

Beton według normy EN 206-1 na przykładzie wybranych krajów europejskich

1. Wprowadzenie

Norma EN 206-1:2000 „Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność” jest przewodnikiem i poradnikiem dla projektantów, producentów i wykonawców obiektów i konstrukcji budowlanych. Wprowadziła nowe podejście do projektowania składu mieszanki betonowej oraz oceny parametrów jakościowych stwardniałego betonu. Nadrzędnym celem zawartych w normie wytycznych i wymagań jest zapewnienie trwałości betonu pracującego w określonych warunkach oddziaływania środowiska („oddziaływania chemiczne i fizyczne na beton, które wpływają na niego lub zbrojenie, lub inne znajdujące się w nim elementy metalowe, a które nie zostały uwzględnione jako obciążenia w projekcie konstrukcyjnym” [1]), które zdefiniowane są jako klasy ekspozycji. Poszczególnym klasom ekspozycji przyporządkowane są wymagania dotyczące składu mieszanki betonowej i warunków wykonywania betonu, obejmujące: maksymalny stosunek wodno-cementowy (w/c), minimalną zawartość

cementu, minimalną wytrzymałość betonu na ściskanie, a dla niektórych klas środowiskowych – minimalne napowietrzenie betonu i wymagania dla kruszyw. Norma ma charakter uniwersalny, natomiast poszczególne kraje, bazując na własnych doświadczeniach oraz uwzględniając własne uwarunkowania środowiskowe, opracowały i wdrożyły krajowe wymagania zgodne z zapisami normy EN 206-1 [1]. W niniejszym artykule, w oparciu o raport Komitetu Technicznego CEN/TC 104 [2], pokazano wymagania stawiane składowi mieszanki betonowej i stwardniałemu betonowi w wybranych krajach członkowskich Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego CEN. Zawarte są one w normach krajowych poszczególnych krajów. Nasze krajowe uregulowania w zakresie stosowania normy EN 206-1:2000 zawarte są w normie PN-B-06265:2004 [3]. W niniejszym artykule ograniczono się do prezentacji wybranych treści tego raportu [2], istotnych, zdaniem autora, przy specyfikacji betonu (wyborze składników i określeniu wymagań dla betonu) do określonych zastosowań.

Tabela 1. Przykładowe opisy w klasie ekspozycji XO (brak korozji) i XC (korozja spowodowana karbonatacją)

Klasa ekspozycji	Przykłady występowania oddziaływania na beton
XO	EN 206-1- beton wewnątrz budynków o bardzo małej wilgotności
XC1	EN 206-1 – beton wewnątrz budynków o niskiej wilgotności powietrza; beton stale zanurzony w wodzie
XC2	EN 206-1 Powierzchnie betonu narażone na długotrwały kontakt z wodą, najczęściej fundamenty
XC3	EN 206-1 Beton wewnątrz budynków o umiarkowanej lub wysokiej wilgotności względnej powietrza. Beton na zewnątrz osłonięty przed deszczem
XC4	EN 206-1 Powierzchnie betonu narażone na kontakt z wodą, ale nie jak w klasie ekspozycji XC2 (cyklicznie mokre i suche)

Tabela 2. Przykładowe opisy w klasie ekspozycji XF (agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmarzania bez środków odładzających albo ze środkami odładzającymi)

Klasa ekspozycji	Przykłady występowania oddziaływania na beton
XF1	EN 206-1- pionowe powierzchnie betonowe narażone na deszcz i zamarzanie
XF2	EN 206-1 – pionowe powierzchnie betonowe konstrukcji drogowych narażone na zamarzanie i działanie środków odładzających z powietrza
XF3	EN 206-1- poziome powierzchnie betonowe narażone na deszcz i zamarzanie
XF4	EN 206-1 jezdnie dróg i mostów narażone na działanie środków odładzających. Powierzchnie betonowe narażone bezpośrednio na działanie aerozoli zawierających środki odładzające i zamarzanie. Strefy rozbryzgu w budowlach morskich narażone na zamarzanie

