

# Ocena możliwości współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych w aglomeracji śląskiej

## Evaluating possibilities for co-combustion of municipal waste and sewage sludge in the Silesian agglomeration

mgr inż. Jacek NIESLER<sup>1</sup>, prof.dr hab. inż. Jan NADZIAKIEWICZ<sup>2</sup>



### W KILKU SŁOWACH

W Polsce funkcjonuje siedemnaście instalacji termicznego suszenia, dwanaście suszarni słonecznych i jednaście mono-spalarni osadów ściekowych, rozpoczęto też budowę sześciu zakładów termicznej utylizacji odpadów komunalnych, a kolejne instalacje tego typu są planowane. Nie ma jednak, w naszym kraju, żadnej instalacji umożliwiającej spalanie zarówno komunalnych osadów ściekowych jak i odpadów komunalnych. Ponieważ parametry energetyczne odpadów komunalnych są o wiele lepsze od parametrów energetycznych komunalnych osadów ściekowych, współspalanie tych paliw jest kuszącą alternatywą, nad którą szczególnie powinni zastanowić się wytwórcy osadów ściekowych.

### PRACUJĄCE I PLANOWANE INSTALACJE DO UTYLIZACJI TERMICZNEJ OSADÓW ŚCIEKOWYCH I ODPADÓW KOMUNALNYCH

#### Osady ściekowe

**W** Polsce mamy siedemnaście instalacji termicznego suszenia osadów, dwanaście suszarni słonecznych i jednaście spalarni odpadów komunalnych. Rys. 1 przedstawia usytuowanie spalarni osadów ściekowych, a rys. 2



### SUMMARY

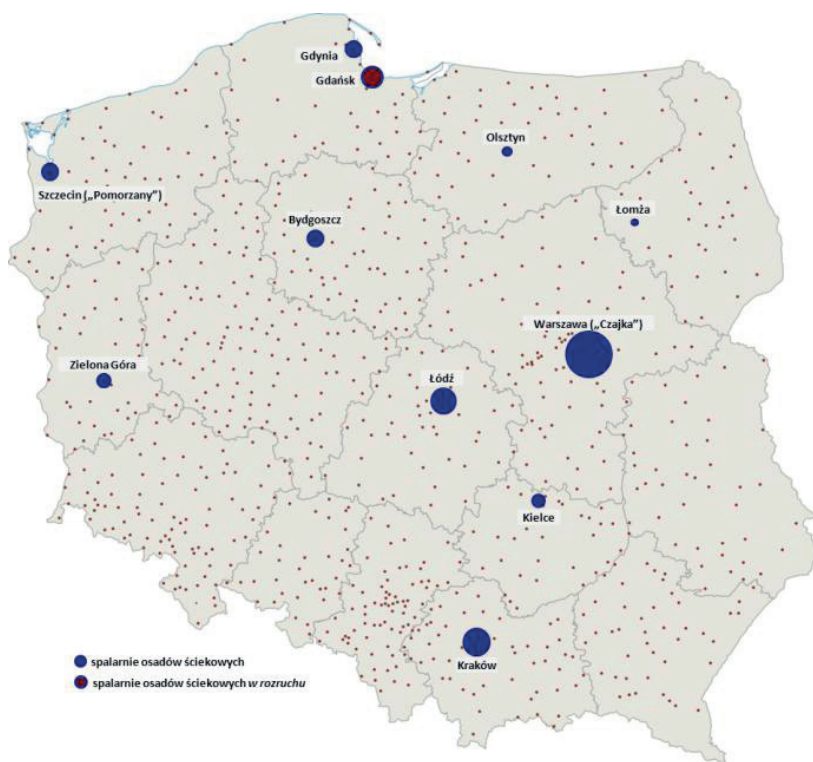
Poland has seventeen thermal drying facilities, twelve solar drying plants, and eleven mono-incineration plants for sewage sludge. While six thermal treatment facilities for processing municipal waste are under construction, development of additional similar plants has already been planned. Nevertheless, Poland does not have an installation for the combustion of both municipal sewage sludge and municipal waste. Since the energy value of municipal waste is significantly higher than that of municipal sewage sludge, the co-combustion of both fuels poses a viable alternative which ought to be considered especially by sewage sludge producers.

suszarni osadów ściekowych. W tab.1 przedstawiono charakterystykę krajowych suszarni osadów, a w tab. 2 wydajności i koszty inwestycji krajowych spalarni osadów.

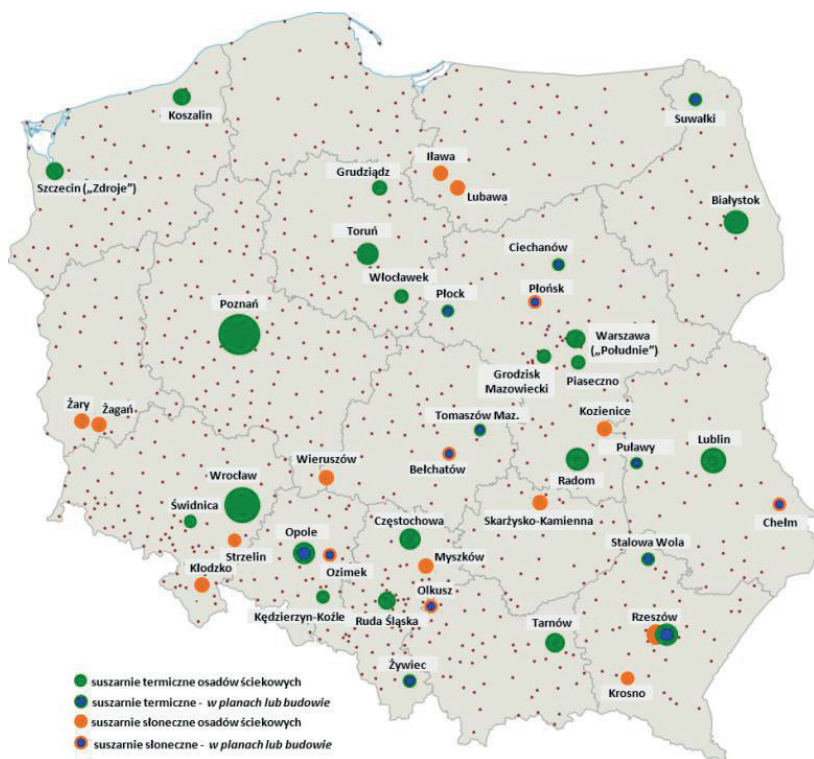
W ostatnim okresie wybudowano osiem spalarni osadów ściekowych na terenie największych polskich oczyszczalni ścieków w Warszawie, Łodzi, Krakowie, Gdańsku, Szczecinie, Bydgoszczy, Kielcach i Płocku. W tab. 2 przedstawiono wydajność i koszty inwestycji spalarni osadów ściekowych

1 Jacek Niesler stypendysta w ramach projektu DoktoRIS – Program stypendialny na rzecz innowacyjnego Śląska współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, doktorant Śląskiego Środowiskowego Studium Doktoranckiego e-mail: jacek@niesler.pl.  
2 Jan Nadziakiewicz Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, Politechnika Śląska e-mail: Jan.Nadziakiewicz@polsl.pl





