

# Problem reaktywności kruszywa – cz. 2 kategoryzacja i przeciwdziałanie

## 1. Wprowadzenie

Zgodnie z normą PN-EN 206, jeżeli kruszywo zawiera odmiany krzemionki podatne na reakcję z alkali-ami pochodzącymi z cementu, środków odładzających lub innych źródeł, a beton narażony jest na działanie środowiska wilgotnego, trzeba przeciwdziałać szkodliwym skutkom reakcji alkalia-krzemionka. Przeciwdziałanie polega na ograniczeniu właściwości składników i składu betonu stosownie do zagrożenia. Jest to tzw. podejście recepturowe, które zostało systematycznie przedstawione w normach ASTM C1778:2016, AASHTO R-80: 2018, RILEM AAR-7.1:2016 oraz zaadaptowane w Wytycznych Technicznych RID [1]. W odróżnieniu od stosowanego dotychczas dość uproszczonego sposobu oceny reaktywności alkalicznej (pisałem o tym w części 1 artykułu), nowy system klasyfikacji kruszyw krajowych i zapobiegania szkodliwej reakcji alkalicznej w betonie odwołuje się do europejsko-amerykańskiej strategii przystosowanej do warunków krajowych na podstawie wyników badań m.in. [2-8].

Treść „Wytycznych” opublikowana na stronie internetowej GDDKiA [1] stanowi część zasadnicza oraz załączniki, przedstawiające procedury badawcze stosowane do badania reaktywności kruszyw oraz wskazówki do obliczania zawartości alkaliów w betonie. Poniżej omówiono pokrótce zasadnicze elementy systemu oceny i selekcji kruszyw do betonu przeznaczonego do budowy nawierzchni dróg i drogowych obiektów inżynierskich. Wytyczne Techniczne stanowią dokument „Przepisy w miejscu stosowania” w rozumieniu normy PN-EN 206 w odniesieniu do reakcji alkalia-krzemionka. Powinny mieć zastosowanie do budowy wszystkich dróg, w tym dróg szybkiego ruchu i autostrad oraz infrastruktury drogowej. Wytyczne obejmują wyłącznie kruszywa naturalne do betonu.

## 2. Kategoryzacja reaktywności kruszywa

Do rozpoznania i kategoryzacji podatności kruszywa na reakcję alkalia-krzemionka w betonie stosuje się metody odpowiadające zaleceniom ASTM i RILEM, tj:

1. analizę petrograficzną kruszywa według zaleceń Procedury Badawczej PB/3/18 (według Załącznika 3 w [1])
2. badanie ekspansji próbek zaprawy z kruszywem w 1 M roztworze NaOH w temperaturze 80°C,

opisane w Procedurze Badawczej PB/1/18 (Załącznika 1 w [1])

3. Badanie ekspansji próbek betonu z kruszywem w środowisku wysokiej wilgotności w temperaturze 38°C, opisane w Procedurze Badawczej PB/2/18 (Załącznika 2 w [1]).

Analiza petrograficzna kruszywa jest badaniem rozpoznawczym, które ma na celu identyfikację potencjalnie reaktywnych minerałów w kruszywie, zwłaszcza za pomocą obserwacji makroskopowych i mikroskopowych na cienkich szlifach. Rozpoznanie minerałów i skał dokonuje się przez odniesienie do lokalnych baz danych oraz doświadczenia petrografa. Badania są ukierunkowane na identyfikację obecności minerałów reaktywnych, m.in. takich jak: opal, krystobalit, trydymit, szkliwo krzemionkowe, chalcedon, krypto- oraz mikrokrystaliczny kwarc, oraz kwarc w stanie deformacji. Zależnie od wyników badania, kruszywo przypisuje się do jednej z trzech kategorii reaktywności, z uwzględnieniem dominującego składnika kruszywa (kruszywo krzemionkowe S, kruszywo węglanowe C, kruszywo krzemionkowo-węglanowe SC):

- kategoria I: kruszywo niereaktywne
- kategoria II: kruszywo potencjalnie reaktywne (niepewność rozpoznania reaktywności)
- kategoria III: kruszywo reaktywne.

Wymienione powyżej metody oznaczania ekspansji próbek zaprawy lub betonu z kruszywem stosuje się do potwierdzenia braku reaktywności oraz do określenia podatności kruszywa na wystąpienie reakcji. Stosuje się kryteria oceny reaktywności kruszywa zgodne z tabelą 1.

