

Referencyjny bilans energetyczny 2050 miasta 100-500 tys. mieszkańców. *Case-study* Bielsko-Biała

Lukasz Kordas *

Rekomendacja. Raport jest pierwszym Raportem w BŻEP poświęconym problematyce przebudowy energetyki miasta. Wiele okoliczności sprawiło, że jest to już dojrzały Raport, chociaż opracowany przez studenta (Łukasz Kordas jest studentem III roku studiów), dobrze wpisujący się w unijną Energetyczną Mapę Drogową 2050. Pierwszą okolicznością jest zróżnicowanie środowisk, w których Autor wykonywał analizy gospodarki energetycznej tytułowego miasta, mianowicie: środowisko uczelniane tradycyjnej energetyki na Wydziale Mechanicznym w Politechnice Krakowskiej, środowisko energetyki prosumenckiej w iLab EPRO w Centrum Energetyki Prosumenckiej oraz na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej, a także środowisko samorządowe w postaci Urzędu Miejskiego w Bielsku-Białej, i wreszcie środowisko Konwersatorium Inteligentna Energetyka skupiające oprócz środowisk uczelnianych także stowarzyszenia (w szczególności SEP Oddział Gliwicki oraz Stowarzyszenie Klaster 3x20) i przedsiębiorców.

Pierwsza wersja Raportu (przeznaczona do Repozytorium iLab EPRO) powstała w ramach praktyki studenckiej Autora w iLab EPRO w sierpniu 2014 r. Temat zadania do wykonania w czasie praktyki (*Inteligentne bezemisyjne miasto w iLab EPRO. Mapa drogowa: od założeń do planu zaopatrzenia gminy w energię elektryczną, ciepło i paliwa gazowe do inteligentnego bezemisyjnego miasta*) został wybrany przez Autora bardzo świadomie. Był to wybór pod wpływem własnych doświadczeń związanych z realizacją kilku kolejnych projektów OZE w Gimnazjum, do którego uczęszczał w Bielsku Białej, swoim rodzinnym mieście. Także pod wpływem czynnego uczestnictwa (polegającego na prezentacji wyników uzyskanych w ramach projektów OZE) w Konwersatorium Inteligentna Energetyka w roku 2010.

Pierwszą wersję Raportu Autor prezentował kolejno w ramach Konwersatorium Inteligentna Energetyka (wrzesień 2014 r.) i w macierzystym Kole Naukowym (w Politechnice Krakowskiej, listopad 2014 r.). W rezultacie uzupełnień i modyfikacji powstała kolejna wersja Raportu, przeznaczona do zamieszczenia w BŻEP, w Dziale 2.2.04. Wersję tę wraz z listą potrzebnych dalszych działań, wynikających z prac Autora nad Raportem, a także Księgą Szkołą spisaną przez niżej podpisanego, rekomenduje się tu jako materiał dla wszystkich, którzy chcą się zajmować przebudową szeroko rozumianej energetyki miast w horyzoncie 2050, aż do modelu dojrzałej energetyki prosumenckiej.

Jan Popczyk

WSTĘP

Raport ten adresowany jest do polskich miast o liczbie mieszkańców 100-500 tys. mieszkańców. W swojej koncepcji nawiązuje do Unijnej Energetycznej Mapy Drogowej 2050 [26], a także posługuje się kluczowym pojęciem Referencyjnego Miasta 100-500 tys. mieszkańców. Pojęcie to określa wzorzec miasta, w oparciu o który możliwe będzie konstruowanie zależności pomiędzy proponowanymi działaniami i rozwiązaniami a rzeczywistymi uwarunkowaniami danej metropolii.

* Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Kierunek Energetyka. Laboratorium iLab EPRO, Centrum Energetyki Prosumenckiej, Politechnika Śląska.

1. Pionierskie miasta na drodze do zeroemisyjności

Koncepcja miasta jako Autonomicznego Regionu Energetycznego (ARE) jest obecnie realizowana w wielu regionach świata. Pomimo faktu, że znaczna gęstość zaludnienia i duże zużycie energii utrudnia obszarom miejskim osiągnąć energetyczną samowystarczalność, pionierskie międzynarodowe projekty, o niejednokrotnie ogromnym rozmachu finansowym, przyczyniają się do redefinicji pojęcia miasta przyszłości. Poniżej krótko scharakteryzowano najbardziej obiecujące przedsięwzięcia.

Kopenhaga. Stolica Danii, zamieszkiwana przez 518,5 tys. mieszkańców. Miasto zadeklarowało 100-procentową redukcję emisji i przekształcenie się w pierwszą zeroemisyjną stolicę na świecie do roku 2025. Aby osiągnąć ten cel, uchwalono Copenhagen 2025 Climate Plan [4], będący swoistą energetyczną mapą drogową miasta. Zaplanowane działania podzielono na 4 główne kategorie:

1. Zużycie energii – oszacowano znaczny potencjał jego redukcji w sektorze mieszkalnym oraz usługowym.
2. Produkcja energii – docelowo w miksie energetycznym miasta mają znajdować się jedynie: technologie wiatrowe, wykorzystanie biomasy i odpadów miejskich oraz geotermia. Ponadto, Kopenhaga ma ambicje osiągnąć nadprodukcję zielonej energii, która będzie wykorzystywana przez gminy ościenne. Kategoria ta ma największy potencjał redukcji emisji – szacowany jest on na ok. 74% całości.
3. Ekologiczny transport („Green Mobility”) – planowany jest rozwój infrastruktury rowerowej, promowanie pojazdów o napędzie alternatywnym, dynamiczny rozwój komunikacji miejskiej oraz inteligentne systemy zarządzania ruchem ulicznym.
4. Inicjatywy władz miasta – mają stanowić dobry przykład i zachęcać mieszkańców do działań na rzecz osiągnięcia postawionych celów.

Z uwagi na fakt, że Kopenhaga niemal spełnia kryteria niniejszego Raportu (liczba mieszkańców niewiele większa niż 500 tys.), stanowić będzie niejako wzorzec odniesienia dla Miasta Referencyjnego, osadzonego w realiach Europy Zachodniej.

Monachium. Miasto w Niemczech, o populacji 1,4 mln, które od roku 2008 dąży do osiągnięcia produkcji 100% energii ze źródeł odnawialnych do roku 2025 [7]. Metropolia stanie się wówczas pierwszym miastem na świecie o populacji pow. 1 mln, którego potrzeby w 100 procentach pokrywa zielona energia. Obecnie jej udział stanowi 12,2%. Kluczową koncepcją w podejmowanych inicjatywach jest koncepcja Wirtualnej Elektrowni (Virtuelles Kraftwerk) – sieć mikro- i minielektrowni, zainstalowanych w mieście, będzie obsługiwana jako całość. W energetycznym portfelu miasta znajdują się: wiatr, słońce, biomasa i geotermia. Koncern Stadtwerke München, odpowiedzialny za zaspokajanie potrzeb energetycznych miasta i realizację w/w inicjatywy, przyznaje, że nie jest w stanie osiągnąć 100% rzeczywistej produkcji energii dla Monachium „na miejscu”. Dlatego też podejmowane są inwestycje w innych regionach Europy (Niemcy, Francja, Wielka Brytania, Chorwacja...), aby osiągnąć ekwiwalent produkcji energii odpowiadający zużyciu metropolii.

Masdar. Projekt demonstracyjny w emiracie Abu Zabi, którego celem jest zbudowanie od podstaw miasta zeroemisyjnego dla 50 000 mieszkańców [24]. Inicjatywa została zlecona przez emira Abu Zabi, w oparciu o badania Massachusetts Institute of Technology w Bostonie. Koszty przedsięwzięcia szacowane są na 22 miliardy USD, a zakończenie projektu zaplanowano „między 2015 a 2020 rokiem”. Główne technologie produkcji energii w mieście oparte są o słońce (fotowoltaika, systemy solarne) oraz energię geotermalną. Znaczny nacisk położono na możliwie najefektywniejszą gospodarkę zasobami wodnymi (odzysk 80%), odpadami (recykling oraz przetwarzanie w energię), energooszczędną architekturę i zabudowę miasta oraz systemy wychwytywania, składowania i użytkowania CO₂ (Carbon Capture, Use and Storage – CCUS).

Nowy Jork. Miasto zobowiązało się do redukcji emisji gazów cieplarnianych o 80% do roku 2050 (emisja liczona względem roku 2005). Cel ten zostanie osiągnięty przede wszystkim poprzez sukcesywną modernizację budynków (władze miasta liczą, że ich działania staną się wzorem dla właścicieli prywatnych) oraz gruntowną reorganizację transportu, skutkującą wycofaniem z ruchu w mieście ponad 700 tys. samochodów. Determinacja Nowego Jorku w zwalczaniu zmian klimatycznych wynika z zagrożenia, przed jakim stoi. Oprócz podniesienia się poziomu mórz, który spowoduje zatopienie ulic Manhattanu, nowojorczyki obawiają się także huraganów podobnych do Sandy, który w 2012 r. spowodował w mieście ogromne zniszczenia.

2. Ogólna charakterystyka miast 100-500 tys. mieszkańców

W Polsce obywatele miast o populacji 100-500 tys. jest niemal 6,5 miliona. Jednocześnie miasta te są między sobą bardzo zróżnicowane pod względem gęstości zaludnienia, rozwoju gospodarczego, głównego źródła dochodów (przemysł, turystyka, handel...) itp.

Tab. 1. Polskie miasta spełniające w/w kryterium liczby mieszkańców (uporządkowane malejąco)

Lp.	Miasto	Liczba ludności (31.12.2012)	Powierzchnia (km ² , 31.12.2012)	Gęstość zaludnienia (osób/km ² , 31.12.2012)
1	Szczecin	408 913	300,55	1361
2	Bydgoszcz	361 254	175,98	2053
3	Lublin	347 678	147,47	2358
4	Białystok	294 921	102,13	2888
5	Częstochowa	234 472	159,71	1468
6	Radom	219 703	111,8	1965
7	Toruń	204 299	115,72	1765
8	Kielce	200 938	109,65	1833
9	Rzeszów	182 028	116,36	1564
10	Olsztyn	174 641	88,33	1977
11	Bielsko-Biała	174 370	124,51	1400
12	Rybnik	140 789	148,36	949
13	Gorzów Wielkopolski	124 609	85,72	1454
14	Elbląg	123 659	79,82	1549
15	Płock	123 627	88,04	1404
16	Opole	121 576	96,55	1259
17	Wałbrzych	119 171	84,7	1407
18	Zielona Góra	119 023	58,34	2040
19	Włocławek	115 546	84,32	1370
20	Tarnów	112 952	72,38	1561
21	Koszalin	109 343	98,34	1112
22	Kalisz	104 676	69,42	1508
23	Legnica	102422	56,29	1820
24	Katowice	307 233	164,64	1866
25	Sosnowiec	213 513	91,06	2345
26	Gliwice	186 210	133,88	1391
27	Zabrze	179 452	80,4	2232
28	Bytom	174 724	69,44	2516
29	Ruda Śląska	142 346	77,73	1831
30	Tychy	129 112	81,81	1578
31	Dąbrowa Górnicza	124 701	188,73	661
32	Chorzów	111 168	33,24	3344
33	Gdańsk	460 427	261,96	1758
34	Gdynia	248 726	135,14	1841
RAZEM		6 498 222	-	-

Odcieniami szarości oznaczono miasta należące do: konurbacji śląsko-dąbrowskiej i Trójmiasta. Miasta te spełniają kryterium populacji: 100-500 tys., jednakże ze względu na przynależność do większej aglomeracji powinny być potraktowane odmiennie: jako duży, całościowy organizm miejski.¹

W obrębie BŻEP przyjęto następującą klasyfikację miast:

1. Powyżej 500 tys. mieszkańców (6 miast).
2. 100-500 tys. mieszkańców.
3. Do 100 tys. mieszkańców.

¹ Na chwilę obecną przewiduje się możliwość sporządzenia osobnego aneksu dla każdej aglomeracji.

Dopuszcza się, na etapie dalszych prac w ramach BŻEP, możliwość przeformułowania niniejszej klasyfikacji, o ile zaistnieje ku temu uzasadnienie (np. zbyt duża rozbieżność między skrajnymi przykładami miast w obrębie jednej grupy badawczej). Z uwagi na różny stopień uprzemysłowienia miast należy sformułować charakterystyczny wyróżnik, umożliwiający tworzenie odniesień między miastem analizowanym a Miastem Referencyjnym. Dotychczas rozważane propozycje wyróżnika² to:

1. Produkcja sprzedana przemysłu na 1 mieszkańca,
2. PMB - produkt miejski brutto.

Szczegółowe opracowania dot. poszczególnych miast będą różnić się między sobą m.in. zróżnicowaniem technologii produkcji energii, udziałem tranzytu w transporcie miejskim, zapotrzebowaniem na paliwa (w tym również jako substraty technologiczne). Tym samym w zależności od adekwatności wykorzystania danych rozwiązań energetycznych w konkretnej liczbie miast podejmowana będzie decyzja dot. ujęcia tychże rozwiązań w modelu Miasta Referencyjnego tudzież sporządzenia osobnego aneksu, poświęconego konkretnej metropolii.

BIELSKO-BIAŁA – CASE STUDY

1. Charakterystyka miasta

Z punktu widzenia prowadzonej analizy Bielsko-Biała jest bardzo ważnym przykładem, jednakże odbiegającym od uogólnionego modelu miasta 100-500 tys. mieszkańców. Jako jedno z najlepiej rozwijających się miast w Polsce i trzecie w woj. śląskim (o czym świadczy 6,5% bezrobocia)³, posiada znaczny potencjał gospodarczy umożliwiający przekształcenie go w smart city [PISE 4](#).

Tab. 2. Podstawowe informacje o Bielsku-Białej⁴

Lp.	Wielkość	Wartość
1	Liczba mieszkańców, tys.	175
2	Powierzchnia [km ²]	124,51
3	Stopa bezrobocia [%]	6,5
4	Produkcja sprzedana przemysłu na 1 mieszkańca	158 463
4	Mieszkalnictwo – liczba obiektów ⁵	96,7%
5	Liczba samochodów (tys.)	105,7
6	Wyróżniające informacje o mieście	zróżnicowanie poziomu miasta: 850 m
7	Podział terenów	mieszkaniowe: 16,4%; usługowe: 2,6%; przemysłowo-składowe: 3,6%; komunikacyjne: 11%; rolne: 14,6%; leśne: 24,2%; miejska: 2,2%; pozostałe: 25,4%;

Demografia. Sytuacja demograficzna miasta nie odbiega znacząco od obecnego trendu, obserwowanego w skali kraju. Notuje się spadek liczby populacji na poziomie ok. 0,5% rocznie.

