

# Uwzględniać czy nie uwzględniać niepewność pomiaru w ocenie betonu?

## 1. Wprowadzenie

Aby możliwe było dokonanie oceny betonu, czy to zgodności, czy też identyczności, konieczne jest wykonanie odpowiednich badań. Wynik każdego badania jest efektem szeregu pomiarów, a każdy z nich obarczony jest pewnym „błędem”. Sam wynik pomiaru jest tylko przybliżeniem wielkości mierzonej i towarzyszy mu „błąd” będący wynikiem jego losowości. Fakt ten powoduje, że wynik pomiaru nie jest jedną wartością, lecz przedziałem, w którym wartość rzeczywista się znajduje [1]. W przewodniku „Wyrażanie niepewności pomiaru” [2] sformułowanie *błąd pomiaru* zastąpione zostało określeniem *niepewność pomiaru*, którą zdefiniowano jako parametr związany z wynikiem pomiaru i charakteryzujący rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wartości mierzonej. Niepewność pomiaru może być używana w dwóch znaczeniach: do wyrażania ogólnych wątpliwości związanych z wynikiem pomiaru oraz jako parametr określający granice zmienności wyników pomiarów. Uwzględniając wpływ poszczególnych pomiarów na wartość końcową wyniku, ustala się niepewność pomiaru danej właściwości. Pozwala to na przedstawienie wyniku badania wraz z jego niepewnością, co daje w efekcie przedział wielkości badanej, w którym znajduje się jej wartość rzeczywista. Mówiąc o niepewności pomiaru, mamy na myśli najczęściej niepewność rozszerzoną  $U$ , która jest efektem przemnożenia niepewności standardowej  $s$  przez współczynnik  $k$ . Z kolei niepewność standardowa najczęściej jest (dla badań właściwości fizycznych) sumą wartości bezwzględnych różniczek cząstkowych badanej właściwości.

Czy jednak konieczne jest podawanie niepewności pomiaru?

Laboratoria badawcze działające zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 [3] (w odniesieniu do wymagań tej normy laboratorium udzielana jest akredytacja) zobowiązane są do określenia rozszerzonej niepewności pomiaru dla wszystkich wykonywanych badań ilościowych, czyli takich, których wynik jest wartością liczbową.

Zgodnie z jej wymaganiami wyniki badań powinny być przedstawiane wraz ze wszystkimi informacjami niezbędnymi do ich interpretacji. Podanie niepewności pomiaru jest niezbędne w sprawozdaniach z badań, gdy ma to znaczenie dla miarodajności wyników badań lub gdy niepewność ma znaczenie dla zgodności z wyspecyfikowanymi wartościami granicznymi [3]. To wymaganie wymaga konieczności podania niepewności pomiaru, gdy wyniki mają posłużyć do przeprowadzenia oceny (na przykład zgodności czy identyczności) betonu.

Każdy producent betonu zobowiązany jest działać zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 206 [4], co między innymi oznacza konieczność prowadzenia **kontroli zgodności** produkowanego betonu w oparciu o zalecenia określone w rozdziale ósmym normy [4]. Z kolei odbiorca betonu chcąc potwierdzić, czy określona objętość betonu należy do tej samej populacji, która została oceniona przez producenta, dokonuje **oceny identyczności** zgodnie z normatywnym załącznikiem B normy [4]. Projektanci, wymiarując konstrukcje żelbetowe, muszą zapewnić spełnienie wymagań podstawowych stawianych obiektom budowlanym. Jednym z nich jest zapewnienie nośności i stateczności konstrukcji, a spełniając to wymaganie projektanci zakładają wykonanie jej z betonu o określonej klasie. Stosują wtedy założenia związane z przyjętą klasą wytrzymałości betonu w obliczeniach konstrukcji, z zastosowaniem odpowiedniego wskaźnika bezpieczeństwa. Przyjmowane w projektowaniu współczynniki częściowe mają zapewnić bezpieczeństwo konstrukcji w przypadkach ewentualnych awarii, przeciążeń lub błędów wykonawczych, a te ostatnie najczęściej skutkują zaniżeniem wytrzymałości betonu w stosunku do wytrzymałości (klasy) założonej. Sytuacje takie wymuszają wówczas konieczność dokonania **oceny wytrzymałości betonu w konstrukcji** zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13791 [5].

