

Wiesław Pawłowski

Uwarunkowania prawne i techniczne procedur geodezyjnych w budownictwie

PN-ISO 17123

PN-ISO 4463



**Monografie
Politechniki Łódzkiej**

2014

Wiesław Pawłowski

**Uwarunkowania prawne i techniczne
procedur geodezyjnych
w budownictwie**

**Monografie Politechniki Łódzkiej
Łódź 2014**

Recenzenci:
prof. dr hab. inż. Stefan Przewłocki
prof. dr hab. inż. Alojzy Wasilewski

Redaktor Naukowy Wydziału Budownictwa,
Architektury i Inżynierii Środowiska:
dr. inż. Marek Jabłoński

© Copyright by Politechnika Łódzka 2014

Wydanie II zmienione

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ
90-924 Łódź, ul. Wólczańska 223
tel. 42 631-20-87 fax 42 631-25-38
e-mail: zamowienia@info.p.lodz.pl
www.wydawnictwa.p.lodz.pl

ISBN 978-83-7283-644-1

Nakład 150 egz. Ark druk 8,0. Papier offset. 80 g 70 x 100
Druk ukończono w listopadzie 2014 r.
Wykonano w Drukarni Quick-Druk, 90-562 Łódź, ul. Łąkowa 11
Nr 2123

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA.....	7
1. WPROWADZENIE	8
2. UWARUNKOWANIA PROCEDUR GEODEZYJNYCH I KARTOGRAFICZNYCH WEDŁUG POLSKICH AKTÓW PRAWNYCH.....	11
2.1. Ustawy.....	11
2.1.1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – „Prawo budowlane” (z późniejszymi zmianami)	11
2.1.2. Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. – „Prawo geodezyjne i kartograficzne” (z późniejszymi zmianami)	11
2.1.3. Ustawa z dnia 5 czerwca 2014 r. – „o zmianie ustawy – Prawo geodezyjne i kartograficzne oraz ustawy o postępowaniu egzekucyjnym w administracji”	12
2.1.4. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. – „O planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym”	14
2.2. Rozporządzenia	14
2.2.1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 21 lutego 1995 r. – „w sprawie rodzaju i zakresu opracowań geodezyjno- kartograficznych oraz czynności geodezyjnych obowiązujących w budownictwie”	14
2.2.2. Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 14 lutego 2012 r. „w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych”	15
2.2.3. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. „w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego”	16
2.2.4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. „w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych”	21
2.2.5. Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r. „w sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej”	21
2.2.6. Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 29 marca 2001 r. „w sprawie ewidencji gruntów i budynków” (z późniejszymi zmianami)	22

2.2.7. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. „w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego” (z późniejszymi zmianami)	23
2.2.8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 sierpnia 2003 r. „w sprawie sposobu ustalania wymagań dotyczących nowej zabudowy i zagospodarowania terenu w przypadku braku miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego”	24
2.2.9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami)	24
2.2.10. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami)	25
2.2.11. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami).....	25
2.2.12. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie	26
2.2.13. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 października 2005 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać telekomunikacyjne obiekty budowlane i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami).....	26
2.2.14. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami)	27
2.2.15. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie”	27
2.2.16. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie”	27
2.2.17. Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej z dnia 23 października 2006 r. „w sprawie warunków technicznych, użytkowania oraz szczegółowego zakresu kontroli morskich budowli hydrotechnicznych”	28
2.2.18. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie	28

2.2.19. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami)	29
2.2.20. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami).....	30
2.2.21. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 26 lutego 1996 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi ich usytuowanie”	30
2.2.22. Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 2 sierpnia 1996 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane nie będące budynkami, służące obronności Państwa i ich usytuowanie”	30
2.2.23. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 r. „w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej”	31
2.2.24. Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 31 stycznia 2014 r. „w sprawie uprawnień zawodowych w dziedzinie geodezji i kartografii	31
2.3. Podsumowanie	32
3. NORMY O SYMBOLU PN	33
4. UWARUNKOWANIA TECHNICZNE KSZTAŁTOWANIA GEOMETRII BUDYNKÓW WEDŁUG STANDARDÓW ISO	35
4.1. Informacje ogólne	35
4.2. Koordynacja wymiarowa	36
4.3. Wyrażanie dokładności wymiarowej	37
4.4. Tolerancje – ustalanie i kontrolowanie	39
4.5. Weryfikacja spełnienia tolerancji	45
4.6. Procedury geodezyjne	48
5. PROCEDURY OCENY DOKŁADNOŚCI UŻYTKOWEJ INSTRUMENTÓW GEODEZYJNYCH	58
5.1. Ogólna charakterystyka procedur testowych	58
5.2. Niwelatory	60
5.3. Teodolity	67
5.4. Dalmierze elektrooptyczne	74
5.5. Tachimetry elektroniczne	81
5.6. Niwelatory laserowe	89
5.7. Pionowniki optyczne	99
5.8. Odbiorniki RTK GNSS	105

6. KONCEPCJA WYKORZYSTANIA STANDARDÓW ISO W PRAKTYCE GEODEZYJNEJ.....	111
7. KORELACJA UWARUNKOWAŃ PRAWNYCH OBOWIĄZUJĄCYCH W POLSCE ZE STANDARDAMI ISO	114
8. ZAKOŃCZENIE	124
LITERATURA.....	126
SUMMARY	128

PRZEDMOWA

Nowelizacja ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*” oraz sukcesywnie wydawane nowe rozporządzenia, także do ustawy „*Prawo budowlane*” stworzyły sytuację w której uzasadniona jest aktualizacja wcześniej sformułowanych uwarunkowań prawnych i technicznych w zakresie procedur geodezyjnych w budownictwie.

Oczekiwania środowiska geodezyjnego, sformułowane w formie postulatów do ustawy „*Prawo budowlane*” i przepisów wykonawczych były daleko idące, ale uzasadnione i ukierunkowane na nowelizację powyższych aktów prawnych w takim zakresie, aby geodezyjny projekt obsługi budowlanego procesu inwestycyjnego stanowił integralną część projektu budowlanego, zaś geodeta był uznany za uczestnika tego procesu. Prace w zakresie nowelizacji ustawy „*Prawo budowlane*” prowadzone są przez Komisję kodyfikacyjną, która aktualnie opracowuje Kodeks urbanistyczno-budowlany, mający w założeniu regulować w sposób kompleksowy ogół spraw związanych z planowaniem przestrzennym i budowlanym procesem inwestycyjnym. Odpowiedź na pytanie, czy i w jakim zakresie zostaną uwzględnione postulaty środowiska geodezyjnego, będzie zapewne znana w roku 2015.

Zaktualizowane uwarunkowania prawne i techniczne procedur geodezyjnych w budownictwie dotyczą przede wszystkim:

- a) mapy zasadniczej jako podstawowego opracowania kartograficznego dla wszelkiego rodzaju prac planistycznych i projektowych,
- b) geodezyjnej obsługi budowlanego procesu inwestycyjnego, głównie w zakresie geodezyjnego opracowania planu zagospodarowania działki lub terenu i projektu architektoniczno-budowlanego, oraz wytyczenia obiektu budowlanego w terenie,
- c) geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej obiektu budowlanego w zakresie umożliwiającym wniesienie zmian w bazach danych EGiB, GESUT i BDOT500.

Dla geodetów podejmujących pracę na potrzeby budownictwa przydatne mogą być wykazane rozporządzenia do ustawy „*Prawo budowlane*” w których wyszczególnione są dane określające wymagane usytuowanie obiektów budowlanych (budynków i budowli). Powinno to stanowić pewnego rodzaju bazę geometryczną na etapie geodezyjnego opracowania projektu zagospodarowania działki lub terenu i projektu architektoniczno-budowlanego, prac tyczeniowych oraz inwentaryzacji powykonawczej, czyniąc te prace bardziej efektywnymi, głównie w kontekście uzyskania docelowej zgodności obiektu budowlanego z jego specyfikacją projektową.

W powyższym zakresie nadal należy dostrzegać przydatność norm międzynarodowych opracowanych przez ISO, głównie o tematyce obejmującej osnowy i pomiary realizacyjne oraz terenowe procedury testowe instrumentów geodezyjnych, wykorzystywanych także w pracach na potrzeby budownictwa.

1. WPROWADZENIE

Geodezja inżynierska zarówno w wymiarze praktycznym (inżynierskim), jak i naukowo-badawczym była i jest w znaczącym stopniu powiązana z budownictwem, zaś geodeta wykonujący swój wyuczony zawód był, jest i zapewne zawsze będzie stałym uczestnikiem praktycznie każdego procesu budowlanego. W tak postrzeganej geodezji inżynierskiej, jej umocowanie prawne ma związek z ustawą „Prawo budowlane” [1], która – jak większość aktów prawnych w Polsce – podlega bieżącej weryfikacji i na tej podstawie, ewentualnej okresowej zmianie treści określonych przepisów. Prace w tym zakresie są udziałem Komisji kodyfikacyjnej prawa budowlanego, mającej za zadanie ujednolicenie systemu prawnego procesów inwestycyjnych w budownictwie. Przepisy ustawy „Prawo budowlane” są bardzo istotne także dla środowiska geodezyjnego, gdyż w sposób jednoznaczny determinują ramowy zakres geodezji inżynierskiej na potrzeby budownictwa. Na podstawie art. 43 pkt. 4 ustawy „Prawo budowlane” zostało wydane rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 21 lutego 1995 r. „w sprawie rodzaju i zakresu opracowań geodezyjno-kartograficznych oraz czynności geodezyjnych obowiązujących w budownictwie” [5] dotyczące tych obiektów budowlanych, dla których jest wymagane pozwolenie na budowę. Dla geodezji, w tym także inżynierskiej, ważnym aktem prawnym jest ustawa „Prawo geodezyjne i kartograficzne” [2], zgodnie z którą na podstawie art. 19 (pkt. 6 i pkt. 11) zostały wydane dwa akty wykonawcze, którymi są:

- Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 14 lutego 2012 r. „w sprawie osnów geodezyjnych grawimetrycznych i magnetycznych” [6],
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. „w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego” [7].

W ustawie „Prawo geodezyjne i kartograficzne” [2] zostały w roku 2014 r. wprowadzone zmiany sformułowane w treści ustawy „o zmianie ustawy – Prawo geodezyjne i kartograficzne oraz ustawy o postępowaniu egzekucyjnym w administracji” [3], istotne także w kontekście geodezji inżynierskiej.

Rozporządzenia [6] i [7] określają m.in.:

- a) organizację, tryb i standardy techniczne zakładania i utrzymywania podstawowych oraz szczegółowych osnów geodezyjnych,
- b) standardy techniczne wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych, w tym m.in. na potrzeby opracowania map do celów projektowych i geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu oraz budownictwa głównie w zakresie geodezyjnej obsługi inwestycji budowlanych.

Wydanie rozporządzeń [6] i [7], a także pozostałych rozporządzeń regulujących zasady funkcjonowania poszczególnych obszarów działalności geodezyjnej i kartograficznej w Polsce spowodowało nową sytuację, w której utraciły ważność instrukcje i wytyczne techniczne wydane przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii.

Rozporządzenie [7], a także wcześniej wydane rozporządzenie [5] w sposób raczej dość ogólny, ale wzajemnie spójny, jednak nie zawsze jednoznaczny w aspekcie merytorycznym regulują obszar działalności geodezyjnej, w tym także na potrzeby budownictwa. Potwierdzeniem zaistnienia takiej sytuacji było w roku 2012 obszernie (34-stronicowe) wyjaśnienie GUGiK w sprawie przepisów rozporządzenia, dotyczące pytań, jakie w zakresie standardów technicznych sformułowali przedstawiciele Służby Geodezyjnej i Kartograficznej oraz wykonawcy prac geodezyjnych i kartograficznych.

Ponadto rozporządzenia [5] i [7] nie obejmują ogółu zagadnień geodezyjnych związanych z budownictwem, w szczególności dotyczących osnów i pomiarów realizacyjnych oraz pomiarów wykonywanych na etapie użytkowania różnego rodzaju obiektów budowlanych. Powyższe zagadnienia w ujęciu inżynierskim były treścią instrukcji technicznej G-3 pt. „*Geodezyjna obsługa inwestycji*” (1988 r.) oraz wytycznych technicznych G-3.1 pt. „*Osnowy realizacyjne*” (1997 r.), G-3.2 pt. „*Pomiary realizacyjne*” (1987 r.) oraz G-3.1 pt. „*Pomiary i opracowania realizacyjne*” (2007 r.). Szczególnie wartościowym opracowaniem były wytyczne techniczne opracowane w roku 2007, do których zakresu i treści w sposób bezpośredni nawiązywał projekt rozporządzenia „*w sprawie geodezyjnej obsługi procesu inwestycyjnego*” określający zakres tej obsługi oraz metodykę wykonywania pomiarów i opracowań. Niestety, projekt tego rozporządzenia został wyłączony z wykazu aktów prawnych przygotowanych do uchwalenia, zaś jego treść znalazła tylko częściowe odzwierciedlenie w rozporządzeniu [7].

Wydane lub planowane do wydania rozporządzenia nie odnoszą się do bardzo istotnego zagadnienia, jakim jest tematyka dokładności osnów i pomiarów realizacyjnych w kontekście tolerancji, określających dopuszczalny zakres rozbieżności między geometrią obiektu wynikającą z jego wymiarowania w projekcie architektoniczno-budowlanym a geometrią obiektu zrealizowanego zgodnie z tym projektem.

Wszystkie powyższe przesłanki uzasadniają sformułowanie tezy o potrzebie rozwinięcia treści przede wszystkim rozporządzeń [5] i [7] zawierających zapisy dotyczące geodezji w budownictwie, głównie w aspekcie merytoryczno-technicznym, zachowując przy tym jednolitość postępowania w realizacji konkretnych zadań pomiarowych. Taką możliwość stwarzają opracowania międzynarodowe wydane przez ISO w formie norm, wprowadzanych sukcesywnie także do zasobu Polskiego Komitetu Normalizacyjnego. Normy te, opatrzone symbolem PN-ISO, mogą w znaczącym stopniu rozwinąć i w wielu sytuacjach uzupełnić przedmiotowe zapisy zawarte w polskich aktach prawnych, stwarzając razem dobrą „bazę prawnotechniczną” do bezpośredniego wykorzystania przez zespoły geodezyjne podejmujące prace na rzecz budownictwa.