Tabela 3. Wielkość współczynnika „k” przy stosowaniu cementów innych niż CEM I

Kraj	Rodzaj cementu	Wielkość „k”
Austria	CEM II/A; CEM II/B	0,4
Belgia	CEM III/A CEM II; CEM III/B; CEM III/C; CEM V	0,2 (popiół/cement ≤ 0,25) 0,0
Czechy	CEM II/A-S; CEM II/B-S; CEM III/A	0,2
Dania	CEM II/A-L(LL)	0,4 (bez redukcji minimalnej ilości cementu)
Finlandia	CEM II (wszystkie rodzaje)	0,4 (z włączeniem ilości dodatku w składzie cementu)
Niemcy	CEM II/A-S; CEM II/B-S; CEM II/A-T; CEM II/B-T; CEM II/A-L; CEM II/A-P; CEM II/A-V; CEM II/A-M (S, D, P, V, T, LL); CEM II/B-M (S-D; S-T; D-T); CEM III/A; CEM III/B o zawartości żużla poniżej 70%	0,4 0,7 dla betonu podwodnego oraz na pale wiertnicze. (W zależności od rodzaju cementu maksymalna zawartość popiołu wynosi 15% (cement z dodat. D), 25% (cement z dodat. P, V) i 33% pozostałe)
Włochy	CEM II/A, CEM III/A; CEM IV/A; CEM V/A	0,2
Luksemburg	CEM/A-S i B-S 32,5 CEM II/A-S i B-S 42,5 i 52,5	0,2 0,4
Holandia	CEM III/A; CEM III/B	0,2
Słowacja	CEM II/A, B-S; CEM III/A	0,2
Szwecja	CEM II	0,1 lub 0,4
Polska	CEM II/A (z wyłączeniem CEM II/A-V) 32,5 CEM II/A 42,5 i 52,5	0,2 0,4

Kraj	Kategoria A (str. praż. ≤ 5%)	Kategoria B (str. praż. od 2 do 7%)	Kategoria C (str. praż. od 4 do 9%)
Austria	Tak	Nie	Nie
Belgia	Tak	Tak (w klasie ekspozycji XF wg PN-EN 206-1 zawartość popiołu poniżej 25% m.c.)	Nie
Czechy	Tak	Tak	Tak
Dania	Tak	Nie	Nie
Finlandia	Tak	Nie w klasie ekspozycji XF	Nie
Francja	Tak	Nie w klasie ekspozycji XF4	W trakcie dyskusji
Niemcy	Tak	Nie	Nie
Irlandia	Tak	W trakcie dyskusji	W trakcie dyskusji
Włochy	Tak	Tak	W trakcie dyskusji
Luksemburg	Tak	W trakcie dyskusji	W trakcie dyskusji
Holandia	Tak	Nie	Nie
Norwegia	Tak	Nie	Nie
Portugalia	Tak	Tak	Tak
Słowacja	Tak	W trakcie dyskusji	W trakcie dyskusji
Słowenia	Tak	Tak	Tak
Szwecja	Tak	Nie	Nie
Szwajcaria	Tak	Nie	Nie
Wielka Brytania	Tak	Tak	Nie

Tabela 4. Stosowanie popiołu lotnego o różnej zawartości strąta prażenia w krajach Unii Europejskiej

2. Klasy ekspozycji

Zespół ekspertów, analizując krajowe dokumenty normalizacyjne związane z uzupełnieniem normy EN 206-1, zauważył, że część krajów grupuje klasy ekspozycji w różny sposób, np.:

- Austria: (XC2, XC3, XC4)
- Dania: (X0, X1); (XC2, XC3, XC4, XF1, XA1); (XD1, XS1, XS2, XF2); (XD2, XD3, XS3, XF3, XA3)
- Francja (XC1, XC2); (XC3, XC4, XD1, XF1); (XS1, XS2)
- Niemcy (XD1, XS1), (XD2, XS2), (XD3, XS3)
- Norwegia (XC1, XC2, XC3, XC4, XF1); (CD1, XS1, XA1, XA2); (XF2, XF3, XF4); (XD2, XD3, XS2, XS3, XA3).