W każdym z trzech powyższych przypadków konieczne jest pobranie próbek. Uzyskiwany wynik jest wynikiem ilościowym i dokonywana jest ocena betonu zgodnie z odpowiednimi kryteriami. W związku z powyższym jasne jest, że niepewność pomiaru powinna być podana. Ale czy powinna być uwzględniana w ocenie? Jakiego skutku może rościć jej uwzględnienie?

## 2. Niepewność pomiaru próbek pobieranych i odwiercanych

Laboratoria badawcze działające zgodnie z PN-EN 17025 [3] mają obowiązek oszacować niepewność pomiaru dla wszystkich ilościowych metod badawczych. W praktyce laboratoryjnej często spotyka się niepewność pomiaru dla samego oznaczania wytrzymałości na ściskanie, rzadziej już uwzględnia się niepewność pobrania próbek, a niestety tylko nieliczne laboratoria w budżecie

Tablica 1. Przykład oceny zgodności z uwzględnieniem niepewności pomiaru

wytrzymałość $f_{ci}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	kryterium dotyczące pojedynczego wyniku	kryterium dotyczące wyników średnich – dla 3 wyników nakładających się	
	spełnienie kryterium $f_{ck}-4$	wynik $f_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	spełnienie kryterium $f_{ck}+4$
35,0 ± 1,7	spełnione	-	-
38,1 ± 1,8	spełnione	-	-
32,9 ± 1,7	spełnione	35,3 ± 1,7	spełnione
35,5 ± 1,7	spełnione	35,5 ± 1,7	spełnione
32,7 ± 1,7	spełnione	33,7 ± 1,7	spełnione
31,4 ± 1,6	spełnione	33,2 ± 1,7	spełnione
38,8 ± 1,8	spełnione	34,3 ± 1,7	spełnione
34,2 ± 1,7	spełnione	34,8 ± 1,7	spełnione
32,7 ± 1,7	spełnione	35,2 ± 1,7	spełnione
34,7 ± 1,7	spełnione	33,9 ± 1,7	spełnione

niepewności uwzględniają samo wykonanie próbek i ich pielęgnację. Zwrócić należy uwagę na fakt, że pobranie próbek a ich wykonanie to nie to samo, co przedstawiono we wcześniejszych publikacjach, na przykład [6], [7].

Pamiętać należy, że w przypadku próbek pobieranych z mieszanki betonowej, zarówno tych do oceny zgodności jak i oceny identyczności, całkowita niepewność pomiaru jest sumą niepewności pobrania, zaformowania i pielęgnacji oraz oznaczenia wytrzymałości na ściskanie. Tylko w przypadku zlecenia wykonania wszystkich tych czynności kompetentnemu laboratorium możemy mieć pewność, że wszystkie składowe zostaną uwzględnione w niepewności pomiaru.

Z kolei tworząc budżet niepewności do oznaczania wytrzymałości próbek odwiercanych, poza samą niepewnością oznaczenia wytrzymałości uwzględnić należy niepewność związaną ze sposobem przygotowania próbek do badań. Jeżeli badaniu poddane zostaną próbki wyłącznie docięte (bez szlifowania lub kapslowania), co de facto nie jest badaniem odpowiadającym wymaganiom znormalizowanych metod badawczych a jest częstą praktyką w wielu laboratoriach, wówczas otrzymany wynik obarczony będzie bardzo dużym „błędem”, sięgającym nawet 50% wartości uzyskanego wyniku. Zastosowanie metody kapslowania również wymaga uwzględnienia tego faktu w ustaleniu całkowitej niepewności, gdyż - w przypadku dużych różnic w modułach sprężystości między materiałem użytym do wyrównywania/nadbudowywania próbek a samym badanym betonem - może znacząco wpływać na wynik badania przez zmianę układu naprężeń w ściskanej próbce. Jedynie przygotowanie próbek do badań przez szlifowanie pozwala ograniczyć wpływ przygotowania próbek na uzyskiwany wynik wytrzymałości, ponieważ w takim przypadku badaniu podlega wyłącznie beton pochodzący z konstrukcji, a jednocześnie można mieć pewność co do płaskości powierzchni badanych.

