Tepelná síť	462.00	1	
24	Wisła (Ustronska)	Jižní	Plyn	405.56		
25	Wisła (Wyzwolenia)	Jižní	Plyn	373.00		
26	Zawiercie	Centrální	Plyn	2,911.00	3	
27	Żory	Západní	Tepelná síť	2,305.70		

2 Zpracování dat z monitorování

Základní rovnicí pro výpočty je rovnice energetické bilance. Je řešena jak pro teplo potřebné k vytápění budovy (ústřední topení) a přípravě teplé užitkové vody (TUV), tak i pro elektřinu pro potřeby energií, vytápění a klimatizace. Energetickou bilanci pro teplo lze tedy prezentovat následovně:

$$\dot{Q}_{in}(\tau) = \dot{Q}_{co}(\tau) + \dot{Q}_{cwu}(\tau), \quad (1)$$

kde $\dot{Q}_{in}$ znamená teplo dodané (topným zařízením), $\dot{Q}_{co}$ výdaje na vytápění a $\dot{Q}_{cwu}$ pro ohřev teplé užitkové vody. Tyto veličiny představují tepelné výkony, vyjádřené v kW, a jsou specifické pro daný okamžik v čase. Vnitřní generování tepla je vynecháno.

V případě elektřiny je bilance následující:

$$N_{el,sec}(\tau) = N_{el,cwu}(\tau) + N_{el,uz}(\tau) + N_{el,klim}(\tau), \quad (2), \quad \text{kde}$$

okamžité výkony N jsou vyjádřeny v kilowattech a indexy označují: síť - síť, TUV

- elektrické ohříváče vody, uz - spotřeba energie pro užitkové účely, klim - spotřeba energie pro klimatizaci.

2.1 Spotřeba elektřiny

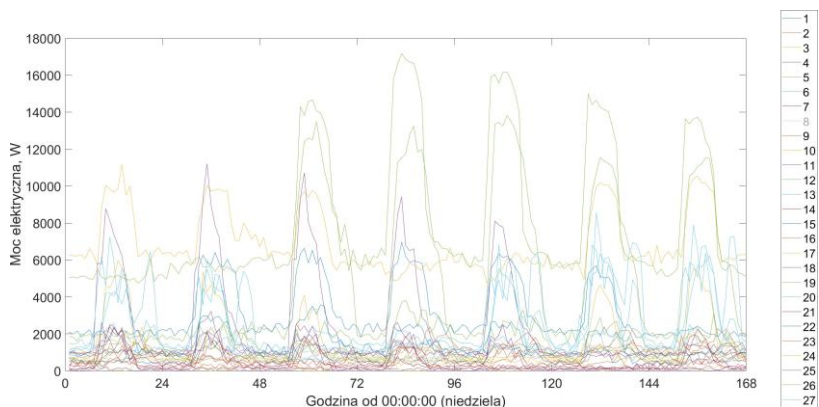
Data o okamžité spotřebě elektřiny pocházela ze senzorů uvedených v tabulce 2. Množství spotřebované elektřiny pro jiné účely než vytápění, klimatizaci a ohřev



