

Klasa wytrzymałości betonu

Beton

według normy PN-EN 206:2014



GÓRAŹDŹE[®]
HEIDELBERGCEMENT Group

Klasa wytrzymałości betonu

Klasa wytrzymałości betonu

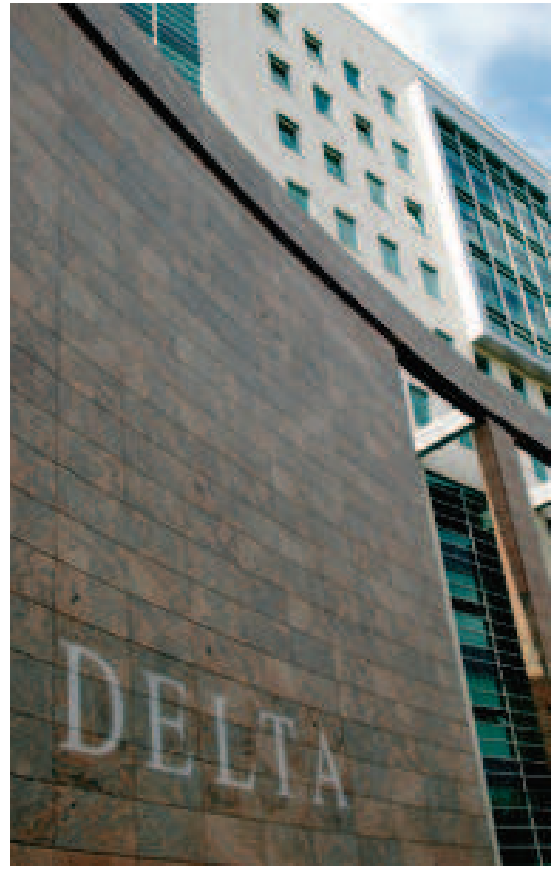
Beton

według normy PN-EN 206:2014
„Beton – Wymagania, właściwości,
produkcja i zgodność”

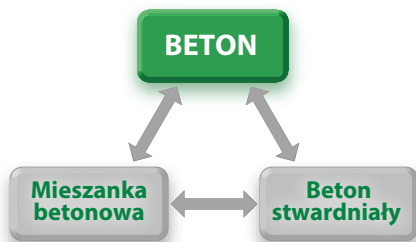
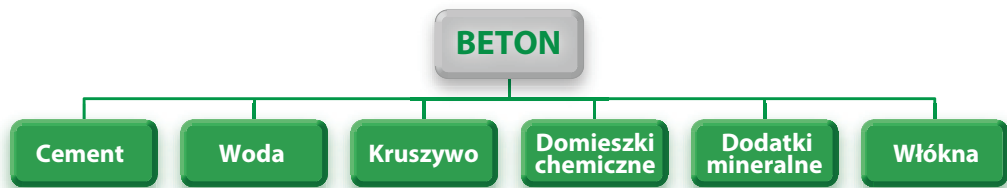
Informator został opracowany przez zespół
Działu Pełnomocnika Zarządu ds. Badań i Rozwoju Produktów
Grupy Górażdże

GÓRAŹDŹE[®]
HEIDELBERGCEMENT Group

Klasa wytrzymałoci betonu



Beton – materiał powstały ze zmieszania cementu, kruszywa grubego i drobnego, wody oraz ewentualnych domieszek, dodatków lub włókien (zbrojenia rozproszonego), który uzyskuje swoje właściwości w wyniku hydratacji cementu



Mieszanka betonowa – w pełni wymieszany beton, który jest jeszcze w stanie umożliwiającym jego zagęszczenie wybraną metodą

Beton stwardniały – beton, który jest w stanie stałym i który osiągnął pewną wytrzymałość

Beton będący przedmiotem normy PN-EN 206:2014 można podzielić ze względu na:

■ **gęstość**

- **zwykły** – beton o gęstości w stanie suchym większej niż 2000 kg/m^3 i nieprzekraczającej 2600 kg/m^3 ,
- **ciężki** – beton o gęstości w stanie suchym większej niż 2600 kg/m^3 ,
- **lekki** – beton gęstości w stanie suchym nie mniejszej niż 800 kg/m^3 i nie większej niż 2000 kg/m^3 ,

■ **sposób produkcji**

- **towarowy** – beton dostarczany jako mieszanka betonowa przez osobę lub jednostkę nie będącą wykonawcą, jak również beton produkowany przez wykonawcę poza miejscem budowy lub beton produkowany na miejscu budowy ale nie przez wykonawcę,
- **wykonywany na miejscu budowy** – beton wyprodukowany na placu budowy przez wykonawcę na jego własny użytek,
- **produkowany w zakładzie prefabrykacji** – beton wytwarzany przez producenta betonowych elementów prefabrykowanych w zakładzie produkcyjnym,

■ **sposób zagęszczania**

- **zagęszczany** – beton, który po ułożeniu w deskowaniu lub formie poddany jest procesowi ręcznego lub mechanicznego zagęszczania,
- **samozagęszczalny** – beton, który pod własnym ciężarem rozplywa się zagęszcza, wypełnia deskowanie ze zbrojeniem, kanały, ramy, itp., zachowując jednorodność.



Podstawowe założenia normy PN-EN 206:2014 „Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”

Norma PN-EN 206 wprowadza nowe podejście do projektowania składu i produkcji betonu oraz oceny jego właściwości technicznych

Głównym założeniem normy PN-EN 206 jest zapewnienie odpowiedniej trwałości konstrukcji i elementów betonowych pracujących w określonych warunkach oddziaływania środowiska – zdefiniowanych w normie jako klasy ekspozycji.

Według PN-EN 206 przewidywany czas użytkowania konstrukcji betonowych wykonanych zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie powinien wynosić, co najmniej 50 lat.

Norma PN-EN 206:2014 szczegółowo precyzuje wymagania dotyczące:

- składników betonu,
- właściwości mieszanki betonowej i betonu oraz ich weryfikacji,
- ograniczeń dotyczących składu betonu,
- specyfikacji betonu,
- dostaw mieszanki betonowej,
- procedur kontroli produkcji,
- kryteriów zgodności i ich ocen.

Klasy ekspozycji betonu związane z oddziaływaniem środowiska

Klasa ekspozycji – opis oddziaływania środowiska na beton w konstrukcji; oddziaływania mogą mieć charakter chemiczny lub fizyczny, mogą wpływać na beton lub na zbrojenie, lub inne znajdujące się w nim elementy metalowe, które w projekcie konstrukcyjnym nie zostały uwzględnione jako obciążenia

Wymagania w zakresie składu i ustalonych właściwości betonu są określone dla każdej klasy ekspozycji (rys. 1, tab. 1, 2) i dotyczą:

- maksymalnego współczynnika woda/cement (w/c),
- minimalnej zawartości cementu,
- minimalnej klasy wytrzymałości betonu na ściskanie,
- minimalnej zawartości powietrza,
- dopuszczonych rodzajów i klas składników.



Rys. 1. Klasy ekspozycji według PN-EN 206:2014

Spełnienie wymagań dla składu i właściwości betonu dotyczących wartości granicznych, jest równoznaczne z zapewnieniem trwałości betonu, pracującego w określonym środowisku, pod warunkiem:

- prawidłowego ułożenia, zagęszczenia i pielęgnacji betonu,
- zaprojektowania i wykonania odpowiedniej otuliny zbrojenia w betonie,
- prawidłowego doboru klasy ekspozycji,
- stosowania przewidzianej konserwacji konstrukcji betonowej.

Tab. 1. Opis klas ekspozycji i zalecane wartości graniczne składu betonu

Oznaczenie klasy ekspozycji	Opis środowiska Przykłady występowania klas ekspozycji	Wartości graniczne składu betonu			
		Maks. w/c	Min. zawartość cementu, kg	Min. klasa betonu	Inne wymagania
Brak ryzyka korozji lub brak oddziaływania X0					
X0	Wszystkie środowiska z wyjątkiem klasy ekspozycji XF, XA i XM – dotyczy betonów niezbrojonych Bardzo suche – dotyczy betonów zbrojonych Beton wewnątrz budynków o bardzo niskiej wilgotności powietrza	—	—	C12/15	—
Korozja wywołana karbonatyzacją XC					
XC1	Suche Beton wewnątrz budynków o niskiej wilgotności powietrza lub stale zanurzony w wodzie	0,65	260	C20/25	—
XC2	Stale mokre Powierzchnie betonu narażone na długotrwały kontakt z wodą (np. fundamenty)	0,60	280	C25/30	—
XC3	Umiarkowanie wilgotne Beton wewnątrz budynków o umiarkowanej wilgotności powietrza lub na zewnątrz osłonięty przed deszczem	0,55	280	C30/37	—
XC4	Cyklicznie mokre i suche Powierzchnie betonu narażone na kontakt z wodą, ale nie jak w klasie XC2	0,50	300	C30/37	—
Korozja wywołana chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej XD					
XD1	Umiarkowanie wilgotne Powierzchnie betonu narażone na działanie chlorków z powietrza	0,55	300	C30/37	—
XD2	Mokre, sporadycznie suche Baseny, betony narażone na działanie wody przemysłowej zawierającej chlorki	0,55	300	C30/37	—
XD3	Cyklicznie mokre i suche Elementy mostów narażone na działanie rozpylonych cieczy zawierających chlorki, nawierzchnie dróg i parkingów	0,45	320	C35/45	—
Korozja wywołana chlorkami pochodzącymi z wody morskiej XS					
XS1	Działanie soli zawartych w powietrzu Konstrukcje zlokalizowane na wybrzeżu	0,50	300	C30/37	—
XS2	Stale zanurzenie w wodzie Elementy budowli morskich	0,45	320	C35/45	—
XS3	Strefa pływów, rozbryzgów i aerozoli Elementy budowli morskich	0,45	340	C35/45	—
Korozja poprzez zamrażanie/rozmarzanie XF¹⁾					
XF1	Umiarkowane nasycenie wodą Pionowe powierzchnie betonowe narażone na deszcz i zamarzanie	0,55	300	C30/37	—

