

# Ocena zgodności betonu metodą kart kontrolnych wg PN-EN 206:2014-04

## 1. Wprowadzenie

28 kwietnia 2014 roku wprowadzona została nowa norma PN-EN 206:2014-04 „Beton – Wymagania, właściwości produkcyjna i zgodność” zastępująca normę PN-EN 206-1:2003. Poza wieloma zmianami wprowadza także dodatkową metodę oceny wytrzymałości betonu na ściskanie, mianowicie metodę opartą na kartach kontrolnych. Metoda kart kontrolnych znana jest powszechnie w systemach kontroli jakości. Daje ona możliwość wczesnego uzyskania sygnałów ostrzegawczych, jeszcze zanim pojawią się niezgodności. Systematycznie prowadzona kontrola zgodności prowadzona zgodnie z zapisami wcześniejszej wersji normy, oraz metodą B określoną w normie aktualnej, pozwala wykrywać partie niespełniające wymagań. Nie pozwala jednak na prognozowanie ich wystąpienia, ani podjęcie na czas odpowiednich działań zapobiegawczych. Zastosowanie statystycznej kontroli procesu produkcji z użyciem kart kontrolnych eliminuje te wady i pozwala dostrzec zmiany w procesie produkcji i daje możliwość podjęcia działań w celu identyfikacji ich przyczyn i usunięcia ich wpływu na proces produkcji.

## 2. Zasady stosowania kart kontrolnych

Stosowanie kart kontrolnych może dotyczyć wyłącznie produkcji ciągłej, tj. po uzyskaniu co najmniej 35 wyników. Dodatkowym wymogiem normowym, niezbędnym aby ocena wytrzymałości na ściskanie mogła być prowadzona wyłącznie tą

metodą, jest posiadanie certyfikatu strony trzeciej (certyfikacja zakładowej kontroli produkcji).

Stosowanie kart kontrolnych opisane jest w normie jako Metoda „C”. Aby potwierdzić, że ocena zgodności prowadzona jest zgodnie z wymaganiami normy [1], karty kontrolne muszą posiadać następujące cechy:

- osiągać maksymalną średnią jakość po kontroli (AOQ) nieprzekraczającą 5,0%
- dążyć do zapewnienia zgodności danej produkcji z wymaganą wytrzymałością charakterystyczną
- obejmować systematyczną kontrolą wytrzymałość i odchylenie standardowe lub odchyłki od wartości założonych
- w stosownych przypadkach, uwzględniać jedną lub więcej procedur przyspieszenia reakcji systemu (np. stosowanie danych o wczesnej wytrzymałości, stosowanie rodzin betonów)
- określać i stosować jednoznaczne zasady podejmowania decyzji dotyczących zgodności i granicznych wartości ostrzegawczych
- gdy karta kontroli wskaże, że odchylenie standardowe jest  $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$  od aktualnie stosowanej wartości, zmienić stosowaną wartość [1].

Szczegółowe zasady stosowania kart kontrolnych znajdują się w załączniku H normy. W załączniku tym omówiono dwa rodzaje kart: karty kontrolne sum skumulowanych (CUSUM) i karty kontrolne Shewharta.

Kontrola procesu produkcji za pomocą kart kontrolnych pozwala na graficzne przedstawianie uzyskiwanych wyników kontroli poprzez tworzenie kart kontrolnych, a monitorowanie wartości mierzonych pozwala obserwować wszelkie odchylenia od wartości założonych. Pozwala to na wykrycie odchyżeń od wartości założonych oraz nadmiernej zmienności parametrów mierzonych, co umożliwia wcześniejszą ingerencję w proces produkcji jeszcze przed wystąpieniem potencjalnej niezgodności.

Przy projektowaniu kart kontrolnych zakłada się, że każdy proces poddawany jest dwóm rodzajom czynników zakłócających: **naturalnych**/losowych, które są związane z procesem, czy charakterystyką produkowanego materiału (mają najczęściej rozkład zbliżony do normalnego), oraz **specjalnych**, których działanie jest silniejsze od czynników losowych – mogą się one pojawiać przypadkowo (np. rozregulowanie wag) lub być stałym elementem procesu produkcji (np. zużycie okładzin mieszalnika). Znając schemat działania procesu, jego naturalne zakłócenia, skupić się należy na eliminowaniu zakłóceń specjalnych. Bardzo dobrym narzędziem umożliwiającym identyfikację symptomów świadczących o rozregulowaniu procesu są właśnie karty kontrolne.