Tabulka 2: Seznam elektroměrů

Označení elektroměru	funkce	Označení elektroměru	funkce
01_Bojszowy_Socomec3f_Elekt_1	hlavní	14_Opatow_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
01_Bojszowy_enginko_Elekt_2	-	14_Opatow_enginko_Elekt_2	-
01_Bojszowy_enginko_Elekt_3	TUV	14_Opatow_enginko_Elekt_3	-
01_Bojszowy_enginko_Elekt_4	TUV	14_Opatow_enginko_Elekt_4	-
01_Bojszowy_enginko_Elekt_5	TUV	15_Ornontowice_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
01_Bojszowy_konwerterE04_Elekt_6	klimatizace	15_Ornontowice_Socomec3f_Elekt_2	TUV
02_Bytom_Socomec3f_Elekt_1	hlavní	15_Ornontowice_enginko_Elekt_3	TUV
02_Bytom_enginko_Elekt_2	-	15_Ornontowice_enginko_Elekt_4	TUV
02_Bytom_enginko_Elekt_3	TUV	15_Ornontowice_enginko_Elekt_5	TUV
02_Bytom_enginko_Elekt_4	TUV	15_Ornontowice_enginko_Elekt_6	TUV
02_Bytom_enginko_Elekt_5	TUV	16_Piekary_Slaskie_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
02_Bytom_enginko_Elekt_6	TUV	16_Piekary_Slaskie_Socomec3f_Elekt_2	-
02_Bytom_enginko_Elekt_7	TUV	17_Pietrowice_Wielkie_Socomec3f_Elekt_1	-
03_Chorzow_Socomec3f_Elekt_1	hlavní	17_Pietrowice_Wielkie_Socomec3f_Elekt_2	klimatizace
03_Chorzow_Socomec3f_Elekt_2	-	17_Pietrowice_Wielkie_Socomec3f_Elekt_3	-
03_Chorzow_konwerterE04_Elekt_3	klimatizace	17_Pietrowice_Wielkie_Socomec3f_Elekt_4	pv
04_Czestochowa_Socomec3f_Elekt_1	hlavní	17_Pietrowice_Wielkie_konwerterE04_Elekt_5	klimatizace
04_Czestochowa_Socomec3f_Elekt_2	-	18_Skoczow_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
04_Czestochowa_Socomec3f_Elekt_3	-	18_Skoczow_Socomec3f_Elekt_2	-
04_Czestochowa_Socomec3f_Elekt_4	-	19_Radzionkow_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
04_Czestochowa_Socomec3f_Elekt_5	TUV	19_Radzionkow_enginko_Elekt_2	klimatizace
04_Czestochowa_konwerterE04_Elekt_10_11	TUV	19_Radzionkow_enginko_Elekt_3	klimatizace
04_Czestochowa_konwerterE04_Elekt_12_13	TUV	19_Radzionkow_enginko_Elekt_4	klimatizace
04_Czestochowa_konwerterE04_Elekt_14_15	TUV	20_Ruda_Slaska_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
04_Czestochowa_konwerterE04_Elekt_16_17	TUV	20_Ruda_Slaska_Socomec3f_Elekt_2	hlavní
04_Czestochowa_konwerterE04_Elekt_18_19	TUV	21_Swierklaniec_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
04_Czestochowa_konwerterE04_Elekt_20_21	TUV	22_Swierklany_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
04_Czestochowa_konwerterE04_Elekt_6_7	TUV	22_Swierklany_Socomec3f_Elekt_2	-
04_Czestochowa_konwerterE04_Elekt_8	TUV	22_Swierklany_enginko_Elekt_4	TUV
05_Dabrowa_Gomicza_Socomec3f_Elekt_1	hlavní	22_Swierklany_enginko_Elekt_5	TUV
05_Dabrowa_Gomicza_Socomec3f_Elekt_12	TUV	22_Swierklany_enginko_Elekt_6	TUV
05_Dabrowa_Gomicza_enginko_Elekt_10	TUV	22_Swierklany_enginko_Elekt_7	klimatizace
05_Dabrowa_Gomicza_enginko_Elekt_11	TUV	22_Swierklany_enginko_Elekt_8	klimatizace
05_Dabrowa_Gomicza_enginko_Elekt_13	TUV	22_Swierklany_enginko_Elekt_9	klimatizace
05_Dabrowa_Gomicza_enginko_Elekt_14	TUV	23_Tychy_Socomec3f_Elekt_1	-
05_Dabrowa_Gomicza_enginko_Elekt_2	TUV	23_Tychy_enginko_Elekt_2	TUV
05_Dabrowa_Gomicza_enginko_Elekt_3	TUV	23_Tychy_enginko_Elekt_3	TUV
05_Dabrowa_Gomicza_enginko_Elekt_4	TUV	23_Tychy_enginko_Elekt_4	-
05_Dabrowa_Gomicza_enginko_Elekt_5	TUV	23_Tychy_enginko_Elekt_5	klimatizace
05_Dabrowa_Gomicza_enginko_Elekt_7	TUV	23_Tychy_enginko_Elekt_6	TUV
05_Dabrowa_Gomicza_enginko_Elekt_8	TUV	24_Wisla_Ustronska_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
06_Gliwice_Socomec3f_Elekt_1	hlavní	25_Wisla_Wyzwolenia_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
06_Gliwice_enginko_Elekt_2	TUV	26_Zawiercie_Socomec3f_1f_Elekt_3	klimatizace
07_Jastrzebie_Zdroj_Socomec3f_1f_Elekt_1_5	hlavní	26_Zawiercie_Socomec3f_1f_Elekt_4	klimatizace
07_Jastrzebie_Zdroj_Socomec3f_1f_Elekt_3_7	TUV	26_Zawiercie_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
07_Jastrzebie_Zdroj_Socomec3f_Elekt_2	pv	26_Zawiercie_Socomec3f_Elekt_2	klimatizace
07_Jastrzebie_Zdroj_Socomec3f_Elekt_4	-	26_Zawiercie_enginko_Elekt_5	TUV
07_Jastrzebie_Zdroj_enginko_Elekt_6	klimatizace	26_Zawiercie_enginko_Elekt_6	TUV
08_Katowice_Socomec3f_Elekt_1	hlavní	26_Zawiercie_enginko_Elekt_7	TUV
08_Katowice_Socomec3f_Elekt_2	hlavní	26_Zawiercie_enginko_Elekt_8	TUV
08_Katowice_Socomec3f_Elekt_3	klimatizace	26_Zawiercie_enginko_Elekt_9	TUV
09_Koziegłowy_Socomec3f_Elekt_1	hlavní	27_Zory_Socomec3f_Elekt_1	hlavní
09_Koziegłowy_konwerterE04_Elekt_2	-	27_Zory_Socomec3f_Elekt_13	TUV
10_Krzepice_Socomec3f_Elekt_1	hlavní	27_Zory_enginko_Elekt_10	TUV
10_Krzepice_Socomec3f_Elekt_2	hlavní	27_Zory_enginko_Elekt_11	TUV
10_Krzepice_Socomec3f_Elekt_3	-	27_Zory_enginko_Elekt_12	TUV
10_Krzepice_Socomec3f_Elekt_4	-	27_Zory_enginko_Elekt_2	TUV
10_Krzepice_Socomec3f_Elekt_5	-	27_Zory_enginko_Elekt_3	TUV
10_Krzepice_enginko_Elekt_10	-	27_Zory_enginko_Elekt_4	TUV
10_Krzepice_enginko_Elekt_11	klimatizace	27_Zory_enginko_Elekt_5	TUV
10_Krzepice_enginko_Elekt_12	klimatizace	27_Zory_enginko_Elekt_6	TUV
10_Krzepice_enginko_Elekt_8	klimatizace	27_Zory_enginko_Elekt_7	TUV
10_Krzepice_enginko_Elekt_9	vytápění	27_Zory_enginko_Elekt_8	TUV
11_Krzyżanowice_Socomec3f_Elekt_1	hlavní	27_Zory_enginko_Elekt_9	TUV
12_Gorzyce_Socomec3f_1f_Elekt_2_4	klimatizace		
12_Gorzyce_Socomec3f_Elekt_1	hlavní		
12_Gorzyce_Socomec3f_Elekt_3	klimatizace		
12_Gorzyce_enginko_Elekt_5	TUV		
12_Gorzyce_enginko_Elekt_6	klimatizace		
12_Gorzyce_enginko_Elekt_7	klimatizace		
13_Nedza_Socomec3f_Elekt_1	hlavní		
13_Nedza_Socomec3f_Elekt_2	TUV		
13_Nedza_Socomec3f_Elekt_3	TUV		
13_Nedza_enginko_Elekt_4	TUV		
13_Nedza_enginko_Elekt_5	TUV		
13_Nedza_enginko_Elekt_6	TUV		





Obrázek 1: Příklad týdenních profilů elektrické energie pro jednotlivé budovy.

teplé užitkové vody není závislé na povětrnostních podmínkách. Jak však ukázala měření, „elektrický výkon“ budovy se v průběhu času mění v důsledku používání zařízení v ní umístěných. Tuto variabilitu je proto nutné při výpočtech zohlednit.

Předpokládalo se, že elektrický výkon závisí na čase a dni v týdnu. Údaje z měření z hlavních měřidel byly sníženy o spotřebu na vytápění, klimatizaci a ohřev teplé užitkové vody. Výkon byl vypočítán ze zpracovaných dat a redukován na časové rozlišení 1 hodiny. Na základě hodinových dat byly pro každou budovu zvlášť vytvořeny profily zprůměrované za 168hodinové okno (jeden týden), počínaje nedělí 0:00. Profily budov s výjimkou Maršálského úřadu (kvůli řádové velikosti) jsou pro ilustraci znázorněny na obr. 1.

Jak je patrné, variabilita v závislosti na hodině/dnu v týdnu je jasně viditelná (včetně vyšší spotřeby během pracovní doby a dnů), což bylo považováno za potvrzení učiněných předpokladů. Takto připravené „průměrné týdenní profily“ poskytují přehled o využití budovy a představují data pro výpočty zaměřené na výběr obnovitelných zdrojů energie pro budovu.

Pro ilustraci úrovně spotřeby elektrické energie jednotlivými budovami je elektrická energie znázorněna také v uspořádaných grafech. Vzhledem k velkému počtu údajů, v obrázků jsou pro lepší čitelnost k této zprávě přiloženy jako **příloha** grafy.

