

# Model zintegrowanej oceny użyteczności betonu z kruszywem z recyklingu

mgr inż. Magdalena Bardan  
[m.bardan@itb.pl](mailto:m.bardan@itb.pl)



# ITB dla Przemysłu



## ZAKŁAD BADAŃ OGNIOWYCH

*Fire Testing Department*

dr inż. Papis Bartłomiej  
+48 22 853 34 27  
fire@itb.pl



## ZAKŁAD FIZYKI CIEPLNEJ, AKUSTYKI I ŚRODOWISKA

*Department of Thermal Physics,  
Acoustics and Environment*

dr inż. Winkler-Skalna Agnieszka  
+48 22 56 64 311  
energia@itb.pl  
chemia@itb.pl  
akustyka@itb.pl  
fizyka@itb.pl



## ZAKŁAD INŻYNIERII ELEMENTÓW BUDOWLANYCH

*Department of Building  
Elements Engineering*

mgr inż. Jakimowicz Marzena  
+48 22 56 64 260  
przegrody@itb.pl



## ZAKŁAD INŻYNIERII MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

*Department of Building  
Materials Engineering*

dr inż. Sudoł Ewa  
+48 22 56 64 409  
materialy@itb.pl



## ZAKŁAD KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH, GEOTECHNIKI I BETONU

*Department of Building Structures,  
Geotechnics and Concrete*

dr hab. inż. Piekarczyk Artur, prof. Instytutu  
+48 22 57 96 165  
konstrukcje@itb.pl  
beton@itb.pl  
geotechnika@itb.pl



## ZAKŁAD CERTYFIKACJI

*Certification Department*

mgr inż. Hatowska Katarzyna  
+48 22 57 9 61 67  
certyfikacja@itb.pl



## ZAKŁAD OCENY TECHNICZNEJ

*Technical Assessment Department*

mgr inż. Kukulska-Grabowska Anna  
+48 22 57 96 294  
kot@itb.pl  
eta@itb.pl



**Magdalena Bardan**

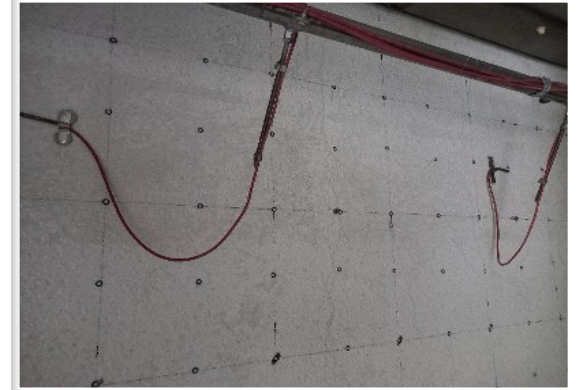
PhD student,  
Z-ca Kierownika Zakładu Inżynierii Budowlanych,  
Starszy Specjalista inżynierjno-techniczny



[m.bardan@itb.pl](mailto:m.bardan@itb.pl)

Tel.: +48 797 443 796

- ✓ Domieszki
- ✓ Kompozyty cementowe
- ✓ Trwałość materiałów wtórnych
- ✓ Zabezpieczenia wodochronne
- ✓ Wyroby uszczelniające
- ✓ Powłoki ochronne
- ✓ Podłogi, posadzki
- ✓ Płyty warstwowe i kompozytowe
- ✓ Wyroby ogniochronne reaktywne
- ✓ Wyroby okładzinowe, wykończeniowe
- ✓ Systemy ociepleń i ich komponenty