Na każdej karcie kontrolnej znajdują się następujące linie: **linia centralna** – najczęściej jest wartością średnią uzyskiwaną z procesu, **linie kontrolne** (górną linią kontrolną – UCL i dolną linią kontrolną – LCL) umieszczane są symetrycznie po obu stronach linii centralnej i **linie ostrzegawcze** (dolną linią ostrzegawczą – LWL i górną linią ostrzegawczą UWL) umieszczane między linią centralną i liniami kontrolnymi.



foto: Michał Brażyski

### 3. Kontrola oparta na kartach Shewharta

Aby ocena betonu prowadzona z zastosowaniem kart Shewharta spełniała wymagania metody C określonej w normie PN-EN 206, spełnione muszą być następujące warunki:

- w odpowiednich przypadkach można stosować rodziny betonów
- ciągłe monitorowanie i sporządzanie wykresów dwóch właściwości: wytrzymałości średniej i odchylenia standardowego. Zgodność opiera się wyłącznie na wytrzymałości średniej
- minimalna szacowana wartość odchylenia standardowego wynosi 3,0 N/mm<sup>2</sup>
- niezgodność orzeka się, gdy średnia z  $n$  wyników pomiaru wytrzymałości jest niższa niż linia dolna LI usytuowana w określonej odległości od  $f_{ck}$ , przy czym:

$$L_I \geq f_{ck} + (q_n \sigma)$$

gdzie

$q_n$  – zależy od  $n$  i wybranej AOQL

$\sigma$  – jest oszacowaną wartością odchylenia standardowego, sprawdzanego przez kartę kontrolną odchylenia standardowego.

W przypadku, gdy  $15 \leq n \leq 35$  i  $qn \geq 1,48$ , karty kontrolne Shewharta będą spełniały wymagania metody C.

- zgodność/niezgodność opiera się na rzeczywistych danych o wytrzymałości 28-dniowej i ocenia się ją na podstawie ostatnich  $n$  wyników badań, uzyskanych w okresie nieprzekraczającym 12 miesięcy [1].

Karty kontrolne Shewharta są najczęściej stosowanymi kartami kontrolnymi. Linie w tej karcie określone są na podstawie danych z wyników uzyskanych z procesu produkcji. Linia centralna (TMS – Target Mean Strength) jest linią reprezentującą oczekiwaną średnią wytrzymałość betonu obliczoną jako wartość średnia z uzyskanych dotychczas wyników (co najmniej 35). Dla tej samej populacji wyników określa się odchylenie standardowe  $\sigma$ , przy czym nie może ono być mniejsze niż 3,0 N/mm<sup>2</sup>. Metoda ta zakłada, że rozkład wyników wytrzymałości zbliżony jest do rozkładu normalnego, a to oznacza, że zarówno powyżej jak i poniżej linii centralnej powinno się znaleźć 50% wyników. Na podstawie tego założenia określa się położenie górnej linii kontrolnej (UCL – Upper Control Limit) i dolnej linii kontrolnej (LCL – Lower Control Limit). Mogą być one określone jako [2]:

Górna linia kontrolna:  $UCL = TMS + 3\sigma$

Dolna linia kontrolna:  $LCL = TMS - 3\sigma$

Oznacza to, że (zgodnie z założeniem rozkładu normalnego) w obszarze pomiędzy liniami kontrolnymi powinno się znaleźć 9,7% wszystkich uzyskiwanych wyników. Zaleca się, aby wszystkie wyniki znajdowały się pomiędzy liniami kontrolnymi.

