

Plan transformacji energetycznej Piaستowa do 2040 r.

Załączniki

Załącznik A – technologie	2
1. Nakłady inwestycyjne	5
2. Koszty operacyjne	6
3. Efektywność dla ciepłej wody	7
4. Emisje	7
5. Efektywność dla ciepła	9
6. Termomodernizacja	10
Załącznik B – ścieżki cenowe	12
Załącznik C – zasób budynkowy w gestii Urzędu Miasta	18
Termomodernizacja w gestii Urzędu Miasta	24
Bibliografia i źródła	26

Załącznik A – technologie

Tabela 1. Parametry technologii rozpatrywanych w analizie

Nazwa urządzenia	Koszt energii zł/MWh	Koszt inwestycji zł/MW	Koszty operacyjne zł/MW/rok	Długość życia urządzenia w latach	Efektywność dla cieplej wody	Emisja CO ₂ t/MWh	Emisja CO t/MWh	Emisja PM10 t/MWh	Emisja PM2,5 t/MWh	Emisja NO _x t/MWh	Emisja SO _x t/MWh	Emisja benzopirenu t/MWh	Udział w ilości sprzedanego ciepła
Kocioł na biomasę ekoprojekt	4,0E+2	5,1E+5	7,5E+3	2,5E+1	7,0E-1	3,6E-1	1,3E-3	4,1E-5	4,0E-5	3,6E-4	5,4E-5	3,3E-5	nd.
Kocioł na biomasę	4,0E+2	5,1E+5	7,5E+3	2,5E+1	7,0E-1	4,5E-1	1,4E-3	1,2E-4	1,2E-4	3,0E-4	4,2E-5	9,4E-10	nd.
Kocioł węglowy starego typu	2,3E+2	nd.	7,5E+3	1,0E+1	6,0E-1	3,5E-1	1,8E-2	1,5E-3	1,2E-3	6,1E-4	2,0E-3	1,0E-6	nd.
Kocioł węglowy ekoprojekt	2,3E+2	5,8E+5	7,5E+3	3,0E+1	7,0E-1	3,3E-1	1,4E-3	9,7E-5	9,0E-5	6,8E-4	1,6E-3	1,1E-7	nd.
Magazyn energii elektrycznej	0,0E+0	3,4E+6	nd.	2,0E+1	1,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Grzejnik elektryczny	0,0E+0	2,7E+5	nd.	1,5E+1	9,0E-1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Kocioł gazowy kondensacyjny	2,5E+2	2,6E+5	7,5E+3	2,0E+1	8,8E-1	2,1E-1	1,1E-4	1,8E-6	1,8E-6	1,4E-4	1,4E-6	3,0E-12	nd.
Sieć elektroenergetyczna	1,0E+3	nd.	nd.	nd.	nd.	7,1E-1	2,4E-4	0,0E+0	0,0E+0	5,1E-4	5,1E-4	0,0E+0	nd.
Klimatyzator (pompa ciepła powietrze-powietrze)	0,0E+0	1,7E+6	1,0E+4	2,0E+1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Duża pompa ciepła (koszt samej pompy)	0,0E+0	4,6E+6	1,0E+4	2,0E+1	8,0E-1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Duża pompa ciepła (pompa + grzejniki niskotemperaturowe)	nd.	6,8E+6	1,0E+4	2,0E+1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Mała pompa ciepła powietrze-woda	0,0E+0	6,2E+6	1,0E+4	2,0E+1	8,0E-1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Duża pompa ciepła wykorzystująca ciepło odpadowe	0,0E+0	6,6E+6	1,0E+4	2,0E+1	8,0E-1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Turbiny wiatrowe	3,2E+2	7,5E+6	2,5E+5	2,0E+1	nd.	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Ciepłownia - węgiel	4,3E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	3,8E-1	1,2E-4	2,0E-5	1,3E-5	3,9E-4	3,4E-4	1,1E-7	nd.
Ciepłownia - gaz ziemny	6,2E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	1,4E-1	7,2E-5	1,1E-5	1,1E-5	1,8E-4	9,5E-5	1,1E-7	nd.
Elektrociepłownia - węgiel	5,6E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	7,8E-1	1,2E-4	2,0E-5	1,3E-5	3,9E-4	3,4E-4	1,1E-7	nd.
Elektrociepłownia - gaz ziemny	5,2E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	3,6E-1	7,2E-5	1,1E-5	1,1E-5	1,8E-4	9,5E-5	1,1E-7	nd.
Elektrociepłownia - ---biomasa	4,6E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	4,1E-1	1,3E-4	2,2E-5	1,5E-5	4,3E-4	3,8E-4	1,2E-7	nd.
Elektrociepłownia - RDF	nd.	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.
Instalacja fotowoltaiczna	0,0E+0	5,0E+6	5,0E+4	2,0E+1	nd.	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Farma fotowoltaiczna	3,2E+2	3,5E+6	7,5E+4	2,0E+1	nd.	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Elektrociepłownia Pruszków	3,4E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	7,8E-1	1,2E-4	2,0E-5	1,3E-5	3,9E-4	3,4E-4	1,1E-7	nd.
Piastów geotermia	3,8E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	1,1E-2	5,3E-6	8,0E-8	8,0E-8	7,5E-6	9,8E-7	0,0E+0	nd.

Objaśnienia do tabeli 1:

Koszt energii

Nazwa urządzenia	Objaśnienie
Kocioł na biomasę	Koszt 1 MWh paliwa dla użytkownika wyznaczony na podstawie średniej ceny rynkowej biomasy pod postacią peletu drzewnego oraz wartości opałowej dla biomasy stałej (KOBiZE)
Kocioł na biomasę ekoprojekt	
Kocioł węglowy starego typu	Koszt 1 MWh paliwa dla użytkownika wyznaczony na podstawie średniej ceny rynkowej węgla na podstawie: GUS, Komunikat w sprawie przeciętnej średniorocznej ceny detalicznej 1000 kg węgla kamiennego w 2022 roku oraz wartości opałowej dla węgla (KOBiZE)
Kocioł węglowy ekoprojekt	
Kocioł gazowy	Koszt 1 MWh paliwa dla użytkownika wyznaczony na podstawie stawki PGNiG dla odbiorcy końcowego grupy taryfowej W-1.1 za 2022 r. oraz wartości opałowej dla gazu ziemnego (KOBiZE)
Kocioł gazowy kondensacyjny	
Sieć elektroenergetyczna	Średnia cena brutto 1 MWh energii elektrycznej dla odbiorcy końcowego dla taryfy G11
Pompa ciepła powietrze-powietrze	Nd. - energia elektryczna pobrana z sieci zwiększa zużycie i nakłady finansowe na sieć energetyczną. Ilość energii elektrycznej potrzebnej do wyprodukowania 1 MWh energii cieplnej wyznaczona na podstawie parametrów katalogowych sprawności pompy ciepła oraz krzywych pracy pomp ciepła w zależności od dobowej i sezonowej temperatury
Duża pompa ciepła powietrze-woda	
Mała pompa ciepła powietrze-woda	
Duża pompa ciepła wykorzystująca ciepło odpadowe	
Ciepłownia - węgiel	Średnie koszty ciepła sieciowego dla odbiorców końcowych dla ciepłowni gazowych w Polsce (URE)
Ciepłownia - gaz ziemny	Cena końcowa dla odbiorcy indywidualnego stanowiąca składową kosztów operacyjnych i kosztów emisji otrzymanych na podstawie średnich wartości dla odpowiadających ciepłowni/elektrociepłowni w Polsce (URE)
Elektrociepłownia - węgiel	
Elektrociepłownia - gaz ziemny	
Elektrociepłownia RDF	W celu wyznaczenia kosztów energii konieczne jest ustalenie z miastem udziału RDF w spalonym paliwie, jego parametrów (odpady organiczne lub nieorganiczne) oraz ceny (RDF pochodzący z produkcji własnej miasta lub ze skupu). Po ustaleniu szczegółowych parametrów RDF parametry elektrociepłowni będą wyznaczone analogicznie jak w przypadku pozostałych technologii kogeneracyjnych

