

- ✓ energię geotermalną
- ✓ energię wód kopalnianych

Specyfika poszczególnych rodzajów energii wymagała indywidualnego podejścia do oszacowania i prezentacji zasobów każdego typu energii odnawialnej. Wynikało to głównie stąd, że niektóre rodzaje energii odnawialnej związane są z konkretnymi uwarunkowaniami lokalnymi (biogaz, biomasa, wody kopalniane i powierzchniowe) natomiast inne mają charakter bardziej regionalny (wody termalne, promieniowanie słoneczne, energia wiatru).

Potencjał energetyczny biogazu, biomasy, wód powierzchniowych i kopalnianych przedstawiono na tle poszczególnych powiatów województwa, potencjał energetyczny wiatru i słońca na tle całego województwa, natomiast potencjał wód termalnych dla poszczególnych jednostek geologicznych.

Pogłębionej analizie poddano możliwości wykorzystania energii wód powierzchniowych, gdzie oprócz mapy potencjału energetycznego zamieszczono również tabelaryczne zestawienie istniejących obiektów hydrotechnicznych możliwych do zagospodarowania na obszarze województwa.

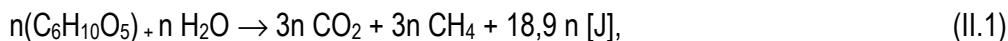
Strefy o korzystnych warunkach dla wykorzystania danego rodzaju energii odnawialnej odniesiono do obszaru województwa wskazując, które rejony są najbardziej predestynowane do jej wykorzystania.

Zgodnie z założeniami wstępnymi ocena potencjału energii odnawialnej dotyczyła terenów nieprzemysłowych, jednak w przypadku energii o charakterze regionalnym (energia wiatru, słońca, wód termalnych) analizą objęto cały obszar województwa.

3.1. Energia z biogazu

We wszelkich odchodach lub odpadach organicznych zawierających węglowodany, a w szczególności celulozę i cukry, w określonych warunkach zachodzą procesy biochemiczne nazywane fermentacją. Fermentację wywołują mikroorganizmy (bakterie) należące do różnych gatunków, których działanie i znaczenie w tym procesie jest na bardzo zróżnicowane, a nawet przeciwstawne. Wyróżnić można sześć rodzajów fermentacji zachodzących jednocześnie lub sukcesywnie: fermentacja amonowa, fermentacja azotowa, fermentacja wyzwalająca azot, fermentacja utleniająca, fermentacja kwasowa czy fermentacja metanowa, której podlegają

materiały węglowodanowe, zwłaszcza celuloza. Na szczególną uwagę zasługuje fermentacja wytwarzająca amoniak w postaci rozpuszczalnych soli amonowych, które wykorzystywane są przez organizmy do odżywiania się i rozmnażania, oraz fermentacja metanowa wyzwalająca gaz palny, metan. Rozkład celulozy przebiega według następującego wzoru:



gdzie:

$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ – oznacza celulozę.

Teoretycznie w wyniku fermentacji 162 g celulozy otrzymuje się 135 litrów gazu zawierającego 50% palnego metanu. W rzeczywistości część dwutlenku węgla związana jest przez zasady uwolnione w czasie fermentacji (szczególnie potasowe, wapno i amoniak pochodzące z składników amonowych)

Metodyka szacowania zasobów energii biogazu

W niniejszym bilansie odnawialnych źródeł energii uwzględniono trzy podstawowe źródła biogazu, jakimi są:

- ✓ oczyszczalnie ścieków,
- ✓ składowiska odpadów,
- ✓ gospodarstwa rolne.

Jakkolwiek różne są wymienione powyżej źródła biogazu, tak zachodzący w nich proces, wskutek którego wytwarzany jest biogaz, jest bardzo zbliżony. Jest to proces fermentacji beztlenowej wywołwany dzięki obecności tzw. bakterii metanogennych, które w sprzyjających warunkach:

- temperatura rzędu 30 – 35°C (fermentacja mezofilna) lub 52 – 55°C (fermentacja termofilna),
- odczyn obojętny lub lekko zasadowy (pH 7 – 7,5),
- czas retencji (przetrzymania substratu) wynoszący 12 – 36 dni dla fermentacji mezofilnej oraz 12 – 14 dni dla fermentacji termofilnej,

- brak obecności tlenu i światła

zamieniają związki pochodzenia organicznego w biogaz oraz substancje nieorganiczne. Głównymi składnikami tak powstającego biogazu są metan, którego zawartość w zależności od technologii jego wytwarzania oraz rodzaju fermentowanych substancji może zmieniać się w szerokim zakresie od 40 do 85% (przeważnie 55 – 65%), pozostałą część stanowi dwutlenek węgla oraz inne składniki w ilościach śladowych. Dzięki tak wysokiej zawartości metanu w biogazie, jest on cennym paliwem z energetycznego punktu widzenia, które pozwala zaspokoić lokalne potrzeby związane m.in. z jego wytwarzaniem. Wartość opałowa biogazu najczęściej waha się w przedziale 5,5 – 6,5 kWh/m³ (19,8 – 23,4 MJ/m³), a przy separacji dwutlenku węgla z biogazu jego wartość opałowa może wzrosnąć nawet do 9,5 – 10,0 kWh/m³ (wartości porównywalne z sieciowym gazem ziemnym GZ-50). Należy tu zaznaczyć, że produkcja biogazu jest często efektem ubocznym wynikającym z konieczności utylizacji odpadów w sposób możliwie nieszkodliwy dla środowiska. Jedynie w przypadku wysypisk odpadów fermentacja beztlenowa jest procesem samoistnym i niekontrolowanym.

Dla obliczeń zastosowanych szacunków przyjęto jako:

- ⇒ potencjał teoretyczny – maksymalną możliwą do uzyskania moc oraz ilość energii z danego źródła i z danego obszaru przy całkowitym ujęciu substancji, będących źródłem danego typu biogazu oraz przy założeniu bezstratnego przetworzenia energii chemicznej zawartej w wytworzonym paliwie na inne, użyteczne formy energii.
- ⇒ potencjał techniczny – możliwą do uzyskania moc oraz ilość energii z danego źródła i z danego obszaru przy takim ujęciu substancji, będących źródłem danego typu biogazu, jakie ma miejsce w rzeczywistości oraz przy założeniu sprawności przetworzenia energii chemicznej zawartej w wytworzonym paliwie na inne, użyteczne formy energii, w wielkości zgodnej z aktualnie dostępnymi urządzeniami technicznymi.

Szczegółowe aspekty wpływające na sposób określenia potencjału teoretycznego oraz technicznego dla każdego ze źródeł biogazu określono w opisach poniżej.