Linie ostrzegawcze określa się jako:

Górna linia ostrzegawcza:  $UWL = TMS + 2\sigma$

Dolna linia ostrzegawcza:  $LWL = TMS - 2\sigma$

Po przygotowaniu karty umieszcza się na niej kolejne wyniki i obserwuje ich położenie oraz tendencje, symptomy. Symptomami wskazującymi na rozregulowanie się procesu produkcji może być: przekroczenie przez jeden pojedynczy wynik granicy kontrolnej, przekroczenie przez dwa kolejne wyniki linii ostrzegawczej dolnej lub górnej, siedem lub więcej kolejnych wyników znajdujących się po jednej stronie linii centralnej,

Tablica 1. Przykład obliczenia położenia linii dla karty Shewharta

| Lp. | Wynik badania wytrzymałości na ściskanie $f_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] | Wartość średnia z $f_{cm(35)}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | Odchylenie standardowe $\sigma(35)$ | Wartość średnia z $f_{cm(35)}$ = TMS [N/mm <sup>2</sup> ] | UCL (TMS + 3 $\sigma$ ) | LCL (TMS - 3 $\sigma$ ) | UWL (TMS + 2 $\sigma$ ) | LWL (TMS - 2 $\sigma$ ) |
|-----|---|---|-------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1   | 47,8  | 48,0  | 3,34                                | 48,02   | 58,04                   | 38,00                   | 54,70                   | 41,34                   |
| 2   | 47,2  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 3   | 48,4  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 4   | 49,6  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 5   | 52,2  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 6   | 51,5  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 7   | 48,7  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 8   | 51,9  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 9   | 50,5  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 10  | 46,9  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 11  | 45,1  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 12  | 49,0  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 13  | 52,6  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 14  | 47,3  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 15  | 51,5  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 16  | 50,4  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 17  | 48,3  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 18  | 50,6  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 19  | 52,2  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 20  | 51,8  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 21  | 52,4  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 22  | 47,0  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 23  | 51,6  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 24  | 44,9  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 25  | 47,7  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 26  | 43,1  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 27  | 45,5  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 28  | 46,3  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 29  | 40,5  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 30  | 43,3  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 31  | 48,2  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 32  | 42,0  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 33  | 43,2  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 34  | 48,2  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |
| 35  | 43,4  |   |                                     |   |                         |                         |                         |                         |

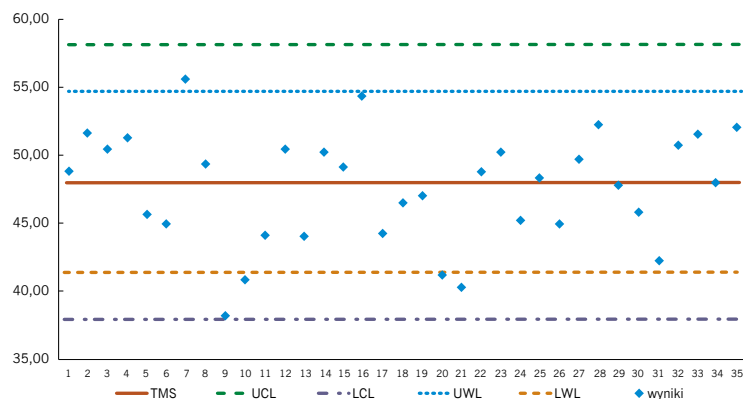
tworzenie przez siedem kolejnych wyników trendu rosnącego lub malejącego [3]. Pojawienie się symptomów nie jest równoznaczne z przekroczeniem wartości granicznych stawianych betonowi, bowiem karta kontrolna pozwala z wyprzedzeniem wykryć zagrożenie, zanim ono nastąpi. Daje to czas producentowi na podjęcie skutecznych działań korygujących proces produkcji w celu wyeliminowania zakłóceń.

#### Przykład 1

Na podstawie 35 wyników badań (zamieszczonych w tablicy 1), pochodzących z kontroli produkcji jednej recepty mieszanki betonowej klasy C30/37, obliczono wartość średnią ( $f_{cm(35)}$ ) i odchylenie standardowe  $\sigma$ . Wartość średnia jest linią centralną (TMS) i wynosi 48,0 N/mm<sup>2</sup> a odchylenie standardowe – 3,34. Następnie dla tak uzyskanych danych obliczono położenie linii kontrolnych i linii ostrzegawczych, uzyskując wartości przedstawione w tablicy 1.