### 3. Ocena zgodności betonu

#### – obowiązek (wyłącznie) producenta

Producenci betonu towarowego dokonują oceny zgodności produkowanego betonu w odniesieniu do normowych [3] kryteriów zgodności. Ponieważ sytuacja panująca na rynku wymusza daleko idącą optymalizację produkcji, coraz częściej w ocenie zgodności sięgają po niepewność pomiaru, szczególnie w przypadkach, gdy nieuwzględnienie niepewności może skutkować dyskwalifikacją określonej partii betonu.

W tablicach 1 i 2 przedstawiono wyniki badań kolejnych 10 próbek pobranych dla producenta betonu na potrzeby kontroli zgodności pochodzących z betonu klasy C25/30. Wyniki badań odniesiono do kryterium dotyczącego pojedynczego wyniku badania, a jako kryterium wartości średnich zastosowano metodę A (dla produkcji początkowej) - średnią obliczano dla 3 kolejnych nakładających się wyników. W tablicy 1 przedstawiono ocenę wyników z uwzględnieniem niepewności pomiaru, natomiast w tablicy 2 bez jej uwzględnienia. W ocenie zgodności niepewność pomiaru uwzględniono na plus w stosunku do uzyskanego wyniku, tak jak

wytrzymałość $f_{ci}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	kryterium dotyczące pojedynczego wyniku	kryterium dotyczące wyników średnich – dla 3 wyników nakładających się	
	spełnienie kryterium $f_{ck} - 4$	wynik $f_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	spełnienie kryterium $f_{ck} + 4$
35,0	spełnione	-	-
38,1	spełnione	-	-
32,9	spełnione	35,3	spełnione
35,5	spełnione	35,5	spełnione
32,7	spełnione	33,7	nie spełnione
31,4	spełnione	33,2	nie spełnione
38,8	spełnione	34,3	spełnione
34,2	spełnione	34,8	spełnione
32,7	spełnione	35,2	spełnione
34,7	spełnione	33,9	nie spełnione

Tablica 2. Przykład oceny zgodności bez uwzględnienia niepewności pomiaru

to jest najczęściej praktykowane. W oszacowaniu niepewności pomiaru uwzględniono pobranie próbek, ich zaformowanie, pielęgnację i oznaczenie wytrzymałości na ściskanie.

Gdy w ocenie zgodności uwzględniona została niepewność pomiaru, cała analizowana populacja próbek uzyskała pozytywną ocenę zarówno dla pojedynczych wyników badania jak i dla wyników średnich. W przypadku gdy w ocenie zgodności pominięta została niepewność pomiaru, część z nich nie spełnia już kryterium wartości średnich. W tym miejscu należy sobie postawić pytanie, czy uwzględnianie niepewności pomiaru w ocenie zgodności jest właściwe? Na jakie ryzyko narazić może się producent lub jakie korzyści z tego płyną? Odpowiedź na pytanie dotyczące korzyści jest oczywista – uwzględnienie niepewności pomiaru zmniejsza prawdopodobieństwo odrzucenia (przez samego siebie) partii betonu, umożliwiając dalszą „optymalizację” procesu produkcji. Pamiętaj jednak należy, że niepewność pomiaru to nie tylko „+U” do uzyskanego wyniku. Niepewność pomiaru podawana jest jako „±U”, co oznacza, że równie dobrze wynik, którym dysponujemy, w rzeczywistości może być mniejszy o wartość niepewności. Z tym ostatnim wiąże się ryzyko, że producent zaakceptuje partię betonu niespełniającą wymagań, co może skutkować ewentualną reklamacją ze strony odbiorcy.

### 4. Ocena identyczności betonu

#### – prawo i jedyne narzędzie odbiorcy

Jeżeli odbiorca betonu chce (bądź jest zmuszony wymaganiami kontraktowymi) potwierdzić parametry betonu dostarczanego na jego budowę, dokonuje oceny identyczności zgodnie z załącznikiem B normy PN-EN 206 [3]. Już sama idea badań identyczności zakłada, że są to badania punktowe, dlatego w normie [3] narzucono pewne obostrzenia. W badaniach identyczności wynikiem badania  $f_{ci}$  jest średnia z wyników uzyskanych na **co najmniej dwóch** próbkach do badania, wykonanych z jednej próbki mieszanki betonowej i badanych w tym samym wieku [3]. Oznacza to, że do oceny identyczności należy pobierać próbki „podwójne”, a wynikiem podlegającym ocenie nie może być wynik uzyskany na jednej „kostce” [8]. Ponadto wyniki uzyskane na kostkach zaformowanych z jednej próbki mieszanki betonowej nie mogą różnić się

