

Experience from two years' operation of the Biogas Cogeneration Set at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Częstochowa

The paper discusses two years' commercial operation of the biogas cogeneration set with a GE JENBACHER engine type JMS 316 GS-B.LC, which was installed at the end of December 2008 at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Częstochowa. The analysis covered the time of operation and shutdowns, the number of the start-ups of the CHP set, its operation time utilization rate, the generation of electric power and heat, the average hourly electric and thermal load of the CHP set, the electrical energy balance of the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Częstochowa along with the degree of coverage of the Waste Treatment Plant's electrical energy and heat demand by their own production, the Waste Treatment Plant's biogas balance, unit biogas consumption by the CHP set, the servicing of the CHP set, and the economic effects achieved from the operation of the Cogeneration Set.

Key words: *biogas engine, cogeneration set, CHP – combined heat and power, industrial operation*

Doświadczenia z dwuletniej eksploatacji biogazowego zespołu kogeneracyjnego w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie

W pracy omówiono dwuletnią eksploatację przemysłową biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER typu JMS 316 GS-B.LC pracującego od końca grudnia 2008 roku w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie. Analizowano czas pracy i postojów, liczbę rozruchów zespołu CHP, stopień jego wykorzystania, produkcję energii elektrycznej i ciepła, średnie godzinowe obciążenie elektryczne i cieplne zespołu CHP, bilans energii elektrycznej oczyszczalni i stopień pokrycia zapotrzebowania oczyszczalni na energię elektryczną i ciepło produkcją własną, bilans biogazu w oczyszczalni, jednostkowe zużycie biogazu przez zespół kogeneracyjny, serwis zespołu kogeneracyjnego oraz uzyskane efekty ekonomiczne z eksploatacji tego zespołu.

Słowa kluczowe: *silnik biogazowy, zespół kogeneracyjny, energetyka skojarzona, eksploatacja przemysłowa.*

1. Introduction

As early as in the seventies of the past century, The WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Częstochowa, and actually its predecessor – the WARTA S.A. Commercial Water Company, undertook, on the initiative of Prof. Karol Cupiał from the Institute of Internal Combustion Engines and Control Technology (IMTiTS PCz) of the Częstochowa University of Technology, Poland's first trials on the utilization of biogas, a by-product of anaerobic sewage sludge fermentation, by using it for supplying piston engine-driven gas cogeneration sets [1]. In the eighties of the last century, the manufacture of a family of (100-300) kW WOLA HENSCHEL gas engines was started up in co-operation with ZMIN WOLA of Warsaw, and in the nineties, jointly with H. CEGIELSKI of Poznań, Poland's largest and most modern heat & power-generating set with an 8A20G (600kW/1000min

1. Wstęp

Oczyszczalnia Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie, a właściwie jej poprzedniczka Przemysłowa Spółka Wodna WARTA S.A. w Częstochowie, już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku, z inicjatywy prof. Karola Cupiała z Instytutu Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania Politechniki Częstochowskiej, podjęła pierwsze w Polsce próby utylizacji biogazu - produktu ubocznego beztlenowej fermentacji osadów ściekowych poprzez jego wykorzystanie do zasilania gazowych zespołów kogeneracyjnych z silnikami tłokowymi [1]. W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku, wspólnie z ZMIN WOLA Warszawa, uruchomiono produkcję rodziny silników gazowych WOLA HENSCHEL o mocach (100-300) kW, zaś w latach dziewięćdziesiątych wspólnie z H.CEGIELSKI-Poznań skonstruowano i przebadano gruntownie największy i najnowocześniejszy

¹) engine with the recovery of the heat of engine, oil, and blend cooling and exhaust gas heat was constructed and thoroughly tested [4, 5]. The cogeneration set with this engine was commercially operated in the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Czestochowa by IMTiTS PCz workers up to 2006 [2], and in 2008 it was sold and substituted with a cogeneration set with a GE JENBACHER engine of larger power.

2. The cogeneration set with the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC biogas engine

At the end of 2008, after the modernization of the biological, sludge, and gas parts, which increased its biogas production was increased by approx. 40% (up to a level of about 2.2 million m³ per year [16]), the WARTA S.A. Waste Treatment Plant purchased and commissioned a biogas cogeneration set with a GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC engine of an electric power 828 kW of and a thermal power of 870 kW. The engine was supplied by KWE - Technika Energetyczna Sp. z o.o. of Bielsko-Biała, the Authorized Representative of GE JENBACHER Gas Engines Division in Poland. The total cost of this investment project, which was carried out within 7 months, closed at a sum of 3.7 million zlotys [16]. A comprehensive description of the Treatment Plant and the biogas cogeneration set, together with its basic technical specifications, is provided in [2, 3, 6].

The GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC 16-cylinder supercharged biogas SI engine [9] equipped with the LEANOX[®] air-fuel mixture composition regulation system with a CO oxidation catalyst is a driving unit of the gas cogeneration set (Fig. 1) that generates electric energy and recovers heat from the systems of: engine and lubricating oil cooling, air-fuel mixture cooling, and exhaust gas heat. This engine drives an AvK DIG 110 i/4 (1090 kVA/864 kW/6.3 kV/1500 min⁻¹) self-excited synchronous three-phase generator supplied by Cummins Generator Technologies of Germany GmbH [9].

Owing to the use of the LEANOX[®] air-fuel mixture composition regulation system and the DIA.NE engine management system, the gas engine meets the exhaust gas emission limits currently applicable stationary ZI biogas engines, as set out in the TA-Luft 2002 code [7].

In order to satisfy the engine manufacturer's requirements for the quality of biogas [10] – to remove the compounds of silicon and sulphur and aromatic hydrocarbons contained in the gas – which will guarantee the reduction of engine wear and engine maintenance costs – an absorber

czy krajowy zespół ciepło- i prądowoczy z biogazowym silnikiem 8A20G (600 kW/1000 min⁻¹) z odzyskiem ciepła chłodzenia silnika, oleju, mieszanki i ciepła spalin [4, 5]. Zespół kogeneracyjny z tym silnikiem był eksploatowany przemysłowo w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie przez pracowników IMTiTS PCz do roku 2006 [2], a w roku 2008 został sprzedany i zastąpiono go zespołem kogeneracyjnym z silnikiem GE JENBACHER większej mocy.

2. Zespół kogeneracyjny z silnikiem biogazowym GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC

W końcu 2008 roku Oczyszczalnia Ścieków WARTA S.A., po przeprowadzonej w ostatnich latach gruntownej modernizacji części biologicznej, osadowej i gazowej, w wyniku której zwiększona została o ok. 40% produkcja biogazu (do poziomu ok. 2, 2 mln m³ rocznie [16], zakupiła i uruchomiła biogazowy zespół kogeneracyjny z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC o mocy elektrycznej 828 kW i mocy cieplnej 870 kW. Dostawcą silnika była firma KWE - Technika Energetyczna Sp. z o.o. z Bielska-Białej - Autoryzowany Przedstawiciel w Polsce GE JENBACHER Gas Engines Division. Koszt całkowity tej inwestycji, zrealizowanej w okresie 7 miesięcy, zamknął się kwotą 3,7 mln zł [16]. Obszerny opis oczyszczalni ścieków oraz biogazowego zespołu kogeneracyjnego wraz jego podstawowymi danymi technicznymi zawarto w [2, 3, 6].

16-cylindrowy (V 70°), doładowany silnik ZI GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC [9], wyposażony w system regulacji składu mieszanki palnej LEANOX[®] z katalizatorem utleniającym CO, jest jednostką napędową gazowego zespołu kogeneracyjnego (rys. 1) wytwarzającego energię elektryczną oraz odzyskującego ciepło z układów: chłodzenia silnika, oleju smarującego, mieszanki palnej oraz ciepła spalin. Silnik ten napędza samowzbudny synchroniczny generator trójfazowy AvK DIG 110 i/4 (1090 kVA/864 kW/6,3 kV/1500 min⁻¹) firmy Cummins Generator Technologies Germany GmbH [9].

