

## Wymiarowanie, tolerowanie i pomiary geodezyjne obiektów budowlanych w ujęciu norm PN-ISO (część II)

# Normy nowe, ale...

WIESŁAW PAWŁOWSKI, STEFAN PRZEWŁOCKI

**Niewątpliwie wadą przedstawionych norm z zakresu metodyki pomiarowej jest brak w nich współczesnych instrumentów pomiarowych stosowanych także w budownictwie, umożliwiających daleko idącą automatyzację prac pomiarowych, co wynika oczywiście z tego, że ustanowione normy PN-ISO są równoważne normom ISO wydany stosunkowo dawno, bo w 1989 roku.**

### Metody pomiarowe w budownictwie

Opracowane dotychczas normy PN-ISO i PrPN-ISO z zakresu metod pomiarowych w budownictwie obejmują:

- pomiary kontrolne, pomiary powykonawcze i pomiary mające na celu zbieranie danych dokładnościowych dla potrzeb procedur obliczeniowych przyjętych przez normy PN-ISO 3443/3 i PN-ISO 3443/4,
  - procedury ustalania tzw. dokładności użytkowej instrumentów pomiarowych z oprzyrządowaniem pomocniczym przed przystąpieniem do realizacji określonego zadania pomiarowego w ramach pomiarów zasadniczych (tyczenia) oraz pomiarów sprawdzających i powykonawczych.
- Normą wprowadzającą w zagadnienie weryfikacji zgodności wymiarowej jest norma ISO 7077 (aktualnie opracowywana jako projekt normy PrPN-ISO), która ustala co następuje:
- pomiar powykonawczy – pomiar wykonywany dla zweryfikowania zgodności z przyjętą odchyłką dopuszczalną ukończonego etapu procesu budowy (pomiary powykonawcze nie są synonimem nieformalnych pomiarów kontrolnych zdefiniowanych w normie ISO 4463),
  - kontrola dokładności pomiaru – zestaw pomiarów wykonywanych dla sprawdzenia dokładności metod pomiarów powykonawczych,
  - pomiary powykonawcze dla czynności wytyczania budynku (jego lokalizacji w terenie) wykonuje się dla potwierdzenia zależności (związku) pomiędzy budynkiem a fizycznymi cechami najbliższego otoczenia,
  - pomiary powykonawcze dla wszystkich innych czynności, włączając tyczenie wewnątrz budynku, wykonuje się dla sprawdzenia zgodności z przyjętymi odchyłkami dopuszczalnymi,
  - pomiary powykonawcze dla wszystkich czynności wewnątrz budynku powinny być znacznie dokładniejsze w porównaniu z odchyłką dopuszczalną tych czynności, które są przedmiotem kontroli – generalnie przyjmuje się, że odchylenie standardowe właściwe danej procedurze pomiarowej powinno być rzędu 0,1 przyjętej odchyłki dopuszczalnej,
  - pomiary powykonawcze powinny być tak zlokalizowane

w cyklu technologicznym budowy, aby możliwa była korekta stwierdzonych odchyłek nadmiernych, tj. przekraczających odchyłkę dopuszczalną,

- pomiar powykonawczy dla tyczenia budynku powinien być wykonywany przez inny zespół pomiarowy przy użyciu innego sprzętu pomiarowego, ale tej samej klasy dokładności co sprzęt użyty do tyczenia zasadniczego,
  - pomiar powykonawczy dla tyczenia wewnątrz budynku powinien być wykonany różnymi metodami pomiarowymi przy zachowaniu układu odniesienia określonego przez lokalną osnowę pomiarową, zgodnego z tyczeniem zasadniczym.
- Cechy geometryczne wskazane przez normy PN-ISO 3443/8 i PN-ISO 7737 w sposób bezpośredni determinują ramowy zakres prac pomiarowych w budownictwie, dla których metody i niezbędne oprzyrządowanie podaje norma PN-ISO 7976-1, zaś usytuowanie punktów i przekrojów pomiarowych norma PN-ISO 7976-2.

