

**POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GOSPODARKI SUROWCAMI MINERALNYMI I ENERGIA**

**WYKORZYSTANIE BIOGAZU
NA TERENIE OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W ZAWIERCIU**
Studium Celowości

ZAŁĄCZNIK NR 1

Kraków, marzec 2005

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

1. Podsumowanie i wnioski.
2. Definicja projektu.
3. Charakterystyka projektu.
4. Analiza techniczna.
 - 4.1. Bilans popytu i podaży czynników energetycznych na terenie oczyszczalni ścieków.
 - 4.1.1. Energia elektryczna.
 - 4.1.2. Ciepło.
 - 4.2. Wykorzystanie agregatu kogeneracyjnego do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła.
 - 4.2.1. Instalacja jednostki FG 52.
 - 4.2.2. Instalacja jednostki FG 94.
5. Analiza ekonomiczna.
 - 5.1. Jednostka FG 52.
 - 5.2. Jednostka FG 94.
6. Analiza oddziaływania na środowisko.
7. Załączniki.

1. Podsumowanie i wnioski.

W niniejszym studium dokonano analizy celowości wykorzystania produkowanego na terenie oczyszczalni ścieków biogazu do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła.

W studium dokonano analizy bieżącego zużycia energii elektrycznej i ciepła oraz produkcji biogazu, w celu określenia optymalnej wielkości instalacji. Dokonano również analizy uwarunkowań budowlanych obiektu kotłowni, wpływających na wielkość instalacji.

Instalacja agregatu kogeneracyjnego w obu wariantach wielkości jednostki nie wykazała się wystarczającą efektywnością ekonomiczną, zarówno przy realizacji w wariantcie komercyjnym, jak i w wariantcie z udziałem dotacji ze ZPORR oraz kredytu preferencyjnego z NFOŚiGW. W najbardziej korzystnym wariantcie, tj. dla jednostki o mocy elektrycznej 52 kW, dodatni wynik finansowy pojawia się dopiero w 14 roku eksploatacji inwestycji, pomimo znaczącego udziału preferencyjnych środków finansowych. Jakkolwiek wskaźniki opłacalności ekonomicznej są niezbyt korzystne, wskaźniki efektywności ekologicznej kształtują się bardzo korzystnie.

Z powyższych względów na chwilę obecną brak jest przesłanek przemawiających za realizacją omawianej w studium inwestycji. Wynika to z istnienia jedynie niewielkiej nadwyżki biogazu. Jednakże istnieją pewne działania, których realizacja może wpłynąć na znaczne polepszenie wskaźników opłacalności ekonomicznej, a co za tym idzie, może spowodować celowość realizacji tej inwestycji w przyszłości. Działaniami tymi są:

- budowa drugiego WKFZ: jest to działanie będące w planach inwestycyjnych na najbliższe lata, budowa komory wpłynie na wzrost ilości wytwarzanego biogazu,
- opomiarowanie ilości ciepła zużywanego do celów technologicznych oraz do ogrzewania budynku biurowego, częściowo wykorzystywanego przez obce firmy i instytucje: na chwilę obecną brak jest szczegółowych danych dotyczących zużycia ciepła, co powoduje konieczność praktycznej weryfikacji założeń przyjętych w studium, ponadto z racji faktu, że największy budynek ogrzewany z sieci ciepłej oczyszczalni jest wykorzystywany przez nią w znikomym stopniu, istnieje możliwość zasilenia go odrębnym źródłem ciepła (kocioł gazowy), co spowoduje powstanie dodatkowych nadwyżek biogazu. Po opomiarowaniu instalacji ciepłej oraz zebraniu danych za okres minimum 1 roku, obliczenia przeprowadzone w studium winny być powtórzone z uwzględnieniem możliwości zasilenia budynku biurowego z odrębnego źródła ciepła.

2. Definicja projektu.

Przedmiotem projektu jest wykorzystanie biogazu do wspomagania zaopatrzenia obiektów oczyszczalni ścieków w Zawierciu w ciepło i energię elektryczną.

3. Charakterystyka projektu.

Oczyszczalnia ścieków w Zawierciu zlokalizowana jest w północnej części miasta przy ulicy Włodowskiej. Mieści się ona bezpośrednio przy lewym brzegu rzeki Warty, która jest jednocześnie miejscem zrzutu ścieków oczyszczonych. Oczyszczalnia zajmuje teren o powierzchni ok. 8 ha. Oczyszczalnia jest eksploatowana przez Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o., natomiast jej właścicielem jest gmina Zawiercie.

Oczyszczalnia ścieków oddana została do użytku w roku 1970. Pierwotnie wyposażona była wyłącznie w część mechaniczną, jednakże już w połowie lat 70-tych dobudowana została część biologiczna. Oczyszczalnia pierwotnie zaprojektowana została dla maksymalnej ilości oczyszczanych ścieków w ilości 17.400 m³/dobę. Obecny kształt oczyszczalni jest efektem przeprowadzonej w latach 1993-98 gruntownej modernizacji, której założeniem było rozpoczęcie usuwania związków biogenych w cyklu oczyszczania biologicznego oraz zwiększenie przepustowości oczyszczalni. W jej ramach powstało wiele nowych obiektów, jak również wiele wyeksploatowanych urządzeń zostało wymienionych na nowe.

Przepustowość nominalna oczyszczalni wynosi obecnie 32.000 m³/dobę, aktualnie średnioroczna ilość oczyszczanych ścieków wynosi ok. 18.000 m³/dobę. Oczyszczalnia swym zasięgiem obejmuje znaczną część obszaru miasta Zawiercia, natomiast ścieki z obszarów nieskanalizowanych dowożone są do punktu zlewnego usytuowanego na terenie oczyszczalni w ilości do 5.000 m³/m-c. Dopływające z miasta ścieki są ściekami o charakterze socjalno-bytowym z udziałem ścieków przemysłowych. Pomimo rozdzielnej kanalizacji sanitarnej i deszczowej, w okresach ulewnych deszczów zauważalny jest znaczny wzrost ilości dopływających ścieków, dochodzący do 24.000 m³/dobę, co jest wynikiem infiltracji ścieków przypadkowych do kanalizacji.

Oczyszczalnia ścieków w Zawierciu jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną z usuwaniem substancji biogenych. Otrzymywane w trakcie procesu oczyszczania ścieków osady ściekowe poddawane są fermentacji mezofilowej w jednej wydzielonej zamkniętej komorze fermentacyjnej (WKFZ). Na osady te składają się: osad surowy, pochodzący z oczyszczania mechanicznego (z osadników wstępnych) oraz wytworzony w osadnikach wtórnych osad biologiczny (nadmierny). Oba rodzaje osadów trafiają do WKFZ poprzez dwa zagęszczacze grawitacyjne. Osady przed wprowadzeniem do WKFZ łączą się z osadem cyrkulowanym, a następnie trafiają do spiralnych wymienników ciepła, w których są podgrzewane w celu uzyskania prawidłowej do procesu fermentacji temperatury (32 – 35 °C). Przefermentowany osad przepompowywany jest do dwóch wydzielonych otwartych komór fermentacyjnych (WKFO) pełniących rolę magazynu osadu, gdzie jest on poddawany stabilizacji tlenowej oraz gdzie następuje jego grawitacyjne odwadnianie, odgazowanie oraz homogenizacja. Następnie jest on mechanicznie odwadniany na prasach taśmowych. Średnioroczna produkcja osadu wynosi ok. 4.000 – 5.000 ton, jego uwodnienie wynosi ok. 65 %. Odwodniony osad, jak również pozostałe powstające na terenie oczyszczalni

zanieczyszczenia stałe, usunięte ze ścieków w procesie oczyszczania mechanicznego (skratki z krat i piasek z piaskownika) są wywożone są na wysypisko śmieci.