Rys. 1 Usytuowanie krajowych spalarni osadów ściekowych<sup>13</sup>



Rys. 2 Usytuowanie suszarni osadów ściekowych<sup>13</sup>

Oczyszczalnia	Wydajność [Mg s.m./rok]	Charakterystyka	Stan obiektu
Warszawa („Południe”)	4.800	2-stopniowa (dyskowa + taśmowa), granulaty przewidziany do spalania w OS „Czajka”	eksploatacja od 2006 r.
Poznań	30.000	pionowa talerzowa, granulaty współspalany	eksploatacja od 2008 r.
Radom	7.000	taśmowa, granulaty współspalany	eksploatacja od 2009 r.
Ruda Śląska	4.000	taśmowa, granulaty do produkcji paliw alternatywnych	eksploatacja od 2009 r.
Białystok	8.000	pionowa talerzowa - granulaty wykorzystywany przyrodniczo, próby współspalania	eksploatacja od 2008/2010 r.
Włocławek	3.000	taśmowa, granulaty do produkcji paliw alternatywnych	eksploatacja od 2009 r.
Częstochowa	6.000	pionowa talerzowa, granulaty współspalany	eksploatacja od 2009 r.
Grudziądz	1.600	taśmowa - granulaty wykorzystywany przyrodniczo, planowane współspalanie	eksploatacja od 2009/2011 r.
Lublin	9.000	fluidalna, próby współspalania	eksploatacja od 2008 r.
Tarnów	6.400	taśmowa, plany współspalania suszu z odpadami komunalnymi	eksploatacja okresowa od 2008 r.
Szczecin („Zdroje”)	4.000	taśmowa, susz współspalany w spalarni osadów na terenie OS „Pomorzany”	eksploatacja od 2011 r.
Grodzisk Mazowiecki	1.500	cienkowarstwowa	rozruch/eksploatacja
Wrocław	22.000	bębnowa, 4 linie	rozruch
Toruń	7.650	taśmowa	rozruch
Koszalin	5.000	taśmowa	rozruch
Piaseczno, Świdnica		suszarnie termiczne "z problemami"	
Opole, Suwałki, Rzeszów, Żywiec, Siedlce, Płock, Ciechanów, Tomaszów Mazowiecki, Puławy		suszarnie termiczne planowane/w budowie	
Rzeszów, Iława, Kozienice, Myszków, Żary, Kłodzko, Zagań, Lubawa, Krosno, Strzelin, Wieruszów, Skarżysko-Kamienna		suszarnie słoneczne	
Belchatów, Płońsk, Chełm, Olkusz, Końskie, Ożimek		suszarnie słoneczne planowane/w budowie	

Tab. 1 Charakterystyka krajowych suszarni osadów.<sup>13</sup>



spalarnia osadów	wydajność	cena mln zł brutto
Warszawa Czajka	566 Mg/dobę 30-70 tyś Mg s.m./rok 110-170 tyś Mg/rok	416,6
Kraków Płaszów	64 Mg s.m./dobę 103,3 Mg/rok	88
Kielce Sitkówka Nowiny	91 Mg/dobę 17,7 Mg s.m./dobę 6 tyś Mg s.m./rok	50
Łódź	264 Mg/dobę	106
Bydgoszcz Fordon	30 Mg/dobę	bd
Płock	50 tyś Mg/rok	bd
Gdańsk	38,7-48,7 Mg s.m./ dobę 12-15,2 tyś Mg s.m./ rok	109
Gdynia Dębogóra	110 Mg/dobę 9 tyś. Mg s.m./rok	bd
Łomża	1,5 tyś Mg s.m./rok	bd
Olsztyn	3 tyś Mg s.m./rok	25
Szczecin	9 tyś Mg s.m./rok	bd
Zielona Góra	6,7 tyś Mg s.m./rok	bd

Tab. 2 Wydajność krajowych spalarni osadów ściekowych i koszt inwestycji

## Odpady Komunalne

Od 2000 roku pracuje w Polsce jedna spalarnia, Zakład Unieszkodliwiania Stałych Odpadów Komunalnych (ZUSOK), w Warszawie, na terenie dzielnicy Targówek. ZUSOK przyjmuje do kompleksowego unieszkodliwiania do 70 000 Mg/rok stałych odpadów komunalnych z czego ok. 40 000 Mg/rok kierowane jest do spalania. W jednym ciągu technologicznym pracuje instalacja termicznej utylizacji, sortownia i kompostownia. Zakład posiada jedną linię technologiczną spalania o wydajności 6,5 Mg/h, a zintegrowane linie segregacji przetwarzają w ciągu dwóch zmian do 375 Mg surowych odpadów.

Na przełomie roku 2012/2013 rozstrzygnięto przetargi na budowę sześciu z pierwotnie planowanych, w ramach programu operacyjnego Infrastruktura i Środowisko na lata 2007-2013, dwunastu spalarni odpadów komunalnych. Budowę spalarni rozpoczęto w Białymstoku, Bydgoszczy, Koninie, Krakowie, Szczecinie i Poznaniu. W tab.3 przedstawiono wykonawców, informację o wydajności instalacji i cenie oferty.

BUDOWANE SPALARNIE ODPADÓW KOMUNALNYCH					
lp	miasto	Oferta wybrana			Oferty odrzucone
		Wybrany wykonawca	Wydajność Mg/rok	Kwota mln. zł brutto	Przedział cenowy odrzuconych ofert
1	Białystok	Konsorcjum 1.Budimex 2.Keepels Seghers 3.Cespa Compania Espanola de Servicios Publicos Auxiliares	120.000 15,5 Mg/h	409,538	361,61 - 429,82
2	Bydgoszcz (Toruń)	Konsorcjum 1.Astaldi S.p.A, 2.Termomeccanica Ecologia	180.000	491.683	636,573
3	Konin	Konsorcjum 1.Integral Engineering und Umwelttechnik 2.Erbud 3.Introl	94.000	364.080	361,61 - 472,32
4	Kraków	Posco Engineering & Construction.	220.000	796,921	700,85 - 743,505
5	Szczecin	Mostostal Warszawa	150.000	666.199	472,32 - 737,129
6	Poznań	Sita-Zielona Energia	240.000	724,8	696,2 - 856,68

Tab.3 Wykonawcy krajowych spalarni odpadów komunalnych, wydajność instalacji i cena ofert.



Analizując dane z tab. 3 należy stwierdzić, że dotychczas publikowane dane europejskich autorów (6) dotyczące kosztów budowy spalarni odpadów komunalnych pracujących w oparciu o kocioł rusztowy okazały się znacznie niższe.

Przy wyborze najkorzystniejszej oferty kierowano się następującymi kryteriami: oceną

## DOSTĘPNE TECHNOLOGIE

### I Spalanie komunalnych osadów ściekowych

Technologie suszenia i termicznej utylizacji osadów ściekowych są dobrze znane, dowodem na to są już istniejące w Polsce i kolejne

Wpływ procentowy kryteriów na ostateczną ocenę oferty przetargowej								
lp	miasto	Cena oferty	Ocena rozwiązań technicznych	Parametry gwarantowane instalacji	Gwarancja eksploatacji	Koszty eksploatacji instalacji	środowisko	Dyspozycyjność i przedłużona gwarancja
1	Szczecin	55%	45%					
2	Kraków	45%	5%			35%	10%	5%
3	Poznań	Dla PPP wraz z eksploatacją kryteria były następujące: wynagrodzenie, podział zadań i ryzyk, terminy i wysokość wzajemnych płatności i innych świadczeń zamawiającego						
4	Konin	55%	24%		14%	7%		
5	Bydgoszcz	60%		8%		32%		
6	Białystok	35%	37%		15%	13%		

Tab. nr 4 Kryteria oceny złożonych ofert na budowę spalarni odpadów komunalnych i ich procentowy wpływ na ostateczną ocenę oferty

techniczną oferowanych rozwiązań, parametrami gwarantowanymi instalacji, ceną ofertową, gwarancjami eksploatacyjnymi, kosztami eksploatacji, wpływem na środowisko, dyspozycyjnością. Tab. 4 przedstawia kryteria oceny złożonych ofert na budowę spalarni odpadów komunalnych i ich procentowy wpływ na ostateczną ocenę oferty.

Dane w tabeli pokazują, że cena oferty nie była, jak to często bywa, jedynym kryterium wyboru wykonawcy i to należy oczywiście ocenić pozytywnie, to jednak mając na uwadze fakt, że wszystkie te inwestycje korzystają z dofinansowania UE w ramach programu operacyjnego Infrastruktura i Środowisko, należy stwierdzić, że koszty eksploatacji powinny mieć znaczący wpływ na ocenę oferty, bo to one będą w przyszłości wpływały znacząco na cenę odpadów komunalnych „na bramie”, jak widać nie wszyscy inwestorzy ten parametr docenili.

Ponad dwadzieścia instalacji do spalania odpadów komunalnych jest jeszcze planowanych.

planowane instalacje tego typu, przedstawione na rys. 1 i 2, dlatego też w niniejszym rozdziale przedstawiono technologie umożliwiające odzysk energii powstałej ze spalania osadów ściekowych nie tylko do ich suszenia, ale także do wytworzenia energii elektrycznej lub dodatkowej energii cieplnej.