Tab. 3: Zmiany liczby ludności Bielska-Białej na przestrzeni lat, wraz z prognozą do roku 2035

Rok	1951	1970	1990	2000	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Liczba ludności (w tys.)	55,0	106,2	181,2	179,3	175,1	171,2	168,6	165,4	161,2	156,6

Od momentu powstania (połączenie Bielska i Białej w 1951 r.) obserwowano regularny wzrost populacji, a najwyższą liczbę ludności odnotowano w mieście ok. roku 1990. Prognozowane zmniejszenie populacji jest

² Opracowanie sposobu wyznaczania i korzystania z „wyróżnika dla przemysłu w mieście” planowane jest w toku dalszych prac nad Raportem.

³ Stan na rok 2014 – PUP.

⁴ Źródło: Bank Danych Lokalnych GUS.

⁵ Poprzez termin „obiekt mieszkalny”, w obrębie całego dokumentu, rozumie się zarówno mieszkania (w blokach i kamienicach), jak i domy jednorodzinne.

kontynuacją trendu spadkowego, obserwowanego od lat 90. Na tej podstawie przyjmuje się w dalszej części Raportu spadek liczby mieszkańców na poziomie 0,5% rocznie.

Środowisko. Bielsko-Biała, ze względu na lokalizację u stóp gór Beskidu Małego i Śląskiego, jest miastem o dużych walorach turystycznych, rekreacyjnych i przyrodniczych. Jednakże zarówno wcześniejszy, jak i obecny rozwój miasta wywiera znaczny, negatywny wpływ na lokalne środowisko. Problemy ekologiczne Bielska-Białej to przede wszystkim: wysoki poziom zanieczyszczenia powietrza, częściowe skażenie rzek i postępujące wymieranie lasów.

Najważniejszym spośród w/w problemów jest zanieczyszczenie powietrza. W Bielsku-Białej regularnie odnotowuje się przekroczenia stężeń PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, SO_x oraz benzo(a)pirenu. Tak wysoka zawartość szkodliwych substancji powodowana jest przez transport oraz tzw. niską emisję – przydomowe kotły i piece grzewcze, opalane zwłaszcza paliwami stałymi. Ze względu na energetyczne pochodzenie zanieczyszczeń powietrza w mieście, w Raporcie zostanie również uwzględniony wpływ bilansu energetycznego na zmianę ich koncentracji.

Struktura przemysłowa. Bielsko-Biała jest głównym miastem Bielskiego Okręgu Przemysłowego – jednego z jedenastu okręgów przemysłowych Polski, obejmującego obszar od Cieszyna po Andrychów. Na terenie metropolii znajdują się cztery obszary Katowickiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej (ponad 150 firm, 32 tys. miejsc pracy): Wapienica, Fiat Auto Poland, Komorowice Krakowskie, Lipnik.

Branże przemysłu: motoryzacyjny (9 – produkcja); spożywczy (Bielmar), elektryczny (Philips, GE Power Controls, INDUKTA), pozostałe (9 zakładów).

Mieszkalnictwo. W Bielsku-Białej jest ok. 13 tys. domów jednorodzinnych i ok. 55 tys. mieszkań. Średnia powierzchnia mieszkania: 68 m². Średnia powierzchnia domu jednorodzinnego: 120 m². Liczba obiektów mieszkalnych (stan na rok 2012): 68,5 tys.

Budynki miejskie. Stanowi je 300 budynków publicznych, ogrzewanych z sieci ciepłowniczej oraz gazem ziemnym (udział po 50%). 140 spośród nich jest monitorowanych w Bazie Danych Energetycznych obiektów gminnych (BEN) – na podstawie faktur. Zużycie energii w tych budynkach (2013) [20]: energia elektryczna – 5160 MWh/rok; ciepło – ok. 124 000 GJ/rok; gaz – 33 500 GJ_{ch}/rok (940 tys. m³)⁶.

Transport. W Bielsku-Białej dominuje transport indywidualny. Świadczy o tym wysoki wskaźnik liczby samochodów – 600 pojazdów na 1000 mieszkańców. Dla porównania: średnia dla Polski wynosi 450 szt./1000 mieszk., a wartość powyżej 600 jest typowa dla krajów rozwiniętych Europy Zachodniej (w USA wskaźnik ten jest jeszcze wyższy).

Tab. 4. Pojazdy zarejestrowane w Bielsku-Białej – stan na 31.12.2013

Lp.	Pojazdy	Liczba	
1	Motocykle	3 tys.	
2	Motorowery	1,9 tys.	
3	Samochody osobowe	ogółem	88,8 tys.
		do 1399 kg	42 tys.
		1400 -1999 kg	40 tys.
		pow. 2000 kg	6,8 tys.
4	Autobusy	ogółem	300
		do 15 miejsc	11
		16-45 miejsc	82
5	Samochody ciężarowe	ogółem	15,7 tys.
		ładowność do 1499 kg	13 tys.
		pow. 1500 kg	2,7 tys.
6	Ciągniki siodłowe	800	
7	Samochody specjalne	800	
RAZEM		111 tys.	

⁶ 35,6 MJ/m³.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że Bielsko-Biała jest miastem o dużym zróżnicowaniu terenu, co ma wpływ na profil eksploatacji jednostek napędowych. Ponadto, ze względu na stosunkowo ciasną zabudowę Śródmieścia, jego małą przepustowość, zwłaszcza w godzinach szczytu, powoduje utrudnienie i unieruchomienie ruchu pojazdów. Jakość dróg w mieście utrzymywana jest na bardzo wysokim poziomie. Końcem roku 2011 oddano do użytku północno-wschodnią obwodnicę miasta, co w pewnym stopniu zmniejszyło ruch pojazdów w Śródmieściu (zwłaszcza tranzyt). Tym niemniej transport samochodowy w centrum miasta staje się coraz bardziej uciążliwy dla mieszkańców.

2. Bilans energii i paliw

2.1. Bilans energii końcowej [\[10\]](#)

Jest to zestawienie rocznego zapotrzebowania na energię w poszczególnych sektorach, z podziałem na rynki: energii elektrycznej, ciepła sieciowego i paliw transportowych.

Tab. 5. Bilans energii końcowej (2008) wg SEAP (niepewność analiz została określona na poziomie $\pm 15\%$)

Sektor	Energia elektryczna [MWh]	Ciepło sieciowe [MWh]	Paliwa transportowe (oraz pozostałe) [MWh]
Urząd Miasta – budynki, wyposażenie/urządzenia	5 390	30 650	10 270 (gaz ziemny)
Usługi – budynki, wyposażenie/stacjonarne	110 350	44 770	89 100 (gaz ziemny)
Budynki mieszkalne	129 720	333 750	334 000 (gaz ziemny) 268 000 (węgiel)
Oświetlenie miejskie	10 310	-	-
Przemysł	448 090	173 330	289 850 (gaz ziemny) 78 750 (węgiel)
Transport	-	-	276 740 (ON) 733 600 (benzyna) 100 110 (LPG)
RAZEM	703 860	582 500	2 180 420

Charakterystyczne są następujące cechy powyższego bilansu:

1. Dominujący udział przemysłu w zużyciu energii elektrycznej.
2. Dominujący udział mieszkalnictwa w zużyciu ciepła sieciowego.
3. Dominujący udział transportu w zużyciu paliw.

We wszystkich trzech przypadkach sektory te stanowią ok. 2/3 udziału w danym rynku energii.

2.2. Bilans energii pierwotnej

Bilans energii pierwotnej otrzymano po przeliczeniu energii końcowej na energię chemiczną paliw, z których została wytworzona. W obliczeniach przyjęto następujące założenia: energia elektryczna, pochodząca z SEE⁷, produkowana jest z węgla ze sprawnością przetwarzania 34% (średnia sprawność krajowa). Ciepło sieciowe produkowane jest w Zespole Elektrociepłowni Bielsko (ZEC Bielsko) ze sprawnością: EC1: 60% (priorytet ciepła), EC 2: ok. 40% (priorytet energii elektrycznej). Procentowy udział źródeł ciepła nieznany szczegółowo: do obliczeń przyjęto 50/50. Finalna sprawność produkcji ciepła: 50%. Rynek paliw transportowych nie uległ

⁷ System elektroenergetyczny.

zmianie, ponieważ może być traktowany zarówno jako energię końcową (finalny produkt), jak i pierwotną (energia chemiczna).

Tab. 6. Bilans energii pierwotnej

Sektor	Energia elektryczna – energia węgla [MWh]	Ciepło sieciowe – energia węgla [MWh]	Paliwa transportowe (i pozostałe) [MWh]
Urząd Miasta – budynki, wyposażenie/urządzenia	15 850	61 300	10 270 (gaz ziemny)
Usługi – budynki, wyposażenie/stacjonarne	324 540	89 550	89 100 (gaz ziemny)
Budynki mieszkalne	381 540	667 500	334 000 (gaz ziemny) 268 000 (węgiel)
Oświetlenie miejskie	30 330	-	-
Przemysł	1 317 910	346 670	289 850 (gaz ziemny) 78 750 (węgiel)
Transport	-	-	276 740 (ON) 733 600 (benzyna) 100 110 (LPG)
RAZEM	2 070 170	1 165 020	2 180 420

2.3. Zasoby Wielkoskalowej Energetyki Konwencjonalnej (WEK) - stan istniejący i perspektywy wykorzystania

Przy sporządzaniu segmentacji WEK posłużono się wzorcem, który zawarty jest w Raporcie [\[15\]](#) (Zał. 1).

2.3.1. Elektroenergetyka – 2 elektrociepłownie o mocy elektrycznej 50,8 oraz 55 MW.

2.3.2. Ciepłownictwo:

- Przedsiębiorstwo Komunalne „Therma”, pokrywające 40% potrzeb cieplnych miasta,
- Zasilanie – EC1 (182 MW_t), EC2 (172 MW_t), pozostałe (6,6 MW_t – wprost na obiekty, poza siecią ciepłowniczą),
- Sieci ciepłe – 122 km, 2 oddzielne układy (ze względu na różnicę poziomów),
- Węzły ciepłe - 829 wysokoparametrowych węzłów cieplnych (556 należących do PK „Therma”), zdalny monitoring, archiwizacja i dalsze przetwarzanie danych (SCADA).

2.3.3. Sektor paliw płynnych – ok. 20 stacji paliw.

2.3.4. Gazownictwo – 955 km sieci, 30 stacji gazowych, rozdzielnia gazu (95% pow. miasta, 89% mieszkańców).

2.3.5. Nieczynna ciepłownia – możliwość przekształcenia w spalarnię odpadów miejskich.

2.4. Energetyka Prosumencka (EP) w mieście - przykłady

2.4.1. mikroelektrownia na miejskim składowisku odpadów (biogaz – 40 odwiertów) - 2400 MWh_e/rok,

2.4.2. kolektory słoneczne na budynkach miejskich: 1000m² – 300 MWh_e/rok,

2.4.3. 750 instalacji kolektorów słonecznych w budynkach prywatnych,

2.4.4. AQUA oczyszczalnia ścieków (kogeneracja) - 4000 MWh_e/rok i 20 tys. GJ/rok dla wewnętrznych potrzeb oczyszczalni (40% energii elektrycznej i >100% ciepła),

2.4.5. AQUA pompy ciepła w oczyszczalni ścieków (dolne źródło: ścieki) i na krytej pływalni (dolne źródło: magistrala wodociągowa, COP 5,5),

2.4.6. [„Szkoła ZEROemisyjna” – mikroelektrownia PV o mocy 1,38 kWp.](#)

2.5. Biuro Zarządzania Energią [23]

Utworzone w 1997 jako jedno z pierwszych tego typu placówek w Polsce, podejmuje szereg działań mających na celu poprawę wykorzystania energii oraz skojarzoną z nią ochronę powietrza i środowiska w mieście. Wybrane działania:

- negocjowanie umów przyłączeniowych, np. redukcja mocy zamówionej (elektrycznej i ciepłej),
- doradztwo i konsulting w kwestiach energetycznych, w obiektach istniejących i planowanych inwestycjach,
- Program Ograniczania Niskiej Emisji – dotacje do wymiany kotłów węglowych w domach mieszkalnych na bardziej ekologiczne,
- edukacja w efektywności energetycznej gminy (akcje promocyjno-edukacyjne, ulotki, broszury, konferencje, szkolenia, prezentacje).

Ważnym elementem działalności Biura jest gromadzenie danych o zużyciu mediów (energia elektryczna, gaz, ciepło sieciowe, woda) w budynkach miejskich – na podstawie odczytów z faktur od dostawców mediów. Wszystkie dane gromadzone są w miejskiej bazie BEN, a następnie analizowane.

2.6. Segmentacja EP

Zgodnie z jego założeniami niniejsza segmentacja podkreśla nowy sposób opisu energetyki, zorientowany na podmiot (prosumenta) oraz budynek/nieruchomość. Podmiot przejmuje odpowiedzialność za swoją sytuację energetyczną, w tym także zaopatrzenie w energię elektryczną, ciepło i paliwa/energię na potrzeby transportowe. Przy sporządzaniu niniejszej segmentacji, posłużono się wzorcem, zawartym w Raporcie [15] (Zał. 2).

2.6.1. Prosumencka Mikroinfrastruktura Energetyczna (PME):

PME 1: Domy jednorodzinne: 55 tys.

PME 2: Wspólnoty mieszkaniowe (budynki mieszkalne): 483

PME 3: Przedszkola: 43

Szkoły podstawowe: 38

Gimnazja: 32

Szkoły ponadgimnazjalne: 98

Uczelnie wyższe: 8

Szpital: 5 (+14 niepublicznych obiektów opieki zdrowotnej)

Pływalnie: 6 krytych, 2 odkryte

Obiekty sportowe: 10 hal sportowych, 3 stadiony, lotnisko sportowe, kolej gondolowa i krzeselkowa, skocznia narciarska, pozostałe

Obiekty kulturalne i miejskie: 2 teatry, 4 kina, 15 bibliotek, ok. 10 urzędów, 16 domów i ośrodków kultury, 3 muzea

2.6.2. Prosumencka Inteligentna Sieć Energetyczna (PISE):

PISE 1: Spółdzielnie mieszkaniowe, osiedla deweloperskie: 6 dużych spółdzielni, ok. 60 mniejszych

PISE 4: Miasto jako smart-city.