Działalność normalizacyjną w Polsce w aspekcie prawnym reguluje Ustawa z dnia 12 września 2002 roku „O normalizacji” (Dziennik Ustaw nr 169, poz. 1386 z późniejszymi zmianami) oraz Zarządzenie nr 28 Prezesa Rady Ministrów z dnia 1 kwietnia 2009 roku zmieniające zarządzenie w sprawie nadania statusu Polskiemu Komitetowi Normalizacyjnemu (Monitor Polski nr 21, poz. 267).

W ramach Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (PKN) funkcjonują Komitety Techniczne (KT), z których KT nr 298 ds. geodezji (w którym autor jest przedstawicielem Politechniki Łódzkiej) stanowi ciało kolegialne powołane przez Prezesa PKN do prowadzenia prac normalizacyjnych w zakresie tematycznym obejmujących geodezję.

Komitety Techniczne, opracowując Polskie Normy, realizują między innymi następujące zadania:

- 1) wnioskowanie o zatwierdzenie bądź wycofanie PN oraz innych dokumentów normalizacyjnych lub zaniechanie prac nad projektem PN w przypadku braku konsensu,
- 2) nadzór nad aktualnością zbioru PN przypisanego do poszczególnych KT.

Polski Komitet Normalizacyjny przywiązuje dużą wagę do dostarczenia użytkownikom produktów normalizacyjnych dobrej jakości, co znalazło odzwierciedlenie w przyjętej Strategii PKN na lata 2009-2013. Jednym z aspektów wysokiej jakości Polskich Norm jest aktualność ich postanowień.

Prace prowadzone w latach 2010-2014 przez Komitet Techniczny nr 298 obejmowały ocenę aktualności treści norm polskich (na ogół terminologicznych) oraz norm o symbolu PN-ISO.

W roku 2014 taką oceną zostały objęte dwie normy tj.:

- PN-ISO 12858-3; *Optyka i instrumenty optyczne. Wyposażenie pomocnicze instrumentów. Spodarki.*
- PN-ISO 17123-7; *Optyka i instrumenty optyczne. Terenowe procedury testowania instrumentów geodezyjnych i pomiarowych. Pionowniki optyczne.*

Działalność Komitetu Technicznego nr 298 będzie zapewne obejmowała dalsze wprowadzanie do polskiej normalizacji nowych norm międzynarodowych opracowywanych sukcesywnie przez ISO.

Opracowanie własnych norm polskich jest możliwe, ale w sytuacji wskazania przez środowisko zawodowe jednoznacznie określonej tematyki wymagającej normalizacji oraz wskazania źródła sfinansowania takiego przedsięwzięcia.

2. UWARUNKOWANIA PROCEDUR GEODEZYJNYCH I KARTOGRAFICZNYCH WEDŁUG POLSKICH AKTÓW PRAWNYCH

2.1. Ustawy

2.1.1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – „Prawo budowlane” (z późniejszymi zmianami) [1]

Ustawa definiuje termin obiekt budowlany (art. 3), którym może być budynek lub budowla stanowiąca całość techniczno-użytkową wraz z instalacjami i urządzeniami technicznymi (np. lotnisko, droga, most, wiadukt, itd.), a także obiekt małej architektury.

Do geodezji nawiązują bezpośrednio zapisy stwierdzające, że:

- projekt zagospodarowania działki lub terenu powinien być sporządzony na aktualnej mapie (art. 34),
- wytyczenie geodezyjne obiektów w terenie wchodzi w zakres prac przygotowawczych na terenie budowy (art. 41),
- geodezyjnemu wyznaczeniu w terenie podlegają obiekty budowlane wymagające pozwolenia na budowę, a po ich wybudowaniu – geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej, obejmującej ich położenie na gruncie (art. 43); powyższy zapis dotyczy także przyłączy do budynków (art. 29 – pkt. 20), których budowa nie wymaga uzyskania pozwolenia na budowę,
- inwentaryzacja geodezyjna powykonawcza stanowi element składowy zawiadomienia o zakończeniu budowy lub wniosku o udzielenie pozwolenia na użytkowanie (art. 57).

2.1.2. Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. – „Prawo geodezyjne i kartograficzne” (z późniejszymi zmianami) [2]

W kontekście geodezji na potrzeby budownictwa za istotne należy uznać zdefiniowanie Systemu Informacji o Terenie, mając na uwadze jego wykorzystanie na etapie przygotowania aktualnej informacji o istniejącym zagospodarowaniu terenu, w formie i treści niezbędnej do sporządzenia mapy zasadniczej, opracowania projektu budowlanego oraz prowadzenia geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu. Ponadto istotna jest treść art. 19, z którego wynika, że szczegółowe uregulowania poszczególnych obszarów działalności geodezyjnej będą określone w drodze rozporządzeń Ministra właściwego ds. administracji publicznej, czego przykładem są rozporządzenia [6] i [7]. Podobna uwaga dotyczy prowadzenia geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu oraz koordynacji usytuowania projektowanych sieci mając na uwadze bezkolizyjne usytuowanie projektowanych sieci z obiektami budowlanymi, co zostało uszczegółowione w art. 27.5. ustawy nowelizującej ustawę „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*” [3].

Ustawa reguluje sprawy dotyczące uprawnień zawodowych, niezbędnych do wykonywania samodzielnych funkcji w dziedzinie geodezji i kartografii za które w kontekście geodezji na potrzeby budownictwa należy uznać:

- kierowanie pracami geodezyjnymi i kartograficznymi podlegającymi zgłoszeniu do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego oraz sprawowanie nad nimi bezpośredniego nadzoru,
- pełnienie funkcji inspektora nadzoru z zakresu geodezji i kartografii.

Z geodezją na potrzeby budownictwa mają przede wszystkim związek uprawnienia zawodowe nadawane w dwóch zakresach tj.

- zakresie 1 – obejmującym geodezyjne pomiary sytuacyjno-wysokościowe, realizacyjne i inwentaryzacyjne,
- zakresie 4 – obejmującym geodezyjną obsługę budownictwa.

Zgodnie z zapisami ustawy, powyższe uprawnienia mogą otrzymać osoby posiadające wyższe lub średnie wykształcenie geodezyjne oraz odpowiednią praktykę zawodową.

2.1.3. Ustawa z dnia 5 czerwca 2014 r. – „o zmianie ustawy – Prawo geodezyjne i kartograficzne oraz ustawy o postępowaniu egzekucyjnym w administracji” [3]

Ustawa w art. 2 interpretując prace geodezyjne objęte zakresem regulacji wymienia m.in. wykonywanie opracowań geodezyjno-kartograficznych oraz czynności geodezyjne na potrzeby budownictwa.

W art. 12.1. dotyczącym zgłaszania prac geodezyjnych lub prac kartograficznych przez ich wykonawcę (legitymującego się uprawnieniami zawodowymi w dziedzinie geodezji i kartografii) wyszczególnione zostały prace, których celem lub zakładanym wynikiem jest:

- wytyczenie budynku lub sieci uzbrojenia terenu,
- geodezyjna inwentaryzacja obiektów budowlanych,
- dokumentacja geodezyjna w postaci map, rejestrów lub wykazów na potrzeby m.in. zmiany sposobu użytkowania obiektów budowlanych lub ich części oraz sposobu zagospodarowania terenu.

W nawiązaniu do powyższego artykułu, ustawa w art. 12a. 1 stwierdza, że wykonawca m.in. powyższych prac jest zobowiązany zawiadomić właściwego miejscowo starostę o ich zakończeniu oraz przekazać wyniki tych prac w formie zbiorów odpowiednich danych i/lub dokumentów w zakresie zgodnym z postanowieniami aktów wykonawczych do ustawy „Prawo geodezyjne i kartograficzne”. Powyższy obowiązek nie dotyczy jednak prac geodezyjnych związanych z wytyczaniem obiektów budowlanych, jeżeli w okresie nie dłuższym niż 30 dni od dnia wytyczenia tych obiektów zostaną przekazane do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, dokumenty zawierające wyniki geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej tych obiektów (art. 12c. 1).

Ustawa w art. 27 i art. 28 w nowym ujęciu reguluje geodezyjną ewidencję sieci uzbrojenia terenu w zakresie obejmującym informacje o projektowanych, znajdujących się w trakcie budowy oraz istniejących sieciach uzbrojenia terenu, ich usytuowaniu, przeznaczeniu oraz podstawowych parametrach technicznych, a także podmiotach, które władają tymi sieciami. W założeniu ma to stanowić system informacyjny zapewniający gromadzenie, aktualizację i udostępnianie informacji o sieciach w sposób jednolity dla obszaru całego kraju.

Zgodnie z ustawą, geodezyjną ewidencję sieci uzbrojenia terenu zakładają i prowadzą:

- starosta dla obszaru powiatu – powiatowa baza danych GESUT,
- Główny Geodeta Kraju dla obszaru kraju – krajowa baza danych GESUT.

Powiatową bazę danych GESUT starosta zakłada i prowadzi w drodze przetworzenia materiałów źródłowych, będącymi danymi i informacjami:

- a) zgromadzonymi w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym, w szczególności będącymi treścią:
 - geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu,
 - mapy zasadniczej oraz innych map wielkoskalowych,
- b) pozyskanymi z innych rejestrów publicznych oraz od podmiotów władających sieciami uzbrojenia terenu.

Ustawa zakłada, że usytuowanie projektowanych sieci uzbrojenia terenu na obszarach miast oraz w pasach drogowych na terenie zwartej zabudowy obszarów wiejskich uzgadnia się na naradach koordynacyjnych organizowanych przez starostę (nie dotyczy to przyłączy i sieci uzbrojenia terenu usytuowanych wyłącznie w granicach działki budowlanej). Narada koordynacyjna jest przeprowadzana po otrzymaniu od inwestora lub projektanta dokumentów zawierających propozycję usytuowania projektowanych sieci przedstawionych na planie sytuacyjnym lub kopii aktualnej mapy zasadniczej.

Ustawa interpretuje mapę zasadniczą jako wielkoskalowe opracowanie kartograficzne zawierające informacje o przestrzennym usytuowaniu punktów osnowy geodezyjnej, działek ewidencyjnych, budynków, konturów użytków gruntowych, konturów klasyfikacyjnych, sieci uzbrojenia terenu, budowli i urządzeń budowlanych oraz innych obiektów topograficznych, a także wybrane informacje opisowe dotyczące tych obiektów.

Ustawa w art. 27.5 zawiera zapis, że szczegółowy zakres danych gromadzonych w powiatowej bazie danych GESUT i krajowej bazie danych GESUT, tryb i standardy techniczne tworzenia i aktualizacji tych baz oraz udostępniania danych z tych baz, będą określone w trybie rozporządzenia wydanego przez Ministra właściwego ds. administracji publicznej.

2.1.4. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. – „O planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym” [4]

Ustawa określa m.in. zakres i sposoby postępowania w sprawach przeznaczenia terenów na określone cele oraz ustala zasady ich zagospodarowania i zabudowy. W tym kontekście istotna jest interpretacja działki budowlanej jako nieruchomości gruntowej lub działki gruntu, której wielkość, cechy geometryczne, dostęp do drogi publicznej oraz wyposażenie w urządzenia infrastruktury technicznej spełniają wymogi realizacji obiektów budowlanych wynikające z odrębnych przepisów i aktów prawa miejscowego (art. 2).

W celu ustalenia przeznaczenia terenów oraz określenia sposobów ich zagospodarowania i zabudowy jest sporządzany miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego.

Według ustawy miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego sporządza się w skali 1:1000 z wykorzystaniem kopii map zasadniczych, zaś w przypadku ich braku, map katastralnych gromadzonych w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym. W szczególnie uzasadnionych przypadkach dopuszcza się stosowanie map w skali 1:500, 1:2000 lub 1:5000 (art. 16).

Ponadto wniosek o ustalenie lokalizacji inwestycji celu publicznego powinien zawierać określenie granic terenu objętego wnioskiem, przedstawione na kopii mapy zasadniczej obejmującej swym zakresem zarówno teren, którego wniosek dotyczy, jak i teren, na który dana inwestycja może oddziaływać, w skali 1:500, 1:1000 lub 1:2000 w przypadku inwestycji liniowych (art. 52).

2.2. Rozporządzenia

2.2.1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 21 lutego 1995 r. – „w sprawie rodzaju i zakresu opracowań geodezyjno-kartograficznych oraz czynności geodezyjnych obowiązujących w budownictwie” [5]

W nawiązaniu do ustawy „Prawo budowlane” przepisy rozporządzenia określają zakres opracowań geodezyjnych i kartograficznych oraz czynności geodezyjnych obowiązujących podczas projektowania, budowy, remontu i utrzymania obiektów budowlanych, dla których jest wymagane uzyskanie pozwolenia na budowę.