Zgrupowane klasy ekspozycji mają zazwyczaj te same wymagania w odniesieniu do składu i jakości betonu. W niektórych krajach nie są grupowane klasy ekspozycji, ale wymagana jest zbliżona jakość betonu, np. dla klasy ekspozycji XC2 wymagana jest różna minimalna zawartość cementu przy tej samej jakości betonu. W tym przypadku jakość betonu kształtowana jest stosunkiem w/c. Część krajów wyspecyfikowała dodatkowe klasy ekspozycji dla betonu, np. Niemcy i Polska [3] – beton odporny na ścieranie (XM1, XM2 i XM3), Norwegia – klasa ekspozycji XSA obejmująca wymagania dla betonu przeznaczanego dla budownictwa rolniczego (obornik).

W krajowych edycjach normy EN 206-1 zazwyczaj znacznie szerzej opisano oddziaływania środowiskowe na beton (warunki pracy). Zapewne ułatwia to specyfikację betonu przez projektanta konstrukcji (obiektu) betonowej. Jest to zgodne z zapisami normy EN-206-1 [1], ponieważ zawarta w niej

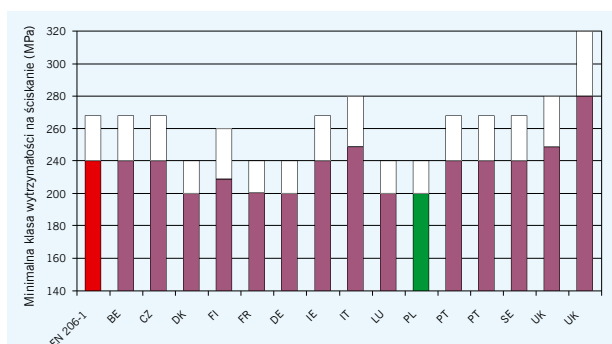
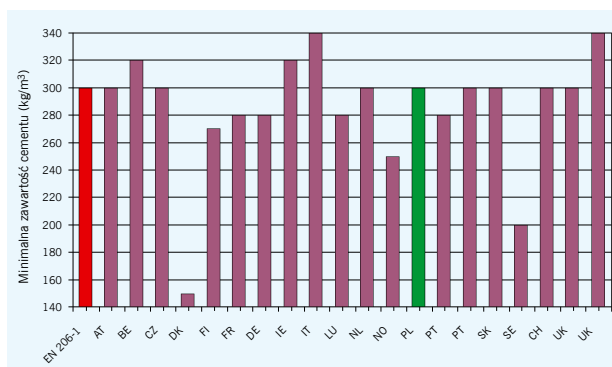
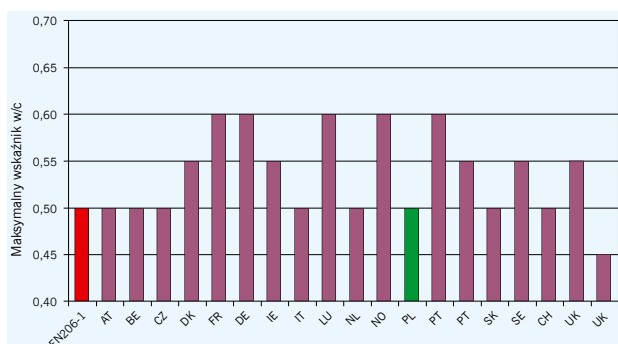
klasyfikacja nie wyklucza uwzględnienia specjalnych warunków istniejących w miejscu stosowania betonu. Wybrane przykłady zapisów dla klas ekspozycji XC i XF zamieszczono w tabeli 1 i 2.

