ANALIZA ILOŚCIOWA STRUMIENI ODPADÓW KOMUNALNYCH WYTWARZANYCH W POLSCE ORAZ PRAWNE I RYNKOWE MOŻLIWOŚCI ICH UTYLIZACJI W SPALARNIACH – PERSPEKTYWA 2020

Autor: Paweł Małyska

("Rynek Energii" - czerwiec 2016)

Słowa kluczowe: odpady, gospodarka odpadami, spalarnia, rachunek inwestycyjny, rentowność, stopa zwrotu

Streszczenie. W pierwszej części artykułu przedstawiono analizę ilościową strumieni odpadów komunalnych wytwarzanych w Polsce. Uwzględniono ramy prawne kształtujące polski rynek odpadów komunalnych, opisano obecnie dominujące i rozwijające się w Polsce technologie utylizacji oraz określono uwarunkowania rynkowe, które stymulują lub ograniczają poszczególne sposoby gospodarowania odpadami. Druga część przedstawia rezultaty obliczeń wykonanych przy użyciu autorskiego modelu matematycznego, w wyniku których wskazano poziomy rentowności zakładów termicznej utylizacji odpadów komunalnych w zależności od wielkości obiektów, wysokości ich dofinansowania oraz parametrów technicznych. Opisano instalacje, których budowa jest ekonomicznie nieuzasadniona z uwagi na swój rozmiar (umożliwiające utylizację poniżej 90 tys. Mg odpadów rocznie), oszacowano wielkość instalacji, dla której przekroczony jest próg rentowności (zakres 90 – 120 tys. Mg odpadów rocznie) oraz przedstawiono jak wzrasta rentowność wraz z wzrostem wielkości spalarni.

1. RAMY PRAWNE NA RYNKU ODPADÓW KOMUNALNYCH

Wg przepisów polskich [1] i unijnych [2] należy postępować z odpadami następująco (w kolejności od najbardziej do najmniej preferowanej metody):

- zapobiegać ich powstawaniu (1),
- przygotowywać je do ponownego użycia (2),
- stosować recykling (3),
- przetwarzać odzyskując np. surowce i energię (4),
- unieszkodliwiać np. składując (5).

Wykorzystanie odpadów jako paliwa (tj. w procesie odzysku R1 [1]) zalicza się do wymienionej powyżej metody numer 4. Mimo, że metoda ta jest dopiero na czwartym miejscu, co oznacza, że w świetle przepisów trzy poprzednie sposoby radzenia sobie z odpadami są preferowane ponad nią, to potencjał przetwarzania z odzyskiem jest duży.

W 2008 roku w Polsce wytworzono 12 101 tys. Mg odpadów komunalnych [3], a zebrano 10 036 tys. Mg [3]. Różnica, tj. 2 065 tys. Mg, stanowiąca 17% wytworzonych w Polsce od-

padów, odzwierciedla skalę tzw. dzikich wysypisk śmieci [4]. Oczekiwany w 2020 roku wolumen wytworzonych odpadów to 14 254 tys. Mg [3].

Metoda numer 1 – zapobieganie powstawaniu odpadów – jest realizowana w zgodzie z „Krajowym programem zapobiegania powstawaniu odpadów" [5]. Przykładami zapobiegania powstawaniu odpadów są banki żywności oraz punkty, w których można oddawać, wymieniać i sprzedawać przedmioty [6] (mowa tu np. o sklepach z używaną odzieżą). Potencjał tego typu działań jest jednak ograniczony, a jako efekt zadowalający można przyjąć nieznaczny wzrost ilości odpadów wytwarzanych każdego roku [3] (mierzony w odniesieniu do mieszkańca [5]).

Zagospodarowywanie odpadów komunalnych metodami numer 2 i 3 wymuszane jest przez polskie regulacje w odniesieniu do papieru, metali, tworzyw sztucznych i szkła. Zakładając, że gospodarowanie odpadami będzie odbywało się zgodnie z polskimi przepisami [7], należy się spodziewać, że do końca 2020 roku poziom recyklingu i przygotowania do ponownego użycia sumarycznej masy papieru, metali, tworzyw sztucznych i szkła wyniesie 50% wagi tych frakcji [8]. Przepisy wskazują, że masę odpadów papieru, metali, tworzyw sztucznych i szkła należy odczytywać w oparciu o aktualny Krajowy plan gospodarki odpadami [8]. Stąd wiadomo, że masa ta w 2008 roku wyniosła 4 549,4 tys. Mg oraz, że w 2020 roku oczekuje się masy tej frakcji na poziomie 5 476,3 Mg [3]. Uwzględniając przy tym, że „ogólna ilość odpadów wytwarzanych w Polsce (komunalnych i przemysłowych) utrzymuje się na zbliżonym poziomie od ponad 10 lat (wg danych GUS)" [5] i zakładając nieznaczny wzrost ilości wytwarzanych odpadów w ciągu najbliższych lat (o czym wspomniano poprzednim akapicie), należy spodziewać się, że do 2020 roku metodami numer 2 i 3 zagospodarowanych zostanie ok. 2 738,2 tys. Mg odpadów komunalnych.

Z kolei unieszkodliwianie poprzez składowanie, czyli przy użyciu metody numer 5, jest w przepisach ograniczane. Polskie gminy zobowiązano do ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji kierowanych do składowania:

- do 16 lipca 2013 roku – do nie więcej niż 50% wagowo całkowitej masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji,
- do 16 lipca 2020 roku – do nie więcej niż 35% wagowo całkowitej masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji

w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 roku [7], tj. 4 379 tys. Mg [9]. Należy więc przyjąć, że w 2020 roku nie będzie możliwe składowanie masy odpadów przekraczającej 1 533 tys. Mg. Wypełnienie ww. obowiązku przewidziano w prognozie przedstawionej w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami [3].

Kolejnym ograniczeniem dla składowania (metody nr 5) jest również niedopuszczenie do składowania na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne wszelkich frak-

cji z grupy 20, tzn. odpadów komunalnych łącznie z frakcjami gromadzonymi selektywnie [10], których wartość opałowa przekracza 6 MJ / kg suchej masy [11].