Dzięki zastosowaniu system regulacji LEANOX[®] składu mieszanki palnej i systemu zarządzania silnikiem DIA.NE, silnik gazowy spełnia aktualnie obowiązujące limity emisji spalin dla stacjonarnych biogazowych silników ZI zawarte w przepisach TA-Luft 2002 [7]. W celu spełnienia wymagań producenta silnika odnośnie jakości biogazu [10] – usunięcia zawartych w gazie związków krzemu, siarki, aromatycznych związków węglowodorów – gwarantujących zmniejszenie zużycia silnika i obniżenie kosz-

manufactured by GE JENBACHER [12], filled with a periodically exchanged bed of BA11-type activated coat (approx. 0.8 m^3 of 4 mm-diameter grain size granulate), was employed in the biogas preparation installation. A criterion for the exchange of the bed is the increase in the resistance to biogas flow up to a level of 30 mbar.



Fig. 1. The GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set operated at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa

Rys. 1. Biogazowy zespół kogeneracyjny z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC eksploatowany w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie

Table 1. Limiting conditions for biogas [12]
Tabela 1. Warunki graniczne dla biogazu [12]

relative humidity	< 50 %
maximum temperature	55°C
H ₂ S content	< 200 mg/Nm ³
total halogen (Cl+2F) contents	< 100 mg/Nm ³

The GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC engine gas cogeneration set is supplied with biogas of a calorific values of approx. 23 MJ/m^3 [16] and with the following average composition: CH₄ (60-65) %; CO₂ (30-38) %; H₂S (< 20 ppm). The relatively high CO₂ content substantially enhances the antiknock properties of the gas, thus making it an attractive fuel for combustion engines. On-line monitoring of biogas composition (CH₄, CO₂, O₂, H₂S) is conducted using an airTOX Biogassystem analyzer supplied by FRESNIUS. A sample biogas composition, as recorded in August, 2010, is shown in Figure 2.

The electric power of the cogeneration set is controlled either by setting a manual value from the overriding SCADA system level or through automatic operation allowing for the tariff B23 and the biogas gasholder filling state [6]. In the automatic mode, every 10 minutes the system checks for the biogas gasholder fill state, while trying to increase the biogas inventory during operation beyond the peak tariff and to operate with the highest possible power in the peak tariff period. Information on which tariff is currently "active" is sent from the SCADA overriding system.

tów jego konserwacji, w instalacji przygotowania biogazu zastosowano absorber firmy GE JENBACHER [12] wypełniony okresowo wymiennym złożem węgla aktywnego typu BA11 (ok. $0,8 \text{ m}^3$ granulatu o średnicy 4 mm). Kryterium wymiany tego złoża jest wzrost oporów przepływu biogazu przez złożę do poziomu 30 mbar.

Gazowy zespół kogeneracyjny z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC zasilany jest biogazem o wartości opałowej ok. 23 MJ/m^3 [16] i przeciętnym składzie: CH₄ (60–65) %, CO₂ (30–38) %, H₂S (< 20 ppm). Stosunkowo duża zawartość CO₂ w znaczący sposób podnosi odporność przeciwstukową gazu, czyniąc go atrakcyjnym paliwem dla silników spalinowych. Monitoring on-line składu biogazu (CH₄, CO₂, O₂, H₂S) prowadzony jest z wykorzystaniem analizatora airTOX Biogassystem firmy FRESNIUS. Przykładowy skład biogazu zarejestrowany w sierpniu 2010 r. zobrazowano na rysunku 2.

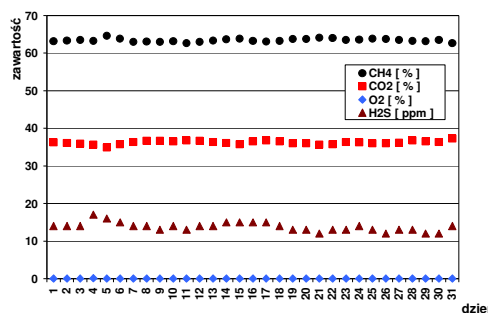


Fig. 2. Sample contents of CH₄, CO₂, O₂ and H₂S as measured in August, 2010 [8]

Rys. 2. Przykładowa zawartość CH₄, CO₂, O₂ i H₂S w biogazie w sierpniu 2010 r. [8]

Sterowanie mocą elektryczną zespołu kogeneracyjnego odbywa się poprzez zadawanie wartości ręcznej z poziomu systemu nadrzędnego SCADA lub pracę automatyczną z uwzględnieniem taryfy B23 i stanu napełnienia zbiornika biogazu [6]. W trybie automatycznym system kontroluje (co 10 minut) stan napełnienia zbiornika biogazu starając się zwiększyć zapas biogazu w czasie pracy poza taryfą szczytową, oraz pracując z możliwie wysoką mocą w czasie taryfy szczytovej. Informacja o tym, która jest aktualnie „aktywna”, przesyłana jest z systemu nadrzędnego SCADA.

3. Dotychczasowe doświadczenia techniczno-eksploatacyjne

Przedstawiona analiza wykonana w oparciu o dane zawarte w [8] dotyczy dotychczasowego dwuletniego okresu eksploatacji (23.12.2008 r. – 31.12.2010 r.) biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC, w którym przepracował on 16 863 godziny.

3. Technical and operational experience gained so far

The analysis outlined below, which has been made based on data provided in [8], concerns the recent two years' period (23.12.2008 – 31.12.2010) of operation of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC engine biogas cogeneration set, during which it worked for 16 863 hours.

Table 1. Annual time of operation of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set
Tabela 1. Roczny czas pracy biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC

Year	Operation time [h]	Shutdowns [h]	Operation time utilization rate
2008	192	0	1,00
2009	8258	502	0,942
2010	8413	347	0,961
Total/average	16 863	849	0,953

The data concerning the last operation time of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC engine biogas cogeneration set, and the number of its start-ups and utilization rate are illustrated in Figures 3 through 5.

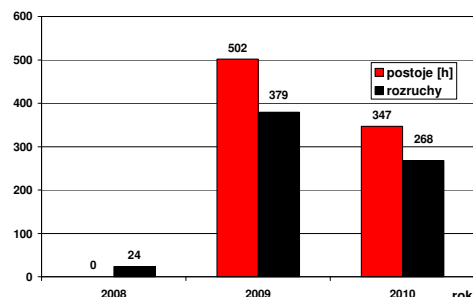


Fig. 4. The time of operation and shutdowns and the number of start-ups of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa, as expressed on an annual basis

Rys. 4. Czas pracy i postojów oraz liczba rozruchów biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie w ujęciu rocznym

The last average monthly operation utilization time rate of the cogeneration set amounted to 0.953, reaching in some months a value close to 1.00. In February, 2009, a total of 142 hours of shutdowns of the cogeneration set and an increased number of its trips (64) due to some disturbances in the external mains (signalization of phases load asymmetry) were noted. At the end of 2009, an uncontrolled increase in the number of trips (October – 48, November – 36) was noted again, for similar reasons. The increased number of shutdowns in 2010 (May – 31, June – 54, and August – 30) was due to

Dane dotyczące dotychczasowego czasu pracy biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC, liczby jego rozruchów oraz stopnia jego wykorzystania zilustrowano na rysunkach 3 - 5.

Średni dotychczasowy miesięczny stopień wykorzystania czasu pracy biogazowego zespołu kogeneracyjnego wyniósł 0,953, osiągając w niektórych miesiącach wartość bliską 1,00.