2.2 Teplá užitková voda

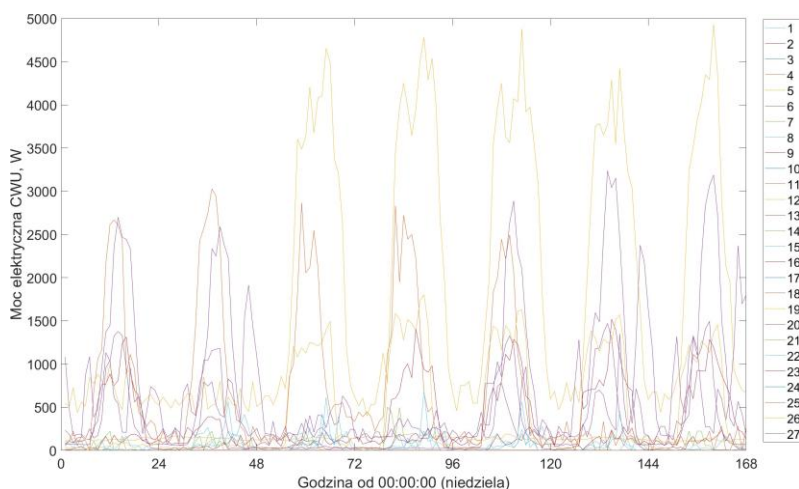
Pro zpracování dat o spotřebě energie na ohřev teplé užitkové vody byly použity stejné předpoklady jako při modelování spotřeby elektřiny pro energetické účely, tj. byly vytvořeny týdenní profily. Údaje o spotřebě energie na ohřev TUV byly shromážděny ze tří typů zdrojů: elektroměry instalované na kotlích/průtokových ohřivačích vody (tj. elektroměry označené jako TUV v tabulce 2), měřiče tepla určené pro systémy ohřevu TUV (tabulka 3) a měřiče tepla kombinující funkci měření ústředního vytápění a TUV. V druhém případě byla použita pouze měření provedená v letních měsících k vyloučení vlivu

Tabulka 3: Seznam měřičů tepla pro TUV

Oznaczenie czujnika

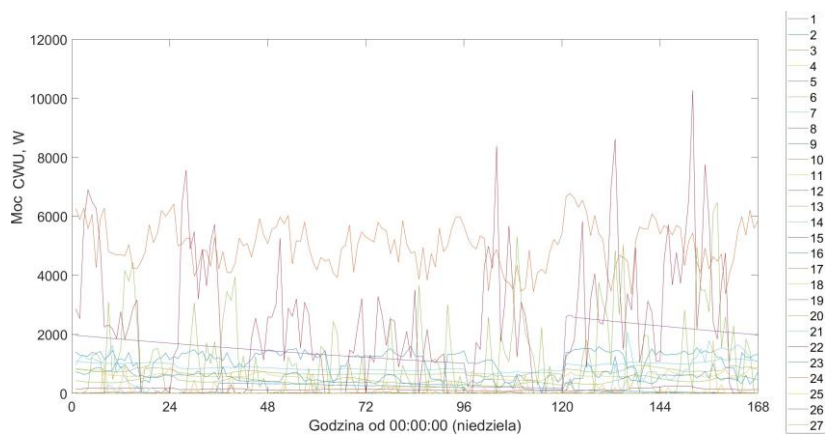
03_Chorzow_konwerter_santech_CWU
 06_Gliwice_konwerter_cieplomierz_CWU
 08_Katowice_konwerter_cieplomierz_CWU
 09_Koziegłowy_konwerter_santech_CWU_solary
 09_Koziegłowy_konwerter_cieplomierz_CWU
 10_Krzepice_konwerter_cieplomierz_CWU
 12_Gorzyce_konwerter_cieplomierz_CWU
 16_Piekary_Slaskie_konwerter_cieplomierz_CWU
 17_Pietrowice_Wielkie_konwerter_cieplomierz_CWU
 18_Skoczow_konwerter_santech_CWU
 19_Radzionkow_konwerter_cieplomierz_IR_CWU
 20_Ruda_Slaska_konwerter_cieplomierz_CWU
 21_Swierklaniec_konwerter_santech_CWU_1
 21_Swierklaniec_konwerter_santech_CWU_2
 24_Wisla_Ustronska_konwerter_santech_CWU
 25_Wisla_Wyzwolenia_konwerter_santech_CWU

ústředního topení. Týdenní profily pro jednotlivé budovy jsou znázorněny na obrázcích 2, 3 a 4.

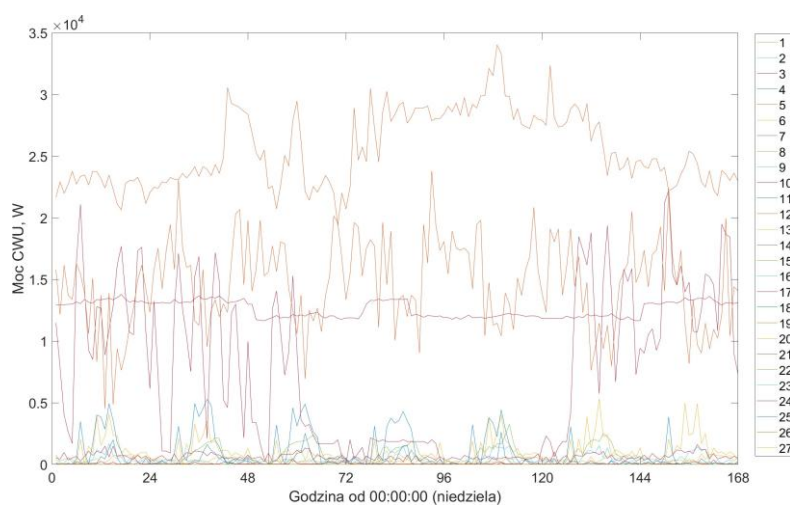


Obrázek 2: Týdenní profil průměrného hodinového výkonu elektrických ohřivačů TUV





Obrázek 3: Týdenní profil průměrného hodinového výkonu neelektrických ohřivačů TUV



Obrázek 4: Týdenní profil průměrné hodinové spotřeby tepla v systému ústředního vytápění pro ohřev teplé užitkové vody

V ročních výpočtech je spotřeba elektřiny pro účely ohřevu TUV zahrnuta do bilance elektřiny, zatímco zbývající spotřeba energie pro účely ohřevu TUV je bilancována se zdrojem tepla. Seřazené grafy spotřeby energie na ohřev TUV jsou uvedeny v **příloze** této zprávy.