Norma PN-ISO 7976-1 składa się z trzech sekcji. Pierwsza z nich obejmuje metody pomiarowe dla tych rodzajów pomiarów, które mogą być wykonywane zarówno w zakładach prefabrykacji, jak i na placu budowy. Druga – metody pomiarowe stosowane w pracach wykonywanych jedynie na placu budowy, zaś trzecia – przyrządy pomiarowe.

Sekcja pierwsza obejmuje swym zakresem następujące cechy geometryczne:

- wymiary elementów (długość, szerokość oraz grubość lub głębokość),
- prostokątność elementów (odchyłka kątowa, równoległość),
- prostoliniowość i wypukłość elementów (prostoliniowość krawędzi i wypukłość projektowana),
- płaskość i skośność elementów (płaskość całkowita, płaskość miejscowa, skośność, metody i sprzęt do pomiaru elementów według zasady „skrzynki wymiarowej”).

Natomiast sekcja druga obejmuje:

- usytuowanie w płaszczyźnie poziomej (odchyłki odnoszące się do linii siatki konstrukcyjnej, wtórnych linii równoległych do budynku, wtórnych linii prostopadłych do budynku),
- odchyłki od poziomu,

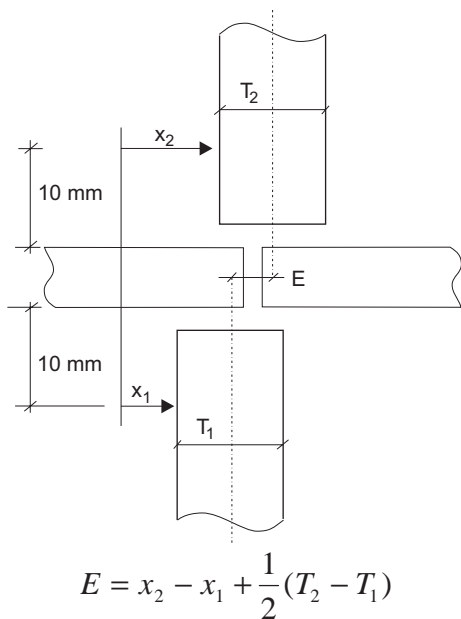
- pionowość (pionowość wielokondygnacyjnych ścian i słupów, pionowość ścian i słupów w obrębie jednej kondygnacji),
- mimoszrodowość,
- usytuowanie względem innych elementów (otworów i wnętrz),
- płaskość, prostoliniowość i projektowane wygięcie (płaskość miejscowa i ogólna podłóg, ścian i sufitów, wypukłość projektowana),
- inne ważne odchyłki (długość nośnych powierzchni – głębokość oparcia, szerokość połączeń, połączenia przesunięte – uskok w miejscu spoiny).

Dla każdej z ww. cech geometrycznych norma PN-ISO 7976-1 zamieszcza tablicę z danymi dokładnościowymi obejmującą czynność pomiarową, granice dokładności pomiaru wyrażone za pomocą dopuszczalnej odchyłki wielkości stanowiącej przedmiot pomiaru, zakres pomiaru oraz instrument pomiarowy lub narzędzie wskazane do zastosowania.

Dla przykładu wybrano jedną tablicę dokładnościową dla cechy geometrycznej określonej terminem „mimoszrodowość” (patrz poniżej) obejmującej dwa przypadki, w których w sposób niezamierzony:

- element nośny jest ustawiony w innej płaszczyźnie pionowej niż element nad nim lub pod nim (rys. 3),
- element jest ustawiony asymetrycznie względem dwu linii siatki konstrukcyjnej (rys. 4).

Według normy PN-ISO 7976-1 w sytuacji, gdy wysokość od pionowywania bądź długości celowych teodolitu przekraczają 40 m, pomiary powinny w miarę możliwości być powierzane doświadczonemu personelowi.