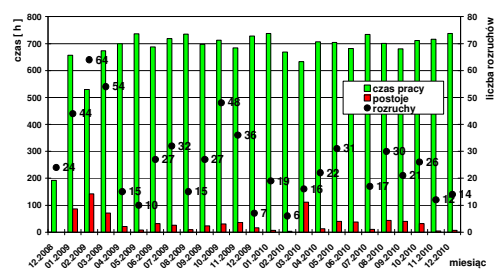


Fig. 3. Monthly time of operation and shutdowns and the number of start-ups of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa

Rys. 3. Miesięczny czas pracy i postojów oraz liczba rozruchów biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie

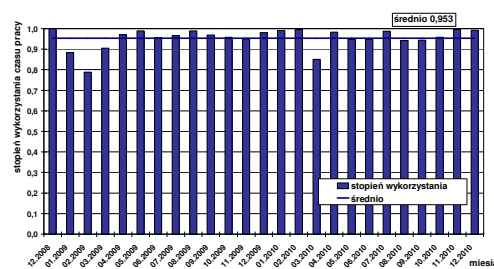


Fig. 5. Monthly operation time utilization rate of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa

Rys. 5. Miesięczny stopień wykorzystania czasu pracy biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie

W lutym 2009 r. zanotowano łącznie 142 godziny postojów zespołu kogeneracyjnego oraz

causes beyond the Operator's control, including operational shutdowns (inspections, oil exchanges) and maintenance works on the Treatment Plant's power supply systems and associated switchover manoeuvres. The cause of the shutdown in March, 2010, on the other hand, was the necessity of carrying out the 10 000 h planned inspection involving the dismantling and refurbishment of the turbocompressor at the authorized service centre.

The data concerning the production of electrical energy and heat in the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set are represented in Figures 6 through 10.

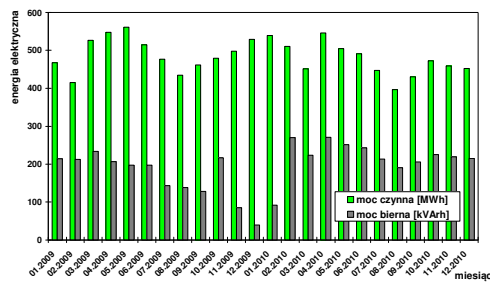


Fig. 6. Electrical energy generated by the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa
Rys. 6. Energia elektryczna wyprodukowana przez biogazowy zespół kogeneracyjny z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie

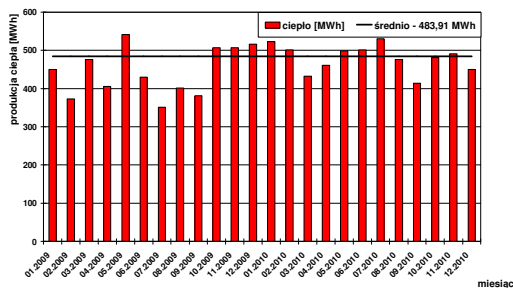


Fig. 8. Heat generated by the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa
Rys. 8. Ciepło wyprodukowane przez biogazowy zespół kogeneracyjny z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie

When comparing the years 2009 and 2010 in terms of generated active and reactive electric power, it can be noticed that their ratio in different years differs. The differences are caused by the parametrization of the system – optimization of the settings of the cosφ governor in the initial phase of Cogeneration Set operation in 2009. On the 5th of March, 2009, a billing system for electrical energy produced by the Biogas Cogeneration Set and used wholly for the Waste Treatment Plant's own purposes was set up using commercial electrical energy meters of the ZMD405CT manufactured by LANDIS+GYR DIALOG, and it has been in use ever since. The specific feature of this billing system is that

zwiększoną liczbę jego automatycznych wyłączeń (64) z powodu zakłóceń w zewnętrznej sieci elektrycznej (sygnalizacja asymetrii obciążeń faz). W końcu 2009 r. zanotowano ponownie, z podobnych przyczyn, niekontrolowany wzrost liczby automatycznych wyłączeń (październik - 48, listopad - 36). Zwiększona liczba zatrzymań w 2010 r. (maj - 31, czerwiec - 54 i sierpień 30) była spowodowana przyczynami niezależnymi od eksploatatora, czyli postojami eksploatacyjnymi (przeglądy, wymiany oleju itp.) oraz pracami konserwacyjnymi sieci zasilających oczyszczalnię i związanymi z tym manewrami przełączeniowymi. Natomiast powodem 111 h postoju w marcu 2010 r. była konieczność wykonania planowego przeglądu po 10 000 h wraz ze zdemontowaniem i regeneracją turbosprężarki w autoryzowanym serwisie. Dane dotyczące produkcji energii elektrycznej i ciepła w biogazowym zespole kogeneracyjnym z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC przedstawiono na rysunkach 6 - 10.

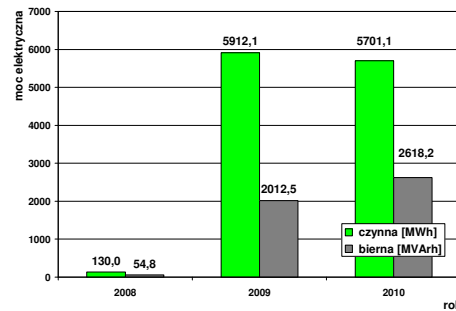


Fig. 7. Active and reactive electric power generated by the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC engine biogas cogeneration set at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa, as expressed on an annual basis
Rys. 7. Energia elektryczna czynna i bierna wyprodukowane przez biogazowy zespół kogeneracyjny z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie w ujęciu rocznym

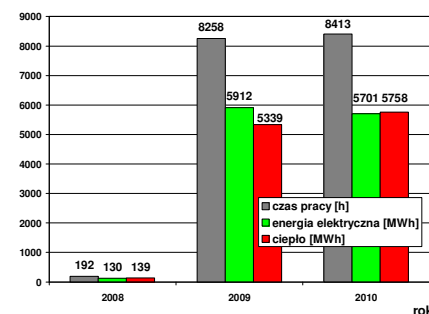


Fig. 9. Production of electric energy and heat by the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Czestochowa – on an annual basis
Rys. 9. Produkcja energii elektrycznej i ciepła przez biogazowy zespół kogeneracyjny z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie – w ujęciu rocznym

electrical energy produced is not sold to an external purchaser at a price lower than the price for which the Treatment Plant would have to purchase to cover its own needs; thus, considerable charges for the transmission of electrical energy have been avoided. In the billing system, also unidirectional meters are installed, whose purpose is to record any possible energy transferred from the Treatment Plant to the external power network and to account for it according to the contract concluded with the ZE (Electricity Board). In March 2009, a procedure was also implemented in the WARTA S.A. Waste Treatment Plant for the confirmation of "green energy" produced and the obtaining of "Certificates of Origin" from the Energy Regulation Authority for energy produced in the OZE, which can be advantageously sold by the Treatment Plant at the Commodity Energy Exchange [13, 14] to enterprises which, in the framework of the Property Rights Market [13] that has been active in Poland since December, 2005, have to fulfil the duty imposed on them under the "Energy Law" to obtain "Certificates of Origin" from cogeneration and submit them to the President of the URE to be remitted. In the period from 5.03.2009 to 31.12.2010, the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Czestochowa obtained 22 Certificates of Origin for a total amount of 10 615.568 MWh generated electrical energy, which made up 100% of electrical energy produced during that period. Part of the obtained Certificates of Origin were resold by the Treatment Plant at the Commodity Energy Exchange (Towarowa Giełda Energii S.A.), however their exact number and profit are not disclosed, as they constitute the Company's confidential information.

The data on the electrical energy balance of the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Czestochowa are illustrated in Figure 11. The slight differences in the amount of energy produced and allocated for in-Plant purposes (March, 2009) resulted from the errors in its conversions on untypical current transformers during starting up of the electrical energy measuring and billing system and from the fact that this system was only set up on March the 5th, 2009.