2.3 Vytápění a chlazení

Spotřeba energie pro vytápění se vypočítá z následující rovnice:

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_w (i_1(t_1) - i_2(t_2)) \dot{Q}_{CWU}; \quad (3)$$



Kde $\dot{Q}_{in}$ je okamžitá spotřeba energie, $\dot{m}_w$ je naměřený průtok, i_1, i_2 jsou entalpie cirkulující vody určené na základě naměřených teplot pomocí knihoven CoolProp [1] a $\dot{Q}_{cwU}$ je okamžitý tepelný tok pro TUV, pokud existuje. Seznam senzorů (měřičů tepla) měřících spotřebu energie pro účely vytápění je uveden v tabulce 4.

Tabulka 4: Seznam měřičů tepla pro ÚV

Oznaczenie czujnika, 01_Bojszowy_konwerter_cieplomierz_CO
02_Bytom_konwerter_cieplomierz_IR_CO
03_Chorzow_konwerter_cieplomierz_CO_CWU
04_Czestochowa_konwerter_cieplomierz_IR_CO
05_Dabrowa_Gornicza_konwerter_cieplomierz_CO_2
05_Dabrowa_Gornicza_konwerter_cieplomierz_IR_CO
06_Gliwice_konwerter_cieplomierz_CO_CWU
07_Jastrzebie_Zdroj_konwerter_cieplomierz_CO
08_Katowice_konwerter_cieplomierz_CO_CWU
08_Katowice_konwerter_cieplomierz_IR_CO_CWU
09_Koziegłowy_konwerter_cieplomierz_CO_CWU
10_Krzeńpice_konwerter_cieplomierz_CO
10_Krzeńpice_konwerter_cieplomierz_CO_CWU
11_Krzyżanowice_konwerter_santech_CO
12_Gorzyce_konwerter_cieplomierz_CO_CWU
13_Nedza_konwerter_cieplomierz_CO
14_Opatow_konwerter_cieplomierz_CO
15_Ornontowice_konwerter_cieplomierz_CO
16_Piekary_Slaskie_konwerter_cieplomierz_CO
17_Pietrowice_Wielkie_konwerter_cieplomierz_CO
18_Skoczow_konwerter_cieplomierz_CO
20_Ruda_Slaska_konwerter_cieplomierz_CO_CWU
21_Swierklaniec_konwerter_cieplomierz_CO_1
21_Swierklaniec_konwerter_santech_CO_2
22_Swierklany_konwerter_cieplomierz_CO
23_Tychy_konwerter_cieplomierz_IR_CO
24_Wisla_Ustronska_konwerter_cieplomierz_CO
25_Wisla_Wyzwolenia_konwerter_santech_CO
26_Zawiercie_konwerter_cieplomierz_CO
27_Zory_konwerter_cieplomierz_CO

Dostupná data byla zaznamenávána každých 5 minut. Pro účely analýzy byla data zprůměrována na hodinová data. Grafy spotřeby tepla v seřazeném pořadí jsou uvedeny v **příloze** této zprávy.

2.4 Ventilace

Měření nezahrnovala měření průtoku vzduchu ve větracích potrubích. Podle údajů z průzkumu je mechanické větrání instalováno v 6 z 27 budov, tj. v následujících budovách: 3 - Chorzów, 9 - Koziegłowy, 16 - Piekary Śląskie, 17 - Pietrowice Wielkie, 18 - Skoczów, 22 - Świerklany, přičemž budovách 3 a 22 je přítomná rekuperace. Určité informace o provozu ventilačních systémů jsou obsaženy v měřeních koncentrace CO_2 v místnostech. Data o koncentraci CO_2 jsou prezentována ve formě uspořádaných grafů, které jsou uvedeny v **příloze**. Je třeba poznamenat, že existuje velký počet hodin ročně, kdy je překročena limitní hodnota 1000 ppm. Celková doba těchto indikací je také uvedena v tabulkách a grafech citovaných v poslední kapitole studie.



2.5 Emise ze sítě

Odběr elektřiny z celostátní energetické soustavy a tepla z lokálních systémů vytápění je spojen s emisemi CO₂. Lze zde předpokládat, že v souladu s předpoklady klimatické politiky budou tyto systémy od roku 2050 s nulovými emisemi [4], což by tyto emise stanovilo na 0 kg/kWh. Na druhou stranu tyto předpoklady nejsou v blízké budoucnosti splněny a odhad emisí generovaných budovami poskytuje cenné informace pro další analýzy.

Podobně jako u jiných výpočtů byl odhad emisí proveden na hodinové bázi s využitím dat za základní rok. Zde byla použita veřejně dostupná data z Polské energetické sítě [2]. Data PSE obsahují informace o vyrobené energii a jejích zdrojích na hodinové bázi. To umožňuje výpočet podílu celkové energie vyrobené z neobnovitelných zdrojů. Součin neobnovitelné frakce a průměrné emise na jednotku energie z neobnovitelných zdrojů, zveřejněné Národním centrem pro bilancování a řízení emisí [3], je odhadovaná okamžitá emise CO₂ na kWh:

$$m_{CO_2/kWh}(\tau) = \frac{N_{n-ren}(\tau)}{N_{n-ren}(\tau) + N_{ren}(\tau)} \cdot W_{em,kobize},$$

kde N_{n-ren} je výroba elektřiny z neobnovitelných zdrojů (MW), N_{ren} je výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů (MW) a $W_{em,kobize}$ je průměrná míra emisí na jednotku energie vyrobené v Polsku z neobnovitelných zdrojů, která činí 788 kgCO₂=MWh. Zde se předpokládá, že výroba energie z obnovitelných zdrojů nezahrnuje emise.

Emise CO₂ související se spotřebou energie z lokálních tepelných sítí byly podle zprávy KOBIZE [3] odhadnuty na 111,26 kgCO₂=GJ [3].

Tyto hodnoty se vztahují k energetickým jednotkám. Protože výpočty jsou založeny na hodnotách výkonu, předpokládá se, že výkon je během dané hodiny konstantní; energie odebíraná ze sítě je proto součinem výkonu a času. Údaje o množství CO₂ emitovaného během jednotlivých hodin jsou agregovány za celý rok.

$$m_{CO_2/kWh}(\tau) = \frac{N_{n-ren}(\tau)}{N_{n-ren}(\tau) + N_{ren}(\tau)} \cdot W_{em,kobize},$$

kde $E_{el}(\tau)$ je energie spotřebovaná v dané hodině roku v kWh ($E_{el}(\tau) = N_{el,siec}(\tau)$ za předpokladu konstantního výkonu v dané hodině.).

2.6 Emise související se spalováním paliva

Emise související se spalováním paliva jsou odhadovány na základě dat KOBIZE, která udávají množství emisí CO₂ na jednotku energie z daného paliva pro daný typ budovy. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5. Toto jsou hodnoty vhodné pro kategorii „institute/obchod/služby“.