Warto również zwrócić uwagę na zwyczajowe nazwy nadawane biogazowi, w zależności od sposobu jego wytwarzania. I tak, biogaz wytwarzany na wysypiskach odpadów zwyczajowo nazywany jest gazem wysypiskowym, biogaz wytwarzany wskutek fermentacji odchodów zwierzęcych na fermach zwyczajowo nazywany jest biogazem rolniczym, natomiast biogaz

wytwarzany na terenie oczyszczalni ścieków, gdzie fermentacji ulegają zebrane osady ściekowe, nazywany jest po prostu – biogazem.

3.1.1. Oczyszczalnie ścieków

W średnich i dużych oczyszczalniach ścieków jedną z podstawowych metod zagospodarowywania osadów ściekowych jest ich fermentacja w wydzielonych (zwanymi również zamkniętymi) komorach fermentacyjnych (WKF, ZKF). W komorach zachodzi proces fermentacji mezofilnej, dzięki któremu znaczna część materii organicznej zostaje zredukowana, a przetworzony osad ściekowy, po jego dalszym odwodnieniu, jest wykorzystywany do celów przyrodniczych, rekultywacji obszarów zdegradowanych oraz przez rolnictwo, jako cenny nawóz zawierający substancje nieorganiczne. Istnieje możliwość dalszej obróbki przefermentowanego osadu ściekowego, tzn. jego kompostowania, które odbywa się po dodaniu materii organicznej (np. odpadów z utrzymania terenów zielonych).

Ze względu na relatywnie wysokie koszty inwestycyjne oraz inne możliwości utylizacji osadów ściekowych, w małych oraz w wielu średnich oczyszczalniach ścieków brak jest wydzielonych komór fermentacyjnych. Zebrane w procesie oczyszczania osady ściekowe są odprowadzane na poletki osadowe bądź wywożone z terenu oczyszczalni przez specjalne firmy zajmujące się ich utylizacją.

Wytwarzany w komorach fermentacyjnych oczyszczalni ścieków biogaz charakteryzuje się zawartością metanu wahającą się w przedziale 55 – 65%. Do dalszych obliczeń przyjęto średnią wartość tego przedziału, tj. 60%. Jego wartość opałowa wynosi 6,0 kWh/m³, tj. 21,6 MJ/m³.

W literaturze brak jest szczegółowych danych oraz wskaźników, pozwalających na oszacowanie potencjału teoretycznego oraz technicznego wytworzenia energii z biogazu produkowanego na terenie oczyszczalni ścieków. Spotkać można przelicznik, który mówi, że ze ścieków komunalnych uzyskuje się do 600 m³ biogazu w przeliczeniu na 1 Mg suchej masy. Jednakże przy braku znajomości zawartości suchej masy w ściekach informacja ta jest nieużyteczna. Stąd aby prawidłowo ocenić rzeczywiste możliwości produkcyjne biogazu na terenie oczyszczalni ścieków przeanalizowano dla kilku obiektów stosunek średniej ilości produkowanego biogazu do średniej ilości oczyszczanych ścieków. Po uwzględnieniu czynników wpływających na zróżnicowanie względnej ilości wytwarzanego biogazu dla różnych obiektów

(stopnia infiltracji wód deszczowych i gruntowych do kanalizacji ściekowej, ilości ścieków przemysłowych oraz sposobu prowadzenia procesu fermentacji) określono dla najkorzystniejszych warunków stosunek ten w wysokości 200 m³ wytworzonego biogazu na 1.000 m³ wpływających do oczyszczalni ścieków w przeliczeniu na ścieki pochodzące wyłącznie z sektora komunalnego. Jest to wskaźnik, który wykorzystany będzie przy obliczeniu potencjału teoretycznego. Natomiast dla określenia potencjału technicznego, przy obliczeniu którego wykorzystywana będzie rzeczywista wielkość ilości oczyszczanych ścieków w oczyszczalniach, a więc ścieków komunalnych zmieszanych z wodami opadowymi, gruntowymi i ściekami przemysłowymi, stosunek ten przyjęto w wysokości 80 m³ wytworzonego biogazu na 1.000 m³ rzeczywiście wpływających do oczyszczalni ścieków.

Jako potencjał teoretyczny (Ryc. II.1) przyjęto potencjał w sytuacji, w której zbierane są ścieki komunalne od całej zamieszkałej ludności. Pominięto tutaj możliwą produkcję biogazu ze ścieków pochodzenia przemysłowego (głównie z przemysłu spożywczego, farmaceutycznego oraz kosmetycznego), ze względu na brak możliwości uzyskania wiarygodnych danych oraz możliwą dużą zmienność tych wielkości na skutek zmian koniunktury w gospodarce. Pozostałe gałęzie przemysłu wytwarzają ścieki praktycznie nie zawierające zanieczyszczeń pochodzenia organicznego (93 % ścieków przemysłowych woj. śląskiego wytwarzają górnictwo, hutnictwo oraz energetyka).

Aby przybliżyć problematykę gospodarki wodno-ściekowej oraz prawidłowo określić potencjał teoretyczny, przytoczono najważniejsze z punktu widzenia niniejszej analizy dane statystyczne dotyczące województwa śląskiego.

Zgodnie z danymi GUS 92,7% ogółu ludności korzysta z sieci wodociągowej (w tym na terenach miejskich 96,8%, a na terenach wiejskich 77,4%), a 65,9% z sieci kanalizacyjnej (w tym na terenach miejskich 78,9%, a na terenach wiejskich 17,2%). Zużycie wody z wodociągów w gospodarstwach domowych wyniosło 156,8 hm³, przy czym zużycie wody na 1 osobę wyniosło 35,7 m³, w tym na terenach miejskich 36,1 m³, a na terenach wiejskich 22,2 m³. Z gospodarstw domowych odprowadzono ogółem 122,2 hm³ ścieków, w tym 117,6 hm³ z terenów miejskich oraz 4,6 hm³ z terenów wiejskich. Gospodarstwa domowe pobrały 69,9 % całkowitej ilości wody z wodociągów oraz odprowadziły 73,1% całkowitej ilości ścieków do kanalizacji. Do ilości odprowadzanych kanalizacją ścieków dodać należy wywiezione nieczystości ciekłe, których ilość wyniosła 647,3 dam³.

W roku 2002 odprowadzono do wód powierzchniowych 385,3 hm³ ścieków, z czego 88,7% stanowiły ścieki oczyszczone. Ścieki komunalne stanowiły 46,3% tej wielkości (178,5 hm³), w tym 87,7% (156,5 hm³) ścieków oczyszczonych. Eksploatowano łącznie 206 oczyszczalni ścieków komunalnych, w tym 15 mechanicznych, 128 biologicznych oraz 63 z podwyższonym usuwaniem biogenów. Około 97% ścieków oczyszczono biologicznie. Oczyszczalni ścieków nie posiadało 6 miast województwa.

W celu określenia potencjału teoretycznego niezbędne jest określenie ilości zamieszkałej na danym terenie ludności oraz jednostkowej ilości wytwarzanych ścieków. W tabeli II.1 zestawiono, zgodnie z danymi GUS, analizowane powiaty pod kątem ilości zamieszkiwanych osób.