In the period from 05.03.2009 do 31.12.2010, 10 606.09 MWh of electric energy produced on the Biogas Cogeneration Set were allocated for the Plant's own purposes, which accounted for 98.84% of the Cogeneration Set's production.

The WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa orders electric power totalling 1.5MW from two independent sources, and additionally a so called safety power of 0.4 MW (should a possible evacuation of the staff and shutting down the technology be necessary) from a third source.

In the years 2009-2010, the WARTA S.A. Waste

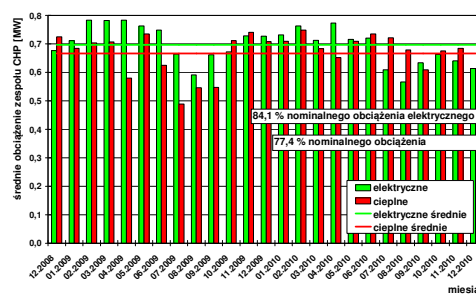


Fig. 10. The average hourly electric and thermal load of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa

Rys. 10. Średnie godzinowe obciążenie elektryczne i ciepłe biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie

Od 05.03.2009 r. uruchomiono w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie system rozliczania energii elektrycznej wyprodukowanej w biogazowym zespole kogeneracyjnym i wykorzystywanej w całości na potrzeby własne oczyszczalni ścieków, z wykorzystaniem przemysłowych liczników energii elektrycznej standardu ZMD405CT firmy LANDIS+GYR DIALOG. Specyfiką tego systemu rozliczeń jest to, iż wyprodukowana energia elektryczna nie jest sprzedawana odbiorcy zewnętrznemu po cenie niższej od tej, po której oczyszczalnia musiałaby taką energię zakupić do pokrycia potrzeb własnych; uniknięto m.in.: znaczących opłat za przesył energii elektrycznej. W układzie rozliczeń zainstalowane są także liczniki jednokierunkowe, których zadaniem jest rejestracja ewentualnej energii przekazywanej z oczyszczalni do zewnętrznej sieci elektrycznej i jej rozliczanie zgodnie z zawartą umową z ZE. Od marca 2009 r. wdrożono także w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie procedurę potwierdzania wyprodukowanej „energii zielonej” i uzyskiwania w Urzędzie Regulacji Energetyki „Świadectw pochodzenia” za energię elektryczną wyprodukowaną w OZE, które mogą być korzystnie sprzedawane przez oczyszczalnię na Towarowej Giełdzie Energii S.A. [13, 14] w ramach działającego w Polsce od grudnia 2005 r. Rynku Praw Majątkowych [13], przedsiębiorstwom, które muszą wypełnić narzucony im „Prawem energetycznym” obowiązek uzyskania i przedstawienia do umorzenia Prezesowi URE „Świadectw pochodzenia” z kogeneracji. Oczyszczalnia Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie w okresie od 5.03.2009 r. do 31.12.2010 r. uzyskała 22 świadectwa pochodzenia, na łączną sumę 10 615,568 MWh wytworzonej ilości energii elektrycznej, co stanowiło 100 % energii elektrycznej wyprodukowanej w tym okresie. Część uzyskanych świadectw pochodzenia została odprowadzona przez oczyszczalnię na Towarowej Giełdzie Energii S.A., jednak ich liczba oraz

Treatment Plant of Czestochowa covered averagely 52.9% (a maximum of 63% in May, and a minimum of 46.3% in February) of its needs for electric energy by its own production.

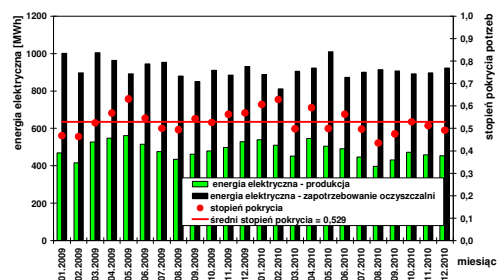


Fig. 11. Electrical energy balance of the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa

Rys. 11. Bilans energii elektrycznej Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie

The heat needed for an uninterrupted operation of the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa can be acquired from three sources, i.e.: the Boiler Room, the Drier, and the Biogas Cogeneration Set. The amount of heat recovered in the Biogas Cogeneration Set in the period under consideration allowed the WARTA S.A. Waste Treatment Plant's heat demand to be covered at an average degree of 76.3 % (Fig. 12). During the summer season (16.04-15.10), a substantial surplus in heat generated by the Cogeneration Set over the Treatment Plant's demand occurs every year, and this is entirely dissipated in a table fan cooler mounted on the Thermal-Electric Power Station building roof. During the winter season (16.10-15.04), the heat generated in the Biogas Cogeneration Set is wholly utilized for the Treatment Plant's internal purposes, and the missing part of heat necessary for covering the in-Plant needs is recovered from the sewage sludge thermal drying process.

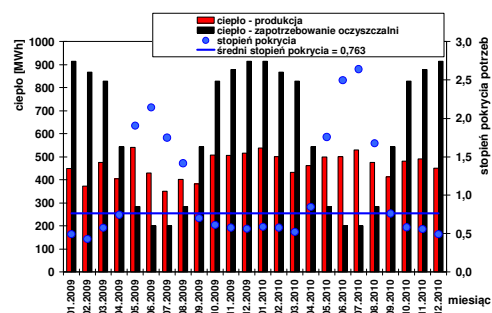


Fig. 12. Heat balance of the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa

Rys. 12. Bilans ciepła Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie

The degree of coverage of the WARTA S.A. Waste Treatment Plant's demand for electrical energy and heat in the years 2009-2010 by its own production in the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set is

zysk są informacjami poufnymi i stanowią tajemnicę handlową firmy.

Dane dotyczące bilansu energii elektrycznej Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie zobrazowano na rysunku 11. Niewielkie różnice w ilości energii wyprodukowanej i oddanej na potrzeby własne (03.2009 r.) wynikały z błędów jej przeliczeń na nietypowych przekładnikach prądowych podczas uruchamiania systemu pomiaru i rozliczania energii elektrycznej oraz z faktu uruchomienia tego systemu dopiero od 05.03.2009 r.

W okresie od 05.03.2009 do 31.12.2010 r. przekazano na potrzeby własne oczyszczalni ścieków 10 606,09 MWh energii elektrycznej wyprodukowanej w bigazowym zespole kogeneracyjnym, co stanowiło 98,84% jego produkcji.

Oczyszczalnia Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie zamawia z dwóch niezależnych źródeł moc elektryczną na poziomie 1,5 MW i dodatkowo z trzeciego źródła 0,4 MW tzw. moc bezpieczeństwa (na wypadek konieczności ewentualnej ewakuacji załogi i wyłączenia technologii).

Oczyszczalnia Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie pokryła w latach 2009-2010 własną produkcją energii elektrycznej średnio 52,9% (maks. w maju 2009 r. – 63%, zaś min. w lutym – 46,3%) swojego zapotrzebowania w tym zakresie.

Ciepło potrzebne dla niezakłóconej pracy Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Czestochowie może być pozyskiwane z trzech źródeł tj.: kotłowni, suszarni oraz biogazowego zespole kogeneracyjnego. Ilość ciepła odzyskanego w biogazowym zespole kogeneracyjnym w rozpatrywanym okresie pozwoliła na średnie pokrycie 76,3% zapotrzebowania OŚ WARTA S.A. w tym zakresie (rys.12). W okresie letnim (16.04-15.10) corocznie występuje znacząca nadwyżka wyprodukowanego ciepła w zespole w stosunku do zapotrzebowania oczyszczalni i jest ona w całości rozproszona w stołowej chłodnicy wentylatorowej posadowionej na dachu budynku elektrociepłowni. W okresie zimowym (16.10-15.04) ciepło wyprodukowane w biogazowym zespole kogeneracyjnym jest w całości wykorzystywane na potrzeby własne oczyszczalni a brakująca część ciepła niezbędna do pokrycia potrzeb własnych oczyszczalni odzyskiwana jest z procesu termicznego suszenia osadu ściekowego.