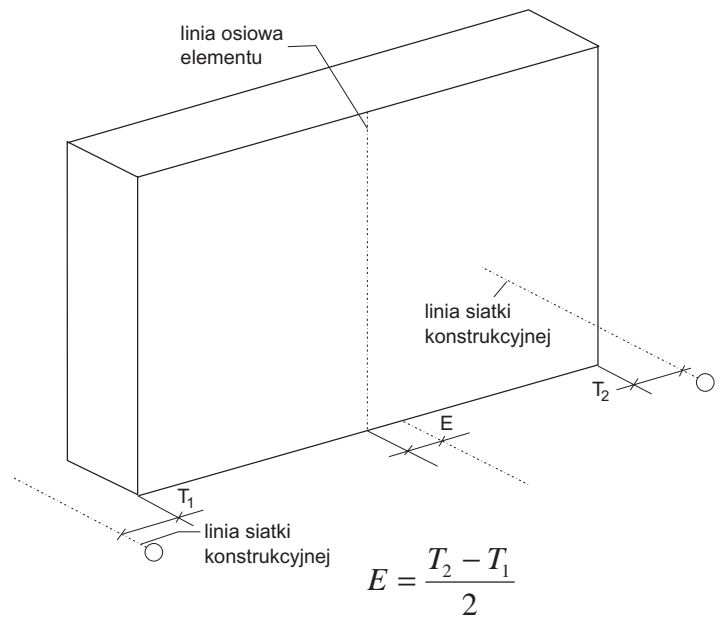


**Rys. 3** Element nośny jest ustawiony w innej płaszczyźnie pionowej niż element nad nim lub pod nim

W sekcji trzeciej normy PN-ISO 7976-1 podano ogólne wytyczne dotyczące stosowania instrumentów i narzędzi pomiarowych, takich jak: suwmiarki i przyrządy rozsuwane, dalmierze elektrooptyczne, sprawdziany wsuwane, klinometry, instrumenty laserowe, poziomnice, niwelatory hydrostatyczne, niwelatory optyczne, drażki do pomiaru mikrometrycznego, przyrządy mikrometryczne, lupy pomiarowe, łąty pomiarowe, rozsuwane łąty pomiarowe, kliny pomiarowe, pionowniki optyczne, pionowy wiszące, wskaźniki pozycyjne, węgielnice pryzmatyczne, kątowniki, liniały, ruletki stalowe samozwijalne, taśmy stalowe, teodolity, tarcze celownicze i statywy.

Z kolei norma PN-ISO 7976-2 podaje wytyczne dotyczące usytuowania punktów pomiarowych przy pomiarach budynków i elementów budowlanych. Norma zaleca, aby punkty pomiarowe były przesunięte o 100 mm od naroży lub krawędzi, zaś odległość pomiędzy sąsiednimi przekrojami pomiarowymi nie była większa od 3 m.

Mając ustalone zadanie pomiarowe i tolerancję dla podejmowanego zadania pomiarowego (wyrażoną zazwyczaj za pomocą odchyłki dopuszczalnej  $\pm P$ , gdzie  $P = 2,5 \times \sigma$ ) należy dokonać wyboru metody i instrumentu pomiarowego, które według normy PN-ISO 8322 powinny być poddane testowi dokładności użytkowej w warunkach terenowych w celu ustalenia dokładności, jaką można osiągnąć stosując określony instrument i jego pomocnicze wyposażenie. Na całość normy