Klasa wytrzymałości betonu

cd. tab. 1

XF2	Umiarkowane nasycenie wodą ze środkami odladzającymi Pionowe powierzchnie betonowe konstrukcji drogowych i mostowych narażone na zamarzanie i działanie środków odladzających z powietrza	0,55	300	C25/30	Zawartość powietrza 4,0%
XF3	Silne nasycenie wodą bez środków odladzających Pozyczne powierzchnie betonowe narażone na deszcz i zamarzanie	0,50	320	C30/37	
XF4	Silne nasycenie wodą ze środkami odladzającymi Jezdnie dróg i mostów narażone na działanie środków odladzających Strefy rozbryzgu w budowlach morskich narażone na zamarzanie	0,45	340	C30/37	
Agresja chemiczna XA^{2,3)}					
XA1	Słaba agresja chemiczna Fundamenty narażone na wpływ wód gruntowych Podpory mostowe w nurtach rzek	0,55	300	C30/37	—
XA2	Umiarkowana agresja chemiczna Rury i studnie kanalizacyjne, nawierzchnie stacji paliw	0,50	320	C30/37	Cementy odporne na siarczany SR/HSR
XA3	Silna agresja chemiczna Kolektory sieci kanalizacyjnej, osadniki w oczyszczalniach ścieków	0,45	360	C35/45	
Korozja spowodowana ścieraniem XM⁴⁾					
XM1	Umiarkowane zagrożenie ścieraniem Posadzki i nawierzchnie eksploatowane przez pojazdy o ogumieniu pneumatycznym	0,55	300	C30/37	—
XM2	Silne zagrożenie ścieraniem Posadzki i nawierzchnie eksploatowane przez pojazdy o ogumieniu pełnym oraz wózki podnośnikowe na ogumieniu elastomerowym lub rolkach stalowych	0,55	300	C30/37	Obróbka powierzchni betonu⁵⁾
XM3	Ekstremalnie silne zagrożenie ścieraniem Posadzki i nawierzchnie często najeżdżane przez pojazdy gąsienicowe Filary mostów, powierzchnie przelewów, ściany spustów i sztolni hydrotechnicznych, niecki wypadowe	0,45	320	C35/45	Kruszywo o wysokiej odporności na ścieranie
<p>1) dla klas ekspozycji XF należy stosować kruszywo zgodne z PN-EN 12620+A1:2010 o odpowiedniej odporności na zamrażanie/rozmarzanie</p> <p>2) środowisko agresywne chemicznie należy kwalifikować do odpowiedniej klasy ekspozycji (XA1 do XA3) na podstawie wartości granicznych podanych w tab. 2</p> <p>3) w klasach ekspozycji XA2, XA3 należy stosować cementy odporne na siarczany SR lub HSR</p> <p>4) klasa ekspozycji wg PN-B-06265. Zaleca się stosować kruszywa o uziarnieniu do 4 mm, składające się głównie z kwarcu lub materiałów co najmniej tej samej twardości; frakcje grubsze – ze skał magmowych czy metamorficznych lub tworzyw sztucznych o dużej odporności na ścieranie. Zaleca się, aby ziarna odznaczały się umiarkowanie chropowatą powierzchnią oraz wypukłą formą. Mieszanka kruszyw winna być możliwie gruboziarnista. Powierzchnia betonu może być uszlachetniana materiałami odpornymi na ścieranie.</p> <p>5) np. poprzez wygładzanie i próżnowanie betonu</p>					

Tab. 2. Wartości graniczne dla klas ekspozycji dotyczących agresji chemicznej XA

Podana niżej klasyfikacja agresywnych chemicznie środowisk dotyczy gruntów naturalnych i wody gruntowej o temperaturze między 5°C a 25°C i tak wolnemu przepływowi wody, że można go określić jako warunki statyczne.
Klasę determinuje najbardziej niekorzystna wartość właściwości chemicznej.
Gdy dwa lub więcej parametrów agresywności wskazują na tę samą klasę, środowisko należy zakwalifikować do następnej wyższej klasy, chyba że dodatkowe badanie dla określonego przypadku udowodni, że nie jest to konieczne.

Właściwość chemiczna	Metoda badawcza	XA1	XA2	XA3
Woda gruntowa				
SO₄²⁻ mg/l	EN 196-2	≥ 200 i ≤ 600	> 600 i ≤ 3000	> 3000 i ≤ 6000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 i ≥ 5,5	< 5,5 i ≥ 4,5	< 4,5 i ≥ 4,0
CO₂ mg/l agresywne	prEN 13577	≥ 15 i ≤ 40	> 40 i ≤ 100	> 100 aż do nasycenia
NH₄⁺ mg/l	ISO 7150-1 lub ISO 7150-2	≥ 15 i ≤ 30	> 30 i ≤ 60	> 60 i ≤ 100
Mg²⁺ mg/l	ISO 7980	≥ 300 i ≤ 1000	> 1000 i ≤ 3000	> 3000 aż do nasycenia
Grunt				
SO₄²⁻ mg/l ¹⁾ całkowite	EN 196-2 ²⁾	≥ 200 i ≤ 3000 ³⁾	> 3000 ³⁾ i ≤ 12000	> 12000 i ≤ 24000
Kwasowość ml/kg wg Baumanna Gullego	prEN 16502	> 200	nie spotykane w praktyce	

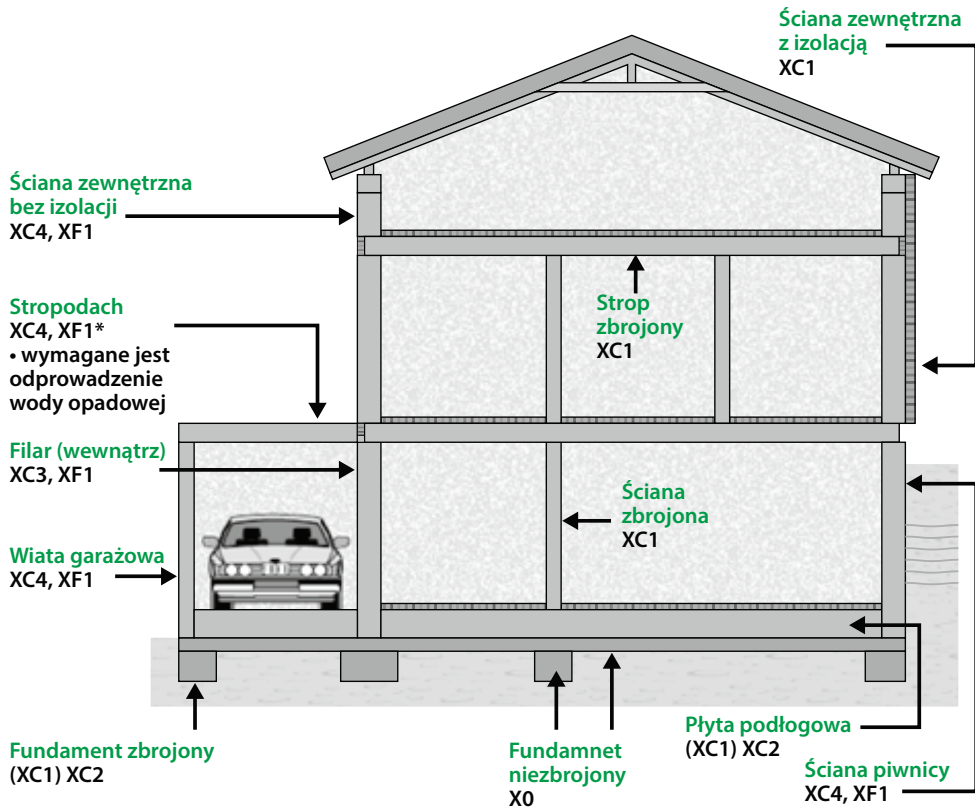
1) Grunty gliniaste o przepuszczalności poniżej 10⁻⁵ m/s mogą być przesunięte do niższej klasy.
2) Metoda badawcza poleca ekstrakcję SO₄²⁻ kwasem solnym, alternatywnie można wykonywać to wodą, jeżeli są odpowiednie doświadczenia w rejonie, w którym beton jest stosowany.
3) Granicę 3000 mg/kg należy obniżyć do 2000 mg/kg, gdy jest niebezpieczeństwo kumulowania się jonów siarczanowych w betonie w wyniku cyklicznego schnięcia i nawilżania lub podciągania kapilarnego

Klasy ekspozycji dobierane są w zależności od przepisów obowiązujących w miejscu stosowania betonu (według wersji krajowych lub krajowych uzupełnień normy PN-EN 206:2014).

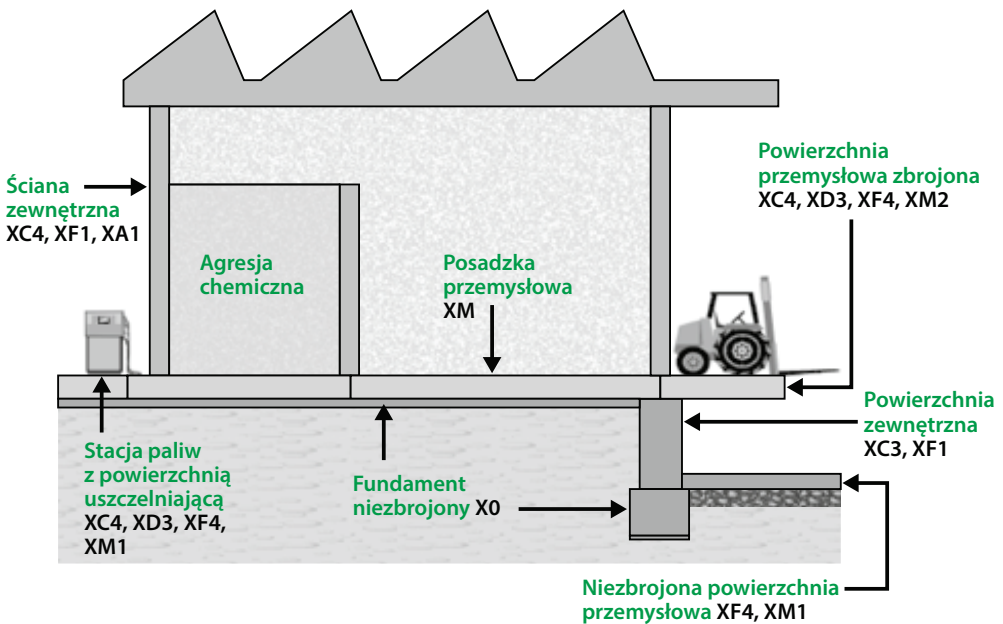
Beton może być poddany więcej niż jednemu oddziaływaniu a zatem warunki środowiska, w których znajduje się beton, mogą wymagać określenia za pomocą kombinacji klas ekspozycji. Różne powierzchnie betonowe danego elementu konstrukcyjnego mogą być narażone na różne oddziaływania środowiska.

Przykłady klas ekspozycji betonu w obiektach budowlanych przedstawiono na rys. 2–4.