Stopień pokrycia zapotrzebowania Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w latach 2009-2010 na energię elektryczną i ciepło produkcją własną w biogazowym zespole kogeneracyjnym z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC zobrazowano na rysunku 13.

illustrated in Figure 13. Unit biogas consumption by the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC engine of the Cogeneration Set, as related to the generation of either 1 kWh of electric energy or 1kWh of electric energy and heat (jointly), is shown in Figure 14.

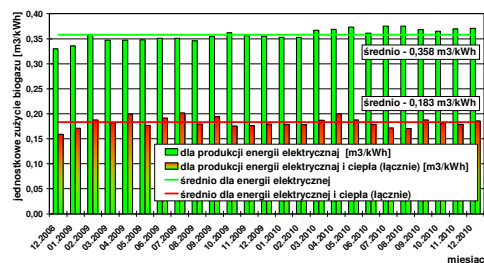


Fig. 14. Unit biogas consumption by the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa
Rys. 14. Jednostkowe zużycie biogazu w zespole kogeneracyjnym z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie

During the operation so far, as much as 98% of biogas produced in the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa have been utilized by feeding the Biogas Cogeneration Set with it. The combustion of biogas in the flare stack occurs only occasionally, and solely during planned Cogeneration Set shutdowns.

In its "Technical instruction - General Conditions - Operation and maintenance" [9], the biogas engine manufacturer, GE JENBACHER, states clearly that the product's properties promised by the manufacturer are only guaranteed on condition that the boundary conditions for GE JENBACHER gas engines, as specified in the Instruction TA no. 1100-0011 [9], be complied with, and that all activities recommended in the Operation Log, which shall be obligatorily maintained, be completed. The technical documentation of the JMS 316 GS-B.LC engine [9] sets out a detailed inspection and maintenance scope and schedule up to 60 000 hours of engine operation, that is until the first major repair, after which the maintenance activities shall be repeated from the beginning. All servicing activities on the GE JENBACHER JMS 212 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set system, as required by the manufacturer, must be carried out in a timely manner and by properly trained personnel only, and the engine operation should proceed without knocking. The time intervals of service activities [9] represent maximum values, which will be achieved with properly run operation and properly performed maintenance. No extension of the service cycles, e.g. to avoid Biogas Cogeneration Set downtimes during the heating season, shall be permitted.

The staff (14 persons) trained by KWE – Technika Energetyczna are able to operate the plant unaided (including performing "small"

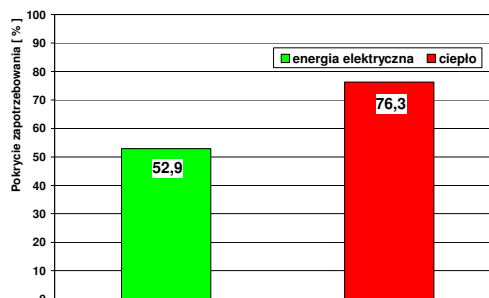


Fig. 13. The degree of coverage of the WARTA S.A. Waste Treatment Plant's demand for electrical energy and heat by its own production in the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set in the years 2009-2010

Rys. 13. Stopień pokrycia zapotrzebowania Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. na energię elektryczną i ciepło produkcją własną w biogazowym zespole kogeneracyjnym z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC w latach 2009-2010

Podczas dotychczasowej eksploatacji, aż 98 % biogazu wyprodukowanego w oczyszczalni ścieków WARTA S.A. w Częstochowie zutilizowano zasilaając nim biogazowy zespół kogeneracyjny. Spalanie biogazu w pochodni występuje incydentalnie, jedynie ma to miejsce podczas planowanych postojów zespołu kogeneracyjnego.

Producent silników biogazowych firma GE JENBACHER w „Instrukcji technicznej – Ogólne warunki – eksploatacja i konserwacja” [9], wyraźnie stwierdza, że przyręczone przez producenta właściwości produktu są gwarantowane tylko pod warunkiem przestrzegania warunków brzegowych dla silników gazowych GE JENBACHER, określonych w instrukcji TA nr 1100-0011 [9] i wykonywania wszystkich zalecanych działań wg książki eksploatacyjnej, której prowadzenie jest obligatoryjne. Dokumentacja techniczna silnika JMS 316 GS-B.LC [9] zawiera szczegółowy ich zakres i harmonogram aż do 60 000 h pracy silnika, czyli do naprawy głównej, po której wszystkie czynności konserwacyjne powtarzają się od początku. Wszystkie wymagane przez producenta prace serwisowe na instalacji biogazowego układu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 212 GS-B.LC muszą być wykonywane terminowo i tylko przez odpowiednio przeszkolone osoby, a praca silnika powinna przebiegać bezstukowo. Przedziały czasowe prac serwisowych [9] stanowią wartości maksymalne, osiągnięte przy należytym prowadzonej eksploatacji i należytym wykonywanej konserwacji. Niedopuszczalne jest wydłużanie cykli serwisowych np. w celu uniknięcia postojów biogazowych zespołów kogeneracyjnych podczas sezonu grzewczego.

Przeszkoleni przez KWE – Technika Energetyczna pracownicy (14 osób) są w stanie samodzielnie prowadzić eksploatację urządzenia (w tym „małe” przeglądy) mając na uwadze wy-

inspections), while complying with the guidelines provided in the GE JENBACHER documentation.

During recent two year's operation of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set the Operator carried out on time all servicing operations, as required in [9]. So far, maintenance activities were carried out after the initial start-up and then according to the maintenance schedule, that is every 2000 hrs. The last inspection took place after 16 000 hrs of CHP operation. The inspection after 2000 hrs was carried out together with KWE Technika Energetyczna of Bielsko-Biala, the Authorized Representative of GE JENBACHER Gas Engines Division in Poland.

The scope of all 2000 h inspections carried out so far encompassed: checks and regulation of valve clearances, checks of the ignition system, the inspection of the gas path (biogas pressure regulation), the link mechanism and mixer regulation, the external table cooler, the electric generator, and venting of the gas engine's crankcase. The 10 000 h inspection has been extended to cover the refurbishment of the turbocompressor, the exchange of engine cooling water pump, checking of the starter and maintenance of the gas mixer.

During the operation of the Cogeneration Set so far, the Operator has essentially encountered two more significant problems. The first of them was due to a disturbance in the external mains (signalization of phases load asymmetry). The second problem was directly associated with the failure of the cosφ governor. The failure was hard to diagnose. Change to the governor settings made several times by the KWE-Technika Energetyczna Service did not help; after changing the settings, the system behaved correctly for a few hours, after which the failure recurred. Only the replacement of the faulty governor (done by KWE-Technika Energetyczna Service) did restore the failure-free operation of the Cogeneration Set. Apart from the above-mentioned faults, the Biogas Cogeneration Set did not pose any technological and operational problems to the User.

The results of analysis of selected actual momentary parameters of GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine CHP Set operation with electric load similar to the rated load during the last operation - which has been made based on the annual records of those parameters reported in [8] - are summarized in Table 2.

The GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Biogas Engine is operated on MOBIL PEGASUS 610 SAE 40 class oil and is equipped with a system for automatic oil level monitoring and topping up. The high level of sulphate ash (1 wt.%) [15] in this oil facilitates the absorption

tyczne zawarte w dokumentacji GE JENBACHER.