Tabela II.1 Ilość osób zamieszkująca w poszczególnych powiatach

L.p.	Powiat	Ludność [osób]
1	będziński	152 232
2	bielski	146 912
3	bieruńsko-lędziński	55 517
4	cieszyński	169 109
5	częstochoowski	133 749
6	gliwicki	117 486
7	kłobucki	84 915
8	lubliniecki	77 186
9	mikołowski	90 360
10	myszkowski	72 345
11	pszczyński	103 377
12	raciborski	114 418
13	rybnicki	72 926
14	tarnogórski	139 676
15	wodzisławski	155 315
16	zawierciański	126 091
17	żywiecki	148 788
	RAZEM	1 960 402

W celu określenia jednostkowej ilości wytwarzanych ścieków do obliczeń przyjęto następujące wielkości dla województwa śląskiego: całkowita ilość ścieków komunalnych – 178,5 hm³; całkowita liczba ludności – 4.731.533 osób.

Stąd roczna ilość wytwarzanych ścieków przez segment komunalny wynosi 37,7 m³/osobę. Jest to wielkość zbliżona (większa o 5,6%) do średniego zużycia wody w gospodarstwach domowych korzystających z sieci wodociągowej, co stanowi potwierdzenie

prawidłowości otrzymanego wyniku (w gospodarstwach domowych oraz w segmencie nieprodukcyjnym zakłada się równoważność ilości pobranej wody oraz odprowadzonych ścieków).

Na podstawie powyższych danych, założeń oraz wyliczeń, potencjał teoretyczny energii zawartej w biogazie w analizowanych powiatach został przedstawiony w tabeli II.2:

Tabela II.2 Potencjał teoretyczny energii zawartej w biogazie z oczyszczalni ścieków

L.p.	Powiat	Potencjał teoretyczny		
		Ilość biogazu [m ³ /rok]	Moc [kW]	Ilość energii chemicznej zawartej w paliwie [GJ/rok]
1	będziński	1 147 829	786	24 793
2	bielski	1 107 716	759	23 927
3	bieruńsko- łędzki	418 598	287	9 042
4	cieszyński	1 275 082	873	27 542
5	częstochoowski	1 008 467	691	21 783
6	gliwicki	885 844	607	19 134
7	kłobucki	640 259	439	13 830
8	lubliniecki	581 982	399	12 571
9	mikołowski	681 314	467	14 716
10	myszkowski	545 481	374	11 782
11	pszczyński	779 463	534	16 836
12	raciborski	862 712	591	18 635
13	rybnicki	549 862	377	11 877
14	tarnogórski	1 053 157	721	22 748
15	wodzisławski	1 171 075	802	25 295
16	zawierciański	950 726	651	20 536
17	żywiecki	1 121 862	768	24 232
	RAZEM	14 781 429	10 126	319 279

Jako potencjał techniczny (Ryc. II.1) przyjęto potencjał w sytuacji, gdy biogaz wytwarzany jest wyłącznie ze ścieków dostarczanych do tych oczyszczalni, które przyjmują je w ilości powyżej 5.000 m³/dobę. Wśród oczyszczalni spełniających ten warunek występują obiekty, w których wytwarzany jest biogaz, jak i obiekty bez WKF. Podane obciążenie oczyszczalni przyjęto jako dolny próg opłacalności procesu utylizacji osadów ściekowych poprzez proces ich fermentacji.

W celu określenia potencjału technicznego posłużono się danymi pochodzącymi z ankiet rozesłanych do gmin województwa śląskiego (Tab. II.3).

Tabela II.3 Zestawienie wyników ankiet dla lokalizacji oczyszczalni ścieków

L.p.	Powiat	Lokalizacja oczyszczalni (gmina)	Ilość oczyszczanych ścieków [m ³ /dobę]	Czy jest wytwarzany biogaz?
1	będziński	Będzin	6 300	NIE
2	bielski	Czechowice-Dziedzice	5 400	NIE
3	bieruńsko-łędziński	-	-	-
4	cieszyński	Cieszyn Skoczów	14 000 14 000	NIE NIE
5	częstochoowski	-	-	-
6	gliwicki	-	-	-
7	kłobucki	-	-	-
8	lubliniecki	Lubliniec	5 000	NIE
9	mikołowski	-	-	-
10	myszkowski	-	-	-
11	pszczyński	-	-	-
12	raciborski	Racibórz	11 400	TAK
13	rybnicki	-	-	-
14	tarnogórski	Tarnowskie Góry	5 100	NIE
15	wodzisławski	Wodzisław Śląski	5 000	TAK
16	zawierciański	Zawiercie	20 000	TAK
17	żywiecki	Żywiec	15 000	TAK

Jak już podano we wcześniejszej części rozdziału, produktywność biogazu przyjęto na poziomie 80 m³/1.000 m³ ścieków. Ponadto dla potencjału technicznego uwzględnić należy sprawność zamiany energii chemicznej zawartej w paliwie na użyteczne formy energii oraz możliwy stopień ich wykorzystania. Przy zastosowaniu urządzeń najnowszej generacji sprawność całkowita przemiany wynosi 90%, przy czym 35% energii chemicznej zostaje zamienione na energię elektryczną, a 55% na ciepło (przyjęto średnie wartości dla kogeneracji w oparciu o silniki biogazowe). Stopień wykorzystania energii elektrycznej wynosi 100%, natomiast stopień wykorzystania ciepła przyjęto w wysokości 30% (przeznaczenie ciepła na cele grzewcze). Stąd nie należy już uwzględniać wewnętrznego zużycia ciepła w procesie wytwarzania biogazu, tj. zużycia ciepła w celu podtrzymania procesu fermentacji (podgrzew osadów ściekowych przeciętnie od temperatury 10 do 35 °C), gdyż wielkość ta jest niższa od pozostałej lecz niewykorzystanej części wytworzonego ciepła.

