

ENERGETYCZNE WYKORZYSTANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Prof. dr hab. Dr h.c. inż. January Bień

ZAKRES REFERATU:

- **podstawowe tezy referatu,**
- **krajowa gospodarka osadami ściekowymi – stan aktualny, miejsce Polski wśród krajów UE,**
- **energetyczne wykorzystanie osadów– współspalanie osadów w Polsce – stan aktualny,**
- **współspalanie osadów ściekowych w energetyce – podstawowe uwarunkowania,**
- **wymagania prawne dla współspalania osadów, a możliwości krajowej energetyki – przykłady,**
- **prognozy dla współspalania osadów w energetyce,**
- **podsumowanie.**

STANOWISKO SENACKIEJ KOMISJI ŚRODOWISKA

Obecnie zaawansowaną technologią jest produkcja energii związana z przeróbką komunalnych osadów ściekowych, których wartość kaloryczna porównywalna jest z węglem brunatnym.

Istotnymi czynnikami tej technologii jest intensyfikacja oraz wykorzystanie biogazu między innymi za pomocą hydrolizy termicznej, a także kofermentacji osadów ściekowych z odpadami ulegającymi biodegradacji.

Należy podkreślić, że niewłaściwe zagospodarowanie osadów ściekowych może grozić wieloma konsekwencjami środowiskowymi, w tym nawet lokalnymi epidemiami.

Komisja uznaje za konieczne pilne opracowanie strategii unieszkodliwiania i zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce oraz wskazanie preferowanych kierunków rozwiązań w tym zakresie.

Strategia powinna uwzględniać w szczególności możliwość pozyskiwania energii z osadów uznawanych za biomasę.

STANOWISKO SENACKIEJ KOMISJI ŚRODOWISKA

Zmiana paradygmatu dla systemów ściekowych i wodnych w ujęciu lokalnym, a szczególnie w ujęciu zlewniowym, idąca w kierunku odzysku surowców i energii, może odegrać istotną rolę w zrównoważonym rozwoju i ograniczaniu zmian klimatycznych.

Program KLIMASTRATEG powinien być skoncentrowany na trzech strategicznych obszarach problemowych, wynikających bezpośrednio z Krajowego Programu Badań, zgodnych z priorytetowymi kierunkami badań proponowanych obecnie w Europie i świecie.

Obszarami tymi są:

- Zagospodarowanie i źródła energii ze ścieków i osadów ściekowych.**
- Odzysk surowców ze ścieków, osadów ściekowych.**
- Wpływ na efektywność energetyczną i ograniczenie zmian klimatu związanych z powstawaniem i przeróbką ścieków i osadów ściekowych.**

Termiczne przekształcanie osadów ściekowych



Najbardziej radykalny i skuteczny sposób przekształcania osadów ściekowych (znaczna redukcja masy) połączony z odzyskiem energii i substratów (fosfor, metale).

Spalarnie osadów ściekowych

W wielu krajowych oczyszczalniach ścieków pracują od niedawna spalarnie komunalnych osadów ściekowych, w których termicznie przekształcane są **wyłącznie osady ściekowe**.

Stanowią one dobre rozwiązanie zagospodarowania osadów metodami termicznymi w dużych oczyszczalniach ścieków, w porównaniu jedynie do ich suszenia i kierowania granulatu do współspalania w cementowniach.

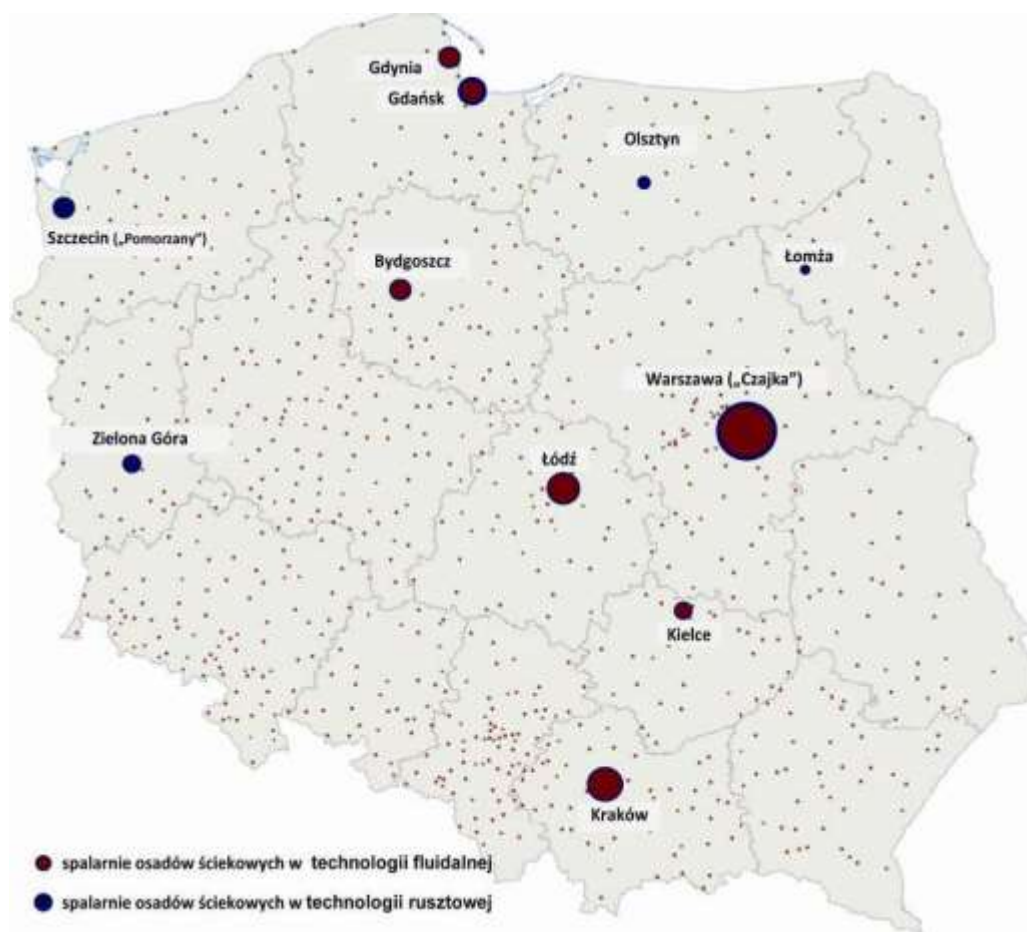
Rozwiązanie takie umożliwia **odzysk energii z procesu spalania osadów** i wykorzystania jej do ich suszenia i stanowi także **potencjalne źródło odzysku fosforu**.