Podczas dotychczasowej dwuletniej eksploatacji biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC eksploatacja wykonywała terminowo wszystkie wymagane w [9] czynności serwisowe. Dotychczas wykonano konserwację po pierwszym uruchomieniu oraz wg harmonogramu konserwacji, tj. co 2000 h. Ostatni wykonany przegląd miał miejsce po 16 000 h pracy zespołu CHP. Przegląd po 2000 h pracy wykonany był wspólnie z firmą KWE Technika Energetyczna Autoryzowany Przedstawiciel w Polsce GE JENBACHER Gas Engines Division z Bielska-Białej.

Zakres wszystkich dotychczasowych wykonywanych przeglądów, co 2000 h pracy, obejmował: sprawdzenie i regulację luzów zaworowych, sprawdzenie instalacji zapłonowej, kontrolę: ścieżki gazowej (regulacji ciśnienia biogazu), mechanizmu dźwigniowego regulacji mieszalnika, zewnętrznej chłodnicy stołowej, generatora elektrycznego i odpowietrzenie skrzyni korbowej silnika gazowego. Przegląd po 10 000 h rozszerzony został dodatkowo o regenerację turbosprężarki, wymianę pompy wody chłodzącej silnik, sprawdzenie rozrusznika oraz konserwację mieszacza gazu.

Podczas dotychczasowej eksploatacji zespołu kogeneracyjnego eksploatacja zetknął się zasadniczo z dwoma poważniejszymi problemami. Pierwszy wynikał z zakłóceń w zewnętrznej sieci elektrycznej (sygnalizacja asymetrii obciążeń faz). Problem drugi związany był bezpośrednio z uszkodzeniem regulatora cosφ. Usterka ta była ciężką do zdiagnozowania, przeprowadzona przez serwis firmy KWE - Technika Energetyczna. Kilkakrotna zmiana nastaw regulatora nic nie pomogła; układ po przeregulowaniu zachowywał się kilka godzin poprawnie, po czym awaria się powtarzała i dopiero wymiana uszkodzonego regulatora (przez serwis KWE - Technika Energetyczna, przywróciła bezawaryjną pracę zespołu. Biogazowy zespół kogeneracyjny, oprócz wspomnianych powyżej usterek nie sprawiał użytkownikowi żadnych problemów technologiczno - eksploatacyjnych.

Wyniki analizy wybranych chwilowych rzeczywistych parametrów pracy zespołu CHP z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC z obciążeniem elektrycznym zbliżonym do nominalnego podczas dotychczasowej eksploatacji - wykonanej w oparciu o zapisy tych parametrów w [8] - zestawiono w tabeli 2.

Silnik biogazowy GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC eksploatowany jest na oleju klasy SAE 40 MOBIL PEGASUS 610 i jest wyposażony w układ automatycznej kontroli jego poziomu i uzupełniania [11]. Wysoki poziom popiołu siar-

of halides and hydrogen sulphide that may occur in biogas and helps to keep the combustion chamber clean and protects the valves against the action of the aggressive biogas. The better stability and oxidation resistance of the PEGASUS 610 oil is owing to high-refined paraffin base oils used. It also contains anti-wear additives and washing agents (detergents) and dispersing agents.

czanowego (1 % wagowo) [15] w tym oleju powoduje absorpcję halogenków i siarkowodoru mogących występować w biogazie oraz pomaga utrzymać w czystości komorę spalania i chroni zawory przed wpływem agresywnego biogazu. Lepsza stabilność i odporność na utlenianie oleju PEGASUS 610 jest wynikiem zastosowania wysoko rafinowanych parafinowych olejów bazowych. Zawiera on także dodatki przeciwzużyciowe oraz dodatki myjące (detergenty) i dyspergujące.

Table 2. Selected actual momentary parameters of operation of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine CHP Set
 Tabela 2. Wybrane chwilowe rzeczywiste parametry pracy zespołu CHP z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC

Item	Unit	Range of variation
Active power	kW	827 – 830
Engine biogas consumption	m ³ /h	260 – 364.5
Supercharging pressure	bar	2.20 – 3.04
Throttle position	%	100
Gas mixer position	%	20.4 – 22.8
Turbocompressor bypass position	%	20.1 – 36.9
Cooling water temperature	°C	79.6 – 90.9
Cooling water pressure	bar	1.03 – 1.65
Oil temperature	°C	66.0 – 89.0
Oil pressure	bar	3.91 – 4.32
Cooled mixture temperature	°C	40.5 – 61.1
Exhaust gas temperature after cylinder 1	°C	523 – 556
Exhaust gas temperature after cylinder 2	°C	525 – 583
Exhaust gas temperature after cylinder 3	°C	533 – 580
Exhaust gas temperature after cylinder 4	°C	523 – 572
Exhaust gas temperature after cylinder 5	°C	533 – 571
Exhaust gas temperature after cylinder 6	°C	523 – 573
Exhaust gas temperature after cylinder 7	°C	530 – 590
Exhaust gas temperature after cylinder 8	°C	531 – 577
Exhaust gas temperature after cylinder 9	°C	532 – 577
Exhaust gas temperature after cylinder 10	°C	525 – 575
Exhaust gas temperature after cylinder 11	°C	533 – 572
Exhaust gas temperature after cylinder 12	°C	526 – 569
Exhaust gas temperature after cylinder 13	°C	530 – 573
Exhaust gas temperature after cylinder 14	°C	531 – 575
Exhaust gas temperature after cylinder 15	°C	534 – 568
Exhaust gas temperature after cylinder 16	°C	536 – 591
Temperature of exhaust gas before the exhaust gas-water heat exchanger	°C	450 – 528
Temperature of exhaust gas after the exhaust gas-water heat exchanger	°C	214 – 266
Temperature of warm process water after the exhaust gas-water heat exchanger	°C	64 – 96
Machine Room air temperature	°C	13 – 39
Outdoor air temperature	°C	-20 – 37
cosφ	-	0.8 – 1.0
Mean current	A	65 – 98
Mean voltage	V	5980 – 6320
Field voltage	V	18.2 – 35.3
Temperature of Generator bearings on the Gas Engine side	°C	26.2 – 72.8
Temperature of Generator bearings on the free side	°C	23.4 – 76.8

The Biogas Engine Manufacturer has not specified the maintenance period for lubricating oil. Undertaking any activities, as necessary for the protection and operational safety of the CHP system and its availability, shall be the responsibility of the Operator [9]. Therefore, in accordance with the GE JENBACHER recommendations [9], the Operator regularly (every 500 hrs of engine operation) takes samples and out-sources their quality testing to a certified laboratory, which is the Signum Laboratory of EXXON MOBIL, as recommended by the Manufacturer. During the last operation covering 16 862 hours of engine running (as per 31.12.2010), the lubricating oil was exchanged nine times (each time in the amount of 300 dm³) (Table 3).

Producent silnika biogazowego nie ustalił cyklu konserwacyjnego dla oleju smarującego. Za podejmowanie wszelkich działań niezbędnych dla ochrony i bezpieczeństwa eksploatacyjnego instalacji CHP i jej dyspozycyjności odpowiada jej eksploatacja [9]. W związku z powyższym eksploatacja regularnie pobiera zgodnie z zaleceniami GE JENBACHER [9] próbki oleju smarującego (co 500 h pracy silnika) i zleca badanie ich jakości w certyfikowanym laboratorium firmy EXXON MOBIL – Signum Laboratory, przez niego rekomendowanym. Podczas dotychczasowej eksploatacji obejmującej 16 862 h (stan 31.12.2010 r.) pracy silnika, olej smarujący (w ilości po 300 dm³) wymieniono dziewięciokrotnie (tabela 3).

