

**Tomasz Szczygielski**  
*Politechnika Warszawska*  
*Instytut Badań Stosowanych*

# **MINERAŁY ANTROPOGENICZNE Z ENERGETYKI A GOSPODARKA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM**

## **WSTĘP**

Każdego roku w Europie wytwarza się około 700 mln minerałów antropogenicznych, w tym około 150 mln ton ubocznych produktów spalania węgla w energetyce, z których ponad 100 mln ton powstaje w 28 krajach członkowskich Unii Europejskiej, z czego ponad 20 mln ton w Polsce. Uboczne produkty spalania węgla podlegają regulacji REACH, aby jako substancja chemiczna podlegająca temu prawu, mogły być wprowadzane do obrotu handlowego. Wykorzystywane są głównie jako surowce do produkcji cementu, spoiw i betonu oraz jako kruszywa i wypełniacze w budownictwie. Spełnianie wymogów norm technicznych, europejskich lub krajowych, dotyczących poszczególnych zastosowań, jest kluczową techniczną przesłanką do wykorzystywania ubocznych produktów spalania węgla w obszarach materiałowych i/lub produktowych. Ochrona zasobów naturalnych i racjonalnego, wydajnego gospodarowania nimi to bezpośredni cel i kontekst Gospodarki Obiegu Zamkniętego. W tym podejściu UPS spełniać mogą kluczową rolę, także jako substancja zdolna uzdatniać inne minerały antropogeniczne do produktów. Długofalowa aktywność w sferze innowacyjności charakteryzuje podejście oparte na zasadach Gospodarki Obiegu Zamkniętego i należy podjąć już teraz intensywne działania badawczo-rozwojowe w zakresie uzdatniania minerałów antropogenicznych w energetyce. Docelowo, wszystkie minerały antropogeniczne powstające podczas spalania węgla dla wytwarzania energii elektrycznej mogą i powinny być zagospodarowywane w ramach stosowych norm produktowych i materiałowych. Główne kierunki produktowego zagospodarowania minerałów antropogenicznych z energetyki, dobrze rozpoznane na świecie i w kraju, powinny być upowszechnione. Dalsze

badania naukowe i postęp techniczny w zakresie nowych kierunków ich stosowania jest sprawą nieodzowną. Powinny wynikać z tego znaczące zmiany dla wytwórców energii. Istotne obniżanie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery jest kolejnym poważnym pozytywnym skutkiem stosowania minerałów antropogenicznych. Obecne regulacje zawarte w Dyrektywie o Odpadach powodują, że mające podstawy techniczne, gospodarcze i środowiskowe praktyki przemysłowe stosowane wobec dobrze scharakteryzowanych minerałów antropogenicznych są w praktyce uważane za odzysk materiału odpadowego. Tymczasem energetyka skupić się powinna na profilaktyce i wytwarzaniu z nich surowców lub produktów spełniających normy techniczne. Propozycje wskaźników dla wypracowanych przez Ellen MacArthur Foundation w ramach pakietu przygotowań do wdrożenia rozwiązań Gospodarki Obiegu Zamkniętego skupiły się na wytwarzaniu produktów. Nie uwzględniły specyfiki masowych minerałów antropogenicznych a w szczególności tych pochodzących z energetyki węglowej. Wyniki i aspekty ekonomiczne są bardzo istotnym wymiarem podejścia wyznaczonego zasadami Gospodarki Obiegu Zamkniętego. Bez zapewnienia właściwego i szerokiego wsparcia edukacyjnego nie da się wprowadzić w życie całego zarysowanego powyżej kompleksu zagadnień i utrzymać go na dłuższą metę w skali istotnej dla zamierzeń wyrażanych przy okazji przedstawiania pakietu Gospodarki Obiegu Zamkniętego. Szczegółowy plan działań niezbędnych dla wdrożenia pakietu rozwiązań Gospodarki Obiegu Zamkniętego jest niezbędny.

Takie plany powinny być podstawą do wprowadzania regulacji i polityk krajowych oraz uwzględniać specyficzne uwarunkowania poszczególnych podmiotów.

## **KLUCZOWE ASPEKTY**

- 1. Każdego roku w Europie wytwarza się blisko 150 mln ton ubocznych produktów spalania węgla, z których ponad 100 mln ton powstaje w 28 krajach członkowskich Unii Europejskiej, z czego ponad 20 mln ton w Polsce.**

Polska energetyka znajduje się w szczególnym położeniu, gdyż wydaje się, że nawet w perspektywie roku 2050 udział węgla w wytwarzaniu energii w Polsce nie spadnie poniżej 50%. Oznacza to, że w tym okresie nadal rok do roku powstawać będzie kilkanaście milionów ton minerałów antropogenicznych z energetyki polskiej, których inteligentne wykorzystanie bardzo czytelnie wpisuje się w ideę Gospodarki Obiegu Zamkniętego. Stowarzyszenie Polska Unia Ubocznych Produktów Spalania od blisko

dwudziestu lat skutecznie pracuje nad gospodarczym wykorzystywaniem minerałów antropogenicznych z energetyki – popiołów, żużli i produktów odsiarczania spalin – zarówno poprzez aktywność w kraju, jak i poprzez członkostwo w europejskich i globalnych organizacjach o podobnym charakterze. Ponad 60% ich wykorzystanie wskazuje na ich pozytywne walory ale też barierę, której w modelu zwyczajnego biznesu nie udaje się przekroczyć.

## **2. Uboczne produkty spalania węgla podlegają regulacji REACH, gdyż w licznych zastosowaniach trafiają na rynek.**

Są one wytwarzane wraz z elektrycznością i parą w elektrowniach i elektrociepłowniach opalanych węglem kamiennym lub brunatnym, zaś zagospodarowywane głównie w przemyśle materiałów budowlanych, inżynierii lądowej, drogownictwie, pracach konstrukcyjnych w górnictwie podziemnym oraz do rekultywacji i przywracania wyrobisk po kopalniach odkrywkowych. Spośród substancji powstających w wyniku działalności przemysłowej w tak dużej skali, zostały poddane prawdopodobnie w najpełniejszym stopniu procedurom wynikającym z rozporządzenia REACH. Powstały w tym celu cztery konsorcja europejskie, w ramach których opracowano profile identyfikacyjne poszczególnych rodzajów ubocznych produktów spalania, a następnie dokonano ich pre-rejestracji oraz właściwej rejestracji – w systemach i ramach czasowych przewidzianych rozporządzeniem. Rozległe badania i prace poprzedzające samą rejestrację, sporządzone w zakresie i formie szczegółowo wyspecyfikowanym przez rozporządzenie REACH, pozwoliły na jednoznaczne wykazanie, iż są to substancje bezpieczne dla ludzi i środowiska i z tego punktu widzenia doskonale nadają się do dalszego stosowania w ramach licznych rozwiązań materiałowych i produktowych. Obszerne, publicznie dostępne, dossier rejestracyjne podlegają stale procedurom uaktualniania – w miarę pojawiania się nowej wiedzy i nowych odmian zarejestrowanych substancji, co wynika z kolei ze wprowadzanych co jakiś czas zmian w technologii wytwarzania energii cieplnej i/lub elektrycznej z paliw węglowych.

## **3. Spełnianie wymogów norm krajowych bądź europejskich, dotyczących poszczególnych zastosowań jest kluczową techniczną przesłanką do wykorzystywania ubocznych produktów spalania węgla w obszarach materiałowych i/lub produktowych.**

Wysiłki w tej dziedzinie mają już blisko półwieczną historię i uboczne produkty spalania należą do tych minerałów antropogenicznych, które są czytelnie obecne w licznych normach technicznych dotyczących bardzo

szeroko pojętego budownictwa, z których kluczowe są następujące normy europejskie:

- EN 197-1 Cement,
- EN 206 Beton,
- EN 12620 Kruszywa do betonu,
- EN 450 Popiół lotny do betonu,
- EN 14227 Mieszanki spajane hydraulicznie,
- EN 13282 Spoiwa drogowe.

Zakres dziedzin, w których wykorzystanie ubocznych produktów spalania węgla jest uwzględnione przez normy materiałowe i produktowe, pokazuje, jak ważnej i znaczącej części gospodarki to dotyczy. W każdym przypadku owe zastosowania opierają się na powtarzalnych rozwiązaniach, dostarczających dających się potwierdzić wyników. Zarówno na poziomie europejskim, jak i w poszczególnych krajach członkowskich, obok prac toczących się w zakresie rutynowej, okresowej nowelizacji norm już przyjętych, w ramach komitetów normalizacyjnych prowadzone są ciągłe prace w kierunku opracowywania rozwiązań dotyczących zastosowania nowych materiałów pojawiających się wraz ze zmianami w technologiach spalania paliw węglowych w energetyce.

#### **4. Ochrona zasobów naturalnych i racjonalnego, wydajnego gospodarowania nimi to bezpośredni cel i kontekst Gospodarki Obiegu Zamkniętego.**

Odnosząc się wprost do metodologii rozważanej w ramach Gospodarki Obiegu Zamkniętego, kiedy przeanalizuje się udział minerałów antropogenicznych w całości kruszyw wytwarzanych w wybranych krajach członkowskich UE, należy zauważyć zdecydowanie zbyt niski jego poziom.

Taka sytuacja wskazuje, że wskaźniki Obiegu Zamkniętego Materiałów (MCI) w sektorze kruszyw budowlanych jest na drastycznie niskim poziomie 0,02. Wydaje się, że potrzeba będzie szczególnych rozwiązań i regulacji horyzontalnych, które powinny doprowadzić do stosunkowo szybkiego dojścia w tym zakresie do poziomów, które w sytuacji poszczególnych krajów oznaczać będą rzeczywiste danie pierwszeństwa surowcom wtórnym, czyli nie sięganie po kruszywa naturalne, dopóki nie wykorzysta się w całości dostępnych kruszyw mających swe oparcie w minerałach antropogenicznych. Podejście takie musi być konsekwentnie przestrzegane począwszy od analiz przed inwestycyjnych, poprzez etap projektowania wyrobów i budowli, aż po rygorystyczne egzekwowanie podczas działań inwestycyjnych.

Kraj	Wyprodukowane kruszywa [mln t.]	Kruszywa z surowców odpadowych [mln t.]	MCI
Austria	100	6	0,06
Belgia	82	16	0,20
Bułgaria	29	1	0,03
Dania	45	3	0,07
Francja	360	25	0,07
Holandia	83	17	0,20
Niemcy	564	98	0,17
<b>Polska</b>	<b>268</b>	<b>5</b>	<b>0,02</b>
Szwajcaria	50	5	0,10
Wlk. Brytania	202	54	0,27

**5. Długofalowa aktywność w sferze innowacyjności charakteryzuje podejście oparte na zasadach Gospodarki Obiegu Zamkniętego i należy podjąć już teraz intensywne działania badawczo-rozwojowe w zakresie uzdatniania minerałów antropogenicznych w energetyce.**

Celem ich powinno być uzupełnienie prostego zastępowania kruszyw i minerałów naturalnych antropogenicznymi, w tym szczególnie ubocznymi produktami spalania węgla, i wypracowanie sposobów wytwarzania bardziej zaawansowanych materiałów i wyrobów przy okazji wytwarzania energii elektrycznej, poprzez odpowiednie zabiegi uzdatniające.

Studia w zakresie Bezodpadowej Energetyki Węglowej wskazują na możliwości dokonywania takiego uzdatniania na etapie:

- a) przygotowania i podawania paliwa,
  - i) poprzez odpowiednie zmielenie i ujednorodnienie
  - ii) zastosowanie dodatków do paliwa, takich jak
    - (1) wapno poreakcyjne
    - (2) dodatki mineralne
    - (3) inne
  
- b) spalania paliwa w komorze spalania,
  - i) dyspersja strumienia paliwa w komorze spalania poprzez sterowanie pracą palników i powietrzem pierwotnym oraz wtórnym w funkcji zawartości części palnych w popiele lotnym,