Sumaryczna wydajność krajowych spalarni równa jest ok. 160 tys. Mg s.m. osadów/rok.

Wszystkie spalarnie osadów współpracujące z oczyszczalniami ścieków w dużych miastach (**Bydgoszcz, Gdańsk, Gdynia, Kielce, Kraków, Łódź, Warszawa**) oparte są na rozwiązaniach technologicznych wykorzystujących **palenisko fluidalne** ze złożem stacjonarnym oraz z niezintegrowanym z komorą spalania, zewnętrznym wymiennikiem ciepła.

Dotyczy to w sumie 7 spalarni. Pozostałe 4 posiadają paleniska rusztowe.

Zaprojektowany proces termicznego przekształcania osadów dla krajowych spalarni **obejmuje w większości przypadków zaawansowane metody unieszkodliwiania popiołów i pozostałości po oczyszczaniu spalin**. Realizowane jest to najczęściej poprzez stabilizację i zestalanie. W nielicznych przypadkach pozostałości po procesie spalania i oczyszczania spalin są składowane na specjalnie wybudowanym składowisku.



PODSTAWOWE TEZY REFERATU:

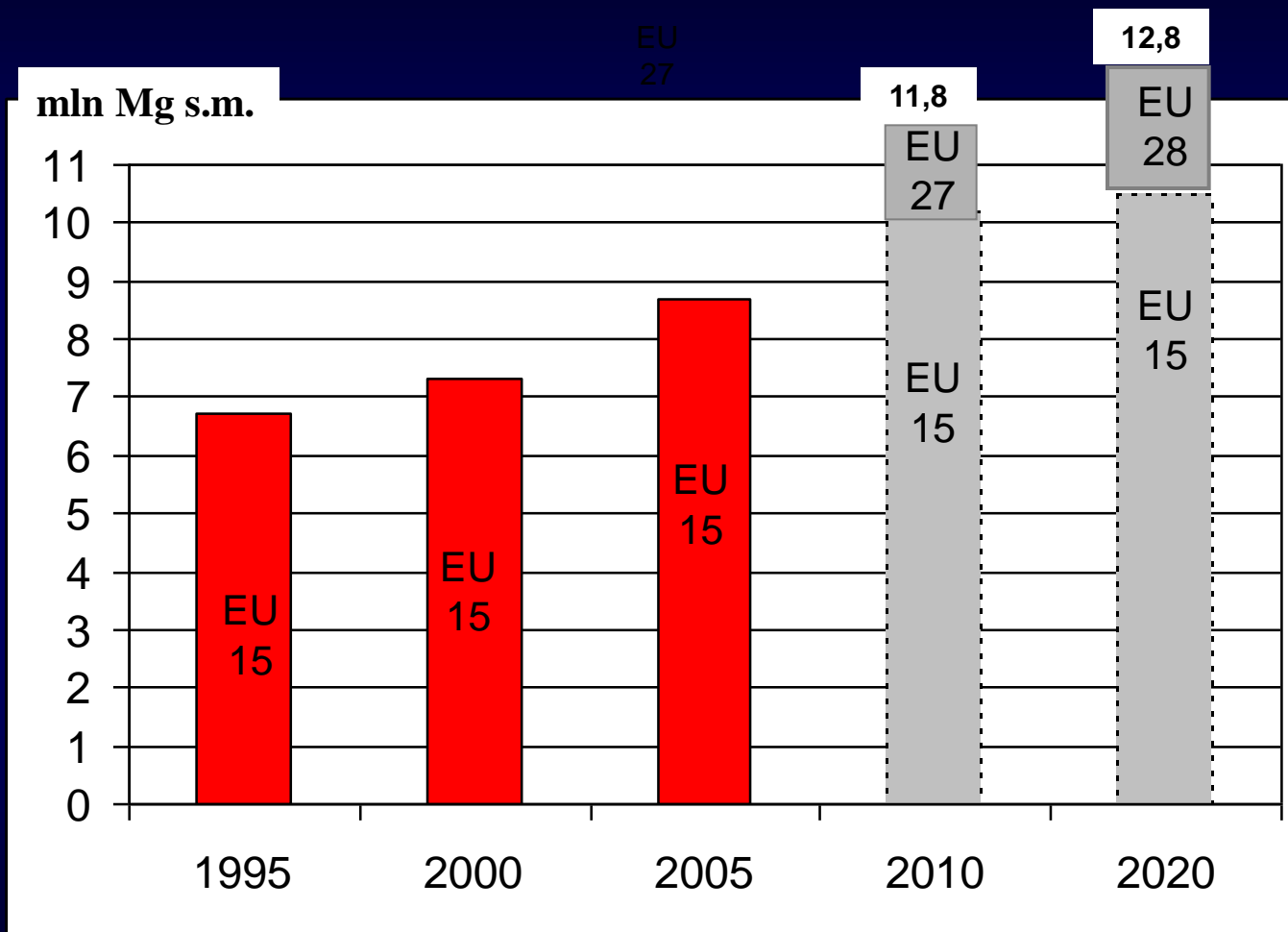
- **dokonany w ostatnich latach w oparciu o metody termiczne rozwój krajowej gospodarki komunalnymi osadami ściekowymi to istotne i znaczące dokonanie Polski w dziedzinie zrównoważonej ochrony środowiska, przesuujące nasz kraj do poziomu zaawansowanych w tym zakresie krajów UE,**
- **istotny udział w rozwoju metod termicznych ma także współspalanie osadów. Odbywa się ono jednak wyłącznie w przemyśle cementowym, a nie w energetyce!**
- **krajowa energetyka nadal nie jest technicznie przygotowana do współspalania osadów. Wymagania prawne odnośnie zachowania standardów emisyjnych i parametrów procesowych podczas współspalania osadów przewyższają aktualne możliwości bloków energetycznych,**
- **współspalanie osadów ściekowych w energetyce jest szeroko stosowane w Niemczech, Holandii, Szwajcarii czy Szwecji. Czy w Polsce będzie również możliwe???**