Table 3. Information on lubricating oil exchange in the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC engine
Tabela 3. Dane odnośnie wymiany oleju smarującego w silniku GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC

No.	Oil exchange date	Operation time meter reading [h]	Operation time since last exchange [h]
1	12.03.2009	1603	1603
2	22.05.2009	3274	1671
3	05.08.2009	5010	1736
4	29.10.2009	6992	1982
5	21.01.2010	8950	1958
6	21.04.2010	10958	2008
7	30.06.2010	12582	1624
8	24.09.2010	14588	2006
9	23.12.2010	16671	2083
Average time between oil exchanges [h]			1852.33

The actual unit consumption of lubricating oil by the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC engine (resulting from the difference between the amounts of lubricating oil purchased and used during the year) amounted to 0.175 g/kWh, thus being lower than the figure declared by the Supplier in his offer, i.e. 0.3 g/kWh (until the first major repair).

The GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC biogas engine is operated on two JENBACHER P7.1V6 sparking plugs (with an inter-electrode gap of 0.35 mm [9]), whose service life, as specified by the Manufacturer, is approx. 8 000 hours of operation. The option of reducing spark discharge energy to operate the engine at its lower levels, which is available in the ignition system, contributes to increasing the service life of the expensive sparking plugs, whose unit price is going for around 1.5 thousand zlotys [5].

In accordance with the gas engine Manufacturer's recommendations, the Operator carries out regular (once a week) checks on spark discharge voltage on individual sparking plugs using a FLUKE 123 scopemeter, and records the obtained results. If the measured voltages are higher than 25 kV (with 32 kV being permitted by the Manufacturer), periodic replacement of the

Rzeczywiste, eksploatacyjne, jednostkowe zużycie oleju smarującego przez silnik GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC (wynikające z różnicy zakupu i zużycia oleju smarującego w ciągu roku) wynosiło 0,175 g/kWh i było niższe od zadeklarowanego przez dostawcę w ofercie – 0,3 g/kWh (do pierwszej naprawy głównej).

Silnik biogazowy GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC eksploatowany jest na świecach zapłonowych JENBACHER P7.1V6 (odstęp międzyelektrodowy – 0,35 mm [9]), których żywotność producent określa na ok. 8 000 godzin pracy. Dostępna w układzie zapłonowym opcja zmniejszenia energii wyładowania iskrowego i pracy silnika przy mniejszych jej wartościach, umożliwia zwiększenie żywotności stosunkowo drogich świec zapłonowych, których cena jednostkowa kształtuje się w okolicach 1,5 tys. zł [5].

Zgodnie z zaleceniami producenta silnika gazowego eksploatacja wykonuje z wykorzystaniem skopometru FLUKE 123, regularną kontrolę (raz w tygodniu) napięcia wyładowania iskrowego na poszczególnych świecach zapłonowych i ewidencjonuje uzyskane wyniki. Jeżeli pomierzone napięcia są wyższe niż 25 kV (producent dopuszcza 32 kV), następuje okresowa wymiana

whole set (16 pieces) of sparking plugs (cleaning, adjustment) is made, since the Operator has two sparking plug sets available. This is a solution that is very practical in terms of operation, as it markedly shortens the shutdowns of the Biogas Cogeneration Set, reducing it to a minimum only required for sparking plug replacement. The time interval between successive replacement of sparking plugs (to be cleaned and adjusted) does not exceed 21 days. During operation in the period under consideration, the User replaced two sparking plug sets. Each of the sets had worked for 8500 hours.

Summary

- As early as in the seventies of the 20th century, the WARTA S.A. Waste Treatment Plant, jointly with the IMTiTS PCz, initiated Poland's first work on the utilization of biogas being a by-product of anaerobic sewage sludge fermentation, by using it for supplying cogeneration sets coupled with piston engines to co-generate electric energy and heat.
- A new cogeneration set with a GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC engine was commissioned at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Czestochowa on the 24th of December, 2008. The investment project, with a cost of 3.7 million zlotys, was completed in a very short time of seven months.
- Since its commissioning, the Gas CHP Set has been operated very intensively, attaining the average monthly operation time utilization rate at a level of 95.3%.
- The Cogeneration Set had worked for 16 863 hours until Dec. the 31st, 2010, producing 11 743.8 MWh of electric energy and 11 236.857 MWh of heat during that time, and the Treatment Plant's demand for electric energy and heat was covered by its own production in 52.9 % and 76.3 %, respectively.
- The average monthly load of the Cogeneration Set during the last operation was 0.696 MW, which accounted for 84.1 % of its rated load, while the average thermal load was, respectively, 0.666 MW, and 77.4 % of its rated load.
- The average biogas output of the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in the period under analysis was at a level of 265.7 m³/h, while the rate of biogas consumption by the Cogeneration Set was 249.4 m³/h.
- The average unit biogas consumption in the operation period under examination amounted to 0,358 m³/kWh of electric energy, and 0,183 m³/kWh of electric energy

całego kompletu (16 szt.) świec zapłonowych (czyszczenie, regulacja), gdyż eksploatator posiada dwa komplety tych świec. Jest to bardzo praktyczne rozwiązanie pod względem eksploatacyjnym, ponieważ znacząco skraca to postoję biogazowego zespołu kogeneracyjnego do minimum niezbędnego jedynie do ponownej wymiany świec zapłonowych. Okres między wymianami świec zapłonowych (do ich czyszczenia i regulacji) nie przekracza 21 dni. Użytkownik podczas eksploatacji w rozpatrywanym okresie czasu wymienił dwa komplety świec zapłonowych. Każdy z kompletów przepracował po 8500 h.

Podsumowanie

- Oczyszczalnia Ścieków WARTA S.A. wraz z IMTiTS PCz zapoczątkowała już w latach siedemdziesiątych XX wieku krajowe prace dotyczące utylizacji biogazu będącego ubocznym produktem beztlenowej fermentacji osadów, poprzez wykorzystanie go do zasilania zespołów kogeneracyjnych z silnikami tłokowymi produkujących w skojarzeniu energię elektryczną i ciepło.
- Nowy biogazowy zespół kogeneracyjny z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC uruchomiono w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie 24.12.2008 roku. Inwestycja o koszcie 3,7 mln zł została zrealizowana w bardzo krótkim okresie czasu – siedmiu miesiący.
- Gazowy zespół CHP eksploatowany jest od chwili jego uruchomienia bardzo intensywnie, osiągając wysoki średni wskaźnik wykorzystania miesięcznego czasu pracy na poziomie 95,3 %.
- Zespół kogeneracyjny przepracował do 31.12.2010 r. 16 863 godziny, produkując w tym czasie 11 743,8 MWh energii elektrycznej i 11 236,857 MWh ciepła, a pokrycie zapotrzebowania oczyszczalni na energię elektryczną i ciepło zostało pokryte własną produkcją odpowiednio w ok. 52,9 % i 76,3 %.
- Średnie obciążenie elektryczne zespołu kogeneracyjnego podczas dotychczasowej eksploatacji wyniosło 0,696 MW, co stanowiło 84,1 % jego obciążenia nominalnego, zaś średnie obciążenie cieplne – odpowiednio: 0,666 MW i 77,4 % jego obciążenia nominalnego.
- Średnia produkcja biogazu w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w analizowanym okresie kształtowała się na poziomie 265,7 m³/h, zaś zużycie biogazu przez zespół kogeneracyjny - 249,4 m³/h.
- Średnie jednostkowe zużycie biogazu w