Z użyciem danych określonych w tablicy 1 przygotowano kartę kontrolną, na którą nanosi się wszystkie

Rys 1. Przykład karty kontrolnej Shewharta



Tablica 2. Przykład danych do karty CUSUM

| Lp. | Wynik badania wytrzymałości na ściskanie $f_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] | Różnica między wartością oczekiwaną a otrzymaną | CUSUM |
|-----|---|---|-------|
| 1   | 48,8  | 0,8   | 0,8   |
| 2   | 51,6  | 3,6   | 4,4   |
| 3   | 50,4  | 2,4   | 6,7   |
| 4   | 51,2  | 3,2   | 9,9   |
| 5   | 45,6  | -2,4  | 7,5   |
| 6   | 44,9  | -3,1  | 4,4   |
| 7   | 55,5  | 7,5   | 11,8  |
| 8   | 49,3  | 1,3   | 13,1  |
| 9   | 38,2  | -9,8  | 3,3   |
| 10  | 40,8  | -7,2  | -3,9  |
| 11  | 44,1  | -9  | -7,9  |
| 12  | 50,4  | 2,4   | -5,5  |
| 13  | 44,0  | -4,0  | -9,5  |
| 14  | 50,2  | 2,2   | -7,3  |
| 15  | 49,1  | 1,1   | -6,2  |
| 16  | 54,3  | 6,3   | 0,0   |
| 17  | 44,2  | -3,8  | -3,8  |
| 18  | 46,5  | -1,5  | -5,3  |
| 19  | 47,0  | -1,0  | -6,3  |
| 20  | 41,2  | -6,8  | -13,2 |
| 21  | 40,2  | -7,8  | -21,0 |
| 22  | 48,8  | 0,8   | -20,2 |
| 23  | 50,2  | 2,2   | -18,0 |
| 24  | 45,2  | -2,8  | -20,8 |
| 25  | 48,3  | 0,3   | -20,6 |
| 26  | 44,9  | -3,1  | -23,7 |
| 27  | 49,7  | 1,7   | -22,0 |
| 28  | 52,2  | 4,2   | -17,8 |
| 29  | 47,7  | -0,3  | -18,2 |
| 30  | 45,8  | -2,2  | -20,4 |
| 31  | 42,2  | -5,8  | -26,2 |
| 32  | 50,7  | 2,7   | -23,5 |
| 33  | 51,5  | 3,5   | -20,1 |
| 34  | 48,0  | 0,0   | -20,1 |
| 35  | 52,0  | 4,0   | -16,1 |

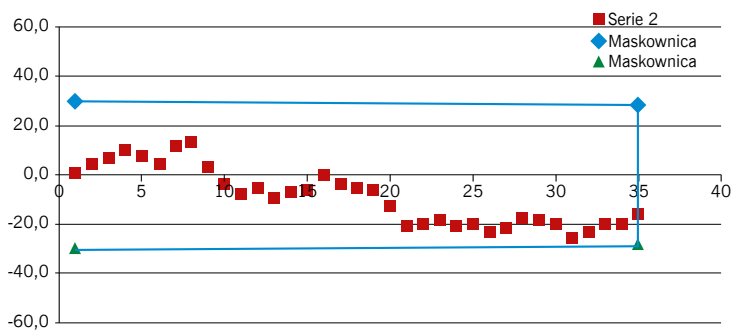
kolejno uzyskiwane wyniki badań. Obserwacji podlega umiejscowienie kolejnych wyników na karcie. Na rysunku 1 przedstawiono kolejne uzyskiwane wyniki badań wytrzymałości na ściskanie. Karta ta przedstawia wyniki świadczące o rozregulowaniu procesu produkcji. Jeden z wyników (9) niebezpiecznie zbliża się do dolnej linii kontrolnej, ponadto kolejny wynik (10) również znalazł się poniżej dolnej ostrzegawczej. Pięć z 35 przedstawionych wyników znalazło się poza granicami linii ostrzegawczych. Z tych informacji wynika, że konieczne jest podjęcie działań w celu eliminacji przyczyn niestabilności produkcji. Analizując wyniki przedstawione na karcie Shewharta widzimy, że większość wyników znajduje się powyżej linii centralnej, a taki sygnał nie będzie pobudzać producenta do działania. Zwrócić jednak należy uwagę na fakt, że „odsunięcie” wyników znajdujących się poniżej linii centralnej jest większe niż tych znajdujących się powyżej linii centralnej.

