

## Zastosowanie odpadów budowlanych i rozbiórkowych w technologii druku 3D mieszanką betonową – Projekt badawczy Recycl3D

Druk 3D betonem staje się coraz częstszym elementem krajobrazu budowlanego, o czym świadczą mogą pierwsze wznoszone obiekty mieszkaniowe oraz użyteczności publicznej. Typowe mieszanki stosowane w technologii druku 3D mogą cechować się wysokim śladem węglowym. Celem projektu Recycl3D jest maksymalizacja recyklingu kruszywa drobnego pochodzącego z odpadów budowlanych i rozbiórkowych, a następnie wykorzystanie go jako składnika (spoiwa i kruszywa) do produkcji nowych elementów betonowych wykonanych w innowacyjnej technologii druku 3D.



Spotkanie przedstawicieli konsorcjum Recycl3D na ZUT w Szczecinie

Jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się, a także działających na wyobraźnię gałęzi budownictwa jest technologia wytwarzania przyrostowego, potocznie zwana drukiem 3D betonem. Mieszanki stosowane w technologii druku 3D cechują się wysokim zapotrzebowaniem na cement oraz kruszywo naturalne (kruszywo drobne), co w konsekwencji wpływa w znaczny sposób na ich ślad węglowy. W ciągu ostatniej dekady technologia druku 3D betonem znacząco się rozwinęła, stając się coraz częściej wybieraną metodą wznoszenia obiektów budowlanych lub konstruowania ich elementów. W konsekwencji powstały pierwsze dokumenty normalizacyjne wydane przez ISO/ASTM, które przybliżają nas do pełnej standaryzacji tej technologii. Rozwiązanie to oferuje wiele zalet związanych przede wszystkim ze skróconym czasem budowy, swobodą projektowania niekonwencjonalnych form architektonicznych, redukcją strat materiałowych i ilości odpadów. W związku z tym wielu producentów oraz liczne ośrodki naukowe prowadzą trwałe prace, mające na celu optymalizację składów mieszank przy jednoczesnym zachowaniu ich niezbędnych parametrów, takich jak pompowalność oraz wytłaczalność.

Odpady budowlane i rozbiórkowe (OBR) odpowiadają za jeden z największych strumieni odpadów w UE, stanowiąc około jedną trzecią wszystkich wytwarzanych odpadów. Wśród OBR kruszywo

frakcji drobnej pochodzące z recyklingu jest nadal jedną z najmniej wykorzystywanych składowych, bez wyraźnego punktu wejścia do modelu gospodarki o obiegu zamkniętym. Naukowa wiedza na temat kruszyw drobnych pochodzących z recyklingu OBR i możliwości ich wykorzystania w produktach zaawansowanych technologicznie, takich jak nowe rodzaje betonów konstrukcyjnych, jest wciąż niekompletna. Wynika to głównie z niejednorodności materiału oraz jego potencjalnie „niepożądanych” właściwości w betonach zwykłych, m.in. wysokiej wodożądności i nieregularnego kształtu. Obniża to efektywność polityki gospodarowania odpadami i niekompletności modelu gospodarki o obiegu zamkniętym. Właściwe gospodarowanie odpadami z budowy i rozbiórki oraz materiałami pochodzącymi z recyklingu może przynieść duże korzyści w zakresie zrównoważonego rozwoju i jakości życia.

Aby osiągnąć cel modelu gospodarki o obiegu zamkniętym, niezbędne jest stworzenie odpowiedniego rynku do efektywnego zagospodarowania OBR, a co za tym idzie – wykorzystanie również frakcji drobnych recyklatu. Jednocześnie wspomniane wcześniej „niepożądane” cechy drobnej frakcji OBR kryją w sobie potencjał, który może być wykorzystany w mieszankach stosowanych w druku 3D, umożliwiając kształtowanie cech mieszank w stanie świeżym.

W tym właśnie kierunku realizuje swoje prace międzynarodowe konsorcjum w ramach projektu badawczego pt. Kruszywa z recyklingu do konstrukcji betonowych wykonanych

w technologii druku 3D (Recycl3D), na którego finansowanie pozyskano w ramach międzynarodowego programu ERA-NET Cofund ERA-MIN3 (Joint Call 2021). W skład konsorcjum wchodzi: Lider Projektu – Uniwersytet w Salerno (Włochy), Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Betotest Polska Sp. z o.o, Uniwersytet Politechniczny Katalonii (Hiszpania), c5Lab (Portugalia), LNEC (Portugalia), a partnerami stowarzyszonymi są Uniwersytet



Obiekt demonstracyjny w trakcie procesu wydruku

Badania nieniszczące drukowanych obiektów demonstracyjnych prowadzone przez partnera projektu Betotest Polska Sp. z o.o.



Federalny Rio de Janeiro (Brazylia) oraz Uniwersytet Stanowy Arizony (USA).