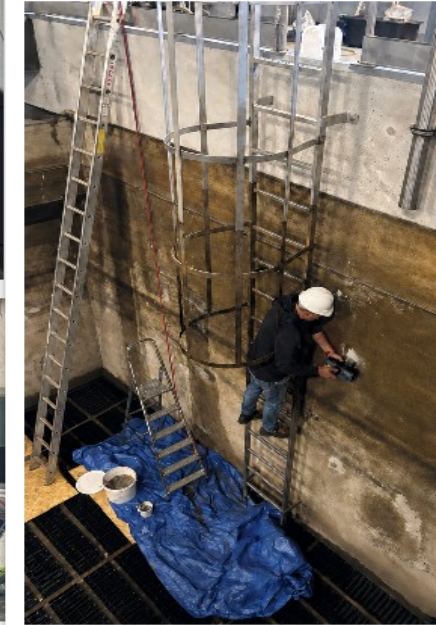
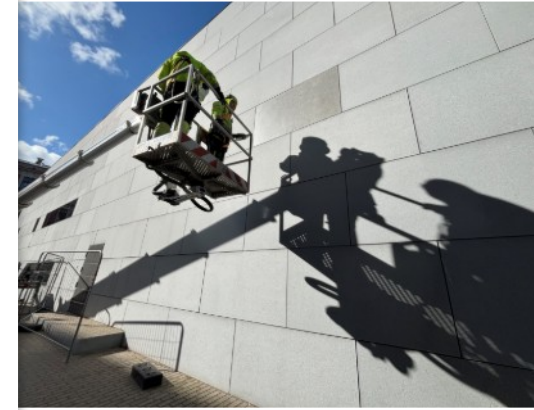


Aspekt odporności środowiskowej  
materiałów budowlanych  
jako czynnik  
kształtujący trwałość obiektów

# Zakład Inżynierii Materiałów Budowlanych [materialy@itb.pl](mailto:materialy@itb.pl)

## Laboratorium Materiałów Budowlanych

- ✓ Diagnostyka in situ
- ✓ Koncepcja
- ✓ Analizy przyczynowo-skutkowe
- ✓ Opinie techniczne
- ✓ Ekspertyzy
- ✓ Zalecenia naprawcze





# Plan prezentacji

## Użyteczność i trwałość wyrobów budowlanych

1

Wprowadzenie

## Betony z kruszywem z recyklingu (RAC)

2

Obiekt badań

## Jaka jest (ilościowo) użyteczność RAC?

3

Teza założeń

## Metoda oceny użyteczności RAC

4

Kierunek rozważań

## Narzędzie wielokryterialnego wspomagania decyzji materiałowych

5

Podsumowanie i wnioski

# Użyteczność i trwałość wyrobów budowlanych



**Użyteczność** to zdolność wyrobu do spełniania swojej funkcji w określonym zastosowaniu i warunkach użytkowania.

**Czy wyrób spełnia swoją funkcję?**



**Odporność** wyrobu na oddziaływania środowiskowe w czasie stanowi kluczowy czynnik determinujący **trwałość** obiektu budowlanego.

**Jak długo i w jakich warunkach jest w stanie ją spełniać?**



# Beton z kruszywem z recyklingu

## Obiekt badań

### Kruszywa z recyklingu (RA)



- Wyrób o potencjale zastosowania jako kruszywo do betonu;
- Wykorzystanie odpadu;
- Zmniejszenie wydobycia złóż kruszyw naturalnych (NA);
- Heterogeniczny substytut NA;
- Większy udział RA nie gwarantuje automatycznie lepszego efektu środowiskowego ani technicznego;
- Trzeba patrzeć szerzej niż tylko na „ile % RA”.