Procedury badawcze PB/1/18 i PB/2/18 dotyczą oceny reaktywności kruszyw mineralnych z wodorotlenkami sodu i potasu występującymi w betonie. Sposób badania ekspansji próbek zaprawy, przechowywanych w 1 M roztworze NaOH w temperaturze 80°C, jest zgodny z metodą przedstawioną w normie ASTM C1260 oraz RILEM AAR-2. Umożliwia stwierdzenie wystąpienia szkodliwej reakcji alkalia-krzemionka w ciągu 16 dni na podstawie oznaczenia zmiany długości próbek zaprawy cementowej z badanym kruszywem. Jest to tzw. przyspieszona metoda badania ekspansji próbek. Długotrwała metoda badania ekspansji próbek betonu jest oparta na zasadach opisanych w normie ASTM C1293 z modyfikacjami wymaganymi w warunkach krajowych, zgodnie ze wskazówkami RILEM AAR-3. Umożliwia stwierdzenie wystąpienia szkodliwej reakcji alkalia-kruszywo w ciągu 365 dni na podstawie oznaczenia zmiany długości próbek betonu z badanym kruszywem.

Wymagana częstotliwość oceny reaktywności kruszywa jest zróżnicowana dla producenta kruszywa oraz dla producenta betonu. Zaleca się, aby na etapie zatwierdzania receptury betonu przez nadzór budowy przedstawiać wyniki oznaczenia kategorii reaktywności, przeprowadzonego nie wcześniej niż przed 4 miesiącami, zgodnie z praktyką niemiecką.

Tabela 1. Ocena reaktywności kruszywa grubego i drobnego na podstawie średniej zmiany długości próbek zaprawy lub próbek betonu zgodnie z procedurami w Wytycznych Technicznych [1]

Kategoria reaktywności kruszywa	Opisowe określenie reaktywności	14-dniowa zmiana długości próbek zaprawy, %	365-dniowa zmiana długości próbek betonu, %
R0	niereaktywne	≤ 0,10 (0,15*)	≤ 0,04
R1	umiarkowanie reaktywne	>0,10 (0,15*); ≤ 0,30	>0,04 ; ≤ 0,12
R2	silnie reaktywne	>0,30 ; ≤ 0,45	>0,12 ; ≤ 0,24
R3	bardzo silnie reaktywne	>0,45	>0,24

\*) kruszywo drobne

Klasa obiektu	Konsekwencje wystąpienia reakcji AAR	Akceptowalność szkodliwych efektów AAR	Przykłady
S1	Pomijalne konsekwencje ekonomiczne, w zakresie bezpieczeństwa lub ochrony środowiska	Pewne ryzyko uszkodzenia wskutek AAR można tolerować	Elementy konstrukcji tymczasowych o projektowanym okresie eksploatacji do 5 lat Nienośne elementy konstrukcji wewnątrz budynków.
S2	Nieznaczne konsekwencje ekonomiczne, w zakresie bezpieczeństwa lub ochrony środowiska	Akceptowalne umiarkowane ryzyko uszkodzeń wskutek AAR	Elementy konstrukcji, które łatwo wymienić, np. chodniki, krawężniki, ścieki.
S3	Znaczące konsekwencje ekonomiczne, w zakresie bezpieczeństwa lub ochrony środowiska	Akceptowalne niewielkie ryzyko uszkodzeń wskutek AAR	Obiekty o projektowanym okresie eksploatacji do 50 lat, np.: • nawierzchnie dróg lokalnych i o mniejszym znaczeniu • ściany oporowe, fundamenty, bariery autostradowe • drogowe obiekty o trwałości <50 lat*
S4	Bardzo poważne konsekwencje ekonomiczne, w zakresie bezpieczeństwa lub ochrony środowiska	Nietolerowane żadne ryzyko uszkodzenia wskutek AAR	Obiekty o projektowanym czasie eksploatacji powyżej 50 lat, np.: • nawierzchnie dróg o wysokiej jakości**, dróg klasy A, S, GP • drogowe obiekty mostowe i tunele*, *** • obiekty energetyki jądrowej • zapory wodne • newralgiczne elementy konstrukcji bardzo trudne do wymiany lub naprawy

\* zgodnie z Rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie [9]  
\*\* nawierzchnie dróg na strategicznie ważnych odcinkach sieci transportowej A, S, GP, zwłaszcza transeuropejskiej sieci transportowej zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej (UE) nr 1315/2013/UE z dnia 11 grudnia 2013.  
\*\*\* zgodnie z PN-EN 1990 orientacyjny projektowy okres użytkowania mostów i innych konstrukcji inżynierskich wynosi do 100 lat