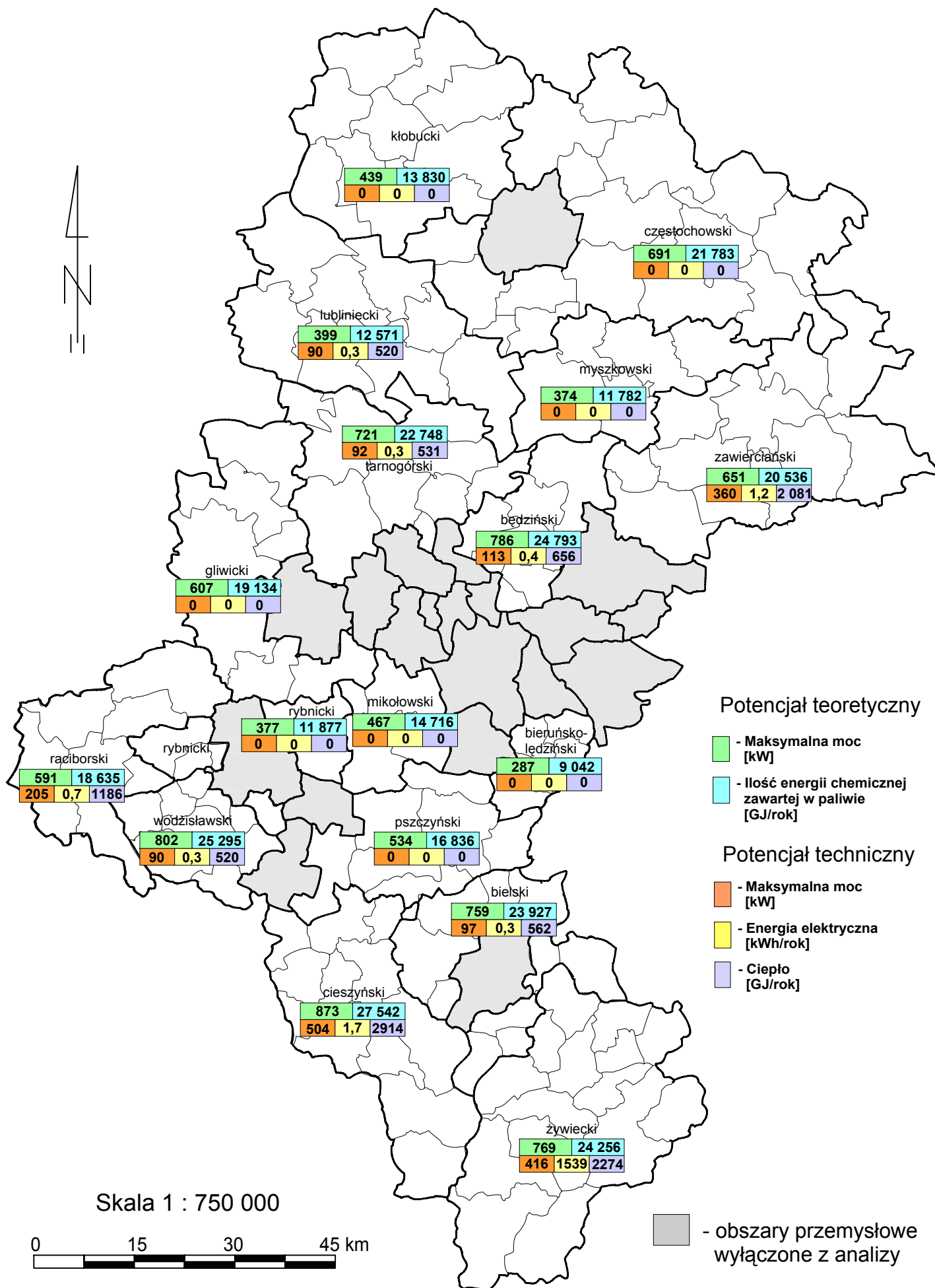
Stąd potencjał techniczny energii zawartej w biogazie z oczyszczalni ścieków w analizowanych powiatach został przedstawiony w tabeli II.4.

Tabela II.4 Potencjał techniczny energii zawartej w biogazie z oczyszczalni ścieków

L.p.	Powiat	Potencjał techniczny			
		Ilość biogazu [m ³ /rok]	Moc _{th+el} [kW]	Energia elektryczna [GWh/rok]	Ciepło [GJ/rok]
1	będziński	183 960	113	,386	656
2	bielski	157 680	97	,331	562
3	bieruńsko-lędzki	0	0	0	0
4	cieszyński	817 600	504	1,716	2 914
5	częstochowski	0	0	0	0
6	gliwicki	0	0	0	0
7	kłobucki	0	0	0	0
8	lubliniecki	146 000	90	,307	520
9	mikołowski	0	0	0	0
10	myszkowski	0	0	0	0
11	pszczyński	0	0	0	0
12	raciborski	332 880	205	,699	1 186
13	rybnicki	0	0	0	0
14	tarnogórski	148 920	92	,313	531
15	wodzisławski	146 000	90	,307	520
16	zawierciański	584 000	360	1,226	2 081
17	żywiecki	438 000	270	,920	1 561
	RAZEM	2 955 040	1 821	6 205	10 531

Analizując uzyskane dane stwierdzić należy, że z energetycznego punktu widzenia pozyskanie biogazu z fermentacji osadów ściekowych ma znaczenie wyłącznie lokalne. W praktyce ogranicza się ono do obiektów oczyszczalni ścieków, pozwalając na istotne obniżenie zakupu czynników energetycznych – energii elektrycznej oraz paliwa do wytwarzania ciepła – na potrzeby własne.

Rycina II.1. Biogaz z oczyszczalni ścieków



3.1.2. Składowiska odpadów

Składowiska odpadów komunalnych są obiektami, gdzie proces fermentacji zachodzi w sposób niekontrolowany, stwarzając tym samym pewne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Zagrożenie to wynika zarówno z emisji do atmosfery metanu, który jest gazem cieplarnianym, jak również z faktu, że metan przy stężeniu 5 – 15 % tworzy mieszaninę wybuchową z powietrzem, co może prowadzić do samozapłonu wysypiska odpadów. Metan będąc gazem cięższym od powietrza może utrudniać również dostęp powietrza do gleby i do roślin utrudniając lub nawet uniemożliwiając ich wegetację. Stąd w wielu krajach istnieją przepisy, które narzucają konieczność odgazowania wysypisk przekraczających określoną wielkość.

Zawartość metanu w gazie wysypiskowym zależy od sposobu odgazowania wysypiska. Przy naturalnym wypływie gazu (przy biernym odgazowaniu wysypiska) zawiera 60 – 65% metanu, przy aktywnym odgazowaniu oraz przy dobrym uszczelnieniu złoża zawartość metanu wynosi 45 – 50 %, natomiast przy aktywnym odgazowaniu oraz przy złym uszczelnieniu złoża dochodzi do zasysania powietrza atmosferycznego i zawartość metanu spada do 25 – 45%. Stąd do dalszej analizy przyjęto średnią zawartość metanu w biogazie w wysokości 50%, a jego wartość opałowa wynosi 5,0 kWh/m³, tj. 18,0 MJ/m³.

W literaturze szczegółowo przedstawiono zależności, które opisują proces wytwarzania biogazu na wysypisku odpadów. Na podstawie danych empirycznych określono krzywą produkcji jednostkowej biogazu w funkcji czasu. Sumując jednostkową produkcję biogazu w poszczególnych latach otrzymuje się krzywą skumulowaną, gdzie dla nieskończonego długiego okresu czasu produkcja skumulowana wynosi 245 m³ biogazu/Mg odpadów. W praktyce produkcja biogazu ze zdeponowanych w określonym momencie czasu odpadów zanika po dwudziestu kilku latach. Natomiast szczytowy okres produktywności biogazowej przypada na czwarty rok od momentu zdeponowania odpadów, jednostkowa produkcja w tym okresie sięga 20 m³/Mg·rok.