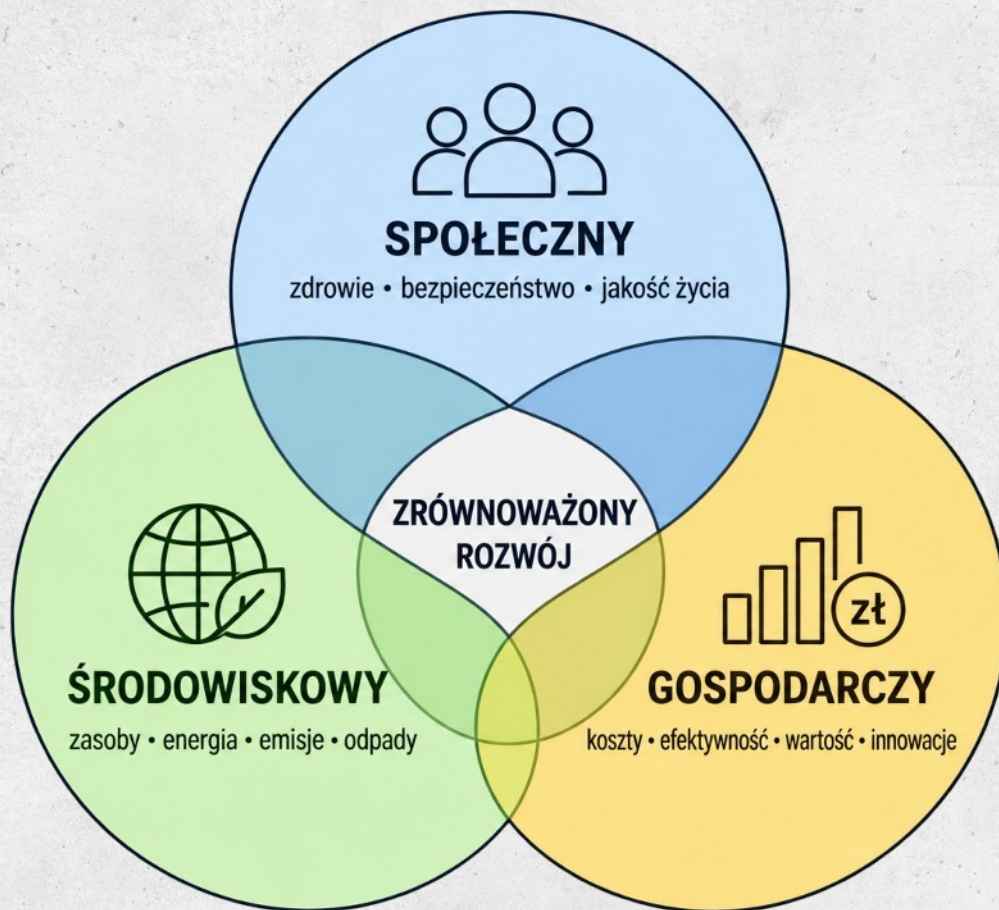
### Beton z kruszywem z recyklingu (RAC)



Warianty: RAC 1 RAC 2 RAC 3 RAC 4 RAC 5

- Wyrób o potencjale do optymalizacji materiałowej;
- RAC to nie jeden materiał;
- Zbiór wariantów technologicznych o zdefiniowanych parametrach użytkowych;
- Właściwości zależne od układu składników, w tym: jakości i ilości RA, rodzaju i ilości cementu, w połączeniu z pozostałymi składnikami
- Różny ślad węglowy oraz koszt mieszanek.

Czy użyteczność  
wpisuje się w cele zrównoważonego rozwoju?