Tablica 3. Przykład oceny identyczności z uwzględnieniem niepewności pomiaru

wytrzymałość próbek [N/mm <sup>2</sup> ]	wynik badania (średnia wytrzymałość) $f_{ci}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	kryterium 2 – dla pojedynczego wyniku	kryterium 1 – dla wyników średnich	
		spełnienie kryterium $f_{ck}-4$	wynik $f_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	spełnienie kryterium $f_{ck}+2$
32,6 ± 1,7	<b>32,9 ± 1,7</b>	spełnione		
33,1 ± 1,7				
32,2 ± 1,7	<b>31,9 ± 1,7</b>	spełnione	- ± -	-
31,5 ± 1,6				
29,1 ± 1,6	<b>28,8 ± 1,6</b>	spełnione	- ± -	-
28,5 ± 1,6				
30,2 ± 1,6	<b>29,9 ± 1,6</b>	spełnione	- ± -	-
29,6 ± 1,6				
31,0 ± 1,6	<b>31,3 ± 1,6</b>	spełnione	31,0 ± 1,6	spełnione
31,6 ± 1,6				

więcej niż 15%. Zwrócić należy uwagę na fakt, że niezależnie od tego, ile próbek sześciennych zostanie zaformowanych z jednej próbki mieszanki betonowej (byle co najmniej dwie), to i tak pozwolą one uzyskać tylko jeden wynik badania.

W tablicach 3 i 4 przedstawiono wyniki badań identyczności wraz z ich oceną. Próbki zaformowano z betonu klasy C25/30 wyprodukowanego w warunkach certyfikowanej kontroli produkcji, w związku z tym do oceny identyczności przyjęto kryteria zgodne z punktem B.3.1 normy [3]. Dla pięciu wyników badania (tablica 3 i 4) kryterium dotyczące wyników średnich wymaga „zapasu” jedynie 2 N/mm<sup>2</sup> w stosunku do założonej wytrzymałości charakterystycznej, co oznacza konieczność uzyskania średniej na poziomie co najmniej 32 N/mm<sup>2</sup>. Przedstawione wyniki spełniły to kryterium jedynie w przypadku, gdy w ocenie została uwzględniona niepewność pomiaru (obejmująca pobranie, zaformowanie, pielęgnację i oznaczenie wytrzymałości). Bez niej kryterium wyników średnich nie zostało spełnione. I znowu można zadać pytanie, czy uwzględnienie w ocenie identyczności niepewności pomiaru jest właściwe. W odróżnieniu od wyników badań pochodzących z oceny zgodności (producenta), które z założenia stanowią ciągłą i systematyczną kontrolę procesu produkcyjnego, wyniki badania identyczności stanowią wyniki punktowe. Już sam ten fakt powoduje, że są one obciążone większym „błędem” niż wyniki uzyskiwane w ramach kontroli zgodności, gdyż

Tablica 4. Przykład oceny identyczności bez uwzględnienia niepewności pomiaru

wytrzymałość próbek [N/mm <sup>2</sup> ]	wynik badania (średnia wytrzymałość) $f_{ci}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	kryterium 2 – dla pojedynczego wyniku	kryterium 1 – dla wyników średnich	
		spełnienie kryterium $f_{ck}-4$	wynik $f_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	spełnienie kryterium $f_{ck}+2$
32,6	<b>32,9</b>	spełnione		
33,1				
32,2	<b>31,9</b>	spełnione	-	-
31,5				
29,1	<b>28,8</b>	spełnione	-	-
28,5				
30,2	<b>29,9</b>	spełnione	-	-
29,6				
31,0	<b>31,3</b>	spełnione	31,0	nie spełnione
31,6				

częstotliwość poboru próbek do badań identyczności może być mniejsza niż do badań zgodności. Zwiększa to prawdopodobieństwo pobrania próbek z mieszanki o zaniżonej wytrzymałości.

Biorąc pod uwagę powyższe, uwzględnianie niepewności pomiaru w ocenie identyczności wydaje się być konieczne. Co więcej, nieuwzględnienie niepewności może skutkować nieuzasadnioną dyskwalifikacją dostawy, która w rzeczywistości zgodność ma potwierdzoną.