Tabela 2. Klasyfikacja obiektów budowlanych i inżynierskich w zależności od konsekwencji wystąpienia szkodliwych efektów reakcji alkalia-kruszywo (ang. alkali-aggregate reaction, AAR) [1]

Procedury badawcze PB/4/18 i PB/5/18 stosuje się do oceny skuteczności środków zapobiegających wystąpieniu szkodliwej reakcji alkalia-krzemionka; stanowią przede wszystkim narzędzia do oceny eksperckiej.

### 3. Określenie klasy obiektu betonowego i kategorii środowiska

Do określenia przydatności kruszywa do betonu przeznaczonego na nawierzchnie dróg i drogowe obiekty inżynierskie niezbędne jest ustalenie „klasy obiektu” i „kategorii środowiska” ze względu na zagrożenie wystąpieniem szkodliwej reakcji alkalia-kruszywo. W tabeli 2 przedstawiono klasyfikację obiektów betonowych na podstawie dotkliwości uszkodzeń z tego powodu.

Jeżeli nawet niewielkie uszkodzenia konstrukcji mogą wywołać poważne konsekwencje ekonomiczne lub środowiskowe, bądź zagrazić bezpieczeństwu użytkowników, uszkodzeń nie można tolerować. Umiarkowane ryzyko uszkodzeń wskutek reakcji alkalia-kruszywo można akceptować w elementach konstrukcji, które łatwo wymienić, a jeszcze większe

uszkodzenia można tolerować w konstrukcjach tymczasowych. O istotności uszkodzeń w danym obiekcie powinien decydować projektant w porozumieniu z inwestorem (zarządcą obiektu), odnosząc się do programu funkcjonalno-użytkowego, przygotowanego przez inwestora lub zarządcę obiektu. Zasadniczym parametrem klasyfikacji obiektów jest projektowany okres użytkowania i społeczne znaczenie obiektu. Określenia klasy obiektu dokonuje projektant obiektu w uzgodnieniu z jego zarządcą, biorąc pod uwagę m.in.:

- zapisy Rozporządzenia [9]:
  - „Przy doborze kruszywa należy uwzględnić: (...)
    - agresywność środowiska, na które będzie narażona konstrukcja;
    - projektowaną trwałość konstrukcji.”
    - „W drogowych obiektach inżynierskich należy stosować kruszywa mineralne niewykazujące szkodliwej reakcji z wodorotlenkami sodu i potasu w betonie.”
- Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 13 czerwca 2018 r. (Dz.U. Poz. 1233), zmieniające rozporządzenie w sprawie sposobu de-

Kategoria środowiska	Opis środowiska	Ekspozycja elementów obiektu z betonu
E1*	Środowisko suche, chronione przed wilgocią zewnętrzną	• elementy wewnętrzne w budynkach w środowisku suchym
E2	Środowisko wilgotne bez oddziaływania agresywnych czynników zewnętrznych	• elementy wewnętrzne w budynkach o wysokiej wilgotności • elementy wystawione na działanie wilgoci z powietrza, nieagresywnych wód podziemnych, zanurzone w wodzie słodkiej lub stale zanurzone w wodzie morskiej • wewnętrzne elementy masywne
E3	Środowisko wilgotne z agresywnym oddziaływaniem czynników zewnętrznych	• elementy wystawione na działanie soli odmrażających • elementy wystawione na cykliczne działanie wody morskiej (zanurzenie i suszenie) lub stony oprysk (strefy rozbryzgu) • wilgotne elementy wystawione na naprzemienne działanie zamarzania i rozmrażania • wilgotne elementy wystawione na długotrwałe działanie wysokiej temperatury • jezdnie drogowe poddane obciążeniom zmęczeniowym

Tabela 3. Kategorie oddziaływań środowiskowych zgodnie z CEN/TR 16349 i RILEM AAR 7.1 przyjęte w [1]

\* Kategoria środowiska E1 nie ma zastosowania do betonowych nawierzchni drogowych i drogowych obiektów inżynierskich

klarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakami budowlanym, a zwłaszcza str. 14, Lp. 24 - odnośnik 13) dotyczący kruszywa: „Zastosowanie wymagające wysokiego bezpieczeństwa związane jest z oczekiwanym przez stosującego wyrób budowlany stopniem pewności i wiarygodności w odniesieniu do stałości właściwości użytkowych tego wyrobu deklarowanych przez jego producenta.”

