

---

**PRACE**

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

***Scientific Works***  
of Institute of Ceramics  
and Building Materials

---

**Nr 26**  
(lipiec–wrzesień)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

**Rok IX**

**Warszawa–Opole 2016**

---

GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI\*

ALFRED NOLEPA\*\*

KATARZYNA KIPRIAN\*\*\*

## Surowce odpadowe jako odnawialne źródło zasobów – potencjał odpadów

**Słowa kluczowe:** odpady budowlane, zasoby z odpadów, wykorzystanie odpadów, zasoby odnawialne.

W artykule podkreślono potrzebę odstąpienia od korzystania jedynie z zasobów naturalnych na rzecz zastąpienia ich przez surowce wtórne pozyskane z odpadów. Wskazano możliwość poddania recyklingowi do 80% odpadów, co dowodzi, że mogą się one stać istotnym źródłem zasobów zwracanych w postaci surowców. W dalszej części artykułu przedstawiono potencjał odpadów w Polsce. Szczegółowej charakterystyce ilościowej poddano odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz z infrastruktury drogowej. Wskazano prawnie dopuszczone w Polsce możliwości wykorzystania tych odpadów oraz przedstawiono najnowsze możliwości ich zagospodarowania.

### 1. Wprowadzenie

Europa przeżywa rozwój cywilizacyjny, którego narastającym przez dziesięciolecia efektem jest wzrost bogactwa i dobrobytu. Rozwój ten oparty jest jednak o intensywną eksploatację zasobów naturalnych. Obecnie w Europie poziom wykorzystywania zasobów przekracza ich dostępność na tym kontynencie – ponad 20% zużywanych w Europie surowców pochodzi z importu. Znacznie większe ich ilości wykorzystywane są pośrednio poprzez import gotowych towarów wytworzonych poza Europą [1].

---

\* Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, g.siemiatkowski@icimb.pl

\*\* Inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, nolepa@icimb.pl

\*\*\* Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, k.kiprian@icimb.pl

Na przeciwległym biegunie rozwoju cywilizacyjnego i związanej z nim rosnącej konsumpcji, a tym samym z ich negatywnym skutkiem jest powstawanie ogromnej liczby odpadów. Rosnąca ich ilość, oprócz degradacji środowiska naturalnego, powoduje nadmierne i niepotrzebne straty materiałowe i energetyczne.

Każdego roku w Unii Europejskiej wytwarza się ok. 2,7 mld Mg odpadów. Łączna ich ilość od pewnego czasu oscyluje na stałym poziomie. Wytwarzanie niektórych strumieni odpadów, począwszy od odpadów komunalnych, budowlanych i rozbiórkowych, po osady ściekowe wciąż jednak wzrasta. Średnio tylko 40% odpadów stałych jest ponownie wykorzystywana lub poddawana recyklingowi, natomiast pozostała część jest wywożona na składowisko lub spalana [1].

Jeżeli chodzi o ponowne wykorzystanie odpadów, to należy podkreślić, że nie wszystkie kraje oscylują wokół tej średniej. W niektórych państwach członkowskich recyklingowi poddaje się ponad 80% odpadów [2], co nie pozostawia wątpliwości, że poprawa gospodarki odpadami pozwala lepiej użytkować zasoby, a tym samym prowadzi do ograniczenia uzależnienia od importu surowców spoza UE. Przykład tych krajów dowodzi, że odpady mogą stać się istotnym źródłem zasobów zwracanych gospodarce w postaci surowców. Należy jedynie przykładac dużo większe znaczenie do ponownego wykorzystania i recyklingu. Postawa taka została dostrzeżona przez Komisję Europejską, która w ostatecznej wersji Planu działania na rzecz zasobooszczędnej Europy z dnia 20.09.2011 r. w perspektywie 2020 r. przyjęła do osiągnięcia między innymi następujące cele [2]:

- gospodaruje się odpadami jako źródłem zasobów;
- ilości odpadów wytwarzanych w przeliczeniu na jednego mieszkańca bezwzględnie maleją;
- recykling i ponowne wykorzystanie odpadów są dla sektora publicznego i prywatnego atrakcyjnymi ekonomicznie opcjami ze względu na szeroko rozpowszechnioną selektywną zbiórkę i rozwój sprawnie funkcjonujących rynków wtórnych surowców;
- więcej surowców, w tym surowców o znaczącym wpływie na środowisko i surowców krytycznych, pochodzi z recyklingu;
- pełne wdrożenie przepisów dotyczących odpadów;
- wyeliminowanie nielegalnego przemieszczania odpadów;
- odzyskiwanie energii ograniczone do materiałów niepodlegających recyklingowi, składowiska są w zasadzie wyeliminowane, zapewniony jest wysokiej jakości recykling.

## 2. Potencjał odpadów w Polsce

W Polsce gospodarka wciąż nastawiona jest na wykorzystanie zasobów surowców pierwotnych. Z danych Eurostatu wynika, że w 2013 r. polska gospodar-

ka wykorzystwała 657 020 tys. Mg surowców, w tym samym roku wydobyto w Polsce 635 944 tys. Mg surowców naturalnych [3]. W roku 2014 wytworzono tu łącznie 142 mln Mg odpadów, z czego 7,25% stanowiły odpady komunalne (10,3 mln Mg). Głównym źródłem odpadów w 2014 r. były, podobnie jak w latach poprzednich: górnictwo i wydobywanie (ok. 53% ilości wytworzonych odpadów ogółem), przetwórstwo przemysłowe (22%) oraz wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną (17%). Z ogólnej ilości odpadów wytworzonych w 2014 r., wytwórcy odpadów poddali odzyskowi we własnym zakresie 21% tych odpadów, 17% unieszkodliwili przez składowanie (w tym 3% unieszkodliwili w sposób inny niż składowanie), a 57% przekazali innym odbiorcom do dalszego zagospodarowania [4].

Wśród wytworzonej w 2014 r. ilości odpadów (bez komunalnych) 4% (5,74 mln Mg) stanowiły odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz z infrastruktury drogowej. Z tego jedynie 16% odpadów poddanych zostało odzyskowi (920 tys. Mg), 0,62% (35,6 tys. Mg) zostało unieszkodliwionych przez deponowanie na składowiskach, 2,4% (138,5 tys. Mg) było czasowo magazynowanych i 2 mln Mg odpadów było dotychczas składowanych (nagromadzonych) na hałdach i innych składowiskach. Przedstawione dane odnoszące się do odpadów z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej nie obejmują informacji dotyczących „odpadów przekazanych innym odbiorcom” [5].

W tym miejscu należy zwrócić uwagę, że Polska przyjęła wynikające z Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE zobowiązania, w myśl których do 2020 r. osiągnie poziom recyklingu i przygotowania do ponownego użycia 70% innych niż niebezpieczne odpadów budowlanych i rozbiórkowych.

### **3. Charakterystyka odpadów z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej**

W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę wytworzonych w Polsce odpadów z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej [5].

Tabela 1

Charakterystyka wytworzonych w Polsce odpadów z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej (dane za 2014 r.) [5]

Lp.	Rodzaj odpadu	Ogółem	Odpady poddane odzyskowi	Odpady unieszkodliwione	Odpady unieszkodliwione poprzez składowanie na składowiskach (wałdach, stawach osadowych) własnych i innych	Odpady magazynowane czasowo	Odpady (z wyłączeniem odpadów komunalnych) dotychczas składowane (nagromadzone) na składowiskach (wałdach, stawach osadowych) własnych
		tys. Mg					
1	odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej – razem	5 738,2	919,4	35,6	35,6	138,5	2 008,0
2	odpady materiałów i elementów budowlanych oraz infrastruktury drogowej (np. beton, cegły, płyty, ceramika) – razem	629,6	136,5	27,5	27,5	37,4	1 535,2
3	odpady betonu oraz gruz betonowy z rozbiórek i remontów	361,3	80,4	5,3	5,3	14,8	934,0
4	gruz ceglany	62,4	8,5	1,0	1,0	0,3	28,0
5	odpady innych materiałów ceramicznych i elementów wyposażenia	0,3	0	0	0	0	2,4
6	zmieszane lub wysegregowane odpady z betonu, gruzu ceglanego, odpadowych materiałów ceramicznych i elementów wyposażenia zawierające substancje niebezpieczne	0	0	0	0	0	11,6
7	zmieszane odpady z betonu, gruzu ceglanego, odpadowych materiałów ceramicznych i elementów wyposażenia inne niż wymienione w lp. 5	133,4	32,8	15,8	15,8	22,3	494,7
8	usunięte tynki, tapety, okleiny itp.	0,2	0	0	0	0	0,1
9	odpady z remontów i przebudowy dróg	64,8	14,8	0,1	0,1	0	10,8
10	inne niewymienione odpady	7,2	0	5,3	5,3	0	53,6
11	odpady drewna, szkła i tworzyw sztucznych – razem	14,5	1,5	0,2	0,2	0,1	3,3
12	drewno	9,9	1,5	0	0	0,1	1,0
13	szkło	2,6	0	0	0	0	0,7
14	tworzywa sztuczne	1,6	0	0,2	0,2	0	1,3
15	odpady drewna, szkła i tworzyw sztucznych zawierające lub zanieczyszczone substancjami niebezpiecznymi (podkłady kolejowe)	0,4	0	0	0	0	0,3

cd. tab. 1

Lp.	Rodzaj odpadu	Ogółem	Odpady poddane odzyskowi	Odpady unieszkodliwione	Odpady unieszkodliwione poprzez składowanie na składowiskach (hałdach, stawach osadowych) własnych i innych	Odpady magazynowane czasowo	Odpady (z wyłączeniem odpadów komunalnych) dotychczas składowane (nagromadzone) na składowiskach (hałdach, stawach osadowych) własnych
16	odpady asfaltów, smół i produktów smołowych – razem	27,9	4,1	0,1	0,1	0	3,2
17	asfalt zawierający smołę (odpad niebezpieczny)	1,4	0,4	0,1	0,1	0	0,3
18	asfalt inny niż wymieniony w lp. 17	24,8	3,7	0	0	0	1,1
19	odpadowa papa	1,7	0	0	0	0	1,8
20	odpady i złomy metaliczne oraz stopów metali – razem	575,3	85,7	0	0	16,0	1,2
21	miedź, brąz, mosiądz	6,7	4,9	0	0	0	0
22	aluminium	32,2	22,4	0	0	0,5	0
23	ołów	0,4	0	0	0	0	0
24	żelazo i stal	530,1	58,4	0	0	15,2	0
25	cyna	0,1	0	0	0	0	0
26	mieszanki metali	3,0	0	0	0	0,1	0
27	odpady metali zanieczyszczone substancjami niebezpiecznymi	0,1	0	0	0	0,1	0
28	kable zawierające ropę naftową, smołę i inne substancje niebezpieczne	0,2	0	0	0	0,1	0
29	kable inne niż wymienione w lp. 28	2,5	0	0	0	0	1,2
30	gleba i ziemia (włączając glebę i ziemię z terenów zanieczyszczonych oraz urobek z pogłębiania) – razem	4 437,8	691,5	7,1	7,1	84,0	366,4
31	materiały izolacyjne oraz materiały konstrukcyjne zawierające azbest – razem	3,3	0,1	0,6	0,6	0	51,8
32	materiały izolacyjne zawierające azbest	0	0	0	0	0	0,5
33	materiały izolacyjne inne niż wymienione w lp. 32	3,2	0,1	0,6	0,6	0	24,5
34	materiały konstrukcyjne zawierające azbest	0,1	0	0	0	0	26,8
35	materiały konstrukcyjne zawierające gips – razem	0	0	0	0	0	0
36	inne odpady z budowy, remontów i demontażu – razem	49,8	0	0,1	0,1	1	46,9

## **4. Możliwości zagospodarowania odpadów z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej**

Zgodnie z artykułem 3 ustęp 1 punkt 6 Ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r. poz. 21 z późn. zm.), odpadem jest każda substancja lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest obowiązany [6]. W myśl powyższego przepisu pozostałości z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej stanowią odpad. Część odpadów budowlanych i rozbiórkowych, takich jak: beton, cegły, płytki i ceramika czy mieszanina tych odpadów oraz szkło, gleba i kamienie, o ile żadne z nich nie są zanieczyszczone niebezpiecznymi substancjami nieorganicznymi lub organicznymi – traktowane są jako odpady obojętne [7].

Sposób postępowania między innymi z tymi odpadami został określony w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami [8]. W myśl tego aktu prawnego odpady z rozbiórki i remontów oraz z remontów i przebudowy dróg stanowiące beton, gruz betonowy, gruz ceglany, odpady ceramiczne i elementy wyposażenia wykonane z ceramiki, a także niezanieczyszczone substancjami niebezpiecznymi mieszaniny tych odpadów oraz gleba, ziemia, kamienie, urobek z pogłębiania rzek górskich, jak również tłuczeń torowy mogą być poddawane odzyskowi poza instalacjami i urządzeniami [8]:

- poprzez wypełnienie terenów niekorzystnie przekształconych pod warunkiem, że:
  - planowane działanie jest określone w miejscowych aktach prawnych;
  - planowane działanie nie spowoduje bezpośredniego zagrożenia szkodą w środowisku lub szkody w środowisku w rozumieniu przepisów Ustawy z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz.U. z 2014 r. poz. 1789 oraz z 2015 r. poz. 277);
  - wypełnianie odpadami prowadzi się do rzędnych przyległych terenów nieprzekształconych z zastrzeżeniem, że warstwę powierzchniową o grubości od 1 do 1,5 m należy formować w sposób zapewniający jej funkcję glebotwórczą lub w sposób odpowiadający docelowemu przeznaczeniu terenu;
  - przed ich zastosowaniem poddaje się je kruszeniu – w przypadku konieczności dostosowania ich składu granulometrycznego do realizacji konkretnego przedsięwzięcia;
- poprzez utwardzenie powierzchni terenu prowadzone w sposób uniemożliwiający pylenie oraz niezakłócające stanu wody na gruncie, a także w taki sposób,

aby nie spowodowało szkody w środowisku w rozumieniu przepisów Ustawy z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz.U. z 2007 r. nr 75, poz. 493).

Aby wykorzystać wyżej wymienione odpady do utwardzania terenu, mogą one wymagać wcześniejszego kruszenia w celu zapewnienia odpowiedniej granulacji. Poza tym asfalt (z wyjątkiem mieszanek bitumicznych zawierających smołę) może być wykorzystany wyłącznie: 1) do utwardzania dróg, poboczy i placów; 2) po wykonanych badaniach mających na celu potwierdzenie spełnienia przez te odpady kryteriów określonych dla odpadów obojętnych; 3) poza obszarami zalewowymi, w odległości min. 50 cm od najwyższego poziomu wody, który wystąpił w okresach ostatnich 50 lat; 4) w odległości min. 60 m od każdego cieków wodnego; 5) poza obszarami poddanymi ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody i Ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne; 6) przez podmioty prowadzące prace budowlane związane z remontem dróg, poboczy, placów. Wykorzystywany asfalt musi być poddany walcowaniu za pomocą ciężkiego sprzętu;

- do budowy, przebudowy lub remontu budowli kolejowych i podtorzy, wałów, nasypów kolejowych i drogowych, podbudów dróg i autostrad, nieprzepuszczalnych wykładzin, czasz osadników ziemnych, rdzeni budowli hydrotechnicznych oraz innych budowli i obiektów budowlanych, w tym fundamentów, pod warunkiem że zostało to uwzględnione w decyzji wydanej na podstawie przepisów o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym lub prawa budowlanego, jeżeli taka decyzja jest wymagana, a planowane działania nie spowodują bezpośredniego zagrożenia szkodą w środowisku lub szkody w środowisku w rozumieniu przepisów Ustawy z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie. Przedmiotowe odpady mogą być wykorzystane pod warunkiem poddania ich procesowi kruszenia.

Ponadto niezanieczyszczony substancjami niebezpiecznymi urobek z pogłębiania może być poddawany odzyskowi poza instalacjami i urządzeniami [8] do budowy, rozbudowy i utrzymania budowli hydrotechnicznych, takich jak: sztuczne wyspy, konstrukcje i urządzenia, podmorskie kable i rurociągi, nabrzeża, wały, pomosty, pirsy, pola refulacyjne lub inne obiekty infrastruktury portowej i infrastruktury zapewniającej dostęp do portów i przystani morskich, budowle przeciwpowodziowe oraz zabezpieczenia brzegu, pod warunkiem że zostało to uwzględnione w decyzji wydanej na podstawie przepisów o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, przepisów prawa budowlanego, przepisów o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej lub przepisów prawa wodnego, jeżeli taka decyzja jest wymagana, a planowane działania nie spowodują bezpośredniego zagrożenia szkodą w środowisku lub szkody w środowisku w rozumieniu przepisów Ustawy z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich



naprawie. W przypadku gdy wynika to z wymogów technicznych, urobek (osady) poddawany jest procesom odwodnienia i stabilizacji z zastosowaniem np. odpowiednich materiałów bądź substancji. Wykorzystany urobek musi jednak spełniać sprecyzowane w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami [8] wymagania w zakresie dopuszczalnego poziomu zawartości metali ciężkich, związków organicznych i PCB.

Niezanieczyszczony substancjami niebezpiecznymi urobek z pogłębiania oraz gleba i ziemia mogą być także poddawane odzyskowi poza instalacjami i urządzeniami [8] do rekultywacji biologicznej zamkniętych obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych i zwałowisk skał płonnych pochodzących z górnictwa węgla kamiennego lub ich części (tak zwanej okrywy rekultywacyjnej), przy czym grubość warstwy stosowanych odpadów powinna być uzależniona od planowanych obsiewów lub nasadzeń.

Oprócz możliwości wykorzystania odpadów z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej, jakie dopuszcza Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami [8], istnieje możliwość poddawania części z nich odzyskowi na potrzeby własne przez osoby fizyczne lub jednostki organizacyjne niebędące przedsiębiorcami. Takie działania dopuszcza Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10 listopada 2015 r. w sprawie listy rodzajów odpadów, które osoby fizyczne lub jednostki organizacyjne niebędące przedsiębiorcami mogą poddawać odzyskowi na potrzeby własne, oraz dopuszczalnych metod ich odzysku (Dz.U. z 2016 poz. 93) [9].

W myśl tego rozporządzenia odpady betonu, gruz betonowy z rozbiórek i remontów, gruz ceglany, odpady innych materiałów ceramicznych i elementów wyposażenia (wykonane z ceramiki) oraz mieszaniny tych odpadów, a także niezanieczyszczone substancjami niebezpiecznymi gleba i ziemia, kamienie, tłuczeń torowy oraz urobek z pogłębiania mogą być wykorzystane do utwardzania powierzchni (po rozkruszeniu odpadów, jeśli jest to konieczne do ich wykorzystania) z zachowaniem przepisów odrębnych, w szczególności przepisów prawa wodnego i prawa budowlanego. Prawodawca wprowadził jednak limity wykorzystania tych odpadów do  $0,2 \text{ Mg/m}^2$  utwardzanej powierzchni [9].

Odpady betonu, gruz betonowy z rozbiórek i remontów, gruz ceglany, odpady innych materiałów ceramicznych i elementów wyposażenia (wykonane z ceramiki) oraz mieszaniny tych odpadów mogą być także wykorzystane do budowy fundamentów oraz jako podsypki pod posadzki na gruncie w ilości maksymalnej  $0,1 \text{ Mg/m}^3$  fundamentu lub podsypki pod posadzki na gruncie (w przypadku odpadów betonu i gruzu betonowego z rozbiórek i remontów) –  $0,2 \text{ Mg/m}^3$  [9].

Od wielu lat zarówno w Polsce, jak i w innych częściach świata, prowadzone są prace badawcze nad bardziej ambitnymi, niż opisane powyżej, gospodarczymi

zastosowaniami odpadów budowlanych i rozbiórkowych [10]. Zgodnie z artykułem 14 ustęp 1 Ustawy o odpadach, aby odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej przestały mieć status odpadów i służyły innemu niż wymienione powyżej użytecznemu zastosowaniu muszą być podane odzyskowi (w tym recyklingowi) i spełniać łącznie następujące warunki: 1) przedmiot lub substancja są powszechnie stosowane do konkretnych celów; 2) istnieje rynek takich przedmiotów lub substancji lub popyt na nie; 3) dany przedmiot lub substancja spełniają wymagania techniczne dla zastosowania do konkretnych celów oraz wymagania określone w przepisach i w normach mających zastosowanie do produktu; 4) zastosowanie przedmiotu lub substancji nie prowadzi do negatywnych skutków dla życia, zdrowia ludzi lub środowiska, a ponadto spełniają wymagania określone przez przepisy Unii Europejskiej [6].

Najczęściej istotną barierę w efektywnym wykorzystaniu odpadów z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych stanowi ich wymieszanie na etapie prowadzenia prac budowlanych i rozbiórkowych. Niestety zmieszane odpady tego typu często nie nadają się do efektywnego przemysłowego wykorzystania.

Wraz z rosnącą świadomością społeczeństw na temat konieczności ochrony złóż naturalnych, zwiększa się zainteresowanie selektywną zbiórką odpadów i możliwością wtórnego korzystania z ich zasobów – w tym zasobów, jakie drzemią w odpadach z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych. Wzrost zainteresowania użytecznym wykorzystaniem kruszyw z recyklingu odpadów budowlanych i rozbiórkowych przedkłada się również na rozwój efektywności technik i technologii rozdrabniania, separacji oraz oczyszczania tych kruszyw [10–16]. Odpowiednio przygotowane, wysokiej jakości kruszywa z recyklingu znajdują zastosowanie głównie do produkcji betonu [17–23], w budownictwie drogowym [24] i innych zastosowaniach geotechnicznych [25]. Zastosowanie znajduje także, do niedawna problematyczna i bezużyteczna, drobna frakcja kruszyw z recyklingu jako surowiec alternatywny w stosunku do naturalnego kruszywa drobnoziarnistego (piasku) [26–28].

Oprócz powyżej opisanych aplikacji, ośrodki naukowe na świecie prowadzą badania nad innymi jeszcze zastosowaniami selektywnie zebranych i odseparowanych odpadów budowlanych i rozbiórkowych. Jedną z ciekawszych propozycji zastosowań jawią się wyniki badań czeskiego zespołu badaczy z Uniwersytetu Chemiczno-Technologicznego w Pradze, Politechniki Czeskiej w Pradze i Instytutu Chemii Makromolekularnej Akademii Nauk Republiki Czeskiej w Pradze, którzy wykorzystali odpadowy pył ceglany (bez żadnej technologicznej obróbki wstępnej) jako sorbent kationowych i anionowych zanieczyszczeń, łącznie z pozostałościami promieniotwórczymi [29]. Do przeprowadzenia eksperymentów użytkowany był modelowy roztwór wodny zawierający wysoce toksyczne i/lub ekologicznie szkodliwe kationy (Cd, Pb, Cs) i aniony (As, Sb, Cr, U). Po wprowadzeniu do

próbek przygotowanego roztworu wodnego różnych ilości pyłu ceglanego badano stopień adsorpcji poszczególnych zanieczyszczeń [29].

W odniesieniu do zanieczyszczeń kationowych najlepsze wyniki uzyskano dla  $\text{Cd}^{2+}$  i  $\text{Pb}^{2+}$ , dla których otrzymano stopień adsorpcji na poziomie  $> 95\%$  przy ilości sorbentu do 6 g/L. W przypadku zanieczyszczeń anionowych,  $\text{U}^{\text{VI}}$  był zaadsorbowany w postaci kationowych cząstek złożonych  $[(\text{UO}_2)_n(\text{OH})_{2n-1}]^+$  na poziomie  $> 95\%$  przy ilości sorbentu do 3 g/L, a  $\text{As}^{\text{V}}$  był efektywnie adsorbowany ( $> 90\%$ ) przy ilości sorbentu do 15 g/L. Eksperymenty potwierdziły jednocześnie, że pył ceglany jest całkowicie nieefektywnym adsorbentem dla  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  i  $\text{As}^{\text{III}}$ . Bardzo ważnym wnioskiem z badań było również potwierdzenie trwałości procesu adsorpcji, gdyż zdolność ługowania selektywnie zaadsorbowanych zanieczyszczeń z nasyconego pyłu ceglanego była bardzo niska – na poziomie jedynie 0,01–0,08% wagowych [29].

## 5. Podsumowanie

Gospodarki krajów Unii Europejskiej, w tym również Polski, wciąż bazują na wykorzystaniu surowców pochodzących z wyczerpywalnych zasobów złóż naturalnych [1]. Importują także spoza Europy bardzo duże ilości gotowych produktów wytworzonych z surowców naturalnych. Produkty te wcześniej czy później ulegają zużyciu, przekształcając się w odpady, które wciąż najczęściej są deponowane na składowiskach lub spalane w spalarniach. A przecież nieużyteczne produkty są również źródłem zasobów surowcowych. Należy jedynie po nie sięgnąć, czego przykładem są państwa Unii Europejskiej w których poddaje się recyklingowi ponad 80% odpadów [2].

W Polsce wytwarza się ok. 140 mln Mg odpadów rocznie, z czego recyklingowi poddaje się jedynie 21% [4]. Wśród wytworzonych odpadów ok. 5,7 mln Mg stanowią odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej. Z tego jedynie 16% odpadów poddaje się odzyskowi [5]. W prawodawstwie polskim znaczna część tych odpadów kwalifikowana jest jako obojętne i jako takie prawnie zostały one dopuszczone do poddania ich odzyskowi poprzez: wypełnienie terenów niekorzystnie przekształconych, utworzenie powierzchni terenu i innych zastosowań geoinżynierskich [8–9].

Pomimo wyżej wymienionych możliwości wykorzystania odpadów budowlanych i rozbiórkowych nie są one powszechnie zagospodarowywane. Znaczna ich część jest wciąż unieszkodliwiana przez deponowanie na składowiskach lub magazynowana i gromadzona na hałdach [5]. Dlatego uzasadnionymi działaniami są prowadzone zarówno w Polsce, jak i w innych częściach świata, prace badawcze nad innymi gospodarczymi zastosowaniami odpadów budowlanych i rozbiórkowych [10]. Od wielu lat największe zainteresowanie badaczy skupia się na wykorzystaniu kruszyw z recyklingu materiałów budowlanych i rozbiór-

kowych jako dodatku do produkcji betonu [17–23]. Istotną barierę takiego wykorzystania stanowi wymieszanie i zanieczyszczenie tych odpadów na etapie prac budowlanych i wyburzeniowych. Jednak wzrost zainteresowania użytecznym wykorzystaniem kruszyw z recyklingu odpadów budowlanych i rozbiórkowych przedkłada się również na rozwój efektywności technik i technologii rozdrabniania, separacji oraz oczyszczania tych kruszyw [10–16]. Coraz częściej notuje się także pozytywne wyniki badań nad wykorzystaniem drobnej frakcji kruszyw z recyklingu jako surowca alternatywnego w stosunku do naturalnego kruszywa drobnoziarnistego (piasku) [26–28]. Prowadzone są również prace badawcze nad jeszcze innymi aplikacjami zastosowania odpadów budowlanych i rozbiórkowych. Dotyczą one często selektywnych odpadów budowlanych, np. samej ceramiki czerwonej (cegieł). Przykładem mogą być pozytywne wyniki badań nad wykorzystaniem odpadowego pyłu ceglanoego jako sorbentu kationowych i anionowych zanieczyszczeń, w tym zanieczyszczeń promieniotwórczych [29]\*.

## Literatura

- [1] SOER 2010, [www.eea.europa.eu/soer/synthesis](http://www.eea.europa.eu/soer/synthesis) (12.12.2015).
- [2] Komunikat Komisji Departamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 20.09.2011 w sprawie ostatecznej wersji Planu działania na rzecz zasobooszczędnej Europy, [www.chronmyklimat.pl/download.php?id=91](http://www.chronmyklimat.pl/download.php?id=91) (12.12.2015).
- [3] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Material\\_flow\\_accounts\\_and\\_resource\\_productivity#Database](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Material_flow_accounts_and_resource_productivity#Database) (12.12.2015).
- [4] „Ochrona Środowiska” 2015, GUS.
- [5] [http://swaid.stat.gov.pl/StanOchronaSrodowiska\\_dashboards/Raporty\\_predefiniowane/RAP\\_DBD\\_SROD\\_6.aspx](http://swaid.stat.gov.pl/StanOchronaSrodowiska_dashboards/Raporty_predefiniowane/RAP_DBD_SROD_6.aspx) (12.12.2015).
- [6] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, Dz.U. z 2013 r. poz. 21 z późn. zm.
- [7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach, Dz.U z 2015 r. poz. 1277.
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami, Dz.U z 2015 r. poz. 796.
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10 listopada 2015 r. w sprawie listy rodzajów odpadów, które osoby fizyczne lub jednostki organizacyjne niebędące przedsiębiorcami mogą poddawać odzyskowi na potrzeby własne, oraz dopuszczalnych metod ich odzysku, Dz.U. z 2016 r. poz. 93.
- [10] Ajdukiewicz A., Kliszczewicz A., *Problemy stosowania recyklingu w budownictwie betonowym*, [w:] *Zrównoważony rozwój w budownictwie*, red. A. Łapko, M. Broniewicz, J.A. Prusiel, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2008, s. 337–356.

---

\* Praca została sfinansowana ze środków na działalność statutową Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych.

- [11] Kijjanapanich P., Do A.D., Annachhatre A.P., Esposito G., Yeh D.H., Lens P.N.L., *Biological sulfate removal from construction and demolition debris leachate: effect of bioreactor configuration*, „Journal of Hazardous Materials” 2014, Vol. 269, s. 38–44.
- [12] Gastaldi D., Canonico F., Capelli L., Buzzi L., Boccaleri E., Irico S., *An investigation on the recycling of hydrated cement from concrete demolition waste*, „Cement & Concrete Composites” 2015, Vol. 61, s. 29–35.
- [13] Garbarnio E., Blengini G.A., *The economics of construction and demolition waste (C&DW) management facilities*, [w:] *Handbook of recycled concrete and demolition waste – Economics of management facilities*, ed. F. Pacheco-Torgal a.a., Woodhead Publ., B.m. 2013, s. 108–138.
- [14] Asakura H., *Removing gypsum from construction and demolition waste (C&DW)*, [w:] *Handbook of recycled concrete and demolition waste – Removing gypsum*, B.m. 2013, s. 479–499.
- [15] Hiete M., *Waste management plants and technology for recycling construction and demolition (C&D) waste: state-of-the-art and future challenges*, [w:] *Handbook of recycled concrete and demolition waste – Waste management plants and technology*, B.m. 2013, s. 53–75.
- [16] Vegas I., Broos K., Nielsen P., Lambertz O., Lizbona A., *Upgrading the quality of mixed recycled aggregates from construction and demolition waste by using near-infrared sorting technology*, „Construction and Building Materials” 2015, Vol. 75, s. 121–128.
- [17] Martín-Morales M., Zamorano M., Ruiz-Moyano A., Valverde-Espinosa I., *Characterization of recycled aggregates construction and demolition waste for concrete production following the Spanish Structural Concrete Code EHE-08*, „Construction and Building Materials” 2011, Vol. 25, s. 742–748.
- [18] Leiva C., Solís-Guzmán J., Marrero M., García Arenas C., *Recycled blocks with improved sound and fire insulation containing construction and demolition waste*, „Waste Management” 2013, Vol. 33, s. 663–671.
- [19] Rodrigues F., Carvalho M.T., Evangelista L., de Brito J., *Physicochemical and mineralogical characterization of fine aggregates from construction and demolition waste recycling plants*, „Journal of Cleaner Production” 2013, Vol. 52, s. 438–445.
- [20] Martínez S.P., Cortina M.G., Martínez F.F., Sánchez A.R., *Comparative study of three types of fine recycled aggregates from construction and demolition waste (CDW), and their use in masonry mortar fabrication*, „Journal of Cleaner Production” 2016, Vol. 118, s. 162–169.
- [21] Silva R.V., de Brito J., Dhir R.K., *Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production*, „Construction and Building Materials” 2014, Vol. 65, s. 201–217.
- [22] Tam V.W.Y., *Recovery of Construction and Demolition Wastes*, [w:] *Handbook of Recycling*, s. 385–396, <http://dx.doi.org/10.1016/B/978-0-12-396459-5.00024-6> (12.12.2015).
- [23] Dahlbo H., Bachér J., Lähtinen K., Jouttijärvi T., Suoheimo P., Mattila T., Sironen S., Myllymaa T., Sarami K., *Construction and demolition waste management e a holistic evaluation of environmental performance*, „Journal of Cleaner Production” 2015, Vol. 107, s. 333–341.

- [24] Conceição Leite F. da, Santos Motta R. dos, Vasconcelos K.L., Bernucci L., *Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements*, „Construction and Building Materials” 2011, Vol. 25, Issue 6, s. 2972–2979.
- [25] Cardoso R., Silva R.V., Brito J. de, Dhir R., *Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review*, „Waste Management” 2016, Vol. 49, s. 131–145.
- [26] Ulsen C., Kahn H., Hawlitschek G., Masini E.A., Angulo S.C., *Separability studies of construction and demolition waste recycled sand*, „Waste Management” 2013, Vol. 33, s. 656–662.
- [27] Ulsen C., Kahn H., Hawlitschek G., Masini E.A., Angulo S.C., John V.M., *Production of recycled sand from construction and demolition waste*, „Construction and Building Materials” 2013, Vol. 40, s. 1168–1173.
- [28] Ledesma E.F., Jiménez J.R., Ayuso J., Fernández J.M., de Brito J., *Maximum feasible use of recycled sand from construction and demolition waste for eco-mortar production, P. 1: Ceramic masonry waste*, „Journal of Cleaner Production” 2015, Vol. 87, s. 692–706.
- [29] Dousova B., Kolousek D., Keppert M., Machovic V., Lhotka M., Urbanova M., Brus J., Holcova L., *Use of waste ceramics in adsorption technologies*, „Applied Clay Science” 2016, Vol. 134, P. 2, s. 145–152.

GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI  
ALFRED NOLEPA  
KATARZYNA KIPRIAN

WASTE MATERIALS AS A RENEWABLE RESOURCE  
– THE POTENTIAL OF WASTES

**Keywords:** construction waste, raw materials from waste, use of waste, renewable resources.

**Abstract:** In this paper outlines the need to withdraw from the use of natural resources in favor to replace them with raw materials obtained from waste. It has been shown a possibility of recycling up to 80% of waste, which proves that wastes can become an important source of resources that can be returned as raw materials. The potential of waste materials in Poland has been shown in the following part of the article. Detailed quantitative characteristics of wastes from construction, renovation and demolition of buildings and road infrastructure has been given. Legal ways of reuse of waste in Poland and also latest ways of waste management has been discussed.