#### 4. Kontrola oparta na metodzie sum skumulowanych (CUSUM)

Prowadzenie kontroli zgodności z zastosowaniem kart CUSUM wymaga spełnienia następujących warunków normowych:

- Jeśli zgodność oparta jest na wytrzymałości 28-dniowej, metodą zaleca się do szacowania wytrzymałości 28-dniowej na podstawie badania wcześniejszej wytrzymałości. Następnie, tak oszacowane wartości wytrzymałości zastępuje się rzeczywistymi wytrzymałościami 28-dniowymi, gdy te są już dostępne.
  - W odpowiednich przypadkach można stosować rodziny betonów.
  - Ciągłe monitorowanie i sporządzanie wykresów trzech właściwości: wytrzymałości średniej, odchylenia standardowego oraz, tam gdzie to możliwe, korelacji między danymi o wytrzymałości wczesnej i wytrzymałości 28-dniowej. Zgodność opiera się wyłącznie na wytrzymałości średniej.
  - Założona wytrzymałość średnia ustalona jest na poziomie  $\geq (f_{ck} + 1,96 \sigma)$ .
  - Minimalna szacowana wartość odchylenia standardowego wynosi 3,0 N/mm<sup>2</sup>.
  - Maskownica V wytrzymałości średniej (dotycząca zgodności/niezgodności) ma tylko górną gałąź o przedziale decyzyjnym 9- $\sigma$ , nachyleniu 0,5- $\sigma$  i długości 35 wyników.
  - Maskownica V linii ostrzegawczych ma górną i dolną gałąź. Odpowiednie linie ostrzegawcze dla wartości średniej i korelację ustala się za pomocą przedziału decyzyjnego 8,1- $\sigma$  przy nachyleniu  $\sigma/6$ .
  - Zgodność/niezgodność opiera się na rzeczywistych danych o wytrzymałości 28-dniowej i ocenia się ją na podstawie co najmniej 35 wyników badań, uzyskanych w okresie nieprzekraczającym 12 miesięcy.
  - Gdy wykres sum skumulowanych (cusum) wytrzymałości średniej przekracza linię niezgodności, orzeka się niezgodność na podstawie ocenianych 35 wyników badań, chyba że można wykazać, że deklaracja niezgodności jest spowodowana pewnymi szczególnymi wynikami niskiej wytrzymałości. W takim przypadku deklarację niezgodności można ograniczyć do okresu, w którym uzyskano te wyniki niskiej wytrzymałości. [1]
- Wygląd kart CUSUM jest inny niż kart standardowych (Shewharta), a granice kontrolne nie mają postaci równoległych poziomych linii, jak to jest w przypadku kart Shewharta. Karta CUSUM, zwana także kartą sum skumulowanych, w postaci wykresu, pokazuje sumę odchyleń wartości mierzzonej wytrzymałości na ściskanie od założonej nominalnej. Linią centralną tej karty jest linia o wartości „0”. Wykres powstaje przez przedstawienie sumy odchyleń wartości zmiennej od założonej wartości. Wykres taki pozwala wykryć nawet nieznaczne przesunięcie średniej, ponieważ nawet niewielka stała zmiana procesu doprowadzi do dużej wartości sumy odchyleń. Właśnie dlatego karty tej używa się przede wszystkim do wykrywania małych, ciągłych zmian, których karta X-średniej (karta Shewharta) mogłaby nie wykryć [4].
- Wygląd karty (wykresu) zależy od wartości, od której liczone są odchylenia (może to być zadana wartość nominalna narzucona przez technologa lub wartość średnia obliczona z dokonanych pomiarów). Podstawą do wnioskowania o poprawności zachowania się procesu jest zastosowanie tzw. maskownicy. Ma ona kształt ułożonej poziomo litery V. Maskownica może być także traktowana jako linia kontrolna dla sum skumulowanych. Jednak linie te nie są równoległe

Rys 2. Przykład karty CUSUM (dane z tablicy 2)



do linii centralnej, ale są położone pod kątem do osi. Jeśli linia przedstawiająca sumy skumulowane przecina jedną z tych linii maskownicy, wówczas uznaje się, że proces jest rozregulowany.

### Przykład 2

Analizie poddano tę samą populację wyników co w przykładzie 1. Jako wartość oczekiwaną wytrzymałości przyjęto średnią z wcześniejszych 35 wyników, tj. 48,0 N/mm<sup>2</sup>, która spełnia wymaganie normy i jest większe od  $f_{ck} + 1,96\sigma = 43,5$  N/mm<sup>2</sup>. Przy takim założeniu wyliczono różnicę pomiędzy wynikiem uzyskanym a wytrzymałością założoną i sumę skumulowaną. Uzyskane wartości przedstawiono w tablicy 2.