**Rys. 4** Element jest ustawiony asymetrycznie względem dwu linii siatki konstrukcyjnej

Cecha geometryczna	Gdy wartości odchyłek dopuszczalnych obiektu przekraczają	Zakres pomiarowy	Instrument pomiarowy lub narzędzie pomiarowe
Mimoszrodowość (rys. 3)	$\pm 0,5 \text{ mm/m}$	$< 100 \text{ m}$	Pionownik optyczny i łąta pomiarowa
	$\pm 0,8 \text{ mm/m}$	$\alpha' < 50 \text{ gon}$	Teodolit i łąta pomiarowa
	$\pm 1,2 \text{ mm/m}$	$\alpha = 50 \text{ do } 70 \text{ gon}$	
Mimoszrodowość (rys. 4)	$\pm 5 \text{ mm}$	$< 10 \text{ m}$	Skomparowana taśma stalowa i kątownik
	$\pm 10 \text{ mm}$	10 do 20 m	
	$\pm 15 \text{ mm}$	20 do 30 m	

Tablica dokładnościowa dla cechy geometrycznej określonej terminem „mimoszrodowość”

\* / kąt nachylenia celowych teodolitu str. 28

PN-ISO 8322 składają się następujące części: 1. Teoria, 2. Taśmy pomiarowe, 3. Optyczne instrumenty niwelacyjne, 4. Teodolity, 5. Optyczne instrumenty do pionowania, 6. Instrumenty laserowe, 7. Instrumenty stosowane do tyczenia, 8. Dalmierze elektroniczne stosowane do pomiaru odległości do 150 m, 10. Porównanie reflektorów nieszklnych i tradycyjnych pryzmatów szklanych stosowanych w elektronicznych pomiarach odległości do 150 m.

Norma PN-ISO 8322 przyjmuje, że:

- wszystkie metody pomiarowe są tak zaprojektowane, by w znacznym stopniu wyeliminować błędy systematyczne,
- pomiar testowy powinien obejmować dwie serie pomiarów w warunkach odpowiadających warunkom, jakich oczekuje się w czasie faktycznego wykonywania podejmowanego zadania pomiarowego,
- dokładność użytkowa wyrażona jest za pomocą odchylenia standardowego.

W części 1 zestawiono wzory pokazujące, w jaki sposób osiągnięta dokładność użytkowa jest szacowana w pierwszej kolejności przez obliczenie odchyłań standardowych dla poszczególnych serii pomiarowych, a następnie powiązanie tychże odchyłań zgodnie z regułami statystyki.

Krótką charakterystyką metod ustalania dokładności użytkowej przedstawia się następująco:

- PN-ISO 8322-2 „Taśmy pomiarowe” – postępowanie obserwacyjne obejmuje stabilizację czterech punktów A, B, C i D usytuowanych na linii prostej i pięciokrotny pomiar odległości A-B, A-C, A-D, B-C, B-D i C-D w jednej serii pomiarowej;
- PN-ISO 8322-3 „Optyczne instrumenty niwelacyjne” – norma zaleca, aby dokładność użytkową podawać w postaci odchylenia standardowego dla ciągu o długości 1 km (metoda 1) lub dla długości celowych do 40 m (metoda 2).

W metodzie 1 postępowanie obserwacyjne obejmuje stabilizację dwóch punktów we wzajemnej odległości ok. 250 m i pięć podwójnych pomiarów – niwelacja „tam” i „z powrotem” przy długościach celowych do 20 m i dokładności odczytu 0,1 mm w przypadku niwelatorów wyposażonych w płytkę płaskorównoległą z mikrometrem oraz celowych do 40 m i dokładności odczytu 1 mm w innych przypadkach.

W metodzie 2 postępowanie obserwacyjne obejmuje stabilizację czterech punktów tworzących układ pięciu różnic wysokości i podwójny ich pomiar z zachowaniem długości celowych do 40 m;

- PrPN-ISO 8322-4 „Teodolity” – postępowanie obserwacyjne obejmuje wybór i sygnalizację czterech punktów usytuowanych w odległościach – od stanowiska teodolitu – w przybliżeniu zgodnych z przewidywanymi na placu budowy, w możliwie największym kącie poziomym (dotyczy kątów poziomych) lub na różnych wysokościach (dotyczy kątów pionowych). Pomiar testowy obejmuje cztery oddzielne serie pomiarowe przy kole lewym i kole prawym teodolitu;