Przepisy umieszczone w prawie o odpadach (przez prawo o odpadach należy rozumieć określony zestaw ustaw stanowiących część prawa ochrony środowiska [12]). ściśle precyzują poziom ponownego użycia (metoda nr 2) i recyklingu (metoda nr 3), który „usatysfakcjonuje" ustawodawcę. Jednocześnie prawo o odpadach rygorystycznie ogranicza najtańszy sposób unieszkodliwiania, czyli składowanie (metoda nr 5).

Warto jednocześnie zaznaczyć, że opisane wymogi zostaną zaostrzone, bowiem już dziś odpowiednie organy UE pracują nad regulacjami zobowiązującymi państwa członkowskie do 2030 roku by ograniczyły składowanie do odpadów powstałych wyłącznie w procesach odzysku i recyklingu, których dalszy odzysk jest technicznie niemożliwy [13].

2. TECHNOLOGIE UTYLIZACJI ODPADÓW

Naturalną konsekwencją rozwijających się gospodarek jest przyrost masy wytwarzanych odpadów komunalnych, co ogranicza możliwość skutecznego stosowania metody nr 1.

W przypadku metod nr 2 i nr 3 obowiązujące przepisy kształtują rynek w określony sposób – stymulują rozwój regionalnych systemów przygotowywania odpadów do ponownego użycia i recyklingu. Budowa takich systemów jest trudna. Aby bowiem zagospodarować odpady wspomnianymi sposobami niezbędne jest zapewnianie odpowiedniej czystości zbieranych frakcji, co w praktyce oznacza konieczność selektywnej zbiórki [14]. Osiągnięcie w danej gminie poziomu selektywnej zbiórki na potrzeby utylizacji metodami nr 2 i 3 na poziomie 20% stanowi dobry wynik [6]. Np. odpady zebrane selektywnie tylko na potrzeby utylizacji metodą numer 3, tj. recyklingu, stanowiły w Polsce, w 2010 roku zaledwie niecałe 7% zebranych odpadów (tabela 1).

Tabela 1. Odpady komunalne zebrane w Polsce w 2010 roku w tysiącach Mg [34]

Zebrane odpady komunalne w Polsce	Metoda nr 3 – recykling		Metoda nr 4 – przetwarzanie		Metoda nr 5 – deponowanie na składowisku
	Odpady zebrane selektywnie z przeznaczeniem na recykling bez odpadów biodegradowalnych zebranych selektywnie	Odpady wysegregowane ze zmieszanych	Odpady przetworzone w instalacjach MBP, w tym odpady biodegradowalne zebrane selektywnie	Odpady przetworzone w ITPOK	
10 044,2	678,6	1 104,6	789,8	102,5	7 368,7

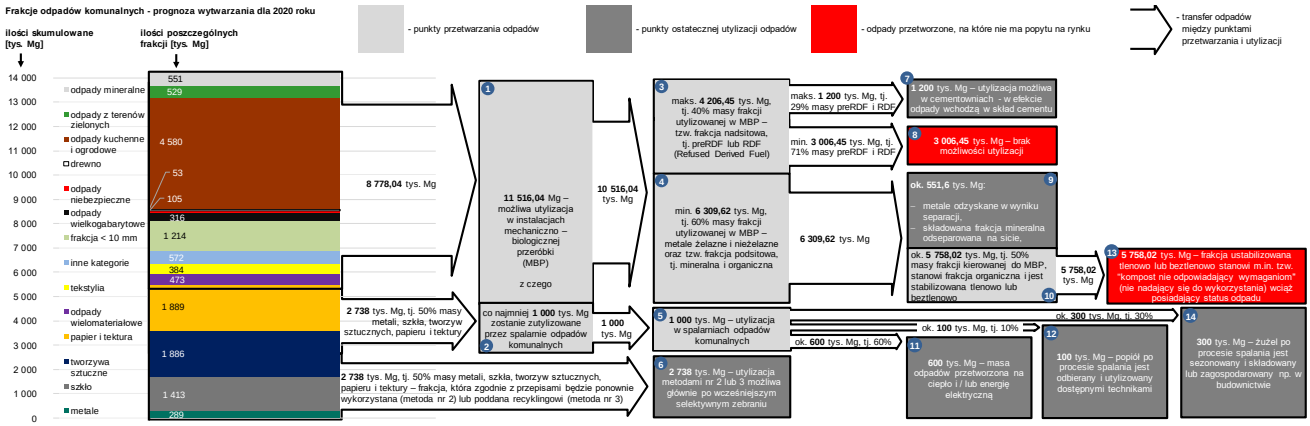
Obecnie średni udział odpadów zebranych selektywnie w ogólnej masie zbieranych odpadów wynosi 10,35%. Wynik ten realizowany jest przy pomocy punktów selektywnego zbierania odpadów komunalnych (PSZOK), których w 2014 roku funkcjonowało w Polsce blisko 1 700 [15]. Ilość odpadów zbieranych selektywnie nieustannie rośnie, ponieważ budowa PSZOK-ów wymuszana jest przez prawo [16]. Przepisy zobowiązują każdą gminę w Polsce do utworzenia co najmniej jednego stacjonarnego punktu selektywnego zbierania odpadów komunalnych, samodzielnie lub wspólnie z innymi gminami [7]. Polska podzielona jest na 2 479 gmin [17], można więc spodziewać się ciągłego przyrostu liczby i możliwości przetwórczych PSZOK-ów oraz zwiększania wolumenu odpadów zbieranych selektywnie i przygotowywanych do ponownego użycia lub poddawanych recyklingowi. Nie należy jednak oczekiwać, że gminy będą zainteresowane przekraczaniem poziomu 50% nałożonego przez przepisy, co oznacza sumarycznie ok. 2 738,2 tys. Mg odpadów komunalnych (jak wspomniano powyżej).