2.6.3. Autogeneracja (AG):

AG 1: Hipermarkety: 8 dużych, 35 mniejszych

Hotele: 9 (+obiekty zbiorowego zakwaterowania: 11)

AG 2: MIŚP⁸: 24 tys. mikro-, ponad 1000 małych i ok. 250 średnich przedsiębiorstw

AG 4: Duży przemysł (np. zakłady FIAT) – głównie produkcja elementów dla branży motoryzacyjnej (automotive): ok. 20 zakładów.

2.7. Potencjalne zasoby EP

Poniższa tabela powstała jako efekt doboru rozwiązań EP, zgodnie z Raportem [17] (wybór zasobów) oraz [14] (programy modernizacyjne).

⁸ Małe i średnie przedsiębiorstwa

Tab. 7. Potencjalne zasoby Energetyki Prosumenckiej

Program	Rynki końcowe		
	Energia elektryczna	Ciepło	Paliwa transportowe (oraz pozostałe)
Program I (P)	Auto(ko)generacja gazowa Modernizacja/efektywność Rozwój OZE DSM/DSR ⁹ UZG ¹⁰ <u>Smart grid</u>	Auto(ko)generacja gazowa Modernizacja/efektywność Rozwój OZE <u>Smart grid</u>	Modernizacja/efektywność
Program II (M)	Referencyjny miks energetyczny Rozwój OZE (mikroinstalacje) Kogeneracja gazowa Technologie utylizacyjne Modernizacja oświetlenia <u>Smart grid</u>	Głęboka termomodernizacja Pompy ciepła Kogeneracja gazowa <u>Smart grid</u>	Car-sharing Transport publiczny Transport elektryczny Transport rowerowy <u>Smart grid</u>

3. Proponowane rozwiązania i inicjatywy

Na obecnym etapie niniejszy Raport zawiera rozwiązania możliwie uogólnione pod kątem tworzenia modelu Miasta Referencyjnego. Tym niemniej, przedstawione propozycje opracowane zostały w oparciu o miasto Bielsko-Białą i stanowią propozycję odpowiedzi na pytanie o jego bilans energetyczny w horyzoncie 2050.

3.1. Modernizacja oświetlenia w mieście

Współczesne, półprzewodnikowe źródła światła (diody LED) charakteryzują się wysoką i wciąż rosnącą skutecznością świetlną, a równocześnie znacznie lepiej współpracują z energoelektronicznymi układami sterującymi. Umożliwia to dynamiczne włączanie, wyłączanie i regulację jasności bez ryzyka pogorszenia trwałości źródła światła (w przeciwieństwie do np. żarówki) i przy zachowaniu wysokiej sprawności przetwarzania energii elektrycznej na świetlną.

Choć udział oświetlenia w zużyciu energii jest znikomy, odgrywa jednak zauważalną rolę w kształtowaniu się profilu zapotrzebowania na moc elektryczną. Tym samym pozornie niewiele znacząca modernizacja źródeł światła jest w stanie wywołać wyraźny efekt w stosunkowo krótkim czasie. Kwestii tej poświęcono uwagę w Raporcie [13], a efekt modernizacji oszacowany w tym Raporcie ilustruje wykres na rys. 1.

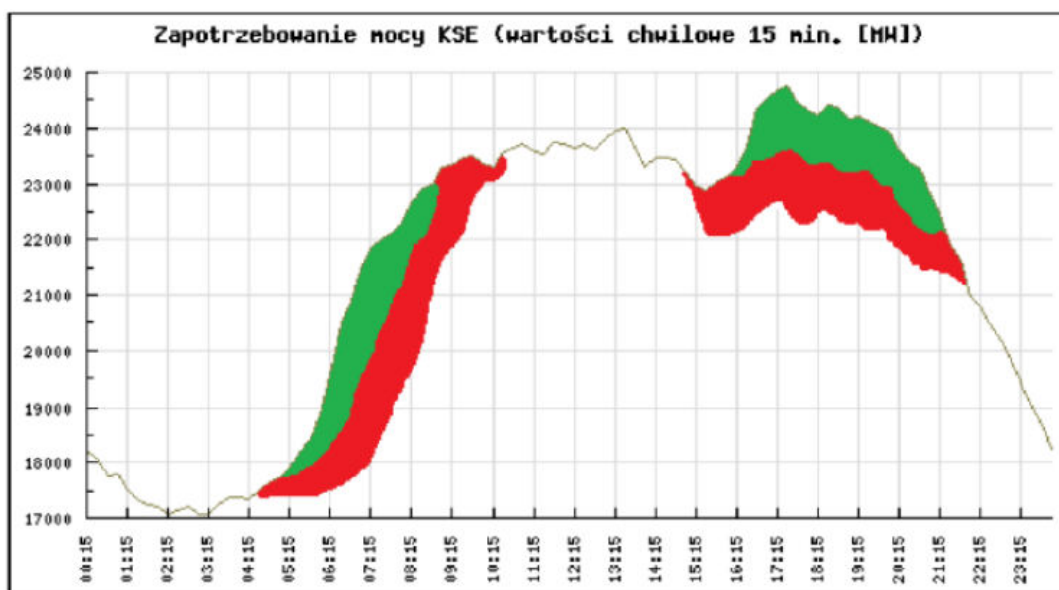
3.1.1. Oświetlenie zewnętrzne [8]

Większość ulicznych źródeł światła w Bielsku-Białej zostało już zmodernizowanych do technologii lamp sodowych. Poniżej podjęto próbę oszacowania redukcji zużycia energii przy założeniu 100-procentowej wymiany oświetlenia do technologii LED. W tym celu przyjmuje się czas pracy lamp ulicznych na poziomie 3800 godz./rok. Sumaryczna moc przyłączeniowa wynosi 3,1 MW. Roczne zużycie energii elektrycznej wynosi 12 000 MWh. Średnia moc pojedynczego źródła światła wynosi 147 W, a teoretyczna moc pojedynczej lampy LED – 108 W. Redukcja poboru energii oświetlenia zewnętrznego wynosi 26,5 % (redukcja ta ma wpływ na redukcję szczytu wieczornego profilu zapotrzebowania miasta).

Komentarz. Osiągalny potencjał redukcji może być jeszcze wyższy przy wprowadzeniu inteligentnego sterowania oświetleniem miejskim.

⁹ Demand Side Management/Demand Side Response – zarządzanie stroną popytową.

¹⁰ Układy Zasilania Gwarantowanego.



Rys. 1. Wpływ modernizacji oświetlenia na profil mocy KSE¹¹ (zielony: modernizacja do oświetlenia II generacji, czerwony: modernizacja do oświetlenia LED wraz z infrastrukturą Smart) (źródło: [13])

Tab. 8. Zestawienie źródeł oświetlenia zewnętrznego

generacja	właściciel	liczba opraw	rzeczywista moc sumaryczna [kW]	teoretyczna moc sumaryczna LED [kW]
1. generacja	TAURON	5000	735	540
2. generacja (lampy sodowe)	TAURON	10900	1602,3	1177,2
2. generacja (lampy sodowe)	Miasto Bielsko-Biała	2200	323,4	237,6
RAZEM		18100	2660,7	1954,8

3.1.2. Oświetlenie w budynkach mieszkalnych – oszacowanie [25]

Przyjęto, że oświetlenie ma 15% udziału w zużyciu energii w gospodarstwach domowych. Zatem:

$$15\% \cdot 129\,725 \text{ MWh} = 19\,458,75 \text{ MWh}$$

Wykorzystanie oświetlenia LED umożliwia uzyskanie tego samego efektu świetlnego przy równoczesnej redukcji poboru mocy do 10%. Do obliczeń założono redukcję do 15%.

$$19\,458,75 \cdot 15\% = 2\,918,81 \text{ MWh}$$

Komentarz: pomimo niewielkiego wpływu na pobór energii w bilansie rocznym całego miasta (2,3%), modernizacja oświetlenia jest istotnym sposobem minimalizowania szczytów zapotrzebowania na moc.

3.1.3. Oświetlenie w przemyśle, budynkach publicznych, sektorze usług

Przewiduje się wzmocnienie efektu redukcji poboru mocy, wymienionego w poprzednich punktach. Aby jednak oszacować rzeczywistą zmianę profilu mocy, niezbędne jest jego uprzednie skonstruowanie, a także porównanie z profilem KSE.

3.2. Modernizacja i zwiększanie efektywności w przemyśle

3.2.1. Zwiększenie efektywności

Krajowy przemysł dysponuje potencjałem redukcji zużycia energii nawet do 50%. Rozwiązania na rzecz efektywności obejmują m.in.: likwidację zbędnych urządzeń, wymianę starych urządzeń i podzespołów na nowe, racjonalizacja eksploatacji urządzeń itp.

¹¹ Krajowy System Elektroenergetyczny.

3.2.2. Demand Side Management/Demand Side Response (DSM/DSR)

Jest to usługa świadczona przez zakład przemysłowy na rzecz Operatora Sieci Dystrybucyjnych (OSD) lub Operatora Sieci Przesyłowych (OSP). W najprostszym ujęciu jest to dostosowanie zapotrzebowania zakładu do profilu mocy w systemie elektroenergetycznym.

3.2.3. Grafikowanie

Rozwiązanie polegające na dokonywaniu pomiarów mocy z określonym interwałem (np. 15-minutowym), a następnie dostosowanie mocy przyłączeniowej do zapotrzebowania i zbilansowanie tegoż zapotrzebowania w aspekcie dobowym, tygodniowym, miesięcznym lub sezonowym.

3.2.4. Auto(ko)generacja

Jest to produkcja energii elektrycznej (i ciepła) na potrzeby własne przez zakład przemysłowy. Z uwagi na specyfikę proporcji zapotrzebowania przemysłu na ciepło i energię elektryczną przewiduje się, że w przypadku produkcji elektryczności na własne potrzeby zakłady będą musiały rozwiązać problem tzw. ciepła odpadowego.

3.2.5. Zagospodarowanie ciepła odpadowego

Ciepło odpadowe stanowi niepożądany produkt egzotermicznych procesów technologicznych. Należy przeanalizować potencjał wykorzystania tego ciepła, zarówno na potrzeby własne jak i w postaci produktu np. na pokrycie potrzeb mieszkalnictwa. Istnieje również możliwość, aby przy wykorzystaniu technologii absorpcyjnych wykorzystywać je do produkcji chłodu, zużywanego później na potrzeby zakładu.

Koncepcję wykorzystania ciepła odpadowego wdrożono w zakładzie produkcyjnym Philips Lighting w Bielsku-Białej. Dzięki zagospodarowaniu ciepła generowanego przez pracujące w fabryce sprężarki udało się zmniejszyć pobór mocy z sieci ciepłowniczej o 50%, co przełożyło się także na znaczne oszczędności ekonomiczne.

3.3. Działania na rzecz poprawy jakości środowiska

3.3.1. Biogazownia na kompostowni

Inwestycja taka jest obecnie rozważana na miejskim składowisku odpadów, z uwagi na konieczność utylizacji znacznych (i niedoszacowanych) ilości odpadów organicznych. Poniżej orientacyjne oszacowanie:

1. Roczna produkcja śmieci w mieście: 70 000 Mg/rok.
2. Udział śmieci organicznych (przyjęto 25%): 17 500 Mg/rok.
3. Przyjęto wartość opałową $W_d=8$ MJ/kg (połowa W_d torfu).

Zatem:

$$(17500 \cdot 1000) \text{kg} \cdot 8 \text{ MJ/kg} = 140 \text{ tys. GJ}_{ch}/\text{rok} = 38 \text{ 890 MWh}_{ch}$$

Wykorzystany w ten sposób biogaz może w dalszym etapie zostać wykorzystany do produkcji energii elektrycznej i ciepła w kogeneracji. Obecnie, na nieczynnym już obszarze składowiska odpadów, funkcjonuje instalacja produkująca energię elektryczną. Zasilana jest gazem pochodzącym z rozkładu odpadów komunalnych.

3.3.2. Spalarnia odpadów miejskich

Oszacowania dla tej inwestycji zakładają rezygnację z biogazowni (poprzedni akapit) i wykorzystanie wszystkich odpadów komunalnych jako paliwa, a dodatkowo uwzględniają możliwość utylizacji śmieci z okolicznych gmin (z uwagi na opłacalność inwestycji).

- Możliwości przerobowe spalarni: 100 000 Mg/rok (granica opłacalności).
- Przyjęto wartość opałową odpadów: 15 MJ/kg. Zatem:

$$(100 \ 000 \cdot 1000) \text{kg} \cdot 15 \text{ MJ/kg} = 1500 \text{ TJ}_{ch}/\text{rok} = 416 \ 667 \text{ MWh}_{ch}/\text{rok}$$

Bielsko-Biała dysponuje nieczynną (choć sprawną) ciepłownią, której lokalizacja na obrzeżach miasta (Wapienica), przy drodze ekspresowej oraz istniejące przyłączenie do sieci ciepłowniczej stanowią podwaliny pod przyszłą spalarnię. Podkreśla się, że spalarnie śmieci funkcjonują obecnie w wielu miastach. Jednym z najsłynniejszych przykładów jest zakład Spittelau, zlokalizowany w centrum Wiednia.

3.3.3. Wprowadzenie w mieście ograniczenia spalania paliw stałych; równoczesny rozwój programu przyłączania nowych odbiorców do sieci ciepłowniczej

Istotnym problemem, z jakim boryka się obecnie Bielsko-Biała, jest tzw. niska emisja - jedno z dwóch, obok transportu, największych źródeł zanieczyszczenia powietrza w mieście. Realizowany obecnie Program

Ograniczania Niskiej Emisji (PONE) dotyczy wymiany nieefektywnych węglowych źródeł ciepła na nowe: gazowe lub węglowe o wysokiej sprawności. Jest to jednakże rozwiązanie jedynie zmniejszające, a nie likwidujące niską emisję.

Istnieje pewna grupa budynków, należących do mienia gminnego, które zamieszkiwane są przez najuboższych obywateli miasta. W budynkach tych funkcjonuje system ogrzewania oparty o piece węglowe (w praktyce skład paliwa jest nie do określenia). Pomimo możliwości przyłączenia w/w odbiorców do sieci ciepłowniczej, inwestycja ta nie jest przeprowadzana, ponieważ mieszkańcy najprawdopodobniej nie będą regulować rachunków za ciepło.