**KRAJOWA GOSPODARKA OSADAMI
ŚCIEKOWYMI – STAN AKTUALNY,
MIEJSCE POLSKI WŚRÓD KRAJÓW UE**

GENEZA UDZIAŁU METOD TERMICZNYCH W KRAJOWEJ GOSPODARCE OSADAMI – ASPEKT PRAWNY



GOSPODARKA OSADAMI ŚCIEKOWYMI W KRAJACH UE15, UE12 oraz UE28



UE15 – 21,9 kg s.m./M, rok

UE12 – 11,5 kg s.m./M, rok

UE28 – 17,7 kg s.m./M, rok

GOSPODARKA OSADAMI ŚCIEKOWYMI W POLSCE W DRODZE DO OBECNEGO POZIOMU – PORÓWNANIE, stan do roku 2009

KRAJ-PARAMETR	POLSKA wg AKPOŚK	NIEMCY	SZWAJCARIA
Stopień przyłączenia	62%	96%	97%
Ilość oczyszczalni	~ 1500	~ 10 000	300 większych niż 10 tys. RLM
Strumień masy osadów	605 200 Mg s.m./rok	2 030 000 Mg s.m./rok	206 000 Mg s.m./rok
Masa osadów/1 M rok	15,9 kg s.m./M rok	24,7 kg s.m./M rok	26,7 kg s.m./M rok
Wykorzyst. rolnicze	28%	29% łącznie z kompostow.	0%
Przyrodn., rekultyw.	19%	16%	0%
Metody termiczne	3%	52%	97% + 3% eksport
Inne metody	22%	3	0%
Składowanie	28%	0%	0%
Perspektywiczna metoda zagospodar. osadów	metody termiczne (duże aglomeracje rozwój współpal.)	metody termiczne z tendencją wzrostową	tylko i wyłącznie metody termiczne



SPOSOBY POSTĘPOWANIA Z OSADAMI ŚCIEKOWYMI (DANE GUS)

Wyszczególnienie	2000	2005	2010	2013	2014
	tys. ton s.m.				
Osady wytworzone w ciągu roku ogółem	1063,1	1124,4	895,1	932,8	967,4
Stosowane w rolnictwie	-	98,2	136,9	131,0	128,2
Stosowane do rekultywacji terenów, w tym gruntów na cele rolne	-	324,9	150,4	111,2	117,0
Stosowane do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu	28,1	29,6	31,3	37,0	48,0
Przekształcane termicznie	34,1	37,4	66,4	148,8	164,4
Składowane	474,5	399,1	165,9	137,3	135,2
Nagromadzone na terenie oczyszczalni	-	9342,8	6450,5	6500,4	6506,9

PRZEOBRAŻENIA W GOSPODARCE ŚCIEKOWO – OSADOWEJ W POLSCE W LATACH 2003 - 2018

Od 2003 r. wybudowano w Polsce:

- **56 tys. km sieci kanalizacyjnej,**
- **283 nowych oczyszczalni ścieków,**
- **896 rozbudowano i /lub zmodernizowano oczyszczalni ścieków.**

źródło danych I, II, III AKPOŚK

Do roku 2018 planuje się wybudować:

- **40 tys. km sieci kanalizacyjnej (koszt ~ 27 mld zł),**
- **rozbudowa i /lub modernizacja 980 oczyszczalni ścieków (koszt ~ 10,6 mld zł).**

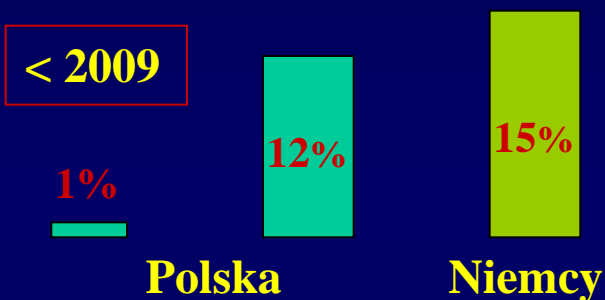
źródło danych; projekt IV AKPOŚK,

GOSPODARKA OSADAMI ŚCIEKOWYMI W POLSCE – PORÓWNANIE STANU DO ROKU 2009 oraz na koniec 2018

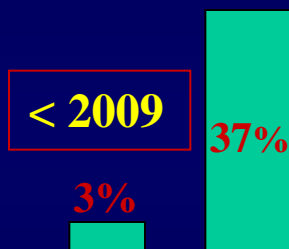
PARAMETR	POLSKA wg AKPOŚK 2009	POLSKA na koniec 2018
Stopień przyłączenia	62%	~ 80%
Strumień masy osadów	605 200 Mg s.m./rok	700 000 Mg s.m./rok
Udział suszenia i współspalania osadów	1%	12% !
Udział spalania osadów	2%	25% !
Sumaryczny udział metod termicznych	3%	37% !
Pozostałe metody zagospodarowania osadów	97%	63%
Wiodąca metoda zagospodarowania osadów	rozwój metod termicznych (duże aglomeracje, rozwój współspal.)	pozostają metody termiczne (także mniejsze aglomer.)

METODY TERMICZNE W POLSCE – PORÓWNANIE STANU DO ROKU 2009 z oceną własną na koniec 2015