#### - Technologia RASCHKA Engineering Ltd

Polega na zastosowaniu pieca ze złożem fluidalnym Raschka, w którym po osiągnięciu stabilnych warunków spalania proces prowadzony jest w warunkach autotermicznych. Energia odzyskana z procesu spalania wykorzystywana jest do produkcji pary. Para służy do podsuszenia osadów, a także do celów grzewczych na oczyszczalni ścieków i do produkcji energii elektrycznej. Instalacja w Karlsruhe (Niemcy), przetwarza nominalnie osady ściekowe nieprzefermentowane w ilości 1640 kg/h, osady ściekowe przefermentowane w ilości 420 kg/h, lekkie substancje z instalacji fermentacji odpadów biologicznych w ilości 60 kg/h i skratki w ilości 80 kg/h. Osad jest odwadniany mechanicznie do



73% zawartości wody za pomocą wirówek, a następnie w podgrzewanej parą suszarce gdzie uzyskuje się około 38 %s.m.. Aktualne parametry pary, produkowanej w kotle odzysknicowym, 25 bar temp. 300 °C, wydajność 8 Mg/h, są wystarczające dla podsuszania osadów, podgrzania powietrza spalania. Moc instalacji wynosi 300 kW i zabezpiecza zapotrzebowanie na ciepło całej oczyszczalni ścieków na rok.<sup>14</sup>

#### - Technologia Pyrofluid™

Technologia Pyrofluid™ firmy Veolia polega na termicznym przekształcaniu osadów ściekowych w piecu ze złożem fluidalnym. Wymagany stopień odwodnienia osadów ściekowych dla tej technologii wynosi około 30-35% s.m. w zależności od zawartości materii organicznej, wartość w podanym przedziale dotyczy osadu prefermentowanego, w którym zawartość materii organicznej wynosi ok. 65%. Dla osadów niefermentowanych, zawierających powyżej 70% materii organicznej minimalny stopień odwodnienia jest niższy i wynosi ok. 25% s.m.. Do pieca może być podawany, jako wsad uzupełniający, osad wysuszony o zawartości 80-90% s.m. pod warunkiem, że nie stanowi on więcej niż około 15-20% nadawy, zaś pozostała część to klasyczny osad odwodniony mechanicznie.<sup>1</sup>

Spalania w Sankt Petersburgu w Rosji składa się z czterech pieców fluidalnych. Instalacja była uruchomiona w 1997 r. posiada przepustowość 10,5 Mg/h s.m., a ciepło z procesu spalania służy do produkcji pary o ciśnieniu 6 barów, zasilającej lokalną sieć ciepłowniczą.

Kolejnym przykładem jest instalacja spalania w oczyszczalni ścieków Sankt Petersburg Północ. Instalacja o przepustowości 6,8 Mg s.m./h, składa się z trzech pieców fluidalnych, z których jeden przewidziany jest jako rezerwowo. Entalpię spalin wykorzystuje się do wytwarzania energii elektrycznej, Moc źródła to ok.1,5 MW .

Kolejnym przykładem jest projekt EUREKA zrealizowany w 2000 roku, dostosowania technologii spalania fluidalnego Pyrofluid™ do potrzeb małej oczyszczalni ścieków w taki sposób, aby termicznej utylizacji uległy nie tylko osady ściekowe, ale wszystkie rodzaje odpadów powstające w oczyszczalni ścieków, z tłuszczem, piaskiem i skratkami włącznie. Projekt zrealizowano w Kopenhadze , instalacja dodatkowo

spełnia zaostrzone wymagania emisji ze względu na położenie w strefie rekreacyjnej.

W 2007 roku w Łodzi wybudowano instalację termicznego przekształcania osadów ściekowych i skratek, składającą się z dwóch niezależnych, równoległych linii technologicznych, pracujących 24 godziny na dobę, tj. 7500 godzin w roku. Instalacja składa się z dwóch reaktorów Pyrofluid™ i wykorzystuje ciepło wytworzone podczas termicznego przekształcania osadu i skratek. Wydajność przerobowa instalacji to 82 000 Mg/rok osadów odwodnionych.

System spalania fluidalnego w technologii Pyrofluid™ znajduje również zastosowanie w oczyszczalniach przemysłowych, czego przykładem jest inwestycja spółki ORLEN Eko w Płocku. Pyrofluid™ został tam zastosowany do termicznej utylizacji osadów ściekowych pochodzących z Centralnej Oczyszczalni Ścieków Zakładu Produkcyjnego PKN Orlen SA w Płocku. Osady ściekowe podawane do spalania pochodzą z trzech strumieni o odrębnej charakterystyce: osady denne z mechanicznego oczyszczania ścieków, zaolejone kożuchy z urządzeń oczyszczających ścieki osad biologiczny nadmierny. Jako czwarty strumień odpadów podawanych do spalania przewidziane są wysuszone komunalne osady ściekowe, dowożone z zewnątrz. Przepustowość instalacji wynosi 50 000 Mg/rok odpadów rocznie. Instalacja składa się z dwóch linii spalania, mogących pracować autonomicznie. W wyniku spalania osadów w procesie autotermicznym wytwarza się para o ciśnieniu 10 barów, część wyprodukowanej pary jest zużyta do potrzeb własnych instalacji, a część oddana do sieci zakładowej PKN ORLEN SA. Odpady technologiczne pochodzące z procesów spalania oraz oczyszczania spalin są składowane na składowisku odpadów niebezpiecznych na terenie rafinerii.

Stacje termicznej utylizacji osadów ściekowych Pyrofluid™ wybudowano też w Krakowie i Łodzi. W Płaszowie wybudowano jedną linię technologiczną z zastosowaniem pieca fluidalnego, zaś w Łodzi dwie. W obu instalacjach ciepło wytworzone w wyniku termicznego procesu przetwarzania osadów jest odzyskiwane i wykorzystywane ponownie w procesie termicznej utylizacji i fermentacji osadów przed odwadnianiem. W rezultacie gaz produkowany w komorach fermentacyjnych można skierować do





stacji generatorów produkujących energię elektryczną. Również ciepło potrzebne do ogrzania wszystkich obiektów oczyszczalni w okresie zimowym będzie pochodzić ze stacji termicznej utylizacji osadów.

#### **- Stacja Termicznego Unieszkodliwiania Osadów Ściekowych na Oczyszczalni Ścieków Czajka w Warszawie**

Kolejnym przykładem otrzymania energii ze spalania komunalnych osadów ściekowych jest Stacja Termicznej Utylizacji Osadów Ściekowych na terenie oczyszczalni Czajka. Proces zakłada podsuszenie i spalanie, mechanicznie odwodnionych, własnych osadów ściekowych, ok. 25% s.m. w ilości maksymalnie 24,9 Mg/h (o Wd = 12,6 MJ/kg s.m.) jak i spalanie granulatu wysuszonych osadów z Oczyszczalni Ścieków Południe, ok. 85% s.m. w ilości maksymalnie 0,83 Mg/h (o Wd = 14,0 MJ/kg s.m.). Granulat ten, o wartości opałowej zdecydowanie wyższej od osadu mechanicznie odwodnionego, pozwolił na zastosowanie turbiny upustowo-kondensacyjnej o mocy generatora 2 MWe z możliwością pracy w kogeneracji i jednocześnie wytwarzanie ciepła. Spalarnia osadów ściekowych na oczyszczalni Czajka została zaprojektowana i wybudowana w celu utylizacji wszystkich odpadów powstających w procesie oczyszczania ścieków: odwodnionych, ustabilizowanych osadów ściekowych, skratek w ilości maksymalnie 1,3 Mg/h, piasku z piaskowników w ilości maksymalnie 0,84 Mg/h, oraz tłuszczu w ilości 0,08 Mg/h. Dodatkowo istnieje możliwość przyjmowania odwodnionych lub wysuszonych osadów ściekowych dowożonych transportem samochodowym.