Obecnie bardzo trudno jest samorządom wprowadzić zarządzenie zakazujące wykorzystania paliw stałych w mieście. Przykładem takiej inicjatywy jest miasto Kraków, które w roku 2014 podjęło próbę wprowadzenia takiej uchwały. Mieszkańcy zaskarżyli uchwałę i wygrali proces na szczeblu wojewódzkim. Władze miasta odwołały się od wyroku do Naczelnego Sądu Administracyjnego.

3.3.4. Wprowadzenie w centrum miasta strefy niskoemisyjnej lub strefy wolnej od ruchu samochodowego

Rozwiązania takie wprowadzane są w wielu miastach Europy Zachodniej. Strefa niskoemisyjna to obszar w centrum miasta, do którego wjazd mają tylko specjalnie oznakowane samochody, o bardzo niskiej emisji spalin lub zasilane paliwami alternatywnymi (bezemisyjnymi). Przykładowe miasta, które wprowadziły strefę niskoemisyjną: Kopenhaga, Hanower, Monachium, Berlin., Stuttgart, Heidelberg.

Strefa wolna od ruchu samochodowego to obszar w ścisłym centrum miasta, do którego wjechać mogą tylko samochody zaopatrzenia, mieszkańcy lub służby ratunkowe/porządkowe. Strefa taka powstała w wielu miastach, również polskich; zazwyczaj obejmuje obszar miejskiej starówki. Strefa wolna od ruchu samochodowego istnieje także w Bielsku-Białej, choć z wielu względów (ekologia, efektywność energetyczna, logistyka, zagospodarowanie przestrzenne) powinna zostać znacznie rozszerzona.

3.4. Rozwój wykorzystania technologii OZE

3.4.1. Wykorzystanie ogniw fotowoltaicznych (PV)

Poniżej zaprezentowano orientacyjne oszacowanie potencjału wykorzystania technologii PV na dachach budynków w mieście:

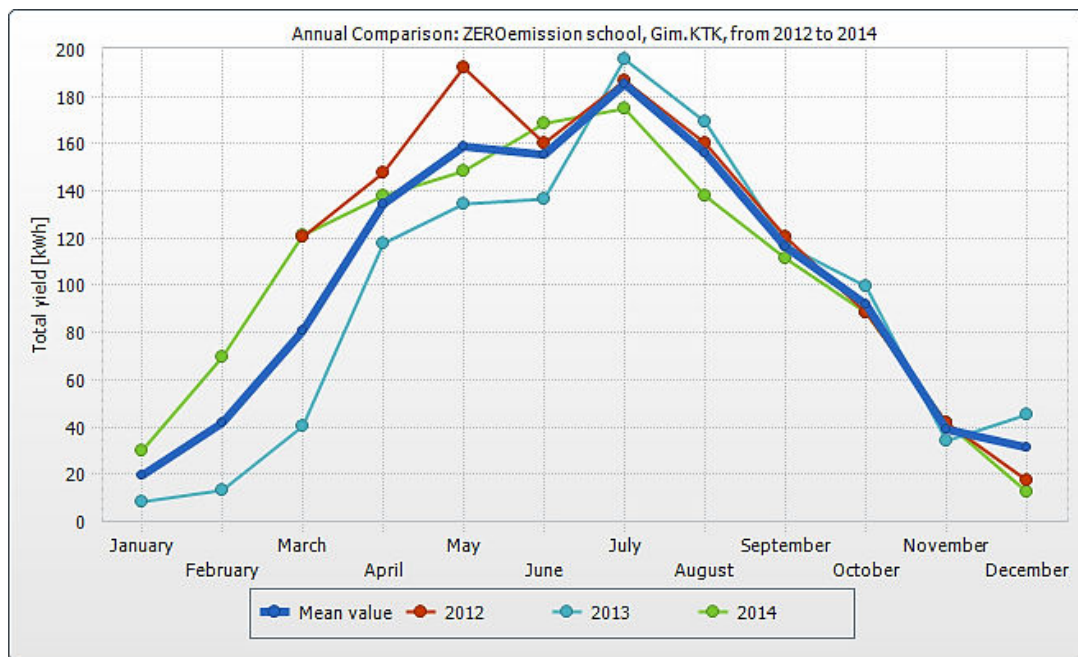
1. Możliwości techniczne produkcji energii elektrycznej z PV w Bielsku-Białej: $126-175 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ – przyjęto $150 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$.
2. Przyjęto sprawność ogniw na poziomie 15%, co daje moc $150 \text{ Wp}/\text{m}^2$.
3. Sumaryczna powierzchnia dachów: $5\,600\,000 \text{ m}^2$:
 - w tym zdalnych do wykorzystania z uwagi na orientację południową: 25%,
 - w tym niezacienionych, nieograniczonych konstrukcyjnie itp.: 60%,
 $25\% \cdot 60\% \cdot 5\,600\,000 = 840\,000 \text{ m}^2$ ⁽¹²⁾.
4. Sumaryczna roczna produkcja energii: $126\,000 \text{ MWh}$.
5. Sumaryczna moc PV: 126 MW .

We wstępnym oszacowaniu wykorzystano dane dot. mocy i produkcji energii elektrycznej z rzeczywistego systemu fotowoltaicznego w Bielsku-Białej. Mikroinstalacja PV „Szkoła ZEROemisyjna” jest demonstracyjnym układem OZE, o mocy 1,28 kW. System znajduje się na dachu gimnazjum w Bielsku-Białej 13, a jego instalacja stanowiła integralny element projektu edukacyjnego „Szkoła ZEROemisyjna” – przedsięwzięcia realizowanego od stycznia 2009 r., 5-krotnie dofinansowanego grantami, wywalczonymi w ogólnopolskich konkursach grantowych¹⁴. Mikroinstalacja PV wyposażona jest w układ pomiarowy SMA Sunny Webbox, dzięki czemu możliwa jest bieżąca analiza pracy systemu w oparciu o połączenie internetowe z Sunny Portalem. (z którego pochodzi Rys. 2.). W oparciu o uśrednioną moc wspomnianego systemu (w ujęciu miesięcznym) oraz proporcję pomiędzy jego mocą szczytową a potencjalną mocą szczytową instalacji PV w Bielsku-Białej oszacowano przybliżoną roczną produkcję energii elektrycznej w tej technologii.

¹² W oparciu o analizy Biura Zarządzania Energią UM BB.

¹³ Gimnazjum Katolickiego Towarzystwa Kulturalnego w Bielsku-Białej, ul. Krasieńskiego 17.

¹⁴ Projekt „Szkoła ZEROemisyjna” jest inicjatywą stworzoną i realizowaną przez Autora niniejszego Raportu wspólnie z bratem Marcinem Kordasem.



Rys. 2. Profil roczny produkcji energii elektrycznej z mikroinstalacji PV “Szkoła ZEROemisyjna” - dane z trzech lat wraz z uśrednieniem

Tab. 9. Oszacowanie sumarycznej rocznej produkcji energii elektrycznej z instalacji PV na dachach w mieście

	Dane: „Szkoła ZEROemisyjna”	Oszacowania dla Bielska-Białej
Moc [kWp]	1,38	126 000
PRODUKCJA [kWh]		
Styczeń	19,22	1 754 800
Luty	41,49	3 788 200
Marzec	80,74	7 371 900
Kwiecień	134,31	12 263 100
Maj	158,57	14 478 100
Czerwiec	155,1	14 161 300
Lipiec	185,71	16 956 100
Sierpień	155,89	14 233 400
Wrzesień	118,68	10 836 000
Październik	94,06	8 588 100
Listopad	37,94	3 464 100
Grudzień	31,33	2 860 500
RAZEM	1210	110 755 600

Komentarz. Jak widać, produkcja roczna na poziomie niemal 111 tys. MWh_e jest w stanie pokryć ok. 1/7 potrzeb miasta na energię elektryczną. Powyższe oszacowania wykonano w oparciu o istniejące, dostępne komercyjnie

technologie, o sprawności ok. 15%. Jednakże wraz z rozwojem technologii PV jej udział w miksie energetycznym gminy będzie wzrastał. W opracowaniu udziału fotowoltaiki w produkcji energii w perspektywie 2050 rozważa się przyjęcie założenia o komercyjnej dostępności ogniw o sprawności 30%.

3.4.2. Potencjał wykorzystania wiatru

„Potencjał techniczny energii wiatru na wysokościach 40-60 m n.p.t. na obszarze Bielska-Białej wynosi odpowiednio 400-500 kWh/(m²·rok). Średnioroczna prędkość wiatru zanotowana na stacji meteo UM w latach 2006-2008: 1,69 m/s Średnie maksima wiatru zanotowane na stacji meteo UM w latach 2006-2008: 4,06 m/s Dolną granicą opłacalności wykorzystania wiatru do potrzeb energetycznych jest jego średnioroczna prędkość powyżej 5 m/s. Taka rzeczywista prędkość odnotowana została w 2% czasu w roku.” [wg SEAP] [10]

Komentarz. Ponieważ obecny dokument stanowi w znacznej mierze studium przypadku miasta Bielska-Białej, docelowo zostanie rozwinięty o oszacowania dot. potencjału wykorzystania wiatru w Mieście Referencyjnym. Celem oszacowania potencjału wykorzystania wiatru w danym mieście niezbędne jest nie tylko umiejscowienie w strefie korzystnych/niekorzystnych warunków [21]. Należy także dokonać pomiarów lokalnych prędkości wiatru i od nich uzależnić decyzję o inwestycji w turbinę wiatrową.

3.4.3. Potencjał wykorzystania biomasy

Możliwości produkcji biomasy w mieście są ograniczone – głównie do obszarów leśnych, rolnych oraz terenów zielonych zarządzanych przez miasto. Poniżej przedstawiono proste oszacowania:

Tereny leśne:

1. Powierzchnia: $24,2\% \cdot 124,5 \text{ km}^2 = 30,129 \text{ km}^2 = 3012,9 \text{ ha}$.
2. Uzysk energii (bilansowy): $(3,5 \text{ m}^3/\text{ha}) \cdot (3012,9 \text{ ha}) \cdot (3370 \text{ kWh}_{ch}/\text{m}^3) = 35537,16 \text{ MWh}_{ch}$.
3. Uzysk osiągalny (50%): $17768,58 \text{ MWh}_{ch}$.

Tereny zielone należące do gminy: zakłada się, że odpady z ich pielęgnacji trafią do miejskiej kompostowni.

Tereny rolne:

1. Sorgo lub kukurydza o wydajności: $400-500 \text{ GJ}/(\text{ha} \cdot \text{rok})$ [3] – przyjmuję $450 \text{ GJ}/(\text{ha} \cdot \text{rok})$.
2. Powierzchnia (bilansowo): $14,6\% \cdot 124,5 \text{ km}^2 = 51,79 \text{ km}^2 = 5179 \text{ ha}$.
3. Roczna produkcja energii (bilansowo): $2330 \text{ TJ}_{ch}/\text{rok} = 647 \text{ 375 MWh}_{ch}$.

3.4.4. Pompy ciepła (płytki geotermia)

Technologia możliwa jest do zastosowania zwłaszcza na obrzeżach miasta i w domach jednorodzinnych. Istnieje jednakże potencjał wykorzystania pomp ciepła typu: powietrze-powietrze. Mimo to, rejon Śródmieścia w znacznej mierze oparty będzie o dostawy ciepła z miejskiej sieci ciepłowniczej.

3.5. Modernizacja transportu publicznego

Obecnie funkcjonująca w mieście komunikacja publiczna uznawana jest przez mieszkańców za nieatrakcyjną (którą potwierdzają indywidualne doświadczenia Autora). Ma to również swoje odzwierciedlenie w postaci bardzo wysokiego współczynnika liczby samochodów/1000 mieszkańców, którego wartość, wynosząca ponad 600, zbliża się do poziomu krajów Europy Zachodniej. Ponadto w najbliższych latach przewiduje się dalszy wzrost liczby samochodów w mieście, m.in. z uwagi na niekonkurencyjność transportu miejskiego.

Opisując możliwości i potencjalne rozwiązania komunikacyjne w Bielsku-Białej, posiłkowano się analizami zawartymi w pracy magisterskiej Ł. Ćwika: [5]. Zawiera ona pełen wachlarz propozycji usprawnienia transportu publicznego, poczynając od dostosowania i wzajemnej synchronizacji rozkładów jazdy autobusów, a skończywszy na śmiałej wizji przywrócenia komunikacji tramwajowej, wykorzystania tzw. szynobusów (miejskich pociągów kursujących na liniach kolejowych) oraz utworzenia zintegrowanego transportu wraz z gminami otaczającymi miasto Bielsko-Biała.

W tym miejscu należy także wspomnieć o przedłożonym obecnie do konsultacji projekcie dokumentu pt.: *Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego miasta Bielska-Białej na lata 2014 - 2023* [11]. W dokumencie tym położono nacisk na zmiany organizacyjne transportu miejskiego, np. usprawnienie systemu informacji i polityki biletowej (por. pkt. *Reorganizacja funkcjonowania transportu miejskiego*). Mimo to, w odniesieniu do horyzontu czasowego 2023, plan należy uznać za zachowawczy, koncentrujący się

na rozwiązywaniu pojedynczych problemów komunikacyjnych miasta, a nie na gruntownej przebudowie transportu Bielska-Białej.

3.5.1. Reorganizacja funkcjonowania transportu miejskiego

Do jej najważniejszych elementów należą:

1. Reorganizacja zakładu komunikacji.
2. Dostosowanie tras i rozkładów jazdy.
3. System informacji i e-biletów.

Spodziewana korzyść związana jest ze wzrostem atrakcyjności transportu miejskiego, a tym samym transferem pasażerów z komunikacji indywidualnej do zbiorowej.

3.5.2. Drogi rowerowe, ścieżki rowerowe, wypożyczalnie rowerów (również elektrycznych), infrastruktura rowerowa

Rower jest środkiem komunikacji, który może być wykorzystywany zarówno w celach rekreacyjnych jak i np. podczas codziennych dojazdów do pracy. Warunki klimatyczno-pogodowe miasta ukształtują dedykowanych tras rowerowych. Oprócz wyznaczania dróg (wydzielonych pasów jezdni) i ścieżek (wydzielonych pasów chodnika) rowerowych, niezbędna jest infrastruktura towarzysząca. Są to m.in.: parkingi/wiaty dla rowerów, stacje do krótkich samodzielnych napraw, specjalne bagażniki na autobusach, umożliwiające przewóz rowerów itp. Cenną inicjatywą, coraz popularniejszą także w polskich miastach (Kraków, Wrocław, Warszawa...), jest system wypożyczalni rowerów miejskich. Od dnia 23.09.2014 rozwiązanie to funkcjonuje także w Bielsku-Białej. Uruchomiono wówczas system BBike – 12 stacji rowerów miejskich (w sumie 120 pojazdów) [22]. W dalszej perspektywie koncepcję tę warto rozważyć poszerzenie o rowery elektryczne. Pojazdy te bardzo dobrze sprawdziłyby się do wspomagania jazdy po górzystym i pagórkowatym terenie miasta.

3.5.3. Autobusy elektryczne

Miasto dysponuje obecnie taboru w liczbie 132 autobusów¹⁵, o średnim spalaniu 41,5 l/100km (100% ON).

- Roczna liczba wozokilometrów (średnia za lata 2008-2012): 7,6 mln.
- Roczne zużycie paliwa przez autobusy:
 $(41,5/100) \cdot 7\,600\,000 = 3\,154\,000\, dm^3\, ON$
- Zużyta energia pierwotna (przyjmując wartość opałową ON 43 MJ/kg i gęstość 0,83 kg/l):
 $3\,154\,000\, dm^3 \cdot 0,83\, kg/dm^3 \cdot 43\, MJ/kg = 112\,566\, GJ = 31\,268\, MWh$

Stanowi to 1,9% zużycia paliw w mieście.

Założenie: zastąpienie taboru autobusowego w pełni elektrycznym, niezmienna liczba wozokilometrów/rok.

- Przyjęto następujące finalne sprawności autobusów: 15% dla spalinowych, 60% dla elektrycznych.
- Energia pierwotna paliwa (roczne zużycie): 31 268 MWh (ON)
- Energia końcowa:

$$31\,268\, MWh \cdot 15\% = 4690,2\, MWh$$

- Energia pierwotna elektryczna:

$$4690,2\, MWh / 60\% = 7817\, MWh_e$$

3.5.4. Realizacja koncepcji transportu zintegrowanego, we współpracy z gminami ościennymi: szynobusy, tramwaje, podmiejskie linie autobusowe

Z uwagi na korzystny układ linii kolejowych, w Bielsku-Białej istnieje duży potencjał wykorzystania tzw. szynobusów – komunikacji miejskiej i podmiejskiej, poruszającej się po torach kolejowych. Stwarza to możliwość zredukowania codziennych dojazdów do miasta z okolic: Czechowic-Dziedzic (północ), Żywca (południe), Skoczowa i Cieszyna (zachód) oraz Kóz i Kęt (wschód).

W latach 1895-1971 w mieście funkcjonowały tramwaje – ich ponowne wprowadzenie, wraz z ograniczeniem ruchu samochodów w Śródmieściu, stanowi rozsądne rozwiązanie w aspekcie logistyki miasta i korzyści środowiskowych; ponadto powinno zostać uwzględnione w bilansie energii miasta.

3.6. Referencyjny Program Modernizacji Transportu Indywidualnego

Punktem wyjścia dla Programu jest określenie zużycia paliw przez konkretne kategorie pojazdów, a także udziału tranzytu w transporcie w obrębie miasta. Procentowy udział tranzytu ma kluczowe znaczenie przy

¹⁵ Stan na 31.12.2012 – dane z Miejskiego Zakładu Komunikacji w Bielsku-Białej.

określaniu redukcji zużycia paliw i emisji gazów cieplarnianych w mieście, a także przy zastępowaniu transportu indywidualnego zbiorowym. Im większy udział tranzytu, tym mniejszy wpływ miasta na rodzaj samochodów, które się po nim poruszają. Uznaje się, że współczynnik 11,22% daje podstawy do podejmowania ambitnych działań dot. modernizacji transportu w mieście – średnio 9 na 10 samochodów realizuje „wewnętrzne” potrzeby komunikacyjne miasta i okolic. Na dalszym etapie prac niezbędne będzie określenie udziału tzw. migracji wahadłowej (codzienne dojazdy do miasta z okolicznych gmin), ponieważ władze miasta będą miały mniejszy wpływ na posiadaczy samochodów z tychże gmin, ale jednocześnie może wyjść z inicjatywą znalezienia wspólnego rozwiązania dla ich potrzeb komunikacyjnych.

3.6.1. Car-sharing

System funkcjonujący już w ponad 600 miastach na świecie. Polega na udostępnianiu samochodu do użytku w określonym czasie, np. na godziny. Dzięki tej koncepcji możliwa jest znaczna redukcja liczby samochodów wykorzystywanych w mieście. Koncepcja car-sharingu skierowana jest do kierowców pokonujących rocznie poniżej 10 tys. km – dla tego dystansu posiadanie samochodu prywatnego jest mniej opłacalne. Szczegółowa analiza sytuacji car-sharingu w krajach takich jak Norwegia czy Niemcy, znajduje się w Raporcie *Car sharing* w BŻEP [9].

Tab. 10. Struktura tranzytu do komunikacji „wewnętrznej” miasta (SEAP 2008)

ZUŻYCIE PALIWA - POJAZDY ZAREJESTROWANE W MIEŚCIE						
Paliwo	Osobowe	Ciężarowe	Autobusy	Ciągniki siodłowe	Motocykle i motorowery	SUMA
Benzyna	549 tys.	87,3 tys.	500	62	10,8 tys.	648 tys.
ON	164 tys.	231,4 tys.	60 tys.	12,7 tys.	0	468 tys.
LPG	63,7 tys.	17 tys.	0	20	0	80,8 tys.
RAZEM	777 tys.	335,8 tys.	60,5 tys.	12,8 tys.	10,8 tys.	1 197 tys.
ZUŻYCIE PALIWA – TRANZYT						
Benzyna	73,7 tys.	8,8 tys.	0	0	3 tys.	85,6 tys.
ON	16,6 tys.	19,4 tys.	3,5 tys.	7 tys.	0	46,4 tys.
LPG	16,8 tys.	2,4 tys.	0	0	0	19,3 tys.
RAZEM	107,2 tys.	30,6 tys.	3,4	7 tys.	3 tys.	151,2 tys.
PROCENTOWY UDZIAŁ TRANZYTU						
	12,12%	8,35%	5,39%	35,28%	22,06%	11,22%

3.6.2. Program Modernizacji Transportu Indywidualnego

Celem oszacowania przebiegu procesu konwersji transportu konwencjonalnego na elektryczny, wykonano proste modelowanie (założono wykładniczy przyrost i spadek analizowanych wielkości). Poniżej przedstawiono opis założeń i wyników modelu. (W modelu założono kontynuację wzrostowego trendu liczby samochodów w mieście do 2017 r. Wówczas sytuacja na rynku transportu indywidualnego ustabilizuje się, aby od 2020 r. nastąpiło odwrócenie trendu i systematyczny spadek liczby samochodów. Zjawisko to związane jest z malejącą populacją miasta oraz z upowszechnieniem innych form komunikacji: transportu publicznego, car-sharingu i rowerów (zakłada się znaczne rozbudowanie infrastruktury rowerowej do roku 2050).

Kamienie milowe w modelu:

2025 – apogeum zakupu samochodów spalinowych,

2030 – samochody elektryczne stanowiąc będą zaledwie 0,75% udziału w transporcie indywidualnym miasta,

2032 – na ulice Bielska-Białej wyjedzie tysięczny samochód elektryczny,

2040 – rozpocznie się wymiana nowych samochodów spalinowych na elektryczne,

2044 – całkowita rezygnacja z zakupu samochodów spalinowych,

2048 – osiągnięcie parytetu samochodów elektrycznych i spalinowych.

Tab. 11. Modelowanie zmian w transporcie indywidualnym w horyzoncie 2050

SAMOCHODY - ZUŻYCIE ENERGII [kWh/100 km]	
Stary samochód	83.8 (9.5 l/100 km [Pb])
Nowy samochód	70.64 (8 l/100 km [Pb])
Samochód elektryczny	20
DANE (2013)	
Liczba ludności (tys.)	174.4
Liczba zarejestrowanych samochodów (tys.)	105.7
Liczba nowo zarejestrowanych samochodów	2 600
Liczba samochodów na 1000 mieszk.	606.65
Liczba samochodów elektrycznych	26
ZAŁOŻENIA DO MODELU	
Roczny spadek populacji	-0.5%
Roczny wzrost tempa wymiany samochodów	0.40%
Wymiana w 2014	2.50%
Nowe elektryczne 2014	4
Roczny wzrost tempa zakupu EV	25.00%
Roczny wzrost liczby samochodów	0.50%
Koniec wzrostu	2017
Roczna redukcja liczby samochodów (rowery, transport publiczny, car-sharing...)	0.50%
Początek redukcji	2020
WYNIKI MODELOWANIA – 2050	
Populacja (tys.)	144.85 (spadek o 16.9%)
Spadek liczby samochodów o	13.1%
Liczba samochodów na 1000 mieszk.	637.77
Liczba samochodów spalinowych	30 700 (33.28%)
Liczba samochodów elektrycznych (EV)	61 650 (66.72%)
Finalna redukcja zużycia energii o	61.72%
Finalna redukcja zużycia paliw o	75.55%
Finalny udział EV w zużyciu energii w transporcie	36.21%

Tab. 12. Wyniki modelowania transportu indywidualnego dla wybranych lat

Rok	2013 (dane)	2014	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Populacja (tys.)	174.4	173.5	172.6	168.4	164.2	160.1	156.2	152.3	148.5	144.9
Liczba samochodów	105781	106310	106841	107373	104715	102124	99596	97131	94727	92382
Liczba samochodów na tys. mieszk.	606.65	612.74	618.90	637.77	637.77	637.77	637.77	637.77	637.77	637.77
Liczba nowych samochodów spalinowych	-	2654	5317	18769	32387	45962	58841	69017	70359	30768
Liczba samochodów elektrycznych	26	30	35	86	243	721	2178	6627	20205	60221
Procentowe zużycie energii (względem 2014)	-	100.00%	100.10%	98.56%	93.90%	89.09%	83.73%	76.69%	64.45%	38.34%
Procentowe zużycie paliw względem 2014)	-	100.00%	100.10%	98.55%	93.86%	88.94%	83.25%	75.20%	59.91%	24.47%

3.7. Pogram rewitalizacji zasobów mieszkaniowych w mieście do standardu inteligentnych zasobów zero-energetycznych

3.7.1. Oszacowanie stanu obecnego

Na podstawie danych dot. zasobów Spółdzielni Mieszkaniowej „Strzecha” (za rok 2006) oszacowano potrzeby ciepłe miasta (sumaryczną powierzchnię mieszkań podzielono przez roczne zużycie energii¹⁶).

Tab. 13. Energochłonność mieszkań SM „Strzecha”

Rok	Powierzchnia [m ²]	Liczba budynków	Zużycie ciepła [GJ]	Wskaźniki energetyczne		
				Energochłonność [GJ/(m ² ·rok)]	Przelicznik [kWh/GJ]	Energochłonność [kWh/(m ² ·rok)]
2006	295920	138	201871	0,682	277,78	189

SM „Strzecha” jest jedną z 6-ciu największych spółdzielni w Bielsku-Białej i stanowi dobre odniesienie do sytuacji mieszkalnictwa w mieście. Jednakże ze względu na szeroko zakrojony program termomodernizacji w mieście i wynikające stąd zmiany energochłonności (de facto na przestrzeni 8-miu lat), do dalszych obliczeń przyjęto jej wartość na poziomie 170 kWh/(m²·rok). Wartość ta zostanie także wykorzystana dla domów jednorodzinnych, ponieważ:

1. stosunek kubatury do powierzchni ścian dla domów jest mniej korzystny niż dla mieszkań, lecz
2. w domach jednorodzinnych zazwyczaj utrzymywana jest niższa temperatura niż w mieszkaniach.

Jednym z kluczowych kroków na drodze do obniżenia energochłonności mieszkalnictwa będzie opracowanie i realizacja koncepcji rewitalizacji bloków mieszkalnych do standardu bliskiego budynkowi pasywnemu. Zakłada się, że znaczny wpływ na wzrost tempa rozwoju budownictwa pasywnego oraz termomodernizacji budynków do tego standardu będzie mieć rozwój rynku świadectw charakterystyki energetycznej budynków.

¹⁶ Na podstawie oszacowań Biura Zarządzania Energią UM BB.

Wówczas bowiem o wartości danego obiektu decydować będzie także jego energochłonność, podobnie jak ma to miejsce obecnie na rynku sprzętu AGD oraz motoryzacyjnym. Ekonomia takiego rozwiązania skutecznie broni się na rynku nieruchomości w Europie Zachodniej – niejednokrotnie koszt modernizacji/zbudowania budynku pasywnego wynoszący 10% kosztów jego budowy podnosi wartość obiektu o 20%. Jakkolwiek w Bielsku-Białej powstaje obecnie kilka budynków pasywnych, jednakże przeznaczone są one głównie jako demonstracja funkcjonującego już obiektu dla przyszłych klientów firm budowlanych.

Tab. 14. Oszacowanie potencjału termomodernizacyjnego zasobów mieszkaniowych miasta

	Domy	Mieszkania
Średnia powierzchnia [m ²]	120	68
Liczba obiektów	13 000	55 000
Średnia powierzchnia lokali	77,9	
Sumaryczna powierzchnia [m ²]	1 560 000	3 740 000
Energochłonność [kWh/(m ² -rok)]	170	170
Całkowita energochłonność [kWh/rok]	265 200 000	635 800 000
RAZEM [kWh/rok]	901 000 000	
POTENCJAŁ BILANSOWY - standard budynku pasywnego		
Energochłonność [kWh/(m ² -rok)]	24	24
Całkowita energochłonność [j.w.]	37 440 000	89 760 000
RAZEM [kWh/rok]	127 200 000	
Procentowa redukcja zużycia energii	85,88%	
POTENCJAŁ TECHNICZNY - osiągalny dostępnymi obecnie środkami		
Energochłonność [kWh/(m ² -rok)]	90	90
Całkowita energochłonność [j.w.]	140 400 000	336 600 000
RAZEM [kWh/rok]	477 000 000	
Procentowa redukcja zużycia energii	47,06%	

Komentarz. Oszacowania przedstawione w tab. 14, dotyczące potencjału technicznego (osiągalnego za pomocą dostępnych obecnie środków) są zbliżone do wartości zapotrzebowania na ciepło w sektorze “Budynki mieszkalne” w bilansie energii końcowej (wg SEAP 2008 [10]).

3.7.2. Modelowanie zmian mieszkalnictwa w okresie 2013-2050

Konstrukcja modelu oparta jest na tej samej zasadzie co Program Modernizacji Transportu Indywidualnego. W poniższej analizie przyjęto, że termin “termomodernizacja” oznacza głęboką termomodernizację do standardu budynku pasywnego.

Komentarz. W powyższym modelu, celem uproszczenia, pominięto proces głębokiej termomodernizacji obiektów mieszkalnych wybudowanych po roku 2013, który niewątpliwie będzie przebiegał. Założono jednakże, że ich liczba odpowiadać będzie mniej więcej liczbie budynków powstałych przed rokiem 2013, które jednakże nie zostały poddane termomodernizacji. Warto zwrócić także uwagę na fakt, że przy obecnym trendzie populacji w 2050 r. na jedno mieszkanie przypadać będzie mniej niż 2 osoby. Wreszcie, model nie uwzględnia salda migracji, zwłaszcza cudzoziemców.

Tab. 15. Modelowanie zmian mieszkalnictwa w horyzoncie 2050

ZUŻYCIE ENERGII [kWh/(m ² ·rok)] - PRZYJĘTE WARTOŚCI	
Obiekt mieszkalny "klasyczny"	170
Obiekt mieszkalny pasywny	24
DANE (2013)	
Liczba ludności (tys.)	174.37
Obiekty mieszkalne – sumarycznie	69 061
Liczba obiektów na 1000 mieszk.	396.06
Średnia powierzchnia obiektu mieszkalnego [m ²] ¹⁷	78
ZAŁOŻENIA DO MODELU	
Roczny spadek populacji	-0.5%
Roczny wzrost liczby obiektów mieszkalnych	0.40%
Nowe obiekty pasywne 2014	10.00%
Roczny wzrost liczby obiektów pasywnych	8.50%
Termomodernizacja 2014	1.00%
Roczny wzrost tempa termomodernizacji	5.00%
WYNIKI MODELOWANIA – 2050	
Populacja (tys.)	144.85 (spadek o 16.9%)
Liczba obiektów mieszkalnych	80 053 (przyrost o 16%)
Liczba obiektów na 1000 mieszk.	552.66
Stopień redukcji zużycia energii w mieszkalnictwie	76.43%
Średnie zużycie energii w mieszkalnictwie [kWh/(m ² ·rok)]	34.35
Obiekty pasywne + po termomodernizacji	74698 (93.3%)
Obiekty nowe (po 2013) przed termomodernizacją	5355 (6.7%)
Stopień termomodernizacji obiektów sprzed 2013	100%

Wyniki przedstawione w tab. 16 pozwalają stwierdzić, że kamieniami milowymi w modelu są następujące lata (przełomy lat):

2030 – mieszkalnictwo pasywne będzie stanowiło 25% całości, a także 1/3 wśród nowobudowanych,
 2034/2035 – nastąpi zrównanie liczby nowo budowanych obiektów: pasywnych i "klasycznych",
 2038/2039 termomodernizacja istniejących zasobów mieszkaniowych osiągnie swój półmetek,
 2043 zbudowane zostaną ostatnie obiekty "klasyczne". Odtąd powstawać już będą tylko pasywne.

¹⁷ Celem uproszczenia przyjęto niezmienną proporcję między domami jednorodzinnymi i mieszkaniami, wynoszącą 13/55.

Tab. 16. Wyniki modelowania mieszkalnictwa

Parametr	2013 (dane)	2014	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Populacja (tys.)	174.4	173.5	172.6	168.4	164.2	160.1	156.2	152.3	148.5	144.9
Obiekty/1000 os.	396.1	399.6	403.3	421.8	441.3	461.6	482.8	505.1	528.3	552.7
Liczba obiektów	69061	69337	69615	71018	72450	73910	75401	76921	78471	80053
Nowe pasywne	-	28	58	250	540	976	1631	2616	4055	5637
Nowe "klasyczne"	-	249	496	1707	2849	3874	4709	5244	5355	5355
Po termomodernizacji (do standardu bud. pasywnych)	-	691	1416	5623	10993	17846	26592	37755	52002	69061
Obiekty - energia zużyta [GWh/rok]	-	914.2	909.3	877.8	832.4	768.8	681.6	563.5	405.5	214.3

3.8. Mix energetyczny miasta

W dalszej części dokumentu rezygnuje się z analizy potrzeb energetycznych miasta w oparciu o sumaryczne zestawienia roczne. Z uwagi na zależność potrzeb cieplnych oraz produkcji energii z OZE od pory roku, kolejne oszacowania dotyczyć będą sezonowych (rocznych) profili produkcji i zużycia energii, co w perspektywie pozwoli na trafniejsze zbilansowanie jej popytu z podażą.

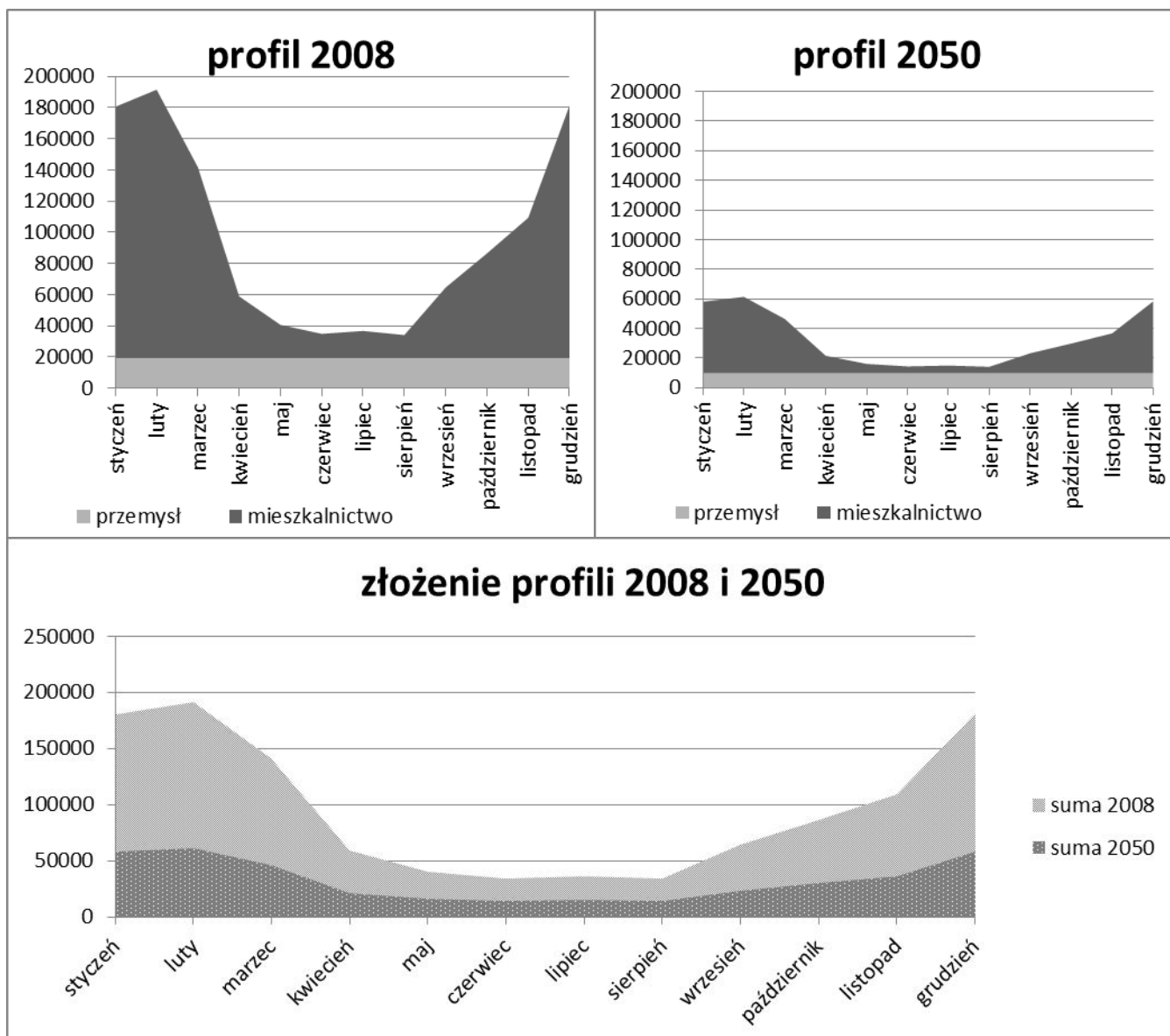
3.8.1. Przybliżone profile sezonowe ciepła¹⁸

W obliczeniach dokonano następujących założeń.

1. Przyjęto, że zapotrzebowanie przemysłu na ciepło nie ulega zmianom w ciągu roku.
2. Przyjęto udział ciepła na potrzeby ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) na poziomie 30%¹⁹.
3. Założono orientacyjną redukcję zapotrzebowania na ciepło do roku 2050 na poziomie: 70% w mieszkalnictwie, 50% w przemyśle; pozostałe sektory, ze względu na niewielki udział, pominięto.

¹⁸ W oparciu o SEAP [\[10\]](#) oraz dane pozyskane z Biura Zarządzania Energią UM BB. Zagadnienie zostanie uściślone po uzyskaniu szczegółowych danych z przedsiębiorstwa ciepłowniczego i energetycznego.

¹⁹ Dotyczy tylko sektora mieszkalnictwa.



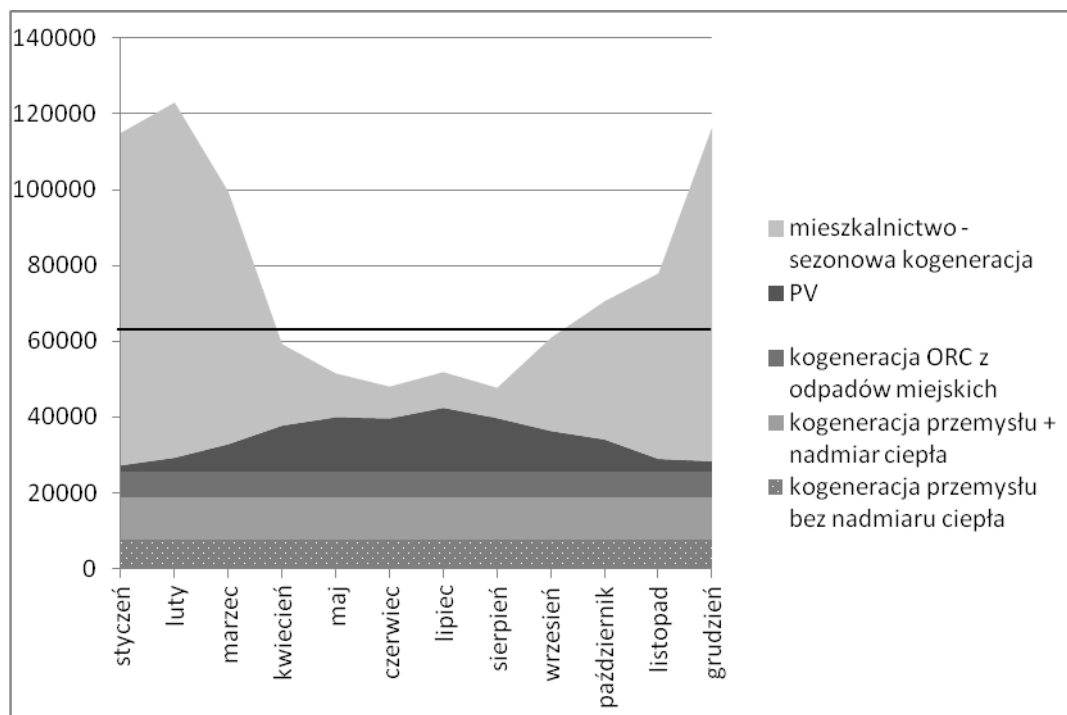
Rys. 3. Roczne profile zapotrzebowania ciepłego miasta w latach 2008 i 2050 oraz ich wzajemne porównanie

Komentarz: wykresy ilustrują olbrzymi potencjał wzrostu efektywności energetycznej w sektorze budynków mieszkalnych. Dlatego też eksperci z European Renewable Energy Council nazwali ten sektor „śpiącym gigantem”.

3.8.2. Profil sezonowy produkcji energii elektrycznej

Do opracowania profilu wykorzystano:

1. Oszacowanie produkcji energii elektrycznej z PV w mieście.
2. Orientacyjny profil zapotrzebowania na ciepło w mieście (założenie: całość potrzeb ciepłych pokrywana jest z kogeneracji o sprawności: 35% energii elektrycznej, 45% ciepła).



Rys. 4. Produkcja energii elektrycznej z poszczególnych źródeł (czarna linia: średnioroczny pobór energii elektrycznej)

Dwa najniższe obszary na wykresie ilustrują autogenerację energii elektrycznej przez przemysł: pierwszy z wykorzystaniem produkowanego ciepła na potrzeby własne, drugi natomiast przy założeniu sprzedaży nadmiarowego ciepła np. sektorowi budynków mieszkalnych.

Obszar opisany jako „kogeneracja ORC z odpadów miejskich” odpowiada potencjałowi produkcji energii elektrycznej w spalarni śmieci, przy wykorzystaniu obiegu Rankine’a z czynnikiem niskowrzącym²⁰.

Z uwagi na fakt, że sezonowe zróżnicowanie poboru energii elektrycznej w mieście jest niewielkie, dla uproszczenia przyjęto jego stałą wartość – ilustruje ją czarna linia na wykresie.

Otrzymane wyniki pozwalają dostrzec dwa główne dylematy:

1. Deficyt energii elektrycznej w okresie letnim – konieczność importu energii elektrycznej lub paliw do jej pozyskania (deficyt ten znika przy założeniu wzrostu sprawności PV do minimum 30%).
2. Nadprodukcja energii elektrycznej w okresie grzewczym (z uwagi na priorytet ciepła) - rozwiązaniem jest zbilansowanie nadmiaru energii elektrycznej poprzez wykorzystanie pomp ciepła w części budynków mieszkalnych (opcjonalnie magazynowanie energii elektrycznej na potrzeby okresu letniego).

3.8.3. Dobowy profil poboru mocy elektrycznej

Dobowy profil poboru mocy elektrycznej. Wyznaczenie dobowego profilu zapotrzebowania miasta na moc/energię elektryczną pozwoli na odpowiedni dobór narzędzi celem „wygładzenia” tego profilu: likwidacji szczytów i dolin²¹.

3.8.4. Profil sezonowy zapotrzebowania na paliwa

Na podstawie powyższych analiz antycypuje się powstanie wahań sezonowych w zapotrzebowaniu na paliwa ciekłe i gazowe (zróżnicowanie między szczytem a doliną na poziomie ok. 4-krotnym)²².

²⁰ Organic Rankine Cycle (ORC) – obieg termodynamiczny wykorzystywany w elektrowniach węglowych, w którym wodę zastępuje się organicznym czynnikiem niskowrzącym (ze względu na znacznie niższą od węgla energetyczność odpadów miejskich).

²¹ Prace nad dobowym profilem zapotrzebowania na moc elektryczną zostaną podjęte po pozyskaniu danych z Głównych Punktów Zasilających w mieście.

²² Na kolejnym etapie opracowania Raportu planowane jest oszacowanie zmian netto w zapotrzebowaniu na paliwa w ujęciu rocznym.

REFERENCYJNE MIASTO 100-500 TYS. MIESZKAŃCÓW

1. Uogólnienie – strategia energetyczna

1.1. Transfer paliw

Z uwagi na zachodzące równoległe procesy:

I. Przekształcania transportu w elektryczny,
II. Konwersji źródeł ciepła na agregaty kogeneracyjne
nastąpi transfer paliw płynnych (transport) i gazowych (ciepło) do segmentu kogeneracji. Tym samym energia zawarta w tych paliwach zostanie efektywniej wykorzystana, a bilans energetyczny miasta - zbilansowany. Szczególną rolę odegra w tym procesie technologia mikroagregatów, zdolnych do pokrycia potrzeb indywidualnych gospodarstw domowych, wspólnot mieszkaniowych lub zakładów przemysłowych.

1.2. Zróżnicowanie zapotrzebowania na paliwa płynne i gazowe

Ze względu na wspomniane transfery przewiduje się wystąpienie (paliwa ciekłe) i zwiększenie (paliwa gazowe) zróżnicowania sezonowego zapotrzebowania na w/w surowce. Zjawisko to wynika z faktu: 1) sezonowości potrzeb cieplnych, 2) sezonowości wykorzystania technologii OZE opartych o uzysk energii ze słońca (pośrednio także biomasy).

1.3. Zrównoważenie dobowego profilu zapotrzebowania na energię elektryczną

Poprzez zastosowanie proponowanych rozwiązań przewiduje się, że nastąpi “wygładzenie” dobowego profilu zapotrzebowania miasta na moc elektryczną: likwidacja doliny i szczytów. Cel ten osiągnięty zostanie poprzez rozwiązania takie jak: modernizacja oświetlenia, DSM/DSR, Układy Zasilania Gwarantowanego, magazynowanie energii itp. Przewiduje się również możliwość wykorzystania samochodów elektrycznych jako bufora dobowych fluktuacji poboru mocy elektrycznej.

W tym miejscu należy wspomnieć także o niebezpieczeństwie związanym ze wzrostem poboru energii elektrycznej w okresie letnim do celów chłodniczych. Potencjalnym rozwiązaniem dla tej tendencji mogą okazać się technologie takie jak: trigeneracja²³, chłodziarki absorpcyjne, pompy ciepła (pracujące w trybie odwróconym).

1.4. Transport

Polityka miast powinna być zorientowana na stopniową zmianę charakteru transportu w ich obrębie: z indywidualnego na zbiorowy. Jest to działanie spójne z unijną polityką transportową, zawartą w tzw. Białej Księdze (omówiono szerzej w dalszej części Raportu).

1.5. Referencyjny mix energetyczny

Z perspektywy wykorzystania w Mieście Referencyjnym technologii pozyskiwania i przekształcania energii zasadne jest podzielenie roku na dwa sezony: letni - z przewagą OZE, oraz zimowy - bazujący na kogeneracji. Przyporządkowanie technologii ilustrują tabele: Ze względu na wyraźną trudność w samodzielnym pokryciu potrzeb energetycznych, Miasto 100-500 tys. mieszkańców może osiągnąć status Autonomicznego Regionu Energetycznego (ARE) niemal wyłącznie we współpracy z gminami wiejskimi i wiejsko-miejskimi (por. [\[12\]](#)), których bilans produkcji do zużycia energii jest dodatni (ze względu na rolnictwo energetyczne). Niezależnie od formy importowanej energii (elektryczność, biogaz, biomasa), gmina miejska pozostanie w energetycznej zależności (noszącej jednakże znamiona symbiozy) z okolicznymi gminami wiejskimi.

²³ Równoczesna produkcja energii elektrycznej, ciepła i chłodu.

Tab. 17. i 18. Potencjalne technologie miksu energetycznego 2050

ENERGIA ELEKTRYCZNA	Sezon letni	Sezon zimowy
Technologie sezonowe	OZE: PV, wykorzystanie biomasy	kogeneracja
Technologie całoroczne	wiatr, elektrownie wodne, odpady komunalne	

CIEPŁO/CHŁÓD	Sezon letni	Sezon zimowy
Technologie sezonowe	pompy ciepła (także chłód), kolektory słoneczne, wykorzystanie biomasy	sezonowa kogeneracja budynkowa
Technologie całoroczne	kogeneracja i ciepło odpadowe w przemyśle, odpady komunalne	

2. Raport a unijne horyzonty energetyczne: 2030 i 2050

Niniejszy Raport opracowano w odniesieniu do horyzontów energetycznych Unii Europejskiej po roku 2020. Obecna wersja dokumentu stanowi próbę osadzenia i oszacowania możliwości realizacji celów UE w Referencyjnym Mieście 100-500 tys. mieszkańców. Na dalszym etapie prac działania rozwiązania proponowane w Raporcie będą dopasowywane do horyzontów 2030 i 2050 z uwzględnieniem elementów „studium wykonalności”.

Bielsko-Biała jest miastem o ambitnych celach dot. redukcji emisji gazów cieplarnianych. Świadczy o tym m.in. podpisanie w 2009 Porozumienia Burmistrzów. Miasto zobowiązało się wówczas do rygorystycznego wypełnienia wszystkich trzech celów Pakietu klimatyczno-energetycznego 3x20 (dla Polski zredukowany został wymóg udziału energii ze źródeł odnawialnych – do poziomu 15%) do roku 2020. Nie jest zatem bezpodstawne założenie, że polityka miasta dot. efektywności energetycznej i redukcji emisji będzie dążyć do sprostania ambitnym celom Unii Europejskiej.

2.1. Unijne cele 2030 [\[6\]](#)

Są to następujące cele.

1. Redukcja emisji gazów cieplarnianych o 40%.
2. Zwiększenie udziału OZE do minimum 27%.
3. Redukcja energochłonności o 27%.

W aspekcie udziału OZE w miksie energetycznym miasta, znaczącą rolę w produkcji energii, zwłaszcza ciepła, odgrywa zakład termicznej utylizacji odpadów komunalnych (jest to nawet 15-20%). Ponadto udział mikroinstalacji prosumenckich będzie wzrastał ze względu na dwa procesy: instalowanie nowych źródeł energii oraz modernizację budownictwa do standardu pasywnego (spadek zapotrzebowania na energię przy równoczesnym wzroście jej produkcji).

Tab. 19. Oszacowanie redukcji emisji CO₂ do roku 2030 (przyjęto ostrożną redukcję w przemyśle i sektorze usług – 15%)

Sektor	Emisja 1990 [Mg CO ₂]	Emisja 2008 [Mg CO ₂]	Redukcja 2030 względem 2008	Emisja 2030 [Mg CO ₂]	Redukcja 2030 względem 1990
Urząd Miasta – budynki, wyposażenie/urządzenia	44500	17500	20%	14000	68,54%
Usługi – budynki, wyposażenie/stacjonarne	161600	177000	20%	141600	12,38%
Budynki mieszkalne	548100	398200	22%	310600	43,33%
Oświetlenie miejskie	8300	9300	15%	7900	4,82%
Przemysł	574100	583200	15%	495700	13,66%
Transport	207600	342700	11%	305000	-46,92%
Pozostałe źródła emisji	59800	2000	0%	2000	96,66%
RAZEM	1604000	1529900	16,54%	1276800	20,40%

W powyższych oszacowaniach przyjęto następujące założenia dot. redukcji emisji:

1. Transport i mieszkalnictwo – według wyników modelowania tych sektorów.
2. Urząd miasta – wypełnienie unijnych zobowiązań 2030.
3. Przemysł – 25% (półmetek względem potencjału redukcji o 50%).
4. Usługi – założona redukcja o 20%.
5. Oświetlenie – założona redukcja o 15%.

Komentarz. Uzyskane wyniki, w oparciu o powyższe założenia, są wysoce niezadawalające. Redukcja o 20% zaplanowana jest bowiem do roku 2020. Największy wpływ na emisję w roku 2030 będzie mieć przemysł (38%), a następnie mieszkalnictwo i transport (po 24%). Pełną ocenę sytuacji umożliwia dopiero uwzględnienie technologii produkcji energii elektrycznej i ciepła - wykorzystanie OZE i kogeneracji stanowi dalszy potencjał zmniejszenia emisji CO₂ nawet o połowę.

2.2. Unijna Energetyczna Mapa Drogowa 2050 [26]

Najważniejsze postulaty Mapy Drogowej są następujące.

1. Redukcja emisji gazów cieplarnianych o 80-90%.
2. Zmniejszenie wykorzystania paliw kopalnych w energetyce o 95-100%
3. Zróżnicowanie technologii pozyskiwania energii (aspekty: ekonomiczne, ekologiczne, bezpieczeństwa).

W Raporcie nie opracowano dotychczas wpływu zaproponowanych działań na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych (GHG). Przyjęto natomiast priorytet samowystarczalności i bezpieczeństwa energetycznego, zakładając, że redukcja emisji GHG będzie w tym procesie zjawiskiem towarzyszącym, jako skutek rezygnacji z wykorzystania paliw kopalnych.

Kluczem do pośredniej samowystarczalności energetycznej Miasta Referencyjnego jest, wspomniana wcześniej, integracja z innymi regionami, charakteryzującymi się dodatnim bilansem energetycznym netto. Niezależnie od formy importowanej energii (elektryczność, paliwa ciekłe, paliwa gazowe, biomasa) Miasto powinno położyć nacisk na zdywersyfikowanie i rozproszenie pozyskania energii końcowej, dążąc do tego, aby procesy jej wytwarzania, przekształcania i wykorzystywania odbywały się “na miejscu”.

Tabela 20 zawiera oszacowanie potencjału redukcji emisji CO₂ po stronie zużycia energii. Dalsze zmniejszenie możliwe jest poprzez wykorzystanie niskoemisyjnych technologii produkcji energii.

Założenia dot. miksu energetycznego 2050 (strona produkcji):

1. Kogeneracja z odpadów miejskich (zgodnie z wcześniejszymi oszacowaniami): 416 667 MWh_{ch}/rok; współczynnik emisyjności: 0,333.

2. Na podstawie profilu energii elektrycznej oszacowano zużycie paliw ciekłych i gazowych na poziomie 2 084 400 MWh_{ch}/rok (przyjęto uśrednioną sprawność produkcji energii elektrycznej i ciepła w kogeneracji: odpowiednio 35% i 45%),
3. Przyjęto, że 50% udziału paliw w kogeneracji będą stanowiły biopaliwa (biogaz, biodiesel, bioetanol) – współczynnik emisyjności: 0,
4. Współczynniki emisyjności paliw: ciężki olej opałowy – 0,279; ON – 0,267; benzyna – 0,249; LNG – 0,231; gaz ziemny – 0,202. Ze względu na przewidywany znaczny udział gazu przyjęto współczynnik 0,22²⁴.

Zatem emisja GHG wyniesie rocznie:

$$2084\ 400\ \text{MWh (kogeneracja)} \cdot 0,5 \text{ (pominięcie wykorzystania biopaliw)} \cdot 0,220 = 229\ 300\ \text{MgCO}_2 \\ + 416\ 600\ \text{MWh (odpady miejskie)} \cdot 0,333 = 138\ 700\ \text{MgCO}_2$$

RAZEM: 368 000 MgCO₂

Zgodnie z powyższymi oszacowaniami istnieje bilansowy potencjał redukcji emisji GHG o 77%. Jest to wartość niemal spełniająca minimalny cel UE, określony na poziomie 80%. Wobec powyższego zasadnym jest uznanie, że w perspektywie 2050 osiągalne jest wypełnienie postanowienia Unijnej Energetycznej Mapy Drogowej 2050.

Należy w tym miejscu zaznaczyć, że import paliw ciekłych i gazowych na potrzeby miasta (bez podziału na kopalne i odnawialne) w skali roku pozostanie na poziomie obecnego (2008). Równocześnie nastąpi redukcja zużycia paliw kopalnych o 80,75% (rozpatrywana bezpośrednio i pośrednio – poprzez np. pobór energii elektrycznej z SEE).

Tab. 20. Oszacowanie redukcji emisji CO₂ do roku 2050 – strona odbioru

Sektor	Emisja 1990 [Mg CO ₂]	Emisja 2008 [Mg CO ₂]	Redukcja 2050 względem 2008	Emisja 2050 [Mg CO ₂]	Redukcja 2050 względem 1990
Urząd Miasta – budynki, wyposażenie/urządzenia	44500	17500	50,0%	8700	80,4%
Usługi – budynki, wyposażenie/stacjonarne	161600	177000	10,0%	159300	1,4%
Budynki mieszkalne	548100	398200	76,7%	92800	83,1%
Oświetlenie miejskie	8300	9300	30,0%	6500	21,7%
Przemysł	574100	583200	50,0%	291600	49,2%
Transport	207600	342700	61,7%	131300	36,8%
Pozostałe źródła emisji	59800	2000	10,0%	1800	97,0%
RAZEM	1604000	1529900	54,8%	692000	56,9%

2.3. Biała Księga [2]

W dokumencie podkreśla się konieczność gruntownej przebudowy transportu miejskiego, który obecnie scharakteryzować można jako: wysokoemisyjny, nieefektywny, hałaśliwy, niebezpieczny (69,% wypadków zdarza się w miastach) i uzależniony od paliw kopalnych (głównie płynnych).

Kluczową propozycją Białej Księgi jest multimodalny, sprawny transport zbiorowy, dostosowany do potrzeb mieszkańców w taki sposób, aby stanowił lepszą alternatywę dla samochodowej komunikacji indywidualnej. Środki transportu powinny być możliwie najbardziej zróżnicowane (autobusy, tramwaje, szynobusy, metro itp.), ale równocześnie zintegrowane, aby świadczyć kompleksowe usługi. Kolejne rozwiązanie to stopniowe

²⁴ przyjęte współczynniki emisyjności na podstawie [25].

zastępowanie pojazdów z silnikami spalinowymi przez inne rozwiązania: hybrydowe, elektryczne, wodorowe, zasilane biopaliwami itp. Ważną rolę odegra także rozbudowana infrastruktura dla pieszych i rowerzystów.

W Białej Księdze położono także nacisk na zmianę logistyki i transportu towarów w mieście. Powinien on minimalizować dostawy indywidualne (jako najmniej efektywne), a równocześnie wprowadzić system zarządzania transportem. Wykorzystanie w pojazdach napędów cichszych niż silnik spalinowy umożliwi przesunięcie części dostaw na godziny nocne, co spowoduje zmniejszenie ruchu w mieście w godzinach szczytu.

Najważniejszym, z punktu widzenia miasta, celem wyszczególnionym w Białej Księdze jest redukcja liczby konwencjonalnych samochodów spalinowych o 50% do roku 2030, a także stworzenie zeroemisyjnego transportu miejskiego do roku 2050.

W aspekcie modelowania tempa wprowadzania samochodów elektrycznych do Miasta Referencyjnego, na przykładzie Bielska-Białej, widoczne jest dążenie do w/w celów unijnych, jednakże wobec przyjętych w modelu założeń cele te okazują się być osiągalne w bardziej odległej perspektywie czasu.

KOLEJNE ZADANIA

Istotą tego rozdziału jest wskazanie potencjalnych kierunków dalszego rozwoju i poszerzenia Raportu. Poszczególne problemy będą stopniowo rozwijane, także w oparciu o inne dokumenty, sukcesywnie opracowywane i umieszczane w BŻEP i Repozytorium iLab EPRO.

1. Profil mocy elektrycznej miasta

Na podstawie pomiarów poboru mocy w Głównych Punktach Zasilających (GPZ) miasta możliwe jest wyznaczenie dobowego profilu poboru mocy elektrycznej.

- 1.1. **Pozyskanie profili z GPZ** (w Bielsku-Białej znajduje się 8 punktów GPZ. Na 6-ciu z nich zainstalowana jest aparatura umożliwiająca wykreślenie profilu na liniach wysokiego napięcia (110 kV); linie średniego napięcia nie są opomiarowane²⁵).
- 1.2. **Złożenie profili GPZ i stworzenie całościowego profilu miasta.**
- 1.3. **Analiza profilu miasta i odniesienie go do profilu KSE.**
- 1.4. **Zaproponowanie rozwiązań prosumenckich, dostosowanych do potrzeb i uwarunkowań miasta.**

2. Doba meteorologiczna

Doba meteorologiczna, jako analogia doby obliczeniowej, będzie stanowić odniesienie, względem którego określana będzie produkcja i zużycie energii (elektrycznej i ciepłej). Zbudowanie zależności między danymi pogodowymi i energetycznymi umożliwi przewidywanie tych ostatnich w oparciu o prognozy pogody.

2.1. Źródła danych meteorologicznych

- <http://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datatools>,
- <http://www.tutiempo.net/en/Climate/BIELSKO-BIALA/12-2012/126000.htm>,
- dane meteorologiczne ze stacji Urzędu Miejskiego w Bielsku-Białej,
- http://new.meteo.pl/um/php/meteorogram_id_um.php?ntype=0u&id=714.

- 2.2. **Modelowanie produkcji energii elektrycznej ze źródeł PV w oparciu o dane meteorologiczne takie jak nasłonecznienie, korekta zachmurzenia i temperatury** (złożenie danych meteorologicznych (ze wskazanych źródeł) z danymi dot. produkcji energii elektrycznej z systemu PV „Szkoła ZEROemisyjna”).
- 2.3. **Modelowanie produkcji energii elektrycznej z wiatru w oparciu o dane meteorologiczne** (takie jak: nasłonecznienie, korekta zachmurzenia i temperatury).
- 2.4. **Modelowanie produkcji ciepła ze słońca w oparciu o dane meteorologiczne** (konieczne jest uzyskanie dostępu do funkcjonującej i opomiarowanej instalacji kolektorów słonecznych w Bielsku-Białej. W oparciu o te dane możliwe jest stworzenie połączenia pogodowo-energetycznego).
- 2.5. **Modelowanie potrzeb ciepłych miasta w oparciu o dane meteorologiczne takie jak temperatura, korekta wiatrowa** (wykorzystanie danych z przedsiębiorstwa ciepłowniczego PK „Therma”, dostępnych,

²⁵ Obecnie firma Tauron Dystrybucja podejmuje działania na rzecz wyposażenia punktów GPZ w odpowiednią infrastrukturę pomiarową.

oraz danych meteorologicznych do zbudowania zależności pomiędzy temperaturą, i wiatrem²⁶, a potrzebami cieplnymi odbiorców).

2.6. Przewidywanie produkcji i zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepło w oparciu o prognozy meteorologiczne - scalenie modeli pogodowo-energetycznych w jeden (wykorzystanie prognoz do przewidywania produkcji i potrzeb energetycznych – weryfikacja na modelach rzeczywistych).

2.7. Opracowanie koncepcji doby meteorologicznej.

3. Kogeneracja gazowa (należy zapewnić, aby agregaty kogeneracyjne na gaz ziemny nabyte obecnie mogły w przyszłości być przystosowane do zasilania biogazem).

4. Transport – rozwiązania prosumenckie

4.1. Car-sharing

Oszacowanie wpływu car-sharingu na sytuację transportu w mieście (liczba użytkowników, potencjalna redukcja liczby samochodów itp.).

4.2. Infrastruktura rowerów elektrycznych

Oszacowanie wpływu komunikacji rowerowej na sytuację transportu w mieście (liczba użytkowników, potencjalna redukcja liczby samochodów itp.).

5. Mix energetyczny miasta w horyzontach 2020, 2030 i 2050

5.1. Określenie udziału poszczególnych technologii w produkcji energii.

5.2. Oszacowanie redukcji emisji GHG, udziału OZE oraz redukcji energochłonności.

5.3. Dopasowanie tempa wdrażania technologii prosumenckich do celów UE.

6. Integracja obszarów miejskich i wiejskich (na poziomie badawczym wykorzystanie synergii Raportów z Działów 2.2.04 i 2.2.09 BŻEP).

²⁶ Postępująca w mieście termomodernizacja powodować będzie stopniowe zmniejszanie wpływu temperatury zewnętrznej (utrata ciepła przez przegrody) i wzrost wpływu wiatru (wentylacja) na potrzeby cieplne odbiorców.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Bezpieczeństwo elektroenergetyczne w społeczeństwie postprzemysłowym na przykładzie Polski*, pod red. Jana Popczyka, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2009.
- [2] [BIAŁA KSIEGA. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu](#). Komisja Europejska, 28 Marzec 2011.
- [3] [Burczyk H. Biomasa z roślin jednorocznych dla energetyki zawodowej. \("Czysta Energia" - nr 2/2012\), 2012.](#)
- [4] *Copenhagen 2025 climate plan*, dostęp: http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/983_jkP0ekKMyD.pdf
- [5] *Ćwik Ł. Transport publiczny w realizacji postulatów logistyki miasta na przykładzie Miejskiego Zakładu Komunikacyjnego w Bielsku-Białej*, Katowice 2009.
- [6] *EU 2030 framework for climate and energy policies*, dostęp: http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/index_en.htm
- [7] informacja o inicjatywie Monachium na stronie City Climate Leadership Awards, dostęp: <http://cityclimateleadershipawards.com/munich-100-green-power/>
- [8] [Kubik M. Modernizacja oświetlenia ulicznego na przykładzie gminy Kuźnia Raciborska. Zastosowanie oświetlenia LED oraz analiza ekonomiczna inwestycji.](#), Gliwice, 2014, Repozytorium iLab EPRO (praktyki studenckie).
- [9] Larisch R. *Car-sharing*, Gliwice, 2014, [BŻEP \(Nr katalogowy 1.3.14\), www.klaster3x20.pl \(podstrona CEP\).](#)
- [10] [Plan działań na rzecz zrównoważonej energii dla miasta Bielska-Białej](#), Atmoterm S.A., Bielsko-Biała, 2009.
- [11] [Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego miasta Bielska-Białej na lata 2014 - 2023](#), 27 Sierpień 2013.
- [12] [Popczyk J. Bilans energetyczny \(reprezentatywny\) gminy wiejskiej](#), BŻEP (Nr katalogowy 2.2.08), www.klaster3x20.pl (podstrona CEP).
- [13] [Popczyk J. Boki referencyjne wielkoskalowe do analizy ekonomicznej inwestycji w energetyce prosumenckiej](#), BŻEP (Nr katalogowy 1.1.03), www.klaster3x20.pl (podstrona CEP) .
- [14] [Popczyk J. Doktryna energetyczna](#), BŻEP (Nr katalogowy 1.1.06), www.klaster3x20.pl (podstrona CEP).
- [15] [Popczyk J. Energetyka prosumencka. Od sojuszu polityczno-korporacyjnego do energetyki prosumenckiej w prosumenckim społeczeństwie](#). BŻEP (Nr katalogowy 1.1.06), www.klaster3x20.pl (podstrona CEP).
- [16] [Popczyk J. Energetyka rozproszona. Od dominacji energetyki w gospodarce do zrównoważonego rozwoju, od paliw kopalnych do energii odnawialnej i efektywności energetycznej](#), Polski Klub Ekologiczny Okręg Mazowiecki, Warszawa, 2011.
- [17] [Popczyk J. Referencyjny bilans zasobów na polskim rynku energii elektrycznej. Model interakcji EP i WEK \(w kontekście zarządzania i sterowania\) w ramach II trajektorii rozwoju](#), BŻEP (Nr katalogowy 2.2.01), www.klaster3x20.pl (podstrona CEP), Nr katalogowy 2.2.01.
- [18] [Popczyk J., Zygmantowski M., Michalak J., Kielan P., Fice M., Koncepcja prosumenckiej mikroinstalacji energetycznej \(PME\)](#), BŻEP (Nr katalogowy 1.2.09), www.klaster3x20.pl (podstrona CEP).
- [19] [Raport o stanie miasta Bielska-Białej na rok 2010](#), Urząd Miejski w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała, 2011 .

- [20] Sołtysek P. *Efektywność energetyczna w Bielsku-Białej*, dostęp: <http://www.energiaisrodowisko.pl/porady-ekspertow/1procent.pdf> .
- [21] Strefy energetyczne wiatru w Polsce, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, dostęp: <http://epodium.nazwa.pl/wind-power/wp-content/uploads/2011/12/strefy-energetyczne-wiatru-w-polsce.gif> .
- [22] Strona internetowa BBbike, dostęp: <https://www.bbbike.eu/> .
- [23] strona internetowa Biura Zarządzania Energią, dostęp: <http://energia.um.bielsko.pl/> .
- [24] strona internetowa projektu Masdar, dostęp: <http://www.masdar.ae/en/#masdar> .
- [25] [Tomczykowski J. Zużycie energii elektrycznej na cele oświetleniowe w gospodarstwach domowych, \("Energia elektryczna" - nr 1/2010\), .](#)
- [26] *Unijna Energetyczna Mapa Drogowa 2050*, dostęp: <http://www.roadmap2050.eu/> .
- [27] *Załącznik techniczny do instrukcji wypełniania szablonu SEAP*, dostęp: http://www.soglasheniemerov.eu/IMG/pdf/technical_annex_pl.pdf .

Księga Szkocka

Teza. Oszacowania wykonane w Raporcie wskazują, że istniejące już technologie umożliwiają realizację (klimatyczno-energetycznej) Mapy Drogowej 2050). W świetle tych oszacowań stawia się tu tezę, że kluczowe znaczenie dla powodzenia przebudowy energetyki miast w horyzoncie 2050 będą miały procesy społeczne w następującym łańcuchu: **od** → dyskomfortu (powodowanego uciążliwością DSM stosowanego pod wpływem cen) i wysiłku (partycypacja prosumencka) na rzecz tej przebudowy **poprzez** → postęp technologiczny i innowacyjność przełomową (dostosowywanie – w tym za pomocą Internetu „rzeczy” – potrzeb energetycznych, indywidualnych mieszkańców i całego miasta, do właściwości źródeł OZE) **do** → zmiany stylu życia (zmiany kulturowej). Zmiana ta będzie oznaczać, że naganne stanie się np. zaśmiecanie przestrzeni miejskiej i domowej „światłem”. Transport publiczny, car sharing i transport rowerowy staną się pożądane, bo uwolnią miasto od „korków”. Internet „rzeczy” (w połączeniu z Internetem dla ludzi, który istnieje praktycznie dopiero 20 lat) zapewni w zwartej przestrzeni miejskiej prymat użytkowania energii nad jej produkcją (z wielokrotni prosumencką partycypacją energetyczną). Łącznie zmiana kulturowa uwolni miasta i ludność od lęku o bezpieczeństwo energetyczne, podsycanego stale przez sojusz korporacyjno-polityczny (będzie to proces zgodny z zasadą subsydiarności: miasto/mieszkańcy stopniowo przejmą odpowiedzialność za swoje bezpieczeństwo energetyczne).

Zadanie do rozwiązania. Głównym zadaniem w obszarze przebudowy energetyki miejskiej jest przejście w mieście „pod jeden dach” (pod „zarząd” miasta/mieszkańców) produkcji i użytkowania energii; jest to zgodne z zasadą subsydiarności. Zadaniem pomocniczym jest opracowanie modelu interakcji dwóch konkurencyjnych sposobów intensyfikacji wykorzystania OZE (zwiększenia efektywności wykorzystania tych źródeł na gruncie ekonomiki behawioralnej). Do pierwszego z nich należą: „przymusowe” wdrożenie przez korporację elektroenergetyczną powszechnego systemu DSM i dynamicznych taryf na energię elektryczną, następnie rozwój internetu IoT (*Internet of Things*), najbardziej przyszłościowego narzędzia prosumenckiej partycypacji, wreszcie powolne zmiany stylu życia ludzi. Drugim sposobem są technologie zasobnikowe na produktowych rynkach korporacyjnych (w szczególności na rynku energii elektrycznej). Oczywiście, model interakcji, o którym jest mowa, ma bardzo „rozmyty” charakter, ale gdyby został opracowany, to pozwoliłby wyzwolić się z dominującego (w dużym stopniu szkodliwego) schematu, że jedynym sposobem pokonania ograniczeń związanych z rozwojem OZE na rynku energii elektrycznej są technologie zasobnikowe (energii elektrycznej).

Jan Popczyk

Datowanie (wersja oryginalna) – 21.12.2014 r.