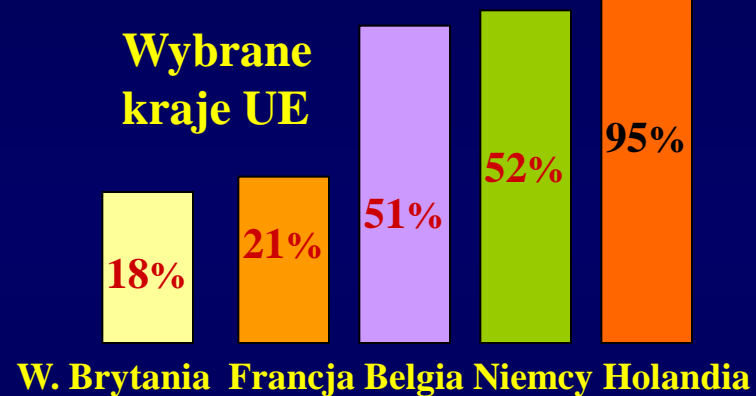
SUSZENIE



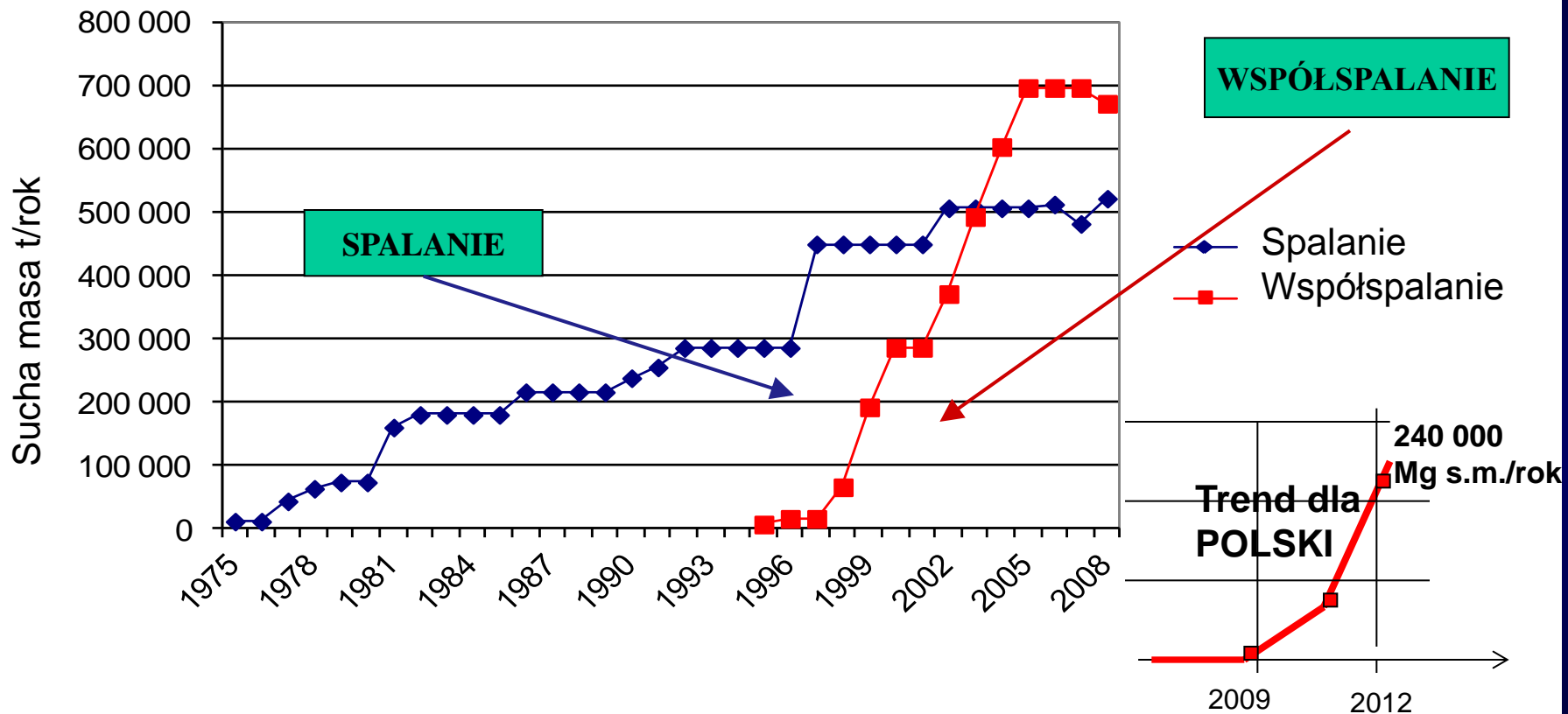
Polska

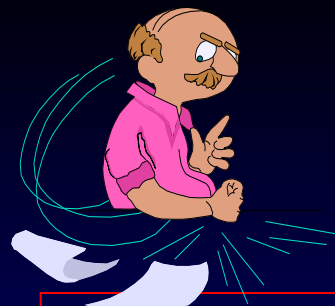


SPALANIE WSPÓLSPALANIE



ZAGOSPODAROWANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH METODAMI TERMICZNYMI W NIEMCZECH, ORAZ PORÓWNYWALNY TREND W POLSCE





**JAK WYKORZYSTYWANE jest ok. 70000
Mg s.m./rok wysuszonych osadów?**

**ENERGETYCZNE WYKORZYSTANIE
WYSUSZONYCH OSADÓW –
WSPÓŁSPALANIE OSADÓW
ŚCIEKOWYCH W POLSCE – STAN
AKTUALNY**

- w cementowniach – aktualnie jedynie stosowane
- w blokach energetycznych – aktualnie nierealne
- w spalarniach odpadów komunalnych – powyżej roku 2016

WSPÓLSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W POLSCE – STAN AKTUALNY