Paliwa po wstępnym przygotowaniu jakim jest podsuszenie odwodnionych osadów ściekowych do poziomu około 32% s.m., rozdrobienie i odseparowanie zanieczyszczeń metalicznych ze skratek i piasku, są podawane do dwóch pieców fluidalnych. Proces zachodzi autotermicznie bez spalania dodatkowych paliw wspomagających. W przypadku zastosowania paliw o niższej jakości (np. osadów odwodnionych o niskiej wartości opałowej) istnieje możliwość wspomaganie procesu przez spalanie biogazu wytwarzanego na oczyszczalni lub gazu ziemnego. Odpowiednia temperatura pa-

nująca w piecu wynosząca minimum 850°C oraz dodatek wody amoniakalnej powodują, że spaliny opuszczające piec charakteryzują się niską zawartością substancji organicznych zwłaszcza dioksyn i furanów oraz tlenków azotu. Energia niesiona przez gorące spaliny jest wykorzystywana do wstępnego podgrzania powietrza fluidyzacyjnego oraz wytworzenia przegrzanej pary o wysokim ciśnieniu. Gorąca para służy do napędzania turbogeneratora umożliwiającego wytworzenie energii elektrycznej oraz, po zmniejszeniu ciśnienia, do ogrzewania suszarek osadu oraz budynku. Nadmiar energii cieplnej może być także przesyłany do głównej sieci cieplnej oczyszczalni i wykorzystany np. do ogrzewania komór fermentacji. Warszawska spalarnia osadów jest jednym z największych i najbardziej zaawansowanych technologicznie obiektów tego typu na świecie.<sup>1,7</sup>

## **II Spalanie odpadów komunalnych**

Na świecie jest ponad 2180 zakładów termicznego przekształcania odpadów komunalnych z czego ponad 1700 to spalarnie wyposażone w kocioł rusztowy. W krajach UE pracuje około 400 tego typu instalacji, a na przykład w Japonii aż 1280.<sup>16</sup> Poniżej przedstawiono kilka tego typu pracujących instalacji.

### **- Technologia Hitachi Zosen INOVA**

Firma Hitachi Zosen INOVA jest niekwestionowanym liderem w tej branży, wybudowała ponad 480 instalacji tego typu na całym świecie. Oto kilka z nich:

W Roosendaal (Holandia) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne i przemysłowe, składa się z dwóch linii o wydajności 19 Mg/h każda. Moc cieplna jednej linii to 62 MW. Spalarnia dostarcza energię elektryczną i ciepłą.

W Boltimor (USA) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne i przemysłowe, składa się z trzech linii o wydajności 28,35 Mg/h każda. Moc cieplna jednej linii to 80,8 MW. Instalacja dostarcza energię elektryczną.

W Borgen (Norwegia) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne i przemysłowe, składa się z dwóch linii o wydajności 16 Mg/h i 15 Mg/h. Moc cieplna jednej linii to 45



MW. Instalacja dostarcza energię elektryczną i ciepłą.

W Clevelan (Wielka Brytania) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne, składa się z trzech linii o wydajności 19 Mg/h każda. Moc cieplna jednej linii to 45,8 MW. Spalarnia dostarcza energię elektryczną

W Maishima (Japonia) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne i przemysłowe, składa się z dwóch linii o wydajności 18,75 Mg/h każda. Moc cieplna jednej linii to 69,7 MW. Spalarnia dostarcza energię elektryczną.

W Olmsted Country (USA) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne i przemysłowe, posiada jedną linię o wydajności 8 Mg/h i mocy to 23,3 MW. Instalacja dostarcza energię ciepłą.

W Rouen (Francja) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne i przemysłowe, składa się z dwóch trzech linii o wydajności 14,5 Mg/h każda. Moc cieplna jednej linii to 38 MW. Spalarnia dostarcza energię elektryczną.

W Erfurt (Niemcy) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne i przemysłowe, posiada jedną linię o wydajności 9,75 Mg/h i mocy cieplnej. Spalarnia dostarcza energię elektryczną i ciepłą.

W Mallorca (Hiszpania) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne i przemysłowe, składa się z dwóch linii o wydajności 27 Mg/h. Moc cieplna jednej linii to 70 MW. Instalacja dostarcza energię elektryczną.

W Taoyuan (Tajwan) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne i przemysłowe, składa się z dwóch linii o wydajności 28 Mg/h. Moc cieplna jednej linii to 75 MW. Instalacja dostarcza energię elektryczną.

W Xiaman (Chiny) spalarnia z kotłem rusztowym, spala odpady komunalne, składa się z dwóch linii o wydajności 9 Mg/h każda. Moc cieplna to 29,4 MW. Instalacja dostarcza energię elektryczną.<sup>6</sup>

#### - Technologia SEGHERS

W Augsburgu (Niemcy), pracuje spalarnia z kotłem rusztowym o wydajności 225 tys Mg/rok składającą się z trzech linii o wydajności 12 Mg/h każda. Moc cieplna jednej linii to 26 MW. Produkuje 29 Mg/h pary o parametrach 40 bar i 400 °C. w tej instalacji zastosowano ruszt poziomy Martin.<sup>10</sup>

#### - Technologia E.ON Energy from Waste Grosraschen GmbH

W 2008 roku E.ON Energy from Waste Grosraschen GmbH uruchomił w Freienhufen (Niemcy) kolejny swój zakład dane eksploatacyjne jednej linii technologicznej są następujące wydajność 230 000 Mg/rok, wartość opałowa 11-18 MJ/kg, wydajność pary o parametrach 40 bar i 400 °C wynosi 114,8 Mg/h, moc cieplna 102 MW moc elektryczna 28 MW. Kocioł wyposażony jest w ruszt posuwisty.<sup>17</sup>

#### - Technologia Fortum

W tym roku wybudowano w miejscowości Sigtuna niedaleko Sztokholmu zakład, który będzie w stanie przetwarzać 240 000 Mg/rok odpadów, w tym 72 000 Mg/rok odpadów komunalnych i 168 000 Mg/rok odpadów przemysłowych. Łączna moc zakładu wyniesie 81 MW w tym 21 MW mocy elektrycznej i 60 MW mocy cieplnej. Zakład będzie wytwarzał 164 GWh energii elektrycznej i 468 GWh energii cieplnej

Też w tym roku w Kłajpedzie (Litwa) wybudowano spalarnię, która będzie przetwarzać 260 000 Mg/rok odpadów w tym 180 000 Mg/rok komunalnych i 80 000 Mg/rok przemysłowych. Łączna moc zakładu wyniesie 90 MW, w tym 20 MW mocy elektrycznej i 70 MW mocy cieplnej. Zakład będzie wytwarzał 156 GWh energii elektrycznej i 546 GWh energii cieplnej<sup>18</sup>

### III Współspalanie osadów ściekowych i odpadów komunalnych

Na świecie pracuje ponad 1700 instalacji termicznej utylizacji odpadów komunalnych z czego jedynie 80 to instalacje do termicznej utylizacji odpadów komunalnych wraz z osadami ściekowymi.

#### - Technologia firmy Lurgi na licencji Ebara Tokyo

W EbS Wiedeń od 2004 roku działa instalacja do współspalania odpadów komunalnych z osadami, w palenisku fluidalnym ROWITEC firmy Lurgi, na licencji Japońskiej firmy EBARA Tokyo. W instalacji składającej się z czterech linii technologicznych spalane są:

- wysortowane frakcje stałe odpadów komunalnych o wartości opałowej do 15 MJ/kg





- i wilgotności 10%
- osady ściekowe bez podsuszania o zawartości 20% s.m. i wartości opałowej 1,38 MJ/kg,
- mieszanina 80% masy mechanicznie odwodnionych osadów ściekowych oraz 20% odpadów stałych jako paliwo wspomagające, gwarantujące przeprowadzenie autotermicznego procesu spalania mechanicznie odwodnionych osadów
- mieszaniny zawierającej kombinację proporcji wyżej wymienionych paliw.

Energia wydzielana podczas spalania odpadów komunalnych jest wystarczającym nośnikiem energii dla spalania jedynie mechanicznie odwodnionych osadów, a w zależności od udziału osadów (max 16 Mg s.m./h) w spalanych odpadach (max 18 Mg/h) możliwa jest także generacja energii elektrycznej przez generator o mocy 3,8 MWe i/lub ciepła o mocy maks. 30 MWth.<sup>2</sup>

#### - Technologia VERA

Technologia VERA, też wykorzystuje osady ściekowe do odzysku energii. Instalacja pracuje od 1997 roku w Hamburgu, w skład instalacji wchodzi nie tylko spalarnia osadów ale też układ gazowo- parowy zasilany biogazem pozyskiwanym w procesie fermentacji osadów. Podstawowe parametry techniczne instalacji to:

- Strumień przekształcanych termicznie osadów 125 000 Mg/rok w tym 107 000 Mg/rok osadów własnych o zawartości 42% s.m. i 18 000 Mg/rok osadów przyjmowanych z zewnątrz o zawartości od 20-30% s.m. oraz strumień spalanych skratek 7 200 Mg/rok
- instalacja KETA – 6 linii technologicznych każda wyposażona w wirówkę do mechanicznego odwadniania osadów i suszarkę tarczową do ich podsuszania
- instalacja VERA – 3 linie technologiczne termicznego przekształcania osadów, każda wyposażona w piec fluidalny ze stacjonarnym złożem pęcherzykowym z których każdy posiada własną instalację mokrego oczyszczania spalin
- układ gazowo parowy wyposażony w turbinę gazową o mocy 5 MWe jednego kotła odzysknicowego o wydajności 22 Mg/h pary oraz w jedną turbinę parową o mocy 5 MWe.

Zakład wytwarza łącznie 152 000 Mg/rok pary o ciśnieniu 40 bar i temp. 400 °C, której głównym źródłem jest kocioł odzyskujący ciepło spalin z turbiny gazowej oraz każdy piec fluidalny produkujący 9 Mg/h pary o tych samych parametrach. Para zbierana jest z obu źródeł systemem kolektorowym i kierowana do turbiny parowej.

Pobierana z upustu turbiny parowej para technologiczna o ciśnieniu 7 bar pokrywa w całości potrzeby cieplne instalacji suszenia osadów. Produkcja biogazu w ilości 22 mln m<sup>3</sup>/rok w całości wykorzystywana jest do napędu turbiny gazowej. Z Wyprodukowanej energii elektrycznej w ilości 70 000 MWh/rok tylko 20 000 MWh/rok jest wykorzystanej na potrzeby własne, a 50 000 MWh/rok jest odprowadzane do sieci.<sup>2</sup>

#### - Technologia STABAG Energy Technologies

W 2012 uruchomiono w Niemczech w miejscowości Linz instalację do współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych. Wydajność instalacji to 150 000 Mg/rok odpadów komunalnych i 50 000 Mg/rok osadów ściekowych. Odpady komunalne i przemysłowe, wstępnie przetwarzane wraz z osadami ściekowymi o 20% s.m. w ilości do 31% i skratkami są spalane w kotle z pęcherzykowym złożem fluidalnym o mocy 72 MWth. Zakres wartości opałowej paliwa Wd 7 - 18 MJ/kg. Parametry pary świeżej strumień 90 Mg/h, ciśnienie 45 bar, temp. 420 °C. Maksymalne wydajności dla poszczególnych substratów wynoszą 200 000 Mg/rok dla odpadów komunalnych i przemysłowych, 95 000 Mg/rok dla osadów ściekowych, 15 000 Mg/rok dla skratek. Upust pary o średnim ciśnieniu do podgrzewacza powietrza 290 °C, Upust pary o niskim ciśnieniu do wtrysku osadów ściekowych 150 °C. Zakład dostarcza 17 MW mocy elektrycznej i 25 MW mocy cieplnej<sup>3</sup>

#### - Technologia IBISOC firmy VINCI Environnement

Technologia ta umożliwia współspalanie osadów ściekowych o zawartości 15-25% s.m. w zależności od właściwości odpadów komunalnych. Wydajność instalacji od 3 – 20 Mg/h. W tej metodzie osady ściekowe za pomocą pompy





płuczkowej są kierowane do rozpryskiwaczy i wprowadzane do komory spalania w przeciwnym kierunku do strumienia gazów odlotowych. Metoda ta może być stosowana w palenisku komory spalania lub w komorze dopalania (tzw. wieży IBISOM). Dla 1 Mg odpadów komunalnych o  $W_d = 8,4$  MJ/kg dopuszczalna ilość osadów ściekowych o zawartości 20% s.m. jest następująca: dla instalacji z komorą dopalania 450 kg, dla instalacji z paleniskiem od 150-200 kg<sup>4</sup>

#### - Technologia Hitachi Zosen Inova

W 2004 roku w miejscowości Thun, w Szwajcarii uruchomiono spalarnie odpadów komunalnych i osadów ściekowych o mocy 46 MW składającą się z jednej linii technologicznej o wydajności 100 000 Mg/rok (wydajność nominalna 13,1 Mg/h, wydajność maksymalna 18,4 Mg/h). Zakres wartości opałowej to 12,6 MJ/kg- 16,5 MJ/kg. Osady ściekowe o zawartości 20%-40% s.m. są dodawane w ilości do 10% nadawy. Parametry otrzymanej pary to: 54,4 Mg/h, ciśnienie 40 bar, temp. 400 °C. Zakład produkuje 12 MW energii elektrycznej, i 25 MW energii cieplnej.

W 2009 roku w Niemczech miejscowości Bamberg uruchomiono, składającą się z trzech linii technologicznych, instalację do współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych o mocy 17,5 MW i wydajności 144 000 Mg/rok (6 Mg/h/linię) Przedział zmienności wartości opałowej  $W_d$  8-13,5 MJ/kg. Parametry pary to: 20 Mg/h, ciśnienie 27 bar, temperatura 227 °C, Zakład produkuje energię elektryczną 6,3 MW i ciepłą 23 MW.

W 2009 roku w Hiszpanii na Majorce uruchomiono składającą się z dwóch linii instalację współspalania osadów ściekowych i odpadów komunalnych o mocy 70 MW i wydajności aż 416 000 Mg/rok (25,2 Mg/h nominalnie, 27 Mg/h maksymalnie) w spalarni są współspalane osady ściekowe w ilości do 10%, odpady medyczne do 10% oraz odpady zwierzęce do 2,5 % nadawy. Parametry pary to: wydajność 84,5 Mg/h/linię, ciśnienie 52 bary, temperatura 400 °C, uzyskana moc elektryczna na turbinie to 38 MW.<sup>5</sup>

W tab. 5 przedstawiono przykładowy koszt inwestycji dla współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych

Spalarnia osadów i odpadów komunalnych	Wydajność	Cena brutto
Thun Szwajcaria	100 000 Mg/rok (13,1 Mg/h)	(CHF 150 mln) 510 mln zł
Majorka Hiszpania	416 000 Mg/rok	(Euro 200 mln) 840 mln zł
Bamberg Niemcy (modernizacja)	144 000 Mg/rok	(Euro 50 mln) 210 mln zł

Tab.5 Wydajność i koszt inwestycji współspalania osadów i odpadów komunalnych

## CHARAKTERYSTYKA ODPADÓW I OSADÓW ŚCIEKOWYCH W WOJ.ŚLĄSKIM

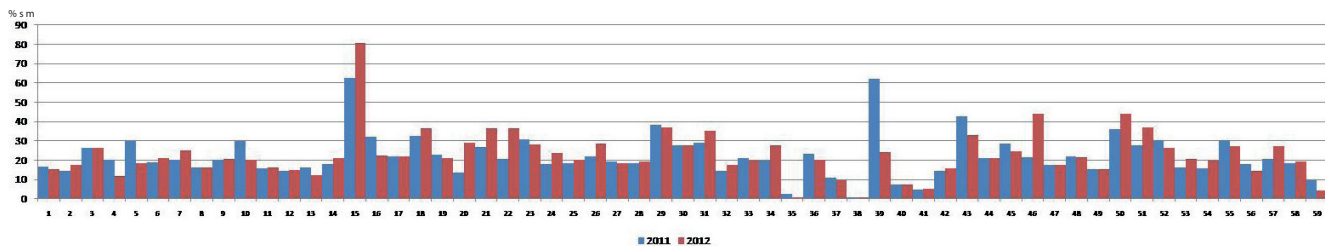
Znajomość cech fizykochemicznych osadów ściekowych i odpadów komunalnych jest niezbędna do właściwego zaprojektowania i optymalizacji procesu ich współspalania.