Produktem fermentacji osadów ściekowych jest biogaz, którego głównymi składnikami są metan (aktualnie ok. 66 %) oraz dwutlenek węgla. Ze względu na wysoką zawartość metanu produkowany biogaz posiada stosunkową wysoką wartość opałową, która czyni go przydatnym do wykorzystania w celach energetycznych. Biogaz ten swoimi parametrami odpowiada jakościowo gazowi ziemnemu typu GZ-30.

Na terenie oczyszczalni zlokalizowana jest kotłownia gazowa, zasilana biogazem oraz gazem ziemnym. Wyposażona jest ona w trzy kotły wodne, każdy o mocy 340 kW. Dwa kotły pracują jako jednostki podstawowe, natomiast trzeci pełni funkcję rezerwową. Wszystkie kotły wyposażone są w palniki dwusystemowe. Łączna moc nominalna kotłowni wynosi zatem 1 MW. Woda wychodząca z kotłów regulowana jest stałotemperaturowo, a następnie zostaje rozdzielona na dwa obiegi, technologiczny oraz centralnego ogrzewania (c.o.). Temperatura w poszczególnych obiegach regulowana jest za pomocą układów zmieszania. Temperatura wody kierowanej do podgrzewu osadów utrzymywana jest na poziomie 50 °C, natomiast temperatura wody w obiegu c.o. regulowana jest pogodowo (w zależności od temperatury zewnętrznej). Przygotowanie ciepłej wody użytkowej odbywa się lokalnie w punktach poboru za pomocą podgrzewaczy elektrycznych. Biogaz magazynowany jest w zbiorniku dwupowłokowym o pojemności użytkowej 400 m³. Występująca w sezonie letnim nadwyżka biogazu kierowana jest do spalania w pochodni.

Na dzień dzisiejszy biogaz jest wykorzystywany w celach energetycznych na terenie oczyszczalni ścieków w Zawierciu. Nie jest on jednakże wykorzystywany w sposób najbardziej efektywny. Różnorodne rozwiązania techniczne zastosowane w niektórych oczyszczalniach ścieków, w których realizowana jest gospodarka osadowa z produkcją biogazu, wskazują na możliwości innego wykorzystania biogazu, a mianowicie do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła przy zastosowaniu agregatów kogeneracyjnych. Aplikacje te pozwoliły na istotne obniżenie kosztów zakupu energii elektrycznej, która stanowi główną pozycję w bilansie kosztów energetycznego zaopatrzenia oczyszczalni, przy równoczesnym wytwarzaniu niezbędnego do celów technologicznych ciepła.

4. Analiza techniczna.

4.1. Bilans popytu i podaży czynników energetycznych na terenie oczyszczalni ścieków.

4.1.1. Energia elektryczna.

Oczyszczalnia ścieków w Zawierciu ma zawartą umowę na dostawę energii elektrycznej z Enion S.A. – Oddział w Będzinie. Deklarowana przez odbiorcę moc przyłączeniowa (tzw. moc zamówiona) wynosi 500 kW. Na terenie oczyszczalni ścieków zlokalizowane są dwie stacje transformatorowe, w których mieszczą się również rozdzielnie niskiego napięcia. Stacje trafo połączone są ze sobą linią kablową średniego napięcia.

Oczyszczalnia kupuje energię elektryczną w warunkach grupy taryfowej B23. W poniższej tabeli przedstawiono aktualnie końcowe stawki opłat (energia elektryczna + przesył).

Szczyt przedpołudniowy:	216,41 zł/MWh
Szczyt popołudniowy:	314,93 zł/MWh
Pozostałe godziny doby:	145,36 zł/MWh
Składnik stały stawki sieciowej (moc zamówiona):	6.580,00 zł/MW/m-c
Opłata abonamentowa:	105,00 zł/m-c

Okresy trwania szczytów energetycznych:

Szczyt przedpołudniowy:	cały rok	7.00 – 13.00
Szczyt popołudniowy:	1.IV – 30.IX	19.00 – 22.00
	1.X – 31.III	16.00 – 21.00
Poza szczytem:	pozostałe godziny doby oraz soboty i święta	