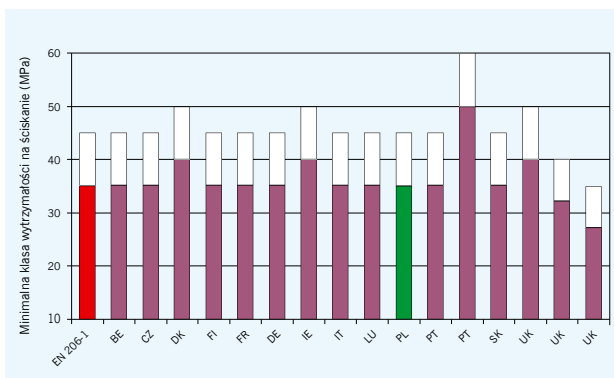
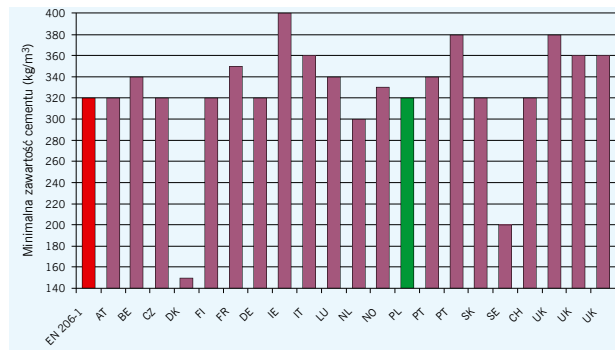
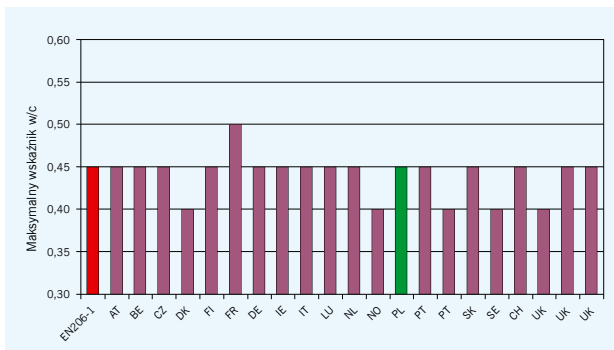
Na potrzeby niniejszego artykułu wprowadzono skróty oznaczające nazwę poszczególnych krajów: Austria (AT), Czechy (CZ), Belgia (BE), Dania (DK), Estonia (EE), Finlandia (FI), Francja (FR), Niemcy (DE), Grecja (GR), Węgry (HU), Irlandia (IE), Włochy (IT), Luksemburg (LU), Holandia (NL), Norwegia (NO), Wielka Brytania (UK), Hiszpania (ES), Szwajcaria (CH), Słowacja (SK), Szwecja (SE) oraz Polska (PL).

3. Składniki betonu

Większość członków CEN stosuje w produkcji betonu składniki spełniające wymagania odpowiednich norm europejskich. Jednakże część krajów posiada swoje normy krajowe, które uzupełniają lub rozszerzają zakres wymagań określonych w aktualnych normach europejskich. Jeśli chodzi o cement, to w normach kra-

Rys.1. Wymagania krajowe dla klasy ekspozycji XC4 – korozja spowodowana karbonatyzacją (środowisko cyklicznie mokre i suche)





Rys. 2. Krajowe wymagania dla klasy ekspozycji XD3 – korozja spowodowana chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej (środowisko cyklicznie mokre i suche)

Rys. 3. Krajowe wymagania dla klasy ekspozycji XS3 – korozja spowodowana chlorkami z wody morskiej (środowisko – strefy pływów, rozbrzyźgów i aerozoli)

jowych zazwyczaj dodatkowo normalizowane są właściwości specjalne cementu, takie jak: siarczanoodporność SR (w roku 2010 ta właściwość cementu zostanie włączona do normy EN 197-1[4]), ograniczona zawartość tlenków alkalicznych (NA) i odporność na działanie wody morskiej (Francja). Istotną właściwość cementu, jaką jest niskie ciepło hydratacji (LH), jest już zawarta w treści normy EN 197-1. W niektórych krajach dodatkowo normowana jest wysoka wytrzymałość wczesna (Belgia) oraz krótki początek wiązania – cementy szybkotwardniejące (Włochy, Niemcy). Istnieją także normy krajowe na cementy o składzie odbiegającym od cementu powszechnego użytku, np. cement glinowy, cement supersiarczanowy (oba te produkty są w fazie normalizacji europejskiej). Zazwyczaj uregulowania krajowe zawierają wskazówki, który rodzaj cementu można stosować

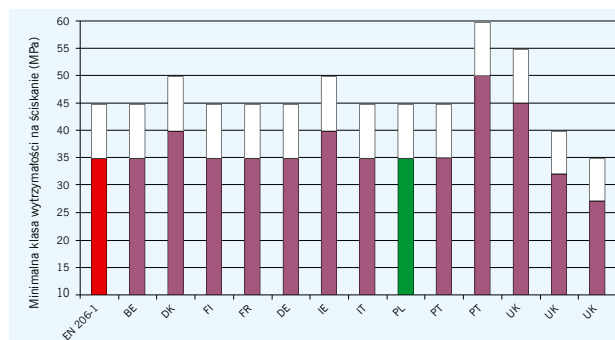
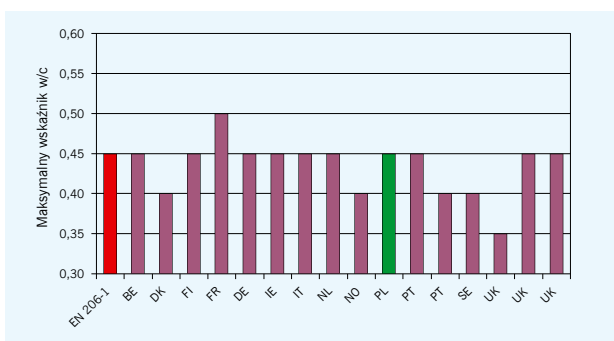
w poszczególnych klasach ekspozycji zdefiniowanych w normie EN 206-1. Taka informacja jest także zawarta w naszym krajowym uzupełnieniu [2]. Jest to istotna pomoc dla specyfikującego skład betonu i niejednokrotnie pozwala na odejście od konserwatywnego spojrzenia projektanta na wybór rodzaju cementu. Jest to istotne przy dynamicznie rozwijającej się ofercie krajowego przemysłu cementowego, zwłaszcza w zakresie cementów z dodatkami mineralnymi CEM II – CEM V we wszystkich klasach wytrzymałościowych.

Analizując doświadczenia w zakresie stosowania dodatków (typu I i II) do składu betonu, można zauważyć, że najczęściej stosowanym dodatkiem typu II w składzie betonu jest popiół lotny spełniający wymagania normy EN 450-1 [5]. Jest on stosowany zarówno z cementami portlandzkimi CEM I (współczynnik „k” od 0,2 do 0,6), jak i z cementami z dodatkami mineralnymi od CEM II do CEM V. W tym przypadku podejście do wielkości współczynnika zastąpienia „k” jest różne w różnych krajach, co zobrazowano w tabeli 3. Niektóre kraje w swoich uregulowaniach podają, przy stosowaniu popiołu lotnego i innych dodatków, minimalne zawartości cementu w poszczególnych klasach ekspozycji, np. Niemcy, Polska [3].

