



# Aplikacje pieca fluidalnego do utylizacji wszelkich typów odpadów powstających na komunalnej i przemysłowej oczyszczalni ścieków

**Application of fluidized bed incineration for treatment of all types of waste produced in wastewater treatment plants**

mgr inż. Małgorzata CHODUR

mgr inż. Małgorzata Chodur  
Dyrektor Działu Rozwoju  
Veolia Water Systems Sp.  
z o.o.  
30-149 Kraków, ul. Balicka 48  
tel. 12/ 423 38 66, fax: 12/  
423 34 82  
e-mail: małgorzata.chodur@  
veoliawater.com



## W KILKU SŁOWACH

Odpady powstające w wyniku procesów oczyszczania ścieków są kłopotliwe dla oczyszczalni, zwłaszcza od czasu kiedy nowa ustawa o odpadach obowiązująca od stycznia 2013 nie zezwala na składowanie odpadów biodegradowalnych na wysypiskach.

Termiczna utylizacja osadów ściekowych wychodząca naprzeciw tym wymaganiom została zastosowana w Polsce na 7 dużych oczyszczalniach komunalnych i 1 przemysłowej. Spalanie osadów ścieków na złożu fluidalnym jest metodą całkowicie zgodną z europejską dyrektywą IPPC 96/61/EC oraz uznaną za Najlepszą Dostępną Technikę unieszkodliwiania osadów ściekowych. Główną zaletą spalania w piecu ze złożem fluidalnym jest możliwość unieszkodliwienia wszelkich odpadów powstających na oczyszczalni ścieków: skrapek, zanieczyszczonego piasku z piaskowników, tłuszczu, osadu wstępnego oraz osadu biologicznego nadmiernego.

Proces spalania może być realizowany na osadzie prefermentowanym i niefermentowanym. Obniżona wartość kaloryczna osadu fermentowanego nie wpływa negatywnie na proces spalania; jedynie bilans energetyczny i masowy instalacji

wymaga indywidualnego projektu, z zastosowaniem systemów odzysku i ponownego wykorzystania ciepła odpadowego. Poprawnie zaprojektowany proces spalania może przebiegać autotermicznie. Znanymi są przypadki kiedy instalacja termicznej utylizacji osadów ściekowych jest wręcz energetycznie pozytywna.

Najlepszymi przykładami nowoczesnej spalarni osadów ściekowych są Stacja Termicznego Unieszkodliwiania Odpadów Niebezpiecznych w zakładach ORLEN Eko w Płocku (należy do Polskiego Koncernu Naftowego) oraz Stacja Termicznej Utylizacji Osadów Ściekowych na Oczyszczalni Ścieków CZAJKA w Warszawie.

Obie instalacje spalają wszystkie odpady powstające na oczyszczalni ścieków i produkują ciepło nadmiarowe, wykorzystywane do celów grzewczych.

Trzystopniowy system oczyszczania spalin zapewnia skuteczne usuwanie zanieczyszczeń ze spalin i dobrą jakość gazów oczyszczonych odprowadzanych do atmosfery.

Stężenie zanieczyszczeń w spalinach oczyszczonych jest znacznie poniżej norm wyznaczonych przez polskie i europejskie standardy emisyjne.



**SUMMARY**

Waste issued from wastewater treatment processes create the disposal problems for waste water treatment plants. The new waste regulation, into force since January 2013, forbids to put any biodegradable waste to dumps.

The thermal treatment of waste is applied in 7 biggest Polish municipal waste water treatment plants and in 1 industrial WWTP. Fluidized bed incineration remains in full accordance with EU IPPC directive 96/61/EC and is considered as Best Available Technique for sewage sludge. The main advantage of fluid bed furnace is the possibility to burn all types of waste produced along waste water treatment process: the screenings, sand from sand traps, grease, primary sludge and excessive biological sludge.

The incineration process of WWTP sludge can be applied equally on digested or not digested sludge. The difference in calorific value of both types of sludge is not any inconvenience for incineration process. For each type of fuel, the individual design of mass&heat balance allows to maintain incineration process in auto thermic conditions. Sludge incineration plants can be even energy positive when excellent combination of heat recovery and reuse between several WWTP facilities is implemented.