Ponieważ metodami nr 1, 2 i 3 odpady są i do 2020 roku będą redukowane i utylizowane w ograniczonym zakresie (jak opisano powyżej), rozsądnie jest spodziewać się, że dominującymi sposobami utylizacji będą metody 4 i 5. Za rozwojem tych metod przemawia specyfika klientów, czyli wytwórców odpadów komunalnych. Są oni zainteresowani przede wszystkim odbiorem nieczystości i niską ceną takich usług, a kwestia dalszego przetwarzania jest dla klientów mniej zajmująca. Tym sposobem, gdyby nie ograniczenia prawne dominującą metodą pozostałoby składowanie, czyli aktualnie najtańsza stosowana metoda. Zaś z uwagi na restrykcyjne zakazy składowania, o których wspomniano powyżej, należy się spodziewać, że metodą dominującą w 2020 roku będzie przetwarzanie odpadów z odzyskiem surowców i energii (czyli nr 4). Metoda ta jest relatywnie tańsza względem „wyższych" form gospodarowania odpadami i, co w tym przypadku najważniejsze, nie niesie ze sobą konieczności zmian zachowania społeczeństwa (nie ogranicza konsumentów i nie zmusza do segregowania). Więc jest relatywnie łatwiejsza we wdrażaniu. Na istotny wzrost znaczenia metody nr 4 wskazuje obecny trend rozwoju technologii utylizacji odpadów. W chwili obecnej w Polsce istnieją 124 instalacje mechaniczno biologicznego przetwarzania (MBP) o łącznej wydajności ok. 8 800 tys. Mg w części mechanicznej i ok. 3 200 tys. Mg w części biologicznej, zaś w planach inwestycyjnych jest budowa kolejnych 68 tego typu zakładów o łącznych wydajnościach na poziomach 4 300 tys. Mg w części mechanicznej i 2 000 tys. Mg w części biologicznej [18].

O ile w przypadku metod nr 2 i 3, na obecnym etapie rozwoju nie ma obawy o brak odpadów komunalnych, które mogłyby być poddane takim formom utylizacji, o tyle możliwości przetwarzania odpadów z odzyskiem np. surowców w instalacjach MBP już w chwili obecnej przekraczają wolumen dostępnego wsadu, co wskazano na rysunku nr 1. Jak widać, po przekierowaniu, zgodnie z ww. przepisami, ok. 2 738 tys. Mg masy metali, szkła, tworzyw sztucznych, papieru i tektury do ponownego wykorzystania i recyklingu (punkt nr 6 na rysunku nr 1), pozostaje strumień 11 516,04 tys. Mg. Na strumień ten składają się:

- 2 738 tys. Mg masy metali, szkła, tworzyw sztucznych, papieru i tektury nieprzekazane do ponownego wykorzystania i recyklingu,

– 8 778,04 tys. Mg masy odpadów mineralnych, tekstyliów, odpadów komunalnych innych kategorii, frakcji poniżej 10 mm, odpadów wielkogabarytowych, niebezpiecznych, drewna, odpadów kuchennych i ogrodowych oraz z terenów zielonych i odpadów mineralnych.



Rys. 1. Frakcje odpadów komunalnych – prognoza wytwarzania dla 2020 roku oraz możliwości przetworzenia i ostatecznej utylizacji poszczególnych frakcji

Cały ww. strumień 11 516,04 tys. Mg już dziś może być przyjęty przez istniejące w Polsce instalacje MBP (punkt nr 1 na rysunku nr 1) i tym bardziej będzie mógł być przyjęty w 2020 roku, gdy liczba tego typu obiektów wzrośnie. Jednak z uwagi na określone względy ekonomiczne i regulacyjne, tak duża część opisywanego strumienia odpadów, na jaką pozwolą możliwości przetwórcze spalarni odpadów, zostanie przyjęta właśnie przez spalarnie (punkt nr 2 na rysunku nr 1).

Argumentem jest przede wszystkim cena, która np. na bramie ITPOK w Bydgoszczy ustalona została na poziomie 221 zł netto za tonę, a na bramie ITPOK w Poznaniu na poziomie 203 zł netto za tonę. W obliczu średnich cen na bramach instalacji MBP, które oscylują w tej chwili w Polsce na poziomie 250 – 350 zł netto za tonę [19], spalarnie oferują odbiór odpadów komunalnych tańszy o co najmniej kilkanaście procent, co jest dostatecznym powodem, by ich pozycja była na rynku dominująca względem instalacji MBP.

W świetle ustawy o odpadach odzysk surowców i odzysk energii z odpadów stoją w hierarchii na tej samej pozycji. Tak więc prawo nie faworyzuje bezpośrednio żadnej z omawianych technologii utylizacji odpadów w ramach metody nr 4. Daje się natomiast zauważyć kilka argumentów regulacyjnych, które pośrednio stawiają spalarnie odpadów nad instalacjami MBP. Otóż utylizacja odpadów w typowych spalarniach (punkt nr 5 na rysunku nr 1) skutkuje wytworzeniem:

– ciepła i / lub energii elektrycznej (punkt nr 11 na rysunku nr 1),
– popiołu po procesie spalania, który jest odbierany i utylizowany np. w byłych kopalniach soli (punkt nr 12 na rysunku nr 1),

– żużla po procesie spalania, który jest sezonowany i składowany lub zagospodarowany np. w budownictwie (punkt nr 14 na rysunku nr 1).

Tym samym technologia przetwarzania termicznego nie pozostawia żadnej frakcji, której dalsze zagospodarowanie jest niejasne. Natomiast utylizacja odpadów w typowej instalacji MBP skutkuje pozyskaniem:

– frakcji nadsitowej, tj. tzw. preRDF lub RDF (Refused Derived Fuel) – punkt nr 3 na rysunku nr 1,
– metali żelaznych i nieżelaznych oraz tzw. frakcji podsitowej, tj. mineralnej i organicznej – punkt nr 4 na rysunku nr 1.

Zarówno część wytworzonego preRDF i RDF, jak i część frakcji podsitowej stanowi nierozwiązany problem. Uwzględniając bowiem fakt, że zapotrzebowanie cementowni w Polsce, tj. głównego odbiorcy preRDF i RDF, wynosi ok. 1 200 tys. Mg rocznie (punkt nr 7 na rysunku nr 1), sposób zagospodarowania ok. 3 000 tys. Mg preRDF i RDF pozostaje niejasny (punkt nr 8 na rysunku nr 1). Jest szansa na poprawę tej sytuacji, gdyż w Polsce powstają już niewielkie instalacje spalania preRDF i RDF w:

– Olsztynie (ok. 100 tys. Mg rocznie),
– Gdańsku (ok. 150 tys. Mg rocznie),
– Krośnie (ok. 30 tys. Mg rocznie),
– Dworach (ok. 160 tys. Mg rocznie).