Tabulka 5: Souhrn emisních faktorů pro vybraná paliva

	Emise CO ₂ kg/GJ
Topný olej	77.75
Zemní plyn	55.39
Černé uhlí	94.25

Tyto hodnoty se vynásobí roční spotřebou energie na vytápění v dané budově s přihlédnutím ke spotřebě tepla na ohřev teplé užitkové vody:

$$m_{CO_2, pal, rok} = \sum_{i=1}^{8760} Q_{in}(\tau) W_{pal},$$

kde W_{pal} je emisní faktor pro dané palivo, $Q_{in}(fi)$ je energie spotřebovaná pro vytápění za danou hodinu vyjádřená v GJ.

3 Výsledky měření

Tabulka 6 uvádí aktuální zdroje tepla v kg/rok v absolutních číslech a ve vztahu k užité ploše. Emise byly vypočítány na základě údajů o spotřebě paliva nebo tepla odebíraného z tepelné sítě. Emise vypočítané z měření jsou navíc znázorněny v grafech na obrázcích 5, 6, 7 a 8. Výsledky v grafech jsou seřazeny sestupně. Ukazují emise související s vytápěním (relativní a absolutní) a celkové emise (relativní a absolutní). Relativní hodnoty se zde chápou jako hodnoty vztažené k užité ploše budovy. Tabulka 7 uvádí roční potřebu tepla budov, seřazenou podle relativní roční potřeby na jednotku plochy. S ohledem na výše uvedené údaje je třeba věnovat pozornost dvěma paralelním hodnotám z budovy v Gorzycích – odečty byly rozděleny na ty s měřicem tepla TUV a bez něj z důvodu vysokých hodnot naměřených na něm.

Tabulky 8 a 9 ukazují celkový čas za celé období měření, ve kterém daný senzor CO₂ detekoval koncentraci vyšší než 1000 ppm. Čas je udáván ve formátu hodiny:minuty:sekundy. Data jsou seřazena podle subregionů. Tato data jsou také zobrazena v sestupném pořadí v grafu na obrázku 9.



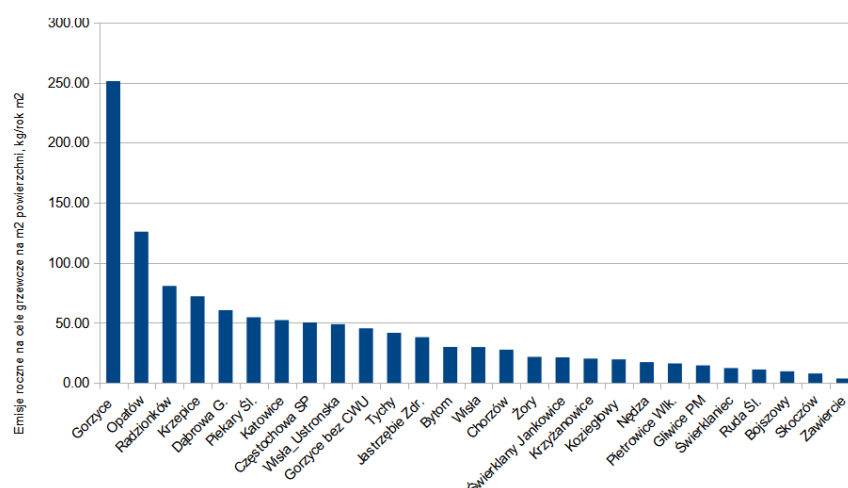
Tabulka 6: Seznam budov s emisemi CO₂ souvisejícími s vytápěním a spotřebou elektřiny, ročně, podle subregionů

Poř. č.	Budova	Subregion	Tepelný zdroj	Emise způsobené se spotřebou el. en., kg/rok	Emise související s vytápěním, kg/rok	Už. plocha, m ²	Emise ze spotřeby el. en. na j. plochy, kg/rok m ²	Emise související s vytápěním na j. plochy, kg/rok m ²	Celkové emise kg/rok
19	Radzionków	Centrální	Tepelná síť	9248.78	62695.01	777.30	11.90	80.66	71943.79
8	Katowice	Centrální	Tepelná síť	260416.33	497956.36	9540.00	27.30	52.20	758372.70
5	Dąbrowa G.	Centrální	Tepelná síť	30707.73	190815.84	3157.00	9.73	60.44	221523.57
16	Piekary S' l.	Centrální	Tepelná síť	2442.85	18031.26	330.01	7.40	54.64	20474.11
3	Chorzów	Centrální	Tepelná síť	41131.95	50044.95	1812.00	22.70	27.62	91176.90
23	Tychy	Centrální	Tepelná síť	3819.37	19247.98	462.00	8.27	41.66	23067.35
1	Bojszowy	Centrální	Topný olej	19022.59	6105.57	636.18	29.90	9.60	25128.15
6	Gliwice PM	Centrální	Plyn	11622.91	8865.92	610.00	19.05	14.53	20488.83
2	Bytom	Centrální	Tepelná síť + plyn	6530.05	52759.49	1765.89	3.70	29.88	59289.54
26	Zawiercie	Centrální	Plyn	47907.85	10537.89	2911.00	16.46	3.62	58445.74
20	Ruda S' l.	Centrální	Tepelná síť	16168.29	25633.25	2301.60	7.02	11.14	41801.54
21	Świerklaniec	Centrální	Plyn	2534.53	9531.44	773.30	3.28	12.33	12065.97
14	Opatów	Severní	Uhlí	2602.58	45937.63	365.00	7.13	125.86	48540.21
10	Krzepice 2	Severní	Topný olej	8666.49	141948.71	1967.00	4.41	72.17	150615.21
4	Częstochowa SP	Severní	Tepelná síť	15366.46	119459.86	2372.39	6.48	50.35	134826.32
9	Koziegłowy	Severní	Plyn	4873.67	17605.03	900.00	5.42	19.56	22478.71
24	Wisła (Ustrońska)	Jižní	Plyn	5421.93	19804.29	405.56	13.37	48.83	25226.22
25	Wisła (Wyzwolenia)	Jižní	Plyn	3431.14	11128.84	373.00	9.20	29.84	14559.98
18	Skoczów	Jižní	Plyn	6302.58	10954.92	1397.00	4.51	7.84	17257.51
12	Gorzyce	Západní	Uhlí	5024.71	103375.61	411.39	12.21	251.28	108400.32
12	Gorzyce (bez TUV)	Západní	Uhlí	5024.71	18680.78	411.39	12.21	45.41	23705.49
7	Jastrzębie Zdr.	Západní	Tepelná síť	2490.63	27963.82	735.02	3.39	38.04	30454.45
22	Świerklany Jankowice	Západní	Plyn	8571.79	13829.51	650.90	13.17	21.25	22401.30
27	Z'ory	Západní	Tepelná síť	12044.88	49895.42	2305.70	5.22	21.64	61940.29
13	Nełdza	Západní	Uhlí	9428.14	21818.54	1265.00	7.45	17.25	31246.68
11	Krzyżanowice	Západní	Plyn	416.01	1883.26	93.18	4.46	20.21	2299.27
17	Pietrowice Wlk.	Západní	Plyn	2620.22	18633.65	1153.00	2.27	16.16	21253.87