Klasa wytrzymałości betonu

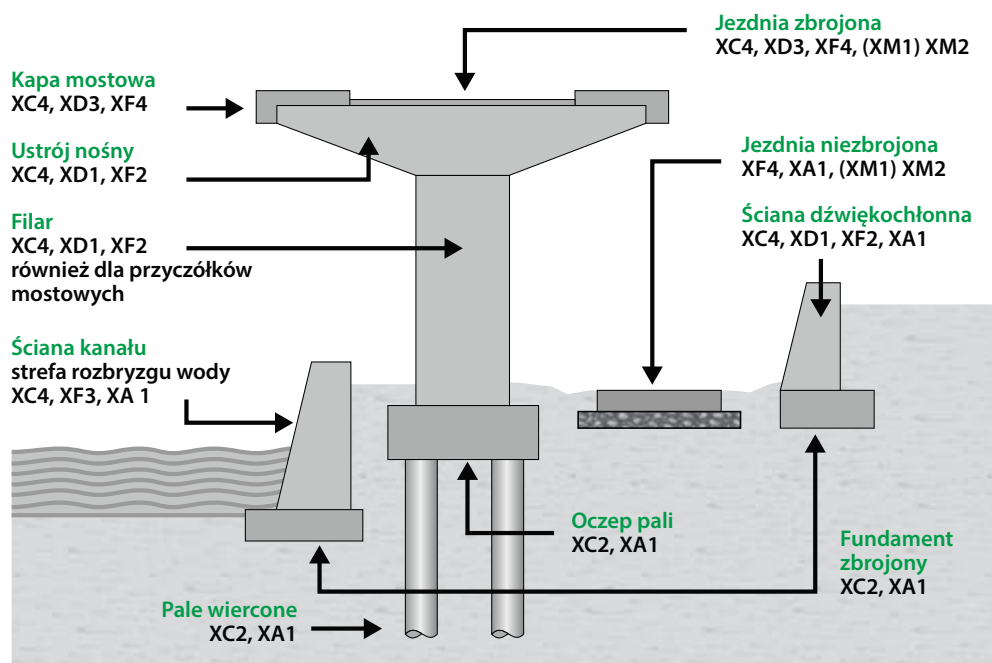


Rys. 2. Przykłady klas ekspozycji w budownictwie mieszkaniowym



Rys. 3. Przykłady klas ekspozycji w budownictwie przemysłowym

Klasa wytrzymałości betonu



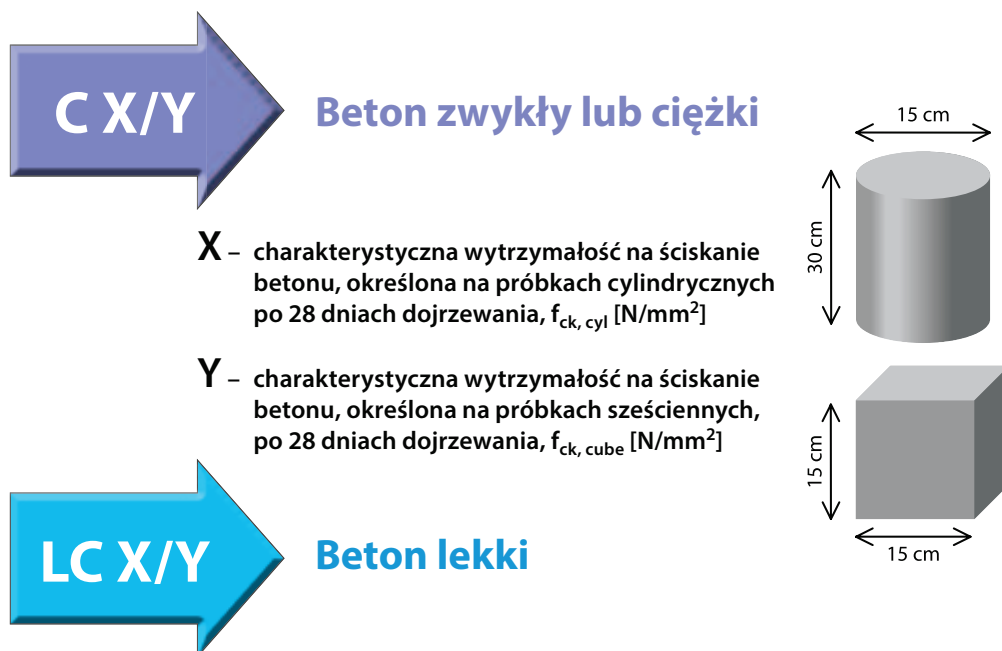
Rys. 4. Przykłady klas ekspozycji w budownictwie komunikacyjnym

Klasy wytrzymałości betonu na ściskanie

Klasa wytrzymałości na ściskanie – klasyfikacja obejmująca rodzaj betonu (zwykły, ciężki lub lekki), minimalną wytrzymałość charakterystyczną oznaczoną na próbkach walcowych (o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm) oraz minimalną wytrzymałość charakterystyczną oznaczoną na próbkach sześciennych (o boku 150 mm)

Wytrzymałość charakterystyczna – wartość wytrzymałości, poniżej której może znaleźć się 5% populacji wszystkich możliwych oznaczeń wytrzymałości dla danej objętości betonu.

Z uwagi na poziom wytrzymałości charakterystycznej oznaczonej na próbkach walcowych lub sześciennych (rys. 5) norma PN-EN 206:2014 wyróżnia klasy wytrzymałości na ściskanie betonu (tab. 3) dla betonu zwykłego i ciężkiego oraz dla betonu lekkiego. Klasa wytrzymałości betonu na ściskanie opisana jest symbolem literowo – liczbowym według schematu przedstawionego na rys. 5.



Rys. 5. Schemat oznaczania klasy wytrzymałości betonu na ściskanie

Tab. 3. Klasy wytrzymałości betonu na ściskanie wg PN-EN 206:2014

BETON ZWYKŁY LUB CIĘŻKI			BETON LEKKI		
Klasa	$f_{ck, cyl}$	$f_{ck, cube}$	Klasa	$f_{ck, cyl}$	$f_{ck, cube}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]
C8/10	8	10	LC8/9	8	9
C12/15	12	15	LC12/13	12	13
C16/20	16	20	LC16/18	16	18
C20/25	20	25	LC20/22	20	22
C25/30	25	30	LC25/28	25	28
C30/37	30	37	LC30/33	30	33
C35/45	35	45	LC35/38	35	38
C40/50	40	50	LC40/44	40	44
C45/55	45	55	LC45/50	45	50
C50/60	50	60	LC50/55	50	55
C55/67	55	67	LC55/60	55	60
C60/75	60	75	LC60/66	60	66
C70/85	70	85	LC70/77	70	77
C80/95	80	95	LC80/88	80	88
C90/105	90	105			
C100/115	100	115			

Kwalifikacja betonu do klasy wytrzymałości

Określenie wytrzymałości na ściskanie na próbkach walcowych lub sześciennych

Metoda A produkcja wstępna

Ilość próbek $n < 15$

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 4$$

$$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$$

Metoda B produkcja ciągła

Ilość próbek $n \geq 15$

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48 \sigma$$

$$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$$

f_{cm} – średnia z n wyników badania wytrzymałości serii n próbek

f_{ck} – wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie (klasa betonu)

f_{ci} – pojedynczy wynik badania wytrzymałości z serii n próbek

σ – odchylenie standardowe

W przypadku, gdy warunki A i B nie są spełnione kontrolowaną partię betonu należy zakwalifikować do odpowiednio niższej klasy wytrzymałości.

Metoda C Stosowanie kart kontrolnych

Metoda może być alternatywnie stosowana do oceny zgodności, jeśli warunki produkcji ciągłej są ustalone, a produkcja objęta jest certyfikacją strony trzeciej.

Metoda sum skumulowanych (CUSUM)

- szacowanie wytrzymałości 28-dniowej na podstawie badania wcześniejszej wytrzymałości
- założona wytrzymałość średnia ustalona jest na poziomie
 $f_c \geq f_{ck} + 1,96 \sigma$
- minimalne odchylenie standardowe
 $\sigma \geq 3,0 \text{ N/mm}^2$
- zgodność ocenia się na podstawie co najmniej 35 wyników badań
 $n \geq 35$

Karty Shewharta (zmodyfikowane granice)

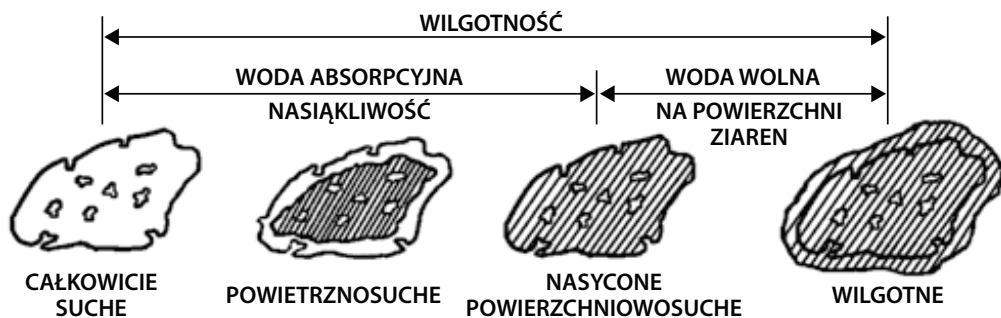
- stosowana w celu oceny, czy wytrzymałość charakterystyczna betonu jest niższa niż wartość wymagana
- minimalne odchylenie standardowe
 $\sigma \geq 3,0 \text{ N/mm}^2$
- niezgodność orzeka się, gdy średnia z wyników wytrzymałości jest niższa niż linia dolna L_1
 $L_1 \geq f_{ck} + q_n \sigma$
- liczba próbek $15 \leq n \leq 35$
- q_n współczynnik zależny od ilości próbek n oraz wybranej wartości granicy średniej jakości po kontroli ($\leq 5,0\%$)

Współczynnik woda/cement (w/c)

Zgodnie z definicją normy PN-EN 206:2014 **współczynnik woda/cement** jest to stosunek efektywnej zawartości masy wody do zawartości masy cementu w mieszance betonowej.

Efektywna zawartość wody to różnica między całkowitą ilością wody w mieszance betonowej a ilością wody zaabsorbowaną przez kruszywo.

W praktyce ilość wody na ziarnach kruszywa wyznacza się jako różnicę pomiędzy ilością wody wynikającą z wilgotności i nasiąkliwości – rys. 6.



Rys. 6. Zawartość wody w kruszywie

Obliczając współczynnik w/c należy uwzględnić:

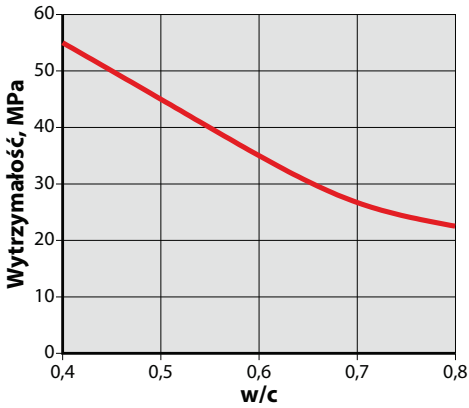
- ilość wody wynikającą z receptury mieszanki betonowej, pomniejszoną o wodę zawartą na ziarnach kruszywa,
- domieszki chemiczne w postaci płynnej, jeśli ich ilość przekracza 3 l/m³ betonu.

Negatywne skutki zbyt wysokiego współczynnika w/c w betonie:

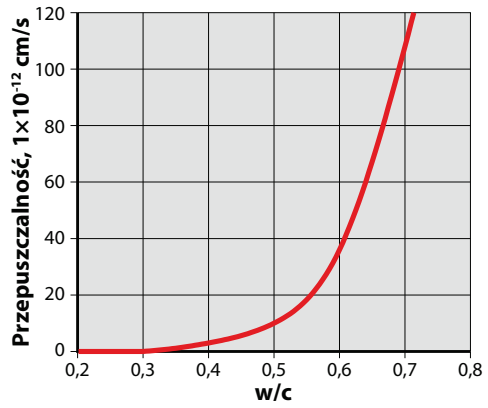
- **obniżona wytrzymałość na ściskanie, szczególnie we wczesnych terminach** (rys. 7),
- **zwiększona porowatość matrycy cementowej** (rys. 8),
- **zwiększona nasiąkliwość,**
- **obniżona mrozoodporność,**
- **obniżona odporność na agresję chemiczną,**
- **zwiększony skurcz** (rys. 9),
- **pogorszone warunki pasywacji stali zbrojeniowej.**