The best examples of modern incineration plan are the hazardous waste incineration plant in ORLEN Eko in Płock (belonging to Polski Koncern Naftowy) and the Thermal Sludge Treatment Plant in CZAJKA Waste Water Treatment Plant in Warsaw.

Both plants treat all types of WWTP waste and produce the excessive energy used for heating purposes.

The three stage flue gas cleaning systems assure the excellent results of impurities abatement and good quality of flue gas discharged to atmosphere.

The concentration of impurities in flue gas are much below the maximum level allowed by EU and Polish regulations.

# e-r-s to ...

planowanie i wykonawstwo kompletnych projektów wymurówek i innych osłon ogniotrwałych włącznie z:

- projektem inżynierskim
- dostawą materiałów
- udostępnieniem wykwalifikowanej kadry
- przygotowaniem dokumentacji i badań.

**to ...**

- zabudowywanie nowych oraz utrzymanie i konserwacja już istniejących instalacji
- magazynowanie materiałów również na pilne, doraźne potrzeby naszych Klientów
- produkcja prefabrykatów ogniotrwałych
- osuszanie, wstępne podgrzewanie osłon ogniotrwałych



**Posiadamy:**

- dział serwisowo-montażowy (z ok. 80 pracownikami)
- wykwalifikowaną kadrę zarządzającą z fachową wiedzą i doświadczeniem
- własnych certyfikowanych spawaczy
- własny dział inżynieryjny i projektowy
- magazyny składowania
- flotę pojazdów serwisowych
- nowoczesne maszyny budowlane.



**Nasz główny obszar działalności to:**

- komunalne lub szczególne spalarnie odpadów
- instalacje i agregaty przemysłu chemicznego i petrochemicznego
- instalacje topnienia i wylewania metali nieżelaznych
- instalacje produkujące parę wodną
- kotły, piece z kompletnym wyścieleniem materiałami włóknistymi.

e-r-s Polska sp. z o.o. - biuro handlowe i magazyn Wrocław  
 tel.: 71 349 94 13, faks: 71 349 94 09  
 ul. Jerzmanowska 17, bud. F1, 54-530 Wrocław  
[www.e-r-s.eu](http://www.e-r-s.eu), [info@e-r-s.eu](mailto:info@e-r-s.eu)

Zacieśnienie restrykcji w gospodarce odpadami odbija się również na eksploatacji oczyszczalni ścieków. Odpady powstające na oczyszczalniach to nie tylko osady ściekowe, ale także inne odpady ujęte w grupie 19. W styczniu br. zaczęła obowiązywać nowa Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012:

Art. 122. 1 Zakazuje składowania na składowisku odpadów:

- 6) ulegających biodegradacji selektywnie zebranych

W praktyce oznacza to, że odpady biodegradowalne powstające na oczyszczalniach ścieków, przede wszystkim osady ściekowe i skratki, nie mogą być składowane na składowiskach odpadów bez wcześniejszego poddania ich w całości przetworzeniu termicznemu lub biologicznemu. Ten sam zapis nakazuje przetwarzanie tłuszczu zbieranego na powierzchni łapaczy tłuszczu – piaskowników lub osadników wstępnych.

O ile problem tłuszczu jest na oczyszczalniach ścieków rozwiązywany poprzez dodawanie go do komór fermentacyjnych osadu, o tyle osad sam w sobie – nawet po przefermento-





waniu, a także skratki, jako odpad nie nadający się do fermentacji, poprzez brak możliwości umieszczenia ich na wysypisku, wymuszają na oczyszczalniach ścieków zmianę strategii postępowania z odpadami i skierowanie się w stronę procesów termicznych.

Wejście w życie nowej ustawy o odpadach poprzedził dynamiczny rozwój technologii spalania osadów ściekowych, która zaczęła wysuwać się na plan pierwszy jako docelowa metoda unieszkodliwiania osadów ściekowych w Polsce.

Trend ten zaowocował wybudowaniem w latach 2006 – 2012 ośmiu spalarni na największych polskich oczyszczalniach ścieków (Warszawa, Łódź, Kraków, Gdańsk, Szczecin, Bydgoszcz, Kielce, Orlen Płock) oraz wywołał wiele dyskusji na temat zalet i wad procesu spalania osadów. Jako główne wady przytaczane są zazwyczaj dwie cechy: wysoki koszt utylizacji osadu i wysoka energochłonność procesu. Podejście konsultantów i użytkowników instalacji do obydwu zagadnień jest często subiektywne ze względu na emocje towarzyszące wprowadzaniu nowej technologii. W rzeczywistości poprawnie zaprojektowany i zrealizowany proces spalania osadów ściekowych nie jest energochłonny a koszt utylizacji osadu nie jest tak wysoki jak wynika z wielu analiz teoretycznych. Dodatkową zaletą stosowania technologii termicznej jest możliwość unieszkodliwienia wszystkich odpadów powstających na oczyszczalni ścieków, nawet tych najbardziej kłopotliwych jak skratki. Możliwości takie daje tylko zastosowanie pieca fluidalnego.

Termiczna utylizacja osadów z odzyskiem energii jest na dzień dzisiejszy uznana za najszybszą i najkorzystniejszą z punktu widzenia ochrony środowiska i oszczędności energii. Metoda ta jest opisana i regulowana przez prawo polskie i unijne.

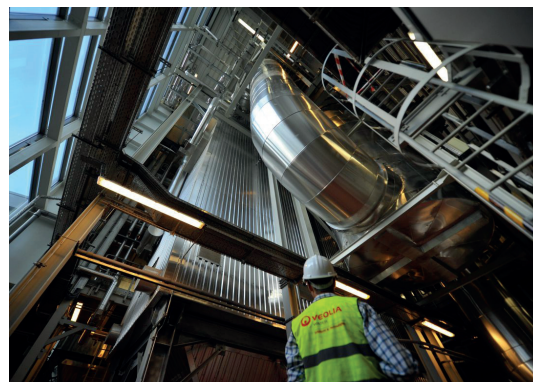
### IPPC i BAT

Dyrektywa 96/61/EC z dnia 24 września 1996 zwana potocznie dyrektywą IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) mówi o zintegrowanym podejściu do zagadnienia ograniczenia konsumpcji zasobów naturalnych oraz emisji zanieczyszczeń do środowiska. Oznacza to że zagadnienia ochrony środowiska takie jak oczyszczanie ścieków, gospodarka odpadami

i emisja do atmosfery należy rozpatrywać jako równorzędne zagadnieniom produkcji przemysłowej i określić ich łączny wpływ na środowisko wraz z jego konsekwencjami prawnymi i finansowymi.

Aby ułatwić wybór właściwych rozwiązań dostosowujących stan techniczny obiektów przemysłowych i ochrony środowiska do wymagań IPPC, komitet IPPC pracujący w Sewilli przygotowuje i opracowuje dokumenty referencyjne tzw. BREF, podające przykłady BAT czyli Najlepszych Stosowanych Technologii (Best Available Techniques) dla poszczególnych procesów produkcyjnych i procesów utylizacji ścieków i odpadów.

Dokument BREF dotyczący gospodarowania odpadami został opublikowany w wersji ostatecznej w sierpniu 2006 roku. Dokument liczy ponad 600 stron i jest dostępny na stronie internetowej EIPPCB w języku angielskim; nie dokonano jeszcze oficjalnego tłumaczenia tego tekstu na język polski.



Instalacja w oczyszczalni ścieków Czajka

### BAT dla odpadów - spalanie z odzyskiem energii

Rozdział 5 „Generalne zasady BAT dla spalania wszelkich odpadów” dokumentu BREF określa kryteria wyboru najlepszej dostępnej techniki spalania odpadów.

Oto niektóre z zalecanych zasad:

- prowadzenie procesu w sposób ciągły a nie szarżowy w celu uniknięcia nadmiernej ilości planowanych i nieplanowanych zatrzymań instalacji
- kontrola parametrów spalania: ilości powietrza, jego dystrybucji i temperatury, temperatury procesu, czasu zatrzymania gazu w komorze spalania



- stosowanie zasady 3T: „time, turbulence, temperature” – czas, wymieszanie, temperatura
- podgrzewanie powietrza spalania dla odpadów o niskiej wartości kalorycznej za pomocą ciepła odzyskanego z procesu spalania w celu poprawienia efektywności całego procesu
- kombinacja systemu odzysku ciepła w bezpośrednim sąsiedztwie pieca oraz izolacji w celu uzyskania odpowiedniej retencji ciepłej pieca
- stosowanie systemów wymiany ciepła i schładzania spalin zabezpieczających przed zakłócaniem urządzeń popiołem; np. wymienniki radiacyjne lub przegrzewacze płytowe
- minimalizacja strat energii zawartej w spalinach; zalecany poziom odzysku energii dla złóż fluidalnych wynosi 80%
- unikanie prowadzenia procesu gdzie wymagane jest powtórne podgrzewanie spalin przez odprowadzeniem do atmosfery (np. oczyszczanie mokre)
- w przypadku suchego oczyszczania spalin, oddzielne odbieranie strumienia popiołów i pozostałości po oczyszczeniu spalin w celu minimalizacji ilości odpadów niebezpiecznych.

W rozdziale 5.5 zatytułowanym „Specyficzne BAT dla spalania osadów ściekowych” na stronie 453 dokumentu podano w jaki sposób zdeteminować BAT dla spalania osadów ściekowych. Przytoczono dwa czynniki:

- technologie złoża fluidalnego uznawane są za BAT ze względu na wysoką efektywność spalania i mały strumień spalin generowany przez ten proces
- suszenie osadu przed spalaniem ciepłem odzyskanym z procesu suszenia pozwala na wyeliminowanie konieczności podawania paliwa do procesu, poza okresami rozruchu i chwilowym podtrzymaniem temperatury procesu na wymaganym poziomie.

### Jakie osady nadają się do spalania?

Do spalania kwalifikuje się każdy osad ściekowy: wstępny i wtórny, przefermentowany i nie fermentowany, odwodniony mechanicznie. Instalacje spalania mogą być zaprojektowane również do spalania osadów przywożonych z innych oczyszczalni ścieków. Jeżeli osady przywo-

żone mają być w postaci płynnej należy poddać je procesowi odwadniania, najlepiej wspólnie z osadem własnym na terenie oczyszczalni gdzie zlokalizowana jest spalarnia, aby zapewnić dobrą homogenizację paliwa. Jeżeli osady przywożone są wstępnie odwodnione mechanicznie, należy zainstalować zbiornik do przyjmowania osadów dowożonych; najkorzystniejszy jest silos z tzw. ruchomym dnem.



Instalacja Orlen Eko

### Wpływ fermentacji na proces spalania osadu

Osad fermentowany może być spalany równie dobrze jak osad nie fermentowany. Wprawdzie proces fermentacji obniża zawartość materii organicznej w osadzie i w związku z tym powoduje obniżenie wartości kalorycznej osadu, niemniej nie wyklucza to poprawnego zaprojektowania instalacji spalania dostosowanej do tak przygotowanego osadu oraz optymalizacji bilansu energetyczny całej instalacji. Biogaz wydzielony w procesie fermentacji osadu poprzedzające spalanie może, a nawet powinien zostać wykorzystany jako źródło energii w procesie spalania. Poza tym fermentacja osadu powoduje zmniejszenie jego ilości o około 30% oraz poprawia możliwość mechanicznego odwodnienia osadu. Skutkiem tego, instalacja do spalania – piec oraz system oczyszczania spalin – posiada znacznie mniejszą kubaturę, w wyniku czego zdecydowanemu obniżeniu ulegają koszty inwestycyjne. Wyższy stopień odwodnienia osadu powoduje, że do układu termicznego przekształcania kierowane jest mniej wody niż w przypadku osadu nie fermentowanego, skutkiem czego obniża się energochłonność całego procesu. Rozporządzenie ministra gospodarki z dnia 21 marca 2002 roku w sprawie warunków prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów na-





kazuje utrzymanie spalin w temperaturze min. 850 °C przez min. 2 sekundy. Dotyczy to również wody zawartej w spalinach.

Poza tym zmniejszenie ilości osadu podawanego do spalania i ilości produkowanych spalin skutkuje obniżeniem zużycia energii elektrycznej i chemikaliów do procesu w wyniku czego niższe są koszty eksploatacyjne instalacji.



Instalacja w oczyszczalni ścieków Czajka

### **Przygotowanie osadu w zależności od wybranej technologii spalania**

Przygotowanie osadu do spalania zależy od metody spalania jaką chcemy zastosować. Generalnie do spalania osadów stosuje się dwa typy pieca: rusztowy i fluidalny. Piec fluidalny jest zdecydowanie najlepszą technologią dedykowaną spalaniu medium kleistego jakim jest osad ściekowy; spośród 8 spalarni osadów ściekowych wybudowanych w Polsce w ostatnim okresie, aż 7 realizuje spalanie w złożu fluidalnym.

Zazwyczaj przygotowanie osadu do procesu spalania w instalacji fluidalnej polega na odwodnieniu mechanicznym oraz podsuszeniu osadu. Wartość tego odwodnienia jest uzależniona od temperatury powietrza fluidyzacji, wdmuchiwanego do komory powietrznej od dołu pieca. Im wyższa wartość temperatury, tym niższy stopień uwodnienia osadu jest wymagany. W przypadku pieców Pyrofluid® (wg technologii Veolia Water Solutions&Technologies), wymagany stopień odwodnienia wynosi około 30-35% suchej masy - w zależności od zawartości materii organicznej znajdującej się w osadzie kierowanym do spalania. Wartość w podanym przedziale dotyczy osadu przefermentowanego, 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% suchej masy. Do pieca typu Pyrofluid® może być podawany jako wsad uzupełniający osad wysuszony do zawartości suchej masy 80-90% pod warunkiem, że nie stanowi on więcej niż około 15-20% nadawy, zaś pozostała jej część to klasyczny osad odwodniony mechanicznie. Do tego typu pieca mogą być kierowane również skratki z oczyszczalni ścieków, tłuszcze z odtłuszczaczy, a nawet piasek z piaskowników, jeżeli jest silnie zanieczyszczony materią organiczną.

### **Optimalizacja bilansu energetycznego procesu spalania osadów**

W procesie spalania produkowane są spaliny, które są nośnikiem energii wytworzonej w skutek spalania osadu. Spaliny nie mogą być poddane, ze względów technicznych, odpyleniu i oczyszczaniu chemicznemu, zanim nie zostaną schłodzone. W wyniku schładzania spalin następuje odzyskanie znacznej części energii zawartej w spalinach. Energia ta powinna zostać wykorzystana w procesie przygotowania osadu do spalania w taki sposób aby proces termicznego przekształcania osadu odbywał się z bilansem energetycznym zerowym, czyli był procesem autotermicznym.

Zaraz za przewodem odprowadzającym spaliny z kopyły pieca instaluje się ekonomizer powodujący podgrzanie powietrza fluidyzacji wprowadzanego do komory spalania od dolnej części pieca. Następnym punktem odbioru ciepła jest kocioł odzysknicowy do produkcji pary. Para będąca nośnikiem energii odzyskanej przekazuje ją do instalacji suszenia przygotowującej osad do spalania. Przy dobrze zbilansowanym układzie energetycznym ilość ciepła odzyskanego ze spalin powinna wystarczyć do wysuszenia osadu. Dla osadu komunalnego przefermentowanego o wartości kalorycznej około 11.000 kJ/kg suchej masy osadu, układ taki może być autotermiczny przy mechanicznym odwodnieniu osadu w zakresie 23-25% suchej masy w przypadku od zawartości organiki w osadzie wynoszącej 60-65% (osad po klasycznej fermentacji). Jeżeli osadu nie da się odwodnić do takiego stopnia lub zawartość organiki jest nadzwyczaj-



nie niska, do układu należy podać dodatkowe ilości ciepła. Mogą one pochodzić z paliwa np. z biogazu lub z innego źródła ciepła o odpowiednio wysokich parametrach.

### **Możliwe skojarzenia gospodarki energetycznej oczyszczalni z gospodarką energetyczną procesu spalania**

Istnieją tutaj dwie główne możliwości z których oczyszczalnie ścieków korzystają niestety rzadko. Pierwsza możliwość to wykorzystanie ciepła odpadowego z układu kogeneracji, jeżeli taki jest zainstalowany na oczyszczalni ścieków. Przy pracującym układzie kogeneracji, ze względu na zużycie biogazu w procesie kogeneracji, nie ma możliwości wykorzystania biogazu do poprawy bilansu energetycznego procesu termicznego. Istnieje natomiast możliwość wykorzystania w tym celu ciepła odzyskanego ze spalin generatora prądu. W takim przypadku generator nie powinien być wyposażony w standardowy system schładzania spalin zrealizowany jako pętla chłodnicza wspólna dla spalin i korpusu generatora produkująca wodę o temperaturze 90 °C. Układ chłodzenia systemu kogeneracji powinien składać się z dwóch systemów autonomicznych. Chłodzenie korpusu generatora odbywa się za pomocą wody i produkuje wodę grzewczą. Chłodzenie spalin odbywa się w wymienniku spaliny olej termalny i przekazuje ciepło ze spalin do obiegu olejowego, skąd można przekazać je do suszarni. Taki sposób odzysku ciepła z kogeneracji powoduje odzyskanie około 50% ciepła nadmiarowego wytwarzanego w wyniku kogeneracji w postaci wody o temperaturze 90 °C oraz około 50% ciepła nadmiarowego w postaci oleju termalnego krążącego w obiegu 180/200 °C. Ta część ciepła która została „zabrana” z obiegu wody o temperaturze 90 °C, który to obieg zazwyczaj służy do ogrzewania komór fermentacyjnych, może zostać skompensowana poprzez ciepło odzyskane z procesu suszenia. Ciepło to wytwarzane jest w wyniku kondensacji pary wodnej powstałej w suszarce w wyniku odparowania wody z osadu. Ciepło odbierane jest przez układ wody obiegowej kierowany do ogrzewania komór fermentacyjnych lub innych obiektów technologicznych. Ponieważ kondensat

z suszenia musi zostać schłodzony przed zrzućtem do kanalizacji, ciepło to jest zazwyczaj wytracane i oddawane do atmosfery. Powoduje to istotne straty ciepła w całej gospodarce energetycznej oczyszczalni.

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w dokumencie referencyjnym IPPC dotyczącym spalania odpadów, we wszystkich rozwiązaniach układów suszenia osadu lub suszenia i spalania osadu powinien zawsze być uwzględniony odzysk ciepła z procesu suszenia i wykorzystanie go do potrzeb energetycznych innych obiektów. Z doświadczeń wynika, że w przypadku oczyszczalni ścieków wyposażonych w komory fermentacyjne, ilość ciepła odzyskanego z procesu suszenia zapewnia skuteczne ogrzewanie komór przez cały okres pracy suszarni, również w warunkach zimowych. To z kolei skutkuje bardziej ustabilizowaną produkcją biogazu.

W instalacjach projektowanych dla oczyszczalni ścieków z układem kogeneracji należy wykorzystywać maksymalnie ciepło odpadowe z generatorów do zmniejszenia energochłonności procesu suszenia.

### **Wybór metody oczyszczania spalin w aspekcie zużycia energii**

Nie bez znaczenia dla gospodarki energetycznej instalacji termicznego przekształcania osadów jest wybór metody oczyszczania spalin. Opisane powyżej systemy odzysku ciepła ze spalin stosowane są w połączeniu z suchym systemem oczyszczania spalin. Tymczasem instalacja termicznego przekształcania osadów może zostać wyposażona w system mokrego oczyszczania spalin; przykładem takiej instalacji jest spalarnia odpadów niebezpiecznych w zakładach ORLEN Eko w Płocku.

Niemniej, system suchy jest znacznie bardziej efektywny energetycznie, zwłaszcza jeżeli trzeba zastosować układ katalitycznego dopalania tlenków azotu SCR. Cała ilość energii odpadowej wytworzonej w procesie spalania, a zawartej w spalinach odzyskiwana jest w wymiennikach typu powietrze-powietrze lub powietrze-paro co pozwala uzyskiwać ciepło o wysokich parametrach.

W mokrym oczyszczaniu spalin, po fazie odpylenia spaliny kierowane są do płuczki. Tam





temperatura ich obniża się do poziomu 40-60 °C. Ciepło ze spalin przechodzi do odcieku z płuczki. System ten wymaga zastosowania dużej ilości wody do schładzania spalin i nie daje takich możliwości odzysku ciepła jak suchy system oczyszczania. Ponadto jeżeli musi być stosowany system SCR konieczne jest podgrzanie spalin przed reaktorem SCR ze względu na nieskuteczność tego procesu w zbyt niskich temperaturach. Wymaga to zainstalowania dodatkowego wymiennika i podania dodatkowej ilości ciepła do ponownego ogrzania spalin.

Za zastosowaniem metody suchej oczyszczania spalin przemawiają dodatkowo dwa czynniki nie związane bezpośrednio z gospodarką energetyczną.

Pierwszym czynnikiem jest możliwość wystąpienia kondensacji w strumieniu spalin opuszczających komin do atmosfery, skutkująca korozją wylotu oraz występowanie pióropusza pary tuż nad wylotem komina. Zjawisko pióropusza związane jest właśnie z kondensacją strumienia spalin opuszczających komin. W przypadku suchego oczyszczania spalin, oba te niekorzystne zjawiska są praktycznie wyeliminowane przez utrzymanie odpowiednio wysokiej temperatury spalin na wylocie z komina.

Drugim niekorzystnym aspektem zastosowania mokrego systemu oczyszczania spalin jest produkcja dużej ilości mokrych szlamów, które klasyfikowane są jako odpad niebezpieczny i wymagają odwadniania co powoduje, że krewą kolejny strumień odpadów. W przypadku suchego systemu oczyszczania spalin suchy popiół lub żużel powstający w wyniku spalania klasyfikowany jest jako odpad inny niż niebezpieczny. Odpadem niebezpiecznym jest tylko sucha pozostałość z chemicznego oczyszczania spalin wynosząca około 5% wszystkich odpadów powstałych w wyniku spalania.

### **Instalacja termicznego przekształcania odpadów niebezpiecznych w zakładzie ORLEN Eko sp. z o.o. w Płocku**

Jest to instalacja przeznaczona do spalania czterech typów osadów, powstających w wyniku oczyszczania ścieków przemysłowych na oczyszczalni o wielkości 60 000 m<sup>3</sup>/d. Instalacja fluidalnego spalania osadów przemysłowych

w Polskim Koncernie Naftowym ORLEN w Płocku różni się od spalarni komunalnych. Osad z oczyszczalni ścieków rafineryjnych zawiera znaczne ilości węglowodorów, jest więc bardziej kaloryczny niż osad z oczyszczalni komunalnych. W związku z tym się go nie podusza przed spalaniem. Mimo zawartości wody rzędu 82 proc., proces spalania przebiega autotermicznie, zaś nadmiar energii wytworzonej, niewykorzystany do suszenia osadu, służy do produkcji pary o ciśnieniu 10 bar kierowanej do sieci zakładowej. Instalacja w Płocku może produkować do 3 t/h pary niskoprężnej.

Również system odzysku energii zastosowany w zakładach ORLEN jest inny niż w komunalnych. Aby uniknąć odkładania osadów, zastosowany jest radiacyjny wymiennik ciepła o bardzo wysokiej prędkości przepływu spalin, które następnie przepływają przez płuczkę i mokry elektrofiltr, gdzie następuje zatrzymanie pyłów, a w końcu trafiają do skrubera do oczyszczania chemicznego z zanieczyszczeń gazowych. Ostatnim etapem oczyszczania jest filtr z węglem aktywnym zabezpieczający przed emisją rtęci i lotnych związków organicznych, zwłaszcza dioksyn.