4

1. Nakłady inwestycyjne

Nazwa urządzenia	Objaśnienie
Kocioł na biomasę	Uśredniona cena indywidualnego kotła na paliwo stałe w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Kocioł na biomasę ekoprojekt	
Kocioł węglowy ekoprojekt	
Magazyn energii elektrycznej	Uśredniona cena magazynu energii w przeliczeniu na 1 MW pojemności na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Grzejnik elektryczny	Uśredniona cena grzejnika elektrycznego w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie ofert aktualnych rynkowych
Kocioł gazowy	Uśredniona cena indywidualnego kotła gazowego na cele grzewcze w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Kocioł gazowy kondensacyjny	
Pompa ciepła powietrze-powietrze	Uśredniona cena indywidualnej pompy ciepła powietrze-powietrze na cele grzewcze w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Duża pompa ciepła powietrze-woda	Uśredniona cena indywidualnej dużej pompy ciepła (powyżej 100 kW) powietrze-woda na cele grzewcze w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Mała pompa ciepła powietrze-woda	Uśredniona cena indywidualnej małej pompy ciepła (poniżej 100 kW) powietrze-woda na cele grzewcze w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Duża pompa ciepła wykorzystująca ciepło odpadowe	Cena wyznaczona na podstawie planowanego kosztu podobnych inwestycji realizowanych przez Veolia Poznań i Veolia Warszawa
Turbiny wiatrowe	Uśredniona cena siłowni wiatrowej w przeliczeniu na 1 MW mocy zainstalowanej na podstawie przykładowych inwestycji w turbiny wiatrowe (https://mapadotacji.gov.pl/)
Instalacja fotowoltaiczna	Uśredniona cena domowej instalacji fotowoltaicznej w przeliczeniu na 1 MWp mocy zainstalowanej na podstawie aktualnych cen rynkowych
Farma fotowoltaiczna	Uśredniona cena farmy fotowoltaicznej w przeliczeniu na 1 MW mocy zainstalowanej (IEO)

5

2. Koszty operacyjne

Nazwa urządzenia	Objaśnienie
Kocioł na biomasę	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania dla indywidualnego kotła grzewczego na paliwa stałe w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej mocy cieplnej
Kocioł na biomasę ekoprojekt	
Kocioł węglowy starego typu	
Kocioł węglowy ekoprojekt	
Kocioł gazowy	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania dla indywidualnego kotła grzewczego na paliwa gazowe w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej mocy cieplnej
Pompa ciepła powietrze-powietrze	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania dla pomp ciepła w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej mocy cieplnej
Duża pompa ciepła powietrze-woda	
Mała pompa ciepła powietrze-woda	
Duża pompa ciepła wykorzystująca ciepło odpadowe	
Turbiny wiatrowe	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania dla farmy wiatrowej w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej (PSEW)
Instalacja fotowoltaiczna	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania indywidualnych instalacji fotowoltaicznych w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej (IEO)
Farma fotowoltaiczna	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania farm fotowoltaicznych w Polsce w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej (IEO)

6

3. Efektywność dla ciepłej wody

Nazwa urządzenia	Objaśnienie
Kocioł na biomasę	Uśredniona wartość sprawności spalania indywidualnego kotła na paliwo stałe na podstawie danych katalogowych oraz strat ciepła w domowej instalacji c.w.u. (Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska)
Kocioł na biomasę ekoprojekt	
Kocioł węglowy starego typu	
Kocioł węglowy ekoprojekt	
Grzejnik elektryczny	Suma strat ciepła podczas konwersji energii elektrycznej na energię cieplną oraz straty ciepła w domowej instalacji c.w.u.
Kocioł gazowy	Uśredniona wartość sprawności spalania indywidualnego kotła na paliwa gazowe na podstawie danych katalogowych oraz strat ciepła w domowej instalacji c.w.u. (Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska)
Kocioł gazowy kondensacyjny	
Pompa ciepła powietrze-powietrze	Suma strat ciepła w obiegu pompy oraz strat w domowej instalacji c.w.u. (Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska)
Duża pompa ciepła powietrze-woda	
Mała pompa ciepła powietrze-woda	
Duża pompa ciepła wykorzystująca ciepło odpadowe	
Ciepłownia - węgiel	Straty ciepła w ciepła w domowej instalacji c.w.u. (Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska)
Ciepłownia - gaz ziemny	
Elektrociepłownia - węgiel	
Elektrociepłownia - gaz ziemny	

7

4. Emisje

Nazwa urządzenia	Objaśnienie
Kocioł na biomasę	Wartości emisji dla źródeł indywidualnych (KOBIZE)
Kocioł na biomasę ekoprojekt	
Kocioł węglowy starego typu	
Kocioł węglowy ekoprojekt	
Kocioł gazowy	
Kocioł gazowy kondensacyjny	Wartość emisji dla sieci elektroenergetycznej (KOBIZE)
Sieć elektroenergetyczna	
Ciepłownia - węgiel	
Ciepłownia - gaz ziemny	
Elektrociepłownia - węgiel	Wartości emisji dla sieciowych źródeł ciepła (URE)
Elektrociepłownia - gaz ziemny	
Elektrociepłownia RDF	Emisja zależna od przyjętego udziału oraz rodzaju (organiczny, nieorganiczny) użytego RDF w procesie spalania (Urząd Miasta Piastów)

5. Efektywność dla ciepła

Typ budynku	Duża													
	Kocioł na biomasę	Kocioł na biomasę ekoprojekt	Kocioł węglowy starego typu	Piec węglowy ekoprojekt	Grzejnik elektryczny	Kocioł gazowy	Kocioł gazowy kondensacyjny	Pompa ciepła powietrzna	Duża pompa ciepła	Pompa ciepła gruntowa	Ciepłownia – gaz ziemny	Ciepłownia – węgiel	Elektrociepłownia – gaz ziemny	Elektrociepłownia – węgiel
Wielorodzinny klasy A i B	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Wielorodzinny klasa C	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Wielorodzinny klasa D	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
Wielorodzinny klasy E i F	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Publiczny klasy A i B	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Publiczny klasa C	0,748	0,748	0,6375	0,748	0,9	0,748	0,833	0,8925	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Publiczny klasa D	0,748	0,748	0,6375	0,748	0,9	0,748	0,833	0,8925	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Publiczny klasy E i F	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Jednorodzinny klasy A i B	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85	0,85
Jednorodzinny klasa B	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85	0,85
Jednorodzinny klasa C	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Jednorodzinny klasy C i D	0,7656	0,7656	0,6525	0,7656	0,9	0,7656	0,8526	0,9135	0,87	0,87	0,9	0,9	0,9	0,9
Jednorodzinny klasa D	0,748	0,748	0,6375	0,748	0,9	0,748	0,833	0,8925	0,85	0,85	0,9	0,9	0,9	0,9
Jednorodzinny klasa E	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
Jednorodzinny klasy E i F	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
Jednorodzinny klasa F	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