# Jaka jest (ilościowo) użyteczność RAC?

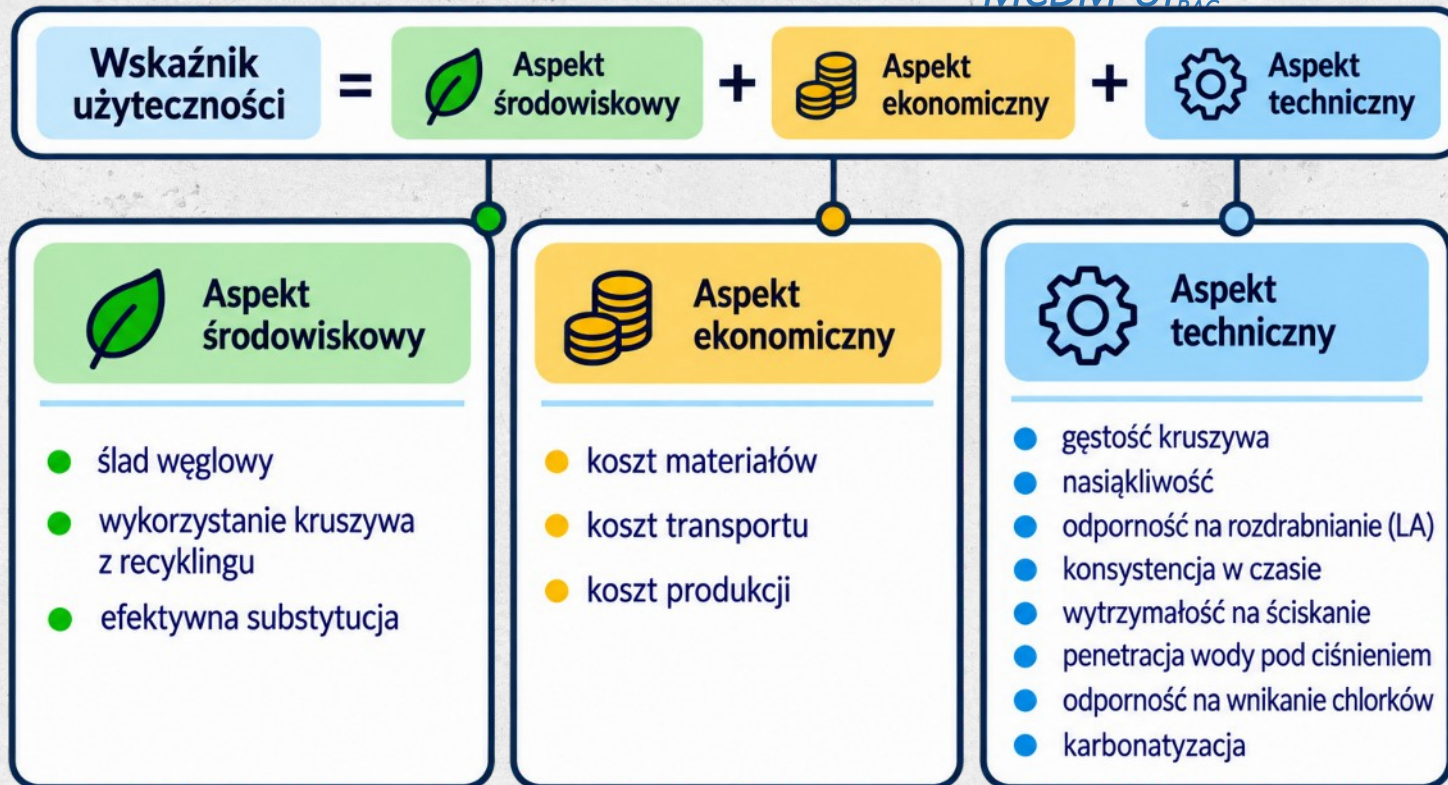
Obiekt badań



- Który wariant RAC stanowi najkorzystniejsze rozwiązanie w kontekście założonego celu środowiskowo-technicznego?
- Istnieje potrzeba opracowania metody ilościowej oceny użyteczności RAC w ujęciu zintegrowanym
- W rozprawie doktorskiej podjęto się opracowania metody oceny użyteczności RAC w kontekście zrównoważonego budownictwa



## Model oceny użyteczności betonów RAC MCDM-UI<sub>RAC</sub>



Beton towarowy klasy C30/37 przeznaczony do stosowania w elementach wewnętrznych, eksploatowanych w klasach ekspozycji XC1-XC4 oraz XD1.