Rozporządzenie w sposób dość ogólny charakteryzuje:

- opracowania geodezyjno-kartograficzne do celów projektowych jako dokumentację geodezyjną niezbędną do wykonania projektu budowlanego, w tym przede wszystkim mapę do celów projektowych oraz inwentaryzację architektoniczno-budowlaną w przypadku obiektów podlegających modernizacji;

- geodezyjne wyznaczenie obiektów budowlanych w terenie, w tym: – opracowanie geodezyjne projektu zagospodarowania działki lub terenu, – geodezyjne wytyczenie obiektów budowlanych w terenie (cel i zakres);
- czynności geodezyjne w toku budowy, w tym: – geodezyjną obsługę budowy i montażu obiektu budowlanego, – pomiary przemieszczeń obiektu i jego podłoża oraz pomiary odkształceń obiektu, – geodezyjną inwentaryzację powykonawczą obiektów;
- czynności geodezyjne po zakończeniu budowy, w tym: – geodezyjną inwentaryzację powykonawczą w celu pozyskania aktualnych danych o przestrzennym rozmieszczeniu elementów zagospodarowania działki lub terenu, – rejestrację geometrii stanu wyjściowego obiektów w sytuacji planowania okresowych badań przemieszczeń i/lub odkształceń (jeśli wynika taka potrzeba z projektu budowlanego lub na wniosek uczestnika procesu budowlanego, którymi według ustawy „Prawo budowlane” są: inwestor, inspektor nadzoru inwestorskiego, projektant, kierownik budowy lub kierownik robót);
- geodezyjną dokumentację powykonawczą, w tym: – dokumentację geodezyjną sporządzoną na poszczególnych etapach budowy (szkice tyczenia i szkice kontroli zgodności elementów obiektu budowlanego z projektem), – geodezyjną inwentaryzację powykonawczą ukierunkowaną na pozyskanie danych umożliwiających wniesienie zmian na mapę zasadniczą oraz do ewidencji gruntów i budynków, a także ewidencji sieci uzbrojenia terenu.

2.2.2. Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 14 lutego 2012 r. „w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych” [6]

Ustawa [3] osnowy geodezyjne interpretuje jako usystematyzowane zbiory jednoznacznie identyfikowalnych punktów, które zostały oznaczone w terenie znakami geodezyjnymi oraz których położenie wyznaczone zostało w państwowym systemie odniesień przestrzennych w sposób właściwy dla danego rodzaju osnowy i umożliwiające określenie dokładności tego wyznaczenia.

W nawiązaniu do osnów geodezyjnych wykonuje się pomiary sytuacyjno-wysokościowe. W sytuacji, gdy gęstość punktów osnów geodezyjnych jest niewystarczająca do wykonania pomiaru sytuacyjnego lub wysokościowego, osnowy te uzupełnia się punktami osnów pomiarowych (sytuacyjnej, wysokościowej lub sytuacyjno-wysokościowej) zgodnie z postanowieniami rozporządzenia [7] z 2011 r.

W nawiązaniu do ustawy „Prawo geodezyjne i kartograficzne” rozporządzenie [6] określa organizację, tryb i standardy techniczne zakładania i utrzymania m.in. podstawowych i szczegółowych osnów geodezyjnych.

Rozporządzenie wprowadza m.in. podział osnów geodezyjnych na osnowę podstawową fundamentalną, osnowę podstawową bazową oraz osnowę szczegółową, podając przy tym kryteria dokładnościowe punktów przynależnych do poszczególnych osnów zarówno poziomej, jak i wysokościowej oraz metody ich pomiaru. Jest to bardzo istotne w kontekście pomiarów geodezyjnych związanych z inwestycjami budowlanymi, które to pomiary powinny być nawiązywane bezpośrednio do osnów geodezyjnych lub osnów pomiarowych będących ich uzupełnieniem. Ponadto dotyczy to także osnów realizacyjnych zakładanych w określonych sytuacjach dla konkretnych inwestycji budowlanych, którym przypisano w projekcie architektoniczno-budowlanym określone wymagania dokładnościowe.

Tabela 1. Charakterystyka osnów geodezyjnych w ujęciu dokładnościowym

Osnowy geodezyjne	Osnowa pozioma	Osnowa pionowa
	charakterystyka osnowy	
podstawowa fundamentalna	$m_p \leq 0,01 \text{ m}^{1)}$ $m_H \leq 0,02 \text{ m}^{2)}$	62 punkty krajowej sieci EUVN
podstawowa bazowa	$m_p \leq 0,01 \text{ m}^{3)}$ $m_H \leq 0,02 \text{ m}^{3)}$	$m_{\Delta H} \leq 1,5 \text{ mm/km}$
szczełowa	$m_p \leq 0,10 \text{ m}^{4)}$ $m_p \leq 0,07 \text{ m}^{5)}$	$m_{\Delta H} \leq 4 \text{ mm/km}$ $m_H \leq 0,01 \text{ m}$

¹⁾ średni błąd położenia punktu

²⁾ dotyczy wysokości geodezyjnej

³⁾ w odniesieniu do punktów fundamentalnej osnowy poziomej

⁴⁾ dotyczy punktów dawnej osnowy szczełowej

⁵⁾ dotyczy punktów nowo zakładanych

2.2.3. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. „w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego” [7]

Rozporządzenie stwierdza, że na wniosek uczestników procesu budowlanego [1] wykonuje się pomiary sytuacyjne i wysokościowe, mające na celu:

- opracowanie mapy do celów projektowych,
- opracowanie przekrojów istniejących lub projektowanych tras, cieków lub zbiorników,
- wyznaczenie kubatury przemieszczanych mas ziemnych,
- ustalenie wielkości strzałki zwisu przewodów i prześwitu pod nimi,

- e) szczegółową inwentaryzację obiektów budowlanych planowanych do remontu,
- f) określenie wysokości charakterystycznych punktów obiektów budowlanych oraz terenu.

Powyższe opracowania oraz dane pozyskane w wyniku pomiarów geodezyjnych są niezbędne do opracowania projektu budowlanego, zarówno w części obejmującej projekt zagospodarowania działki, jak i projekt architektoniczno-budowlany.

Drugi obszar prac geodezyjnych wyszczególnionych w rozporządzeniu ma związek z obiektem budowlanym głównie na etapie jego realizacji (wyznaczenie w terenie – tyczenie, obsługa budowy i montażu, inwentaryzacja powykonawcza) oraz w mniejszym stopniu na etapie jego użytkowania (okresowe pomiary przemieszczeń i/lub odkształceń na potrzeby okresowej oceny stanu technicznego w aspekcie ustawy „*Prawo budowlane*”). Wspólnym elementem geometrycznym dla wszystkich wykonywanych prac jest istniejąca osnowa geodezyjna (pozioma i/lub wysokościowa) lub odpowiednio zaprojektowana i założona osnowa pomiarowa bądź realizacyjna dostosowana pod względem konstrukcji geometrycznej i dokładności do konkretnej inwestycji budowlanej oraz wymagań określonych w dokumentacji projektowej.

Osnowa realizacyjna w ujęciu rozporządzenia charakteryzuje się tym, że:

- a) jest zakładana, gdy z istniejącej osnowy geodezyjnej i pomiarowej nie można w sposób bezpośredni dokonać tyczenia lub gdy dokładność tych osnów jest zbyt niska w kontekście wymagań wynikających z projektu inwestycji budowlanej oraz gdy punkty tych osnów mogą być zniszczone podczas realizacji inwestycji,
- b) jest nawiązywana do osnowy geodezyjnej (zarówno poziomej, jak i wysokościowej) oraz wyrównana metodą najmniejszych kwadratów z obliczeniem wartości błędów średnich położenia punktów,
- c) jest na ogół jednorzędową, zaś dwurzędową może być w przypadku dużych inwestycji realizowanych etapami,
- d) w szczególnych przypadkach może być zakładana w układzie lokalnym, gdy wymagana dokładność pomiarów wykonywanych na potrzeby realizacji inwestycji jest wyższa od 0,10 m (pomiary sytuacyjne) i/lub 0,02 m (pomiary wysokościowe) i wtedy jedną z osi takiego układu jest główna oś realizowanego obiektu,
- e) jej punkty są stabilizowane znakami z trwałego materiału (kamienia, betonu lub tworzyw sztucznych), zaś w przypadku nawierzchni utwardzonych – bolców, trzpieni lub prętów, o długości zapewniających ich trwałość, z jednoznacznym oznaczeniem na nich punktu osnowy.

W skład dokumentacji budowy wchodzi dwa podstawowe opracowania graficzno-analityczne, którymi są:

- a) szkic dokumentacyjny zawierający wyniki geodezyjnego opracowania działki lub terenu inwestycji budowlanej, umożliwiające wytyczenie zaprojektowanego obiektu,

- b) szkic tyczenia zawierający dane o geometrii wytyczonego obiektu (zapisane kolorem czarnym w nawiasie) na tle danych obliczonych na potrzeby tyczenia (zapisane kolorem czerwonym), stanowiący tym samym potwierdzenie zgodności z projektem, co umożliwia przyjęcie wytyczonego obiektu lub jego elementów przez kierownika budowy.

Rozporządzenie w sposób jednoznaczny precyzuje treść i grafikę szkicu dokumentacyjnego i szkicu tyczenia oraz sposób archiwizowania szkicu tyczenia. Rozporządzenie wskazuje metody tyczenia, wymieniając metody: biegunową, ortogonalną, wcięć (kątowe, liniowe, kątowno-liniowe) oraz precyzyjnego pozycjonowania przy pomocy globalnego systemu nawigacji satelitarnej GNSS.

Przyjmuje dalej, że miarą dokładności tyczenia jest błąd średni tyczenia m_t o wartości określonej z następujących zależności:

$$m_t = \frac{M_t}{r} \quad ; \quad M_t \leq K \cdot dl \quad (1)$$

gdzie:

- r – współczynnik o wartości zależnej od wymaganego prawdopodobieństwa poprawności wytyczenia oraz stopnia przypadkowości błędów tyczenia,
- M_t – graniczny błąd tyczenia ustalany przez projektanta obiektu,
- K – parametr określający, jaką częścią odchyłki granicznej dl może być graniczny błąd tyczenia,
- dl – graniczna odchyłka usytuowania tyczonego elementu obiektu.

Tak ujęta dokładność tyczenia jest bezpośrednim (w pewnym stopniu skróconym) powieleniem ustaleń sformułowanych w instrukcji technicznej *G-3* z roku 1988, w której ponadto zostały podane konkretne zalecenia dotyczące parametru K , z których wynika, że jego wartość:

- a) zależy od stopnia ważności wyniku tyczenia dla możliwości prawidłowego wykonania robót montażowych, wytrzymałości obiektu, prawidłowości funkcjonowania obiektu oraz zachowania przez obiekt określonych walorów architektonicznych,
- b) przyjmuje się w przedziale od 0,4 (przy wysokim stopniu ważności tyczenia) do 1,0 (przy niskim stopniu ważności tyczenia),
- c) powinna być ustalona przez projektanta obiektu lub inspektora nadzoru budowlanego oraz skonsultowana pod względem geodezyjnym (zape-
wne z geodetą wykonującym prace pomiarowe na obiekcie).

Instrukcja techniczna *G-3* przyjmuje ponadto, że wartość współczynnika r określa wykonawca pomiarów, kierując się następującymi zaleceniami:

- a) przy normalnym rozkładzie błędów tyczenia $r = 3$ i wtedy prawdopodobieństwo wyniku tyczenia $P_t = 0,9973$ lub $r = 2,5$ przy $P_t = 0,9876$ lub $r = 2$ przy $P_t = 0,9545$,
- b) w sytuacji występowania warunków pomiaru wskazujących na możliwość odbiegania rozkładu błędów tyczenia od rozkładu normalnego należy przyjmować $r = 4$.

Rozporządzenie tylko sygnalizuje zagadnienia dotyczące geodezyjnej obsługi budowy i montażu obiektu budowlanego, pomiarów przemieszczeń obiektu i jego podłoża oraz pomiarów odkształceń obiektu, odwołując się do przepisów wydanych na podstawie art. 43 pkt. 4 ustawy „*Prawo budowlane*”, tj. rozporządzenia z dnia 21 lutego 1995 r. Rozporządzenie to jednak tylko sygnalizuje czynności geodezyjne w toku budowy i po jej zakończeniu.

Wydane w 2011 r. rozporządzenie dotyczące standardów technicznych w geodezji jednoznacznie precyzuje geodezyjną inwentaryzację powykonawczą, wskazując jej cel, którym jest ustalenie danych określających kształt i położenie wybudowanych obiektów budowlanych, w państwowym systemie odniesień przestrzennych, niezbędnych do wprowadzenia zmian w:

- a) bazie danych ewidencji gruntów i budynków – w zakresie użytków gruntowych oraz budynków,
- b) bazie danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu – w zakresie sieci uzbrojenia terenu,
- c) bazie danych obiektów topograficznych o szczególności odpowiadającej standardowym opracowaniom kartograficznym w skalach od 1:500 do 1:5000.

Operat geodezyjny wchodzący w skład dokumentacji budowy powinien zawierać w szczególności:

- a) szkice tyczenia i szkice kontroli położenia poszczególnych elementów konstrukcyjnych obiektu budowlanego,
- b) dokumentację sporządzoną w wyniku geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej,
- c) mapę obrazującą kształt i położenie obiektów budowlanych oraz sposób zagospodarowania i ukształtowania terenu po zakończeniu procesu budowlanego,
- d) dokumentację określającą geometrię wybranych elementów konstrukcyjnych obiektu budowlanego (przykładowo – ocena zachowania pionowości przez trzony windowe) na tle wymagań wynikających z projektu i/lub tzw. geometrię stanu wyjściowego w przypadku obiektów wymagających w trakcie ich użytkowania okresowego badania przemieszczeń i/lub odkształceń.

Okresowe badania przemieszczeń i/lub odkształceń wymagają założenia specjalistycznej osnowy pomiarowej składającej się z punktów kontrolowanych na obiekcie oraz punktów odniesienia w miejscach zapewniających stałość ich wzajemnego położenia.

Ważnym zagadnieniem ujętym w treści rozporządzenia jest opracowanie kartograficzne w postaci mapy do celów projektowych, do sporządzenia której powinny być wykorzystane:

- a) zbiory danych państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego prowadzone w systemie baz danych, dotyczące ewidencji gruntów i budynków, geodezyjnej sieci uzbrojenia terenu, obiektów topograficznych (dla terenów miast oraz zwartych zabudowanych i przeznac-

czonych pod zabudowę obszarów wiejskich o szczegółowości odpowiadającej opracowaniom kartograficznym w skalach od 1:500 do 1:5000, dla pozostałych obszarów w skalach od 1:10000 do 1:100000), obiektów ogólnogeograficznych (w tym kartograficznych opracowań numerycznego modelu rzeźby terenu), a także zobrazowań lotniczych i satelitarnych oraz ortofotomapy i numerycznego modelu terenu,

- b) wyniki pomiarów obiektów nieobjętych w/w bazami danych, wskazanych przez inwestora lub projektanta,
- c) opracowania planistyczne, projekty budowlane oraz inne dokumenty objęte pozwoleniem na budowę, będące w zasobach organów administracji architektoniczno-urbanistyczno-budowlanej, dotyczące terenu projektowanej inwestycji lub terenów sąsiednich,
- d) mapa ewidencyjna w zakresie konturów użytków gruntowych i konturów klas gleboznawczych.