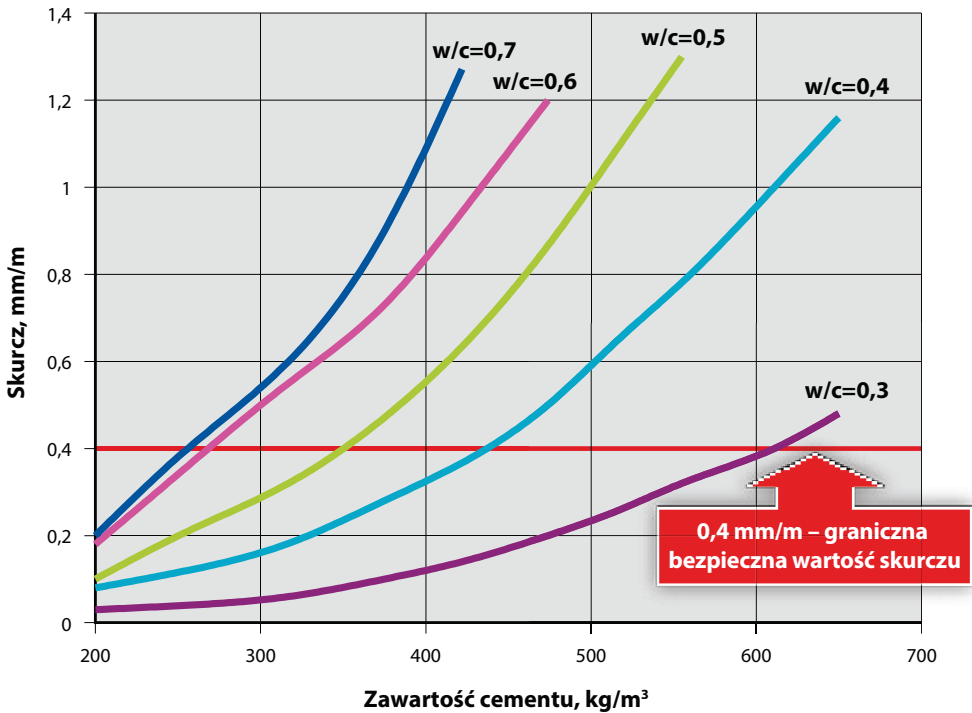
Klasa wytrzymałości betonu



Rys. 7. Wpływ współczynnika w/c na wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach twardnienia



Rys. 8. Wpływ współczynnika w/c na przepuszczalność betonu po 28 dniach twardnienia

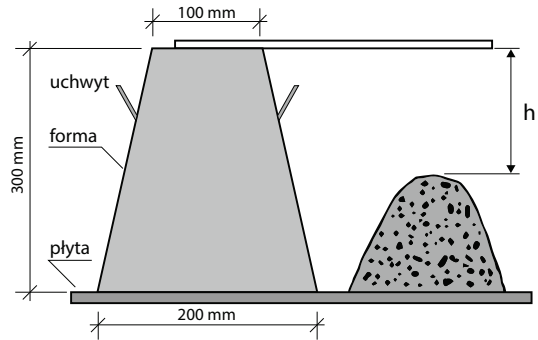


Rys. 9. Wpływ współczynnika w/c na skurcz betonu

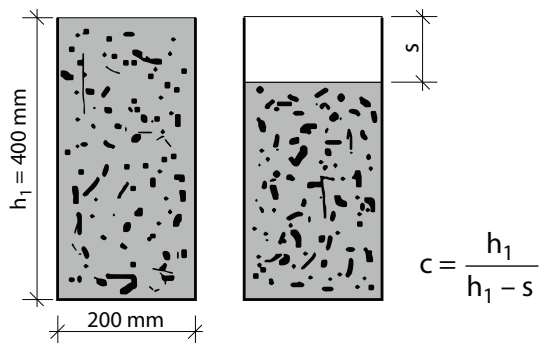
Klasy konsystencji

Norma PN-EN 206:2014 wyróżnia cztery metody określania klas konsystencji (tab. 4):

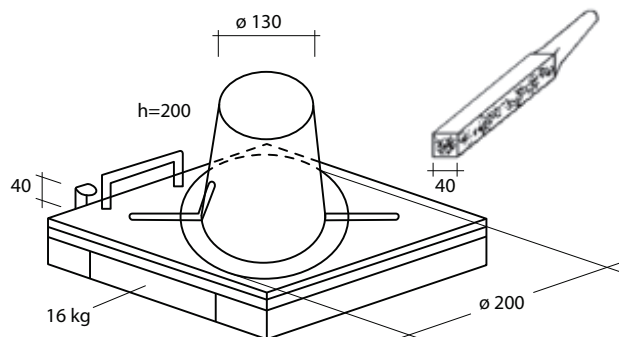
- metodę opadu stożka wg PN-EN 12350-2:2011,



- metodę stopnia zagęszczalności wg PN-EN 12350-4:2011,

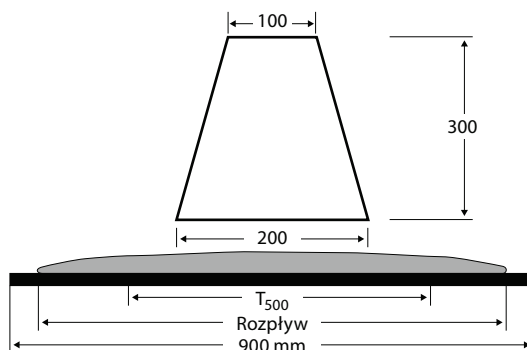
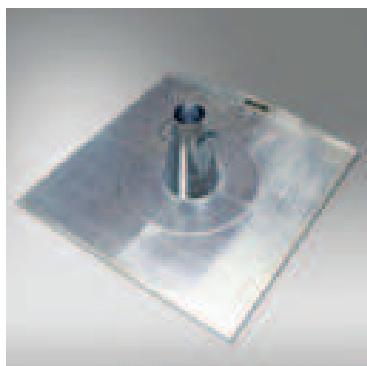


- metodę stolika rozplywowego wg PN-EN 12350-5:2011,



Klasa wytrzymałości betonu

- metodę rozplýwu stożka wg PN-EN 12350-8:2012 (dla mieszanek betonów samozagęszczalnych SCC),



Norma PN-EN 206:2014 dopuszcza metody specjalne określania konsystencji, uzgodnione przez specyfikującego i producenta, w odniesieniu betonów do specjalnych zastosowań, np. dla mieszanek wilgotnych.

Tab. 4. Klasy konsystencji mieszanki betonowej

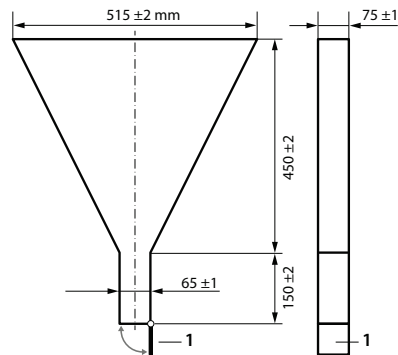
Metoda	Klasa konsystencji	Wartości graniczne	
Opad stożka zgodnie z PN-EN 12350-2:2011	S1	10–40	mm
	S2	50–90	
	S3	100–150	
	S4	160–210	
	S5	≥ 220	
Stopień zagęszczalności zgodnie z PN-EN 12350-4:2011	C0	≥ 1,46	—
	C1	1,45–1,26	
	C2	1,25–1,11	
	C3	1,10–1,04	
	C4 ^{a)}	< 1,04	
Średnica rozplýwu zgodnie z PN-EN 12350-5:2011	F1	≤ 340	mm
	F2	350–410	
	F3	420–480	
	F4	490–550	
	F5	560–620	
	F6	≥ 630	
Rozplýw stożka ^{b)} zgodnie z PN-EN 12350-8:2012	SF1	550–650	mm
	SF2	660–750	
	SF3	760–850	

a) C4 stosuje się wyłącznie do betonu lekkiego,
 b) Klasyfikacji nie stosuje się do betonu z kruszywem o D_{max} większym niż 40 mm.

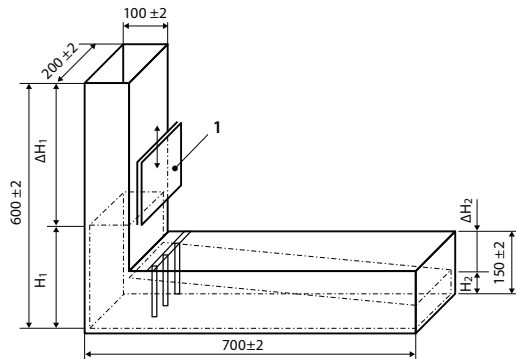
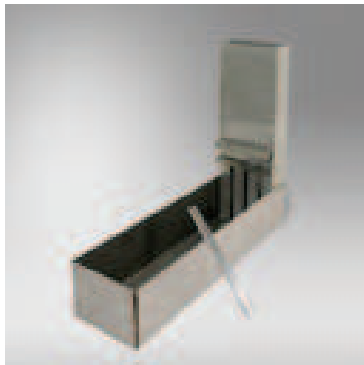
Klasy dodatkowych właściwości mieszanek betonów samozagęszczalnych SCC

Norma PN-EN 206:2014 wyróżnia także klasy właściwości dodatkowych dla mieszanki betonu samozagęszczalnego SCC (tab. 5), tj.:

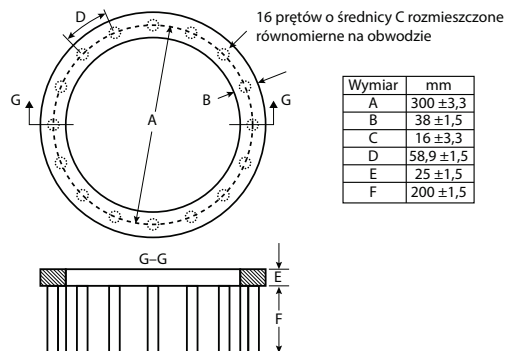
- lepkości wg PN-EN 12350-9:2012,



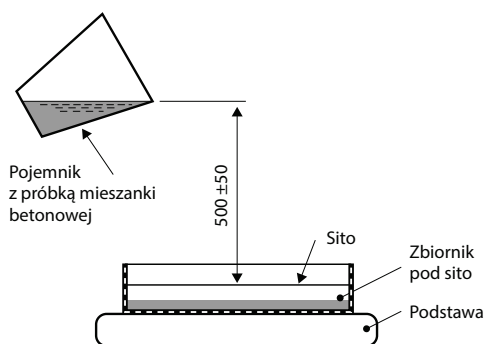
- przepływalności wg PN-EN 12350-10:2012,



- przepływalności wg PN-EN 12350-12:2012,



- odporności na segregację wg PN-EN 12350-11:2012.



Tab. 5. Klasy dodatkowych właściwości betonów SCC

Metoda	Klasa	Wartości graniczne		Uwagi
Lepkość t_{500} zgodnie z PN-EN 12350-8:2012	VS1	< 2,0	s	kruszywo do betonu $D_{\max} \leq 40$ mm
	VS2	$\geq 2,0$		
Lepkość t_v zgodnie z PN-EN 12350-9:2012	VF1	< 9,0	s	kruszywo do betonu $D_{\max} \leq 22,4$ mm
	VF2	9,0 – 25,0		
Przepływalność L-box zgodnie z PN-EN 12350-10:2012	PL1	$\geq 0,80$ dla 2 prętów	mm	—
	PL2	$\geq 0,80$ dla 3 prętów		
Przepływalność J-ring zgodnie z PN-EN 12350-12:2012	PJ1	≤ 10 z 12 prętami	mm	kruszywo do betonu $D_{\max} \leq 40$ mm
	PJ2	≤ 10 z 16 prętami		
Odporność na segregację zgodnie z PN-EN 12350-11:2012	SR1	≤ 20	%	kruszywo do betonu $D_{\max} \leq 40$ mm
	SR2	≤ 15		

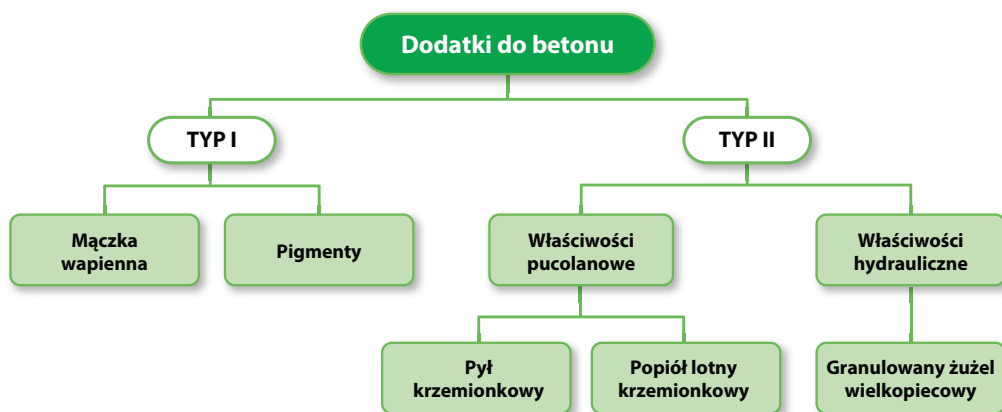
* rysunki ze stron 15–18 – <http://multiserw-morek.pl>

Dodatki do betonu

Dodatek do betonu zgodnie z normą PN-EN 206:2014 to drobnoziarnisty nieorganiczny składnik stosowany w celu poprawy pewnych właściwości betonu lub uzyskania właściwości specjalnych. Dodawany zazwyczaj w ilości powyżej 5% masy cementu. Dodatek może w znaczący sposób modyfikować właściwości, zarówno mieszanki betonowej, jak i stwardniałego betonu.