### Osady ściekowe

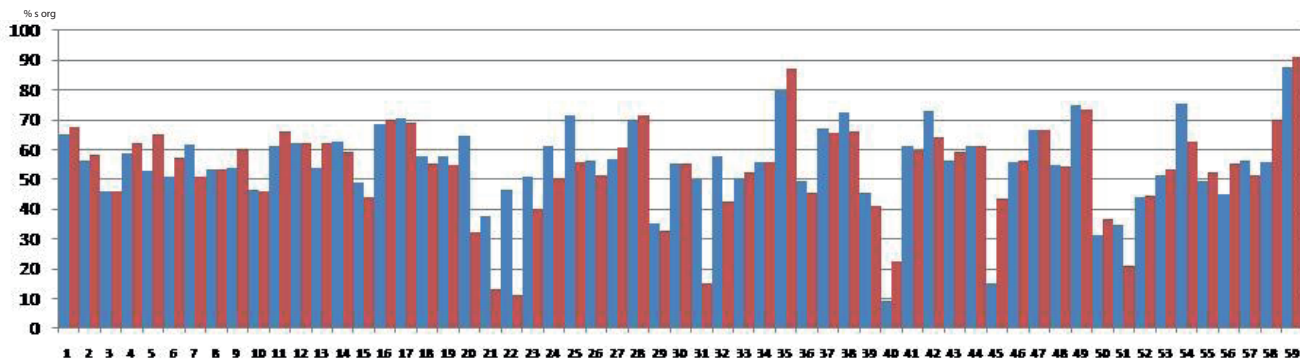
Analizie poddano własności fizykochemiczne komunalnych osadów ściekowych wytworzonych w 59- ciu oczyszczalniach ścieków województwa śląskiego w latach 2011 i 2012 w Chełmie Śląskim, Imielinie, Niegowie, Bytomiu, Katowicach, Wojkowicach, Gliwicach, Mysłowicach, Rudzie Śląskiej, Kuźni Raciborskiej, Sławkowie, Pszowie, Tarnowskich Górach, Tychach, Czerwionce Leszczynach, Łaziskach Górnych, Knurowie, Bojszowy, Rybniku, Żorach, Ornowicach, Suminie, Sośniowicach, Wąsaczu, Kłomnicie, Wręcycy Wielkiej, Boronowie, Woźnikach, Woźnikach, Myszkowie, Częstochowie, Żarkach, Szczekocinach, Przechlebiu, Bielsku Białej, Ustroniu, Strumieniu, Wiśle, Żywcu, Hażlach, Ciężynie, Czechowicach-Dziedzicach. Na wykresach kolorem czerwonym zaznaczono otrzymane wartości średnie w roku 2011, a niebieskim w roku 2012. Oczyszczalniom przyporządkowano numery od 1 do 59. Na rys. 3. przedstawiono wartości średnioroczne % suchej masy, na rys. 4. wartości średnioroczne % substancji organicznej, na rys. 5 ilość wytworzonej suchej masy osadów, na rys. 6 ilość wytworzonych osadów ściekowych, a na rys. 7 wartość opałową osadów

Wartość opałowa osadów ściekowych wzrasta wraz ze wzrostem ilości substancji organicznej i zawartości suchej masy. Analizując powyższe wykresy należy stwierdzić, że pomi-

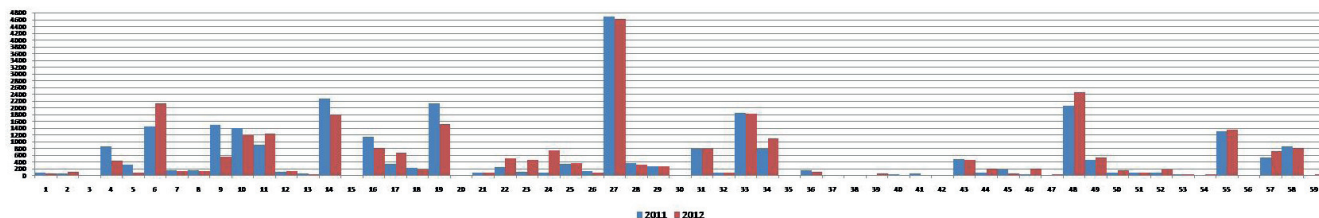




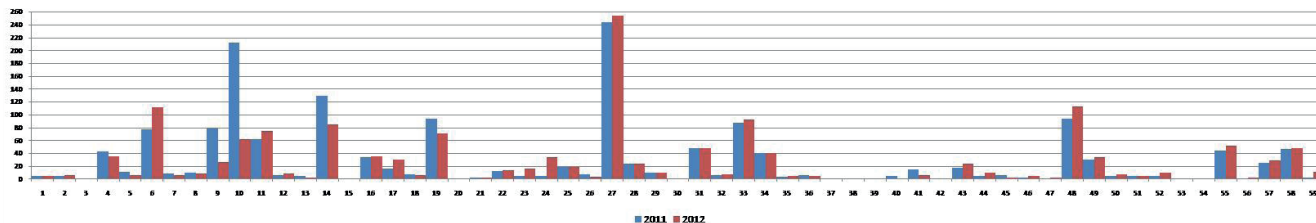
Rys. 3 Wartości średnie roczne % suchej masy osadów dla 59 oczyszczalni w latach 2011 i 2012



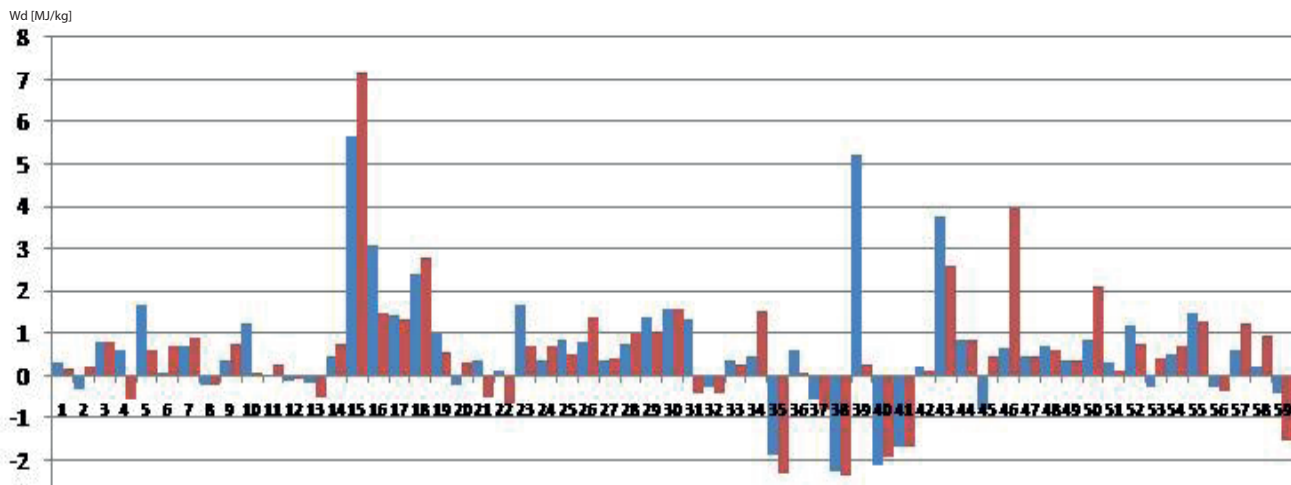
Rys. 4 Wartości średnie roczne % substancji organicznej komunalnych osadów ściekowych dla 59 oczyszczalni w latach 2011 i 2012



Rys. 5 Ilości wytworzonej suchej masy komunalnych osadów ściekowych dla 59 oczyszczalni woj. śląskiego, w latach 2011 i 2012



Rys.6 Ilości wytworzonych osadów ściekowych dla 59 oczyszczalni woj. śląskiego w latach 2011 i 2012



Rys 7 Wartość opałowa Wd [MJ/kg] wytworzonych osadów ściekowych dla 59 oczyszczalni woj. śląskiego w latach 2011 i 2012

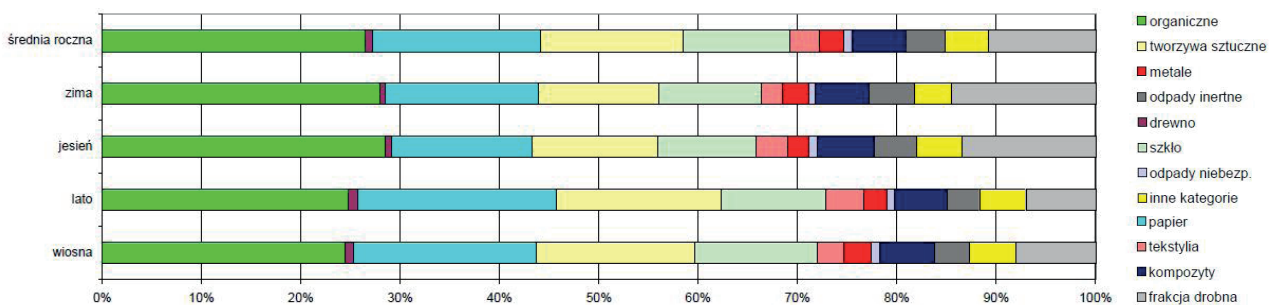


mo porównania jedynie wartości średniorocznych zarówno % zawartości suchej masy jak i % substancji organicznej dla większości oczyszczalni ścieków charakteryzują się dużą zmiennością w wyniku czego otrzymuje się dla wielu oczyszczalni duże rozbieżności wartości opałowej. Wartość opałowa poniżej zera, co wskazano dla kilku przypadków, jest spowodowana małą ilością suchej masy w osadzie i małą ilością substancji organicznej. Niewątpliwie uzyskanie wartości opałowej osadów ściekowych poniżej zera dyskwalifikuje je jako paliwo, a ich współspalanie może być traktowane jedynie jako sposób utylizacji. Jedynie kilka oczyszczalni, dla których uzyskano bardzo niskie wartości opałowe osadu, produkuje małe jego ilości. Niestety oczyszczalnia, która uzyskała dla