## Aspekt środowiskowy

### Ślad węglowy mieszanek RAC



### Efektywna substytucja kruszywa naturalnego



## Aspekt ekonomiczny

Koszt mieszanki RAC

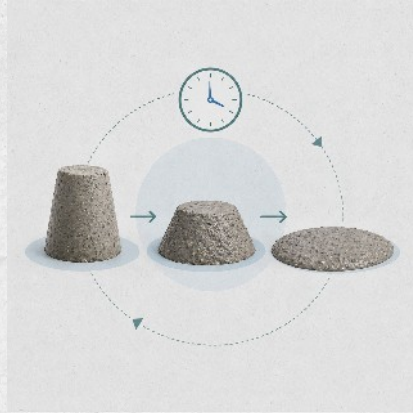


## Aspekt techniczny



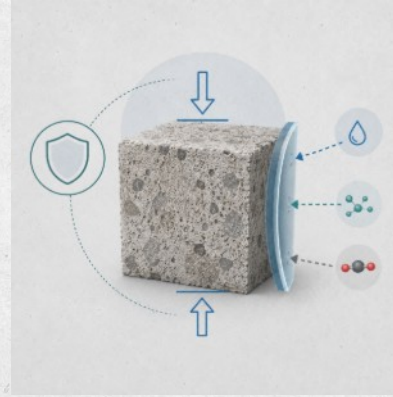
Jakość kruszyw RA

Zarządzanie  
zmiennością  
właściwości



Kontrola konsystencji  
w czasie

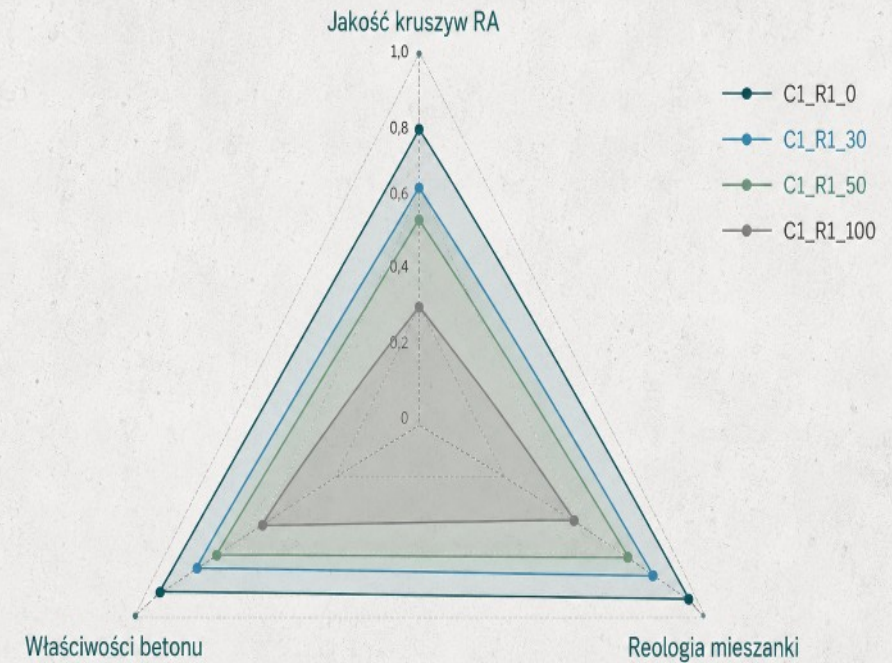
- istotna rola domieszek



Właściwości betonu

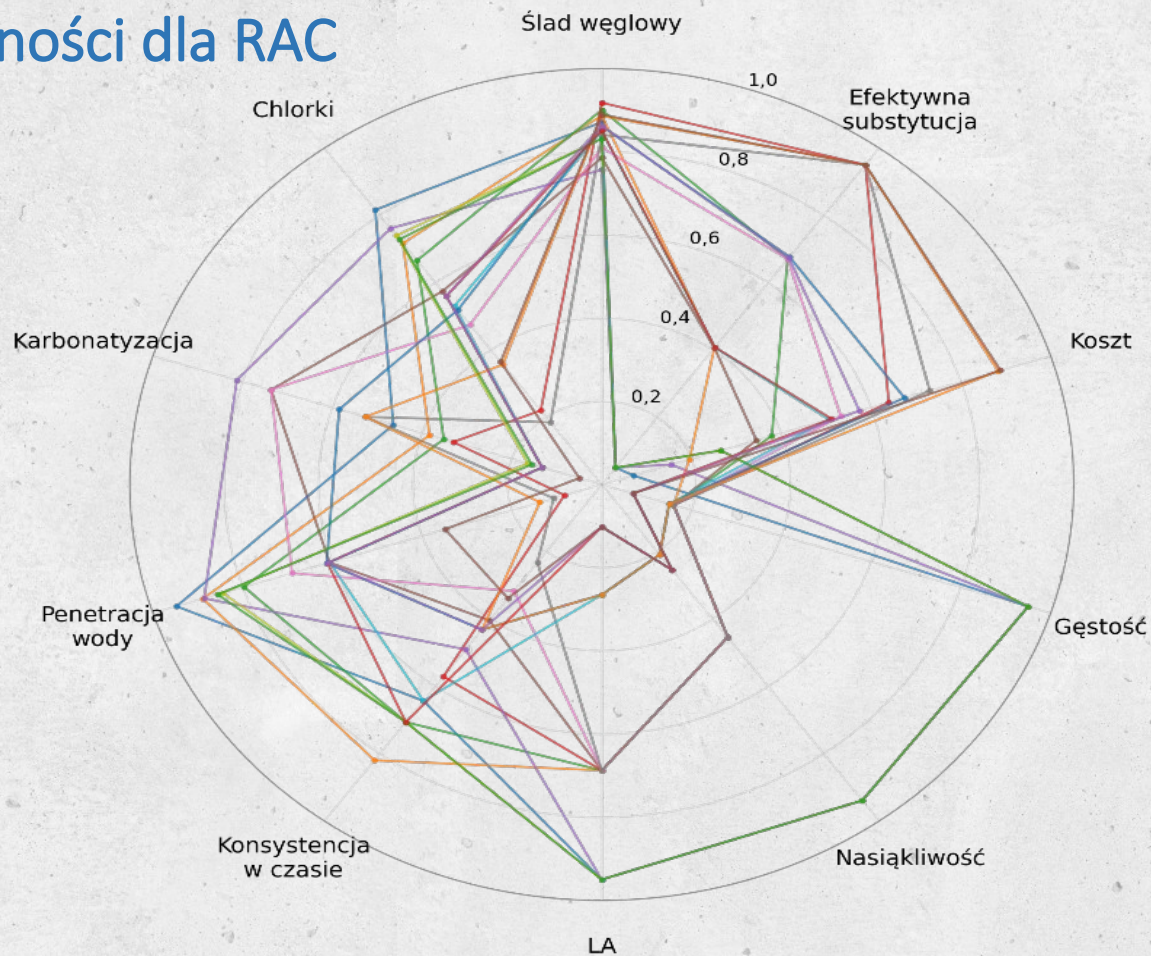
Nie tylko właściwości  
mechaniczne, lecz  
także trwałość

## Częstkowa użyteczność mieszanek



# Problem oceny użyteczności dla RAC

Skomplikowane  
wielokryterialne  
wyzwanie



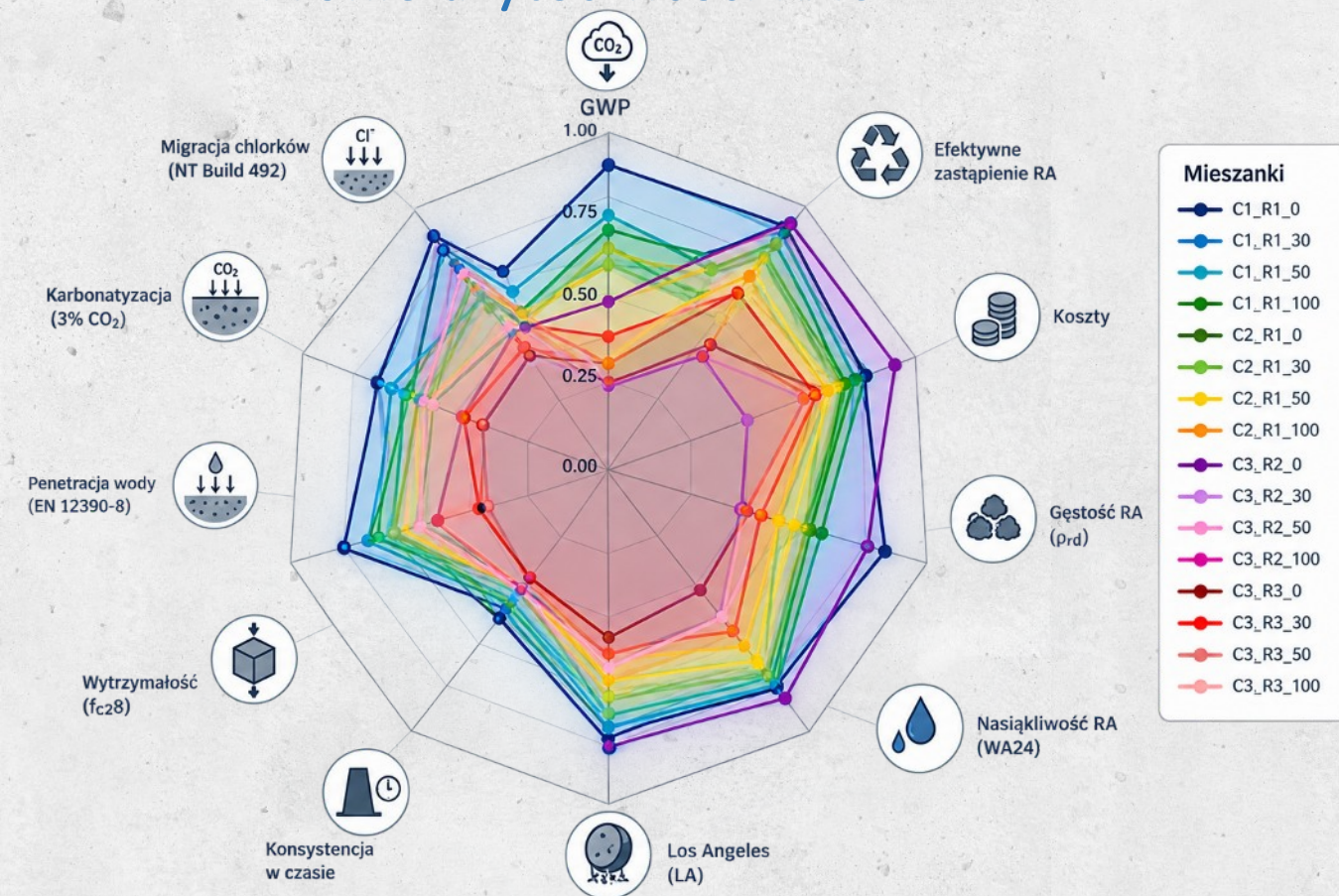
Istnieje potrzeba  
opracowania  
zintegrowanego  
syntetycznego  
wskaźnika użyteczności

- **C** - rodzaj zastosowanego cementu;
- **R** - rodzaj zastosowanego kruszywa z recyklingu;
- **0, 30, 50 i 100** - procentowy udział kruszywa z recyklingu

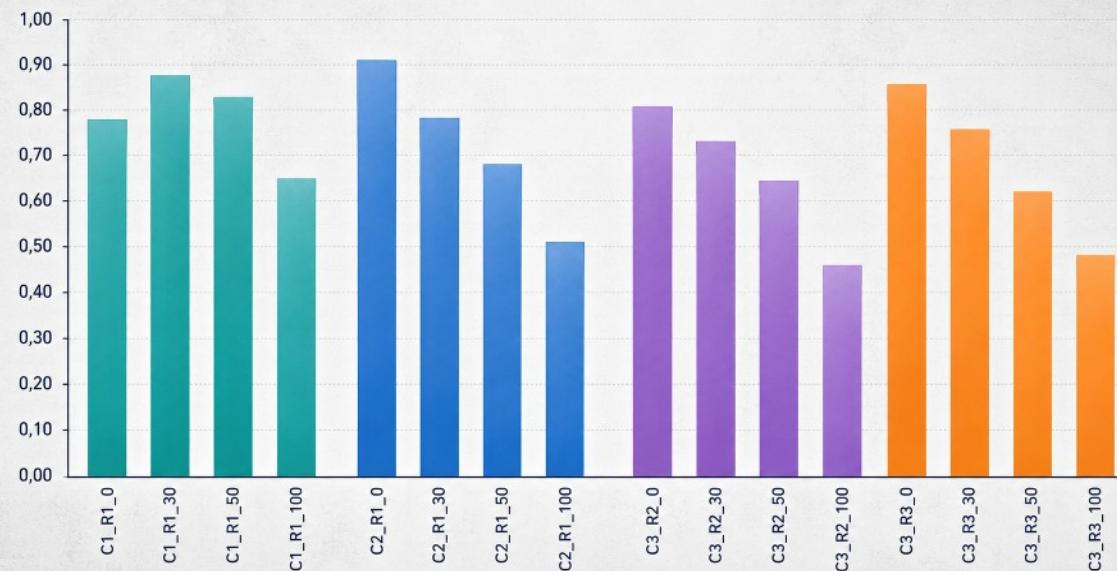
w stosunku do całkowitej masy kruszywa grubego,



# Profile użyteczności RAC

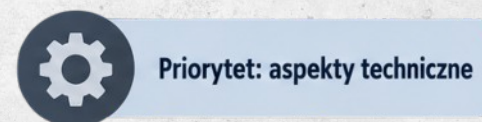
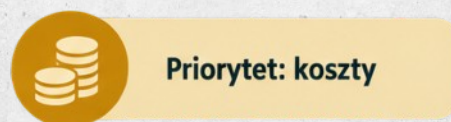


## Zintegrowany wskaźnik użyteczności, $UI_{RAC}$



- C1 – CEM III/A, C2 – CEM II/A-LL, C3 – CEM V/A (S-V)
- R1 typ A+, R2-R3 typ A
- 0, 30, 50 i 100 - procentowy udział kruszywa z recyklingu w stosunku do całkowitej masy kruszywa grubego,

# Profile użyteczności RAC



## Podsumowanie i wnioski

- To nie jest promocja RA za wszelką cenę,
- Ten sam RA w zależności od scenariusza może być korzystnym rozwiązaniem bądź nie,
- Kluczowe jest spełnienie wymagań użytkowych, niski ślad węglowy i koszt nie wystarczają,
- Model funkcji użyteczności może posłużyć jako narzędzie decyzyjne pozwalające porównać warianty,
- Ranking wariantów pozwala wybrać najkorzystniejsze rozwiązanie proekologiczne w ujęciu holistycznym

## Podsumowanie i wnioski

### Wniosek 1:

Ekologia jest nadrzędną motywacją,  
a ocena użyteczności RAC  
jest sposobem sprawdzenia  
czy realizacja tej motywacji  
jest rzeczywiście zasadna  
dla konkretnego betonu

### *Myśl przewodnia*

„Wszystko jest trucizną  
i nic nie jest wolne od trucizny.  
Tylko dawka sprawia, że coś  
nie jest trucizną”  
~ Paracelsus 1493-1541

# Dziękuję za uwagę

m.bardan@itb.pl