Duże znaczenie dla trwałości betonu ma jakość stosowanego popiołu lotnego. Część krajów CEN wprowadziła w swoich dokumentach normalizacyjnych ograniczenia dotyczące zawartości strat prażenia (niespalonego węgla) w składzie popiołu (tabela 4) [6], eliminując stosowanie popiołu kategorii B (strata prażenia od 2,0 do 7,0%) i/lub kategorii C (strata prażenia od 4,0 do 9,0%).

W krajowych dokumentach odniesienia podane są także zasady stosowania innych dodatków w składzie betonu, głównie pyłu krzemionkowego, popiołu lotnego i pyłu krzemionkowego, mielonego granulowanego żużla wielkopieczowego (współczynnik „k” od 0,6 do 1,0) oraz mielonego wapienia („k” do 0,25).

Uzupełnienia krajowe zawierają także wymagania dotyczące kruszyw, zazwyczaj dotyczą one stoso-





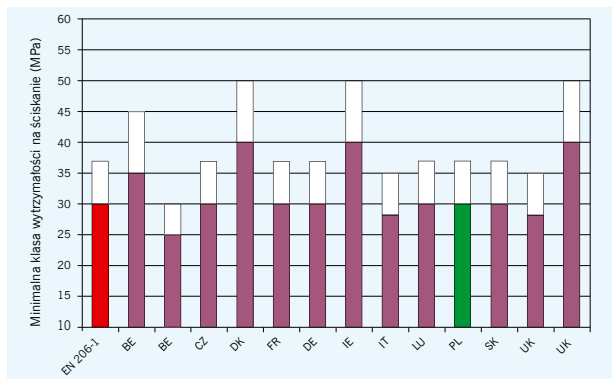
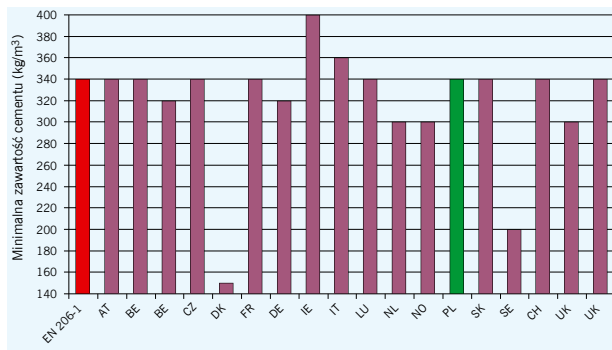
wania kruszyw z recyklingu oraz oceny reaktywności alkalicznej.

4. Wartości graniczne dotyczące składu betonu

W normie EN 206-1 wymagania dotyczące odporności betonu na oddziaływanie środowiska podane są jako wartości graniczne dla składu betonu i ustalonych właściwości betonu. Wymagania powinny uwzględniać także przewidywany czas użytkowania konstrukcji betonowej. Na rys. 1-5 przedstawiono wymagania dla wybranych klas ekspozycji (ekstremalnych) i poszczególnych oddziaływań środowiskowych. Zakładany czas życia konstrukcji – 50 lat. Z danych zamieszczonych na rys. 1-5 widać, że wymagania co do składu mieszanki betonowej i stwardniałego betonu są różne. Zależy to głównie od uwarunkowań klimatycznych i lokalnych doświadczeń. W przypadku Wielkiej Brytanii (UK) podane są różne wymagania w tej samej klasie ekspozycji. Uzależnione to jest od prognozowanej długości życia konstrukcji betonowej, maksymalnego rozmiaru ziarna stosowanego kruszywa oraz rodzaju stosowanego cementu [7].