- PrPN-ISO 8322-5 „Optyczne instrumenty do pionowania” – wyróżnione są trzy typy instrumentów, tj. libelowe, z jednym kompensatorem oraz z dwoma kompensatorami. Proponuje się dwie alternatywne metody pomiarowe, różniące się praktycznie tylko rodzajem zastosowanych tarcz celowniczych. W obydwu metodach tarcze tę umieszcza się na wysokości przewidywanej podczas realizacji zadania pomiarowego, w przybliżeniu pionowo nad stanowiskiem instrumentu. Seria pomiarowa powinna składać się z dziesięciu niezależnych obserwacji, z których każda powinna obejmować cztery odczyty położenia punktu na tarczy celowniczej wykonane w położeniach 0°, 90°, 180° i 270° pionownika;

- PrPN-ISO 8322-6 „Instrumenty laserowe” – Metoda 1 dotyczy wyznaczania płaszczyzny i jedna seria pomiaru testowego składa się z pięciu niezależnych odczytów położenia wiązki laserowej na łacie pomiarowej ustawianej kolejno w sześciu punktach wybranych w odległościach do 70 m od stanowiska instrumentu laserowego. Metoda 2 dotyczy wyznaczania tzw. stałej prostej i pomiar testowy przebiega podobnie jak w metodzie 1, obejmując pięć punktów usytuowanych w odległościach od 50 mm do 300 mm od stałej prostej określonej przez stanowisko instrumentu i stały cel. Metoda 3 dotyczy wyznaczania linii o zadanym nachyleniu i dla potrzeb pomiaru testowego należy przyjąć dwa punkty we wzajemnej odległości ok. 70 m, tworzące linię o nachyleniu podobnym do tego, jakie może wystąpić podczas realizacji zadania pomiarowego. Seria pomiarowa obejmuje pięć niezależnych odczytów położenia wiązki laserowej na łacie pomiarowej w sytuacji, gdy instrument laserowy ustawiony jest zgodnie z przyjętym nachyleniem;

- PrPN-ISO 8322-7 „Instrumenty stosowane do tyczenia” – pomiar testowy odnosi się do tyczenia punktów przy użyciu teodolitu i taśmy stalowej oraz tyczenia kątów poziomych. Seria pomiarowa w obydwu przypadkach składa się z 16 niezależnych obserwacji rejestrowanych na specjalnie przygotowanych tarczach;

- PrPN-ISO 8322-8 „Dalmierze elektroniczne stosowane do pomiaru odległości do 150 m” – pomiar testowy wymaga założenia bazy pomiarowej składającej się z punktów A, B, C, D, E i F, na której wykonać należy trzykrotny pomiar długości odcinków A-B, A-C, A-D, A-E i A-F (dalmierz ustawiony w punkcie A) oraz F-A, F-B, F-C, F-D i F-E (dalmierz ustawiony w punkcie F). Załącznik normy podaje metodę wyznaczania błędów zera i błędów cyklicznego dalmierza elektronicznego, dla potrzeb której dwa odcinki bazy pomiarowej powinny być podzielone na 10 lub 20 jednakowych części o długości zgodnej z elektronicznym wzorcem długości testowanego dalmierza;

- PrPN-ISO 8322-10 „Porównanie reflektorów nieszklnych i tradycyjnych pryzmatów szklanych stosowanych w elektronicznych pomiarach odległości do 150 m” – seria pomiarowa dla jednej odległości obejmuje 10 pomiarów do pryzmatu szklanego i reflektora nieszklnego. Różnica między wartościami średnimi obliczonymi z pomiarów do pryzmatu szklanego i reflektora nieszklnego jest poprawką dodawania wprowadzaną do wyników pomiaru odległości przy użyciu reflektora nieszklnego.