Do spalania kierowane są tu osady zaolejone denne z wstępnego oczyszczania ścieków zaolejonych, piany i kożuchy z procesów fizyko-chemicznego oczyszczania ścieków rafineryjnych, osady z biologicznej oczyszczalni ścieków przemysłowych, osady z innych oczyszczalni komunalnych dowożone z zewnątrz, wysuszone do formy granulatu.

Osady spalane są w dwóch piecach ze złożem fluidalnym w technologii PyrofluidTM. Instalacja składająca się z dwóch linii wraz z systemem oczyszczania spalin i odzysku ciepła i posiada wydajność 50 000 ton/rok osadu odwodnionego.

Instalacja oddana została do użytku pod koniec 2008 roku i od tego czasu eksploatowana przez spółkę ORLEN Eko jest jedną z najnowocześniejszych tego typu w Europie.

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

Spalarnia osadów ściekowych na oczyszczalni Czajka została zaprojektowana i wybudowana



w celu utylizacji wszystkich odpadów powstających w procesie oczyszczania ścieków: odwodnionych, ustabilizowanych osadów ściekowych, piasku z piaskowników, skratek oraz tłuszczy. Dodatkowo istnieje możliwość przyjmowania odwodnionych lub wysuszonych osadów ściekowych dowożonych transportem samochodowym.

Paliwa spalane w STUOŚ	Wydajność maksymalna (projektowa)
Osad odwodniony (25% s.m.)	24,9 t/h (wartość opałowa 12,6 MJ/kg s.m.)
Wysuszony osad dowożony (85% s.m.)	0,83 t/h (wartość opałowa 14,0 MJ/kg s.m.)
Skratki	1,3 t/h
Piasek	0,84 t/h
Tłuszcze	0,08 t/h

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. osad odwodniony o niskiej wartości opałowej) istnieje możliwość wspomaganie procesu przez spalanie biogazu wytwarzanego na oczyszczalni lub gazu ziemnego. Odpowiednia temperatura panująca 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 turbogeneratorskiego 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. Schłodzone spaliny poddawane są wstępnemu odpyleniu na multicyklonach. W celu głębokiego usunięcia

zanieczyszczeń kwaśnych zwłaszcza dwutlenku siarki oraz metali ciężkich i substancji organicznych, zastosowano metodę suchą polegającą na wtrysku odczynników w postaci pylistej. Do końcowego, dokładnego odpylenia zastosowano filtry workowe. Ostatnim etapem oczyszczania spalin jest katalityczne, głębokie usunięcie tlenków azotu. Zastosowanie tak rozbudowanego, wielostopniowego układu oczyszczania spalin umożliwi uzyskanie stężeń zanieczyszczeń znacznie niższych niż wymagane obowiązującymi przepisami.

Zanieczyszczenie	Gwarantowane maksymalne stężenie	Obowiązująca norma
Pył	8 mg/m <sup>3</sup> u	10 mg/m <sup>3</sup> u
Całkowity węgiel organiczny	8 mg/m <sup>3</sup> u	10 mg/m <sup>3</sup> u
NO <sub>x</sub>	70 mg/m <sup>3</sup> u	200 mg/m <sup>3</sup> u
SO <sub>x</sub>	50 mg/m <sup>3</sup> u	50 mg/m <sup>3</sup> u
HCl	7 mg/m <sup>3</sup> u	10 mg/m <sup>3</sup> u
HF	1 mg/m <sup>3</sup> u	1 mg/m <sup>3</sup> u
NH <sub>3</sub>	10 mg/m <sup>3</sup> u	brak

(podane wartości są półgodzinnymi średnimi stężeniami zanieczyszczeń w odniesieniu do warunków normalnych przy stężeniu tlenu wynoszącym 11% obj.)

Stacja Termicznego Unieszkodliwiania Osadów Ściekowych wyposażona jest w instalację do zestalania i stabilizacji odpadów powstających w procesie spalania: (popiołu i pozostałości z chemicznego oczyszczania spalin. Pyliste odpady mogą być mieszane z odczynnikami wiążącymi i następnie przekształcane w stabilny mechanicznie i chemicznie granulata.

Warszawska spalarnia osadów jest jednym z największych i najbardziej zaawansowanych technologicznie tego typu obiektów na świecie.



Instalacja Orlen Eko