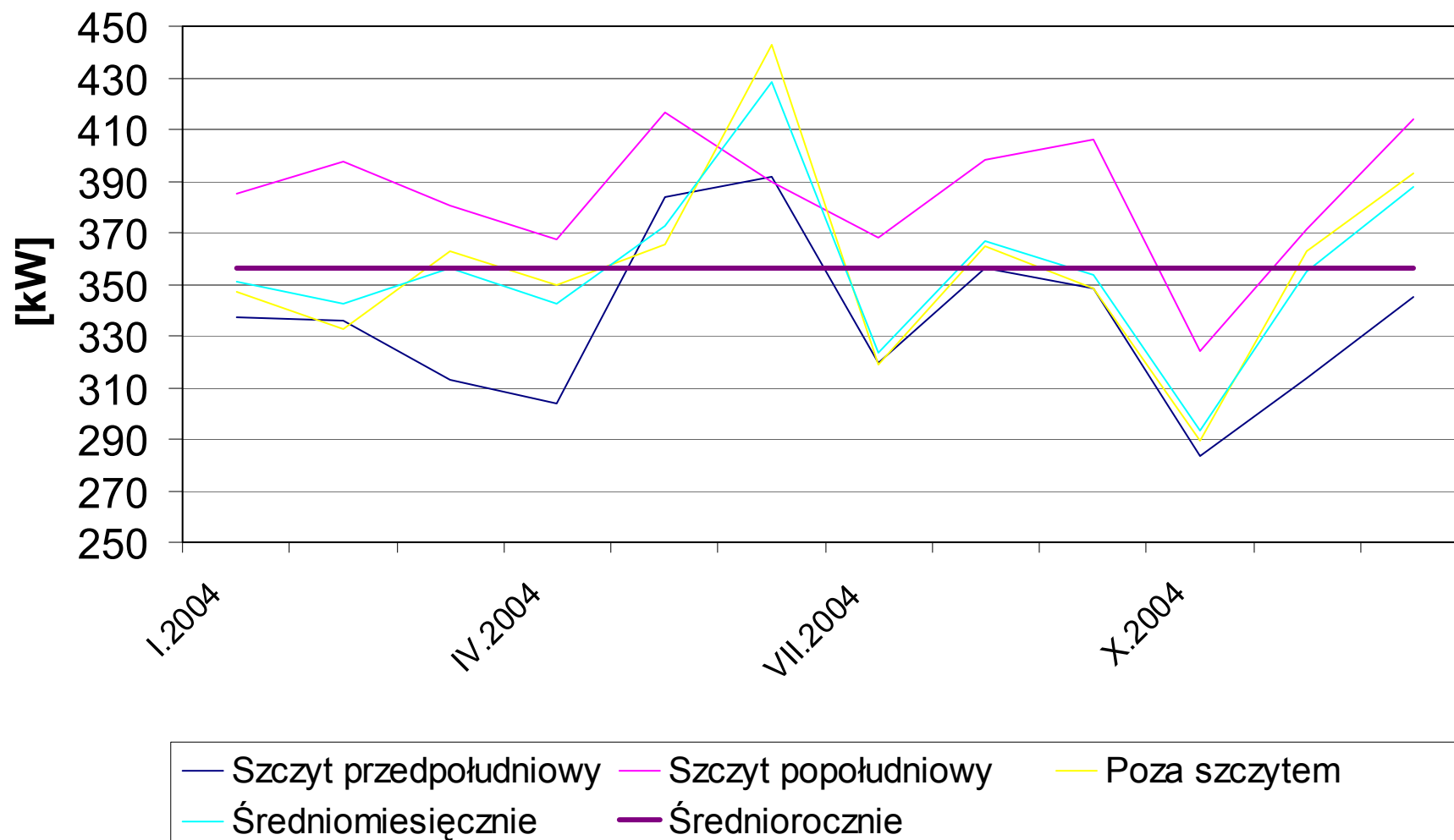
Uśredniona proporcjonalnie w ciągu całego roku stawka energii elektrycznej (bez mocy zamówionej i opłaty abonamentowej) wynosi 191,38 zł/MWh. Natomiast aktualna średnia cena zakupu energii elektrycznej z uwzględnieniem wszystkich rodzajów stawek wynosi ok. 200 zł/MWh. W okresie obowiązywania poprzedniej taryfy, tj. w roku 2004, średnia cena zakupu energii elektrycznej wyniosła 193,50 zł/MWh.

Na kolejnych stronach przedstawiono tabele i wykresy obrazujące wielkości poboru energii elektrycznej i średniego poboru mocy elektrycznej. Analizując te dane stwierdzić można, że w zakresie wartości średniomiesięcznych chwilowy pobór mocy przez oczyszczalnię ścieków zmieniał się w zakresie od 283 do 443 kW. Średni pobór mocy elektrycznej wyniósł w 2004 roku 356 kW. Na tej podstawie minimalny chwilowy pobór energii elektrycznej oszacować można na poziomie 200 kW.

Miesiąc	Szczyt przedpołudniowy		Szczyt popołudniowy		Poza szczytem		Razem	
	Pobór energii [kWh]	Średni pobór mocy [kW]	Pobór energii [kWh]	Średni pobór mocy [kW]	Pobór energii [kWh]	Średni pobór mocy [kW]	Pobór energii [kWh]	Średni pobór mocy [kW]
I.2004	44 504	337	42 332	385	174 311	347	261 147	351
II.2004	40 327	336	39 784	398	158 405	333	238 516	343
III.2004	43 213	313	43 762	381	178 215	363	265 190	356
IV.2004	40 066	304	24 249	367	182 416	349	246 731	343
V.2004	48 394	384	26 239	416	202 731	365	277 364	373
VI.2004	51 679	392	25 730	390	231 159	443	308 568	429
VII.2004	42 138	319	24 281	368	174 084	319	240 503	323
VIII.2004	47 031	356	26 291	398	199 291	365	272 613	366
IX.2004	45 952	348	26 798	406	181 745	348	254 495	353
X.2004	35 714	283	34 043	324	148 473	289	218 230	293
XI.2004	41 400	314	40 820	371	173 541	363	255 761	355
XII.2004	47 644	345	47 604	414	193 099	393	288 347	388
RAZEM	528 062	336	401 933	384	2 197 470	357	3 127 465	356

Wielkości poboru energii elektrycznej w [kWh] oraz średnie wielkości poboru mocy w [kW] dla oczyszczalni ścieków.

Średni pobór mocy elektrycznej przez oczyszczalnię ścieków



4.1.2. Ciepło.

Podstawowym źródłem ciepła na terenie oczyszczalni ścieków w Zawierciu jest biogaz. Ciepło wytworzone z biogazu służy do celów technologicznych (podgrzew osadu ściekowego) oraz ogrzewania budynków. Dodatkowo oczyszczalnia okresowo dokonuje zakupu gazu ziemnego, który w okresach zwiększonego zapotrzebowania na ciepło jest spalany w jednym z kotłów.

W przypadku produkcji ciepła z gazu ziemnego, jednostkowa cena ciepła (bez uwzględnienia kosztów inwestycji, eksploatacji i amortyzacji, czyli przy uwzględnieniu wyłącznie kosztu zakupu paliwa) dla przyjętych parametrów:

- sprawność wytwarzania ciepła 90 %,
- wartość opałowa 34,5 MJ/m³,
- aktualna cena zakupu 0,83 zł/m³,

wynosi 26,73 zł/GJ, natomiast bez uwzględnienia sprawności wytwarzania ciepła, tj. koszt energii chemicznej zawartej w paliwie, wynosi 24,06 zł/GJ.

Zużycie gazu ziemnego w roku 2004 prezentuje poniższa tabela.

Miesiąc	Zużycie [m ³]
I	19.045
II	13.405
III	11.616
IV	1.400
V	0
VI	0
VII	0
VIII	0
IX	0
X	1.703
XI	7.456
XII	10.749
RAZEM:	65.374

W zakresie biogazu znana jest jedynie roczna wielkość produkcji, która w roku 2004 wyniosła 303.000 m³. Stąd średnia wielkość produkcji wynosi 34,5 m³/h. W okresie od maja do września, występująca w stosunku do potrzeb cieplnych oczyszczalni nadwyżka biogazu kierowana była do spalania na pochodni. Średnia wartość opałowa biogazu wynosi 23,6 MJ/m³.

W celu określenia bilansu cieplnego oczyszczalni, tj. wielkości rocznego zużycia ciepła oraz zapotrzebowania na moc cieplną, w rozbiciu na technologię oraz ogrzewanie, przyjęto następujące założenia:

Dane klimatyczne.

Dane klimatyczne przyjęto zgodnie z normą jak dla miasta Częstochowy, tj.:

czas trwania sezonu grzewczego:	222 dni (miesiące X – IV oraz po 5 dni w miesiącach IX i V), tj. 5.328 h
średnia temperatura sezonu grzewczego:	2,7 °C
czas trwania okresu międzygrzewczego:	143 dni, tj. 3.432 h
średnia temperatura okresu międzygrzewczego:	15,4 °C
obliczeniowa temperatura zewnętrzna:	-20 °C
średnioroczna temperatura zewnętrzna:	7,7 °C

Temperatura równowagi.