- and heat (taken jointly).
- The last operational unit consumption of lubricating oil by the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine (oil topping up without exchange – during 16 863 hrs of Engine operation, 2368.7 dm³ of oil were consumed) is estimated at a level of 0,175 g/kWh (0.140 dm³/h), with the figure declared by the Supplier in his offer being 0.3 g/kWh (until the first major repair).
 - The operation of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Biogas Cogeneration Set brings about measurable energy, economic and ecologic benefits to the WARTA S.A. Waste Treatment Plant, by reducing the atmospheric emission of methane-containing biogas (at the source of its generation) practically to zero. This has improved the energy management at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa, in terms of both electric energy and heat, as well as the Treatment Plant's energy safety, as the Biogas Cogeneration Set is able to operate on an insular basis as a reserve supply source for the Treatment Plant, while maintaining the parameters of the technology.
 - As a result of the operation of the Biogas Cogeneration Set, the current operational costs of WARTA S.A. Waste Treatment Plant of Czestochowa have been substantially reduced owing to: reducing electric energy purchased from external suppliers by over 50%; gaining complete independence from external heat suppliers; utilizing the whole heat produced in cogeneration for in-Plant purposes (during the winter season, the missing amount of heat is recovered from the sewage sludge thermal drying process); eliminating the purchase of Boiler Room fuel oil in an amount of approx. 40 tons/year; the entry to the "Green Energy" Manufacturers list and obtaining regularly URE "Certificates of Origin" for electrical energy produced in the OZE (estimated by the Operator at a level of more than 5 000 MWh), which have a material value at the Commodity Energy Exchange (TGE S.A.).
 - The operation of the GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC Engine Cogeneration Set so far has not posed any technical difficulties; the Set operates trouble-free, and its technical condition is good.
 - Operator carries out the necessary periodic inspections of the Biogas Cogeneration Set on schedule and in compliance with the Manufacturer's recommendations.
- analizowanym okresie eksploatacji wyniosło 0,358 m³/kWh energii elektrycznej i 0,183 m³/kWh energii elektrycznej i ciepła (łącznie).
- Dotychczasowe eksploatacyjne jednostkowe zużycie oleju smarującego przez silnik biogazowy GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC (uzupełnienia oleju bez wymian – podczas 16 863 h pracy silnika zużyto 2368,7 dm³ oleju) kształtuje się na poziomie 0,175 g/kWh (0,140 dm³/h), zaś deklarowane przez dostawcę w ofercie – 0,3 g/kWh (do pierwszej naprawy głównej).
 - Eksploatacja biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC przynosi Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. wymierne korzyści energetyczne, ekonomiczne i ekologiczne, redukując praktycznie do zera (u źródła jego wytwarzania) emisję do atmosfery biogazu zawierającego w swym składzie metan. Poprawiła ona gospodarkę energetyczną Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie, tak w zakresie energii elektrycznej jak i ciepła, a także bezpieczeństwo energetyczne oczyszczalni, ponieważ biogazowy zespół kogeneracyjny może pracować wyspowo jako rezerwowe źródło zasilania oczyszczalni z zachowaniem parametrów technologii.
 - W wyniku eksploatacji biogazowego zespołu kogeneracyjnego zmniejszono znacząco bieżące koszty eksploatacji Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie dzięki: ograniczeniu o ponad 50 % zakupu energii elektrycznej od dostawców zewnętrznych, całkowitemu uniezależnieniu się od zewnętrznych dostawców ciepła, zagospodarowaniu na potrzeby własne całego ciepła wyprodukowanego w kogeneracji (w okresach zimowych brakująca część ciepła odzyskiwana jest z procesu termicznego suszenia osadu ściekowego), zrezygnowaniu z zakupu oleju opałowego do kotłowni w ilości ok. 40 t/rok, uzyskaniu wpisu na listę producentów „zielonej energii” i regularnemu pozyskiwaniu w URE „Świadectw pochodzenia” energii elektrycznej wyprodukowanej w OZE (szacowanej rocznie przez eksploatatora na ponad 5 000 MWh), mające wartość materialną na TGE S.A.
 - Dotychczasowa eksploatacja biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC nie stwarza trudności technicznych, zespół pracuje bezawaryjnie a jego stan techniczny jest dobry.
 - Eksploatator zgodnie z zaleceniami producenta i harmonogramem przeprowadza planowo wymagane okresowe przeglądy biogazowego zespołu kogeneracyjnego.

Bibliography/Literatura

- [1] Cupiał K., Dużyński A.: Dorobek Instytutu Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania Politechniki Częstochowskiej w dziedzinie konstrukcji, badań i eksploatacji silników gazowych. SILNIKI GAZOWE – wybrane zagadnienia. s. 107-151, rys. 8. Monografia pod redakcją naukową Dużyńskiego A. Wydawnictwo PCz. Częstochowa 2010.
- [2] Cupiał K., Dużyński A., Grzelka J.: A summary of the eight years of operation of the biogas heat and power-generating set in the Waste Treatment Plant of WARTA S.A. in Częstochowa. s. 71–81, rys. 13, tabl. 3, poz. bibl. 5. COMBUSTION ENGINES 1/2006 (124).
- [3] Cupiał K., Dużyński A., Grzelka J., Bawor W.: Podsumowanie sześciomiesięcznej eksploatacji nowego biogazowego zespołu kogeneracyjnego w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie. Współczesne problemy energetyki gazowej i gazownictwa. Monografia pod redakcją Kaliny J., Kotowicza J., Skorka J., Walewskiego A. ENERGETYKA GAZOWA 2009. Wyd. Instytutu Techniki Ciepłej. Gliwice 2009. s. 415-436, rys. 16, tabl. 2, poz. bibl. 12.
- [4] Cupiał K., Dużyński A., Grzelka J., Mendera K.: Biogazowy zespół prądowłóczy o mocy elektrycznej 600 kW z utylizacją ciepła. Materiały Międzynarodowej Konferencji Silnikowej KONES'99. Journal of KONES – INTERNAL COMBUSTION ENGINES – Warszawa – Zakopane 1999, vol. 6, nr 3–4, Scientific Publication of Permanent Committee of KONES, Kraków, s. 30–37, rys. 4, tabl. 2, poz. bibl. 4.
- [5] Dużyński A.: Analiza rzeczywistych parametrów techniczno-eksploatacyjnych gazowych zespołów kogeneracyjnych. Politechnika Częstochowska, seria Monografie nr 142. Częstochowa 2008. s. 335, rys. 544, tabl. 133, poz. bibl.127.
- [6] Dużyński A., Bawor W.: A Summary of the twelve month's operation of the new biogas cogeneration set in the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Częstochowa. s. 82-99, rys. 18, tabl. 2, poz. bibl. 19. COMBUSTION ENGINES 2/2010 (141). PTNSS. Bielsko-Biała 2010.
- [7] Kalmbach S., Schmölling J.: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft. Schmidt Erich Verlag, 09/2004.
- [8] Dziennik eksploatacyjny biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER JMS 316 GS-B.LC za okres 12.2008–31.12.2010. Materiały wewnętrzne Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie.
- [9] GE JENBACHER Documentation JMS 316 GS-B/LC – wersja 2004.01.
- [10] Instrukcja techniczna nr 1000-0300. Jakość gazu pędnego. GE JENBACHER Documentation. 08.2005.
- [11] Modernizacja gospodarki energetycznej i ciepłej z zastosowaniem odnawialnych źródeł energii na centralnej oczyszczalni ścieków eksploatowanej przez Oczyszczalnię Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie. Zespół prądowłóczy. Projekt wykonawczy. II. Część technologiczna. BIPROWOD-Warszawa Sp. z o.o. Warszawa, luty 2008 r.
- [12] Oczyszczanie gazu absorberami węgla aktywnego – JENBACHER Energie.
- [13] Rynek Praw Majątkowych, www.tge.pl; www.polpx.pl, 01.2011 r.
- [14] www.cire.pl/GE/, 06.2009 r.
- [15] www.ekonaft.com.pl/mobil_last/przemyslowe-mobil/n06_do_silnikow_gazowych/full-mobil-pega-sus610.htm, 06.2009 r.
- [16] www.wartasa.eu, 01.2011 r.

Mr Adam Dużyński, PhD, Eng. - Assistant Professor at the Faculty of Mechanical Engineering and Informatics, Częstochowa University of Technology

Dr inż. Adam Dużyński – adiunkt na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej.



Mgr inż. Wiesław Bawor - starszy specjalista Oczyszczalnia Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie

Mr Wiesław Bawor, MSc, senior specialist, WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Częstochowa,