Jako potencjał teoretyczny (Ryc. II.2) przyjęto potencjał w sytuacji, w której zbierane są odpady komunalne od całej zamieszkałej ludności. Zgodnie z danymi GUS zebrano łącznie 1.353.240 Mg odpadów, z czego 96,8% zdeponowano na składowiskach (pozostałe odpady unieszkodliwiono w spalarniach bądź kompostowniach lub poddano recyklingowi). W przeliczeniu na jednego mieszkańca zebrano 303 kg odpadów w ciągu roku (średnia za lata 2001 – 2003).

Wielkość ta jest zgodna z danymi przytaczanymi przez literaturę, określającymi przeciętną roczną ilość zdeponowanych odpadów na wysypiskach w ilości 13 mln Mg w skali kraju.

W województwie śląskim czynnych jest 44 składowisk, z czego 32 na obszarach miejskich, a 12 na obszarach wiejskich. 18 składowisk posiada instalacje odgazowywujące, z czego z 12 składowisk biogaz uchodzi do atmosfery, a na 6 składowiskach jest spalany, w tym na 3 z odzyskiem energii.

W celu określenia potencjału teoretycznego niezbędne jest określenie ilości zamieszkałej na danym terenie ludności, co zostało przedstawione w rozdziale dotyczącym oczyszczalni ścieków. Na podstawie powyższych danych oraz wyliczeń, potencjał teoretyczny energii zawartej w biogazie w analizowanych powiatach przedstawia został przedstawiony w tabeli II.5.

Tabela II.5 Potencjał teoretyczny energii zawartej w biogazie ze składowisk odpadów

L.p.	Powiat	Potencjał teoretyczny		
		Ilość biogazu [m ³ /rok]	Moc [kW]	Ilość energii chemicznej zawartej w paliwie [GJ/rok]
1	będziński	11 300 943	6 450	203 417
2	bielski	10 906 012	6 225	196 308
3	bieruńsko- łędzki	4 121 304	2 352	74 183
4	cieszyński	12 553 807	7 165	225 969
5	częstochoowski	9 928 857	5 667	178 719
6	gliwicki	8 721 573	4 978	156 988
7	kłobucki	6 303 665	3 598	113 466
8	lubliniecki	5 729 903	3 270	103 138
9	mikołowski	6 707 875	3 829	120 742
10	myszkowski	5 370 531	3 065	96 670
11	pszczyński	7 674 192	4 380	138 135
12	raciborski	8 493 820	4 848	152 889
13	rybnicki	5 413 662	3 090	97 446
14	tarnogórski	10 368 848	5 918	186 639
15	wodzisławski	11 529 809	6 581	207 537
16	zawierciański	9 360 365	5 343	168 487
17	żywiecki	11 045 277	6 304	198 815
	RAZEM	145 530 443	83 063	2 619 548

Jako potencjał techniczny (Ryc. II.2) przyjęto potencjał w sytuacji, gdzie biogaz wytwarzany jest wyłącznie z odpadów zdeponowanych na wysypiskach, których wielkość umożliwi efektywne energetycznie odgazowanie. Przykładowe kryteria Zimmermana przydatności składowiska do wykorzystania jako źródła biogazu są następujące:

- ✓ minimalna ilość zgromadzonych odpadów 1 – 5 mln Mg,
- ✓ minimalna powierzchnia wysypiska 12 ha,
- ✓ minimalna głębokość wysypiska 10 m,
- ✓ planowanie eksploatacji wysypiska przez co najmniej 5 lat.

Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto, że potencjał techniczny stanowią będąc czynne składowiska, na których deponowane jest ponad 50 Mg odpadów dziennie. Zwrócić należy uwagę na fakt, że przyjęte kryterium powoduje odrzucenie składowisk, których eksploatację już zakończono (zrekultywowanych), bądź dużych składowisk, które obecnie przyjmują niewielkie ilości odpadów. W zestawieniu uwzględniono ponadto jeden obiekt, który nie spełnia powyższego kryterium, lecz trwają na nim prace przy uruchomieniu instalacji (Czechowice-Dziedzice).

W celu określenia potencjału technicznego posłużono się danymi pochodzącymi z ankiet rozesłanych do gmin województwa śląskiego.

Tabela II.6 Zestawienie danych z ankiet dotyczących składowisk odpadów

L.p.	Powiat	Lokalizacja składowiska (gmina)	Ilość deponowanych odpadów [Mg/dobę]	Czy jest ujmowany biogaz?
1	będziński	Wojkowice	50	NIE
2	bielski	Czechowice-Dziedzice	30	planowane na 2005
3	bieruńsko-lędziński	-	-	-
4	cieszyński	-	-	-
5	częstochoowski	Poczesna	1 000	planowane na 2005
6	gliwicki	Knurów	400	TAK
7	kłobucki	-	-	-
8	lubliniecki	-	-	-
9	mikołowski	-	-	-
10	myszkowski	-	-	-
11	pszczyński	-	-	-
12	raciborski	Racibórz	80	TAK
13	rybnicki	-	-	-
14	tarnogórski	Tarnowskie Góry	120	NIE
15	wodzisławski	-	-	-
16	zawierciański	Zawiercie	95	TAK
17	żywiecki	Żywiec	60	NIE

Potencjał energetyczny wyliczony zostanie przy założeniu stałej ilości deponowanych odpadów oraz przy założeniu ich produktywności biogazowej na poziomie 10% wartości nominalnej, tj. 25 m³/Mg. Ponieważ wyliczenia potencjału technicznego dokonano nie na podstawie wielkości składowiska, lecz na podstawie bieżącej ilości przywożonych odpadów, potencjał techniczny traktować należy właśnie jako potencjał energetyczny dowożonych odpadów.