Jako temperaturę równowagi, tj. temperaturę zewnętrzną, dla której produkcja biogazu całkowicie i bez nadwyżki pokrywa zapotrzebowanie na ciepło, przyjęto 10 °C, co wynika z okresu, w jakim załączane jest dodatkowe źródło ciepła wykorzystujące gaz ziemny.

a) Zapotrzebowanie mocy cieplnej dla podgrzewu osadów.

Wielkość ta jest sumą zapotrzebowania mocy dwóch procesów:

- straty ciepła w WKFZ,
- podgrzewu dopływającego zimnego osadu.

Stratę ciepła przez ścianki WKFZ na podstawie jego wymiarów określono na poziomie 100 kW w zimie (moc obliczeniowa) oraz 60 kW w lecie.

Średniodobowa ilość kierowanych do WKFZ osadów w roku 2004 wyniosła 60 m³. Ze względu na bardzo wysoki stopień uwodnienia osadów, rzędu 95 %, ciepło właściwe osadu można przyjąć jak dla wody. Średni przepływ wyniósł zatem 2,5 m³/h, stąd wymagana moc cieplna dla podgrzania osadu od temperatury 5 °C (zakładana minimalna temperatura osadu w okresie zimowym) do temperatury 35 °C (wymagana temperatura osadu dla prawidłowego przebiegu procesu fermentacji) wynosi 87 kW. Zapotrzebowanie na moc cieplną do podgrzania świeżego osadu poza sezonem grzewczym wynosi 73 kW.

b) Zapotrzebowanie mocy cieplnej dla ogrzewania obiektów.

Ponieważ nie jest znany szczegółowy bilans cieplny budynków, obliczenia zapotrzebowania na moc cieplną dokonano na podstawie znajomości bilansu podgrzewu technologicznego, temperatury równowagi oraz średniej wielkości produkcji biogazu. Otóż w temperaturze równowagi pobór mocy cieplnej do ogrzewania budynków jest różnicą pomiędzy wytwarzaną mocą cieplną przez kotłownię biogazową, a poborem mocy cieplnej na cele technologiczne.

Średnia produkcja biogazu:	34,5 m ³ /h
Wartość opałowa biogazu:	23,6 MJ/m ³

Sprawność wytwarzania ciepła:	90 %
Stąd otrzymujemy: Średnia moc cieplna:	204 kW
Pobór mocy cieplnej przez technologię przy 12 °C:	139 kW
Stąd otrzymujemy: Pobór mocy cieplnej przez budynki przy 12 °C: Pobór mocy cieplnej przez budynki przy -20 °C:	65 kW 325 kW

c) Bilans cieplny oczyszczalni.

W poniższej tabeli zestawiono określony na podstawie powyższych obliczeń bilans cieplny oczyszczalni.

Wykorzystanie ciepła	Zapotrzebowanie na moc cieplną poza sezonem grzewczym [kW]	Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną [kW]	Udział [%]	Roczne zużycie ciepła [GJ]	Udział [%]
Ogrzewanie obiektów	0	325	63,5	2.698	37,0
Technologia – strata ciepła przez ściany WKFZ	60	100	19,5	2.209	30,3
Technologia – podgrzew zimnego osadu	73	87	17,0	2.390	32,7
RAZEM	133	512	100,0	7.297	100,0

Zapotrzebowanie na moc cieplną oczyszczalni w trakcie sezonu grzewczego jest zmienne i zależne od temperatury zewnętrznej. Natomiast ze względu na brak ogrzewania obiektów poza sezonem grzewczym, zapotrzebowanie na moc cieplną oczyszczalni charakteryzuje się w tym okresie znacznie mniejszą zmiennością i można je przyjąć w stałej wielkości, określonej dla średniej temperatury zewnętrznej tego okresu.

Aby określić prawidłowość przeprowadzonych obliczeń, bilans cieplny oczyszczalni należy porównać z rzeczywistymi wielkościami ciepła wytwarzanymi oraz zużywanymi na terenie oczyszczalni. Niestety, za wyjątkiem ilości wytwarzanego biogazu oraz zakupionego gazu ziemnego, żadne wielkości związane z ciepłem nie są mierzone. Ilość energii chemicznej zawartej w paliwie można jednak wyznaczyć znając ilość zużytego paliwa oraz jego wartość opałową.

Dla biogazu wartości te przedstawiają się w sposób następujący:

wartość opałowa:	23,6 MJ/m ³
ilość wytworzonego paliwa:	303.000 m ³ /rok
energia chemiczna zawarta w paliwie:	7.151 GJ/rok

Dla gazu ziemnego wartości te przedstawiają się w sposób następujący:

wartość opałowa:	34,5 MJ/m ³
ilość zakupionego paliwa:	65.374 m ³ /rok
energia chemiczna zawarta w paliwie:	2.255 GJ/rok

Całkowita ilość energii zawartej w paliwie wyniosła 9.406 GJ, z czego 76 % przypada na biogaz, a 24 % na gaz ziemny. Widać więc, że gaz ziemny stanowi istotny udział w bilansie źródeł energii dla oczyszczalni.

Powiązaniem występującym pomiędzy ilością energii chemicznej zawartej w paliwie, a ilością wykorzystanego ciepła użytecznego jest sprawność systemu grzewczego, dla której wyróżnić można sprawności składowe: wytwarzania, przesyłu regulacji i wykorzystania. Dla analizowanego obiektu główny wpływ będzie miała sprawność wytwarzania, która określana jest przez sprawność źródeł ciepła – kotłów, dla których zgodnie z danymi zawartymi w literaturze przyjęto sprawność na poziomie 90 %.

energia chemiczna zawarta w paliwie:	9.406 GJ
sprawność kotłów:	90 %
ilość ciepła wytworzonego przez kotły:	8.466 GJ

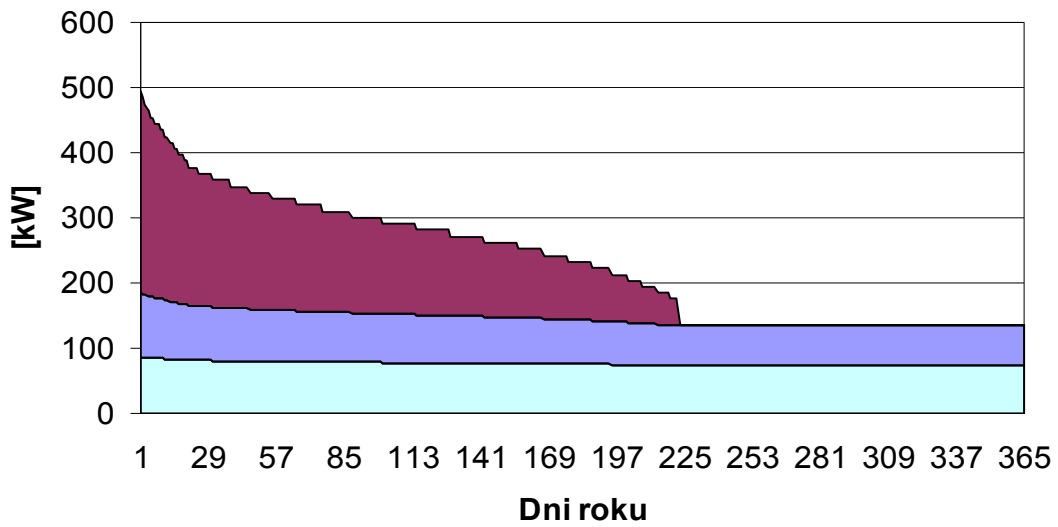
Kolejnym wymagającym uwzględnienia elementem jest fakt, że w okresie nadwyżki biogazu jest on spalany na pochodni. Ilość biogazu spaloną na pochodni, przeliczoną na ilość ciepła użytecznego, określono w wysokości 876 GJ.