Przy określaniu klasy obiektu należy również uwzględnić ekonomiczne uwarunkowania procesu inwestycji i procesu utrzymania obiektu w stanie eksploatacyjnym przez cały projektowany okres użytkowania.

Równocześnie, niezależnie od stosowania normowych klas agresywności środowiska wg PN-EN 206, warunki oddziaływania środowiska na beton w konstrukcji klasyfikuje się zgodnie z tabelą 3, w związku z zagrożeniem występowania reakcji alkalia-kruszywo. Kategorie E1, E2 i E3 nadaje się zgodnie z CEN/TR 16349. Kategoria E3, określająca najwyższe zagrożenie wystąpieniem reakcji alkalia-kruszywo, odpowiada warunkom ekspozycji betonu, np. w nawierzchniach autostrad i dróg krajowych, na których stosuje się sole odładzające do zimowego utrzymania. Oddziaływanie środowiska na beton wewnątrz budynków w miejscach suchych podczas eksploatacji odpowiada kategorii E1. W takim środowisku reakcja nie występuje. Wystąpienie reakcji alkalia-kruszywo jest promowane w elementach wilgotnych, wystawionych na naprzemienne działanie mrozu z oddziaływaniem soli rozmrażających i równocześnie poddanych cyklicznym obciążeniom dynamicznym. Dlatego kategoria środowiska E3 ma powszechne zastosowanie w nawierzchniach dróg i elementach drogowych obiektów inżynierskich.

#### 4. Określenie przydatności kruszywa i sposobu zapobiegania szkodliwej reakcji

Aby przeciwdziałać szkodliwym skutkom reakcji alkalia-krzemionka, ustala się warunki zastosowania naturalnego kruszywa (spełniającego wymagania PN-EN 12620) w betonie. W drodze postępowania przedstawionego w tabeli 4 ustala się ryzyko wystąpienia szkodliwej reakcji, określone kombinacją kategorii R, E i S. Recepturowe ograniczenia dotyczące składników betonu, odpowiednie dla obiektów klasy S4, S3, S2 i S1, w kategoriach środowiska E2 i E3, oraz dla kategorii reaktywności kruszywa R0, R1, R2, R3, zostały podane w rozbudowanych tablicach w [1].

W przypadku nawierzchni betonowych i drogowych obiektów inżynierskich kategoria oddziaływań środowiska E1 nie ma zastosowania. Całkowicie wyklucza się użycie kruszyw o kategorii reaktywności R2 i R3 (reaktywne i bardzo reaktywne) w betonie nawierzchniowym i do budowy drogowych obiektów inżynierskich, z uwagi na brak doświadczeń krajowych w tym zakresie.

Recepturowe ograniczenia na skład betonu obejmują następujące rozwiązania technologiczne:

- dobór kruszywa niereaktywnego (R0) oraz eliminację kruszywa silnie (R2) i bardzo silnie reaktywnego (R3)
- ograniczenie zawartości alkaliów w składzie mieszanki betonowej do 3 kg/m<sup>3</sup>, 2,4 kg/m<sup>3</sup> lub nawet 1,8 kg/m<sup>3</sup>, zależnie od kategorii reaktywności alkalicznej kruszywa przeznaczonego do betonu

- zastosowanie cementów o niskiej zawartości alkaliów, co pozwala na dotrzymanie warunków granicznej zawartości alkaliów w betonie
- zastosowanie dodatków mineralnych: popiołu lotnego krzemionkowego i/lub granulowanego żuźla wielkopieczowego w mieszance betonowej lub jako składników głównych cementu.

Zawartość alkaliów w składzie betonu, wyrażoną w formie równoważnika sodowego Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub>, określa się jako sumę zawartości alkaliów czynnych, pochodzących od wszystkich składników mieszanki betonowej. Przy bilansie alkaliów należy uwzględnić:

- 100% całkowitej zawartości alkaliów w wodzie zarobowej, w domieszkach do betonu, w cementie portlandzkim CEM I i w klinkierze portlandzkim
- 10% całkowitej zawartości alkaliów w popiele lotnym krzemionkowym i w granulowanym żuźlu wielkopieczowym
- 0% alkaliów w kruszywie (pomija się ewentualne wymywanie alkaliów z kruszywa).