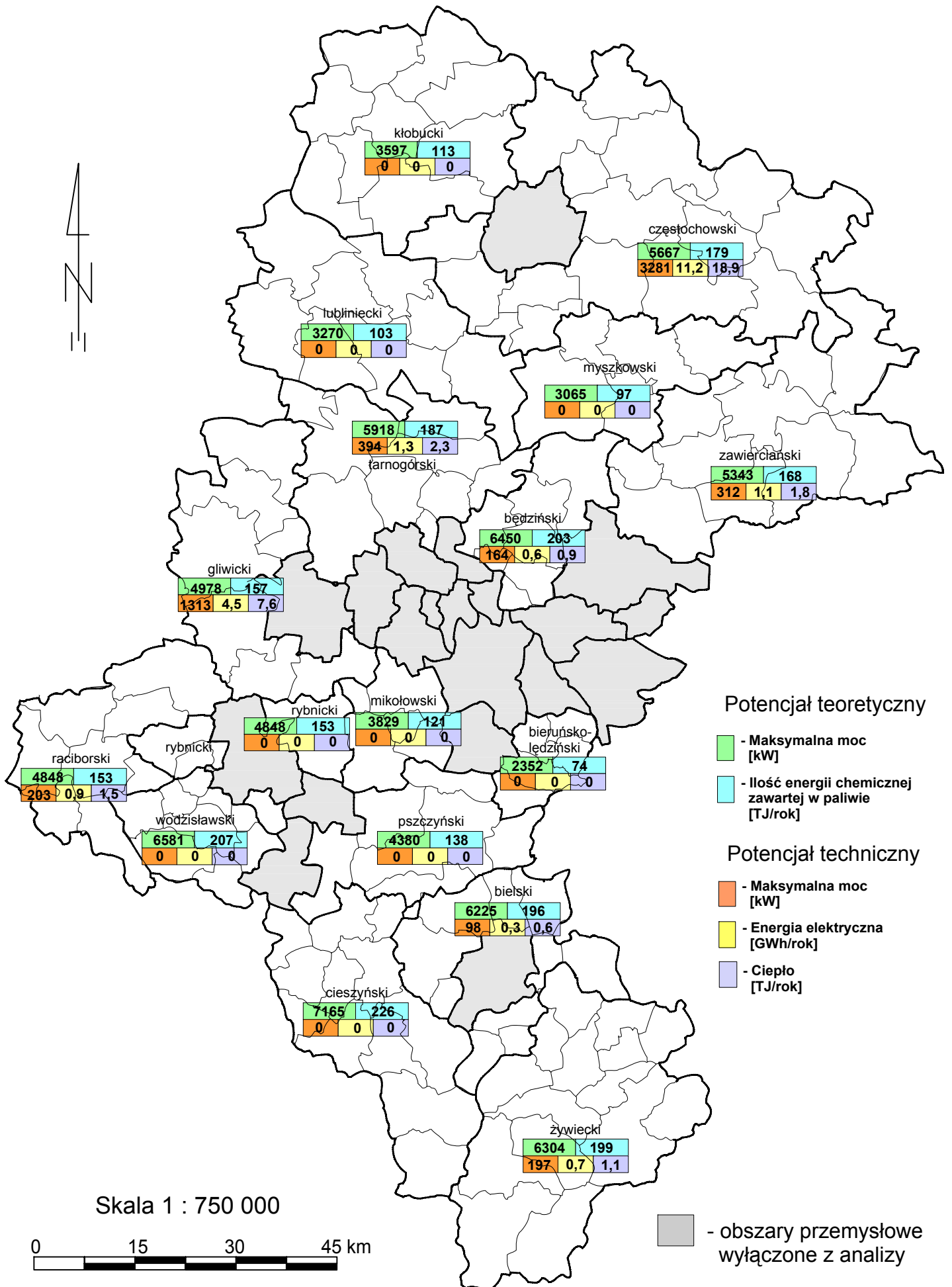
Przy wyliczeniu potencjału technicznego należy uwzględnić, że przy prawidłowo zaprojektowanym i wykonanym systemie odgazowania, ze składowiska odpadów można odebrać do 70% biogazu. Uwzględnić należy również sprawność zamiany energii chemicznej zawartej w paliwie na użyteczne formy energii oraz możliwy stopień ich wykorzystania. Jak we wcześniejszym rozdziale przyjęto sprawność całkowitą urządzeń 90%, sprawność elektryczną 35%, sprawność cieplną 55%, stopień wykorzystania energii elektrycznej 100% oraz stopień wykorzystania ciepła 30% (przeznaczenie ciepła na cele grzewcze).

Stąd potencjał techniczny energii zawartej w biogazie ze składowisk odpadów w analizowanych powiatach i przedstawiony został w tabeli II.7.

Tabela II.7 Potencjał techniczny energii biogazu ze składowisk odpadów

L.p.	Powiat	Potencjał techniczny			
		Ilość biogazu [m ³ /rok]	Moc _{C_{th}+el} [kW]	Energia elektryczna [GWh/rok]	Ciepło [TJ/rok]
1	będziński	319 375	164	0,559	0,949
2	bielski	191 625	98	0,335	0,569
3	bieruńsko-łędzki	0	0	0	0
4	cieszyński	0	0	0	0
5	częstochowski	6 387 500	3 281	11,178	18,971
6	gliwicki	2 555 000	1 313	4,471	7,588
7	kłobucki	0	0	0	0
8	lubliniecki	0	0	0	0
9	mikołowski	0	0	0	0
10	myszkowski	0	0	0	0
11	pszczyński	0	0	0	0
12	raciborski	511 000	263	0,894	1,518
13	rybnicki	0	0	0	0
14	tarnogórski	766 500	394	1,341	2,277
15	wodzisławski	0	0	0	0
16	zawierciański	606 813	312	1,062	1,802
17	żywiecki	383 250	197	0,671	1,138
	RAZEM	11 721 063	6 022	20,511	34,812

Rycina II.2. Biogaz ze składowisk odpadów



Podobnie jak w przypadku biogazu z oczyszczalni ścieków, pozyskany z fermentacji odpadów komunalnych biogaz ma znaczenie wyłącznie lokalne. Jakkolwiek praktycznie w każdym przypadku wytworzona z biogazu energia elektryczna odsprzedawana jest do sieci elektroenergetycznej, jest ona wykorzystywana przed odbiorców w najbliższym otoczeniu składowiska. Tylko w przypadku największych wysypisk wielkość produkcji energii elektrycznej ma znaczenie ponadlokalne, co dotyczy składowisk w gminach Poczesna i Knurów. Możliwe do wykorzystania ciepło, ze względu na kosztowną infrastrukturę do jego przesyłu, może być wykorzystane wyłącznie na miejscu.

3.1.3. Gospodarstwa rolne

W gospodarstwach rolnych prowadzących produkcję zwierzęcą powstaje obornik bądź gnojowica, które ze względów ochrony środowiska winny zostać przetworzone. Jedną z metod przetworzenia odchodów zwierzęcych, a także innych odpadów roślinnej produkcji rolniczej, jest właśnie fermentacja beztlenowa w biogazowniach rolniczych, dzięki czemu uzyskuje się nawóz rolniczy o korzystnych parametrach, znacznie lepszych od surowej gnojowicy bądź obornika. Dodatkową korzyścią jest powstanie biogazu o korzystnych właściwościach energetycznych.

Zawartość metanu w biogazie rolniczym zależy w głównej mierze od rodzaju zastosowanych odchodów zwierzęcych. W przypadku gnojowicy trzody jego zawartość mieści się w przedziale 70 – 80%, w przypadku gnojowicy bydła jest to 55 – 60 , a w przypadku pomiotu drobiu 60 – 80%. Stąd do obliczeń przyjęto średnią zawartość metanu w biogazie rolniczym na poziomie 65%, a jego wartość opałowa wynosi $6,5 \text{ kWh/m}^3$, tj. $23,4 \text{ MJ/m}^3$.