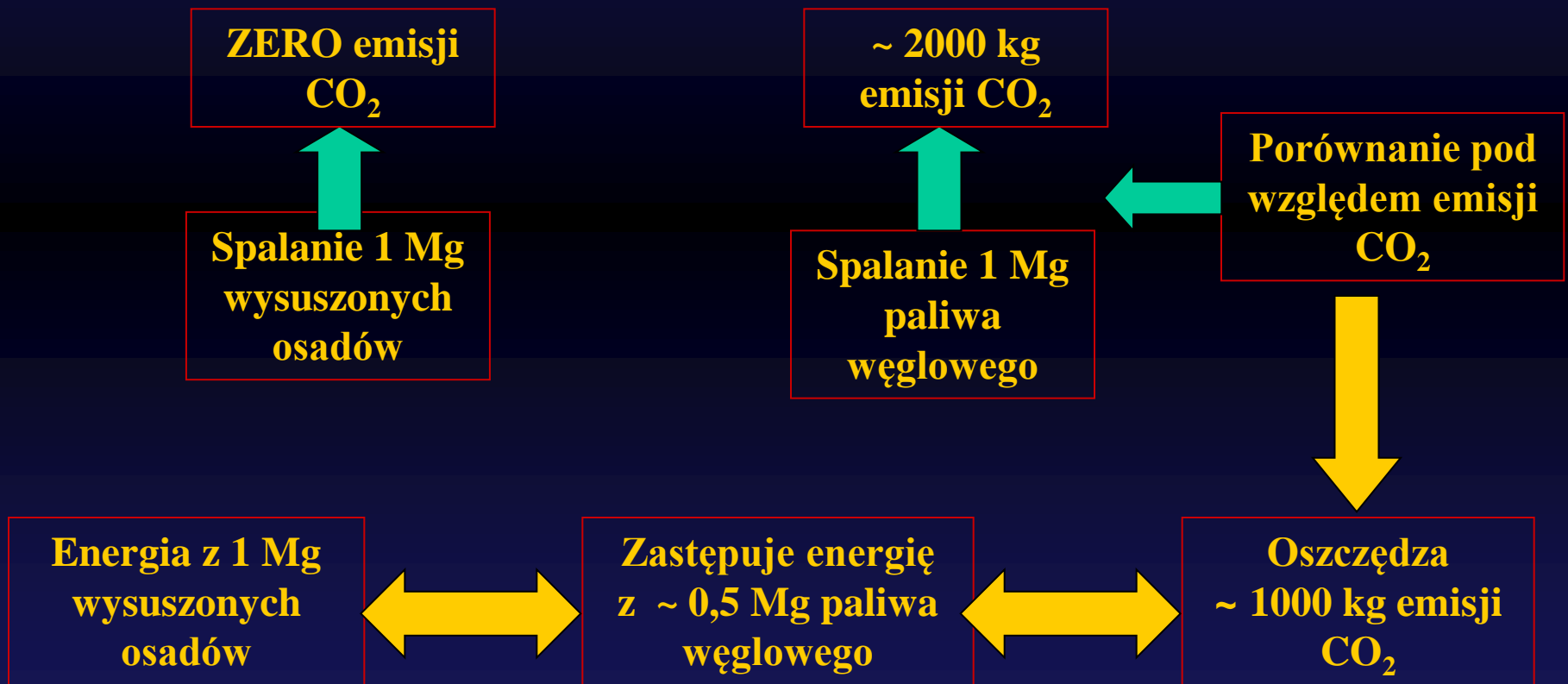
- 1. Współspalanie w cementowniach – jedynie stosowane, optymalne (bezpopiołowe). W Niemczech, Szwajcarii powszechnie stosowane, wraz z odzyskiem ciepła spalin z procesu wypalania klinkieru do suszenia osadów.**
- 2. Współspalanie w kotłach energetycznych – nadal zbyt niski standard techniczny instalacji oczyszczania spalin wobec obowiązujących przepisów emisyjnych, jednak wraz ze wzrostem wymagań dla energetyki (dyrektywa 2010/75/WE o emisjach przemysłowych) może stać się realne, po 2016 r.**
- 3. Współspalanie w spalarniach odpadów komunalnych – realne sporadycznie i tylko, gdy powstaną w kraju spalarnie odpadów komunalnych –**

WSPÓŁSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W POLSCE – STAN AKTUALNY

**WSPÓŁSPALANIE OSADÓW ODBYWA SIĘ
WYŁĄCZNIE W PRZEMYŚLE CEMENTOWYM, W
PIECACH DO WYPALANIA KLINKIERU.**

Przemysł cementowy spełnia wymagania prawne dla współspalania osadów i jest zainteresowany przyjmowaniem osadów. Zgodnie z prawem osady ściekowe uznawane są za biomasę i pod względem emisji CO₂ są neutralne. Emisja CO₂ jest dla przemysłu cementowego limitowana.

ENERGETYCZNE WYKORZYSTANIE WYSUSZONYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH W PRZEMYSŁE CEMENTOWYM REDUKUJE EMISJĘ CO₂



WYMAGANIA PRZEMYSŁU CEMENTOWEGO ODNOŚNIE PALIWA ALTERNATYWNEGO W POSTACI WYSUSZONYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH

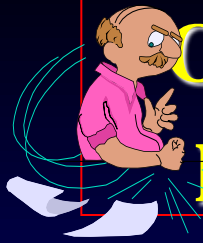
- **wartość opałowa > 12 MJ/kg**
- **zawartość wody < 10%**
- **chlor < 0,7%**
- **siarka < 0,7%**
- **rozdrobienie < 30 mm**

**DOTRZYMANIE TYCH PARAMETRÓW W
ZAINSTALOWANYCH W KRAJU
INSTALACJACH SUSZENIA OSADÓW NIE
STANOWI PROBLEMU**

OSADY ŚCIEKOWE, JAKO BIOMASA I OZE W PRAKTYCE KRAJÓW UE

Przykłady wewnętrznych przepisów państw UE:

- **Holandia – pragmatyczne podejście, osady są OZE,**
- **Belgia, Dania, W. Brytania i inne kraje UE – podobnie jak Holandia,**
- **Polska – osady jako CO₂ neutralne zgodnie z aktualnym prawem,**
- **Polska, osady jako OZE, rozporządzenie MŚ (z dnia 14 czerwca 2016 r.)**



OSADY ŚCIEKOWE, JAKO BIOMASA, paliwo CO₂ neutralne i OZE w POLSCE

- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 września 2008 r. w sprawie sposobu monitorowania wielkości emisji substancji objętych wspólnotowym systemem handlu uprawnieniami do emisji (Dz. U. 2008 Nr 183, poz. 1142). W załączniku 1 w części F, podpunkt 2) tego rozporządzenia wymieniono materiały uznawane za biomasę neutralną pod względem emisji CO₂. Jak tam podano należą do nich także osady ściekowe,
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2016 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów . Rozporządzenie obejmuje różne odpady biodegradowalne stanowiące biomasę, w tym osady ściekowe.

**WSPÓŁSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH
W ENERGETYCE – PODSTAWOWE
UWARUNKOWANIA**

WSPÓŁSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W ENERGETYCE – PODSTAWOWE UWARUNKOWANIA

- ❖ **aktualny stan techniczny instalacji oczyszczania spalin w większości krajowych bloków energetycznych nie pozwala zachować wymaganych standardów emisyjnych (SO_2 , NO_2 , stężenie pyłu), jakie prawo przewiduje dla współspalania osadów ściekowych,**
- ❖ **współspalanie osadów wymaga także zachowania wymaganej temperatury procesu i czasu przebywania spalin w tej temperaturze (mowa jest o spalinach w temp. min. $850\text{ }^\circ\text{C}$ przebywających w tej temp. przez min. 2 sekundy). Warunek ten trudno spełnić w większości kotłów fluidalnych, szczególnie gdy pracują poniżej obciążenia nominalnego,**

WSPÓŁSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W ENERGETYCE – PODSTAWOWE UWARUNKOWANIA, ciąg dalszy

- ❖ **prawnie limitowana jest zawartość węgla (przeliczana na całkowity węgiel organ.) w żużlach i popiołach dennych. Kotły rusztowe warunku tego nie spełniają,**
- ❖ **współspalanie osadów wymaga prowadzenia ciągłej emisji szeregu dodatkowych parametrów, jak także prowadzenia okresowych badań stężeń w spalinach niektórych metali ciężkich i dioksyn). Przekroczeń w tym zakresie nie należy oczekiwać.**

WSPÓLSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W ENERGETYCE – PRZYKŁADY MOŻLIWOŚCI SPEŁNIENIA WYMAGAŃ PRAWNYCH PRZEZ OKREŚLONE KRAJOWE BLOKI ENERGETYCZNE

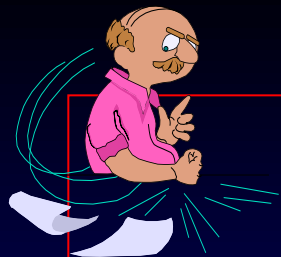
BLOK ENERGETYCZNY O MOCY ~ 110 MW_{th}

Zanieczyszczenie	Wymagany standard emis. [mg/m ³ _u]	Osiągalny standard emis. [mg/m ³ _u]	Komentarz
Dwutlenek siarki SO ₂	730	990	nieosiągalny w obecnych warunkach
Tlenki azotu przeliczone na NO ₂	300	400	nieosiągalny w obecnych warunkach
Pył	30	60	osiągalny po wymianie inst. odpyl.
Pozostałe: CO, TOC, HCl, HF	nie analizowano	brak znajomości	realne do osiągnięcia w obecnych warunk.

WSPÓLSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W ENERGETYCE – PRZYKŁADY MOŻLIWOŚCI SPEŁNIENIA WYMAGAŃ PRAWNYCH PRZEZ OKREŚLONE KRAJOWE BLOKI ENERGETYCZNE

BLOK ENERGETYCZNY O MOCY > 500 MW_{th}

Zanieczyszczenie	Wymagany standard emis. [mg/m ³ _u]	Obecnie wymagany standard emis. [mg/m ³ _u]	Wymagany zgodnie z dyrektywą 2010/75/UE [mg/m ³ _u]
Dwutlenek siarki SO ₂	180	400	200
Tlenki azotu przeliczone na NO ₂	200	400	200
Pył	28	50	20
Metale ciężkie i dioksyny	analizowano	brak znajomości	bez zmian



WSPÓŁSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W SPALARNIACH ODPADÓW KOMUNALNYCH

- jako osady mechanicznie odwodnione z różnym systemem podawania,
- jako granulaty wysuszonych osadów.

PODSUMOWANIE

- **Polska dokonała w ostatniej dekadzie znaczącego postępu w zakresie zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych, co osiągnięto wdrażając nowoczesne metody suszenia i spalania osadów,**
- **współspalanie osadów ściekowych jest realizowane jedynie w przemyśle cementowym i obejmuje około 70 tys. Mg s.m./rok komunalnych osadów ściekowych ,**
- **rozwój krajowej infrastruktury w zakresie ujmowania i oczyszczania ścieków wymaga podejmowania dalszych działań na rzecz zagospodarowania osadów ściekowych. Rolę tę może spełnić energetyka węglowa współpalając osady, o ile nastąpi znacząca poprawa standardów technicznych instalacji oczyszczania spalin,**
- **wdrożenie do energetyki regulacji prawnych wynikających z dyrektywy w sprawie emisji przemysłowych pozwoli w naturalny sposób (bez dodatkowych inwestycji)podjąć przez energetykę współspalanie osadów ściekowych.**

PROJEKT DO NCBiR

**WYKORZYSTANIE ŚCIEKÓW
I OSADÓW ŚCIEKOWYCH
JAKO ŹRÓDŁA ENERGII
I POZYSKIWANIA SUROWCÓW
DLA OGRANICZENIA ZMIAN KLIMATU**

KLIMASTRATEG

ZAŁOŻENIA PROJEKTU DOTYCZĄ:

- 1. Problemy gospodarki ściekowej i osadowej**
- 2. Źródła energii ze ścieków i osadów ściekowych**
- 3. Problemy odzysku surowców ze ścieków i osadów ściekowych**
- 4. Wpływ na efektywność energetyczną procesów przeróbki ścieków i osadów ściekowych**
- 5. Ograniczenie zmian klimatu związane z oddziaływaniem na środowisko ścieków i osadów ściekowych**

Problemy gospodarki ściekowej i osadowej

- Nowoczesne i wysokoefektywne metody oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych
- Nowoczesne metody pozyskiwania biogazu przy uwzględnieniu kofermentacji osadów ściekowych
- Zwiększenie sprawności systemów oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych
- Sposoby modernizacji instalacji do oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych
- Sposoby racjonalnego zmniejszenia ilości powstających osadów ściekowych w procesie oczyszczania ścieków

Problemy gospodarki ściekowej i osadowej c.d.

- Analiza optymalizacji ciągów technologicznych gospodarki osadami ściekowymi w oczyszczalniach ścieków
- Nowoczesne i praktyczne technologiczne metody odzysku fosforu ze ścieków i osadów ściekowych
- Innowacyjne i optymalizacyjne rozwiązania biologicznego oczyszczania ścieków z uwagi na mniejsze zapotrzebowanie na energię
- Korzyści ekonomiczne i środowiskowe z fizycznego oczyszczania ścieków i prowadzonych procesów unieszkodliwiania osadów ściekowych w tym kompostowania
- Przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych powstałych w trakcie procesów modernizacyjnych systemów oczyszczania ścieków

Źródła energii ze ścieków i osadów ściekowych

- Nowe możliwości odzysku energii z procesów oczyszczania ścieków wraz z zastosowaniem najnowszej generacji technologii odzysku energii i sterowania procesem oczyszczania ścieków
- Niskoodpadowe technologie oczyszczania ścieków komunalnych
- Technologie wytwarzania i odzysku energii z procesów przeróbki i unieszkodliwiania osadów ściekowych wraz z wykorzystaniem najnowszych, technicznie dojrzałych technologii odzysku energii
- Zaawansowane technologie pozyskiwania i energetycznego wykorzystania biogazu wraz z zastosowaniem mikroturbin gazowych
- Nowe technologie termicznego przekształcania osadów ściekowych wraz z wykorzystaniem generatorów termoelektrycznych
- Nowe technologie odzysku energii z połączonych metod unieszkodliwiania osadów ściekowych i odpadów komunalnych

Problem odzysku surowców z ścieków i osadów ściekowych

- Technologie odzysku biogenów z komunalnych osadów ściekowych
- Technologie wytwarzania materiałów dla budownictwa o specjalnych właściwościach z wykorzystaniem osadów ściekowych
- Technologie wytwarzania materiałów dla energetyki i ogniw paliwowych
- Technologie i metody pozyskiwania wodoru z procesów przeróbki osadów ściekowych
- Wytwarzanie materiałów pędnych w procesach przeróbki osadów ściekowych
- Nowe technologie w zakresie stosowania surowców otrzymanych w przeróbce osadów ściekowych do wytwarzania nowych materiałów

Wpływ na efektywność energetyczną procesów przeróbki ścieków i osadów ściekowych

- Ograniczenie zużycia energii elektrycznej konsumowanej przez krajowe oczyszczalnie ścieków a tym samym znaczne obniżenie wpływu emisji CO₂
- Wpływ na zmniejszenie zużycia energii z jednoczesnym efektywnym wytworzeniem energii w procesach przetwarzania osadów ściekowych a tym samym wzrost udziału energii ze źródeł odnawialnych
- Zwiększenie efektywności odzysku energii zawartej w komunalnych osadach ściekowych z możliwością jej wykorzystanie dla potrzeb własnych oczyszczalni ścieków, a tym samym ograniczenie zużycia energii ze źródeł konwencjonalnych.

Ograniczenie zmian klimatu związane z oddziaływaniem na środowisko ścieków i osadów ściekowych

- Analiza metod i technologii wpływających na poprawę stanu powietrza oraz ograniczenia wpływu zmian klimatu z uwzględnieniem uwarunkowań pracy systemów i urządzeń do oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych.
- Opracowanie metod symulacji wpływu oddziaływania pracy systemów i urządzeń do oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych na zmiany klimatu (emisje gazów cieplarnianych)
- Nowe technologie obniżenia emisji gazów cieplarnianych powstających w procesie oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych.

Ograniczenie zmian klimatu związane z oddziaływaniem na środowisko ścieków i osadów ściekowych c.d.

- Analiza strat i korzyści związanych z ograniczeniem zmian klimatu w wyniku wdrożenia nowych systemów i urządzeń do realizacji przyjaznego dla zmian klimatu procesów oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych.
- Nowe metody monitorowania stanu powietrza oraz wpływu zmian klimatu na uwarunkowania pracy urządzeń do oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych.
- Nowe metody oceny przyczyn i efektów poprawy stanu środowiska naturalnego w strefach zagrożenia występujących przy oczyszczaniu ścieków i przeróbce osadów ściekowych.

DZIEKUJĘ PAŃSTWU ZA UWAGĘ