6. Termomodernizacja

Parametry termomodernizacyjne dla poszczególnych typów budynków wyznaczone za pomocą oprogramowania symulacyjnego EnergyPlus				
Typ budynku	Koszt termomodernizacji (zł/m ²)		Efektywność energetyczna	
	do klasy energetycznej A	do klasy energetycznej B	dla klasy energetycznej A	dla klasy energetycznej B
Wielorodzinny klasa C	462	212	0,384	0,203
Wielorodzinny klasa D	512	262	0,531	0,414
Wielorodzinny klasy E i F	812	562	0,643	0,593
Publiczny klasa C	597	347	0,552	0,065
Publiczny klasa D	747	497	0,582	0,308
Publiczny klasy E i F	947	697	0,641	0,39
Jednorodzinny klasa C	554	354	0,316	0,232
Jednorodzinny klasa D	754	554	0,561	0,52
Jednorodzinny klasy E i F	854	654	0,631	0,601

Parametry termomodernizacji i energii końcowej w budynkach zabytkowych

Klasa	Energia końcowa (stan podstawowy)	Termomodernizacja 30% (zł/m ²)	Termomodernizacja 60%	Klasa po termomodernizacji	Energia końcowa po termomodernizacji
B	100,75	-	-	B	100,75
C	127,52	400,17	-	B	89,26
D	155,26	512,68	-	C	108,68
E	177,20	-	885,10	B	88,60
F	277,01	-	1 086,71	C	110,80

Załącznik B – ścieżki cenowe

Tabela 2. Ścieżki cenowe dla technologii użytych w opracowaniu na lata 2023–2040

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Źródła indywidualne (zł/MWh)																		
Węgiel dla odbiorcy indywidualnego	234,06	214,49	248,24	232,63	217,03	201,42	185,81	173,25	214,63	256,00	297,37	338,75	380,12	397,82	415,52	433,22	450,92	468,62
Gaz ziemny dla odbiorcy indywidualnego	251,0061	235,0935	252,5222	239,0864	225,6506	212,2147	198,7789	187,2483	212,4882	237,7281	262,9679	288,2078	313,4477	323,884	334,3203	344,7567	355,193	365,6294
Biomasa (pellet) dla odbiorcy indywidualnego	405,78	407,20	408,62	410,03	411,45	412,87	414,28	415,70	418,68	421,66	424,64	427,61	430,59	433,57	436,55	439,53	442,50	445,48
Sieć elektroenergetyczna (zł/MWh)																		
Sieć elektroenergetyczna (IDEA)	980,00	1 002,75	1 025,47	1 022,61	1 019,71	1 016,77	1 013,78	1 010,76	1 006,79	1 002,57	998,09	993,37	988,38	987,24	985,97	984,57	983,03	981,36
Ciepło sieciowe (zł/MWh t)																		
Ciepłownia węglowa (aktualna)	387,37	445,40	456,49	460,58	482,18	484,20	486,22	488,24	509,16	530,08	551,00	571,92	592,84	613,76	634,68	655,60	676,52	697,44
Ciepłownia – gaz	623,82	613,23	601,52	586,19	577,46	561,35	545,25	529,14	535,70	542,26	548,82	555,39	561,95	568,51	575,07	581,64	588,20	594,76
Elektrociepłownia – węgiel	479,33	570,37	589,34	594,64	632,51	634,16	635,86	620,20	662,74	705,67	748,99	792,69	836,78	876,90	917,41	958,32	999,62	1 041,32
Elektrociepłownia – gaz	445,27	351,32	328,22	312,33	303,44	287,25	271,19	208,93	225,79	243,67	262,60	282,56	303,55	313,95	325,40	337,91	351,47	366,09
Elektrociepłownia – biomasa	324,86	284,11	277,41	276,94	272,81	272,99	273,22	255,72	255,64	255,95	256,67	257,78	259,30	256,75	254,60	252,87	251,54	250,62
Koszt ETS1 (zł/t CO ₂)	356,90	405,30	451,66	472,54	540,01	555,39	570,77	586,14	642,28	698,41	754,55	810,69	866,82	922,96	979,09	1 035,23	1 091,36	1 147,50
Koszt ETS2 (zł/t CO ₂)	0,00	0,00	160,65	172,58	184,52	196,45	208,39	229,50	356,96	484,43	611,89	739,36	866,82	922,96	979,09	1 035,23	1 091,36	1 147,50

Tabela 3. Wyjaśnienie metodyki opracowania ścieżek cenowych dla poszczególnych technologii

	Metodyka	Opis	Dane wejściowe						
Źródła indywidualne (zł/MWh)	Prognozy z WOE posłużyły do wyznaczenia procentowej dynamiki zmian cen przewidywanych przez IEA w każdym ze scenariuszy, która następnie została naniesiona na faktyczne ceny w roku bazowym 2022 w Polsce. Pozwoliło to uzyskać prognozy cen paliw kopalnych dla odbiorcy końcowego do 2050 r. w trzech wariantach			2022					
Węgiel dla odbiorcy indywidualnego		Aktualna cena węgla dla odbiorcy indywidualnego w sklepie https://sklep.pgg.pl/	Cena węgla dla odbiorcy indywidualnego (zł/t)	1470					
Gaz ziemny dla odbiorcy indywidualnego		Aktualna taryfa za gaz dla odbiorcy indywidualnego na podstawie https://pgnig.pl/taryfa	Cena gazu z taryfy dla odbiorcy indywidualnego (zł/MWh netto)	204,07					
Biomasa (pellet) dla odbiorcy indywidualnego		Aktualna cena pelletu drzewnego (pellet4future.com)	Cena pelletu drzewnego dla odbiorcy indywidualnego (zł/t)	1 876,19					
Sieć elektroenergetyczna (zł/MWh)				2020	2023	2025	2030	2040	2045
Sieć elektroenergetyczna (IDEA)	Prognoza cen energii elektrycznej przedstawiona w PEP2040 zaktualizowana o prognozy cen emisji ETS1 w trzech scenariuszach przygotowane przez IDEA. Od ceny końcowej energii elektrycznej przedstawionej w PEP2040 odjęto koszty ETS przedstawione w ww. dokumencie. Następnie emisje zostały jeszcze raz pomnożone przez nowe prognozy dotyczące kosztów ETS i zsumowane z powrotem. Cena w roku bazowym została zaktualizowana do aktualnej ceny energii elektrycznej dla odbiorcy indywidualnego		Cena energii elektrycznej dla odbiorcy indywidualnego (zł/MWh)		980				
Ciepłownia węglowa (aktualna)	Za podstawę do wyznaczenia prognozy dla istniejącej ciepłowni/elektrociepłowni służy aktualna taryfa za ciepło dla odbiorcy indywidualnego w analizowanym mieście. Taryfa podzielona jest proporcjonalnie na koszty paliwa, koszty emisji oraz pozostałe koszty działalności obiektu zgodnie ze statystycznym udziałem tych kosztów (URE). Część dotycząca paliw prognozowana jest do 2050 r. na podstawie współczynnika zmian cen paliwa wykorzystanego przy wyznaczaniu prognozy dla źródeł indywidualnych otrzymanego na podstawie WEO. Prognoza części emisyjnej zostaje wykonana na podstawie współczynnika wzrostu kosztów emisji ETS wyznaczonego na podstawie WEO. Pozostała część kosztów jest stała w całym okresie		Koszt ciepła dla odbiorcy indywidualnego zgodnie z taryfą (zł/MWh t)		432,883				

			CAPEX zł/30 lat/1 MWh	Koszty operacyjne	Koszt paliwa	Koszt emisji	Sprzedaż energii elektrycznej do sieci	Suma (taryfa)
Ciepłownia – gaz	W przypadku nowej inwestycji wyznaczamy następujące składowe sumujące się do finalnej taryfy dla odbiorcy indywidualnego pozwalającą zapewnić rentowność inwestycji:		58,86	226,72	288,49	50,89	-	623,82
Elektrociepłownia – węgiel	1. Część inwestycyjną stanowiącą sumę nakładów inwestycyjnych na wybudowanie 1 MW zainstalowanej mocy termicznej w podzieloną na 1 MWh wyprodukowanego ciepła w cały okresie 30 lat życia inwestycji.		226,72	119,41	278,70	-138,45	479,33	
Elektrociepłownia – gaz	2. Część paliwową stanowiącą statystyczny koszt paliwa przypadającego na 1 MWh ciepła dostarczonego do odbiorcy indywidualnego w analogicznych rodzajach obiektów (URE). Koszt paliwa jest następnie mnożony przez zmianę % danego paliwa w kolejnych latach na podstawie prognoz opisanych wcześniej.	Parametry bazowe na 2023 r. (URE)	226,72	328,58	127,62	-250,53	445,27	
Elektrociepłownia – biomasa	3. Część emisyjną wyznaczoną jako średnie emisje w danym rodzaju obiektu przemnożone przez prognozę kosztów ETS w każdym roku (URE).	76,48						
	4. W przypadku elektrociepłowni sprzedaż energii elektrycznej będącej wartością ujemną równą przychodowi ze sprzedaży energii elektrycznej do sieci wyznaczonej na podstawie statystycznej produkcji energii elektrycznej przypadającej na 1 MWh energii cieplnej wyprodukowanej w danym rodzaju obiektu oraz cenie sprzedaży energii elektrycznej do sieci (URE). Cena sprzedaży energii elektrycznej zmienia się w kolejnych latach o taki sam % jak prognozowany koszt energii elektrycznej dla odbiorcy indywidualnego.	90,74						
	5. Pozostałe koszty działalności obiektu będące stałą statystyczną wartością kosztów przypadających na 1 MWh wyprodukowanego ciepła w danym rodzaju instalacji (URE)	77,78	226,72	139,57	148,88	-131,86	324,86	
			2020	2021	2022	2023	2030	2050
Koszty emisji CO ₂ (zł/t CO ₂)	Prognoza ceny uprawnień do emisji do 2050 r. wyznaczona została na podstawie % zmian cen ETS w kolejnych latach według prognozy przedstawionej w trzech scenariuszach (World Energy Outlook)	Cena bazowa dla prognozy (zł/t CO ₂)				356,9		
		Stated Policies (\$/t)	32,3	64,5	86		90	113
		Announced Pledges (\$/t)	32,3	64,5	86		135	200
		NetZero by 2050 (\$/t)	32,3	64,5	86		140	250

Załącznik C – zasób budynkowy w gestii Urzędu Miasta

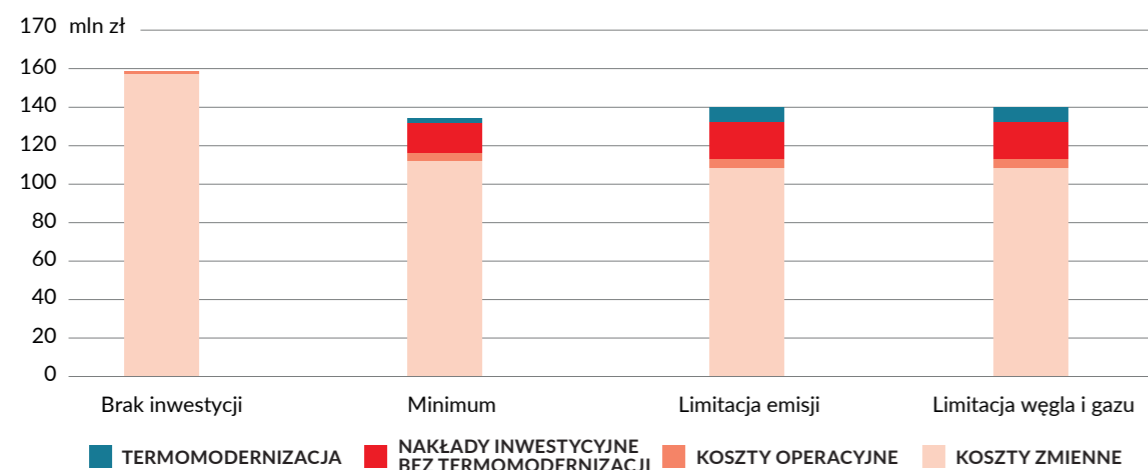
Samorządy mają bezpośredni wpływ wyłącznie na budynki, którymi zarządzają. Aby wskazać dla nich ścieżkę termomodernizacji publikujemy szczegółowe opracowanie zawierające analizę stanu obecnego, jak również cztery scenariusze transformacji energetycznej dla tej grupy budynków.

Piastów zarządza 56 budynkami miejskimi o łącznej powierzchni użytkowej wynoszącej 41 tys. m², co stanowi ok. 5% całości powierzchni użytkowej wszystkich budynków na terenie miasta. Roczne koszty ciepła, ciepłej wody użytkowej i energii elektrycznej w tym zasobie wynoszą ok. 9 mln zł rocznie, czyli ok. 159 mln zł w skali siedemnastoletniego okresu analizy. Roczne emisje w Piastowie wynikające z użytkowania tego zasobu:

- CO₂ – 4,7 tys. ton,
- PM10 – 1,6 tony,
- PM2,5 – 0,8 tony.

Budynki miejskie w Piastowie charakteryzują się relatywnie wysoką efektywnością energetyczną – 10,8 tys. m² ich łącznej powierzchni użytkowej (czyli ok. 26%) należy do najwyższych klas energetycznych (A i B), a kolejne 4,6 tys. m² (czyli ok. 11%) zalicza się do klasy C. Dodatkowo wiele efektywnych energetycznie budynków ogrzewanych jest pompami ciepła. Świadczy to o przemyślnych inwestycjach budowlanych przeprowadzanych przez gminę, które obejmowały zarówno wymianę źródeł ciepła na niskoemisyjne, jak i kompleksową termomodernizację.

Wykres 1. Wydatki całkowite w latach 2023–2040 na transformację energetyczną dla wszystkich scenariuszy zasobu budynkowego w gestii Urzędu Miasta



Źródło: opracowanie własne.

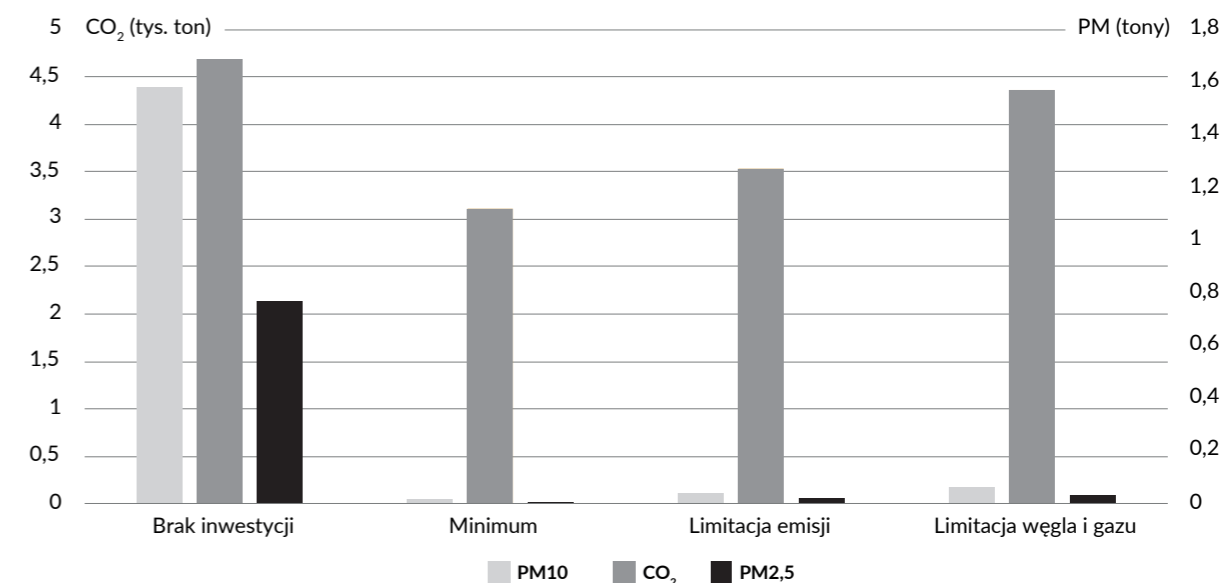
Wydatki całkowite w każdym z analizowanych scenariuszy w okresie analizy (lata 2023–2040) są do siebie zbliżone. Tańsze od kontynuacji stanu obecnego (scenariusz Brak inwestycji) są wszystkie scenariusze zakładające wymianę źródeł ciepła i modernizację budynków:

- scenariusz **Minimum** – tańszy o ok. 24,6 mln zł,
- scenariusz **Limitacja emisji** – tańszy o ok. 18,6 mln zł,
- scenariusz **Limitacja węgla i gazu** – tańszy o ok. 19 mln zł.

Dzięki wydatkom inwestycyjnym na poziomie od 18 do 27 mln zł (w zależności od przyjętego scenariusza), koszty bieżące ciepła i energii w Piastowie spadną o prawie 30%, dając roczne oszczędności na poziomie 3 mln zł. Kontynuacja stanu obecnego będzie natomiast oznaczała narażenie miasta na wysokie rachunki za ciepło i energię elektryczną.

W zależności od scenariusza, tj. od tego, czy głównym źródłem ciepła będą kotły gazowe (scenariusz Minimum) czy też pompy ciepła (scenariusze Limitacja emisji oraz Limitacja węgla i gazu), będzie możliwa redukcja emisji pyłów PM2,5 i PM10 o prawie 96%. Dodatkowo wdrożenie jednego ze scenariuszy progresywnych pozwoli miastu osiągnąć roczną redukcję emisji CO₂ o nawet 34%. Taka ambitna ścieżka działania jest kluczowa w obliczu wiążących dla Polski celów klimatycznych do 2050 r., ale też rosnących cen uprawnień do emisji CO₂ i wejścia w życie systemu ETS2 w 2027 r.

Wykres 2. Emisja w 2040 r. dla każdego scenariusza symulacji, zasób budynkowy będący w gestii Urzędu Miasta



Źródło: opracowanie własne.

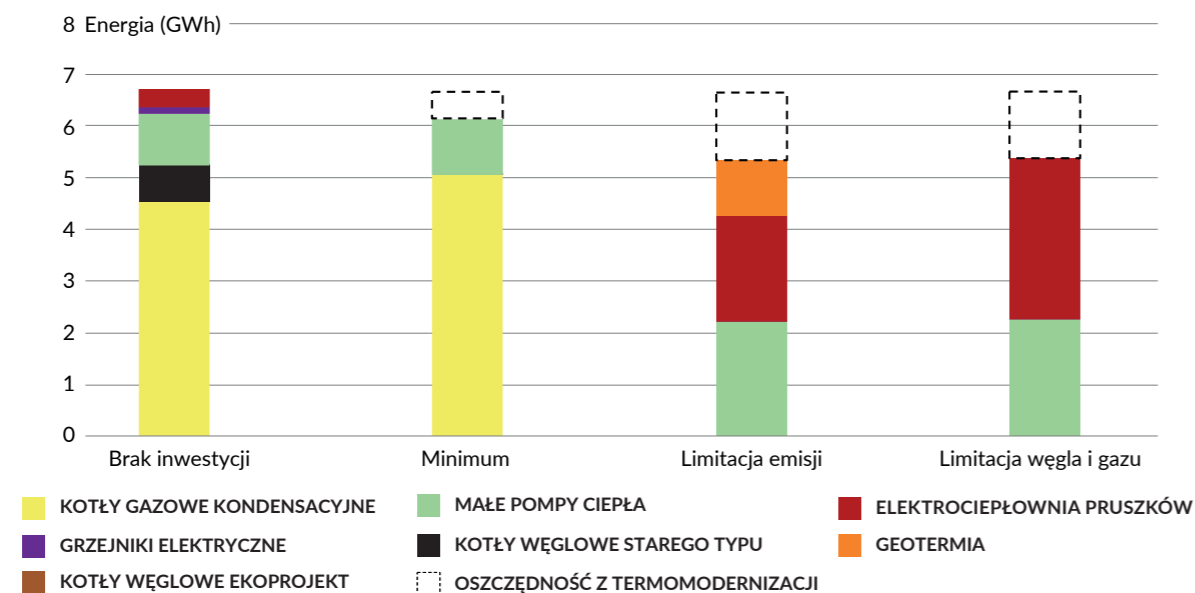
Podobnie jak w przypadku wszystkich budynków na terenie Piastowa, również dla zasobu budynków należących do miasta widoczne są dwie ścieżki modernizacji lokalnych systemów ciepłowniczych:

- 1) w **scenariuszu Limitacja emisji** powstaje ciepłownia oparta o źródło geotermalne, które obecnie jest na etapie odwiertu badawczego,
- 2) w **scenariuszu Limitacja węgla i gazu** zwiększa się liczba budynków przyłączonych do ciepłowni Pruszków.

Zaletą pierwszego rozwiązania jest uniezależnienie miasta od zewnętrznego dostawcy ciepła i wykorzystanie potencjału wytwarzania ciepła z własnego źródła. Wadą są jednak wysokie koszty inwestycyjne, których pokrycie wymagałoby od miasta dużej determinacji i pozyskania środków z dostępnych programów dotacyjnych.

W przypadku zwiększenia liczby budynków przyłączonych do elektrociepłowni Pruszków, czyli **scenariusza Limitacja węgla i gazu**, miasto powinno rozpocząć rozmowę z lokalnym dostawcą ciepła w celu wsparcia procesu dekarbonizacji tego systemu. Minusem takiego scenariusza jest dalsze uzależnienie od strategii dostawcy zewnętrznego.

Wykres 3. Roczna produkcja ciepła w 2040 r. w podziale na zastosowane technologie, zasób będący w gestii Urzędu Miasta



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 3 wskazuje, że w chwili obecnej w Piastowie, tj. scenariuszu **Brak inwestycji**:

- 69% ciepła (4,6 GWh) produkowane jest z kotłów gazowych kondensacyjnych,
- 15% ciepła (1 GWh) pochodzi z małych pomp ciepła,
- 10% ciepła (0,6 GWh) jest wytwarzane podczas spalania węgla w kotłach węglowych,
- 5% ciepła (0,3 GWh) pochodzi z Elektrociepłowni Pruszków,
- nieznaczną część ciepła pochodzi z grzejników elektrycznych.

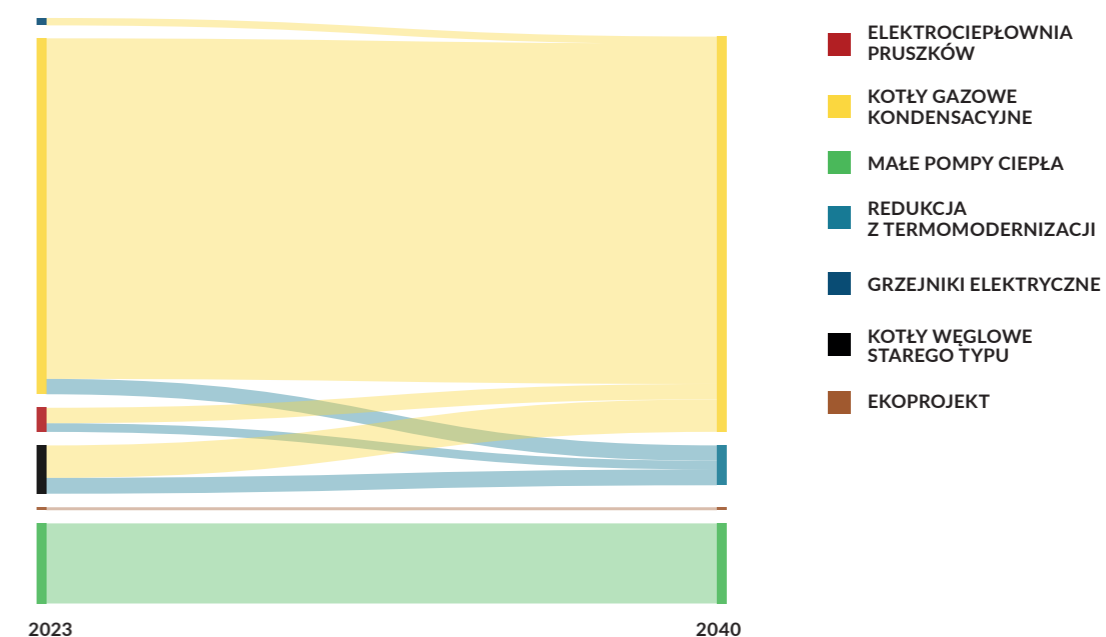
Sumaryczna produkcja ciepła w Piastowie kształtuje się na poziomie ok. 6,7 GWh rocznie.

W scenariuszu **Minimum** termomodernizacja pozwala obniżyć zapotrzebowanie na ciepło o 8%, a skala procesu wymiany źródeł indywidualnych i odłączania się od sieci na rzecz kotłów gazowych w budynkach w gestii Urzędu Miasta jest dużo mniejsza niż w przypadku zasobu prywatnego. W tym scenariuszu całość ciepła dostarczanego do zasobu miejskiego przez Elektrociepłownię Pruszków zostanie zamieniona na indywidualne źródła gazowe, a jedynie 16% ciepła wyprodukują pompy ciepła. Jednakże tak wysoki udział źródeł gazowych w produkcji ciepła może wiązać się z wyższymi kosztami w przyszłości, w związku z wejściem w życie systemu ETS2 w 2027 r.

W scenariuszach **Limitacja emisji** oraz **Limitacja węgla i gazu** redukcje zapotrzebowania na ciepło wynikające z termomodernizacji budynków pozwalają na znaczne obniżenie całkowitej produkcji ciepła (w obu scenariuszach o ok. 20% w porównaniu do scenariusza **Brak inwestycji**) z dominującą rolą pomp ciepła, które będą odpowiadały za ok. 41% produkcji. Dodatkowo w pierwszym z tych scenariuszy ok. 20% ciepła będzie dostarczane przez projektowane źródło geotermalne.

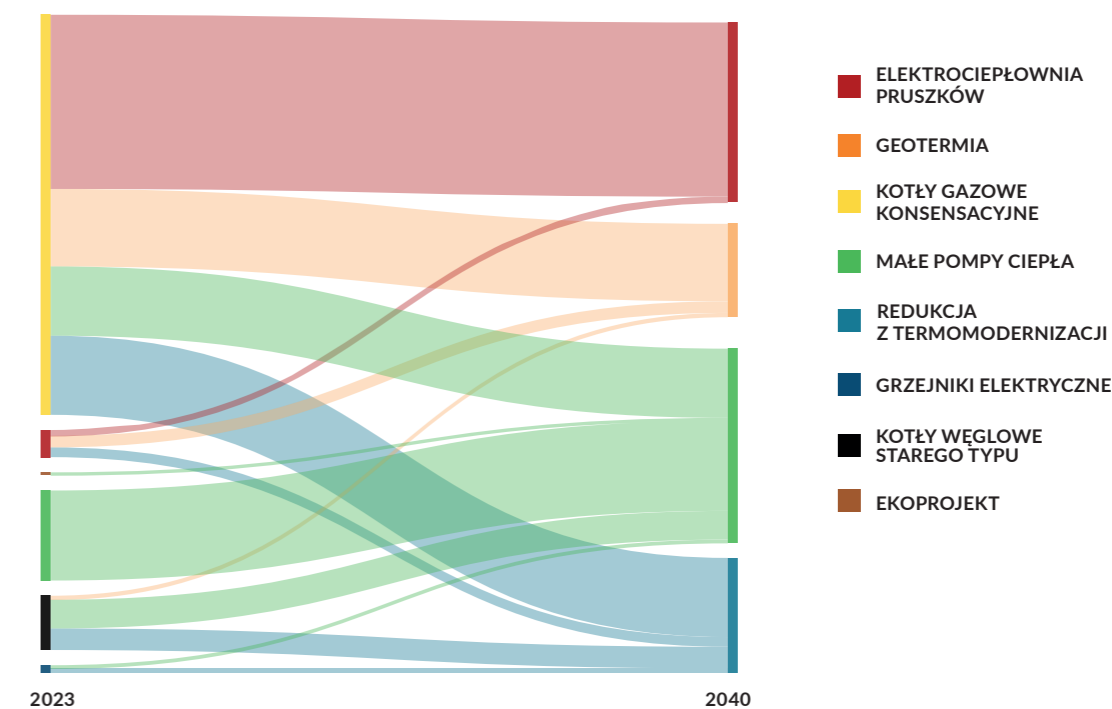
W ramach analizy rekomendowanym scenariuszem do realizacji w zasobie budynkowym w gestii Urzędu Miasta jest **Limitacja emisji**. Scenariusz ten, przy porównywalnych kosztach inwestycji, prowadzi do większej redukcji emisji CO₂ i pyłów zawieszonych (PM_{2,5} i PM₁₀) niż **scenariusz Limitacja węgla i gazu**. Miasto może podjąć decyzję o zrealizowaniu bardziej ambitnej strategii w modernizacji budynków, którymi bezpośrednio zarządza, zachęcając tym samym mieszkańców do wyboru tej samej ścieżki.

Wykres 4. Energia użytkowa na potrzeby ogrzewania budynków i ciepłej wody użytkowej (MWh) w Piastowie w 2023 i 2040 r. – scenariusz Minimum, zasób będący w gestii Urzędu Miasta