Różne źródła podają różne wielkości dotyczące produkcji biogazu z odchodów zwierzęcych. Jednakże często są to wielkości, które nie umożliwiają bezpośredniej oceny potencjału produktywności biogazu na podstawie znajomości wielkości stada. Na podstawie dostępnych danych wyliczono średnie wielkości jednostkowej produkcji biogazu w zależności od rodzaju odchodów zwierzęcych w przeliczeniu na 1 sztukę. Wynoszą one:

dla bydła:	589 m ³ /rok,
dla trzody chlewnej:	67,8 m ³ /rok,
dla drobiu:	2,74 m ³ /rok,

przy czym wskaźniki jednostkowej produktywności biogazu w przeliczeniu na 1 SD wynoszą:

dla bydła:	589 m ³ /rok·SD,
dla trzody chlewnej:	339 m ³ /rok·SD,
dla drobiu:	1.369 m ³ /rok·SD,

Jako potencjał teoretyczny (Ryc. II.3) przyjęto potencjał w sytuacji, w której zbierane są odchody od całej populacji hodowli zwierzęcej. W niniejszej analizie ograniczono się do bydła, trzody chlewnej oraz drobiu kurzego, ponieważ stanowią one praktycznie całość populacji zwierząt hodowlanych (> 90 %), zarówno ilościowo, jak i w przeliczeniu na masę. Stąd w celu określenia potencjału teoretycznego niezbędne jest określenie ilości hodowanych na danym obszarze zwierząt.

Na podstawie danych GUS (wyniki Powszechnego Spisu Rolnego 2002) w analizowanych powiatach ilość hodowanych zwierząt zestawiono w tabeli II.8.

Tabela II.8 Hodowla zwierząt w poszczególnych powiatach woj. śląskiego

L.p.	Powiat	Pogłowie bydła	Pogłowie trzody	Pogłowie drobiu
1	będziński	3 813	5 969	422 359
2	bielski	6 796	18 933	514 994
3	bieruńsko-lędziński	2 164	6 787	96 925
4	cieszyński	12 774	22 950	1 034 741
5	częstochowski	19 951	17 498	507 436
6	gliwicki	7 491	50 582	399 768
7	kłobucki	9 767	63 468	332 580
8	lubliniecki	9 553	47 686	1 303 193
9	mikołowski	2 869	10 091	1 142 477
10	myszkowski	7 450	7 404	589 157
11	pszczyński	6 481	47 021	972 965
12	raciborski	12 405	32 036	1 376 412
13	rybnicki	1 307	4 903	858 174
14	tarnogórski	3 951	15 042	1 234 586
15	wodzisławski	1 901	10 551	838 470
16	zawierciański	22 503	28 703	394 342
17	żywiecki	11 468	3 858	122 705
	RAZEM	142 644	393 482	12 141 284

Na podstawie powyższych danych oraz wyliczeń, potencjał teoretyczny energii zawartej w biogazie w analizowanych powiatach przedstawia się w sposób przedstawiony w tabeli II.9.

Rycina II.3. Biogaz z biogazowni rolniczych

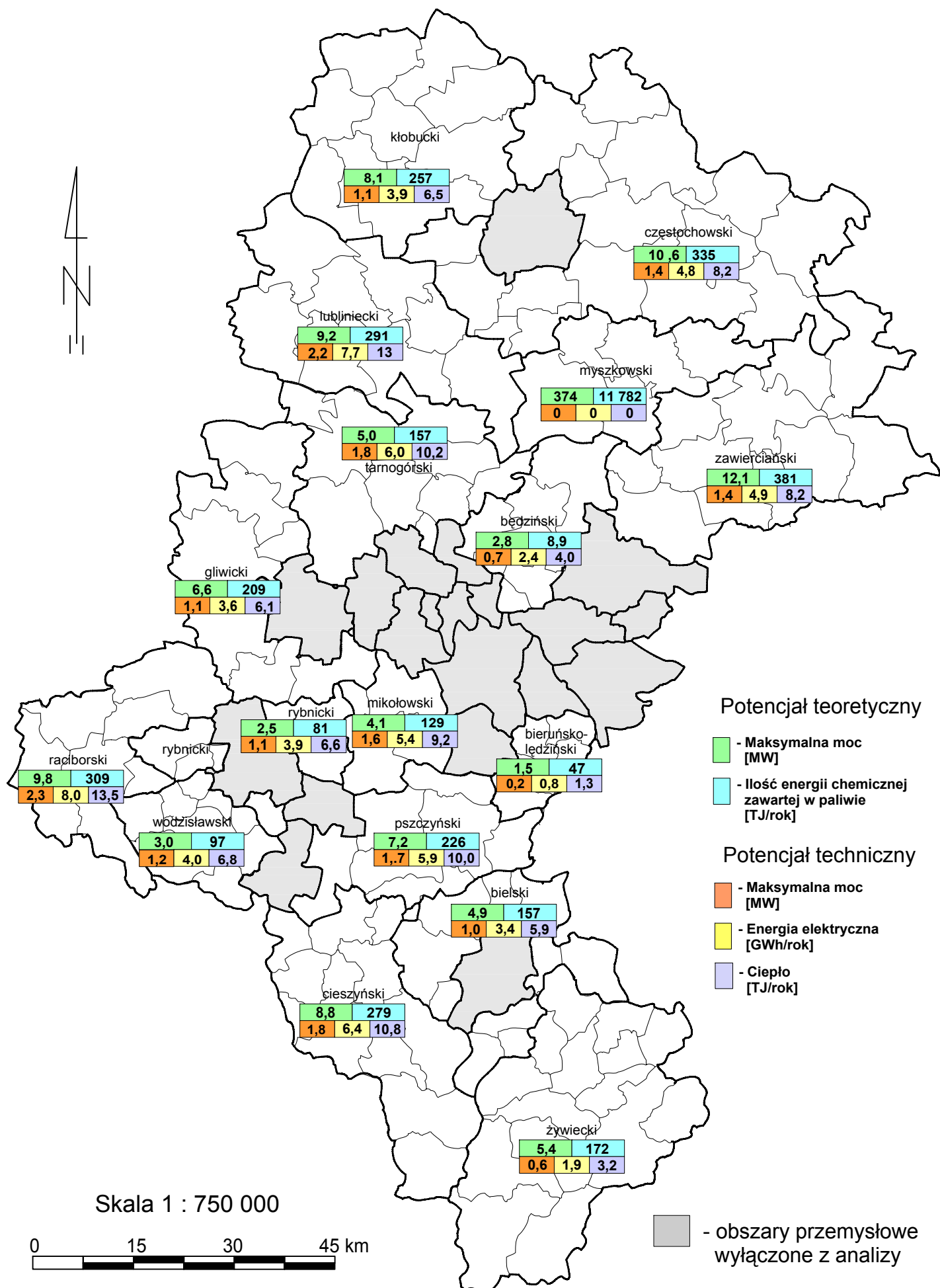


Tabela II.9 Potencjał teoretyczny energii zawartej w biogazie z gospodarstw rolnych