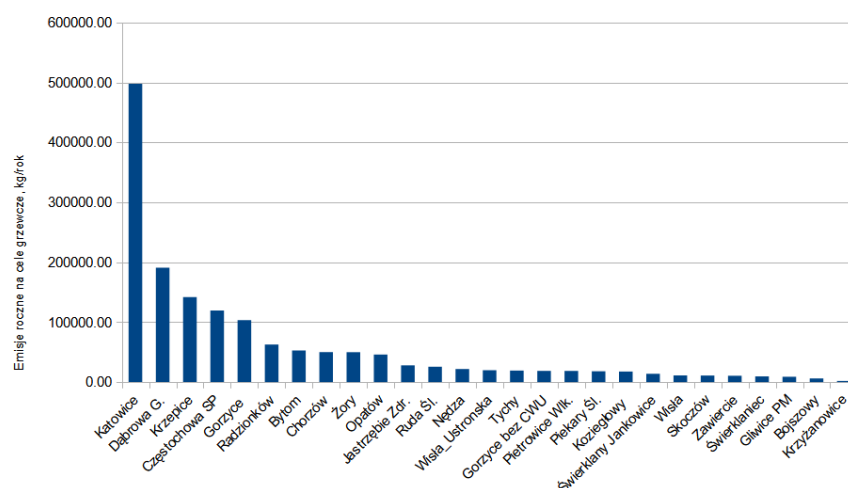
Tabulka 7: Seznam budov podle potřeby tepla na jednotku plochy, podle subregionů.

Poř. č.	Budova	Subregion	Zdroj tepla	Už. plocha, m ²	Potřeba tepla kWh/rok	Potřeba tepla na j. plochy kWh/rok m ²
19	Radzionków	Centrální	Tepelná síť	777.30	156529.03	201.38
5	Dąbrowa G.	Centrální	Tepelná síť	3157.00	476405.03	150.90
16	Piekary S' l.	Centrální	Tepelná síť	330.01	45018.18	136.41
8	Katowice	Centrální	Tepelná síť	9540.00	1243234.93	130.32
23	Tychy	Centrální	Tepelná síť	462.00	48055.94	104.02
2	Bytom	Centrální	Tepelná síť + plyn	1765.89	131723.28	74.59
6	Gliwice PM	Centrální	Plyn	610.00	44462.45	72.89
3	Chorzów	Centrální	Tepelná síť	1812.00	124945.94	68.95
21	Świerklaniec	Centrální	Plyn	773.30	47800.02	61.81
1	Bojszowy	Centrální	Topný olej	636.18	21813.56	34.29
20	Ruda S' l.	Centrální	Tepelná síť	2301.60	63997.89	27.81
26	Zawiercie	Centrální	Plyn	2911.00	52847.33	18.15
14	Opatów	Severní	Uhlí	365.00	135390.49	370.93
10	Krzepice 2	Severní	Topný olej	1967.00	507144.87	257.83
4	Częstochowa SP	Severní	Tepelná síť	2372.39	298252.39	125.72
9	Koziegłowy	Severní	Plyn	900.00	88288.97	98.10
24	Wisła (Ustrońska)	Jižní	Plyn	405.56	99318.23	244.89
25	Wisła (Wyzwolenia)	Jižní	Plyn	373.00	55810.95	149.63
18	Skoczów	Jižní	Plyn	1397.00	54938.78	39.33
12	Gorzyce	Západní	Uhlí	411.39	304675.62	740.60
12	Gorzyce (bez TUV)	Západní	Uhlí	411.39	55057.26	133.83
22	Świerklany Jankowice	Západní	Plyn	650.90	69354.78	106.55
11	Krzyżanowice	Západní	Plyn	93.18	9444.52	101.36
7	Jastrzębie Zdr.	Západní	Tepelná síť	735.02	69816.57	94.99
17	Pietrowice Wlk.	Západní	Plyn	1153.00	93447.47	81.05
27	Z'ory	Západní	Tepelná síť	2305.70	124572.62	54.03
13	Nełdza	Západní	Uhlí	1265.00	64305.08	50.83



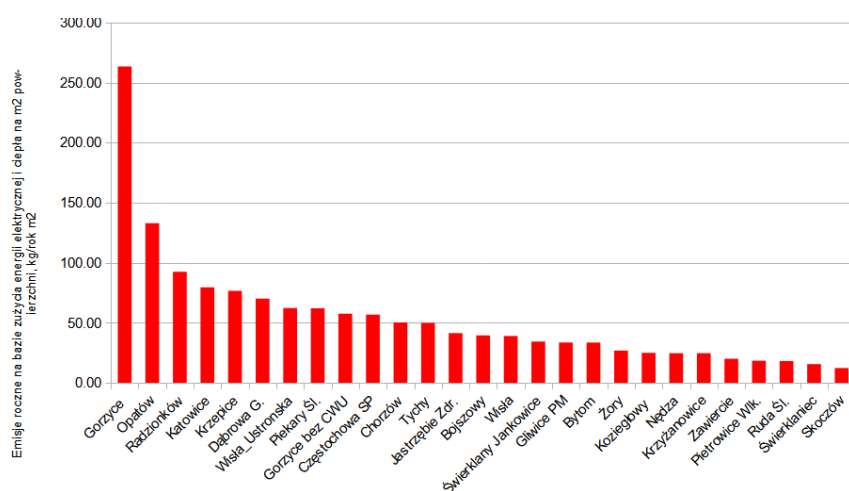


Obrázek 5: Roční emise CO₂ z budov související s vytápěním v poměru k užité ploše

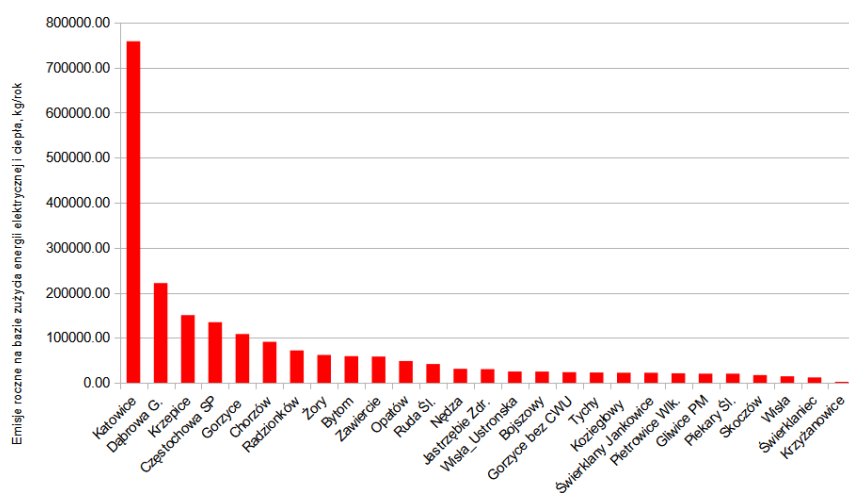


Obrázek 6: Roční absolutní emise CO₂ z budov související s vytápěním





Obrázek 7: Celkové roční emise CO₂ z budov ve vztahu k užité ploše



Obrázek 8: Celkové roční emise CO₂ z budov v absolutních hodnotách



Tabulka 8: Celková doba roku, ve které byly zaznamenány hodnoty senzorů CO₂ nad 1000 ppm, centrální subregion.