Norma wyróżnia dwa rodzaje dodatków do betonu (rys. 10):

- typu I – dodatki prawie obojętne,
- typu II – dodatki o właściwościach pucolanowych lub utajonych właściwościach hydraulicznych.



Rys. 10. Dodatki do betonu wg PN-EN 206:2014

Zasady stosowania dodatków typu II w składzie betonu według normy PN-EN 206

Dodatki typu II można uwzględnić w składzie betonu stosując koncepcję współczynnika k . Jest to koncepcja zalecana, opiera się na porównaniu trwałości (lub wytrzymałości) betonu referencyjnego oraz betonu, w którym część cementu zastąpiono dodatkiem typu II. Koncepcja współczynnika k umożliwia uwzględnienie dodatków typu II przez:

- zastąpienie współczynnika woda/cement współczynnikiem woda/(cement + $k \times$ dodatek),
- spełnienie warunku: (cement + $k \times$ dodatek) \geq minimalna zawartość cementu wymagana z uwagi na wyspecyfikowaną klasę ekspozycji.

Zasady stosowania koncepcji współczynnika k w odniesieniu do popiołu lotnego, pyłu krzemionkowego oraz mielonego granulowanego żużla wielkopieczowego przedstawiono w tab. 6.

Tab. 6. Zasady stosowania koncepcji współczynnika k wg PN-EN 206:2014

Rodzaj dodatku typu II	Współczynnik „k”	Maksymalna zawartość dodatku	Uwagi
Popiół lotny krzemionkowy	0,4	popiół/cement ≤ 33%	dotyczy cementu CEM I
		popiół/cement ≤ 25%	dotyczy cementu CEM II/A
Pył krzemionkowy	2,0	pył/cement ≤ 11%	ilość cementu nie powinna być zmniejszona o więcej niż 30 kg/m ³ w stosunku do minimalnej ilości cementu w danej klasie ekspozycji
	1,0 dla w/c < 0,45 w klasach ekspozycji XA, XF		
Granulowany żużel wielkopieczowy	0,6	żużel/cement ≤ 1,0	dotyczy cementów CEM I i CEM II/A

Popiół lotny jako dodatek typu II do betonu

– wymagania wg PN-EN 450-1:2012 „Popiół lotny do betonu. Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności” – tab. 7, 8

Tab. 7. Wymagania w zakresie składu chemicznego popiołu lotnego

Składnik		Zawartość składnika [%]	
		Popiół otrzymywany wyłącznie przez spalanie węgla	Popiół otrzymywany wyłącznie przez współspalanie
Straty prażenia:	• kategoria A	≤ 5,0	
	• kategoria B	≤ 7,0	
	• kategoria C	≤ 9,0	
Chlorki		≤ 0,10	
SO ₃		≤ 3,0	
CaO _{wolny}		≤ 1,5 ¹⁾	
CaO _{reaktywny}		≤ 10,0	
SiO ₂ _{reaktywny}		≥ 25,0	
Sumaryczna zawartość tlenków: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃		≥ 70,0	
Zawartość MgO		≤ 4,0	
Całkowita zawartość alkaliów w przeliczeniu na Na ₂ O _{eq}		≤ 5,0	
Zawartość rozpuszczalnych związków fosforu w przeliczeniu na P ₂ O ₅		≤ 100 mg/kg	
1) Popiół lotny, w którym zawartość wolnego CaO jest większa niż 1,5% masy może być akceptowany pod warunkiem zachowania stałości objętości – próba Le Chateliera ≤ 10 mm wg metodyki podanej w normie PN-EN 450-1:2012			

Tab. 8. Wymagania w zakresie właściwości fizycznych popiołu lotnego

Właściwość		Wymagania
Miałość, pozostałość na sicie o oczkach 0,045 mm przy przesiewaniu na mokro wg PN-EN 451-2:1998 [%] • kategoria N • kategoria S		≤ 40 ≤ 12
Wskaźnik aktywności pucolanowej [%]	po 28 dniach po 90 dniach	≥ 75 ≥ 85
Staość objętości (badanie jest konieczne, gdy zawartość CaO _{wolne} jest wyższa niż 1,5%)		maks. 10 mm
Gęstość objętościowa		maksymalna różnica ± 200 kg/m ³ w stosunku do wartości zadeklarowanej przez producenta
Początek czasu wiązania zaczynu zawierającego 25% popiołu i 75% cementu portlandzkiego CEM I		nie powinien być dwukrotnie dłuższy niż początek wiązania zaczynu wykonanego w 100% z cementu porównawczego
Wodoządnosc (dotyczy popiołu o miałości w kategorii S)		≤ 95% wodoządnosci cementu porównawczego (CEM I)

Pył krzemionkowy jako dodatek typu II do betonu

- **wymagania wg PN-EN 13263-1+A1:2010, „Pył krzemionkowy do betonu. Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności”** – tab. 9

Tab. 9. Wymagania w zakresie właściwości pyłu krzemionkowego

Właściwość	Wymagania
Powierzchnia właściwa [m ² /g]	od 15 do 35
Strata prażenia [%]	≤ 4,0
SiO ₂ [%]	kat. 1 ≥ 85,0 kat. 2 ≥ 80,0
Cl ⁻ [%]	≤ 0,30
SO ₃ [%]	≤ 2,0
CaO _{wolny} [%]	≤ 1,0
Si _{wolny} [%]	≤ 0,4
Wskaźnik aktywności po 28 dniach [%] (90% cementu CEM i 42,5 i 10% pyłu)	≥ 100

Granulowany żużel wielkopiecowy jako dodatek typu II do betonu

– wymagania wg PN-EN 15167-1:2007 „Mielony granulowany żużel wielkopiecowy do stosowania w betonie, zaprawie i zaczynie.

Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności” – tab. 10, 11.

Tab. 10. Wymagania w zakresie składu chemicznego dla mielonego granulowanego żużla wielkopiecowego

Składnik	Zawartość składnika [%]
MgO	≤ 18,0
Siarczany	≤ 2,5
Siarczki	≤ 2,0
Straty prażenia, z poprawką na utlenianie siarczków	≤ 3,0
Chlorki ¹⁾	≤ 0,10
Zawartość wilgoci	≤ 1,0
1) Mielony żużel wielkopiecowy może zawierać więcej niż 0,10% chlorków – w takim przypadku informację o faktycznej zawartości chlorków należy podać na opakowaniu lub dokumentach dostawy.	

Tab. 11. Wymagania w zakresie właściwości fizycznych dla mielonego granulowanego żużla wielkopiecowego

Właściwość	Wymagania
Powierzchnia właściwa	≥ 2750 cm ² /g
Początek czasu wiązania ¹⁾	nie powinien być dwukrotnie dłuższy niż początek czasu wiązania zaczynu wykonanego w 100% z masy cementu porównawczego
Wskaźnik aktywności po 7 dniach ²⁾	≥ 45%
Wskaźnik aktywności po 28 dniach ²⁾	≥ 70%
<p>1) Początek wiązania należy określać dla kombinacji 50% (masowo) mielonego żużla wielkopiecowego i 50% (masowo) cementu</p> <p>2) Wskaźnik aktywności należy określać jako stosunek wytrzymałości na ściskanie kombinacji 50% (masowo) mielonego żużla wielkopiecowego i 50% (masowo) cementu, do wytrzymałości na ściskanie cementu użytego do badań</p> <p>Do oznaczenia początku czasu wiązania i wskaźnika aktywności należy stosować cement portlandzki CEM I klasy 42,5 lub wyższej spełniający dodatkowo wymagania: powierzchnia właściwa ≥ 300 m²/g, zawartość glinianu trójwapniowego C₃A od 6% do 12%, zawartość alkaliów Na₂O_{eq} od 0,5% do 1,2%.</p>	

Włókna do betonu

Ogólną przydatność włókien do betonu ustala się zgodnie z normą:

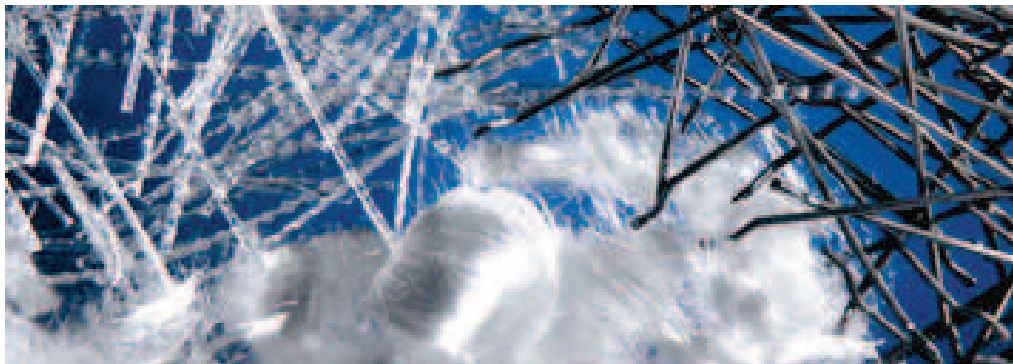
- PN-EN 14889-1:2007 „Włókna do betonu – Część 1: Włókna stalowe – Definicje, wymagania i zgodność”
- PN-EN 14889-2:2007 „Włókna do betonu – Część 2: Włókna polimerowe – Definicje, wymagania i zgodność”

Włókna stalowe – proste lub ukształtowane fragmenty drutu stalowego ciągniętego na zimno, proste lub ukształtowane włókna cięte z arkusza, włókna uzyskiwane ze stopu, włókna skrawane z drutu ciągniętego na zimno oraz włókna skrawane z bloków stalowych.

Włókna polimerowe – proste lub ukształtowane fragmenty wytłaczanego kierunkowo i ciętego materiału polimerowego (polipropylen lub polietylen, poliester, nylon, PVA, poliakryl, aramid i ich mieszaniny).

Stosując zbrojenie rozproszone w składzie betonu, zgodnie z normą PN-EN 206:2014 należy zapewnić równomierne rozprowadzenie włókien w całej objętości mieszanki betonowej, a przy tym zachować jej jednorodność, tak by rozmieszczenie włókien zostało zachowane w betonie stwardniałym.

Do betonu, zgodnie z normą PN-EN 206:2014, nie należy stosować włókien z powłoką cynkową (chyba, że wykazano, że wytwarzanie się wodoru w betonie jest niemożliwe).