## 5. Ocena betonu w konstrukcji

Dokonując oceny betonu w konstrukcji, niezależnie od tego, którą ze „ścieżek” oceny przyjmiemy, zawsze konieczne jest dokonanie odwiertów rdzeniowych, ponieważ norma PN-EN 13791 [5] nie przewiduje możliwości dokonania oceny betonu wyłącznie za pomocą metod pośrednich. Wytrzymałość betonu w konstrukcji jest zawsze wynikiem kilku czynników – parametrów dostarczonej mieszanki betonowej, wytrzymałości betonu z niej uzyskanej, sposobu wbudowania mieszanki i pielęgnacji betonu w konstrukcji. Już sam ten fakt powoduje, że wytrzymałość betonu w konstrukcji ma prawo być niższa niż wytrzymałość uzyskiwana na znormalizowanych próbkach wykonanych z tej samej mieszanki betonowej. W normie [5] określono, że współczynnik stosunku charakterystycznej wytrzymałości betonu w konstrukcji  $f_{ck, is}$  do charakterystycznej wytrzymałości określonej na znormalizowanych próbkach do badania  $f_{ck}$  wynosi 0,85. Ponadto na wytrzymałość próbek rdzeniowych ma wpływ szereg różnych czynników (np. wymienionych w załączniku A normy [5]), takich jak: średnica odwiertu, porowatość próbki, kierunek wiercenia w stosunku do kierunku betonowania, stosunek długości do średnicy, płaskość dolnej i górnej powierzchni, kapslowanie próbek, wpływ wiercenia (np. na niedojrzały lub naturalnie słaby beton) czy występowanie prętów zbrojeniowych. Ten zestaw czynników powoduje, że do wyniku uzyskanego z odwiertu musimy podejść jak do wyniku punktowego, więc analizowanie go bez uwzględnienia niepewności pomiaru jest dużym błędem.

Spróbujmy ustalić wpływ uwzględnienia niepewności pomiaru na kwalifikację betonu na podstawie wyników z odwiertów. W tablicy 5 zestawiono uzyskane wyniki badania 15 próbek wraz z niepewnościami ich uzyskania. Próbki do badań zostały przygotowane metodą szlifowania. Na podstawie powyższych danych dokonano oceny wytrzymałości charakterystycznej betonu w konstrukcji zgodnie z wymaganiami punktu 7.3.2 normy PN-EN 13791 [5].

Najpierw dokonano oceny betonu z uwzględnieniem niepewności pomiaru (rys. 1), co pozwoliło zakwalifikować badany beton do klasy C30/37. Dokonując oceny tych samych wyników bez uwzględnienia niepewności pomiaru (rys. 2), możliwe już było zakwalifikowanie betonu tylko do klasy niższej, tj. C25/30. Biorąc pod uwagę fakt, że założoną klasą betonu była klasa C30/37, ocena przeprowadzona bez uwzględnienia niepewności nie spełnia wymagań projektowych. To skutkuje koniecznością co najmniej konsultacji z projektantem konstrukcji w celu potwierdzenia, czy dla bezpieczeństwa jej użytkowania taka klasa będzie wystarczająca.

Sytuacja taka wywołuje stres wszystkich zainteresowanych stron i generuje niepotrzebne koszty. Biorąc pod uwagę ilość czynników wpływających na wytrzymałość betonu w konstrukcji, to uwzględnienie w ocenie betonu przynajmniej niepewności pomiaru powinno być obowiązkiem każdego, kto takiej oceny dokonuje.

## 6. Podsumowanie

Dokonując oceny wytrzymałości betonu, należy dobrze rozumieć, co faktycznie oceniamy. Czy mamy do czynienia z wynikami uzyskiwanymi na próbkach punktowych, pobieranych z małą częstotliwością, czy są to wyniki pochodzące z próbek pobieranych ze stałą i stosunkowo dużą częstotliwością, czy są to próbki odwiercane z konstrukcji. Następnie należy zadać pytanie, do czego ta ocena jest potrzebna. Dopiero wówczas należy podjąć decyzję, czy powinno się uwzględniać niepewność pomiaru w ocenie betonu czy jest to zbędne. A może wręcz jest szkodliwe/nieuzasadnione dla interpretacji wyników.