Rozporządzenie stwierdza, że pomiary terenowe mające na celu aktualizację baz danych na etapie opracowywania mapy do celów projektowych wykonuje się metodami:

- a) w zakresie sytuacyjnym – biegunową, ortogonalną, wcięć oraz precyzyjnego pozycjonowania przy pomocy GNSS,
- b) w zakresie wysokościowym – niwelacji geometrycznej, trygonometrycznej, satelitarnej i skaningu laserowego,
- c) w zakresie ukształtowania terenu – niwelacji punktów rozproszonych, niwelacji profilów, niwelacji siatkowej oraz tachimetrii.

Rozporządzenie określa kryteria techniczne i dokładnościowe powyższych metod pomiarowych, dopuszczając także stosowanie innych metod pod warunkiem udokumentowania możliwości uzyskania wymaganych dokładności.

W kontekście mapy do celów projektowych rozporządzenie wyróżnia i interpretuje sytuacje, gdy:

- a) na mapie są wykazywane kontury użytków gruntowych nieujawnione w bazie danych ewidencji gruntów i budynków,
- b) przedmiotem planowanej inwestycji są budynki sytuowane w odległości nie większej niż 4 m od granicy nieruchomości,
- c) punkty graniczne, które nie są na gruncie oznaczone w postaci znaków granicznych wymagają ustalenia ich położenia na gruncie,
- d) na mapie są uwidaczniane miary liniowe pozyskane w wyniku pomiarów geodezyjnych, określające odległości między punktami mającymi istotne znaczenie w procesie projektowania,
- e) na mapie w granicach projektowanej inwestycji budowlanej wyróżnia się grunty obciążone służebnościami gruntowymi ujawnionymi w księgach wieczystych.

Rozporządzenie jednoznacznie określa treść opisu mapy do celów projektowych oraz sposób edycji (arkusz formatu A4 lub jego wielokrotności), a także układ, w jakim mapa może być sporządzona, odpowiednio sekcyjny, jednostkowy lub wieloarkuszowy w zależności od rodzaju i wielkości inwestycji budowlanej.

W konkluzji można przyjąć, że przedstawione powyżej zagadnienia, zawarte w treści rozporządzenia, odzwierciedlają udział geodezji i kartografii w inwestycji budowlanej, zarówno w wymiarze organizacyjnym, jak i technicznym.

W zakresie dotyczącym geodezji i kartografii na potrzeby budownictwa rozporządzenie nawiązuje, co jest raczej zrozumiałe, do wcześniej funkcjonujących instrukcji i wytycznych technicznych wydanych przez GUGiK i, co ważne, odpowiada zadaniom wynikającym z ustawy „*Prawo budowlane*”.

2.2.4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. „w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych” [8]

W rozporządzeniu określającym państwowy system odniesień przestrzennych obowiązujący na terenie całego kraju, za istotne dla planowania przestrzennego oraz geodezji w budowlanym procesie inwestycyjnym należy uznać zapisy dotyczące:

- a) układu współrzędnych płaskich prostokątnych PL-1992 stosowanego w opracowaniach kartograficznych w skali 1:10000 i mniejszej, większej jednak od 1:500000 – szczegółową specyfikację parametrów technicznych tego układu zawiera tabela 10 załącznika nr 1 do rozporządzenia (jeden pas południkowy o południku osiowym 19°E, elipsoida odniesienia GRS80; odwzorowanie Gaussa-Krügera),
- b) układu współrzędnych płaskich prostokątnych PL-2000 stosowanego w pracach geodezyjnych i opracowaniach kartograficznych w skali większej od 1:10000 – w szczególności mapy ewidencyjnej i mapy zasadniczej – szczegółową specyfikację parametrów technicznych tego układu zawiera tabela 12 załącznika nr 1 do rozporządzenia (cztery pasy południkowe o południkach osiowych 15°E, 18°E, 21°E i 24°E oznaczone odpowiednio numerami 5, 6, 7 i 8; elipsoida odniesienia GRS80; odwzorowanie Gaussa-Krügera),
- c) geodezyjnego układu wysokościowego PL-KRON86-NH utworzonego przez wysokości normalne odniesione do średniego poziomu Morza Bałtyckiego, wyznaczonego dla mareografu w Kronsztadzie – szczegółową specyfikację parametrów technicznych tego układu zawiera tabela 7 załącznika nr 1 do rozporządzenia, z której wynika m.in., że układ ten będzie stosowany w pracach geodezyjnych nie dłużej niż do dnia 31.12.2019 r.

2.2.5. Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r. „w sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej” [9]

Treścią rozporządzenia wydanego na podstawie art. 19 ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*” są:

- a) zakres gromadzonych informacji oraz organizacja tryb i standardy techniczne tworzenia, a także aktualizacja i udostępnianie bazy danych GESUT i BDOT500,
- b) tryb i standardy techniczne tworzenia mapy zasadniczej na podstawie zbiorów danych zawartych w bazie danych EGiB (w zakresie ewidencji gruntów i budynków), bazie danych GESUT (w zakresie geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu), bazie danych PRG (w zakresie państwowego rejestru granic i powierzchni jednostek podziałów terytorialnych kraju), bazie danych PRPOG (w zakresie państwowego rejestru państwowych osnów geodezyjnych), bazie danych BDOT500 (w zakresie obiektów topograficznych o szczegółowości zapewniającej tworzenie standardowych opracowań kartograficznych w skalach 1:500 – 1:5000) oraz bazie danych BDSOG (w zakresie szczegółowych osnów geodezyjnych).

2.2.6. Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 29 marca 2001 r. „w sprawie ewidencji gruntów i budynków” (z późniejszymi zmianami) [10]

Rozporządzenie stanowi, że ewidencja obejmuje obszar całego kraju (z wyjątkiem morza terytorialnego), zaś jednostkami powierzchniowymi kraju dla celów ewidencji są: jednostka ewidencyjna, obręb ewidencyjny i działka ewidencyjna.

Działka ewidencyjna stanowi ciągły obszar gruntu, położony w granicach jednego obrębu, jednorodny pod względem prawnym i wydzielony z otoczenia za pomocą linii granicznych.

Ustawa [3] zmieniająca ustawę „Prawo geodezyjne i kartograficzne”, ewidencję gruntów i budynków interpretuje jako system informacyjny zapewniający gromadzenie, aktualizację oraz udostępnianie w sposób jednolity dla kraju, informacji o gruntach, budynkach i lokalach, ich właścicielach oraz innych podmiotach władających lub gospodarujących tymi gruntami budynkami i lokalami.

Ujednolicenie zbiorów danych zawartych w powiatowych bazach danych ewidencji gruntów i budynków, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Administracji i Cyfryzacji z 29 listopada 2013 r. (zmieniającego rozporządzenie z 2001 r.) stworzyło możliwości udostępniania danych ewidencji gruntów i budynków, zgodnie z zasadami określonymi w ustawie z dnia 4 marca 2010 r. „O infrastrukturze informacji przestrzennej”. Uczyniło to ewidencję gruntów i budynków rejestrem publicznym obejmującym rejestry gruntów, budynków i lokali, kartoteki budynków i lokali oraz mapę ewidencyjną, do wykorzystania m.in. w budowlanych procesach inwestycyjnych.

2.2.7. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r.

**„w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego”
(z późniejszymi zmianami) [11]**

W nawiązaniu do ustawy „*Prawo budowlane*”, rozporządzenie określa szczegółowy zakres i formę projektu budowlanego, składającego się z dwóch podstawowych opracowań, którymi są:

- projekt zagospodarowania działki lub terenu,
- projekt architektoniczno-budowlany uzupełniony o wyniki badań geologiczno-inżynierskich oraz ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych.

Projekt zagospodarowania działki lub terenu powinien zawierać część opisową oraz część rysunkową sporządzoną na mapie do celów projektowych.

Część rysunkowa, sporządzona na mapie, powinna określać:

- a) orientację położenia działki lub terenu objętych projektem w stosunku do sąsiednich terenów i kierunku północy,
- b) granice działki lub terenu, usytuowanie, obrys i układ istniejących oraz projektowanych obiektów budowlanych (w tym urządzeń budowlanych z nimi związanych) z oznaczeniem i opisem geometrii całej infrastruktury technicznej za pomocą charakterystycznych rzędnych, wymiarów i wzajemnych odległości obiektów i urządzeń budowlanych, także w odniesieniu do istniejącej zabudowy terenów sąsiednich,
- c) ukształtowanie terenu, z oznaczeniem zmian w stosunku do stanu istniejącego,
- d) ukształtowanie zieleni, z oznaczeniem zadrzewienia podlegającego akceptacji lub likwidacji oraz układ projektowanej zieleni wysokiej i niskiej,
- e) usytuowanie urządzeń przeciwpożarowego zaopatrzenia wodnego oraz dróg dojazdowych,
- f) układ sieci i instalacji uzbrojenia terenu wraz z przyłączami do odpowiednich sieci zewnętrznych i wewnętrznych oraz urządzeń budowlanych,
- g) układ linii lub przewodów elektrycznych i telekomunikacyjnych oraz związanych z nim urządzeń technicznych,
- h) ewentualny podział terenu wynikający z etapowej realizacji inwestycji budowlanej lub przewidywanej rozbudowy.

Powyższe informacje mogą być zamieszczone na dodatkowych rysunkach w sytuacji, gdy zwiększy to czytelność projektu zagospodarowania działki lub terenu.

2.2.8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 sierpnia 2003 r.

„w sprawie sposobu ustalania wymagań dotyczących nowej zabudowy i zagospodarowania terenu w przypadku braku miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego” [12]

W nawiązaniu do ustawy „o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym” [4] rozporządzenie określa m.in.:

- a) granice obszaru analizowanego wokół działki budowlanej w celu ustalenia wymagań dla jej nowej zabudowy i zagospodarowania terenu, które powinny być przedstawione na kopii mapy zasadniczej lub w przypadku jej braku na kopii mapy ewidencyjnej, przyjętych do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego – w odległości nie mniejszej niż trzykrotna szerokość frontu działki objętej wnioskiem o ustalenie warunków zabudowy, nie mniejszej jednak niż 50 m,
- b) obowiązującą linią nowej zabudowy na działce objętej powyższym wnioskiem, która powinna być wyznaczona jako przedłużenie linii istniejącej zabudowy na działkach sąsiednich.

Mapy wymienione powyżej są także podstawą opracowania części graficznej decyzji o warunkach zabudowy ustalającej warunki i wymagania dotyczące nowej zabudowy i zagospodarowania terenu.

2.2.9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r.

„w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami) [13]

Rozporządzenie zawiera zapisy dotyczące usytuowania budynków na działce budowlanej, których treść jest bardzo ważna, szczególnie dla geodetów wykonujących inwentaryzację powykonawczą.

Rozporządzenie stwierdza, że budynki na działce budowlanej sytuuje się od granicy z sąsiednią działką budowlaną w odległości nie mniejszej niż:

- a) 4 m – w przypadku budynku zwróconego ścianą z otworami okiennymi lub drzwiowymi w stronę granicy,
- b) 3 m – w przypadku budynku zwróconego ścianą bez otworów okiennych lub drzwiowych w stronę granicy.

Rozporządzenie wskazuje interpretację geometryczną powyższych odległości oraz przypadki sytuowania budynków, w których wymóg odległości 3 m może być nie dotrzymany.

Rozporządzenie zawiera zapis, że do działek budowlanych oraz do budynków należy zapewnić m.in. dojazd umożliwiający dostęp do drogi publicznej, przy czym szerokość jezdni nie może być mniejsza niż 3 m.

2.2.10. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami) [14]

Zachowując przepisy ustawy „Prawo budowlane”, rozporządzenie w sposób szczegółowy określa warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i związane z nimi urządzenia budowlane oraz ich usytuowanie.

Szczegółowa specyfikacja drogi w ujęciu geometrycznym dotyczy w sposób oczywisty etapu projektowania inwestycji drogowej, ale ma znaczenie także dla geodetów wykonujących:

- a) geodezyjne opracowanie projektu inwestycji drogowej – opracowanie szkiców dokumentacyjnych ze wskazaniem miar kontrolnych, weryfikujących poprawność projektu na tle warunków technicznych (geometrycznych) wynikających z rozporządzenia,
- b) tyczenie punktów o założonym położeniu w przyjętym układzie odniesienia,
- c) geodezyjne pomiary powykonawcze mające na celu pozyskanie danych do oceny zgodności zrealizowanej drogi z jej projektem.

W załączniku nr 6 pt. „Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać nawierzchnie drogi” wskazane jest zadanie pt. „Rzędne wysokościowe”, które można bezpośrednio łączyć z geodezją, a ściślej z pomiarami mającymi na celu wyznaczenie rzędnych wysokościowych podłoża (dopuszczalne odchylenie w stosunku do rzędnych projektowych -2 cm , $+0\text{ cm}$), podbudowy zasadniczej (dopuszczalne odchylenie -1 cm , $+0\text{ cm}$) i warstwy ścieralnej (dopuszczalne odchylenie $\pm 1\text{ cm}$). Pomiary powyższe o charakterze sprawdzającym (projekt-realizacja) na drogach klasy A i S powinny być wykonane na siatce o wymiarach $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ z jednoznacznym sprawdzeniem rzędnych osi podłużnej jezdni i obu krawędzi. Druga część zakresu powyższych pomiarów (tylko oś podłużna i krawędzie) odnosi się także do dróg o jezdni węższej niż 10 m .