Najpewniej więc problem będzie stanowiło mniej niż 3 000 tys. Mg preRDF i RDF, jednak do całkowitego rozwiązania sprawy jest daleko. W świetle regulacji natomiast przekierowanie tego typu odpadu na składowiska jest nierealne, gdyż jego wartość opałowa istotnie przekracza 6 MJ / kg. Wyjątkowo nierozsądne ponadto wydawałoby się wytwarzanie frakcji służącej jako paliwo, a następnie „marnotrawienie" jej na składowisku.

Część frakcji podsitowej zilustrowana w punkcie nr 13 na rysunku nr 1, czyli 5 758,02 tys. Mg ustabilizowanych odpadów, stanowi analogiczny problem, jak opisane powyżej preRDF i RDF. Różnica polega jedynie na tym, że preRDF i RDF opisane kodem 19 12 10 [10] stanowią odpad, który nadaje się do dalszego użytku, ale nie ma na niego zapotrzebowania. Natomiast opisywana tu część frakcji podsitowej opisana głównie kodami 19 05 03 i 19 05 99 [10] stanowi odpad, na który jest popyt na rynku (głównie rolnym), ale nie nadaje się do dalszego użytku, bo nie spełnia wymogów ustawy z dnia 10 lipca 2007 roku o nawozach i nawożeniu. Tym samym poza niewielką ilością, która może być dopuszczona do tzw. obróbki na powierzchni ziemi przynoszącej korzyści dla rolnictwa lub poprawę środowiska [20], frakcje 19 05 03 i 19 05 99 muszą zostać przekierowane na składowiska.

Podsumowując po rozdzieleniu wolumenu odpadów komunalnych, którego wytworzenie przewidywane jest na 2020 rok, na poszczególne strumienie oraz po uwzględnieniu cen na rynku, możliwości przetwórczych poszczególnych instalacji i przepisów (co zilustrowano na rysunku nr 1), należy się spodziewać, że w 2020 roku spalanych będzie co najmniej ok. 1 000 tys. Mg zmieszanych odpadów komunalnych w co najmniej sześciu instalacjach w Polsce.

3. EKONOMIKA INSTALACJI TERMICZNEGO PRZEKSZTAŁCANIA ODPADÓW

(1)

Jak wskazano w poprzednich częściach tego artykułu, należy się spodziewać, że w 2020 roku spalanych będzie co najmniej 1 000 tys. Mg zmieszanych odpadów komunalnych w co najmniej sześciu instalacjach w Polsce. W ramach badań wykonanych na potrzeby opracowania zrealizowano matematyczne modele symulujące przepływy finansowe ITPOK:

- powstających i uruchamianych obecnie w sześciu miastach w Polsce, tj. w Koninie, Białymstoku, Szczecinie, Bydgoszczy, Poznaniu i Krakowie,
- planowanych w pozostałych miastach, np. w Rzeszowie i w Warszawie,
- niebranych pod uwagę z powodu swoich rozmiarów (zbyt małe instalacje są ekonomicznie nieuzasadnione, a zbyt duże nie mogą powstać z powodu braku odpadów w dostatecznie bliskiej okolicy).

Wyniki obliczeń wskazują że:

- ekonomicznie nieuzasadnione są instalacje o zdolnościach przyjęcia poniżej 90 tys. Mg odpadów rocznie,
- szacowana wielkość instalacji z progiem rentowności zawiera się w zakresie 90 – 120 tys. Mg odpadów rocznie,
- wzrost rentowności jest związany z wielkością spalarni ze względu na występowanie zjawiska skali.

4. KRYTERIUM EFEKTYWNOŚCI FINANSOWEJ

Kryterium efektywności finansowej oparto o wewnętrzną stopę zwrotu – IRR [22]. IRR należy interpretować jako miarę opłacalności inwestycji oraz jako wskaźnik „najwyższego kosztu kapitału, po którym możliwe staje się zgromadzenie środków finansowych niezbędnych do realizacji określonej inwestycji”.

Opłacalność kalkulowano w oparciu o powszechnie znaną metodę – poszukiwano wartości zaktualizowanej netto (NPV) na poziomie wynoszącym 0. NPV wyrażono zgodnie z wzorem [23]

$$NPV = \sum_{t=1}^{N} \frac{CF_t}{(1+k_e)^t} - J_0 - \frac{L_N}{(1+k_e)^N} \qquad (1)$$

gdzie:

CF_t – przepływy pieniężne (Cash Flow) w kolejnych latach, będące różnicą między przychodami ze sprzedaży produktów i usług (np. ciepła, energii elektrycznej, opłaty bramowej za przyjmowanie odpadów itd.), a wydatkami (kosztami eksploatacji) bez amortyzacji,

J_0 – amortyzacja, czyli nakłady inwestycyjne poniesione w okresie trwania budowy ITPOK zdyskonotowane na chwilę rozpoczęcia eksploatacji (t = 0),

L_N – wartość likwidacyjna przedsięwzięcia inwestycyjnego (człon występujący w ostatnim roku eksploatacji zakładu),

N – okres eksploatacji ITPOK wyrażony w latach (przyjęto 15 lat),

k_e – stopa dyskonta, tj. stopa oprocentowania kapitału inwestycyjnego pozwalająca uwzględnić zmianę wartości pieniądza w czasie,

t – kolejne lata budowy (t < 0), uruchomienia (t = 0) i eksploatacji (t > 0) zakładu.

Przy założeniu, że inwestycja jest dokładnie na progu rentowności, tj. NPV = 0, wzór nr 1 można zapisać jako (2) [23]:

$$NPV = \sum_{t=1}^{N} \frac{CF_t}{(1+k_e)^t} = J_0 \qquad (2)$$

Taka postać zakłada pomijalnie małą wartość likwidacyjną L_N oraz zrównanie się uzyskanych przychodów (zdyskontowanych do chwili t=0) z poniesionymi nakładami (zdyskontowanymi do chwili t=0).

5. POZIOM WEWNĘTRZNEJ STOPY ZWROTU Z INWESTYCJI

Dla wszystkich wielkości spalarni przyjęto stopę dyskonta, tj. oczekiwany zwrot z inwestycji, w ujęciu nominalnym na poziomie 10%. Dwa główne składniki stopy dyskonta to poziom oczekiwanego zwrotu z długoterminowych obligacji skarbu państwa w ujęciu nominalnym $k_o \approx 2{,}5\%$ [24] oraz premia za ryzyko inwestycyjne, której powinien oczekiwać inwestor decydujący się na wybudowanie instalacji termicznego przekształcania odpadów w Polsce w wysokości $ERP \approx 7{,}5\%$ [25].

$$k_e = k_o + ERP = 2{,}5\% + 7{,}5\% = 10\% \qquad (3)$$

Dla przejrzystości rachunków przyjęto, że wysokość stopy dyskonta jest dla rozpatrywanych inwestycji równoważna z progiem rentowności. A więc za każdym razem, gdy wewnętrzna stopa zwrotu kalkulowana dla zadanego okresu (w przypadku tej pracy mowa o 15 latach eksploatacji) przekracza poziom 10%, rentowność inwestycji uznawana jest za satysfakcjonującą. Tym sposobem przyjmujemy, że we wzorze (2) wartość k_e jest równa IRR.

6. KALKULACJA IRR W FUNKCJI WIELKOŚCI SPALARNI

Wykonano rachunki inwestycyjne dla piętnastu spalarni odpadów o możliwościach przetwórczych od 30 tys. Mg rocznie do 900 tys. Mg rocznie. Użyto do tego autorskiego modelu matematycznego. Uwzględniono również wpływ dofinansowania funduszami unijnymi dystrybuowanymi przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Wszystkie obliczenia wykonano przy uwzględnieniu funkcjonowania spalarni w polskich warunkach rynkowych, przy systemie wsparcia energii wytwarzanej w kogeneracji oraz energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych.

Rozpatrywane instalacje potraktowano jako kompleksowe obiekty z określonymi rodzajami kotłów, turbin i urządzeń pomocniczych o sprecyzowanych parametrach, tj. sprawności, mocy elektrycznej i ciepła.

W każdym przypadku przyjęto założenie, że instalację, którą wybudowano przy użyciu szeroko stosowanej sprawdzonej technologii i która pracuje na potrzeby miejskiej sieci cieplnej. W związku z tym techniczna koncepcja opiera się na kotle rusztowym i turbinie upustowo – przeciwprężnej lub upustowo – kondensacyjnej (uwzględniono rzeczywiste rodzaje turbin, które zaprojektowano w instalacjach w poszczególnych miastach). W każdym przypadku założono budowę betonowych bunkrów na odpady, instalacji mokrego odsiarczania spalin, katalitycznego odazotowania spalin, elektrofiltrów do odpylania oraz filtrów opartych o aktywny węgiel do separacji dioksyn i furanów.

Podobnie postąpiono w przypadku godzinowych profili pracy i innych parametrów, z których wynikają moce i sprawności (jak np. temperatury i ciśnienia pary i wody zasilającej). Założono, że na etapie planowania spalarni odpadów, technika budowy instalacji, rozwiązania szczegółowe (i wynikające z nich parametry) w każdym przypadku zostały zoptymalizowane i tym samym dostosowane do okoliczności, w których będzie ulokowany zakład. Takie założenie jest zgodne ze stanem rzeczywistym w szczególności w przypadkach rzeczywistych obiektów zrealizowanych w Polsce, które zamodelowano w oparciu o dostępne dane (zakłady o możliwościach przetwórczych od 94 tys. do 220 tys. Mg rocznie) [26], [27], [28], [29], [30], [31]. W przypadkach obiektów zamodelowanych jedynie na potrzeby tego opracowania (trzy zakłady o wielkościach od 30 tys. do 80 tys. Mg rocznie i trzy zakłady o wielkościach od 300 tys. do 900 tys. Mg rocznie) założono najczęściej stosowane rozwiązania techniczne wskazywane przez literaturę [32].

Podsumowując rozważono piętnaście instalacji o różnych wielkościach, stopniach dofinansowania i mocach, przy czym każdej z instalacji przypisano konkretne moce (elektryczną i cieplną), profile pracy i sprecyzowane, wynikające z nich parametry stanowiące pochodne wielkości obiektu i jego mocy (np. sprawności, przypływy pary itd.).

W obliczeniach uwzględniono dodatnie strumienie finansowe wynikłe z:

- sprzedaży ciepła,
- poboru opłat za przyjęcie odpadów do utylizacji,
- sprzedaży energii elektrycznej
- sprzedaży metali,
- mechanizmu wsparcia dla wytwarzania energii elektrycznej odnawialnej (założono system aukcyjny, którego działanie symulowano wg regulacji zawartych w Ustawie o OZE),
- mechanizmu wsparcia dla energii wytwarzanej w kogeneracji (z uwagi na brak deklaracji ze strony ustawodawcy co do formy, w jakiej kontynuowane będzie wsparcia energii elektrycznej wytwarzanej w kogeneracji, wsparcie założono wg jedynego zaproponowanego dotąd mechanizmu – pomarańczowych certyfikatów),
- sprzedaży mocy cieplnej zamówionej przez odbiorców,

oraz ujemne strumienie wynikające z:

- odbioru i zagospodarowania popiołu,
- odbioru i zagospodarowanie żużla,
- remontów,
- utrzymania personelu (płace),
- zakupów: oleju lekkiego, energii elektrycznej na potrzeby zakładu, wody amoniakalnej, wapna palonego, węgla aktywnego, wody głębinowej,
- kosztów przygotowania wody zdemineralizowanej,
- opłat za emisje dwutlenku siarki, tlenków azotu, pyłu, dwutlenku węgla oraz opłat za utylizację ścieków,
- podatków lokalnych.

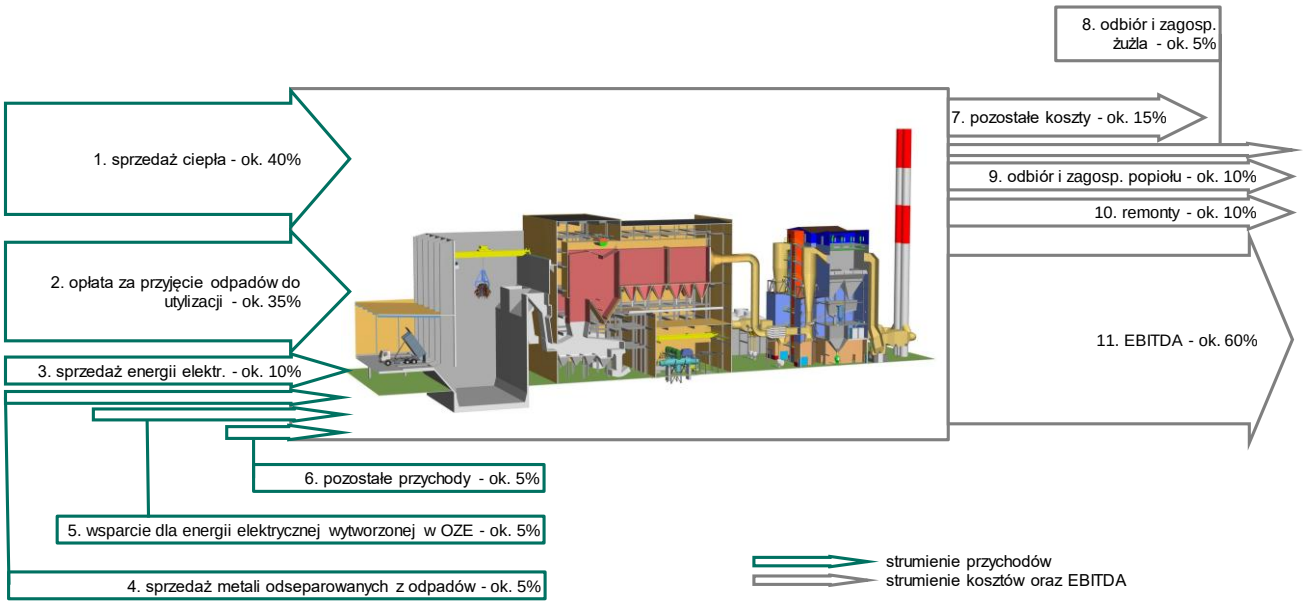
Główne strumienie operacyjne mające wpływ na wyniki zestawiono na rysunku nr 2. W efekcie badania wymienionych powyżej strumieni finansowych, wyselekcjonowano te, których zmiany istotnie wpływają na opłacalność inwestycji. Wybrane strumienie wynikają z następujących parametrów (rys. 2):

- wartość energetyczna odpadów, która wpływa głównie na wielkości strumieni nr 1 i 3 oraz pośrednio na strumień nr 4,
- opłata bramowa (potocznie nazywana „gate fee") za przyjęcie odpadów, która wpływa głównie na wielkość strumienia nr 2,
- koszt zmienny odbioru, stabilizacji i zagospodarowania odpadów paleniskowych, który wpływa głównie na wielkość strumienia nr 9,
- koszt odbioru, sezonowania i składowania / zagospodarowania odpadów paleniskowych (żużla), który wpływa głównie na wielkość strumienia nr 8,
- cena energii elektrycznej wraz z wsparciem za każdą jednostkę energii elektrycznej wytworzoną z źródła odnawialnego, która wpływa głównie na wielkości strumieni nr 3 i 5.

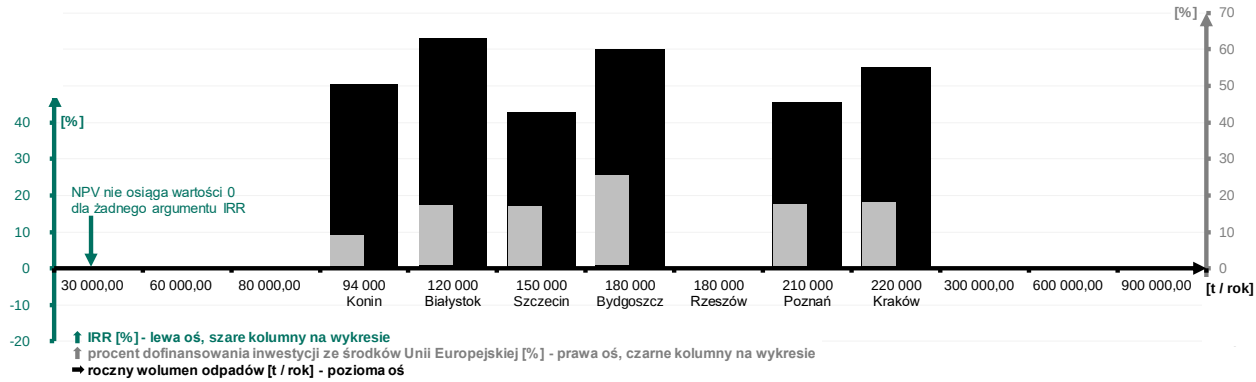
Wymienione parametry przekładają się na zmiany stopy zwrotu w wymiarach, które wskazano w tabeli nr 2.

Tabela 2. Wpływ poszczególnych parametrów generujących przychody i koszty na zmiany wielkości wewnętrznej stopy zwrotu na przykładzie instalacji o wielkości 210 tys. Mg odpadów rocznie

l.p.	Parametry:	Wzrost wartości parametru	Liczba punktów procentowych, o które zmienił się IRR [p.p.]
1.	wartość energetyczna odpadów	0,6 GJ/t	1,27
2.	opłata bramowa za przyjęcie odpadów	10%	0,95
3.	koszt zmienny odbioru, stabilizacji i zagospodarowania odpadów paleniskowych	10%	- 0,26
4.	koszt odbioru, sezonowania i składowania / zagospodarowania odpadów paleniskowych (żużla),	10%	- 0,16
5.	cena energii elektrycznej wraz z wsparciem za każdą jednostkę energii elektrycznej wytworzoną z źródła odnawialnego	10%	0,14



Rys. 2. Zestawienie proporcji najważniejszych strumieni przychodów operacyjnych (strumienie od 1 do 6 po lewej) i kosztów oraz EBITDA (strumienie od 7 do 11 po prawej)



Rys. 3. Zestawienie wysokości przewidywanych stóp zwrotu (IRR) instalacji termicznego przetwarzania odpadów komunalnych w Polsce w zależności od wielkości obiektu przy uwzględnieniu udziałów dofinansowań ze środków Unii Europejskiej w całkowitym budżecie poszczególnych inwestycji

7. DETERMINANTY RENTOWNOŚCI SPALARNI ODPADÓW W POLSCE

Jak widać na rysunku nr 3 pierwszym i najważniejszym czynnikiem pozytywnie warunkującym rozwój spalarni śmieci jest ekonomia skali. Czynnik ten jest jednak możliwy do wykorzystania w Polsce w bardzo ograniczonym zakresie z uwagi na wielkości aglomeracji ludzkich, ponieważ: przeciętny mieszkaniec wytwarza ok 322 kg odpadów rocznie [33], największe miasta nie przekraczają dwóch milionów mieszkańców i nie cały wolumen odpadów jest możliwy do zagospodarowania w spalarni. Drugim z kolei istotnym czynnikiem jest dofinansowanie tego rodzaju instalacji z Funduszy Unijnych. Jak łatwo zauważyć, występuje praktycznie liniowa korelacja pomiędzy wysokością stopy zwrotu i rozmiarem udziału unijnego dofinansowania w całkowitych kosztach inwestycyjnych, tym samym wszystkie realizowane w Polsce projekty, które zaprojektowano we wspomnianym modelu matematycznym są co najmniej na granicy opłacalności lub charakteryzują się stopami zwrotu na zadowalających poziomach. Sytuacja taka nie miałaby miejsca przy użyciu jedynie własnego lub obcego finansowania, którego koszty musiałby w całości ponieść inwestor. Trzecim czynnikiem warunkującym opłacalność bądź jej brak są wielkości dodatnich i ujemnych strumieni finansowych wynikające z eksploatacji poszczególnych obiektów.

8. PODSUMOWANIE

Wyniki analizy sytuacji rynkowej i prawnej wskazują na korzystne warunki rozwoju spalarni, natomiast z przeprowadzonych obliczeń wynika, że najwyższe rentowności osiągną największe z budowanych w Polsce instalacji o najwyższych dofinansowaniach z funduszy unijnych. Jak wskazuje przykład instalacji w Rzeszowie (dla której na obecnym etapie nie przewidziano bezzwrotnego dofinansowania ze środków unijnych) wielkość zakładu jest warunkiem koniecznym, by był on rentowny, ale nie dostatecznym. Instalacja w Rzeszowie o takiej samej wielkości jak spalarnia w Bydgoszczy uzyskuje kilkakrotnie niższy IRR przy założeniu, że główną różnicą między instalacjami jest poziom bezzwrotnego dofinansowania.

Oprócz wielkości zakładu i poziomu dofinansowania zasadnicze znaczenie ma wartość opałowa odpadów. Jest to parametr, którego wzrost pozwala istotnie zwiększać przychody z energii elektrycznej (i z jej wsparcia) i ze sprzedaży ciepła, jednocześnie nie zwiększając kosztów (pozyskiwanie nieprzetworzonych odpadów surowych o gorszych i lepszych właściwościach generuje te same strumienie finansowe). Tak więc ulokowanie instalacji w dużym mieście, z rozbudowanymi dzielnicami biurowymi i pozyskiwanie wsadu z takich właśnie dzielnic może w praktyce spowodować znaczący wzrost opłacalności projektu.

Jak przedstawiono na rysunku 3 próg rentowności w polskich uwarunkowaniach prawnych i rynkowych, przy uwzględnieniu poziomów dofinansowań z funduszy UE, które otrzymały instalacje budowane w miastach przedstawionych na rysunku 2, próg rentowności znajduje się w przedziale wielkości 90 – 120 tys. Mg odpadów rocznie. Obliczenia matematyczne wskazują na brak zasadności istnienia mniejszych instalacji oraz na nieregularny wzrost rentowności wraz z wzrostem wielkości instalacji (przekraczających 120 tys. ton odpadów rocznie). Nieregularność wynika głównie z różnych poziomów przyznanych dofinansowań unijnych. Tym sposobem w obliczeniach przeprowadzonych na potrzeby tego opracowania nie uzyskano liniowej korelacji wielkości obiektów i wysokości wskaźnika IRR.

Jako podsumowanie wymaga podkreślenia, że powyższe wnioski wynikają z kalkulacji przeprowadzonych przy użyciu autorskiego modelu matematycznego, w którym instalacje zaprojektowane są jako kompleksowe obiekty o konkretnych parametrach kotła, turbin i urządzeń pomocniczych, tj. sprawnościach, mocach elektrycznych i cieplnych. Techniczne koncepcje opierają się o informacje publicznie dostępne. Nie dysponowano większością założeń, których uwzględnienie byłoby konieczne do pełnego zamodelowania powstających w Polsce instalacji. Informacje dostępne to koszty inwestycyjne, dofinansowania, wielkości instalacji, przewidywane wartości opałowe wsadu oraz moce elektryczne i cieplne urządzeń wytwórczych. Nie dysponowano przewidywanymi, godzinowymi profilami pracy (kondensacja / ciepłownictwo), ani informacjami o rodzajach instalacji środowiskowych (w tym poziomach zużycia wody amoniakalnej dla odazotowania i związków wapna koniecznych dla procesów odsiarczania spalin). W modelu nie przewidziano też ścieżek cenowych energii elektrycznej, ciepła i gospodarowania odpadami. Wszystkie te wielkości zaprognozowano wg dostępnych danych rynkowych. W związku z powyższym wyniki mogą być niezgodne z obliczeniami przeprowadzonymi przez poszczególnych inwestorów.

LITERATURA

[1] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 roku o odpadach (Dz.U. z 8 stycznia 2013 r., poz. 21; zm. Dz.U. z 2013 r., poz. 888),
[2] Dyrektywa Komisji 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 roku w sprawie odpadów oraz uchylające niektóre dyrektywy,
[3] Krajowy Plan Gospodarki Odpadami, Warszawa 2014,
[4] Grzymała Z., Jeżowski P., Maśloch G.: *Kierunki rozwoju gospodarki odpadami w Polsce w aspekcie efektywności przyjętych rozwiązań*. Oficyna wydawnicza SGH w Warszawie, Warszawa 2011,
[5] *Krajowy program zapobiegania powstawaniu odpadów*. Warszawa 2014,
[6] Marlière H.: *Przegląd Komunalny* nr 4/2015, Wydawnictwo Abrys, Poznań 2015,
[7] Ustawa z dnia 13 września 1996 roku o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. 1996 nr 132 poz. 622),
[8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2012 roku w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami niektórych frakcji odpadów komunalnych (Dz. U. 2012, poz. 645),
[9] Wytyczne dotyczące rozliczania obowiązku w zakresie ograniczenia ilości składowanych odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, Ministerstwo Środowiska, Departament Gospodarki Odpadami, Warszawa 2008,
[10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 roku w sprawie w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. 2014, poz. 1923),
[11] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. 2015, poz. 1277),
[12] Radecki W.: *Komentarz do ustawy o utrzymanie czystości i porządku w gminach*. Wydanie V. Wydawnictwo Wolters Kluwer, Warszawa 2016,
[13] Styś T., Foks R.: *Rynek gospodarowania odpadami komunalnymi w Polsce. Perspektywa 2030*. Wydawnictwo Instytut Sobieskiego, Warszawa 2014,
[14] Manczarski P.: *Podstawy technologiczne gospodarki odpadami komunalnymi. Cz. I*. Przegląd Komunalny nr 10/2015, Wydawnictwo Abrys 2015,
[15] Bojarski L., Gorwa K.: *Selektywna zbiórka odpadów komunalnych. Szykuje się rewolucja?* Przegląd komunalny nr 1/2016, Wydawnictwo Abrys 2016,
[16] Szewczyk P.: *Miejsce i rola PSZOK-u w systemie gospodarki odpadami komunalnymi*. Przegląd komunalny nr 10/2015, Wydawnictwo Abrys 2016,
[17] Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2014 roku, Informacje i opracowanie statystyczne Głównego Urzędu Statystycznego, Warszawa 2014,

[18] Wielgosiński G.: *Spalarnie odpadów komunalnych w perspektywie 2020 r.* Przegląd komunalny nr 1/2016,
Wydawnictwo Abrys 2016,
[19] Bojarski L., Szymkowiak T.: *Komu lepiej, komu gorzej ze spalarniami?* Przegląd komunalny nr 12/2015,
Wydawnictwo Abrys 2015,
[20] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 stycznia 2015 roku w sprawie procesu odzysku R10 (Dz. U. 2015, poz. 132),
[21] Ostaszewski J., Cicirko T., Kreczmańska – Gigol K., Russel P.: *Finanse Spółki Akcyjnej*. Wydanie 3 rozszerzone. Wydawnictwo Difin, Warszawa 2009,
[22] Kałowski A., Wysocki J.: *Przygotowanie i ocena projektów inwestycyjnych – wybrane zagadnienia*.
Oficyna Wydawnicza Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2013,
[23] Bartnik R., Bartnik B.: *Rachunek ekonomiczny w energetyce*. Wydawnictwo WNT, Warszawa 2014,
[24] Internet z dnia 10 maja 2015 roku: http://www.nbp.pl/home.aspx?f=/dzienne/rynki.htm ,
[25] Internet z dnia 14 maja 2015 roku:
http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html,
[26] Kinitz N.: *Raport. Spalarnie w Polsce. Budujemy pełną parą.* Przegląd Komunalny, nr 9/2014, Wydawnictwo Abrys 2014,
[27] Internet z dnia 11.12.2014: http://poland.ilf.com/no_cache/pl/firma/aktualnosci/news-single-
view/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=621&cHash=b2ffe47179fb36b43fc9db78c45faa21,
[28] Internet z dnia 11 grudnia 2014:
http://poland.ilf.com/no_cache/pl/firma/aktualnosci/news-single-
view/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=621&cHash=b2ffe47179fb36b43fc9db78c45faa21,
[29] Internet z dnia 11 grudnia 2014: http://energetyka.wnp.pl/pge-chce-do-2018-r-wybudowac-spalarnie odpadow,233620_1_0_0.html,
[30] Internet z dnia 11 grudnia 2014:
http://www.ekokonsultacje.pl/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=55&Itemid=86,
[31] Internet z dnia 11 grudnia 2014: www.sgpm.krakow.pl/newsysn/UserFiles/File/2012-04-02-prez7.pptx,
[32] Bilitewski B., Hardtle G., Marek K.: *Podręcznik gospodarki odpadami – teoria i praktyka*. Wydawnictwo Seidel Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2006,
[33] Internet z dnia 18 marca 2015:
http://www.gios.gov.pl/stansrodowiska/gios/pokaz_artykul/pl/front/stanwpolsce/srodowisko_i_zdrowie/odpady.
[34] Grzymała Z., Maśloch G., Goleń M., Górnicki E.: *Racjonalizacja gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce*
w świetle zmiany Ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach. Oficyna SGH, Warszawa 2013

QUANTITATIVE ANALYSIS OF MUNICIPAL WASTE STREAM GENERATED IN POLAND AND LEGAL AND ECONOMIC POTENCIAL OF INCINERATION – 2020 PERSPECTIVE

Key words: waste, waste management, waste to energy plant, waste incineration, return rate calculation

Summary. The elaboration consists of two parts. The first one contains quantity analysis of municipal waste streams which are produced in Poland. Law frames that shape Polish market have been considered in the presented article. Moreover author has enumerated dominant and developing waste utilization technologies and specified market conditions which stimulate or limit each way of waste management. The second part of the elaboration presents the levels of profitability of Waste to Energy installations as a function of: their sizes, levels of EU funds donation and technical parameters. Furthermore three issues have been considered: installation with negative profitability due to insufficient capacity have been pointed out (capacity below 90 ktones/a), breakeven point has been estimated (at the range of 90 – 120 ktones/a) and the increase of profitability due to size increase has been shown.

Paweł Małyska, mgr inż., doktorant w Kolegium Zarządzania i Finansów w Szkole Głównej Handlowej oraz specjalista ds. inwestycji w PGNiG TERMIKA S.A. W pracy naukowej skupia się na modelowaniu i analizie finansowej spalarni odpadów na polskim rynku badając warunki ich rozwoju oraz funkcjonowania.