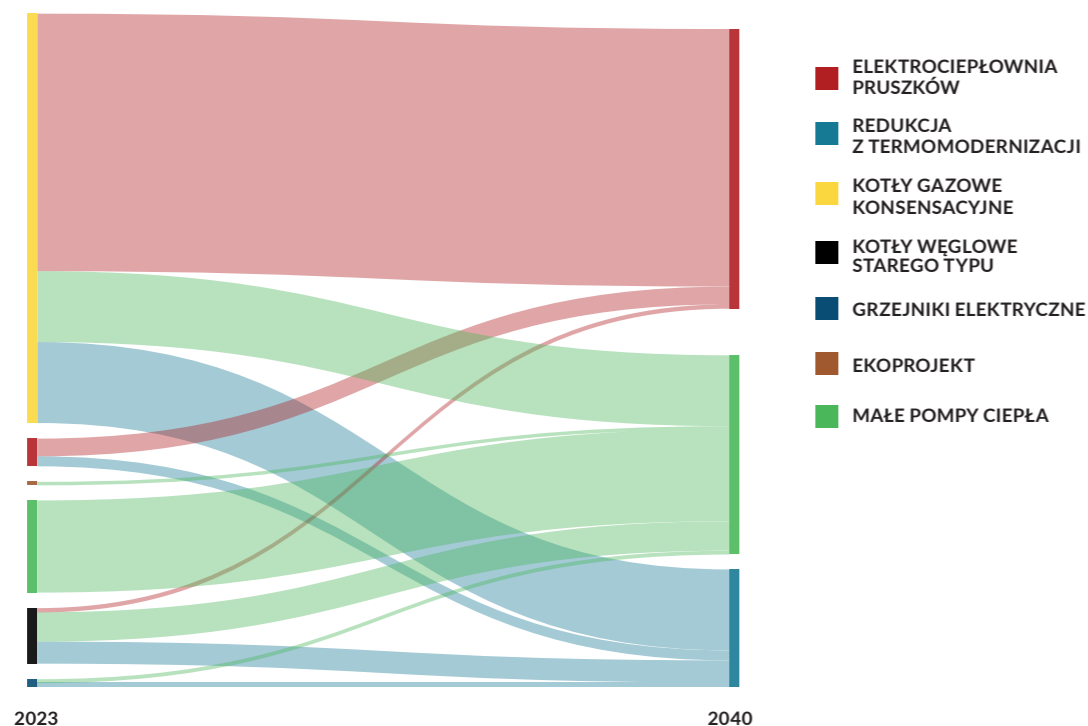
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 5. Energia użytkowa na potrzeby ogrzewania budynków (MWh) w Piastowie w 2023 i 2040 r. – scenariusz Limitacja emisji, zasób będący w gestii Urzędu Miasta



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 6. Energia użytkowa na potrzeby ogrzewania budynków (MWh) w Piastowie w 2023 i 2040 r. – scenariusz Limitacja węgla i gazu, zasób będący w gestii Urzędu Miasta



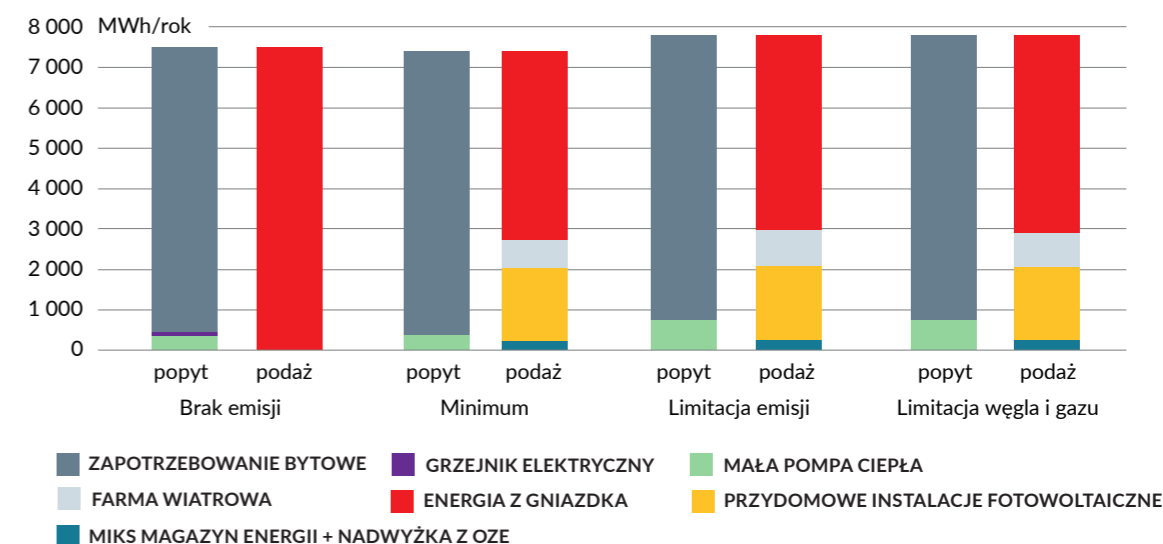
22

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku realizacji **scenariusza Minimum** (wykres 4) następuje niewielka redukcja zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu obecnego (ok. 7%), a struktura produkcji zostaje zdominowana przez indywidualne źródła gazowe, które wytwarzają aż 83% (5,1 GWh) ciepła na potrzeby ogrzewania budynków. W mniejszym stopniu ciepło produkowane jest przez indywidualne pompy ciepła (17%, czyli 1 GWh).

Scenariusz Limitacja emisji (wykres 5) charakteryzuje zastąpienie kotłów gazowych ciepłem dostarczanym z Elektrociepłowni Pruszków i lokalnego źródła geotermalnego, przy wzroście udziału indywidualnych pomp ciepła i wyraźniej redukcji zapotrzebowania na ciepło z termomodernizacji (ok. 1,3 GWh w porównaniu do stanu obecnego). Skutkuje to dywersyfikacją mixu produkcyjnego i większym odsetkiem ciepła wytwarzanego na miejscu w gminie. Realizacja **scenariusza Limitacja węgla i gazu** (wykres 6) nie uwzględnia budowy geotermii, ale również doprowadza do elektryfikacji ogrzewania (w ok. 40%) i podobnych oszczędności z termomodernizacji (ok. 20% w porównaniu do stanu obecnego).

Wykres 7. Roczny bilans energii elektrycznej dla każdego scenariusza symulacji, zasób będący w gestii Urzędu Miasta



Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z wykresu 7 roczny bilans energii elektrycznej w poszczególnych scenariuszach charakteryzuje:

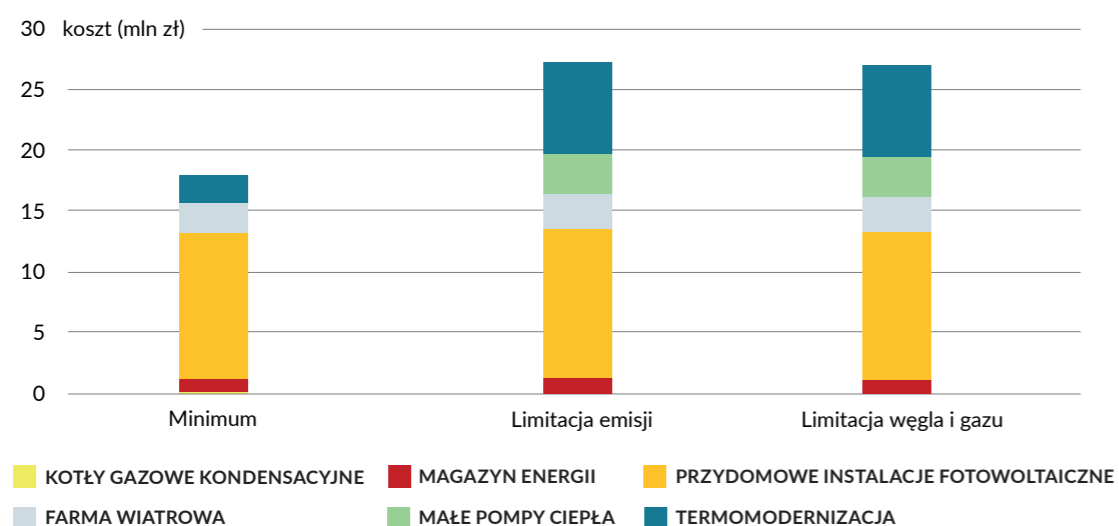
- w **scenariuszu Brak inwestycji** – roczne zapotrzebowanie bytowe budynków miejskich w wysokości 7 GWh oraz zapotrzebowanie na energię dla pomp ciepła i grzejników elektrycznych w wysokości 457 MWh są w całości zaspokajane przez sieć elektroenergetyczną, generującą 7,5 GWh rocznie,
- w **scenariuszu Minimum** – spadek zapotrzebowania na energię elektryczną z sieci o 38% w stosunku do **scenariusza Brak inwestycji**, co wynika z uzyskania tańszego prądu ze źródeł OZE, w tym przydomowych instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii i małych pomp ciepła.

Wyniki dla scenariuszy progresywnych, podobnie jak w analizie dla całego miasta, są bardzo zbliżone do siebie. W porównaniu do **scenariusza Brak inwestycji**, widoczny jest **wzrost rocznego zapotrzebowania na energię dla pomp ciepła** wynoszący 768 MWh. W przypadku podaży roczna produkcja z farmy wiatrowej wynosi 800 MWh, a z mikroinstalacji fotowoltaicznych 1,85 GWh na rok, ze wsparciem magazynów energii elektrycznej o pojemności 345 kWh. Roczny pobór energii elektrycznej z sieci w tych scenariuszach jest taki sam, jak w scenariuszu Minimum i wynosi 4,9 GWh. Średnie całkowite wartości rocznego zapotrzebowania i generacji w przypadku tych scenariuszy wynoszą 7,81 GWh/rok, tj. o 4% więcej niż w przypadku utrzymania stanu obecnego.

Wykres 8 pokazuje całkowite wydatki na termomodernizację i wymianę źródeł ciepła w Piastowie w ciągu 17 lat (tj. okresie analizy, lata 2023–2040) w ramach trzech scenariuszy inwestycyjnych.

23

Wykres 8. Całkowite nakłady inwestycyjne poniesione przez Urząd Miasta na przestrzeni 17 lat



Źródło: opracowanie własne.

W scenariuszach **Limitacja emisji** oraz **Limitacja węgla i gazu** nakłady inwestycyjne dla poszczególnych technologii są niemal identyczne, utrzymując się na poziomie ok. 27 mln zł. Koszt inwestycji w farmy wiatrowe wynosi ok. 2,9 mln zł, a mikroinstalacji fotowoltaicznych – 12 mln zł. Budowa magazynów energii elektrycznej będzie kosztowała ok. 1,2 mln zł, natomiast inwestycje w pompy ciepła pochłoną ok. 3,3 mln zł. W obu scenariuszach nakłady inwestycyjne na termomodernizację wynoszą 7,6 mln zł.

Scenariusz Minimum różni się od pozostałych scenariuszy pod względem nakładów ponoszonych na termomodernizację i braku wydatków na nowe indywidualne pompy ciepła. Koszt tej pierwszej wynosi w tym scenariuszu 2,28 mln zł, a na podobnym poziomie kształtują się koszty farm wiatrowych, mikroinstalacji fotowoltaicznych i magazynów energii.

Termomodernizacja w gestii Urzędu Miasta

W procesie termomodernizacji zasobu budynkowego ważna jest identyfikacja grup obiektów, w których remonty są opłacalne i mogą przynieść jak największe oszczędności w zapotrzebowaniu na energię. Pozwoli to na rozsądne planowanie inwestycji i efektywne wykorzystywanie środków finansowych.

Tabela 4 przedstawia szczegółową analizę wyników scenariusza **Limitacja emisji** z zakresu termomodernizacji dla budynków w gestii Miasta (takich jak m.in. szkoły, przychodnie, budynki użyteczności publicznej). W porównaniu do całego miasta, dla budynków należących do Piastowa przeprowadzenie termomodernizacji jest najbardziej opłacalne w budynkach klas D, E i F (których powierzchnia wynosi ok. 12 tys. m²), co stanowi 29% powierzchni wszystkich budynków należących do miasta.

W tym scenariuszu łączny spadek zapotrzebowania na energię dla budynków, które należą do trzech najniższych klas energetycznych, po termomodernizacji wynosi ok. 1 GWh, co pozwala zaoszczędzić 339 tys. zł w okresie analizy (17 lat). Dla budynków pełniących funkcję publiczną, których powierzchnia wynosi ok. 6 tys. m², oszczędności po termomodernizacji będą wynosiły 206 tys. zł. Termomodernizacja budynków klasy C w okresie analizy okazuje się nieopłacalna – wraz z wydłużeniem horyzontu optymalizacji do roku 2050, budynki te najprawdopodobniej będzie opłacało się poddać termomodernizacji.

Tabela 4. Dane dla scenariusza Limitacja emisji po termomodernizacji.

Rodzaj budynku i klasa energetyczna	Powierzchnia termomodernizowana (tys. m ²)	Redukcja rocznego zapotrzebowania na ciepło (MWh)	Oszczędność kosztów bieżących w okresie analizy (tys. zł)	Okres zwrotu inwestycji (lata)
Wielorodzinne klasa D	2 256	105	37	16
Wielorodzinne klasy E i F	2 161	156	53	23
Publiczne klasa D	4 774	462	147	24
Publiczne klasy E i F	1 283	148	59	22
Jednorodzinne klasa D	766	59	19	22
Jednorodzinne klasy E i F	726	66	24	20

Źródło: opracowanie własne.

Bibliografia i źródła

GUS, Komunikat Prezesa Głównego Urzędu Statystycznego z dnia 13 stycznia 2023 r. w sprawie przeciętnej średniorocznej ceny detalicznej 1000 kg węgla kamiennego w 2022 roku, <https://stat.gov.pl/sygnalne/komunikaty-i-obwieszczenia/lista-komunikatow-i-obwieszczen/komunikat-w-sprawie-przecietnej-sredniorocznej-ceny-detalicznej-1000-kg-węgla-kamiennego-w-2022-roku,53,10.html> [dostęp: 9.05.2024].

IEO, Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2022, <https://ieo.pl/raporty>.

KOBiZE, Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW, zastosowane do automatycznego wyliczenia emisji w raporcie do Krajowej bazy za rok 2022, 2023, https://krajowabaza.kobize.pl/docs/Wskaźniki_małe_źródła_spalania_paliw_2022.pdf.

KOBiZE, Wskaźniki Emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za dla energii elektrycznej 2022, <https://www.kobize.pl/pl/article/aktualnosci-2022/id/2229/nowe-wskazniki-emisyjnosci-dla-energii-elektrycznej>.

Małecka I., Politechnika Wrocławska, Sprawność użytkowa systemu przygotowania ciepłej wody w węzłach ciepłowniczych, 2010, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPB2-0042-0009>.

PGE Dystrybucja S.A., Taryfa dla usług dystrybucji energii elektrycznej PGE Dystrybucja S.A., średnia cena brutto 1 MWh energii elektrycznej dla odbiorcy końcowego dla taryfy G11, <https://pgedystrybucja.pl/strefa-klienta/informacje-dla-konsumenta/taryfy-i-cenniki> [dostęp 11.05.2024].

PGNiG, Taryfa – cennik dla klientów indywidualnych oraz podmiotów objętych ochroną taryfową, <https://pgnig.pl/taryfa> [dostęp 11.05.2024].

PSEW, Energetyka Wiatrowa w Polsce 2023, 2023, http://psew.pl/wp-content/uploads/2023/06/Energetyka-wiatrowa-w-Polsce_2023_internet.pdf.

URE, Energetyka ciepła w liczbach 2021, 2022, <https://www.ure.gov.pl/pl/cieplo/energetyka-ciepna-w-l/10763,2021.html>.

Baza danych inwestycji dofinansowanych z budżetu UE, <https://mapadotacji.gov.pl/>.

Notatki

Plan transformacji energetycznej Rybnika do 2040 r. Załączniki

FORUM ENERGII
ul. Wspólna 35/10, 00-519 Warszawa
NIP: 7010592388, KRS: 0000625996, REGON: 364867487

www.forum-energii.eu