W tym kontekście projekt Recycl3D ma na celu maksymalizację recyklingu kruszywa drobnego pochodzącego z OBR i wykorzystanie go jako podstawowego składnika do produkcji nowych elementów betonowych w innowacyjnej technologii druku 3D. Charakterystyka recyklingowego kruszywa drobnego, wskazująca na jego potencjalnie „niepożądane” cechy, wykorzystana zostanie w kształtowaniu reologicznych cech mieszanek. W efekcie opracowane zostaną prototypowe mieszanki betonowe

(3D-RAC) zawierające w składzie recyklat frakcji drobnych OBR stosowanego jako zamiennik kruszywa oraz zamiennik cementu, wykorzystywanego w technologii druku 3D. Realizacja projektu rozpoczęła się w maju 2022 roku, a zakończenie prac nad projektem zaplanowane jest na maj 2025. Z postęпами i rezultatami prac badawczych w projekcie zapoznać się można na stronie projektu [www.recycl3d.eu](http://www.recycl3d.eu).

#### Finansowanie

**Badania zostały sfinansowane w całości przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) w ramach Projektu nr umowy ERA-MIN3/140/Recycl3D/2022 (ERA-NET Cofund ERA-MIN3 – Joint Call 2021).**

**dr hab. inż. Paweł Sikora, prof. ZUT,  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny  
w Szczecinie  
inż. Aleksandra Ludwiczak-Sarzała,  
Betotest Polska Sp. z o.o.**



## XIV KONFERENCJA NAUKOWO – TECHNICZNA BUDOWNICTWO W ENERGETYCE

Karpacz 17–20 września 2024 r.

#### KOMITET ORGANIZACYJNY:

- mgr inż. Janusz Darlak – przewodniczący,  
tel.: +48 75 773 7265; e-mail: [janusz.darlak@gkpgge.pl](mailto:janusz.darlak@gkpgge.pl);  
[janusz.darlak@wp.pl](mailto:janusz.darlak@wp.pl)
- mgr inż. Krystian Przygodzki – wiceprzewodniczący,  
tel.: +48 75 773 7272; e-mail: [krystian.przygodzki@gkpgge.pl](mailto:krystian.przygodzki@gkpgge.pl)
- inż. Jerzy Bączkowski – członek

#### KOMITET NAUKOWY:

- dr hab. inż. Eugeniusz Hotała, prof. uczelni (PWr.) – przewodniczący
- prof. dr hab. inż. Piotr Konderla – wiceprzewodniczący
- dr hab. inż. Jacek Korentz, prof. uczelni (UZ) – wiceprzewodniczący
- prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz – wiceprzewodniczący
- dr hab. inż. Dariusz Czepiżak, prof. uczelni (PWr.) – sekretarz

#### TEMATYKA KONFERENCJI:

Organizowana po raz czternasty Konferencja obejmuje głównie problematykę budownictwa przemysłowego, która pojawia się aktualnie w procesach inwestycyjnych, modernizacyjnych, eksploatacyjnych i remontowych. Dotyczy to obiektów takich jak kominny przemysłowe, chłodnie kominowe, rurociągi, zbiorniki na ciecze, silosy i zasobniki na materiały sypkie, otwarte i zamknięte składowiska węgla, energetyczne budowle wodne, wiatrowe i jądrowe, linie energetyczne, estakady i mosty przemysłowe, fundamenty obiektów i urządzeń energetycznych oraz wieże i maszty. Przewidujemy przedstawić problemy związane z realizacją procesów budowlanych nowoczesnych obiektów przemysłowych w energetyce. Przedmiotem obrad i dyskusji staną się również zagadnienia powiązane z obiektami budowlanymi w energetyce odnawialnej i jądrowej. Tematyka Konferencji dotyczy rozwiązywania obecnych potrzeb inwestorów, projektantów, wykonawców i użytkowników budowlanych obiektów przemysłowych stosowanych m.in. w energetyce. Konferencja będzie szczególnym forum wymiany poglądów pomiędzy jej uczestnikami. Będzie też okazją do podsumowania dotychczasowych jej osiągnięć, a ponadto umożliwi prezentację bieżących osiągnięć wykonawców przemysłowych obiektów energetycznych i nowych technologii stosowanych przy ich realizacji.

#### WARUNKI I KOSZTY UCZESTNICTWA:

uczestnik konferencji 2100 zł + 23% VAT, osoby towarzyszące 1500 zł + 23% VAT i obejmują: wyżywienie (obiad i kolacja), koszty organizacyjne, materiały konferencyjne oraz koszty imprez towarzyszących. Koszty zakwaterowania uczestnicy konferencji pokrywają indywidualnie. Preferencyjne ceny w hotelu Mercure są dostępne do dnia 30 maja 2024 r. po podaniu hasła: „Energetyka 2024”.



Konferencja „Budownictwo w Energetyce” | Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica w Krakowie  
ING Bank Śląski 33 1050 1360 1000 0090 8176 8625

31-115 Kraków, ul. Garncarska 5/2 | tel./fax: + 48 12 632 76 93 | e-mail: [geo-staszica@wp.pl](mailto:geo-staszica@wp.pl) | [www.stow-staszica.org](http://www.stow-staszica.org)