Tak uzyskane wyniki nanoszone są na kartę kontrolną sum skumulowanych (rysunek 2). Maskownicę wytrzymałości średniej określono z warunku  $9\sigma$ , nachylenia  $0,5\sigma$  i długości 35 wyników.

Nawet bez zaprojektowania V-maski, z samej analizy wykresu wynika, że wyniki uzyskiwane w tym okresie oceny mają „tendencję malejącą”. Po nałożeniu maskownicy widać, że problem ze stabilnością produkcji jest duży i wymaga ingerencji w proces produkcji, a statystycznie zmusza do ciągłej kontroli odchylenia standardowego. Z wykresu widać tendencję wskazującą na obniżanie się wartości średniej wytrzymałości. O ile w karcie Shewharta widoczne było jedynie rozregulowanie procesu, to karta CUSUM pokazuje tendencję wskazującą na stałe obniżanie się wytrzymałości dla tej receptury i zmusza do podjęcia działań mających na celu wyeliminowanie czynnika zakłócającego. Tendencja ta wskazuje, że w przyszłości zagrożone jest spełnienie kryteriów zgodności.

### 5. Podsumowanie

Ta sama populacja wyników, którą przedstawiono w przykładach 1 i 2 oceniona metodą B nie

wykazywała niezgodności. Zarówno karty Shewartha jak i karty CUSUM wskazują jednak na rozregulowanie procesu produkcji. Dzięki zastosowaniu kart i ich analizie producent może zareagować dużo wcześniej nim problem się pojawi, obserwując tendencje zawarte w kartach kontrolnych i wprowadzając zmiany do procesu produkcji. Kontrola prowadzona przy użyciu kart kontrolnych, jako kontrola dodatkowa ponad kontrolę zgodności prowadzoną metodą A czy metodą B, jest narzędziem, które może być stosowane przez wszystkich producentów (niezależnie czy węzeł betoniarski posiada certyfikat strony trzeciej czy też go nie posiada). Odczytując właściwie symptomy zawarte w kartach, producent może wprowadzić korekty do procesu produkcyjnego i zapewnić w ten sposób odbiorcy stabilny produkt, spełniający wymagania normy.

*dr inż. Grzegorz Bajorek*  
*Politechnika Rzeszowska*  
*Centrum Technologiczne Budownictwa*  
*przy Politechnice Rzeszowskiej*  
*mgr inż. Marta Kiernia-Hnat*  
*Centrum Technologiczne Budownictwa*  
*przy Politechnice Rzeszowskiej*

### Literatura

- 1 PN-EN 206:2014-04 Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- 2 I. Gibb, T. Harrison, *Use of control charts in the production of concrete*, ERMCO 2010
- 3 J. Sęp, A. Pacana, *Metody i narzędzia zarządzania jakością*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej 2001
- 4 <http://www.statsoft.pl/textbook/stathome.html> Internetowy podręcznik statystyki, 2014



**CENTRUM TECHNOLOGICZNE BUDOWNICTWA  
PRZY POLITECHNICE RZESZOWSKIEJ Sp. z o.o.**



### Laboratorium badawcze akredytowane przez PCA, nr AB 535

- Badania betonu - mieszanka betonowa
- Badania betonu - beton stwardniały
- Badania wstępne betonu
- Badania gruntów stabilizowanych spoiwami
- Badania zapraw
- Badania podkładów podłogowych
- Badania kontrolne surowców – kruszywa
- Badania kontrolne surowców – cement
- Badania geotechniczne
- Badania domieszek do betonu
- Badania wyrobów betonowych, badania typu
- Badania kanałów odwadniających nawierzchnię
- Badania kamienia naturalnego
- Pełna obsługa laboratoryjna Producenta betonu towarowego
- Pełna obsługa laboratoryjna dla Wykonawcy i dla Nadzoru
- Ekspertyzy i opinie budowlane



AB 535

www.ctb-prz.pl  
e-mail: [ctb@ctb-prz.pl](mailto:ctb@ctb-prz.pl)  
tel.: +48 17 864 04 50, fax: +48 17 864 04 51

Centrum Technologiczne Budownictwa  
przy Politechnice Rzeszowskiej Sp. z o.o.  
ul. Przemysłowa 23  
35-105 Rzeszów