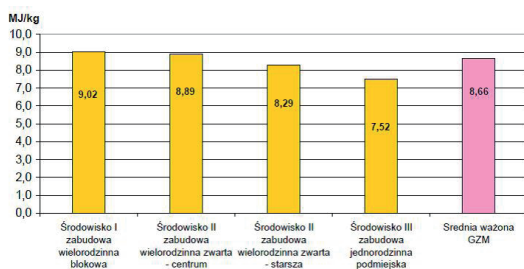
swego osadu największą wartość opałową też produkuje go w małej ilości.

### Odpady Komunalne

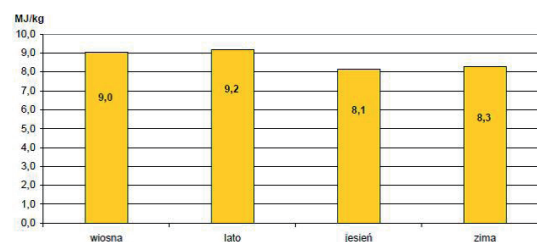
Celem określenia własności odpadów komunalnych w woj. śląskim pobrano 144 próby odpadów komunalnych zmieszanych i wykonano 576 analiz laboratoryjnych podstawowych parametrów fizykochemicznych charakteryzujących skład i właściwości odpadów. Badaniem objęto jedenaście miast Górnos Śląskiego Związku Metropolitalnego (GZM). Do miast wchodzących w skład GZM należą: Katowice, Bytom, Chorzów, Dąbrowa Górnicza, Gliwice, Jaworzno, Mysłowice, Piekary Śląskie, Ruda Śląska, Siemianowice Śląskie Sosnowiec, Świętochłowice, Tychy, Zabrze<sup>9</sup>. Na rys. 8-11 przedstawiono otrzymane wyniki.



Rys. 8 Zmienność sezonowa składu morfologicznego odpadów komunalnych dla miast GZM [%mas.]<sup>9</sup>



Rys. 9 Wartość opałowa odpadów komunalnych z poszczególnych typów zabudowy na obszarze GZM wartości średnioroczne.<sup>9</sup>

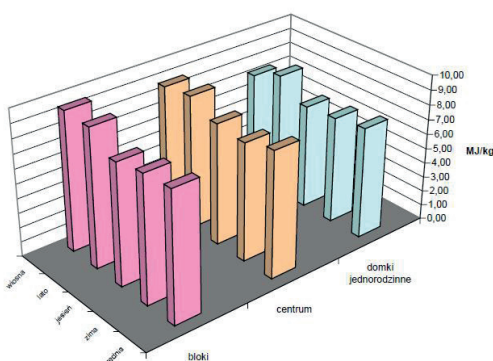


Rys. 11 Zmienność wartości opałowej odpadów komunalnych utworzonych na obszarze GZM w zależności od pory roku wartości średnie roczne<sup>9</sup>

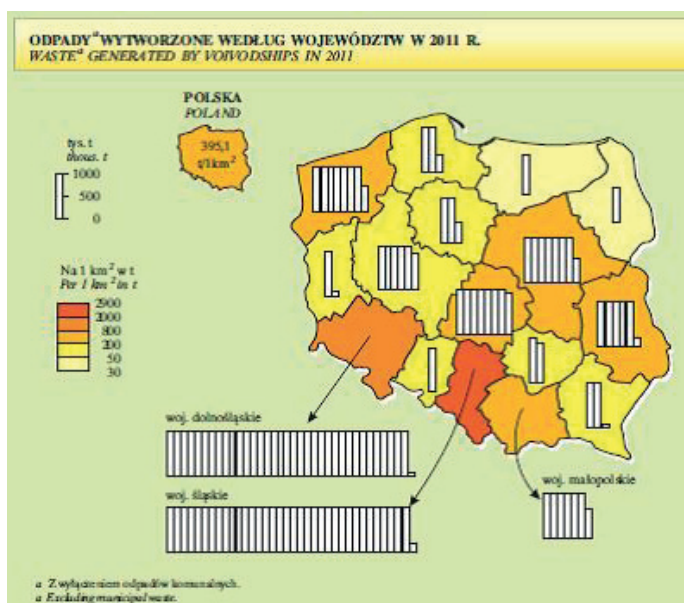
W woj. śląskim największą część odpadów komunalnych stanowią odpady organiczne, papier, tworzywa sztuczne i szkło. Średnia roczna wartość opałowa wynosi 8,66 MJ/kg

### OKREŚLENIE ISTOTNYCH KRYTERIÓW WPŁYWAJĄCYCH NA DOBÓR WIELKOŚCI I PARAMETRÓW INSTALACJI

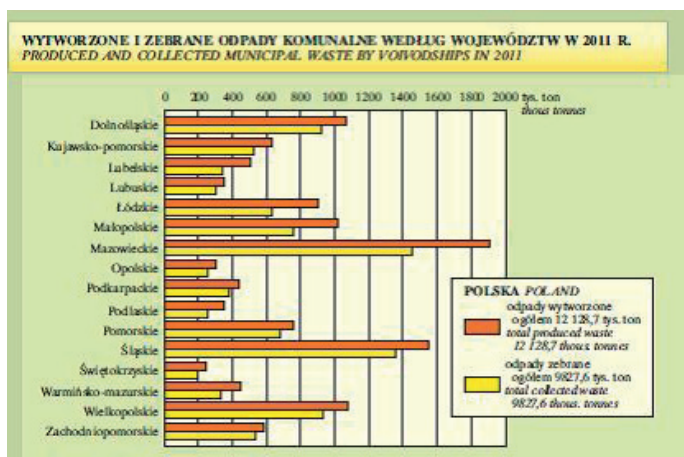
Na dobór wielkości i parametrów instalacji współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych istotny wpływ mają poniższe kryteria :



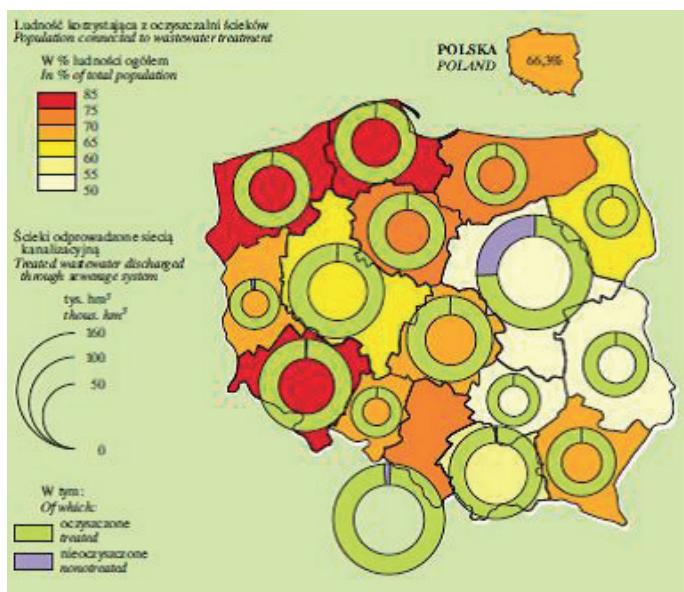
Rys. 10 Zmienność wartości opałowej wartości średnioroczne odpadów komunalnych GZM<sup>9</sup>



Rys. 12 Odpady wytworzone wg województw w 2011 r<sup>15</sup>



Rys 13 Wytworzone i zebrane odpady komunalne według województw w 2011 r<sup>15</sup>