Dobór cementu do betonu

Ogólną przydatność cementu należy ustalać zgodnie z normą:

- PN-EN 197-1:2012 „Cement. Część 1. Skład, wymagania i ocena zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku”
- PN-EN 14216:2005 „Cement – Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów specjalnych o bardzo niskim ciepłe hydratacji”
- PN-B 19707:2013 „Cement. Cementy specjalne. Skład, wymagania i kryteria zgodności”

Ponadto zgodnie z PN-EN 206:2014 przydatność cementu glinowo-wapniowego zgodnego z PN-EN 14647:2007 „Cement glinowo-wapniowy – Skład, wymagania i kryteria zgodności” oraz supersiarczanowego zgodnego z PN-EN 15743:2010 „Cement supersiarczanowy – Skład, wymagania i kryteria zgodności” może być określona w przepisach obowiązujących w miejscu stosowania.



Cement w ofercie handlowej Górażdże Cement S.A.

Cement portlandzki CEM I

- cement portlandzki CEM I 42,5R
- cement portlandzki CEM I 52,5R
- cement portlandzki biały CEM I 52,5R

Cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II

- cement portlandzki żuźlowy CEM II/B-S 32,5R
- cement portlandzki żuźlowy CEM II/B-S 42,5N
- cement portlandzki żuźlowy CEM II/A-S 52,5N
- cement portlandzki wapienny biały CEM II/A-LL 42,5N

Cement hutniczy CEM III

- cement hutniczy CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA
- cement hutniczy CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA
- cement hutniczy CEM III/A 52,5N-NA
- cement hutniczy CEM III/B 42,5L- LH/SR/NA

Cement wieloskładnikowy CEM V

- cement wieloskładnikowy CEM V/A (S-V) 32,5R-LH/HSR/NA



Rodzaj i klasę cementu do betonu należy dobierać w zależności od:

- warunków realizacji (wykonania konstrukcji betonowej):
 - temperatury otoczenia (betonowanie w warunkach obniżonych lub podwyższonych temperatur),
 - warunków dojrzewania, np. obróbka cieplna,
 - sposobu pielęgnacji betonu,
 - szybkości rozformowania elementów,
 - długości transportu mieszanki betonowej,
 - objętości betonowanego elementu,
- wymaganych właściwości betonu:
 - klasy wytrzymałości,
 - szczelności betonu,
 - mrozoodporności,
 - potencjalnej reaktywności kruszywa z alkaliami,
 - przeznaczenia betonu i warunków środowiska na które będzie narażona konstrukcja.

Zakres stosowania cementów z oferty Górażdże Cement S.A.

Dobór cementu, szczególnie pod względem rodzaju i klasy wytrzymałości zależy od przeznaczenia betonu oraz warunków jego pracy (klasy ekspozycji). W tab. 12 i 13 przedstawiono orientacyjne zakresy stosowania cementów Górażdże Cement S.A.

Tab. 12. Zakres stosowania cementów powszechnego użytku z oferty Górażdże Cement S.A. w budownictwie

Rodzaj cementu	Zakres stosowania
Cement portlandzki CEM I 42,5R CEM I 52,5R	Przydatny we wszystkich klasach ekspozycji z wyłączeniem klasy XA2 i XA3, gdzie stosowane są cementy odporne na siarczany SR i/lub HSR. Cementy portlandzkie CEM I 42,5R i 52,5R są szczególnie przydatne w produkcji betonu o wyższych klasach wytrzymałości na ściskanie, produkcji galerii betonowej i prefabrykacji oraz w produkcji pokryć dachowych. Spełniają również wymagania Ogólnych Specyfikacji Technicznych (OST) GDDKiA dotyczących betonu konstrukcyjnego i nawierzchniowego w drogowych obiektach inżynierskich.
Cement portlandzki żuźlowy CEM II/B-S 32,5R CEM II/B-S 42,5N CEM II/A-S 52,5N	Przydatny we wszystkich klasach ekspozycji z wyłączeniem klasy XA2 i XA3, gdzie stosowane są cementy odporne na siarczany SR i/lub HSR. Cementy wyższych klas wytrzymałościowych (42,5 i 52,5) są szczególnie zalecane do produkcji dachówki cementowej, betonowej kostki brukowej, krawężników, obrzeży chodnikowych oraz elementów prefabrykowanych. Spełniają również wymagania Ogólnych Specyfikacji Technicznych (OST) GDDKiA dotyczących betonu konstrukcyjnego i nawierzchniowego w drogowych obiektach inżynierskich.
Cement hutniczy CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA CEM III/A 52,5N-NA CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA	Cement przydatny we wszystkich klasach ekspozycji, z tym, że w klasie ekspozycji XF4 zaleca się stosowanie cementu hutniczego CEM III/A o mniejszej zawartości granulowanego żuźla wielkopieczowego (<50%). Cementy hutnicze posiadają właściwości specjalne: niskie ciepło hydratacji, wysoką odporność na korozyjne oddziaływanie środowisk agresywnych chemicznie. Szczególnie przydatne są w budowie fundamentów, zapór wodnych, oczyszczalni ścieków, obiektów morskich i prac budowlanych w górnictwie. Zgodnie z wymaganiami OST cement CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA może być stosowany do betonu konstrukcyjnego w klasach ekspozycji XA2, XA3 oraz XD3, XS3 oraz do betonu nawierzchniowego dla kategorii ruchu KR1÷KR4 (dolne warstwy nawierzchni; nawierzchnie dwuwarstwowe z tej samej mieszanki; nawierzchnie jednowarstwowe)
Cement wieloskładnikowy CEM V/A (S-V) 32,5N-LH/HSR/NA	Cement o niskim ciepłe hydratacji, szczególnie przydatny w budowie fundamentów, zapór wodnych, oczyszczalni ścieków oraz betonów masywnych.

Tab. 13. Zakres stosowania cementów specjalnych z oferty Górażdże Cement S.A. w budownictwie

Rodzaj cementu	Zakres stosowania	Cement z oferty Górażdże Cement S.A.
Cement o niskim ciepłe hydratacji LH	Konstrukcje masywne (np. płyty i bloki fundamentowe, budowle hydrotechniczne)	CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA CEM V/A (S-V) 32,5R-LH/HSR/NA
Cement odporny na siarczany SR / HSR	Konstrukcje i elementy narażone na agresję chemiczną (np. zbiorniki w oczyszczalniach ścieków, elementy sieci kanalizacyjnych, fundamenty)	CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA CEM V/A (S-V) 32,5R-LH/HSR/NA
Cement niskoalkaliczny NA	Betony produkowane z wykorzystaniem kruszyw potencjalnie reaktywnych alkalicznie	CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA CEM III/A 52,5N-NA CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA CEM V/A (S-V) 32,5R-LH/HSR/NA

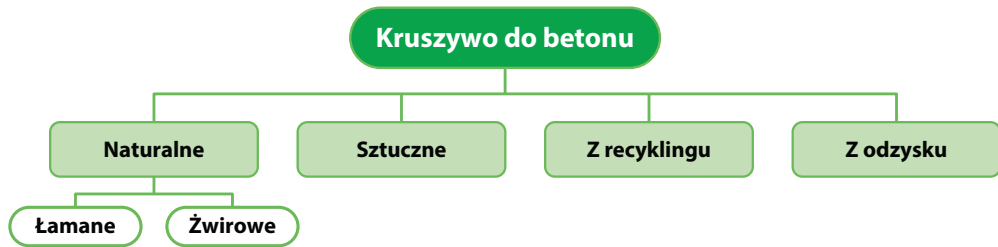
Dobór kruszywa do betonu

Ogólną przydatność kruszywa do betonu należy ustalać zgodnie z normą:

- PN-EN 12620+A1:2010 „Kruszywa do betonu”
 - dla kruszyw zwykłych i ciężkich
- PN-EN 13055-1:2003 „Kruszywa lekkie. Część 1: Kruszywa lekkie do betonu, zaprawy i rzadkiej zaprawy” – dla kruszyw lekkich

Zgodnie z PN-EN 206:2014 do betonu stosowane mogą być kruszywa (rys. 11):

- naturalne (żwirowe i łamane),
- sztuczne (powstałe podczas obróbki termicznej materiałów ilastych lub surowców pochodzących z ubocznych produktów spalania),
- z recyklingu, np. z rozkruszonego stwardniałego betonu z konstrukcji,
- z odzysku (odzyskane przez wyplukanie lub przekruszenie).



Rys. 11. Kruszywo do betonu

Norma PN-EN 206:2014 wprowadza regulacje w zakresie stosowania w betonie kruszywa z odzysku:

- **kruszywa odzyskanego przez wypłukanie**, tj. kruszywa uzyskanego przez wypłukanie z mieszanki betonowej,
- **kruszywa odzyskanego przez przekruszenie**, tj. kruszywa uzyskanego przez rozkruszenie starego betonu, który nie był wcześniej zastosowany na budowie.

Zasady stosowania kruszywa z odzysku wg PN-EN 206:2014:

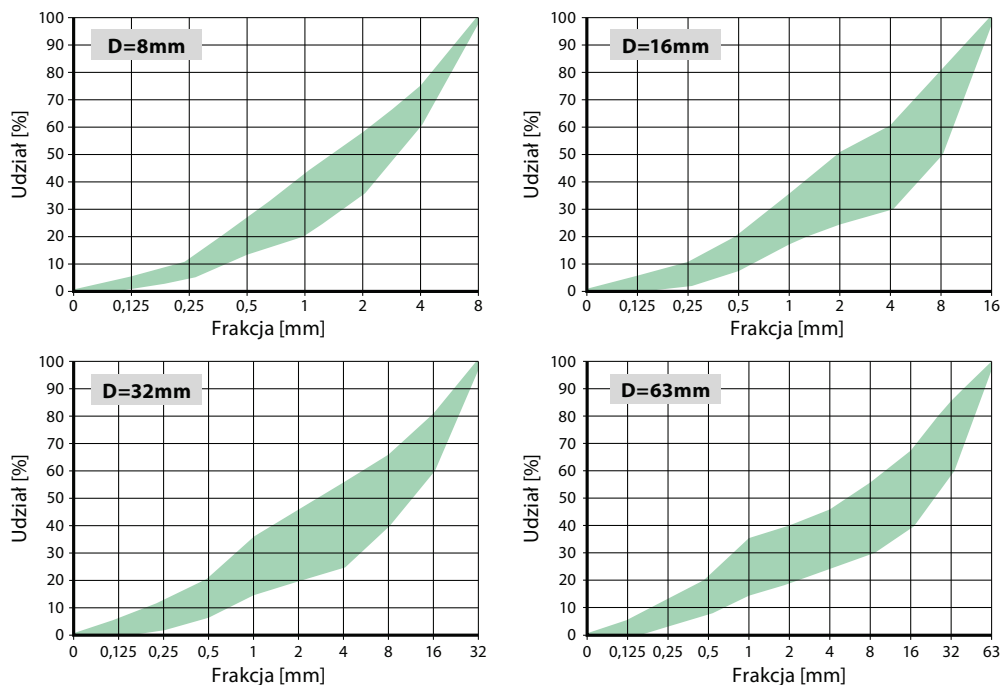
- kruszywo z odzysku może być stosowane wyłącznie przez producenta betonu, z którego pochodzi kruszywo
- jeżeli nie jest rozdzielone na frakcje, może być stosowane w ilościach mniejszych niż 5% całkowitej masy kruszywa
- jeżeli ilość kruszywa odzyskanego przez wypłukanie jest większa niż 5% całkowitej masy kruszywa, kruszywo to powinno być rozdzielone na kruszywo drobne i grube, zgodne z PN-EN 12620+A1:2010,
- gdy ilość kruszywa odzyskanego przez przekruszenie jest większa niż 5% całkowitej masy kruszywa, kruszywo to powinno być traktowane jak kruszywo z recyklingu.