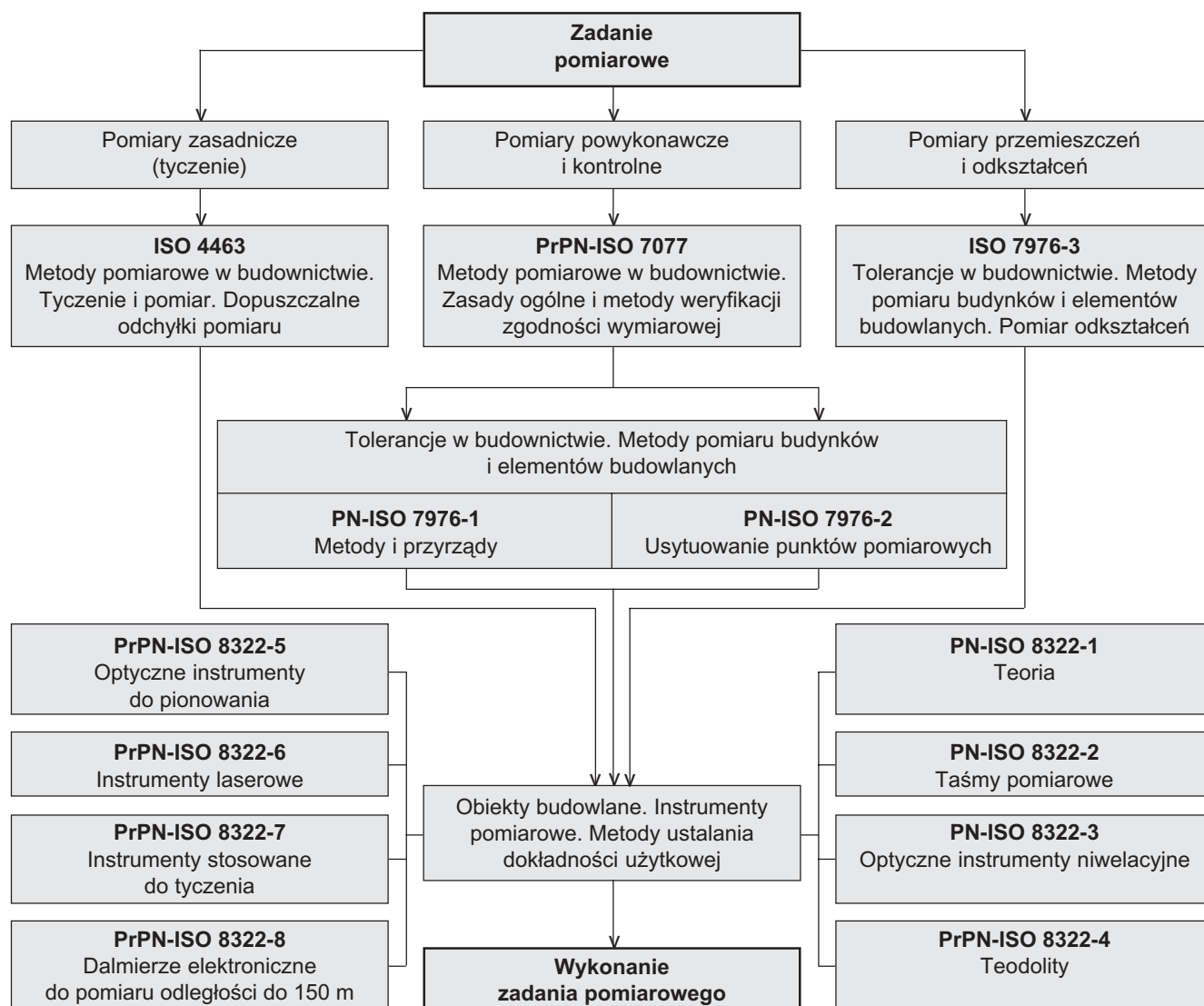
Dla instrumentów nie uwzględnionych w żadnej z ww. części normy teoria podana w części 1 może być wykorzystana do opracowania odpowiednich metod testowych i w takich przypadkach minimalna liczebność serii pomiarowych oraz obserwacji wykonywanych w jednej serii powinna wynosić odpowiednio 4 i 30.