Rys 14 Ścieki odprowadzone siecią kanalizacyjną w 2011 r<sup>15</sup>

## 1. Ilość wytwarzanych odpadów komunalnych i osadów ściekowych w regionie

W województwie śląskim, które od wielu lat jest na pierwszym miejscu wśród wytwórców odpadów rys. 12 i na drugim zaraz po województwie mazowieckim wśród wytwórców odpadów komunalnych rys. 13 do dnia dzisiejszego nie ogłoszono żadnego przetargu na projekt i budowę zakładu termicznej utylizacji odpadów komunalnych. W województwie wytwarza się 35.181,1 tys. Mg odpadów w tym 1.554 tys. Mg odpadów komunalnych.<sup>15</sup>

Także pod względem wytworzonych komunalnych osadów ściekowych województwo śląskie jest na drugim miejscu zaraz po województwie mazowieckim rys 14. W woj. śląskim odprowadzono w 2011 r 146,9 tys. hm<sup>3</sup> ścieków siecią kanalizacyjną.<sup>15</sup>

## 2. Koszty inwestycji i eksploatacji

Dla województwa śląskiego, na terenie którego, wytwarza się aż tak duże ilości zarówno odpadów komunalnych jak i osadów ściekowych, nie posiadającego jeszcze ani spalarni odpadów komunalnych ani spalarni osadów ściekowych, budowa w przyszłości instalacji ich współspalania jest ekonomicznie uzasadniona. Nakłady inwestycyjne na budowę instalacji współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych są znacznie niższe niż nakłady przeznaczone na budowę dwóch instalacji spalających odpady komunalne i osady ściekowe niezależnie ( tab. 2, 3, 5), a umiejscowienie takiego zakładu na terenie lub w pobliżu oczyszczalni ścieków wytwarzającej największą ilość osadów ściekowych w regionie pozwoli poprzez ograniczenie kosztu ich transportu na uzyskanie dodatkowych oszczędności.

Komitet IPPC w Sewilli w 2006 roku opublikował dokument referencyjny BAT (Najlepszych dostępnych Technik) dla procesów utylizacji odpadów<sup>11</sup>. W opracowaniu rekomenduje się stosowanie instalacji sprawdzonych w świecie, a są to kotły rusztowe dla spalania komunalnych odpadów, a dla spalania osadów ściekowych piece fluidalne. Jednak jeśli jesteśmy zainteresowani współspalaniem osadów ściekowych i odpadów komunalnych, to ze względu na fakt, konieczności rozdrobnienia odpadów komunalnych w instalacjach fluidalnych co wpływa na znaczne podwyższenie kosztów zarówno

inwestycyjnych jak i eksploatacyjnych, współspalanie osadów ściekowych i odpadów komunalnych na ruszcie okazuje się rozwiązaniem ekonomicznie bardziej uzasadnionym.

### 3. Parametry fizykochemiczne odpadów komunalnych i osadów ściekowych w regionie

Umożliwiają uzyskanie energii cieplnej i elektrycznej dla celów komercyjnych. Należy się spodziewać, że w najbliższym czasie, w wyniku segregacji odpadów, właściwości paliwowe odpadów komunalnych ulegną zmianie w kierunku wzrostu wartości opałowej i jednorodności. Wpływnie to niewątpliwie korzystnie na proces ich współspalania z osadami ściekowymi.

### 4. Stopień uciążliwości dla środowiska

Ocena stopnia uciążliwości dla środowiska jest określona w decyzji środowiskowej uwzględnia ona warunki lokalne dla planowanej inwestycji. Każda instalacja współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych musi bezwzględnie spełniać normy emisji przedstawione w poniższej tabeli.<sup>12</sup>

### WNIOSKI

1. W województwie śląskim właściwości fizykochemiczne komunalnych osadów ściekowych

wych charakteryzują się dużą zmiennością.

2. Przedstawiona analiza pokazała możliwość utylizacji odpadów komunalnych i osadów ściekowych drogą współspalania. Proces ten wymaga przeprowadzenia głębszej analizy optymalizacyjnej uwzględniającej parametry paliwa i wybór odpowiedniego dostawcy.
3. Instalacja współspalania odpadów komunalnych i komunalnych osadów ściekowych może być efektywna energetycznie tylko w przypadku wykorzystania części strumienia ciepła z procesu współspalania do suszenia osadów.
4. Nakłady inwestycyjne na budowę instalacji współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych są niższe niż nakłady przeznaczone na budowę dwóch instalacji spalających odpady komunalne i osady ściekowe niezależnie dlatego też dla regionu wytwarzającego duże ilości zarówno odpadów komunalnych jak i osadów ściekowych, a nie posiadającego jeszcze ani spalarni odpadów komunalnych ani spalarni osadów ściekowych, takie rozwiązanie jest warte polecenia.
5. Ze względu na zdecydowanie gorsze parametry energetyczne osadów ściekowych, a także koszty transportu instalacja powinna być umiejscowiona na terenie lub w pobliżu oczyszczalni ścieków produkującej największe ilości osadów ściekowych w regionie.

### Literatura:

1. M. Chodur - Aplikacje pieca fluidalnego do utylizacji wszelkiego typu odpadów powstających na komunalnej i przemysłowej oczyszczalni ścieków, Piece Przemysłowe VII/VIII 2013 Axis Media s.c.
2. T. Pająk - Komunalne osady ściekowe jako biomasa w świetle prawa i praktyk krajów UE, Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2008r t 11 nr 3 s 287-300
3. P. Kolbitsch, F. Madl, J. Chrząstek, K. Dochnalik Poadeგიონალა instalacja termicznego przekształcania odpadów komunalnych drugiej generacji dopełnieniem systemu regionalnego instalacji MBP, doświadczenia eksploatacyjne RHKW Linz
4. Materiały firmy Vinci Environnement
5. Materiały firmy Strabag
6. Materiały firmy Hitachi Zosen Inova
7. Materiały firmy Veolia Water Systems
8. Redes M. Zabawa S. Kabarowska B. Termiczne unieszkodliwienie odpadów komunalnych w warunkach krajowych, Mat. VII Konferencji Naukowo Technicznej nt. Termiczne unieszkodliwienie odpadów komunalnych w warunkach krajowych Poznań 2004, 93-104
9. Badanie składu morfologicznego odpadów na terenie objętym przedsięwzięciem (GZM) z uwzględnieniem struktury odpadów komunalnych i ich kaloryczności Raport końcowy Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowanych Katowice
10. J. Nadziakiewicz, K. Wacławiak, S. Stelmach Procesy termiczne utylizacji odpadów wyd Pol. Śl. Gliwice 2012
11. Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, Seville Hiszpania 2006
12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011 w sprawie standardów emisyjnych instalacji Dz.U. z 2011 r Nr 95 poz. 558
13. C. Jędrzejewski „Czy spalanie osadów ściekowych ma przyszłość” referat wygłoszony podczas Seminarium Gdańskiej Fundacji Wody 11-13 czerwca 2013
14. Materiały firmy Raschka Engineering
15. Ochrona Środowiska 2012 rocznik statystyczny GUS
16. T. Pająk Techniki kotłowe dla instalacji odzysku energii z odpadów, VII/VIII 2012 Piece Przemysłowe & Kotły wydawca Axis Media s.c.
17. Materiały firmy EO.N Energy from Waste Grossraschen GmbH
18. Materiały firmy Fortum

Zanieczyszczenia	Jednostki	Średnie wartości dobowe	Średnie wartości półgodzinne	97% Średnie wartości półgodzinne
Pył całkowity	mg/Nm <sup>3</sup>	10	30	10
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	10	60	10
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	50	200	50
HF	mg/Nm <sup>3</sup>	1	4	2
NO+NO <sub>2</sub> jako NO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	200	400	200
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	50	100 lub 150 dla średniej wartości 10 minutowej	
Substancje organiczne w postaci gazów i par, w przeliczeniu na całkowity węgiel organiczny	mg/Nm <sup>3</sup>	10	20	10
		Wartości średnie dotyczące minimum 30 minutowego i maksymalnie 8 godzinowego okresu pobierania próbek		
Cd+Tl	mg/Nm <sup>3</sup>		0,05	
Hg	mg/Nm <sup>3</sup>		0,05	
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	mg/Nm <sup>3</sup>		0,5	
		Wartości średnie mierzone w minimum 6 godzinnym i maksimum 8 godzinnym okresie pobierania próbek		
Dioksyny i furany	mg/Nm <sup>3</sup>		0,1	

(1) Warunki odniesienia - 1013 mbar; 0°C; 11%O<sub>2</sub> gaz suchy