ilość ciepła użytecznego:	8.466 GJ
ilość ciepła w biogazie spalonym w pochodni:	876 GJ
ilość ciepła wykorzystanego na cele c.o. i technologiczne:	7.590 GJ

Porównując otrzymany z bilansu paliw wynik (7.590 GJ) z wartością otrzymaną w wyniku zbilansowania potrzeb cieplnych oczyszczalni (7.297 GJ), można stwierdzić wysoką ich zgodność, bowiem różnica wynosi 3,9 %. Stąd uzyskane wyniki potwierdzają prawidłowość przyjętych do obliczeń w obu metodykach założeń. Do dalszych wyliczeń przyjęto wyniki otrzymane w wyniku bilansu cieplnego oczyszczalni.

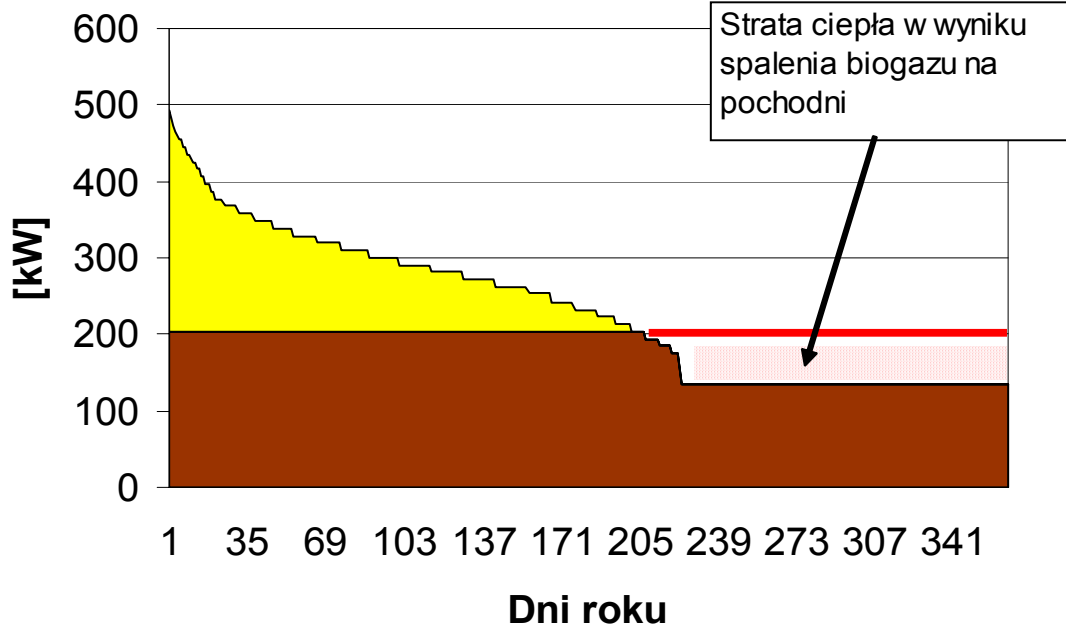
Na następnej stronie przedstawiono wykresy uporządkowane zapotrzebowania na moc cieplną w rozbiciu na rodzaje odbiorów ciepła oraz źródeł ciepła.

Wykres uporządkowany zapotrzebowania na moc ciepłą OŚ w Zawierciu - podział ze względu na rodzaj odbioru ciepła



- Centralne ogrzewanie
- Strata ciepła w WKFZ
- Podgrzew zimnego osadu

Wykres uporządkowany zapotrzebowania na moc ciepłą OŚ w Zawierciu - podział ze względu na rodzaj źródła ciepła



- Biogaz
- Gaz ziemny

4.2. Wykorzystanie agregatu kogeneracyjnego do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła.

Projektuje się zastosowanie agregatu kogeneracyjnego firmy Viessmann, model Vitobloc FG, przeznaczonego do spalania biogazu. Typoszereg jednostek FG przedstawia poniższa tabela.

Model	Moc elektryczna [kW]	Moc cieplna [kW]	Zużycie biogazu [m ³ /h] ^{*)}
FG 34	34	58	16,0
FG 40	40	65	18,0
FG 52	52	87	23,9
FG 94	94	138	40,9
FG 120	120	197	54,2
FG 189	189	271	80,5
FG 300	300	477	131,8
FG 360	360	533	150,3

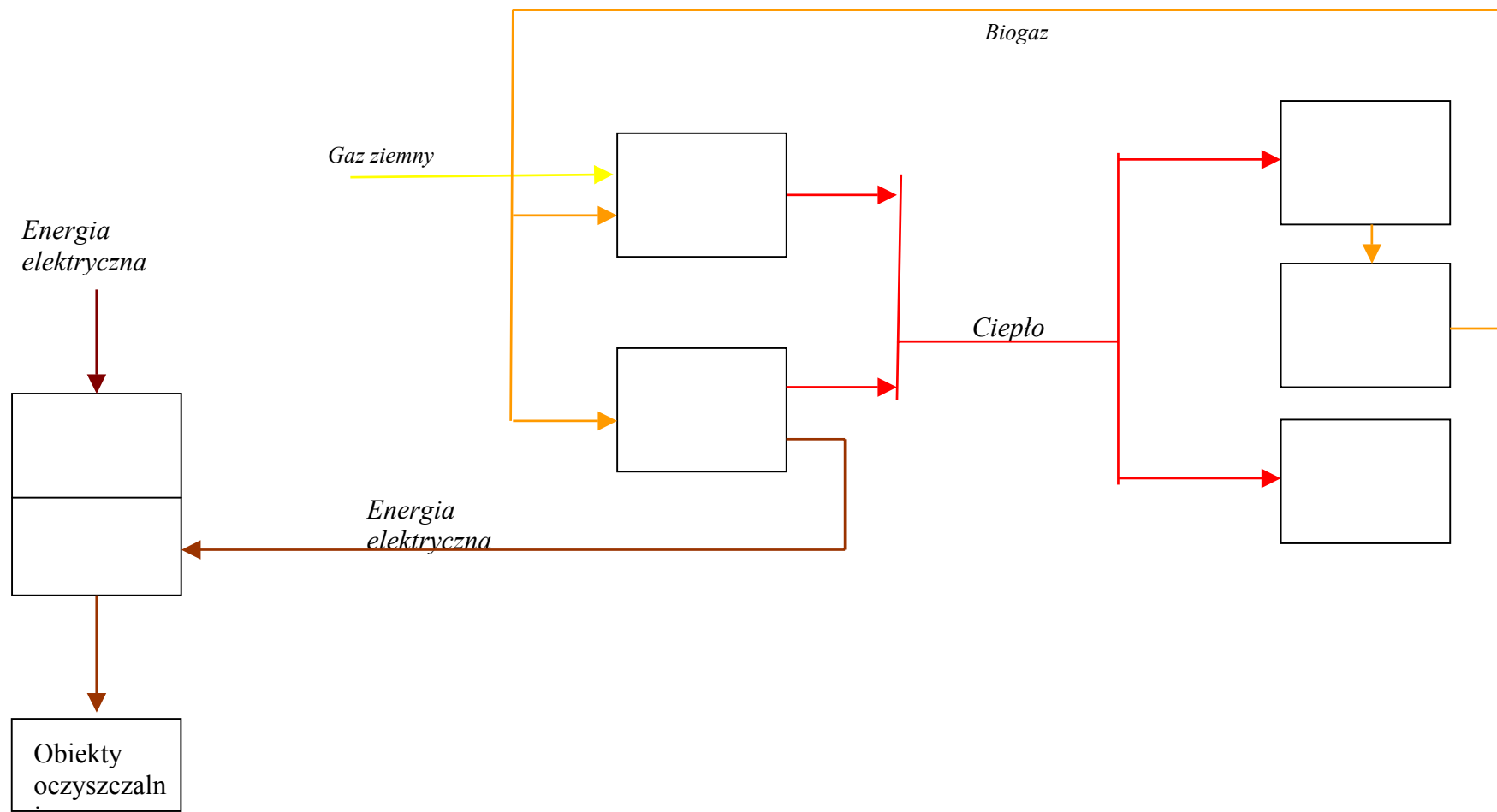
^{*)} – dla biogazu o wartości opałowej jak dla o.ś. w Zawierciu, tj. 23,6 MJ/m³

Bieżąca średnia produkcja biogazu wynosi 34,5 m³/h. Ponieważ w typoszeregu brak jest jednostki spalającej taką samą bądź zbliżoną ilość biogazu, istnieją dwie podstawowe możliwości doboru jednostki kogeneracyjnej:

- o nominalnym zużyciu biogazu bezpośrednio mniejszym od jego średniej wielkości produkcji,
- o nominalnym zużyciu biogazu bezpośrednio większym od jego średniej wielkości produkcji.

Pierwsza możliwość charakteryzuje się niższym kosztem inwestycyjnym oraz pełnym wykorzystaniem zainstalowanej jednostki, natomiast możliwość druga charakteryzuje się lepszym wykorzystaniem biogazu – cała jego ilość spalana jest w agregacie. Z tych względów przeanalizowane zostaną obie możliwości.

Na następnej stronie przedstawiono schemat ideowy włączenia agregatu kogeneracyjnego do instalacji cieplnej oraz elektrycznej oczyszczalni. Agregat projektuje się zlokalizować w kotłowni, która dysponuje wystarczającą ilością wolnego miejsca do jego instalacji. Dzięki temu całkowicie uproszczone zostanie podłączenie agregatu do instalacji cieplnej. W zakresie wyprowadzenia mocy elektrycznej ułożyć należy przewód niskiego napięcia pomiędzy budynkiem kotłowni, a najbliższą rozdzielnią niskiego napięcia zlokalizowaną przy stacji trafo (S-01). Ze względu na fakt, że agregat wyposażony jest w obudowę dźwiękochłonną, nie istnieją żadne dodatkowe wymagania odnośnie ochrony przed hałasem, zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz budynku.



Schemat blokowy podłączenia agregatu kogeneracyjnego do istniejącego systemu ciepłno-energetycznego oczyszczalni ścieków w Zawierciu.

4.2.1. Instalacja jednostki FG 52.

Szczegółowe dane techniczne jednostki FG 52 przedstawia poniższa tabela.

Moc elektryczna	52 kW
Sprawność elektryczna	33,1 %
Moc cieplna	87 kW
Sprawność cieplna	55,4 %
Moc wejściowa zawarta w paliwie	157 kW
Sprawność całkowita	88,5 %
Zużycie biogazu	23,9 m ³ /h
Wymiary	2,4 x 0,9 x 1,8 m
Masa	1.970 kg
Głośność	62 dB(A)/1 m

Zastosowanie tej jednostki oznacza, że pozostanie do wykorzystania 10,6 m³/h biogazu, który może być spalony w kotle celem wytworzenia dodatkowej ilości ciepła. Spalenie tego biogazu w kotle oznacza dodatkową moc cieplną w wysokości 63 kW, stąd łączna moc cieplna systemu w oparciu wyłącznie o biogaz wynosi 150 kW. Ponieważ zapotrzebowanie na moc cieplną poza sezonem grzewczym wynosi 133 kW, potrzeby cieplne oczyszczalni w tym okresie zostaną całkowicie zaspokojone. Natomiast w całym okresie sezonu grzewczego wystąpi zapotrzebowanie na gaz ziemny.

Czas pracy agregatu w ciągu roku:	8.400 h
Wyprodukowana ilość energii elektrycznej:	436.800 kWh
Wyprodukowana ilość ciepła użytecznego z biogazu:	
przez agregat kogeneracyjny:	2.631 GJ
przez kocioł biogazowy:	1.959 GJ
Wyprodukowana ilość ciepła z gazu ziemnego:	2.707 GJ
Zapotrzebowanie na gaz ziemny:	87.182 m ³
Dodatkowa ilość gazu ziemnego w stosunku do stanu bieżącego:	21.808 m ³

4.2.2. Instalacja jednostki FG 94.

Szczegółowe dane techniczne jednostki FG 94 przedstawia poniższa tabela.

Moc elektryczna	94 kW
Sprawność elektryczna	35,1 %
Moc cieplna	138 kW
Sprawność cieplna	51,5 %
Moc wejściowa zawarta w paliwie	268 kW
Sprawność całkowita	86,6 %
Zużycie biogazu	40,9 m ³ /h
Wymiary	2,6 x 0,9 x 2,0 m
Masa	2.500 kg
Głośność	70 dB(A)/1 m

Zastosowanie tej jednostki oznacza, że spalając cały dostępny biogaz agregat pracować będzie z obciążeniem 84,4 %. Stąd jego chwilowa moc elektryczna wyniesie 79,3 kW, a cieplna 116,4 kW. Tak więc nawet w okresie międzygrzewczym bilans cieplny będzie musiał zostać uzupełniony poprzez spalanie gazu ziemnego.