L.p.	Powiat	Potencjał teoretyczny		
		Ilość biogazu [m ³ /rok]	Moc [kW]	Ilość energii chemicznej zawartej w paliwie [GJ/rok]
1	będziński	3 807 817	2 826	89 102
2	bielski	6 697 585	4 969	156 723
3	bieruńsko-lędziński	2 000 329	1 484	46 806
4	cieszyński	11 915 087	8 842	278 813
5	częstochowski	14 327 879	10 630	335 272
6	gliwicki	8 937 022	6 631	209 125
7	kłobucki	10 967 163	8 138	256 632
8	lubliniecki	12 430 577	9 224	290 877
9	mikołowski	5 504 398	4 085	128 804
10	myszkowski	6 504 331	4 825	152 201
11	pszczyński	9 671 258	7 178	226 306
12	raciborski	13 249 956	9 831	310 047
13	rybnicki	3 453 643	2 563	80 815
14	tarnogórski	6 729 753	4 993	157 477
15	wodzisławski	4 132 454	3 067	96 701
16	zawierciański	16 280 829	12 081	380 973
17	żywiecki	7 352 435	5 455	172 047
	RAZEM	143 962 516	106 822	3 368 721

Jako potencjał techniczny (Ryc.II.3) przyjęto sytuację, gdzie biogaz wytwarzany jest wyłącznie z odchodów pochodzących z dużych farm hodowlanych, tj. posiadających powyżej 100 SD :

- 100 sztuk bydła,
- 500 sztuk trzody chlewnej,
- 50.000 sztuk drobiu.

Ze względu na brak danych o wielkości pogłowia poszczególnych zwierząt zgromadzonych w dużych farmach hodowlanych oraz o szczegółowej lokalizacji tych farm, posłużono się danymi GUS dla woj. śląskiego, na podstawie których określono, że:

- 8,6 % bydła hodowane było w dużych farmach,
- 13,5 % trzody chlewnej hodowane było w dużych farmach,
- 68,8 % drobiu hodowane było w dużych farmach.

Łącznie na terenie województwa było 58 gospodarstw rolnych o skali chowu ponad 100 SD, a w gospodarstwach tych znajdowało się 17.530 SD.

Powyższe udziały zastosowano do wyliczenia potencjału technicznego (Tab.II.10). Uwzględniono również sprawność zamiany energii chemicznej zawartej w paliwie na użyteczne formy energii oraz możliwy stopień ich wykorzystania – wielkości te przyjęto jak w poprzednich rozdziałach, tj. sprawność całkowita urządzeń 90%, sprawność elektryczna 35%, sprawność cieplna 55%, stopień wykorzystania energii elektrycznej 100% oraz stopień wykorzystania ciepła 30% (przeznaczenie ciepła na cele grzewcze).

Tabela II.10 Potencjał techniczny zasobów biogazu z gospodarstw rolniczych

L.p.	Powiat	Potencjał techniczny			
		Ilość biogazu [m ³ /rok]	Moc _{th+el} [kW]	Energia elektryczna [MWh/rok]	Ciepło [GJ/rok]
1	będziński	1 043 975	697	2 375	4 031
2	bielski	1 488 364	994	3 386	5 747
3	bieruńsko-lędziński	354 452	237	806	1 369
4	cieszyński	2 807 726	1 875	6 388	10 841
5	częstochowski	2 127 335	1 421	4 840	8 214
6	gliwicki	1 596 037	1 066	3 631	6 162
7	kłobucki	1 702 613	1 137	3 873	6 574
8	lubliniecki	3 377 043	2 255	7 683	13 039
9	mikołowski	2 391 395	1 597	5 440	9 233
10	myszkowski	1 555 773	1 039	3 539	6 007
11	pszczyński	2 592 828	1 732	5 899	10 011
12	raciborski	3 516 290	2 348	8 000	13 576
13	rybnicki	1 728 843	1 155	3 933	6 675
14	tarnogórski	2 665 156	1 780	6 063	10 290
15	wodzisławski	1 773 483	1 184	4 035	6 847
16	zawierciański	2 145 968	1 433	4 882	8 286
17	żywiecki	847 526	566	1 928	3 272
	RAZEM	33 714 807	22 516	76 701	130 174

W przypadku biogazu pochodzącego z fermentacji odchodów zwierzęcych występuje bardzo duża trudność w określeniu potencjału technicznego dla poszczególnych gmin. Wynika to z braku informacji na temat szczegółowej lokalizacji dużych gospodarstw hodowlanych. Informacja o ilości pogłowia zwierząt w dużych gospodarstwach w stosunku do całej populacji zwierzęcej, która jest prawidłowa w skali województwa, może być zastosowana do

poszczególnych powiatów, lecz nie odzwierciedla już ona prawidłowo sytuacji występujących w poszczególnych gminach. Stąd w celu wyznaczenia gmin, które mają korzystne warunki do rozwoju biogazowni rolniczych przyjęto bardziej zawężone kryteria.

Obszar województwa śląskiego charakteryzuje się bardzo wysokim stopniem rozdrobnienia gospodarstw rolnych. Wpływa to na zmniejszenie potencjału technicznego wytwarzania biogazu rolniczego. Zjawisko to jest najbardziej widoczne na przykładzie pogłowia bydła. Z drugiej strony drób hodowany jest w większości w dużych gospodarstwach, co wynika z przyczyn ekonomicznych. Strategia rozwoju woj. śląskiego przewiduje w najbliższych latach skupianie gospodarstw rolnych (ponad 2-krotne zwiększenie powierzchni pojedynczego gospodarstwa do roku 2015), co niewątpliwie wpłynie na zwiększenie stosunku potencjału technicznego do teoretycznego, nawet w przypadku spadku liczebności pogłowia zwierząt hodowlanych w skali województwa.

3.2. Energia z biomasy i biopaliw

Biomasa jest największym potencjalnym źródłem energii na świecie, w tym także w Polsce. Jest to substancja organiczna powstała w procesie akumulowania energii słonecznej. Najważniejszą cechą energetycznego wykorzystania biomasy jest to, że nie powoduje ona tak dużej emisji dwutlenku siarki jak ma to miejsce w trakcie spalania węgla kamiennego, oleju opałowego lub innych paliw kopalnych. Ponadto bilans dwutlenku węgla powstającego w procesie spalania biomasy jest równy zero, ze względu na pochłanianie go podczas procesu odnawiania tych paliw, tj. fotosyntezy. Obieg węgla znajduje się w stanie równowagi, jeżeli do produkcji energii zamiast paliw kopalnych używany jest materiał roślinny. Uprawa roślin na cele energetyczne w dłuższym horyzoncie czasowym powoduje chwilowe przemieszczanie CO₂ z magazynów węgla na ziemi i w atmosferze np. spalanie słomy zebranej z danego areалу powoduje czasowe zwiększenie stężenia CO₂ w atmosferze, jednak w następnym roku nowe uprawy roślin na tym samym areale wychwycą wyemitowane wcześniej ilości dwutlenku węgla.

W Rozporządzeniu Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 30 maja 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł energii po raz pierwszy w Polsce podana została definicja biomasy i biogazu: