

# Problematyka wykorzystania odpadów typu żużle ze spalarni śmieci komunalnych do produkcji betonów

Dr inż. Jacek Mądrowski, mgr inż. Wojciech Kostrzewski, dr inż. Anna Smoczkiewicz-Wojciechowska, Instytut Budownictwa i Geoinżynierii, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## 1. Wprowadzenie

Ze względu na ciągły rozwój gospodarki oraz wzrost konsumpcji obserwujemy kumulowanie się ogromnych ilości odpadów komunalnych. Deponowanie odpadów komunalnych na składowiskach przestaje być racjonalne. Rozwiązaniem tego problemu jest spalanie śmieci. Idea budowy spalarni cieszy się dużą popularnością, ponieważ częściowo rozwiązuje problemy składowania dużych ilości odpadów. Niestety wciąż nie wiadomo, co zrobić z pozostałościami po termicznej utylizacji śmieci. Powstające w wyniku spalania popioły i żużle mogą być wykorzystane w budownictwie, dzięki czemu oszczędzane są surowce naturalne [7, 3]. Warto podkreślić, że wytworzone na bazie tak powstałych żużli materiały budowlane najczęściej charakteryzują się niską wytrzymałością i dlatego znajdują głównie zastosowanie przy budowie dróg lokalnych. Niezależnie od formy ich wykorzystania powstały produkt końcowy nie może być szkodliwy dla środowiska. Wszystkie ewentualne zastosowania muszą gwarantować, że żadne niebezpieczne substancje nie przenikną do otoczenia. Na podstawie literatury można stwierdzić, że zawartość chlorków i metali ciężkich w żużlach i popiołach, ze spalarni śmieci komunalnych, jest stosunkowo niewielka. Dodatkowo zakłada się, że ewentualne niepożądane substancje zostaną niejako zatopione w strukturze betonu. Niemniej jednak, każde nawet niewielkie ryzyko wycieku szkodliwych substancji powinno zostać ocenione, nie tylko na etapie produkcji materiałów budowlanych, ale też w trakcie ich eksploatacji i późniejszej degradacji [1, 8].

Podczas przygotowywania betonów, w oparciu o kruszywo ze spalarni, szczególnie niepożądane są reakcje pomiędzy cementem a zawartymi w odpadach aluminium i cynkiem. Przyczyny oraz przebieg tych reakcji chemicznych został szczegółowo opisany w literaturze [7]. Wiadomo, że reakcje te powodują zjawisko pęcznienia, a nawet pęknięcia betonu. Aby przeciwdziałać tym zjawiskom, żużle i popioły ze spalarni, przed zastosowaniem do produkcji materiałów budowlanych,

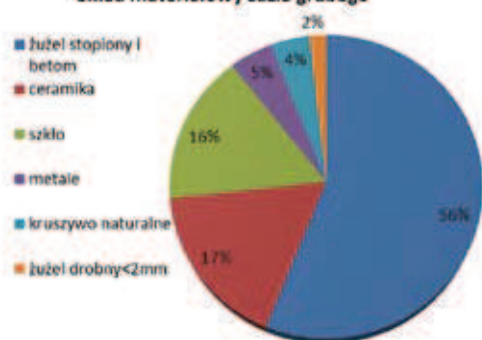
są najczęściej sezonowane i przetwarzane. W zależności od początkowego składu oraz przyszłego przeznaczenia przetwarzanie odpadów może mieć różne formy (sezonowanie, płukanie, mycie, działanie wodoroetlenkiem sodu, usuwanie metali ciężkich, zeszklenie). W wielu opracowaniach podkreśla się konieczność stosowania takich zabiegów, a przynajmniej wstępnego płukania pozyskanego żużla. Liczne badania wskazują, że tylko przetworzony (oczyszczony) produkt spalania ma odpowiednie właściwości chemiczne i fizyczne zapewniające oczekiwaną jakość betonu [8]. Jednak często otrzymywane przez autorów materiały, choć przyjazne dla otoczenia, charakteryzowały się niską wytrzymałością. Jednym z najczęstszych problemów była konieczność redukcji aluminium i ilości szkła zawartego w odpadach po spalaniu, a także ograniczenie przedostawania się do środowiska potencjalnych substancji szkodliwych [2, 5]. Poszukiwania mieszanki betonowej przyjaznej środowisku, która będzie się charakteryzować dobrymi właściwościami mechanicznymi jest wciąż aktualne [1, 4].

## 2. Materiał i metodyka badawcza

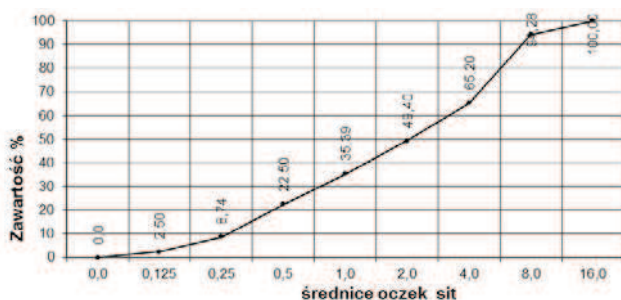
Skład produktów ubocznych procesów spalania zależy bezpośrednio od zawartości utylizowanych śmieci. W zależności od lokalizacji spalarni oraz obowiązujących w danym regionie przepisów dotyczących gospodarki odpadami, właściwości powstałych żużli mogą znacznie się różnić. Ich skład chemiczny będzie odmienny, a co z tym związane również wytworzone na ich podstawie betony będą miały inne cechy.

Analizowanym materiałem odpadowym był żużel będący produktem ubocznym spalarni odpadów komunalnych (SOK) zlokalizowanej w okolicach Poznania. Spalarnia pracuje obecnie w fazie rozruchu. Według szacunków spalarnia będzie przetwarzała rocznie 210 tysięcy ton odpadów z Poznania oraz dziewięciu sąsiadujących z miastem gmin. Każdego dnia pozostaje na rusztach 27 ton żużla drobnego i grubego. Skład materiałowy, oznaczony przez autorów laboratoryjnie

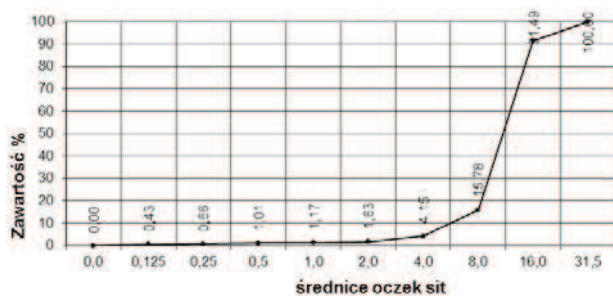
Skład materiałowy żużla grubego



Rys. 1. Skład materiałowy żużla grubego



Rys. 2. Krzywa uziarnienia żużla drobnego



Rys. 3. Krzywa uziarnienia żużla grubego



Rys. 4. Spęczniata belecza wykonana z zaprawy z żużli drobnych

poprzez oddzielenie poszczególnych składników żużla grubego przedstawiono na rysunku 1. Analiza składu żużla wykazała istotne różnice w porównaniu z danymi z literatury [5]. Zawartość szkła jest na podobnym poziomie, jak podają źródła literaturowe, jednak zawartość odpadów budowlanych, a w szczególności ceramiki oraz gruzu betonowego jest zdecydowanie większa.

Wykonano badania składu uziarnienia żużli drobnych i grubych, korzystając z zestawu sit normowych. Wyniki przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

W oparciu o otrzymane kruszywo odpadowe wykonano próbki betonu, które następnie poddano dalszej analizie. Celem określenia ewentualnej aktywności pucolanowej, żużel z SOK zmielono na pył, który następnie wykorzystano do wykonania zapraw. Otrzymane wyniki wytrzymałości na ściskanie porównano z wynikami wytrzymałości na ściskanie beleczek z zaprawami z dodatkiem popiołu lotnego oraz pyłu krzemionkowego. Poszczególne dodatki dozowane były w takich samych proporcjach objętościowych. Receptury poszczególnych zapraw przedstawiono w tabeli 1.

 Tabela 1. Składy zapraw do określenia właściwości pucolanowych żużla (na 1 dm<sup>3</sup> zarobu)

Tabela składów	[w gramach]			
	I popiół	II żużel	III krzemionka	IV bez dodatku
piasek	1536,8	1536,8	1536,8	1674,3
cement	450,0	450,0	450,0	450,0
dodatek	70,8	87,1	92,0	0,0
woda	238,6	238,6	238,6	223,0

Tabela 2. Wyniki wytrzymałości na ściskanie

Nr zaprawy	I	II	III	IV
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	25,1	18,8	26,5	24,4

Przeprowadzone badania wykazały, że żużel, który był poddany oddziaływaniu wysokiej temperatury, nie wykazuje żadnej aktywności pucolanowej.

Kolejnym krokiem było wykonanie zapraw ze zmielonego żużla z SOK z cementem w celu określenia wytrzymałości na ściskanie oraz określenia wielkości spodziewanego zjawiska spęcznienia. Skład zaprawy na 1 dm<sup>3</sup> zarobu przedstawiono w tabeli 3. Badanie wykonano na próbkach w formie beleczek 4×4×16 cm.

Tabela 3. Zaprojektowany skład zaprawy

Składniki	Masa [w gramach]
zmielony żużel z SOK	1207
cement CEM I 42.5	500
woda	383

Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach wynosiła 27,3 MPa. Przyrost objętości beleczy odniesiony do wymiarów formy jest pokazany na rysunku 4, wynosi 7% i jest efektem kontaktującego się cementu z aluminium znajdującym się w składzie żużla.

Nasiąkliwość zaprawy wykonanej ze zmielonego żużla wynosiła 17%.

### 3. Podsumowanie

Problem narastającej ilości odpadów komunalnych wymaga ich utylizacji, na przykład w spalarniach śmieci. Natomiast wykorzystanie produktów spalania niweluje problem ich dalszego magazynowania oraz pozwala zaoszczędzić wiele ton kruszywa naturalnego. Jednak wtórne wykorzystanie odpadów wymaga rozwiązania szeregu problemów, związanych między innymi z zapewnieniem ich nieszkodliwości oraz odpowiednich właściwości mechanicznych, zgodnych z dalszym przeznaczeniem. Osiągnięcia przedstawiane w literaturze światowej nie zawsze dają odpowiedzi na wszystkie pytania dotyczące żużli i popiołów powstających w okolicach polskich miast. Już wstępna analiza odpadów wskazuje, że mają one inny charakter niż prezentowane w literaturze. Na podstawie badań rozpoznawczych możemy potwierdzić, że wytworzone na bazie analizowanych żużli betony wykazywały zjawisko pęcznienia wskutek prawdopodobnej obecności aluminium. Uzyskane wytrzymałości zapraw są obiecujące i potwierdzają możliwość ich dalszego zagospodarowania.

Wyniki analiz produktów spalania oraz propozycje ich wykorzystania, prezentowane w zagranicznych pracach naukowych, powinny być jedynie wskazówką dla badań prowadzonych w Polsce. Inny skład śmieci, a także ich ewentualna zmienność w ciągu roku może wskazywać na odmienne właściwości powstających tu żużli i popiołów. Produkty spalania pochodzące z okolic

Poznania wymagają więc oddzielnych analiz, głównie dotyczących składu chemicznego, na podstawie których będzie można dopiero podjąć właściwą decyzję dotyczącą ich wtórnego wykorzystania, np. do produkcji betonów recyklingowych.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Bertolini L., Carsana M., Cassago D., Curzio A.Q., Collepardi M., MSWI ashes as mineral additions in concrete, *Cement Concrete Research* 34(2004) 1899–1906
- [2] Ferraris M., Salvo M., Ventrella A., Buzzi L., Veglia M., Use of vitrified MSWI bottom ashes for concrete production” *Waste Management* 29(2009) 1041–1047
- [3] Forteza R., Far M., Segul C., Cerda V., Characterization of bottom ash in municipal solid waste incinerators for its use in road base *Waste Management* 24 (9) (2004) 899–909
- [4] Ginés O., Chimenos J.M., Vizcarro A., Formosa J., Rosell J.R., Combined use of MSWI bottom ash and fly ash as aggregate in concrete formulation: Environmental and mechanical considerations, *Journal of Hazardous Materials* 169 (2009) 643–650
- [5] Müller U., Rübner K., The microstructure of concrete made with municipal waste incinerator bottom ash as an aggregate component” *Cement and Concrete Research* 36 (2006) 1434–1443
- [6] Neville A.M., *Properties of concrete*, Longman, Harlow, GB 1995
- [7] Pera J., Coutaz L., Ambroise J., Chababbet M., Use of incinerator bottom ash in concrete” *Cement and Concrete Research* 27 (1997) 1–5
- [8] Sorlini S., Abba A., Collivignarelli C., Recovery of MSWI and soil washing residues of concrete aggregates *Waste Management* 31(2011) 289–297
- [9] <http://gospodarka-komunalna.ekolia.pl/spalarnia-odpadow-za-czy-przeciw/>



**BIM DLA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA**  
STUDIA PODYPLOMOWE




INSTYTUT TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH W INŻYNIERII LĄDOWEJ L-5  
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Instytut Technologii Informatycznych w Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej uruchamia studia podyplomowe:

**„BIM dla inżynierów budownictwa”**

(11 przedmiotów, 168 godz. zajęć), m. in.:

„Modelowanie BIM dla konstruktorów”

„Analiza MES sprzężona z BIM”

„Zarządzanie danymi BIM i otwarte standardy”

Zajęcia będą się odbywały podczas 14 sobotnich zjazdów.

Dalsze informacje i formularz zgłoszeniowy pod adresem:

[www.L5.pk.edu.pl](http://www.L5.pk.edu.pl)

Pierwsza edycja startuje już w październiku!