Rodzaj kruszywa, jego uziarnienie i właściwości należy dobrać biorąc pod uwagę:

- realizację robót,
- przeznaczenie betonu,
- warunki środowiska,
- wszelkie wymagania wobec odsłoniętego kruszywa.

Maksymalny wymiar kruszywa należy dobierać uwzględniając otulinę zbrojenia oraz minimalną szerokość przekroju.

Dobór kruszywa powinien gwarantować uzyskanie odpowiedniej krzywej uziarnienia mieszanki kruszywowej – rys. 12.



Rys. 12. Krzywe uziarnienia kruszywa w zależności od maksymalnego wymiaru ziaren D

Dobór domieszek do betonu

Ogólną przydatność domieszek należy ustalać zgodnie z normą:

- PN-EN 934-2:2009 „Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu – Część 2: Domieszki do betonu”

Domieszka do betonu, zgodnie z PN-EN 943-2:2009, jest to substancja dodawana podczas wykonywania mieszanki betonowej, w ilości nie większej niż 5% masy cementu w betonie, w celu zmodyfikowania właściwości mieszanki betonowej i/lub stwardniałego betonu.

Do betonu zgodnie z PN-EN 206:2014, mogą być stosowane domieszki opisane w normie PN-EN 934-2:2009 – rys. 13.



Rys. 13. Klasyfikacja domieszek do betonu wg PN-EN 934-2:2009

Domieszki nieuwzględnione w PN-EN 934-2:2009, np. środki stosowane do mieszanek pompowalnych, powinny spełniać ogólne wymagania normy PN-EN 934-1:2009 „Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu – Część 1: Wymagania podstawowe” i przepisów obowiązujących w miejscu stosowania.

Stosując domieszki chemiczne należy kierować się następującymi zasadami:

- całkowita ilość domieszek nie powinna przekraczać dopuszczalnej ilości zalecanej przez producenta oraz nie powinna być większa niż 50 g/kg cementu (5% masy cementu), chyba że znany jest wpływ większego dozowania na właściwości i trwałość betonu,
- stosowanie domieszek w ilościach mniejszych niż 2 g/kg cementu dopuszcza się wyłącznie w przypadku wcześniejszego ich wymieszania z częścią wody zarobowej,
- jeżeli całkowita ilość domieszek płynnych przekracza 3 l/m³ betonu wodę w nich zawartą należy uwzględnić przy obliczaniu w/c,
- w przypadku stosowania więcej niż jednej domieszki należy sprawdzić kompatybilność – rys. 14.



Rys. 14. Czynniki decydujące o kompatybilności domieszek

Zawartość chlorków w betonie

Zawartość chlorków w betonie jest określona jako procentowa zawartość jonów chloru Cl^- w odniesieniu do masy cementu. Zgodnie z normą PN-EN 206:2014 zawartość chlorków w betonie nie powinna przekraczać wartości dla wybranej klasy – tab. 14.

Tab. 14. Dopuszczalna maksymalna zawartość chlorków w betonie

Zastosowanie betonu	Klasa zawartości chlorków	Maksymalna zawartość Cl^- odniesiona do masy cementu
Bez zbrojenia stalowego lub innych elementów metalowych, z wyjątkiem odpornych na korozję służących do podnoszenia	Cl 1,0	1,0%
Ze zbrojeniem stalowym lub innymi elementami metalowymi	Cl 0,20	0,20%
	Cl 0,40	0,40%
Ze stalowym zbrojeniem sprężającym, bezpośrednio stykającym się z betonem	Cl 0,10	0,10%
	Cl 0,20	0,20%

W celu oznaczenia zawartości chlorków w betonie, należy określić sumę ich udziałów w poszczególnych składnikach betonu (cement, woda, kruszywo, dodatki i domieszki).

Rozwój wytrzymałości betonu w temperaturze +20°C

Rozwój wytrzymałości betonu w temperaturze +20°C określany jest poprzez współczynnik wytrzymałości, czyli stosunek średniej wytrzymałości na ściskanie po 2 dniach dojrzewania ($f_{\text{cm},2}$) do średniej wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach dojrzewania ($f_{\text{cm},28}$) – tab. 15. Właściwość ta jest bardzo istotna, szczególnie z uwagi na określenie długości okresu pielęgnacji betonu. Rozwój wytrzymałości betonu z cementów Góraźdze Cement S.A. przedstawiono w tab. 16.

Tab. 15. Rozwój wytrzymałości betonu

Rozwój wytrzymałości betonu	Ocena współczynnika wytrzymałości $f_{cm,2} / f_{cm,28}$
Szybki	$\geq 0,5$
Umiarkowany	$\geq 0,3$ do $< 0,5$
Wolny	$\geq 0,15$ do $< 0,3$
Bardzo wolny	$< 0,15$

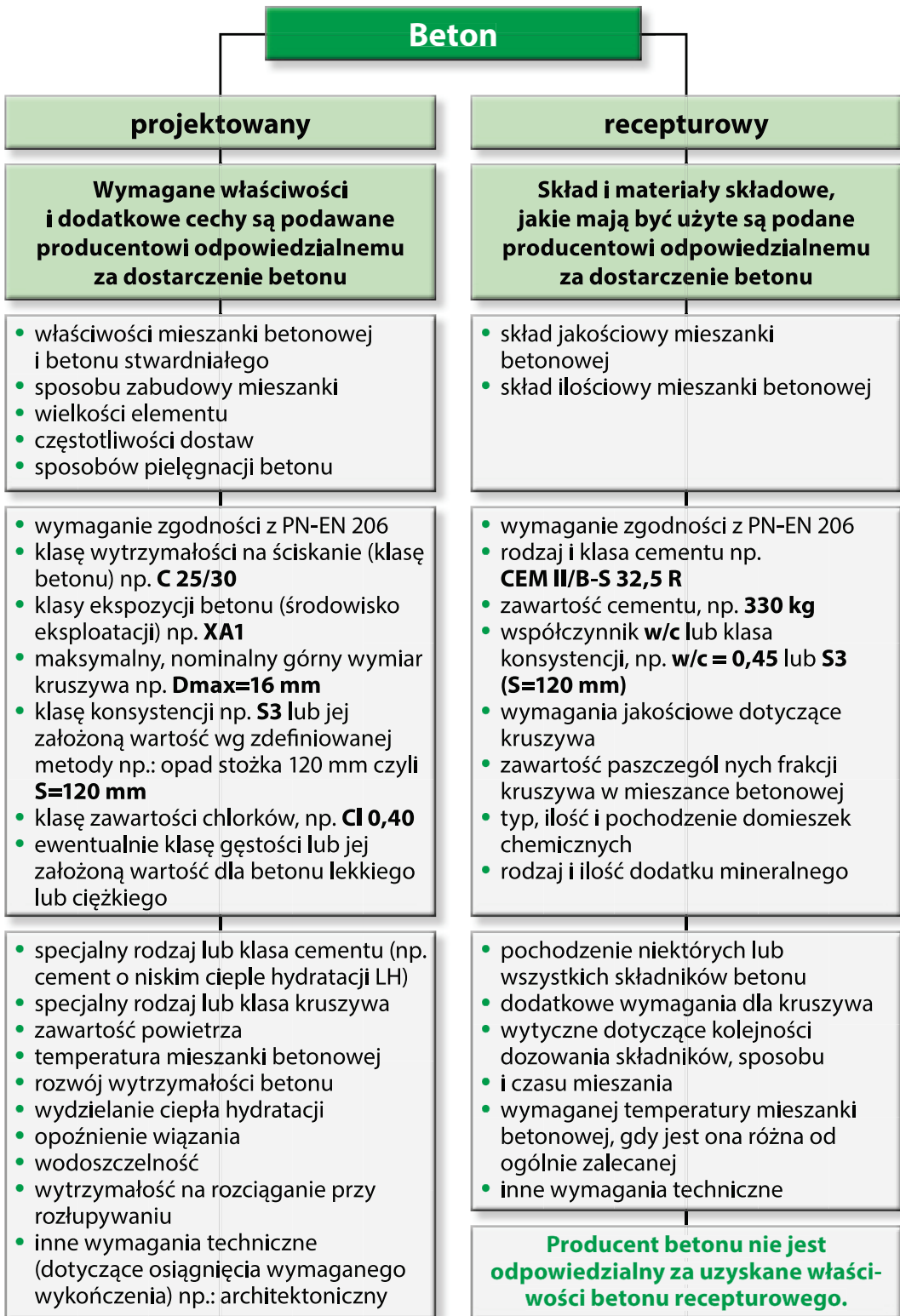
Tab. 16. Rozwój wytrzymałości betonu z cementów Górażdże Cement S.A.

Rodzaj cementu	Współczynnik wytrzymałości $f_{cm,2} / f_{cm,28}$	Rozwój wytrzymałości betonu wg PN-EN 206
CEM I 52,5R	0,57	szybki $f_{cm,2} / f_{cm,28} \geq 0,5$
CEM I 42,5R	0,53	
CEM II/A-S 52,5N	0,52	
CEM III/A 52,5N-NA	0,41	umiarkowany $f_{cm,2} / f_{cm,28} < 0,5$
CEM II/B-S 42,5N	0,40	
CEM II/B-S 32,5R	0,35	
CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA	0,33	
CEM V/A (S-V) 32,5R-LH/HSR/NA	0,31	
CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA	0,21	wolny $f_{cm,2} / f_{cm,28} < 0,3$
CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA	0,20	

Specyfikacja betonu

Specyfikacja przekazywana producentowi betonu powinna zawierać zestawienie udokumentowanych wymagań technicznych dotyczących właściwości użytkowych lub składu betonu (rys. 15).

- przeznaczenie betonu,
- warunki pielęgnacji,
- wymiary konstrukcji (wydzielanie ciepła),
- oddziaływanie środowiska, w którym konstrukcja będzie eksploatowana,
- wymagania dotyczące wykończenia powierzchni betonu,
- wymagania dotyczące otulenia zbrojenia i rozstawu prętów zbrojeniowych,
- ograniczenia dotyczące stosowanych składników np. wynikających z klas ekspozycji.



Rys. 15. Specyfikacja betonu projektowanego i recepturowego

Beton do specjalnych robót geotechnicznych

Wymagania dotyczące specyfikacji i zgodności betonu stosowanego do specjalnych robót geotechnicznych odnoszą się do:

- pali wierconych,
- ścian szczelinowych,
- pali przemieszczeniowych formowanych w gruncie,
- mikropali.

Norma podaje wymagania względem składników i właściwości betonu do specjalnych robót geotechnicznych, w tym dla:

- **cementu** – zgodnie z normą PN-EN 206 w betonie do robót geotechnicznych stosować można następujące rodzaje cementów:
 - cementy portlandzkie **CEM I**
 - cementy portlandzkie żuźlowe **CEM II/A-S, CEM II/B-S**
 - cement portlandzki krzemionkowy CEM II/A-D
 - cementy portlandzkie pucolanowe CEM II/A-P, CEM II/B-P
 - cementy portlandzkie popiołowe CEM II/A-V, CEM II/B-V
 - cementy portlandzkie łupkowe CEM II/A-T, CEM II/B-T
 - cement portlandzki wapienny CEM II/A-LL
 - cementy portlandzkie wielkoskładnikowe CEM II/A-M, CEM II/B-M (S, V, LL)
 - cementy hutnicze **CEM III/A CEM III/B CEM III/C**
- **kruszywa** – należy stosować kruszywo otoczkowe o uziarnieniu ciągłym dobierając mniejszą z wartości:
 - do pali wierconych i ścian szczelinowych D_{upper} 32mm i 1/4 odległości między prętami zbrojenia podłużnego,
 - do pali przemieszczeniowych D_{upper} 32mm i 1/3 odległości między prętami zbrojenia podłużnego,
 - do mikropali D_{upper} 16mm i 1/4 odległości między prętami zbrojenia podłużnego,
- **współczynnika w/c** – w/c nie większe niż określone w odniesieniu do specyfikowanych klas ekspozycji lub 0,60 (dobrać należy mniejszą z wartości)
- **właściwości mieszanki betonowej:**
 - konsystencja wyrażona jako założony rozptyw lub opad stożka (tab. 17),
 - wysoka odporność na segregację,
 - odpowiednia plastyczność i dobrą spoistość,
 - odpowiednia zdolność do rozptywu,
 - odpowiednia zdolność do zagęszczenia pod wpływem własnego ciężaru,
 - odpowiednia urabialność podczas układania oraz usuwania wszelkich tymczasowych elementów osłonowych.

Tab. 17. Konsystencja mieszanki betonowej (beton do robót geotechnicznych)

Warunki zastosowania	Średnica rozplywu	Opad stożka
Beton układany w warunkach suchych	500 ± 30 mm	150 ± 30 mm
Beton układany pod wodą	560 ± 30 mm	180 ± 30 mm
Beton układany w cieczy stabilizującej za pomocą rury wlewowej	600 ± 30 mm	200 ± 30 mm

■ **zawartości frakcji drobnych:**

- zawartość cementu i frakcji drobnych w betonie do pali wierconych i przemieszczeniowych – tab. 18,
- zawartość cementu w betonie do ścian szczelinowych – tab. 19.

Tab. 18. Zawartość cementu i frakcji drobnych w betonie do pali wierconych i przemieszczeniowych

Zawartość cementu		
betonowanie w warunkach suchych	≥ 325 kg/m ³	
betonowanie przy zanurzeniu	≥ 375 kg/m ³	
Zawartość frakcji drobnych		
kruszywo grube	D _{lower} > 8 mm D _{upper} > 8 mm	≥ 400 kg/m ³
kruszywo grube	D _{lower} > 4 mm D _{upper} > 8 mm	≥ 450 kg/m ³

Tab. 19. Zawartość cementu w betonie do ścian szczelinowych

Zawartość cementu	D _{max}
≥ 350 kg/m ³	32 mm*
≥ 380 kg/m ³	22,4 mm
≥ 400 kg/m ³	16 mm
* zawartość piasku (D ≤ 4mm) powyżej 40% całkowitej masy kruszywa	
* zawartość frakcji drobnych 400÷550 kg/m ³	

Klasa wytrzymałości betonu



Pielęgnacja betonu

Pielęgnacja betonu ma na celu:

- zapewnienie optymalnych warunków cieplno-wilgotnościowych w dojrzewającym betonie (wspomaganie przebiegu procesu hydratacji cementu),
- ochronę wykonanego betonu przed szkodliwym wpływem promieni słonecznych, wiatru, opadów atmosferycznych,
- przeciwdziałanie skurczowi spowodowanemu wysychaniem betonu,
- redukcję różnicy temperatur pomiędzy powierzchnią betonu a jego rdzeniem (ograniczenie naprężeń termicznych i ryzyka spękań betonu),
- zapobieganie zamarzaniu wody zarobowej i prawidłowy rozwój wytrzymałości betonu w obniżonych temperaturach otoczenia.

Metody pielęgnacji:

- pielęgnacja na mokro – zraszanie betonu wodą, okrywanie wilgotnymi matami jutowymi lub geowłókniną,
- stosowanie osłon – okrywanie folią lub płytami z materiałów izolacyjnych (wełny mineralnej lub styropianu), wykonanie namiotu ochronnego w miejscu wbudowania betonu
- stosowanie preparatów do pielęgnacji betonu – pokrycie powierzchni świeżego betonu filmem ochronnym preparatu.

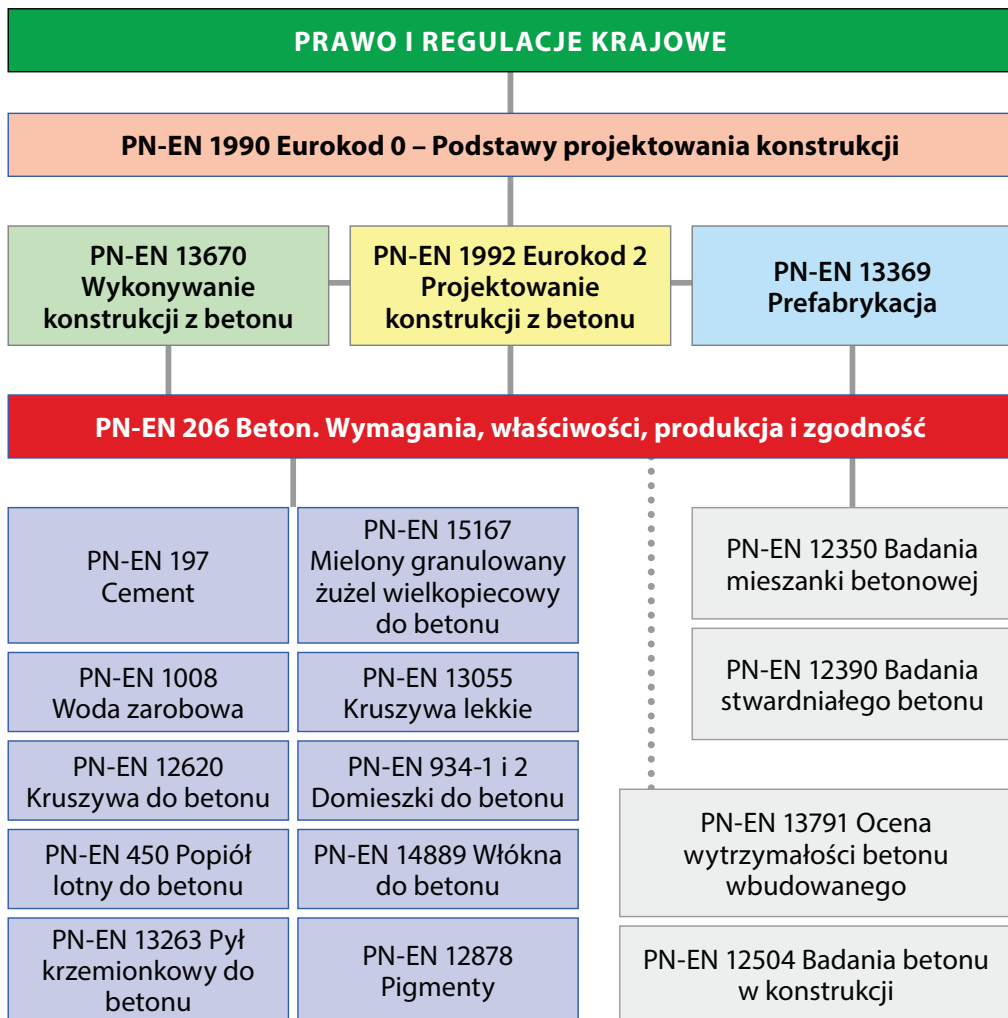
Minimalny czas pielęgnacji wilgotnościowej świeżo ułożonego betonu należy dobrać z uwagi na warunki atmosferyczne, w zależności od rodzaju cementu – tab. 20.

Tab. 20. Minimalny czas pielęgnacji betonu

Warunki atmosferyczne	Minimalny czas pielęgnacji		
	cement portlandzki CEM I	cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II	cement hutniczy CEM III
silne nasłonecznienie silny wiatr wilgotność względna powietrza < 50%	2 dni	4 dni	5 dni
średnie nasłonecznienie średni wiatr wilgotność względna powietrza 50–80%	1 dzień	3 dni	4 dni
słabe nasłonecznienie słaby wiatr wilgotność względna powietrza >80%	1 dzień	2 dni	3 dni

Pielęgnację powierzchni betonu należy rozpocząć bezzwłocznie po zakończeniu operacji zagęszczania i wykańczania betonu tam gdzie jest to konieczne. W razie konieczności ochrony powierzchni betonu przed jej ostatecznym wykończeniem, należy stosować pielęgnację tymczasową.

**Normy powiązane z PN-EN 206:2014
„Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”**



Informacje

Góraźdze Cement S.A.

ul. Cementowa 1, 47-316 Chorula
tel. 77 777 80 00
fax 77 777 88 42
e-mail: gorazdze@gorazdze.pl
www.gorazdze.pl

GÓRAŹDŹE CEMENT®
HEIDELBERGCEMENT Group

Informacji dotyczących właściwości
i zastosowania produktów
Góraźdze Cement S.A. udziela:

Dział Pełnomocnika Zarządu ds. Badań i Rozwoju Produktów Grupy Góraźdze

tel. 77 777 88 14, -15, -16, -18
fax 77 777 88 03

Góraźdze Beton Sp. z o.o.

ul. Cementowa 1, 47-316 Chorula
tel. 77 777 86 60
fax 77 777 86 70
e-mail: biuro@gorazdzebeton.pl
www.gorazdzebeton.pl

GÓRAŹDŹE BETON®
HEIDELBERGCEMENT Group

Góraźdze Kruszywa Sp. z o.o.

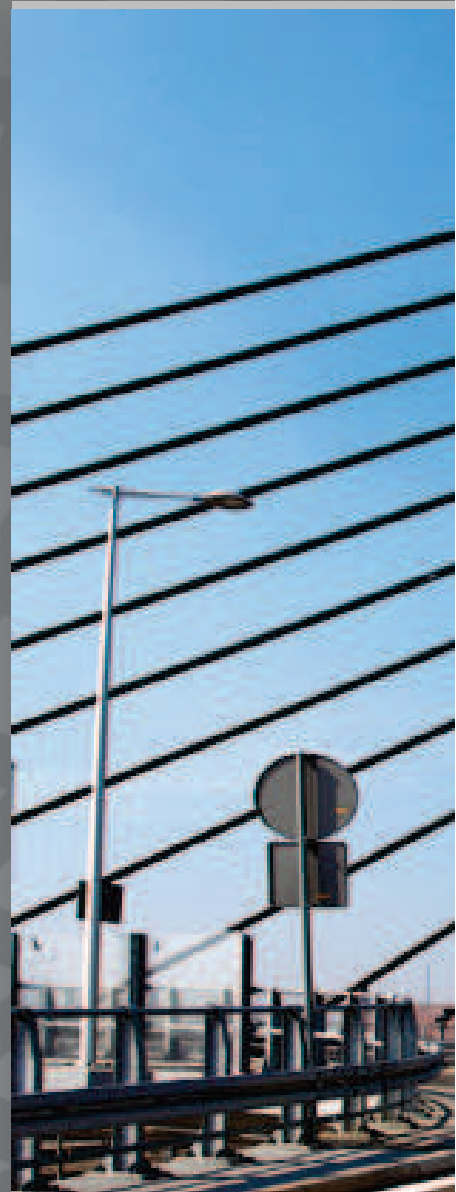
ul. Cementowa 1, 47-316 Chorula
tel. 77 777 86 00
fax 77 777 86 02
e-mail: biurogorazdzekruszywa@gorazdzekruszywa.pl
www.gorazdzekruszywa.pl

GÓRAŹDŹE KRUSZYWA®
HEIDELBERGCEMENT Group

Notatki

Klasa wytrzymałości betonu

Klasa wytrzymałości betonu



GÓRAŹDŹE[®]
HEIDELBERGCEMENT Group