Wskazanie wartości dopuszczalnych odchyień w stosunku do rzędnych projektowych może być przydatne w kontekście wyboru metody pomiarowej i/lub instrumentu pomiarowego (niwelacja geometryczna, trygonometryczna, precyzyjne pozycjonowanie GNSS).

2.2.11. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami) [15]

Rozporządzenie w rozdziale pt. „Znaki pomiarowe” zawiera ustalenie, zgodnie z którym na potrzeby oceny prawidłowej pracy obiektu inżynierskiego powinny być na nim osadzone znaki wysokościowe (repery) według następujących zaleceń:

1. na głowicach tuneli – nie mniej niż 3 repery,

2. na każdej z podpór mostu – nie mniej niż 4 repery,
3. po obu stronach prześłu:
 - a) nad podporami,
 - b) w środku rozpiętości prześłu dłuższych niż 21 m w osiach skrajnych dźwigarów lub punktach nad dolnymi krawędziami płyt.

Powyższe repery powinny być powiązane ze stałym reperem wykonanym z trwałego materiału i posadowionym na gruncie rodzimym poniżej poziomu przemarzania, w niewielkiej odległości od obiektu. Reper ten powinien być w miarę możliwości dowiązany do geodezyjnej osnowy wysokościowej. W przypadku obiektów o długości większej niż 100 m powinny być założone dwa repery (interpretowane jako stałe) w pobliżu końców obiektu.

Ponadto rozporządzenie sugeruje, że w przypadku obiektów mostowych o długościach nie mniejszych niż 200 m i wymagających stałej obserwacji, powinno dążyć się do wyposażenia tych obiektów w stanowiska pomiarowe zlokalizowane poza nimi, mając na uwadze cykliczne pomiary niwelacyjne ukierunkowane na okresową rejestrację osiadań, przechyłu podpór i ugięć prześłu.

2.2.12. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie” [16]

Ustalając zasady usytuowania sieci gazowych, rozporządzenie wyszczególnia wymiary składające się na geometrię budowanych gazociągów oraz określające ich położenie względem przewodów innych sieci, a także istniejących i projektowanych budynków oraz budowli, przy zachowaniu tzw. stref kontrolowanych.

Wykazane wymiary powinny być brane pod uwagę na etapie prac tyczeniowych oraz przede wszystkim podczas geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej wybudowanych gazociągów, głównie w kontekście objęcia pomiarem tych elementów ich konstrukcji, które będą podlegały ocenie zgodności realizacji z projektem.

2.2.13. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 października 2005 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać telekomunikacyjne obiekty budowlane i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami) [17]

Rozporządzenie określa minimalne odległości napowietrznej linii kablowej od powierzchni terenu (prześwitu pod przewodami), co może być przedmiotem wyznaczeń metodami geodezyjnymi zgodnie z rozporządzeniem [7].

W formie załącznika wykazane są odległości i głębokości odpowiadające wymaganemu usytuowaniu kanalizacji kablowej i linii kablowych podziemnych. Wykazane miary powinny być brane pod uwagę na etapie prac tyczeniowych oraz przede wszystkim geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej.

2.2.14. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami) [18]

Rozporządzenie stwierdza, że usytuowanie budowli rolniczych (zbiorniki, silosy i komory fermentacyjne) i projekt zagospodarowania działki lub terenu powinny być zgodne z decyzją o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu.

Rozporządzenie to, a także zmieniające je, rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 czerwca 2009 r. zawierają stosunkowo obszerny wykaz odległości, jakie powinny być zachowane przez różnego rodzaju budowle rolnicze. Wykazane wymiary powinny być brane pod uwagę podczas geodezyjnego opracowania projektu zagospodarowania działki lub terenu, prac tyczeniowych oraz geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej.

2.2.15. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie” [19]

Rozporządzenie określa geometrię infrastruktury technicznej oraz, w ujęciu szczegółowym, torów metra (wraz z dopuszczalnymi odchyleniami od wymiarów nominalnych – tolerancjami o wartości od ± 1 mm do ± 2 mm).

Wyszczególnione parametry geometryczne powinny być uwzględnione zarówno podczas geodezyjnego opracowania projektu budowlanego (przygotowanie danych do wytyczenia elementów projektu), jak i geodezyjnej obsługi budowy oraz geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej, także w kontekście doboru optymalnej metodyki pomiarowej.

2.2.16. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie” [20]

Rozporządzenie określa warunki techniczne jakim powinno odpowiadać usytuowanie morskich budowli hydrotechnicznych na działce budowlanej oraz zagospodarowanie działek, w tym także akwenów i terenów przeznaczonych pod zabudowę tymi budowlami. Warunki odnoszące się do geometrii wyszczególnionych budowli powinny być uwzględnione podczas geodezyjnego opracowywania projektu zagospodarowania działki i na tej podstawie powinny być przygotowane odpowiednie dane do prac tyczeniowych.

**2.2.17. Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej
z dnia 23 października 2006 r. „w sprawie warunków technicznych,
użytkowania oraz szczegółowego zakresu kontroli morskich budowli
hydrotechnicznych” [21]**

Rozporządzenie zawiera zapisy istotne w kontekście pomiarów geodezyjnych wykonywanych na potrzeby specjalistycznych ekspertyz ukierunkowanych na ocenę utrzymania sprawności technicznej budowli morskich, co dotyczyć może:

- a) geometrii toru poddźwignicowego,
- b) grubości stalowej ścianki szczelnej lub stalowej palościanki,
- c) okresowej obserwacji odkształceń górnej powierzchni skarpy,
- d) okresowej obserwacji osiadań, ugięć i przemieszczeń całej konstrukcji budowli i jej elementów składowych,
- e) okresowej obserwacji osiadań i przemieszczeń budowli ochrony brzegu morskiego.

Rozporządzenie stwierdza, że okresowa kontrola nawodnej i podwodnej budowli morskiej powinna być poprzedzona pomiarami geodezyjnymi przemieszczeń pionowych i poziomych jej elementów konstrukcyjnych. Ponadto, jeżeli w okresie wykonywania budowli morskiej przeprowadzono pomiary geodezyjne, konieczne jest dołączenie wyników tych pomiarów do wyników pomiaru wyjściowego wraz z opisem zdarzeń i okoliczności występujących podczas dokonanego pomiaru.

**2.2.18. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r.
„w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać
budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie” [22]**

Rozporządzenie zakłada, że budowle hydrotechniczne (tj. budowle wraz z urządzeniami i instalacjami technicznymi, służące gospodarce wodnej oraz kształtowaniu zasobów wodnych i korzystaniu z nich – zapory ziemne i betonowe, jazy, śluzy żeglugowe, siłownie i elektrownie wodne, kanały, sztolnie i wały przeciwpowodziowe) powinny być wyposażone w urządzenia kontrolno-pomiarowe, umożliwiające obserwacje i pomiary m.in. przemieszczeń i odkształceń budowli, jej podłoża oraz przyległego terenu. Urządzenia kontrolno-pomiarowe należy instalować i prowadzić obserwacje od początku budowy tak, aby wyniki pomiarów umożliwiały ocenę stanu geometrycznego budowli w czasie trwania budowy oraz prognozowanie jej dalszego zachowania się w aspekcie geometrycznym.

Rodzaj, ilość i rozmieszczenie urządzeń kontrolno-pomiarowych oraz stopień dokładności pomiarów należy ustalać indywidualnie dla każdej budowli hydrotechnicznej w zależności od jej klasy oraz konstrukcji i rodzaju podłoża pod budowlą, w taki sposób, aby wyniki pomiarów umożliwiały ocenę stanu technicznego i bezpieczeństwa.

Rozporządzenie przyjmuje, że obserwacje rejestrowane przez urządzenia kontrolno-pomiarowe powinny być prowadzone w nawiązaniu do geodezyjnej sieci odniesienia, zaś dla okresowo wykonywanych pomiarów, już na etapie

projektowania budowli powinna być ustalona częstotliwość (należy dodać także i dokładność) pomiarów oraz metody interpretacji okresowo pozyskiwanych wyników.

2.2.19. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie” (z późniejszymi zmianami) [23]

Ustalenia zawarte w rozporządzeniu dotyczą projektowania i realizacji takich budowli, jak: drogi szynowe (budowle wraz z gruntem na którym usytuowany jest tor o konstrukcji szynowej, dostosowane do ruchu pojazdów kolejowych), koleje niekonwencjonalne, mosty, wiadukty, budowle ziemne, rampy, perony, skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi w jednym poziomie oraz naziemne i podziemne przejścia dla pieszych.

Szczegółowa specyfikacja warunków technicznych budowli kolejowych obejmuje przede wszystkim układ geometryczny torów linii normalnotorowych (o nominalnej szerokości toru 1435 mm) w tym:

- rozstaw torów i obrys skrajni,
- przechyłka i poszerzenie toru w łuku,
- minimalne promienie toru w łuku,
- krzywa przejściowa odpowiadająca paraboli trzeciego stopnia,
- minimalna długość odcinka prostego toru między łukami lub krzywymi przejściowymi,
- pochylenie podłużne toru,
- odległość między załomami profilu podłużnego (długość odcinka o stałym pochyleniu),
- dopuszczalna różnica dwóch sąsiednich pochyleń podłużnych,
- promienie łuku wyokrąglającego załomy profilu podłużnego,
- rozstaw torów z usytuowanym między nimi peronem.

Podobne ustalenia obejmują linie wąskotorowe, linie szerokotorowe, szybkie koleje miejskie oraz w innym ujęciu koleje niekonwencjonalne – koleje linowe.

Złożoność geometrii dróg szynowych wymaga niewątpliwie odpowiedniego zabezpieczenia pomiarowego na etapie wykonywania prac tyczeniowych oraz podczas inwentaryzacji powykonawczej, dokumentującej zgodność zrealizowanych linii kolejowych z projektem. Rozporządzenie ustalając wymiary nominalne w odniesieniu do określonych cech geometrycznych dróg szynowych nie wskazuje jakichkolwiek dopuszczalnych odchyleń (tolerancji) i w tym zakresie wskazane jest wykorzystanie normalizacji branżowej oraz przede wszystkim współpraca geodety z projektantami i kierownikami robót.

2.2.20. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r.

„w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie”
(z późniejszymi zmianami) [24]

Rozporządzenie ustala odległości określające wzajemne usytuowanie obiektów budowlanych, takich jak: stacje i bazy paliw płynnych oraz gazu płynnego, stacje kontenerowe ze zbiornikami i ścianami osłonowymi oraz rurociągi przesyłowe dalekosiężne. Ponadto ustala szerokość pasa ochronnego wokół budynków oraz od granicy pasa kolejowego, krawędzi jezdni i granicy lasu w pobliżu zbiorników w bazach paliw płynnych.

Spełnienie wymagań w zakresie usytuowania w/w obiektów budowlanych oraz zachowania pasa ochronnego, powinno być wstępnie weryfikowane na etapie geodezyjnego opracowania projektu zagospodarowania terenu inwestycji, zaś potwierdzone w wyniku przeprowadzonej geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej.

2.2.21. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 26 lutego 1996 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi i ich usytuowanie” [25]

Rozporządzenie ustala wymagania w zakresie projektowania i budowy skrzyżowania linii kolei użytku publicznego i niepublicznego z drogami publicznymi, w tym m.in. dotyczące układu geometrycznego skrzyżowania w jednym poziomie (przejazdu), co obejmuje kąt skrzyżowania osi drogi z osią toru kolejowego, specyfikację warunków geometrycznych drogi w obrębie skrzyżowania i dojazdu do skrzyżowania oraz lokalizację urządzeń infrastruktury technicznej w obszarze skrzyżowania. Druga część ustaleń zawartych w rozporządzeniu odnosi się do skrzyżowań dwupoziomowych.

Specyfikacja skrzyżowań w ujęciu geometrycznym powinna być przedmiotem szczególnej uwagi podczas geodezyjnego opracowania projektu zagospodarowania terenu inwestycji i/lub projektu architektoniczno- budowlanego. W konsekwencji umożliwi to właściwe zaplanowanie i realizację prac tyczeniowych oraz pomiarów inwentaryzacyjnych podczas trwania budowy i po jej zakończeniu.

2.2.22. Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 2 sierpnia 1996 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane nie będące budynkami, służące obronności Państwa i ich usytuowanie” [26]

Rozporządzenie ustala, że obiekty budowlane terenowej bazy szkoleniowej (garnizonowe i poligonowe) i wchodzące w ich skład budowle należy tak lokalizować, projektować i wykorzystywać, aby zapewnić zgodność z miejscowym

planem zagospodarowania przestrzennego oraz wymaganiami decyzji ustalającej warunki zabudowy i zagospodarowania terenu.

2.2.23. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 r. „w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej” [27]

Rozporządzenie będące aktem wykonawczym do ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. „*Prawo geologiczne i górnicze*” określa m.in. wymagania dotyczące wykonywania prac geodezyjnych w celu sporządzenia, aktualizacji i uzupełnienia dokumentacji mierniczo-geologicznej. Powyższe wymagania zostały opracowane w formie szczegółowo zredagowanego załącznika obejmującego metodykę pomiarów geodezyjnych na powierzchni zakładów górniczych oraz w podziemnych wyrobiskach.

2.2.24. Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 31 stycznia 2014 r. „w sprawie uprawnień zawodowych w dziedzinie geodezji i kartografii” [28]

W nawiązaniu do ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*” rozporządzenie określa sposób, tryb i szczegółowe warunki nadawania uprawnień zawodowych. Dla geodetów planujących sprawowanie samodzielnych funkcji w geodezji lub biorących udział w pracach geodezyjnych wykonywanych na potrzeby budownictwa w ramach zespołów pomiarowych, istotne jest wyszczególnienie rodzajów prac geodezyjnych i kartograficznych przed rozpoczęciem procedury kwalifikacyjnej.