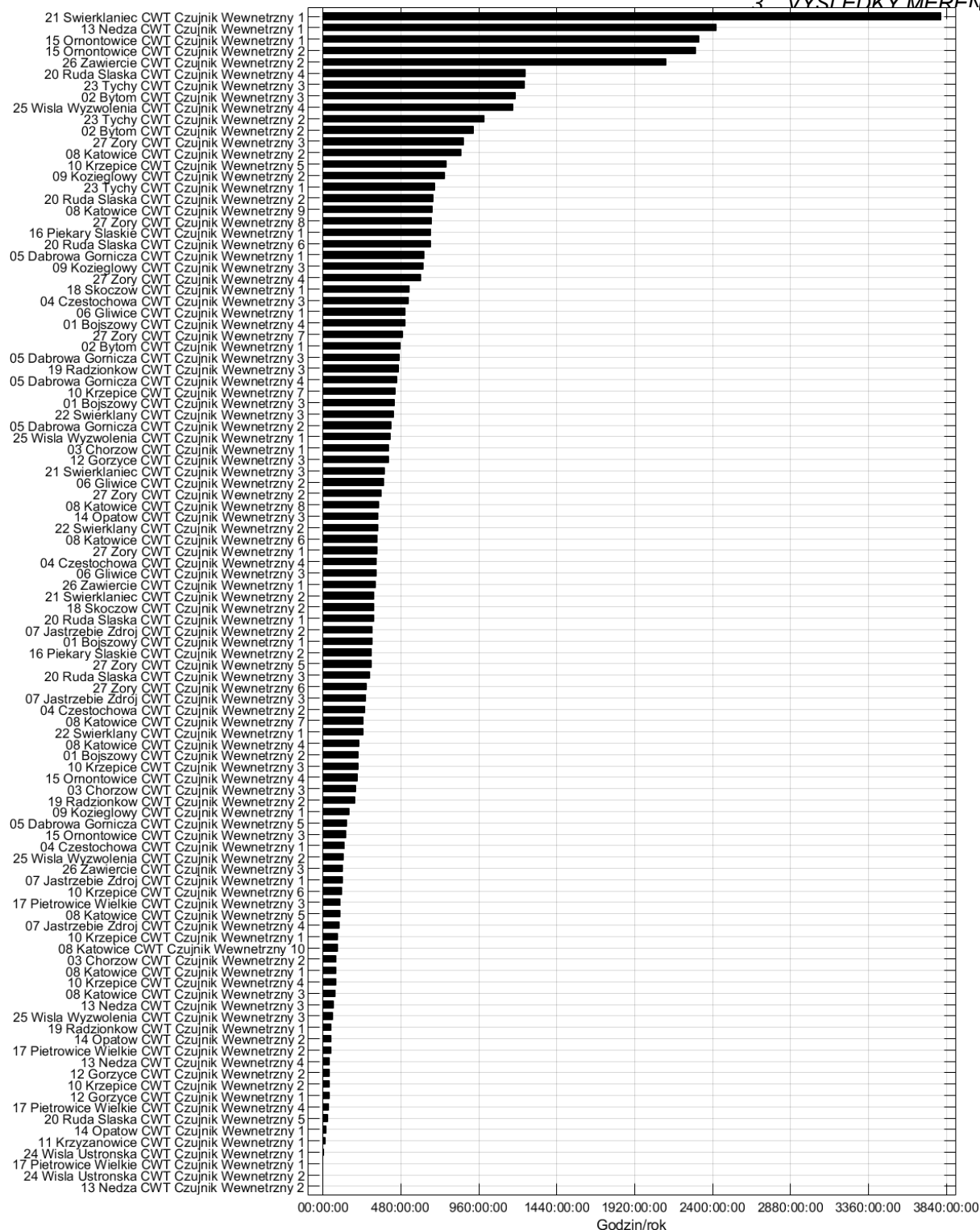
Budova	Subregion	Snímač	hod.	min.	s.	Mechanické větrání
Bojszowy	Centralny	01_Bojszowy_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	304	50	40	
		01_Bojszowy_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	216	40	15	
		01_Bojszowy_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	438	50	27	
		01_Bojszowy_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	507	11	18	
Bytom	Centralny	02_Bytom_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	476	45	48	
		02_Bytom_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	926	13	17	
		02_Bytom_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	1184	59	48	
		03_Chorzow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	404	30	34	
Chorzów	Centralny	03_Chorzow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	80	59	41	ano, rek.
		03_Chorzow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	199	25	27	
		05_Dabrowa_Gomicza_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	621	0	49	
		05_Dabrowa_Gomicza_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	419	35	7	
Dąbrowa Górnicza	Centralny	05_Dabrowa_Gomicza_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	468	36	26	
		05_Dabrowa_Gomicza_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	452	31	8	
		05_Dabrowa_Gomicza_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_5	147	9	41	
		06_Gliwice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	508	4	38	
Gliwice	Centralny	06_Gliwice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	373	17	38	
		06_Gliwice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	326	15	17	
		08_Katowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	79	37	51	
		08_Katowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_10	87	35	11	
Katowice	Centralny	08_Katowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	851	40	9	
		08_Katowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	76	41	11	
		08_Katowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	223	19	24	
		08_Katowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_5	103	35	27	
		08_Katowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_6	335	2	6	
		08_Katowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_7	245	51	32	
		08_Katowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_8	344	21	44	
		08_Katowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_9	672	7	19	
Ormontowice	Centralny	15_Ormontowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	2317	35	40	
		15_Ormontowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	2295	16	28	
		15_Ormontowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	143	9	27	
		15_Ormontowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	209	40	19	
Piekary Śląskie	Centrální	16_Piekary_Slaskie_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	665	11	16	an
		16_Piekary_Slaskie_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	298	45	4	
Radzionków	Centrální	19_Radzionkow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	50	10	32	
		19_Radzionkow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	194	24	21	
		19_Radzionkow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	464	14	57	
Ruda Śląska	Centrální	20_Ruda_Slaska_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	311	55	58	
		20_Ruda_Slaska_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	680	15	55	
		20_Ruda_Slaska_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	288	46	1	
		20_Ruda_Slaska_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	1245	5	53	
		20_Ruda_Slaska_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_5	31	24	56	
		20_Ruda_Slaska_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_6	660	46	44	
Świerklaniec	Centrální	21_Swierklaniec_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	3805	26	4	
		21_Swierklaniec_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	313	45	20	
		21_Swierklaniec_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	378	43	52	
Tychy	Centrální	23_Tychy_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	688	34	29	
		23_Tychy_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	991	29	16	
		23_Tychy_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	1239	4	51	
Zawiercie	Centrální	26_Zawiercie_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	321	50	43	
		26_Zawiercie_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	2111	54	8	
		26_Zawiercie_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	121	55	21	