Tytuły wszystkich norm dotyczących metod pomiarowych w budownictwie (ustanowionych jako PN-ISO oraz skierowanych do ustanowienia, a także norm ISO przewidywanych do opracowania) przedstawiono na schemacie – rys. 5.

## Zakończenie

Przedstawiona charakterystyka norm PN-ISO oraz projektów PrPN-ISO daje w miarę pełny obraz sposobu podejścia norm międzynarodowych do zagadnienia kształtowania geometrycznego obiektów budowlanych.

W zakresie koordynacji modularnej postanowienia projektów norm PrPN-ISO są bardzo zbliżone z treścią normy krajowej



Rys. 5 Normy PN-ISO, PrPN-ISO i ISO z zakresu metod pomiarowych w budownictwie

PN-86/B-02354 „Koordynacja wymiarowa w budownictwie – Wartości modularne i zasady koordynacji modularnej”, z zachowaniem tych samych wartości modułu podstawowego oraz submodułów i multimodułów.

Z kolei sposób podejścia norm PN-ISO do tematyki tolerancji wymiarów nie znajduje swojego odpowiednika w normach krajowych. Normy PN-62/B-02356 „Tolerancje wymiarów elementów budowlanych” i PN-62/B-02357 „Tolerancje wymiarów stolarki budowlanej i meblowej oraz elementów wykończenia” podawały wartości tolerancji w zależności od klasy dokładności wykonania i wymiarów elementów.

Norma PN-87/B-02355 „Tolerancje wymiarów w budownictwie – Postanowienia ogólne” (będąca tłumaczeniem normy RWPG ST 2045-79) usunęła klasy dokładności w budownictwie z normy PN-62/B-02355 podając w zamian szereg liczbowy, wg którego należy przyjmować wartości tolerancji, zgodny z ustaleniami normy PN-ISO 3443/5. Norma PN-87/B-02355 podaje tylko informację, że tolerancje powinny być określone na podstawie obliczeń lub za pomocą innych metod. Obliczenia i metody zawarte są właśnie w normach PN-ISO 3443/3 i PN-ISO 3443/4.

W zakresie metodyki pomiarowej normy PN-ISO nie mają swoich odpowiedników w normach krajowych, choć np. norma

PN-80/B-10021 „Prefabrykaty budowlane z betonu – Metody pomiaru cech geometrycznych” wykazuje pewne podobieństwo do norm PN-ISO 7976-1 i PN-ISO 7976-2.

Niewątpliwie wadą przedstawionych norm z zakresu metodyki pomiarowej jest brak w nich współczesnych instrumentów pomiarowych stosowanych także w budownictwie, umożliwiających daleko idącą automatyzację prac pomiarowych, co wynika oczywiście z tego, że ustanowione normy PN-ISO są równoważne normom ISO wydanym stosunkowo dawno, bo w 1989 roku.

Ponadto odczuwa się brak normy terminologicznej, która nie będzie jednak opracowywana jako tłumaczenie normy ISO z uwagi na negatywną ocenę normy ISO 7078 „Wznoszenie obiektów budowlanych – Procedury tyczenia i pomiaru – Terminologia” wydanej w 1985 roku i obejmującej 181 terminów w podziale na terminy ogólne (24), jakość pomiaru (27), podziały (15), narzędzia pomiarowe (24), instrumenty pomiarowe i ich części (26) oraz metody pomiaru (65).

Autorzy są pracownikami Katedry Geodezji Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej i od roku 1994 – członkami Normalizacyjnych Komisji Problemowych nr 231 i nr 255.