Czas pracy agregatu w ciągu roku:	8.400 h
Wyprodukowana ilość energii elektrycznej:	666.120 kWh
Wyprodukowana ilość ciepła użytecznego z biogazu:	
przez agregat kogeneracyjny:	3.520 GJ
przez kocioł biogazowy:	0 GJ
Wyprodukowana ilość ciepła z gazu ziemnego:	3.777 GJ
Zapotrzebowanie na gaz ziemny:	121.643 m ³
Dodatkowa ilość gazu ziemnego w stosunku do stanu bieżącego:	56.269 m ³

5. Analiza ekonomiczna.

Wszelkie obliczenia finansowe zostaną przeprowadzone w cenach netto (bez podatku VAT). Przy przeliczeniu z euro na złote przyjęto kurs 1 EUR = 4,1 PLN.

5.1. Jednostka FG 52.

Nakłady inwestycyjne.

Na podstawie informacji od producenta, koszt kompletnego agregatu wraz z transportem, uruchomieniem, dokumentacją określono w kwocie 111.000 euro, tj. 455.100 zł. Koszty projektów technicznych, montażu oraz urządzeń i materiałów pomocniczych określono w wysokości 30 % wartości urządzenia, tj. 136.530 zł.

Całkowity nakład inwestycyjny przyjęto w wysokości 592.000 zł

Oszczędności.

Wyprodukowana ilość energii elektrycznej:	436.800 kWh
Jednostkowa cena energii elektrycznej:	0,20 zł/kWh

Stąd roczna oszczędność z tytułu zmniejszenia zakupu energii elektrycznej z sieci wynosi 87.360 zł.

Koszty eksploatacyjne.

Z tytułu eksploatacji agregatu pojawią się dodatkowe koszty eksploatacyjne: zakup dodatkowej ilości gazu ziemnego oraz koszty planowych przeglądów i napraw agregatu.

Dodatkowa ilość gazu ziemnego:	21.808 m ³
Jednostkowa cena gazu ziemnego:	0,83 zł/m ³

Czas pracy agregatu w roku:	8.400 h
Jednostkowy koszt eksploatacyjny agregatu:	6,36 zł/h

Stąd roczny całkowity koszt z tytułu eksploatacji agregatu wynosi 71.525 zł.

Po zbilansowaniu oszczędności oraz kosztów, instalacja jednostki FG 52 przyniesie dodatni wynik finansowy w wysokości 15.835 zł/rok.

Prosty czas zwrotu.

Prosty czas zwrotu (SPBT) wynosi 37 lat.

5.2. Jednostka FG 94.

Nakłady inwestycyjne.

Na podstawie informacji od producenta, koszt kompletnego agregatu wraz z transportem, uruchomieniem, dokumentacją określono w kwocie 147.000 euro, tj. 602.700 zł. Koszty projektów technicznych, montażu oraz urządzeń i materiałów pomocniczych określono w wysokości 30 % wartości urządzenia, tj. 180.810 zł.

Całkowity nakład inwestycyjny przyjęto w wysokości 784.000 zł

Oszczędności.

Wyprodukowana ilość energii elektrycznej:	666.120 kWh
Jednostkowa cena energii elektrycznej:	0,20 zł/kWh

Stąd roczna oszczędność z tytułu zmniejszenia zakupu energii elektrycznej z sieci wynosi 133.224 zł.

Koszty eksploatacyjne.

Z tytułu eksploatacji agregatu pojawią się dodatkowe koszty eksploatacyjne: zakup dodatkowej ilości gazu ziemnego oraz koszty planowych przeglądów i napraw agregatu.

Dodatkowa ilość gazu ziemnego:	56.269 m ³
Jednostkowa cena gazu ziemnego:	0,83 zł/m ³

Czas pracy agregatu w roku:	8.400 h
Jednostkowy koszt eksploatacyjny agregatu:	8,00 zł/h

Stąd roczny całkowity koszt z tytułu eksploatacji agregatu wynosi 113.903 zł.

Po zbilansowaniu oszczędności oraz kosztów, instalacja jednostki FG 94 przyniesie dodatni wynik finansowy w wysokości 19.321 zł/rok.

Prosty czas zwrotu.

Prosty czas zwrotu (SPBT) wynosi 41 lat.

Instalacja agregatu kogeneracyjnego na terenie oczyszczalni ścieków w Zawierciu nie jest zatem opłacalna przy realizacji inwestycji w wariacie komercyjnym. Dlatego do analizy ekonomicznej przyjęto wariant z wykorzystaniem możliwości, jakie daje Zintegrowany Program Operacyjny Rozwoju Regionalnego (ZPORR), tj. dotacja w wysokości 75 % z funduszy Unii Europejskiej oraz kredyt preferencyjny w wysokości 10 % z NFOŚiGW.

WARIANT A: JEDNOSTKA FG 52

Horyzont czasowy:	15 lat	Udział własny:	88 800 zł	15%
Nakład inwestycyjny:	592 000 zł	Kredyt:	59 200 zł	10%
Stopa dyskonta (r):	7,0 %	Odsetki:	8 954 zł	
Zmniejszenie kosztów:	15 835 zł	Dotacja:	444 000 zł	75%

Okres	Przychody	Wydatki				Sumaryczny przepływ finansowy w danym okresie	$1 / (1 + r)^n$	PV	NPV
	Zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych	Nakład inwestycyjny	Koszty eksploatacyjne	Rata kapitałowa	Rata odsetkowa				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	88 800	0	0	0	-88 800	1,00	-88 800	-88 800
1	15 835	0	0	5 920	1 695	8 220	0,93	7 683	-81 117
2	15 835	0	0	5 920	1 517	8 398	0,87	7 335	-73 782
3	15 835	0	0	5 920	1 339	8 576	0,82	7 000	-66 782
4	15 835	0	0	5 920	1 162	8 753	0,76	6 678	-60 104
5	15 835	0	0	5 920	984	8 931	0,71	6 368	-53 737
6	15 835	0	0	5 920	807	9 108	0,67	6 069	-47 667
7	15 835	0	0	5 920	629	9 286	0,62	5 783	-41 885
8	15 835	0	0	5 920	451	9 464	0,58	5 508	-36 377
9	15 835	0	0	5 920	274	9 641	0,54	5 244	-31 132
10	15 835	0	0	5 920	96	9 819	0,51	4 991	-26 141
11	15 835	0	0	0	0	15 835	0,48	7 523	-18 618
12	15 835	0	0	0	0	15 835	0,44	7 031	-11 587
13	15 835	0	0	0	0	15 835	0,41	6 571	-5 016
14	15 835	0	0	0	0	15 835	0,39	6 141	1 125
15	15 835	0	0	0	0	15 835	0,36	5 739	6 864

SPBT: 9,3 lat
 NPV: 6 864 zł
 IRR: 8,0 %

WARIANT B: JEDNOSTKA FG 94

Horizont czasowy:	15 lat	Udział własny:	117 600 zł	15%
Nakład inwestycyjny:	784 000 zł	Kredyt:	78 400 zł	10%
Stopa dyskonta (r):	7,0 %	Odsetki:	11 858 zł	
Zmniejszenie kosztów:	19 321 zł	Dotacja:	588 000 zł	75%

Okres	Przychody	Wydatki				Sumaryczny przepływ finansowy w danym okresie	1 / (1 + r)^n	PV	NPV
	Zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych	Nakład inwestycyjny	Koszty eksploatacyjne	Rata kapitałowa	Rata odsetkowa				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	117 600	0	0	0	-117 600	1,00	-117 600	-117 600
1	19 321	0	0	7 840	2 244	9 237	0,93	8 633	-108 967
2	19 321	0	0	7 840	2 009	9 472	0,87	8 273	-100 694
3	19 321	0	0	7 840	1 774	9 707	0,82	7 924	-92 770
4	19 321	0	0	7 840	1 539	9 942	0,76	7 585	-85 185
5	19 321	0	0	7 840	1 303	10 178	0,71	7 256	-77 929
6	19 321	0	0	7 840	1 068	10 413	0,67	6 938	-70 990
7	19 321	0	0	7 840	833	10 648	0,62	6 631	-64 359
8	19 321	0	0	7 840	598	10 883	0,58	6 334	-58 025
9	19 321	0	0	7 840	363	11 118	0,54	6 048	-51 977
10	19 321	0	0	7 840	127	11 354	0,51	5 772	-46 206
11	19 321	0	0	0	0	19 321	0,48	9 179	-37 027
12	19 321	0	0	0	0	19 321	0,44	8 579	-28 448
13	19 321	0	0	0	0	19 321	0,41	8 018	-20 430
14	19 321	0	0	0	0	19 321	0,39	7 493	-12 937
15	19 321	0	0	0	0	19 321	0,36	7 003	-5 934

SPBT:	10,1 lat
NPV:	-5 934 zł
IRR:	6,3 %

6. Analiza oddziaływania na środowisko.

Instalacja agregatu kogeneracyjnego w warunkach oczyszczalni ścieków w Zawierciu powoduje powstanie dwójakiego wpływu na środowisko:

- pozytywnego: poprzez ograniczenie emisji ze spalania węgla kamiennego w elektrowni zawodowej,
- negatywnego: poprzez powstanie emisji ze spalania dodatkowej ilości gazu ziemnego na terenie oczyszczalni.

Poniższa tabela przedstawia pozytywny i negatywny efekt ekologiczny wyrażony w ilości paliwa/energii dla obu wariantów instalacji.

	Jednostka FG 52	Jednostka FG 94
Zaoszczędzona ilość energii elektrycznej	436,8 MWh	666,12 MWh
Spalona ilość gazu ziemnego	21.808 m ³	56.269 m ³

Zgodnie z *Instrukcją nr 1/96 MOŚZNiL* dla energetycznego spalania gazu ziemnego wysokometanowego w urządzeniach o wydajności cieplnej poniżej 1,4 MW, wskaźniki unosu substancji zanieczyszczających przedstawiają się w sposób następujący:

<i>Substancja</i>	<i>Wskaźnik unosu</i> <i>[kg/10⁶m³]</i>
SO ₂ *)	80
NO ₂	1.280
CO	360
CO ₂	1.964.000
pył	15

*) - dla zawartości siarki w paliwie 40 mg/m³

Ponieważ brak jest oficjalnych i ujednoliconych informacji, określających wskaźniki unosu przy produkcji energii elektrycznej, przyjęto wskaźniki dla rzeczywistego źródła energii elektrycznej – Elektrowni Rybnik, która jest największym wytwórcą energii elektrycznej na terenie woj. śląskiego. Wskaźniki te przedstawiają się w sposób następujący:

<i>Substancja</i>	<i>Wskaźnik unosu</i> <i>[kg/MWh]</i>
SO ₂	5
NO ₂	1,9
CO	2,3
CO ₂	1.034
pył	0,6

W poniższej tabeli przedstawiono łączny efekt ekologiczny dla obu wariantów w przeliczeniu na wielkości emisji poszczególnych substancji zanieczyszczających.

Substancja	Efekt ekologiczny dla jednostki FG 52 [kg/rok]			Efekt ekologiczny dla jednostki FG 94 [kg/rok]		
	dodatni	ujemny	łączny	dodatni	ujemny	łączny
SO ₂	2.184	1,7	2.182	3.331	4,5	3.327
NO ₂	930	27,9	902	1.266	72,0	1.194
CO	1.005	7,9	997	1.532	20,3	1.512
CO ₂	451.651	42.831	408.820	688.768	110.512	578.256
pył	262	0,3	262	400	0,8	399

Ze względu na znaczącą produkcję energii elektrycznej, łączny efekt ekologiczny jest znaczący i ulega tylko bardzo nieznacznemu osłabieniu poprzez konieczność spalania dodatkowych ilości gazu ziemnego. Zmniejszenie emisji CO₂ do atmosfery wynosi 410 – 580 Mg/rok, zmniejszenie emisji SO₂ wynosi 2,2 – 3,3 Mg/rok, a zmniejszenie emisji NO₂ oraz CO jest rzędu 0,9 – 1,5 Mg/rok.

7. Załączniki.



Oczyszczalnia ścieków – część południowo-wschodnia



Oczyszczalnia ścieków – część południowo-zachodnia



Kotłownia gazowo - biogazowa



Wymienniki ciepła technologicznego – podgrzew osadów ściekowych

ZAKŁAD OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW

PLAN SYTUACYJNY 1:1000

1. Stacja zlewu.
2. Zespół krat i piaskowników.
3. Separator piaszczysty.
4. Pompownia główna ścieków surowych ze zbiornikiem wyrównawczym.
5. Osadniki wstępne.
6. Komory chemicznego strącania związków fosforu.
7. Komory beztlenowe - defosfatacji.
8. Komory nitrodenitritacji - anoksydacyjne.
9. Komory tlenowe.
10. Osadniki wtórne.
11. Pompownia recykulacji osadu.
12. Pompownia I stopnia - osadów, filtratów i wód nadosadowych.
13. Pompownia zakładowa.
14. Zagęszczacze osadu - grawitacyjne.
15. Wydzielone Komory Fermentacyjne Orwarte.
16. Wydzielone Komory Fermentacyjne Zamknięte.
17. Pompownia II stopnia wraz z wymiennikami ciepła.
18. Stacja pras osadowych.
19. Kociołnica gazowa.
20. Stacja dmuchaw.
21. Zbiornik PIX-u.
22. Stacja dozowania soli żelaza.
23. Stacja transformatorowa S-01.
24. Obszarzeźalniki gazu.
25. Zbiornik biogazu.
26. Pośrednia gazu.
27. Poletka osadowa.
28. Kompostownia skrutek.
29. Sław Biologiczny.
30. Kolektor ścieków oczyszczonych.
31. Wylot kolektora do odbiornika.
32. Dyspozytornia.
33. Stacja transformatorowa S-02.
34. Portiernia.
35. Budynek biurowy.
36. Budynek socjalno - warsztatowy.
37. Garaże.
38. Budynek magazynowe.