Tabulka 9: Celková doba roku, ve které byly zaznamenány hodnoty senzorů CO₂ nad 1000 ppm, západní, severní a jižní subregion.

Budova	Subregion	Snímač	hod.	min.	s.	Mechanické větrání
Cze, stochowa	Północny	04_Czestochowa_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	132	44	36	
		04_Czestochowa_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	258	5	36	
		04_Czestochowa_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	527	30	22	
		04_Czestochowa_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	326	16	8	
Koziegłowy	Północny	09_Koziegłowy_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	160	5	12	
		09_Koziegłowy_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	746	49	7	ano
		09_Koziegłowy_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	616	40	18	
		10_Krzepice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	89	10	2	
Krzepice	Północny	10_Krzepice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	39	5	10	
		10_Krzepice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	215	50	5	
		10_Krzepice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	77	20	8	
		10_Krzepice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_5	756	52	39	
Opatów	Północny	10_Krzepice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_6	114	0	10	
		10_Krzepice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_7	442	45	40	
		14_Opatow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	16	50	11	
		14_Opatow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	48	40	3	
Jastrzebie, Górze	Zachodni	14_Opatow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	337	20	7	
		07_Jastrzebie_Zdroj_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	119	46	2	
		07_Jastrzebie_Zdroj_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	304	59	49	
		07_Jastrzebie_Zdroj_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	263	35	53	
Krzyżanowice	Zachodni	07_Jastrzebie_Zdroj_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	99	6	5	
		11_Krzyżanowice_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	15	15	16	
		12_Gorzyce_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	36	45	4	
		12_Gorzyce_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	41	0	21	
Gorzyce	Zachodni	12_Gorzyce_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	403	29	2	
		13_Nedza_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	2422	29	33	
		13_Nedza_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	0	5	30	
		13_Nedza_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	64	49	21	
Nedza	Zachodni	13_Nedza_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	41	34	29	
		17_Pietrowice_Wielkie_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	0	54	59	
		17_Pietrowice_Wielkie_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	48	35	25	ano
		17_Pietrowice_Wielkie_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	107	39	48	
Pietrowice Wielkie	Zachodni	17_Pietrowice_Wielkie_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	35	30	9	
		22_Swierklany_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	245	24	32	
		22_Swierklany_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	336	30	47	ano, rek.
		22_Swierklany_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	433	16	10	
Swierklany Jankowice	Zachodni	27_Zory_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	333	30	20	
		27_Zory_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	359	57	9	
		27_Zory_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	865	45	42	
		27_Zory_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	603	40	38	
Zory	Zachodni	27_Zory_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_5	296	5	23	
		27_Zory_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_6	268	16	49	
		27_Zory_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_7	491	21	30	
		27_Zory_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_8	670	26	21	
Skoczów	Północny	18_Skoczow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	532	0	42	ano
		18_Skoczow_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	313	41	13	
		24_Wisla_Ustronska_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	2	15	9	
		24_Wisla_Ustronska_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	0	10	2	
Wisła (Ustronia)	Północny	25_Wisla_Wyzwolenia_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_1	413	20	59	
		25_Wisla_Wyzwolenia_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_2	124	51	46	
		25_Wisla_Wyzwolenia_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_3	59	4	53	
		25_Wisla_Wyzwolenia_CWT_Czujnik_Wewnetrzny_4	1167	36	22	





Obrázek 9: Roční období, kdy byly zaznamenány hodnoty senzoru CO₂ vyšší než 1000 ppm.



Bibliografie

- [1] Ian H. Bell, Jorrit Wronski, Sylvain Quoilin, and Vincent Lemort. Pure and pseudo-pure fluid thermophysical property evaluation and the open-source thermophysical property library coolprop. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53(6):2498–2508, 2014.
- [2] Polskie Sieci Elektroenergetyczne. Polské energetické sítě, výroční zprávy o fungování celostátní energetické sítě.
- [3] (KOBIZE). Emisní indexy CO₂, SO₂, NO_x, CO a celkového prachu pro elektřinu, 2022.
- [4] EU Regulation. 1119 of the european parliament and of the council of 30 june 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending regulations (ec) no 401/2009 and (eu) 2018/1999 ('european climate law'). *off. J. Eur. Union*, 50:243, 2021.

Seznam výkresů.

1	Příklad týdenních profilů elektrické energie pro jednotlivé budovy	6
2	Týdenní profil průměrného hodinového výkonu elektrických ohřivačů TUV	7
3	Týdenní profil průměrného hodinového výkonu neelektrických ohřivačů TUV	8
4	Týdenní profil průměrné hodinové spotřeby tepla v systému ústředního vytápění pro ohřev teplé užitkové vody	8
5	Roční emise CO ₂ z budov související s vytápěním v poměru k užité ploše	13
6	Roční absolutní emise CO ₂ z budov související s vytápěním	13
7	Celkové roční emise CO ₂ z budov ve vztahu k užité ploše	14
8	Celkové roční emise CO ₂ z budov v absolutních číslech	14
9	Roční období, kdy byly zaznamenány hodnoty senzoru CO ₂ vyšší než 1000 ppm.	17

Seznam tabulek

1	Souhrn vybraných dat o budovách	4
2	Seznam elektroměrů	5
3	Seznam měřičů tepla pro TUV	7
4	Seznam měřičů tepla pro ÚV	9
5	Souhrn emisních faktorů pro vybraná paliva	11
6	Seznam budov s emisemi CO ₂ souvisejícími s vytápěním a spotřebou elektřiny, ročně, podle subregionů	12
7	Seznam budov podle potřeby tepla na jednotku plochy, podle subregionů	12
8	Celková doba roku, ve které byly zaznamenány hodnoty senzoru CO ₂ nad 1000 ppm, centrální subregion	15
9	Celková doba roku, ve které byly zaznamenány hodnoty senzoru CO ₂ nad 1000 ppm, subregiony Západní, Severní a Jižní	16