5. Podsumowanie

Norma EN 206-1 stosowana jest w różnych częściach Europy w różnych warunkach klimatycznych. Przy jej praktycznym stosowaniu uwzględ-

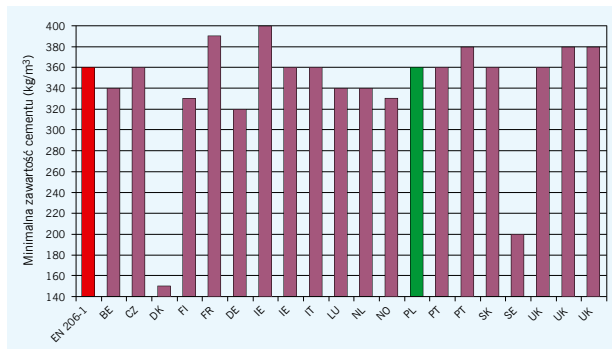
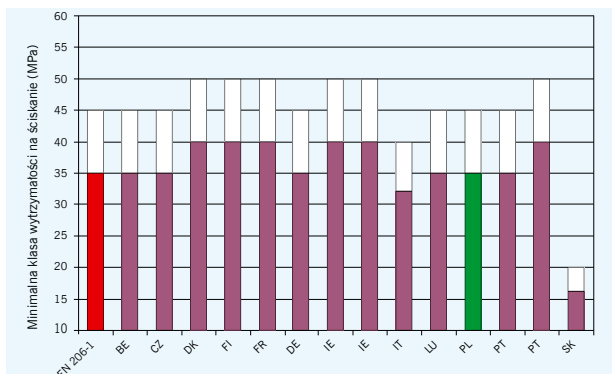
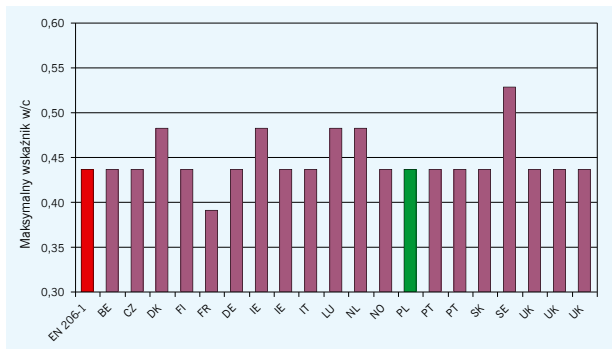


niane są doświadczenia i tradycje poszczególnych krajów. Podstawową przesłanką normy EN 206-1 i jej krajowych uzupełnień jest zapewnienie trwałości konstrukcjom betonowym przez minimum 50 lat. Uzupełnienia krajowe mają także na celu lepsze zrozumienie zapisów normy EN 206-1 i stąd w wielu krajach jej zapisy zostały szerzej zdefiniowane, a klasy ekspozycji przypisywane do poszczególnych elementów (części składowych) konstrukcji betonowych.

Rys. 4. Krajowe wymagania dla klasy ekspozycji XF4 – agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmarzania bez środków odladzających albo ze środkami odladzającymi (środowisko silnie nasycone wodą ze środkami odladzającymi lub wodą morską)

**dr hab. inż. Zbigniew Giergiczy, prof. ndzw.
w Politechnice Śląskiej
Centrum Technologiczne
Betotech Sp. z o.o. w Dąbrowie Górniczej**

Rys. 5. Krajowe wymagania dla klasy ekspozycji XA3 – agresja chemiczna (środowisko silnie agresywne chemicznie)



Literatura

- 1 EN 206-1:2000 Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity
- 2 CEN/TC104/SC1 N515 „Survey of national requirements used in conjunction with EN 206-1:2000”
- 3 PN-B-06265:2004: Krajowe uzupełnienia PN-EN 206-1:2003. Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- 4 EN 197-1:2000 Cement – Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements
- 5 EN 450-1:2005 Fly ash for concrete – Part 1: Definition, specifications and conformity criteria
- 6 CEN TC104 WG4 DOC 57-2008 Progress Report from CEN TC104/ WG 4 „Fly Ash” to CEN TC 104 for the period April 2007-April 2008
- 7 BS 8500-1:2006 Concrete – Complementary British Standard to BS EN 206-1 – Part1: Method of specifying and guidance for the specifier