Producent, prowadząc ocenę zgodności, musi posiadać informację o poziomie uzyskiwanych wartości wytrzymałości. Wyniki z poszczególnych składów (lub rodzin) analizowane są w długich odstępach czasowych i poza samym poziomem ważne jest pozyskiwanie informacji o zmienności procesu produkcyjnego. Wynik badania z uwzględnieniem niepewności daje w efekcie przedział, w którym wartość rzeczywista się znajduje, a sam wynik badania znajduje się w samym jego środku. Z tego względu przy prowadzeniu oceny zgodności pominięcie niepewności pomiaru jest wręcz zalecane. Niepewność może być jedynie uwzględniona w sporadycznych przypadkach (np. rozregulowania procesu produkcyjnego) jako dodatkowe narzędzie akceptacji wyprodukowanej partii betonu. Dokonując z kolei oceny identyczności, a szczególnie oceny betonu na próbkach odwiercanych z konstrukcji, z uwagi na punktowy charakter próbek uwzględnienie niepewności pomiaru jest wskazane.

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

Tablica 5. Przykładowe wyniki badań próbek z odwierców rdzeniowych

średnica $d_m$ [mm]	wysokość $H$ [mm]	$H : d_m$	powierzchnia zgniotu $A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	stan wilgotności powierzchni próbki	siła [kN]	wytrzymałość próbki $f_{ci}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	288,5	34,0 ± 1,0
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	276,5	32,5 ± 1,0
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	265,5	31,3 ± 1,0
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	272,4	32,1 ± 1,0
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	257,9	30,4 ± 0,9
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	298,3	35,1 ± 1,1
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	259,6	30,6 ± 0,9
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	289,9	34,1 ± 1,0
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	310,7	36,6 ± 1,1
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	289,9	34,1 ± 1,0
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	291,9	34,4 ± 1,0
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	283,3	33,3 ± 1,0
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	296,9	35,0 ± 1,1
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	289,5	34,1 ± 1,0
104,0	104,0	1:1	8495	suchy	300,0	35,3 ± 1,1

## Literatura

- 1 Arendarski J.: *Niepewność pomiarów*, OW PW, Warszawa 2006.
- 2 *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, ISO 1995; polskie wydanie: *Wyrażanie niepewności pomiaru – przewodnik*, GUM 1999.
- 3 *PN-EN ISO/IEC 17025:2005 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących*.
- 4 *PN-EN 206:2014-04 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*.
- 5 *PN-EN 13791:2008 Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych*.
- 6 Bajorek G., Kiernia-Hnat M., Skrzypczak I.: *Wpływ jakości wykonania próbek na ocenę betonu*. Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz 2013.
- 7 Bajorek G., Kiernia-Hnat M., Skrzypczak I.: *Jakość wyników badań wytrzymałości na ściskanie i jej wpływ na kwalifikację betonu według kryteriów zgodności*. *Materiały Budowlane* 3/2013.
- 8 Bajorek G., Kiernia-Hnat M.: *Ocena identyczności – skuteczne (ale jedynie!) narzędzie kontroli betonu dla odbiorcy (wykonawcy robót, nadzoru) według PN-EN 206-1*. *BTA* 2/2013.

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k_2 * s \quad k_2 = 1,48 ; \quad s = 2,00 \quad \Rightarrow \quad f_{ck, is} = 31,6 \text{ MPa} \geq 31,5 \text{ MPa}$$

$$f_{ck, is} = f_{ckis, lowest} + 4 \quad \Rightarrow \quad f_{ck, is} = 35,3 \text{ MPa} \geq 31,5 \text{ MPa}$$

Badany beton spełnia wymagania w zakresie klasy: **C 30 / 37** wg PN-EN 206:2014-04

Rys 1. Formularz oceny betonu z uwzględnieniem niepewności pomiaru (dane z tablicy 5)

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k_2 * s \quad k_2 = 1,48 ; \quad s = 2,00 \quad \Rightarrow \quad f_{ck, is} = 30,6 \text{ MPa} \geq 25,5 \text{ MPa}$$

$$f_{ck, is} = f_{ckis, lowest} + 4 \quad \Rightarrow \quad f_{ck, is} = 34,4 \text{ MPa} \geq 25,5 \text{ MPa}$$

Badany beton spełnia wymagania w zakresie klasy: **C 25 / 30** wg PN-EN 206:2014-04

Rys 2. Formularz oceny betonu bez uwzględnienia niepewności pomiaru (dane z tablicy 5)