- ii) modyfikacja procesu spalania celem zwiększenia ilości frakcji grubej w postaci popiołu dennego/żużla
  - iii) inne zabiegi
- c) odprowadzania minerałów antropogenicznych z komory spalania do urządzeń odpylających:
- i) rozbitcie konglomeratów cząstek popiołu lotnego,
  - ii) wstępna hydratacja i suszenie popiołu lotnego na trasie przemieszania się cząstki do elektrofiltru
  - iii) separacja cząstek popiołu na frakcje w ciągu spalin
  - iv) inne zabiegi
- d) magazynowania i załadunek minerałów antropogenicznych na środki transportu
- i) selektywne magazynowanie np. oddzielnych frakcji popiołu
  - ii) mieszanie popiołu z dodatkami, w tym z innymi popiołami
  - iii) separacja powietrzna popiołu na frakcje po wytrąceniu w elektrofiltrze
  - iv) granulowanie
  - v) inne zabiegi
- e) przetwarzanie w specjalistycznej instalacji w bezpośredniej bliskości elektrowni, np. poddawanie oddziaływaniu CO<sub>2</sub> ze strumienia spalin
- 2) Produkt odsiarczania spalin:
- a) dodatkowe odwadnianie
  - b) dodawanie domieszek do mlecza wapiennego
  - c) ujednorodnianie
  - d) granulowanie
  - e) inne zabiegi

Znaczące prace, z pozytywnymi wynikami, w tym zakresie już następują w energetyce. Wydaje się, że zmienią one utarte schematy i znacznie przesuną granice ich stosowania.

**6. Wszystkie minerały antropogeniczne powstające podczas spalania węgla dla wytwarzania energii elektrycznej powinny być zagospodarowywane w ramach stosowych norm produktowych i materiałowych.**

Punktem wyjścia w przypadku danego wytwórcy energii elektrycznej i minerałów antropogenicznych z węgla będzie zawsze analiza otoczenia rynkowego w konkretnej lokalizacji, która musi pokazać, na jakiego rodzaju materiały i wyroby występuje trwałe zapotrzebowanie rynkowe, jaka jest

jego wielkość, sezonowość, aspekty bezpośrednio ekonomiczne itp. Analiza ta dostarczy podstaw do ustalenia głównych obszarów i zakresu 'odstawiania' minerałów antropogenicznych powstających u danego wytwórcy energii od wymagań technicznych stawianych przez normy dotyczące przedmiotowych materiałów i wyrobów – a zatem kierunków i zakresu niezbędnego uzdatnienia minerałów antropogenicznych. Będą przypadki, gdzie owo uzdatnienie nie będzie wymagało znaczącej ingerencji w sam proces spalania i ograniczać się będzie do innych zabiegów – np. proceduralnych, organizacyjnych, formalnych itp. Będą jednak liczne przypadki, gdzie niezbędna okaże się mniej czy bardziej ograniczona modyfikacja jednego bądź większej liczby aspektów szeroko rozumianego procesu spalania, aby uzyskiwać w jego wyniku minerały antropogeniczne o z góry określonych parametrach.

**7. Badania naukowe i postęp techniczny w zakresie wytyczania nowych kierunków dla UPS są sprawą nieodzowną i obszarem innowacji dla energetyki.**

Mający solidne podstawy naukowo techniczne katalog rozwiązań modyfikacyjnych pozwoli wytwórcy energii elektrycznej i minerałów antropogenicznych na dobranie własnego pakietu rozwiązań odpowiadających na konkretne uwarunkowania rynkowe i techniczne. Znaczenie dysponowania takim katalogiem rozwiązań przez energetykę podkreśla także świadomość oczywistej i nieuchronnej zmienności otoczenia rynkowego, zaś przygotowane rozwiązania o charakterze systemowym pozwolą na elastyczne reagowanie na te zmiany i przyspieszenie dochodzenia do nowych, skutecznych rozwiązań rynkowych i technicznych.