Przykłady wyznaczania zawartości alkaliów w mieszance betonowej podano w [1] zał. 6.

W zależności od kategorii oddziaływania środowiska oraz kategorii reaktywności kruszywa warunki zastosowania kruszywa do betonu są następujące:

- w obiekcie klasy S4 według tabeli 2:
  - środowisko E2 + kruszywo R0 → zawartość Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> w betonie maks. 3,0 kg/m<sup>3</sup>
  - środowisko E3 + kruszywo R0 → zawartość Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> w betonie maks. 2,4 kg/m<sup>3</sup>
  - niezależnie od klasy środowiska kruszywo R1, R2, R3 nie ma zastosowania
- w obiekcie klasy S3 według tabeli 2:
  - środowisko E2 + kruszywo R0 → bez ograniczeń w recepturze betonu
  - środowisko E3 + kruszywo R0 → zawartość Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> w betonie maks. 3,0 kg/m<sup>3</sup>
  - środowisko E2 + kruszywo R1 → zawartość Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> w betonie maks. 2,4 kg/m<sup>3</sup> i dodatek mineralny min. 20% popiół lotny krzemionkowy albo min. 30% granulowany żużel wielkopieczowy
  - środowisko E3 + kruszywo R1 → zawartość Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> w betonie maks. 1,8 kg/m<sup>3</sup> i dodatek mineralny min. 20% popiół lotny krzemionkowy albo min. 30% granulowany żużel wielkopieczowy (wymagane potwierdzenie eksperta)
- w obiekcie klasy S2 według tabeli 2:
  - środowisko E2 + kruszywo R0 → bez ograniczeń w recepturze betonu
  - środowisko E3 + kruszywo R0 → zawartość Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> w betonie maks. 3,0 kg/m<sup>3</sup>
  - środowisko E2 + kruszywo R1 → zawartość Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> w betonie maks. 3,0 kg/m<sup>3</sup> lub dodatek mineralny min. 20% popiół lotny krze-

Tabela 4. Postępowanie przy określaniu warunków stosowania kruszywa do betonu zgodnie z Wytycznymi [1]

Etapy określania warunków stosowania kruszywa do betonu	Rezultat klasyfikacji
Rozpoznanie składu mineralnego i kategoryzacja reaktywności kruszywa	Kategoria R0, R1, R2 lub R3
Klasyfikacja obiektu betonowego w odniesieniu do znaczenia potencjalnych uszkodzeń wskutek reakcji alkalia-kruszywo	Klasa S1, S2, S3 lub S4
Kategoryzacja środowiska w związku z występowaniem reakcji alkalia-kruszywo w betonie	Kategoria E1, E2 lub E3

mionkowy albo min. 30% granulowany żużel wielkopiecowy

- środowisko E3 + kruszywo R1 → zawartość  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  w betonie maks.  $2,4 \text{ kg/m}^3$  lub dodatek mineralny min. 20% popiół lotny krzemionkowy albo min. 30% granulowany żużel wielkopiecowy.

Dodatki mineralne powinny spełniać wymagania normowe: popiół lotny krzemionkowy kategorii A i kategorii N wg PN-EN 450-1, granulowany żużel wielkopiecowy wg PN-EN 15167-1. Osiągnięcie wymaganego poziomu zabezpieczenia przed wystąpieniem negatywnych efektów reakcji alkalia-krzemionka w przypadku zastosowania kruszywa kategorii R1 umożliwiła zastosowanie w składzie cementu lub w składzie betonu powyższych dodatków mineralnych.

## 5. Uwagi końcowe

Wyniki przeprowadzonych badań i analiz wskazują, że zasadniczym sposobem przeciwdziałania uszkodzeniom betonu wskutek reakcji alkalia-kruszywo jest selekcja kruszywa niereaktywnego oraz ograniczenie zawartości alkaliów w betonie. Do rozpoznania kruszywa niereaktywnego proponuje się metody RILEM i ASTM, wykorzystywane w licznych krajach, również w Europie Środkowej i Zachodniej. Procedury badawcze dostosowane do użycia w warunkach krajowych, opublikowane na stronie GDDKiA, różnią się zasadniczo od aktualnie stosowanej „metody szybkiej”. Aby efektywnie przeprowadzić bilans alkaliów w mieszance betonowej, ich zawartość w poszczególnych składnikach powinna być znana. Zrównoważone wykorzystanie dostępnych kruszyw do produkcji betonu, a jednocześnie wyeliminowanie lub ograniczenie skutków szkodliwej reakcji, wymaga podjęcia określonych środków zapobiegawczych. Ograniczenia recepturowe dobierane są odpowiednio do wyników analizy zagrożeń wystąpienia szkodliwych skutków reakcji alkalia-kruszywo.