Pracami tymi są:

- a) zakres 1 – geodezyjne pomiary sytuacyjno-wysokościowe, realizacyjne i inwentaryzacyjne:
 - sporządzanie lub aktualizacja mapy zasadniczej,
 - tyczenie obiektów budowlanych obejmujących budynki lub budowle w tym sieci uzbrojenia podziemnego,
 - inwentaryzacja obiektów budowlanych obejmujących budynki lub budowle w tym sieci uzbrojenia podziemnego,
 - zakładanie i pomiar osnów pomiarowych lub realizacyjnych sytuacyjnych i wysokościowych, kartograficzne opracowanie mapy do celów projektowych.
- b) zakres 4 – geodezyjna obsługa inwestycji
 - projektowanie, zakładanie i pomiar osnowy realizacyjnej,
 - pomiary odkształceń i przemieszczeń budowli lub przemieszczeń podłoża,
 - badanie geometrii budowli i urządzeń przemysłowych,
 - geodezyjna obsługa budowlanego procesu inwestycyjnego,
 - geodezyjne opracowanie projektu budowlanego,
 - pomiary realizacyjne budynków oraz budowli,
 - geodezyjna inwentaryzacja budynków oraz budowli.

Uczestnikom budowlanego procesu inwestycyjnego wykaz powyższych prac może być przydatny przy formułowaniu ofert przetargowych oraz umów na prace geodezyjne w sytuacji, gdy będą dysponować rozeznanie odnośnie rodzaju prac jakie mogą stanowić zadanie dla geodety, którego wiedza i umiejętności zostały pozytywnie zweryfikowane przez komisję kwalifikacyjną.

2.3. Podsumowanie

Z treści ustawy „Prawo budowlane”, ustawy „Prawo geodezyjne i kartograficzne” oraz ustawy „O planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym” wynikają trzy zasadnicze zadania mające związek z przygotowaniem i realizacją inwestycji budowlanych, którymi są:

- sformułowanie aktualnej informacji o terenie w zakresie umożliwiającym opracowanie projektu budowlanego, głównie jego części obejmującej projekt zagospodarowania działki lub terenu,
- wyznaczenie w terenie położenia projektowego obiektów budowlanych na podstawie geodezyjnego opracowania projektu zagospodarowania działki lub terenu oraz ewentualna geodezyjna obsługa budowy w zakresie wynikającym z projektu budowlanego lub na wniosek uczestników procesu budowlanego,
- inwentaryzacja powykonawcza obejmująca położenie wybudowanych obiektów i ich infrastruktury technicznej, głównie w kontekście wymogów nadzoru budowlanego przy ubieganiu się o wydanie decyzji umożliwiającej użytkowanie tych obiektów.

Powyższe zadania znajdują odzwierciedlenie w treści rozporządzeń, która obejmuje:

- charakterystykę merytoryczno-techniczną map wykorzystywanych na etapach planowania i projektowania obiektów budowlanych,
- dane dotyczące usytuowania obiektów budowlanych,
- zakres i metodykę pomiarów geodezyjnych – osnowy realizacyjne, metody i dokładność tyczenia, inwentaryzacja powykonawcza,
- lokalizację znaków pomiarowych oraz urządzeń kontrolno-pomiarowych na obiektach budowlanych mając na uwadze okresową rejestrację struktury geometrycznej tych obiektów na potrzeby oceny bezpieczeństwa ich użytkowania.

Ocena zakresu i treści rozporządzeń do ustawy „Prawo geodezyjne i kartograficzne” przekonuje, że stanowią one dobrą bazę organizacyjno-techniczną do podejmowania prac geodezyjnych w budownictwie.

Pozostałe rozporządzenia, stanowią niewątpliwie zbiór cennych informacji, szczególnie przydatnych w przypadku współpracy na linii „projektant – geodeta”, „kierownik budowy – geodeta” oraz „nadzór techniczny – geodeta”, co znajduje odzwierciedlenie m.in. w wymaganiach przy ubieganiu się o uprawnienia zawodowe z zakresu 4 obejmującego geodezyjną obsługę inwestycji.

3. NORMY O SYMBOLU PN

Zgodnie z ustawą z dnia 12 września 2002 r. „*O normalizacji*”, norma jest dokumentem przyjętym na zasadzie konsensusu i zatwierdzonym przez upoważnioną jednostkę organizacyjną, ustalającym do wielokrotnego stosowania – zasady, wytyczne oraz charakterystyki odnoszące się do różnych rodzajów działalności i zmierzającym do uzyskania optymalnego stopnia uporządkowania w określonym zakresie.

W zakresie tematycznym obejmującym geodezję inżynierską, aktualnie są tylko dwie polskie normy [29] opracowane jako tzw. normy własne i obydwie obejmują podstawowe terminy z zakresu:

- a) geodezyjnego wyznaczenia przemieszczeń; norma PN-N-02211:2000 pt. „*Geodezja – geodezyjne wyznaczanie przemieszczeń – terminologia podstawowa*”, będąca nowelizacją normy pod tym samym tytułem z roku 1974,
- b) pomiarów realizacyjnych; norma PN-N-99310: 2000 pt. „*Geodezja – pomiary realizacyjne – terminologia*”, będąca nowelizacją normy pod tym samym tytułem w roku 1973.

Zgodnie z procedurą pt. „*Przegląd polskich norm własnych i polskich norm wprowadzających normy międzynarodowe*” przyjętą przez Polski Komitet Normalizacyjny, każda norma podlega przeglądowi co 5 lat. Powyższe normy zostały poddane takiemu przeglądowi w roku 2010 z konkluzją o ich aktualności, gdyż jako normy terminologiczne nie dezaktualizują się tak szybko jak normy metodyczno-techniczne.

Norma PN-N-02211 jest bardzo wartościowym opracowaniem, głównie w kontekście rozporządzeń będących aktami wykonawczymi do ustawy „*Prawo budowlane*” oraz ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*”, które w zasadzie tylko sygnalizują zagadnienie wyznaczania przemieszczeń i odkształceń obiektów budowlanych.

Norma PN-N-02211 podaje, w sposób jednoznaczny i wyczerpujący, a przy tym wzajemnie spójny, interpretację 88 terminów w podziale na:

- pojęcia ogólne (30 terminów),
- metody pomiarów (19 terminów),
- znaki i urządzenia pomiarowo-kontrolne (20 terminów),
- metody opracowania wyników pomiarów (19 terminów).

Dla tematyki wyznaczania przemieszczeń i odkształceń (sygnalizowanych w rozporządzeniach [5] i [7]) istotne jest zdefiniowanie terminów, takich jak: przemieszczenie i wektor przemieszczenia punktu, przemieszczenie poziome i pionowe punktu, przemieszczenie obiektu, w tym jego translacja i obrót, odkształcenia (deformacje) obiektu, baza (własna i zewnętrzna) i układ odniesienia, stabilny układ odniesienia, identyfikacja układu odniesienia, generalizacja przemieszczeń punktów obiektu, geodezyjny opis deformacji obiektu i inżynierska interpretacja wyznaczonych przemieszczeń.

Mając na uwadze poprawną i jednoznaczną interpretację istotnego zadania z zakresu geodezji inżynierskiej, jakim jest wyznaczanie przemieszczeń i odkształceń, uzasadnione jest przywołanie trzech terminów, którymi są:

- przemieszczenia obiektu – zainstnowała w określonym intrwale czasu, zmiana położenia obiektu względem przyjętego układu odniesienia tj. odpowiednio licznego zbioru punktów materialnych spełniających określone kryterium stałości wzajemnego położenia – baza odniesienia oraz związanego z nią w sposób jednoznaczny układu współrzędnych służącego do zapisu pozycji punktów i wektorów przemieszczeń,
- odkształcenie (deformacja) obiektu – zmiana uformułowania niezdylatowanej bryły obiektu, nie naruszająca jej ciągłości materialnej, wyrażająca się w zmianach wzajemnych odległości między punktami tej bryły i/lub wartości kątów między liniami łączącymi te punkty.
- interpretacja wyznaczonych przemieszczeń – analiza wyznaczonych przemieszczeń w stosunku do przemieszczeń przewidywanych z uwzględnieniem wyników innych badań i informacji o układzie obciążeń oddziałujących na badany obiekt, mająca na celu określenie stopnia bezpieczeństwa w czasie jego budowy lub eksploatacji i umożliwiająca podejmowanie odpowiednich decyzji.

W nawiązaniu do rozporządzeń „*niegeodezyjnych*” istotne jest zdefiniowanie stanowiska pomiarowo-kontrolnego jako miejsca przeznaczonego do wykonywania okresowych pomiarów, służących do wyznaczania przemieszczeń lub odkształceń, zaopatrzonego w urządzenie ustawcze przyrządu pomiarowego lub zainstalowany na stałe przyrząd pomiarowy.

Norma PN-N-99310 obejmuje podstawowe terminy z zakresu pomiarów realizacyjnych, które są zdefiniowane w podziale na:

- terminy ogólne (20 terminów),
- osnowy pomiarowe i tyczenie obiektów budowlanych (32 terminy).

W kontekście ustawy „*Prawo budowlane*” zasadnicze znaczenie mają dwa terminy, którymi są:

- tyczenie – zespół czynności geodezyjnych mających na celu wskazanie w terenie lub na realizowanym obiekcie budowlanym punktów o założonym położeniu w przyjętym układzie odniesienia oraz oznaczenie tych punktów w sposób trwały lub tymczasowy,
- pomiary powykonawcze (inaczej powykonawcze pomiary inwentaryzacyjne, pomiary sprawdzające, pomiary kontrolne) – zespół czynności geodezyjnych mających na celu weryfikację zgodności z projektem usytuowania obiektu budowlanego oraz wybranych cech geometrycznych elementów i zespołów konstrukcyjnych tego obiektu w zakresie nieprzekroczenia odchyłek dopuszczalnych.

Pewnym atutem tej normy może być jej zgodność merytoryczna z normami ISO z zakresu tolerancji wymiarów oraz metod pomiarowych w budownictwie.

4. UWARUNKOWANIA TECHNICZNE KSZTAŁTOWANIA GEOMETRII BUDYNKÓW WEDŁUG STANDARDÓW ISO

4.1. Informacje ogólne

Wprowadzenie norm międzynarodowych do zbioru norm polskich o symbolu PN odbywa się według procedury opracowanej przez Polski Komitet Normalizacyjny, zgodnie z którą:

- a) wprowadzeniu do PN podlegają normy opracowane przez międzynarodowe organizacje normalizacyjne ISO i IEC, zwane normami międzynarodowymi, jeśli wynika to z potrzeb zainteresowanych środowisk,
- b) wprowadzenie normy międzynarodowej polega na przygotowaniu PN identycznej pod względem treści i prezentacji z normą wprowadzaną (metoda tłumaczenia lub przedruku z tłumaczeniem), gdyż modyfikacja normy wprowadzanej jest możliwa tylko w wyjątkowych przypadkach.

Normy mogące być przedmiotem zainteresowań geodetów współpracujących z projektantami obiektów budowlanych zostały opracowane przez dwa komitety techniczne międzynarodowej organizacji normalizacyjnej ISO z siedzibą w Genewie, tj.:

- a) Komitet Techniczny ISO/TC 59 „*Obiekty budowlane*”, Podkomitet SC4 „*Tolerancje wymiarowe i pomiary*”,
- b) Komitet Techniczny ISO/TC 172 „*Optyka i instrumenty optyczne*”, (aktualnie „*Optyka i fotonika*”), Podkomitet SC6 „*Instrumenty geodezyjne i pomiarowe*”.

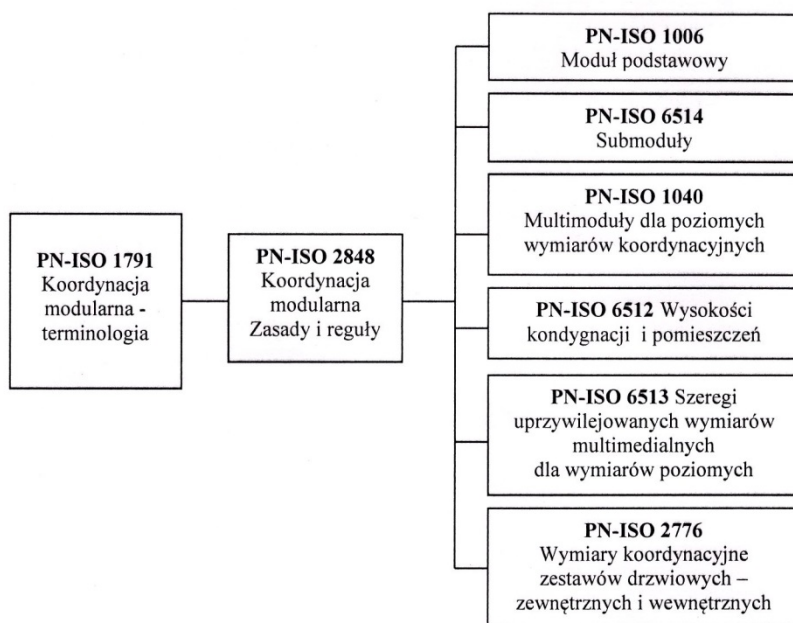
Zakres tematyczny opracowanych norm obejmuje przede wszystkim dwa podstawowe zagadnienia, którymi są:

1. geometryczne kształtowanie budynków, na które składają się: wymiarowanie przy założeniu, że poszczególne wymiary elementów konstrukcyjnych są wymiarami tolerowanymi oraz pomiary geodezyjne umożliwiające restytucję modelu projektowego w warunkach terenowych,
2. terenowe procedury testowe instrumentów geodezyjnych, mające na celu wykazanie możliwości uzyskania przez dany instrument dokładności spełniającej wymagania wynikające ze specyfikacji planowanej inwestycji budowlanej.

Pierwsze z w/w zagadnień w sposób bezpośredni nawiązuje do inwestycji budowlanej na etapach jej planowania, projektowania oraz realizacji, zaś drugie można łączyć z wszystkimi pomiarami, co do których rozporządzenie [6] i [7] lub specyfikacja techniczna wykonania i kontroli robót budowlanych nakładają wymóg wykonywania pomiarów z ustaloną dokładnością.

4.2. Koordynacja wymiarowa

Zasadniczym zadaniem koordynacji wymiarowej jest ustalenie zasad współzależności między wymiarami elementów konstrukcyjnych budynku, określonymi w projekcie architektoniczno-budowlanym. W sytuacji, gdy jako podstawę wymiarowania przyjmuje się moduł podstawowy $1M = 100\text{ m}$, lub wybrany multimoduł z następujących $3M$, $6M$, $12M$, $30M$, $60M$ (w wyjątkowych przypadkach także $15M$), koordynacja wymiarowa staje się koordynacją modułową. Koordynacja modułowa jest tematem kilku norm PN-ISO, z których te o istotnym znaczeniu dla wymiarowania ukazują schemat na rys. 1.



Rys. 1. Normy PN-ISO z zakresu koordynacji modułowej

Ocena zakresu i treści powyższych norm uzasadnia wnioskowanie, że koordynacja modułowa m.in.:

- umożliwia wymiarowanie w taki sposób, że budynki mogą być wykonane ze znormalizowanych elementów konstrukcyjnych bez zbędnego ograniczania swobody ich projektowania,
- pozwała stosować zasady i reguły normalizacji w sposób elastyczny, co może sprzyjać ograniczeniu ilości znormalizowanych wymiarowo elementów konstrukcyjnych i jednocześnie ich wymieniałości niezależnie od materiału z jakiego są wykonane,
- usprawnia czynności na placu budowy obejmujące składowanie elementów konstrukcyjnych i ich montaż,

- d) ułatwia współpracę między uczestnikami procesu budowlanego (inwestor, inspektor nadzoru inwestorskiego, projektant, kierownik budowy lub kierownik robót).

W ocenie końcowej należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że normy ISO z zakresu koordynacji modularnej nie wnoszą żadnych nowych bądź oryginalnych uwarunkowań do krajowej normalizacji, gdyż ich treść jest bardzo zbieżna z normą PN-86/B-02354 pt. „*Koordinacja wymiarowa w budownictwie – wartości modularne i zasady koordynacji modularnej*” z zachowaniem tych samych wartości modułu podstawowego oraz submodułów i multimodułów.

4.3. Wyrażanie dokładności wymiarowej

Geometrię zrealizowanego budynku (jako całości i/lub jego elementów konstrukcyjnych) na tle modelu projektowego charakteryzują pewne odstępstwa, interpretowane jako odchyłki, które wg ISO mogą być:

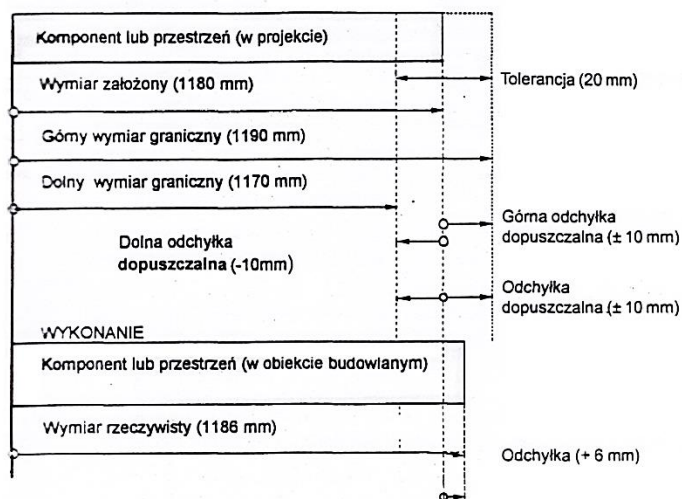
- a) skutkiem następujących po sobie czynności pomiarowych i montażowych wykonywanych z pewną ograniczoną dokładnością w warunkach placu budowy i wtedy są to odchyłki technologiczne,
- b) wywołane przez reakcję materiałów budowlanych (z których elementy konstrukcyjne są wykonywane) na zmiany czynników fizycznych, takich jak temperatura i wilgotność oraz obciążenia i wtedy są to odchyłki własne.

W powyższym kontekście, aby geometria zrealizowanego obiektu budowlanego mogła być uznana za zgodną z geometrią oczekiwaną (wynikającą z założeń projektowych), projekt powinien dopuszczać tzw. zmienność wymiarową i wyraźnie wskazywać jej akceptowany zakres w formie odchyłek dopuszczalnych. W dokumentach zawierających zarówno specyfikację wymagań dokładnościowych, jak i wyniki pomiarów sprawdzających, dokumentujących uzyskanie oczekiwanej zgodności z projektem, powinny być stosowane terminy podane (wraz z interpretacją geometryczną) w normie PN-ISO 1803 pt. „*Budownictwo – tolerancje – wyrażanie dokładności wymiarowej – zasady i terminologia*” [30]. Wybrane przykłady terminów przedstawia rys. 2, zaś zestawienie wszystkich – tabela 2.

Norma definiuje tolerancję jako różnicę między górnym wymiarem granicznym a dolnym wymiarem granicznym, zwracając przy tym uwagę, że:

- a) tolerancja jest wartością bezwzględną,
- b) w budownictwie tolerancja jest zwykle wyrażana jako „ $\pm$ odchyłka dopuszczalna”, która jest wspólnym terminem dla górnej odchyłki dopuszczalnej i dolnej odchyłki dopuszczalnej, np. $OD = \pm 5 \text{ mm}$ (w szczególnych przypadkach OD może być asymetryczna).

ZAMIERZENIE /PROJEKT/



Rys. 2. Terminy podstawowe stosowane w wymiarowaniu

Tabela 2. Terminy zdefiniowane w normie ISO 1803

Terminy zdefiniowane w normie ISO 1803 związane:	
z wymiarowaniem i tolerowaniem	
wymiar	dimension
wymiar (rozmiar)	size
wymiar założony	target size
kąt założony	target angle
wymiar rzeczywisty	actual size
górnym wymiar graniczny	upper limit of size
dolnym wymiar graniczny	lower limit of size
odchyłka	deviation
górną odchyłką dopuszczalną	upper permitted deviation
dolną odchyłką dopuszczalną	lower permitted deviation
tolerancja	tolerance
ze zmiennością wymiarową	
odchyłka długości	length deviation
odchyłka kątowa	angular deviation
odchyłka kształtu linii	profile deviation of a line
odchyłka od prostoliniowości linii	straightness deviation of a line
odchyłka kształtu powierzchni	shape deviation of a surface
odchyłka od płaskości powierzchni	flatness deviation of a surface
skośność	skewness
odchyłka położenia punktu	position deviation of a point
odchyłka położenia linii	position deviation of a line
odchyłka pionowości	verticality deviation
odchyłka poziomu	horizontality deviation
odchyłka wyrównania złącza	joint alignment deviation
odchyłka kształtu	shape deviation

4.4. Tolerancje – ustalanie i kontrolowanie

Tematyka tolerancji w budownictwie, zasygnalizowana w normie PN-ISO 1803, znajduje swoje bardzo szerokie rozwinięcie merytoryczne w stosunkowo obszernej grupie norm pod ogólnym tytułem „*Tolerancje w budownictwie*”, wykazanych na rys. 3. Cztery z tych norm (łącznie z normą PN-ISO 1803), charakteryzując tematykę zmienności wymiarowej, stanowią wzajemnie spójne i jednoznaczne wprowadzenie dla tej grupy norm, które wskazują zalecane procedury ustalania i kontrolowania tolerancji oraz dokumentowania ich spełnienia przez zrealizowany budynek.

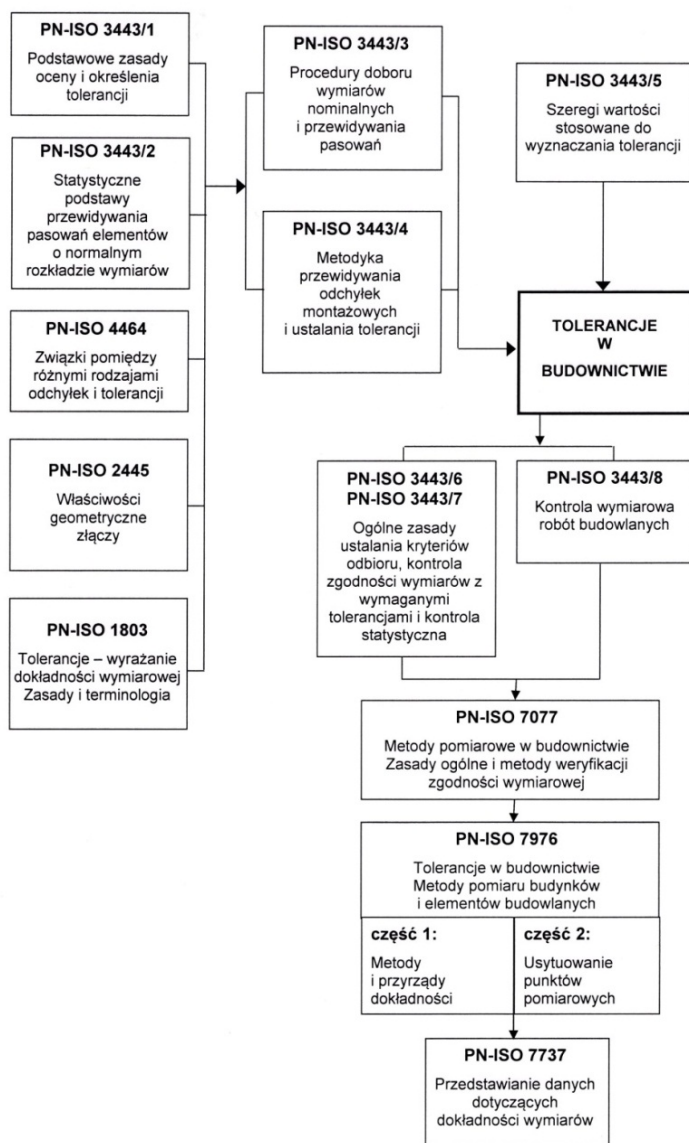
Normami wprowadzającymi w tematykę zmienności wymiarowej są:

- a) PN-ISO 3443/1 – *Podstawowe zasady oceny i określania tolerancji* [31],
- b) PN-ISO 3443/2 – *Statystyczne podstawy przewidywania pasowań elementów budowlanych, których rozkład wymiarów jest zgodny z rozkładem normalnym* [32],
- c) PN-ISO 4454 – *Związki pomiędzy różnymi rodzajami odchylek i tolerancji* [33],
- d) PN-ISO 2445 – *Złącza (zasady projektowania)* [34].

Powyższe normy są zbiorem informacji powiązanych z głównym zagadnieniem, jakim są tolerancje w budownictwie, z których wynika, że:

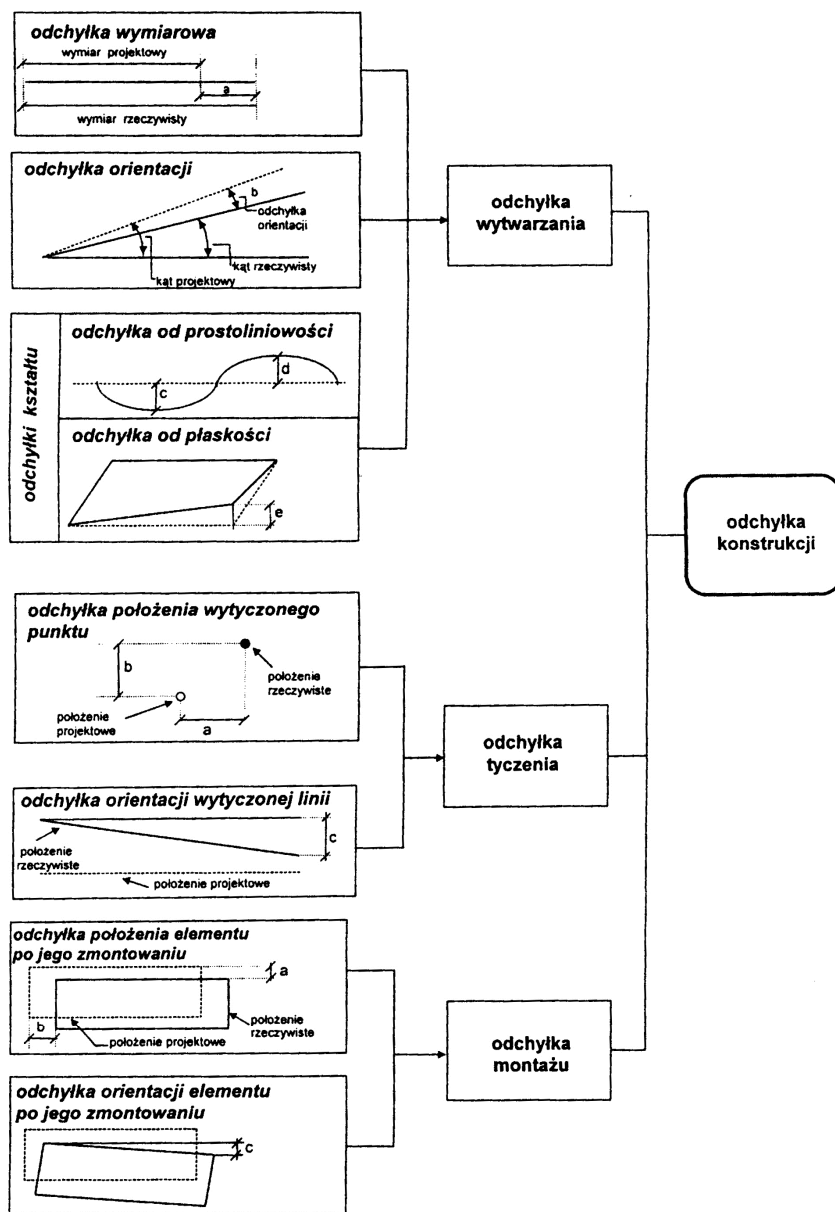
1. odchyłki powinny być ustalane, analizowane i oceniane przy zachowaniu ich podziału na technologiczne i własne (PN-ISO 3443/1);
2. odchyłki wymiarów, kształtu i położenia poszczególnych elementów konstrukcyjnych budynku oraz szerokości szczeliny złączy między sąsiednimi elementami, powinny być uwzględniane podczas opracowywania projektu architektoniczno-budowlanego, mając na uwadze oddziaływanie tych odchylek (PN-ISO 3443/1) na:
 - spełnienie wymaganych właściwości użytkowych przez wykonany budynek,
 - efektywność montażu i zachowanie stabilności konstrukcji budynku,
 - wygląd zewnętrzny wykonanego budynku,
 - zachowanie określonych wymiarów wynikających z przepisów prawno-technicznych;
3. tolerancje (PN-ISO 3443/1):
 - określają wartości graniczne odchylek technologicznych uwzględnionych podczas projektowania budynku,
 - określają przedział akceptowanych wymiarów rzeczywistych,
 - powinny być ustalane tylko dla tych wymiarów i położenia elementów konstrukcyjnych budynku, które są uznawane jako krytyczne w kontekście wymienionych wcześniej oddziaływań odchylek,
 - powinny odzwierciedlać stan równowagi między kosztem dopuszczenia pewnych odstępstw (odchylek) wykonanego budynku od modelu projektowego a kosztem uzyskania założonej zgodności wynikającej z przyjętych odchylek;