**8. Istotne obniżanie emisji do atmosfery – szczególnie emisji CO<sub>2</sub> jest kolejnym istotnym, pozytywnym skutkiem stosowania minerałów antropogenicznych.**

Ponieważ popioły z energetyki są produktem ubocznym, powstającym podczas spalania węgla przy wytwarzaniu energii elektrycznej, ich wytworzenie nie wiąże się praktycznie z żadnymi dodatkowymi emisjami CO<sub>2</sub>, które w przeciwnym razie musiałyby powstać, gdyby użyto tradycyjnych spoiw, takich jak cement czy wapno – w scenariuszu 'business as usual'. Wdrożony z powodzeniem projekt TEFRA JI (Joint Implementation), wykorzystując mechanizm Joint Implementation przewidziany przez Protokół z Kioto, pokazał jeden z wycinków tego aspektu, a mianowicie:

- pozwolił z powodzeniem uniknąć w ciągu 5 lat emisji ponad 350 tys. ton CO<sub>2</sub> do atmosfery, poprzez wytworzenie i dostarczenie na rynek spoiw z ubocznych produktów spalania, zdolnych do skutecznego zastąpienia cementu i wapna w wybranych zastosowaniach geotechnicznych – głównie w budowie dróg – co zostało potwierdzone oficjalnym przyznaniem stosownej ilości uprawnień do emisji (ERU),
- możliwa jest realistyczna ocena potencjału zastępowalności zasobów pierwotnych przez takie materiały i przypisanie wielkości unikniętych emisji CO<sub>2</sub> wyrobom, w których popioły zostały użyte jako spoiwa w miejsce cementu i wapna,
- same tylko mechanizmy rynkowe, bez odpowiedniego wsparcia politycznego i finansowego dla takich złożonych i długoterminowych wysiłków, pozwolą na jedynie ograniczony zakres obniżenia emisji CO<sub>2</sub> przez takie przedsięwzięcia.

**9. Obecne regulacje zawarte w Dyrektywie o Odpadach powodują, że mające podstawy techniczne, gospodarcze i środowiskowe praktyki przemysłowe stosowane wobec dobrze scharakteryzowanych minerałów antropogenicznych są w praktyce uważane za odzysk materiału odpadowego. Tymczasem energetyka skupić się powinna na profilaktyce i wytwarzaniu z nich surowców lub produktów spełniających normy techniczne.**

Gospodarka Obiegu Zamkniętego powinna pozwolić na zastąpienie dotychczasowego bardzo uproszczonego i zawężonego podejścia, dzielącego produkty procesów przemysłowych – w tym przypadku popiołów, żużli i produktów odsiarczania spalin – na dwie wygodne, lecz w istocie nieprawdziwe odmienne kategorie prawne wyrobu i odpadu, poprzez podejście oparte na filozofii produktów równoległych z procesów przemysłowych. Pozwoli to od początku traktować je jako pełnoprawne wyroby i materiały spełniające określone wymogi techniczne i uniknąć nawet tymczasowego traktowania ich jako odpadów. Będzie to w istocie wypełnieniem obowiązującej hierarchii postępowania w zakresie odpadów, które nakazuje w pierwszym rzędzie zapobiegać ich powstawaniu. W tym samym celu – jako minimum – powinno się zdecydowanie uprościć możliwości korzystania ze statusu produktu ubocznego przez uboczne produkty spalania węgla. Przed wdrożeniem nowych ram dotyczących Gospodarki Obiegu Zamkniętego powinno się lepiej skoordynować zapisy i definicje zawarte w prawodawstwie unijnym.



**10. Propozycje wskaźników wypracowanych przez Ellen MacArthur Foundation w ramach pakietu przygotowań do wdrożenia rozwiązań Gospodarki Obiegu Zamkniętego skupiły się na wytwarzaniu produktów. Nie uwzględniły specyfiki masowych minerałów antropogenicznych a w szczególności tych pochodzących z energetyki węglowej.**

Jest oczywiste, że uzupełnienie ich zdecydowanie wzmocni oddziaływanie tej idei na całą branżę energetyczną – a poprzez to jej rzeczywisty wkład. Wskazuje to na potrzebę powstania uzupełniających regulacji sektorowych.

Podjęte już przez Politechnikę Warszawską w ramach idei Bezodpadowej Energetyki Węglowej działania studialne w tym kierunku pozwoliły na zarysowanie propozycji takich uzupełniających modeli analitycznych dla tych sektorów gospodarki – takich jak energetyka, górnictwo, przemysł wydobywania surowców naturalnych, przemysł chemiczny, papierniczy itp. – w których w ramach procesów produkcyjnych pojawiają się znaczące ilości minerałów antropogenicznych obecnie traktowanych jako odpady.

Model Bezodpadowej Energetyki Węglowej – ModBEW®

**a) Wskaźnik odpadowości –  $W_o$**

Określa ilość odpadów stałych wytwarzanych na jednostkę produktu. Mówi o czystości produkcji i potencjale redukcji wytwarzanych odpadów w danym zakładzie wytwórczym.

$$W_o = O/P$$

O – odpady

P – produkty

Jednostki, np: tona/MWe, tona/MWt, tona/tona papieru, itp.

Celem Bezodpadowej Energetyki Węglowej jest, aby  $W_o$  był równy zero.

**b) Wskaźnik produktywności –  $W_p$**

Określa proporcję pomiędzy wytwarzanymi odpadami a przetwarzanymi na surowce i produkty.

$$W_p = SP/O$$

SP – surowce i produkty antropogeniczne wytworzone i zbyte

O – odpady

Jednostka: wskaźnik bezwymiarowy – tona/tona

Celem Bezodpadowej Energetyki Węglowej jest, aby  $W_p$  równy był jeden.

### c) Wskaźnik emisyjności surowców i produktów – $W_e$

Określa wielkość emisji związanej z wytworzeniem jednostki surowca i produktu antropogenicznego. Odpowiednik śladu węglowego produktów.

$$W_e = E_{sp}/SP$$

$E_{sp}$  – emisja gazów cieplarnianych wynikająca z kryterium przychodów z produkcji podstawowej i antropogenicznej

SP – surowce i produkty antropogeniczne wytworzone i zbyte

Jednostka: kg CO<sub>2</sub>/tona

### d) Wskaźnik kosztów własnych i produktowych – $W_k$

Określa 2 rodzaje kosztów:

a) koszty własne gospodarki odpadami –  $W_{ko}$

$$W_{ko} = (K_s + K_o + K_z)/O$$

$K_s$  – suma kosztów składowania odpadów (w tym całej infrastruktury magazynów i składowisk)

$K_o$  – opłaty za składowanie odpadów

$K_z$  – suma innych kosztów gospodarki odpadami

O – ilość odpadów

Jednostka: zł/tona odpadu

b) koszty wytworzenia **surowców i produktów** antropogenicznych –  $W_{kp}$

$$W_{kp} = (K_b + K_{pz} + K_{ps})/SP$$

$K_b$  – koszty bezpośrednie produkcji (wartość zużytych materiałów, kosztów pracy i wytworzenia)

$K_{pz}$  – koszty pośrednie zmienne (koszty zużycia materiałów i energii, niezaliczane do kosztów bezpośrednich)

$K_{ps}$  – koszty pośrednie stałe (amortyzacja, konserwacja i remonty, koszty ogólne produkcji, inne)

SP – surowce i produkty antropogeniczne wytworzone i zbyte

Jednostka: zł/tona produktu

Koszty wytworzenia surowców i produktów antropogenicznych ( $W_{kp}$ ) wyliczane są dla każdego produktu oddzielnie i przypisywane do ilości wytwarzanych i sprzedawanych w określonym czasie.

## **11. Wyniki ekonomiczne są kluczowe dla Gospodarki Obiegu Zamkniętego.**

Wymagane są tu szerokie i wszechstronne analizy, uwzględniające modelowanie zagadnienia na poziomie kosztów ponoszonych przez wytwórców energii elektrycznej, rolę aktywnej polityki w zakresie zamówień publicznych – szczególnie w ramach wielkich projektów infrastrukturalnych finansowanych ze źródeł publicznych, które na poziomie kraju bądź regionu powinny być sposobnością do wdrażania Zielonych Zamówień Publicznych. Potrzeba ponadto przeanalizować wpływ zmiany statusu znaczących strumieni materiałów antropogenicznych na ekonomikę zarządzania odpadami i finansowania przedsięwzięć z zakresu ochrony środowiska, internalizację kosztów środowiskowych i wdrożenie idei kapitału przyrodniczego, niezbędne i możliwe zmiany w zakresie podatku VAT itp. Szacuje się, że koszty składowania odpadów, w tym opłaty za składowanie odpadów oraz wszystkie inne koszty gospodarki odpadami na ok 1–2% kosztów działalności elektrowni. Wdrożenie zasad Gospodarki Obiegu Zamkniętego pozwoli wytwórcom energii na uniknięcie ryzyka znaczącego wzrostu tych kosztów – np. wskutek wejścia w życie nietrafnych i wycinkowych regulacji horyzontalnych, nieuwzględniających złożoności powyższych zagadnień. Z drugiej strony jest to potencjalne źródło oszczędności zarówno dla samych wytwórców energii, jak i dla wytwórców wielu wyrobów ponoszących koszty materiałowe kruszyw, spoiw itp.

## **12. Bez zapewnienia właściwego i szerokiego wsparcia edukacyjnego nie da się wprowadzić w życie całego zarysowanego powyżej kompleksu zagadnień i utrzymać go na dłuższą metę w skali istotnej dla zamierzeń wyrażanych przy okazji przedstawiania pakietu Gospodarki Obiegu Zamkniętego.**

Obok aspektu innowacji i rozwoju naukowo-technicznego, obejmuje ono konieczność wymiany i współpracy międzynarodowej pozwalającej na przygotowywanie, opracowanie i przeprowadzanie programów edukacyjnych w zakresie Gospodarki Obiegu Zamkniętego jako całości, jak również poszczególnych jej aspektów – czy to w formacie podstawowym akademickim, czy podyplomowym i specjalistycznym. Ważne jest również aktywne kształtowanie szeroko pojmowanej opinii publicznej i postaw konsumenckich, gdyż wpływają one bezpośrednio na dokonywane wybory na wielu poziomach.

### **13. Niniejszy materiał jest jedynie zarysem planu działań niezbędnych dla wdrożenia pakietu rozwiązań Gospodarki Obiegu Zamkniętego.**

Poszczególne gałęzie gospodarki będą musiały wypracować własne strategie w tym zakresie, łącznie z rodzajowymi wskaźnikami i pulpitami analitycznymi, których przykłady podano powyżej. Można jednak założyć, że będą one rozwijane w oparciu o cztery ogólne kroki:

- diagnozę sytuacji w danej gałęzi gospodarki w aspekcie spełniania i stosowania przez nią zasad Gospodarki Obiegu Zamkniętego,
- analizę przyczyn stwierdzonego stanu rzeczy, z których na czoło będzie prawdopodobnie wybijało się dotychczasowe przekonanie, że możemy jeszcze długo przedkładać surowce naturalne nad te z recyklingu itp., jako zdrowsze, tańsze i nie wiążące się z problemami, zaś przemysł należy obciążyć finansowo za odpady produkcyjne, a następnie umieścić je na odpowiednich wysypiskach i o nich zapomnieć,
- przyjęcie do akceptującej wiadomości podejściu opartego o Gospodarkę Obiegu Zamkniętego, jako stanu rzeczy możliwego do osiągnięcia w danej gałęzi gospodarki, oraz opisanie go poprzez zestaw uzgodnionych wskaźników umożliwiających planowanie i modelowanie strategiczne,
- wypracowanie szczegółowego planu działań i inicjatyw rozłożonych w czasie, które doprowadzą od stanu obecnego do postulowanego.

### **14. Takie plany działania powinny stać się podstawą do wprowadzania regulacji i polityk krajowych, które będą uwzględniały specyficzne uwarunkowania poszczególnych krajów członkowskich.**

Bardzo ważnej pomocy w tym zakresie może dostarczyć współpraca międzynarodowa w zakresie wdrażania Gospodarki Obiegu Zamkniętego, pozwalająca na stworzenie pod egidą Komisji Europejskiej platformy wymiany doświadczeń i najlepszych praktyk prezentowanych przez liderów w poszczególnych aspektach tego podejścia. Ostatecznie o powodzeniu tej idei zadecyduje w większym stopniu kompetentne inżynierskie podejście – pozwalające na wykorzystanie dostępnych zasobów minerałów i wyrobów antropogenicznych w sposób racjonalny, osadzony w realiach rynkowych i korzystny dla środowiska – niż poziom rozważań ogólnych czy deklaracji o charakterze filozoficzno-ideologicznym.

## ZAKOŃCZENIE

Komisja Europejska planuje publikację nowych regulacji w zakresie Circular Economy w grudniu tego roku. Obecny etap to prace nad materiałem pochodzącym z konsultacji społecznych. Wydaje się, że nowe zapisy mogą drastycznie dotknąć podmioty unieszkodliwiające odpady poprzez ich złożenie na składowisku. W projektach poprzedniej regulacji z 2014, które nie weszły w życie, ponieważ „były zbyt mało ambitne” był zapis o zakazie składowania tych odpadów, które można zagospodarować. Niewątpliwie dotyczy to minerałów antropogenicznych z energetyki. Jaka będzie nowa regulacja zobaczymy w grudniu. Oby najbliższe święta i nowy rok były dla wszystkich radosne.

*Autor dziękuje Panu Prof. Januszowi Lewandowskiemu za inspirację, Panu Zbigniewowi Beckerowi za tłumaczenia i redakcję, Panu Mirosławowi Niewiadomskiemu za konsultacje i wsparcie oraz Panu Dr Janowi Hycnarowi za niedościgniony przykład pracy dla dobra powszechnego.*

## **ANTHROPOGENIC MINERALS FROM THE POWER INDUSTRY AND CIRCULAR ECONOMY**

### **ABCSTRACT**

---

*It is estimated, that each year in Europe some 700 m ton of anthropogenic minerals is arising, including 150 m ton of Coal Combustion Products, of which over 100 m ton is produced in 28 EU Member States, of which some 20 MT in Poland. Coal Combustion Products are subject to REACH Regulation, so they may be placed on markets as chemical substances governed by this law. They are mainly used as feedstock for the production of cement, binders and concrete, as well as aggregates and fillers in construction sector. Meeting the requirements of national or European standards related to particular applications is a key technical prerequisite for utilisation of Coal Combustion Products in material and product areas. Saving natural resources, as well as rational and effective management of them is a direct goal and context of the Circular Economy. Coal Combustion Products may play a major role in this approach, also as the substances*

*capable of upgrading other anthropogenic minerals into products. The long-term innovative approach is a characteristic principle of the Circular Economy and it necessitates starting now intense RD activities in the sphere of beneficiation of the anthropogenic minerals from power generation. Eventually all the anthropogenic minerals arising from combustion of coal for power generation should be utilized within the framework of respective material and product standards. Principal directions of utilisation of minerals from power generation, well recognised globally and nationally, should be commonplace. Further research and technical progress in terms of new directions is indispensable, and significant changes for the power producers may ensue. Significant reductions in emissions into the atmosphere – particularly CO<sub>2</sub> – is yet another positive aspect of the use of anthropogenic minerals. Current regulations of the Waste Framework Directive cause the technically, economically and environmentally well-grounded industrial practices, applied to well characterised anthropogenic minerals, in practice to be seen as instances of recovery of waste, whereas the power sector should concentrate on waste prevention and manufacture materials and products from these minerals. The proposed circularity indicators developed by the Ellen MacArthur Foundation in the framework of preparations for implementing the idea of Circular Economy have focused on products manufacture. This approach have left outside the specifics of massive anthropogenic minerals in general, and those arising in coal based power generation in particular. The Warsaw University of Technology proposed their own model with specific indicators for anthropogenic minerals sector. The economic impacts and aspects are very important dimension of the approach indicated by the principles of the Circular Economy – and indeed are its target point. Without providing adequate and extensive educational support, the complex issues indicated above will not be implemented and maintained in the scale significant for the intentions expressed while presenting the Circular Economy package of solutions.*

---