**prof. Michał A. Glinicki**  
**IPPT PAN Warszawa**

## Literatura

- 1 A.Garbacik, M.A.Glinicki, D.Jóźwiak-Niedźwiedzka, G.Adamski, K.Gibas, *Wytyczne techniczne klasyfikacji kruszyw krajowych i zapobiegania reakcji alkalicznej w betonie stosowanym w nawierzchniach dróg i drogowych obiektach inżynierskich (z załącznikami)*, ICiMB i IPPT PAN, Kraków-Warszawa 2019; <https://www.gddkia.gov.pl/pl/1118/dokumenty-techniczne>
- 2 D.Jóźwiak-Niedźwiedzka, K.Gibas, M.A.Glinicki, *Rozpoznanie petrograficzne minerałów reaktywnych w kruszywach krajowych i ich klasyfikacja zgodnie z zasadami RILEM i ASTM. Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, 16, 2017, 223-239; doi: 10.7409/rabdim.017.015
- 3 Z.Naziemiec, E.Pabiś-Mazgaj, *Wstępna ocena reaktywności alkalicznej kruszyw tamanych ze złóż polodowcowych rejonu północnej Polski. Roads and Bridges – Drogi i Mosty*, 16, 2017, 203-222; doi: 10.7409/rabdim.017.014
- 4 Z.Naziemiec, *Reaktywność alkaliczno-krzemionkowa wybranych krajowych kruszyw drobnych, Roads and Bridges – Drogi i Mosty*, 17, 2018, 271-283; doi: 10.7409/rabdim.018.017
- 5 Z.Naziemiec, A.Garbacik, G.Adamski, *Reaktywność alkaliczna krajowych kruszyw. Kruszywa mineralne t.1, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2017, 123-132*
- 6 M.A. Glinicki, D. Jóźwiak-Niedźwiedzka, A.Antolik, K.Dziedzic, K. Gibas, *Podatność wybranych kruszyw ze skał osadowych na reakcję alkalia-kruszywo, Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, 18, 2019, 5-24; doi: 10.7409/rabdim.019.001
- 7 D. Jóźwiak-Niedźwiedzka, A. Antolik, K.Dziedzic, M.A. Glinicki, K.Gibas, *Weryfikacja odporności wybranych kruszyw ze skał magmowych na reakcję z alkalią, Roads and Bridges – Drogi i Mosty*, 18, 2019, 67-83; doi: 10.7409/rabdim.019.005
- 8 S.Góralczyk, M.Filipczyk, *Aktualne badania reaktywności alkalicznej polskich kruszyw – część II, Kruszywa mineralne t.2. Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2018, 37-48*
- 9 *Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich użytkowanie (rozporządzenie Ministra Infrastruktury – projekt z dnia 5 kwietnia 2019 r oraz Dz. U. 2000 nr 63 poz. 735)*

# Jubileusz profesora Ajdukiewicza

Z okazji pięknego jubileuszu składamy Panu Profesorowi Andrzejowi Ajdukiewiczowi najlepsze życzenia zdrowia oraz wielu dalszych sukcesów. Pan Profesor Ajdukiewicz od wielu lat twórczo współpracuje

z Wydawnictwem Polski Cement – jest głównym autorem „Konstrukcji z betonu sprężonego”, tłumaczem i redaktorem polskiej wersji dwóch tomów „Pre-normy Konstrukcji Betonowych – fib Model Code 2010” oraz redaktorem „Eurokodu 2 – podręcz-



nego skrótu dla projektantów konstrukcji żelbetonowych”. Jest redaktorem naukowym, tłumaczem i koordynatorem tłumaczenia dwóch wydań „Właściwości betonu” Adama Neville’a.

Ponadto, od lat nasi Czytelnicy mieli możliwość czytania wielu ważnych tekstów autorstwa profesora Ajdukiewicza na łamach kwartalnika BTA. Cenimy sobie również fakt, że

od 20 lat Profesor angażuje się w prace Rady Programowej Konferencji „Dni Betonu”.

Panie Profesorze, jeszcze raz pięknie dziękujemy za dotychczasową współpracę i tradycyjnie życzymy 100 lat!