4. projektowanie złączy powinno obejmować m.in. (PN-ISO 3443/2):
- ustalenie wymiarów granicznych szerokości szczeliny złącza w kontekście oceny spełnienia przez nie określonych wymagań funkcjonalnych,
 - analizę tzw. pasowań ukierunkowaną na poszukiwanie zgodności między dopuszczalnym zakresem zmienności szerokości szczeliny złącza (określonym przez wymiary graniczne) a szerokością szczeliny złącza będącą wynikiem przewidywanej zmienności wymiarów montowanych elementów konstrukcyjnych budynku;

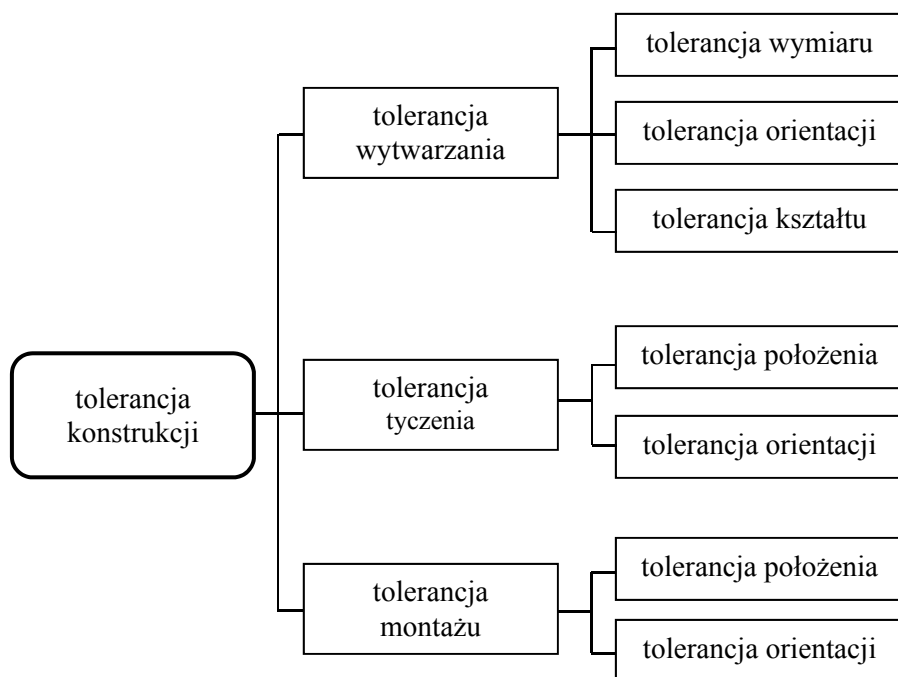


Rys. 3. Normy PN-ISO z zakresu tolerancji w budownictwie

5. odchyłki i tolerancje mogą dotyczyć bezpośrednio poszczególnych elementów konstrukcyjnych przewidzianych do montażu, czynności pomiarowych mających za zadanie wskazanie ich położenia projektowego oraz samego montażu – klasyfikacja i interpretacja geometryczna odchylek wg PN-ISO 4464 – rys. 4, zaś klasyfikacja tolerancji – rys. 5.



Rys. 4. Klasyfikacja odchylek przejęta przez PN-ISO



Rys. 5. Klasyfikacja tolerancji przyjęta przez PN-ISO

Dla projektantów (w ograniczonym stopniu także dla geodetów współpracujących z projektantami i/lub podejmujących geodezyjną obsługę montażu budynków) zasadnicze znaczenie w grupie norm pt. „*Tolerancje w budownictwie*”, posiadają dwie normy, tj. PN-ISO-3443/3 [35] i PN-ISO-3443/4 [36]. Pierwsza z nich pt. „*Procedury doboru wymiarów nominalnych i przewidywania pasowań*” wskazuje procedury obliczeniowe, w wyniku których można określić takie wartości wymiarów elementów konstrukcyjnych budynku i ich zespołów w zmontowanym budynku, przy których szerokość szczeliny każdego ze złączy będzie zawierała się z wysokim prawdopodobieństwem w przedziale ich zmienności wymiarowej określonym przez wymiary graniczne.

Obliczenia w ramach opracowanych procedur są wykonywane przy założeniu, że:

- a) wartości odchyłki systematycznej i odchylenia standardowego, jako tzw. dane dokładnościowe charakteryzujące zmienność wymiarową, mogą być pozyskane w wyniku powykonawczych pomiarów budynków tej samej konstrukcji lub alternatywnie (w sytuacji, gdy brak takich danych) wartość odchylenia standardowego może być określona na podstawie przyjętej tolerancji w powiązaniu z kryterium akceptacji wymiarów rzeczywistych przy zerowej wartości odchyłki systematycznej,
- b) podczas montażu już ustawione elementy konstrukcyjne budynku tworzą odstępy, w które powinny być wpasowywane kolejno następujące po

sobie pozostałe elementy, zachowując przy tym założoną szerokość złącza między poszczególnymi elementami.

Druga z powyższych norm, tj. PN-ISO 3443/4 pt. „*Metoda przewidywania odchyłek montażowych i ustalania tolerancji*” przyjmuje założenie, że tolerancje powinny być optymalizowane w kontekście możliwej minimalizacji kosztów związanych z dotrzymaniem tolerancji przez wykonany budynek i ich kontrolą, dopuszczając możliwość ich przekroczenia tylko w szczególnych przypadkach.

Procedura ustalania tolerancji w ujęciu normy PN-ISO 3443/4 składa się z czterech zasadniczych etapów obejmujących:

- a) określenie zależności między odchyłkami i/lub tolerancjami zespołu montażowego budynku oraz odchyłkami i/lub tolerancjami jego elementów składowych (tymi składowymi są zarówno montowane elementy konstrukcyjne, jak i złącza między nimi oraz przewidziane w projekcie odstępy),
- b) oszacowanie wartości parametrów opisujących rozkład odchyłek odpowiadających założonej dokładności czynności pomiarowych oraz budowlano-montażowych, tj. odchyłek technologicznych (za pomocą wartości oczekiwanej, odchylenia standardowego i współczynnika koleracji),
- c) obliczenie tolerancji T według wzorów zapisanych w normie, przy założeniu prowadzenia kontroli wymiarowej i przyjętego prawdopodobieństwa przekroczenia wymiarów granicznych,
- d) porównanie tolerancji T z tolerancją T_n ustaloną (wymaganą) dla budynku realizowanego w określonej technologii i w zależności od zaistniałej sytuacji podjęcie stosownych działań polegających na:
(w sytuacji, gdy $T > T_n$)
 - dopuszczeniu większego zakresu zmienności szerokości szczeliny złączy między montowanymi elementami,
 - przyjęciu mniejszych tolerancji dla niektórych elementów, co jednak może skutkować wzrostem kosztów ich wytwarzania i/lub zmianą technologii ich wytwarzania,
 - zmianie kolejności montażu poszczególnych elementów tak, aby ich odchyłki „*sumowały się*” w obrębie mniejszej ilości elementów,
 - dopuszczeniu większego prawdopodobieństwa nieuzyskania pasowania elementów podczas ich montażu,(w sytuacji, gdy $T < T_n$),
 - podjęcie działań odwrotnych do dwóch pierwszych z w/w, uzyskując w ten sposób obniżenie całkowitego kosztu wykonania budynku.

Tolerancje będące wynikiem obliczeń wykonanych według procedur wskazanych w normie PN-ISO 3443/4 powinny być skorygowane do wartości najbliższej z tych, które są zapisane w normie PN-ISO 3443/5 pt. „*Szeregi wartości stosowane do wyznaczania tolerancji*” [37], tj. wartości podstawowych z szeregu liczb 10 – 16 – 24 – 40 – 60 – 100 oraz wartości pośrednich z szeregu liczb 10 – 20 – 30 – 50 – 80.

Stwierdzenie spełnienia tolerancji przez elementy konstrukcyjne oraz ich zespoły w realizowanym budynku jest zasadniczym zadaniem procedur sprawdzających (kontrolnych) i w tym zakresie stosowne zalecenia formułują normy:

- a) PN-ISO 3443/6 [38] i PN-ISO 3443/7 [39] pt. „*Ogólne zasady ustalania kryteriów odbioru, kontrola zgodność wymiarów z wymaganymi tolerancjami i kontrola statystyczna – metoda 1 i metoda 2 (metoda kontroli statystycznej)*”,
- b) PN-ISO 3443/8 pt. „*Kontrola wymiarowa robót budowlanych*” [40].

Z treści powyższych norm wynika podstawowy wniosek, że projektant budynku powinien obowiązkowo wskazywać te cechy geometryczne (wymiar, położenie, kształt) elementów i zespołów konstrukcyjnych budynku, których zgodność z projektem jest szczególnie ważna w kontekście bezpieczeństwa jego późniejszego użytkowania, podając przy tym metodę oceny tej zgodności, tj. kontrolę wyrzykową lub kontrolę 100%.

Norma PN-ISO 3443/8 podaje standardowy zakres powyższej kontroli, która powinna obejmować:

- a) w części dotyczącej osnów realizacyjnych na placu budowy – odległości, kąty i różnice wysokości w sieci utworzonej przez punkty tych osnów;
- b) w części dotyczącej elementów konstrukcyjnych i realizowanego budynku:
 - wymiary i poziom fundamentu,
 - wymiary elementów konstrukcyjnych przygotowanych do montażu,
 - położenie i współosiowość powyższych elementów po ich zamontowaniu w budynku,
 - szerokość szczeliny złączy oraz wymiary powierzchni podparcia elementów,
 - pionowość klatek schodowych i szybów dźwigowych.

Uwarunkowania dotyczące pomiarów wykonywanych w ramach procedur kontrolnych są następujące:

- a) metody pomiarowe powinny być podawane w specyfikacji tolerancji,
- b) błędy wykonanych pomiarów nie powinny wpływać na wynik kontroli (akceptacja lub negacja kontrolowanego wymiaru) przy zachowaniu racjonalnego poziomu dokładności pomiarów, mając na uwadze czynnik ekonomiczny,
- c) zalecana dokładność pomiaru, uwzględniająca wpływ błędów systematycznego oraz błędów przypadkowych (wyrażony za pomocą odchylenia standardowego) na wynik pomiaru, powinna kształtować się na poziomie odpowiednio 0,2 i 0,1 tolerancji kontrolowanego wymiaru,
- d) dobór metody pomiarowej powinien wynikać z analizy a’priori błędów pomiaru oraz osiągalnej dokładności instrumentów lub przyrządów pomiarowych, co uzasadnia stosowanie w praktyce znormalizowanych metod pomiarowych,

- e) warunki wykonania pomiaru, wskazane w specyfikacji tolerancji jako tzw. warunki odniesienia, powinny obejmować temperaturę i wilgotność powietrza, nasłonecznienie, prędkość i kierunek wiatru.

Dokumentacja z przeprowadzonych procedur kontrolnych powinna zawierać przede wszystkim wyniki wykonanych pomiarów, uzupełnione o ewentualne oceny i analizy, a także świadectwa potwierdzające stan techniczny i użytkowy wykorzystanych instrumentów i przyrządów pomiarowych. Metodę sporządzania stosownej dokumentacji wskazuje norma PN-ISO 7737 pt. „*Przedstawianie danych dotyczących dokładności wymiarów*” [41]. Ponadto norma ta zwraca uwagę, że w kontekście zwiększenia prawdopodobieństwa uzyskania pasowania elementów konstrukcyjnych budynku podczas ich montażu, niezbędne jest, aby już na etapie opracowywania projektu dokonać wstępnego oszacowania wpływu dopuszczalnej zmienności wymiarów na uzyskanie pasowania. Procedury wskazane w normach PN-ISO 3443/3 i PN-ISO 3443/4 umożliwiające takie oszacowanie wymagają, aby zakres zmienności wymiarów rzeczywistych względem wymiarów projektowych był każdorazowo opisywany za pomocą odchyłki systematycznej i odchylenia standardowego, pozyskiwanych jako tzw. dane dokładnościowe w wyniku pomiarów sprawdzających wykonanych według wybranej procedury kontrolnej. Pomiary takie zgodnie z normą PN-ISO 7737 powinny obejmować wymiary mające wpływ na uzyskanie pasowania elementów konstrukcyjnych podczas ich montażu oraz zespoły elementów budynku podlegające ocenie w zakresie zachowania pionowości.

4.5. Weryfikacja spełnienia tolerancji

Do grupy norm pod ogólnym tytułem „*Tolerancje w budownictwie*” należą także dwie normy nawiązujące tematycznie do pomiarów mających na celu wykazanie zachowania tolerancji ustalonych w projekcie budynku. Wprowadzenie do powyższej normy (w ujęciu ogólnym) stanowi norma PN-ISO 7077 pt. „*Zasady ogólne i metody weryfikacji zgodności wymiarowej*” [42], która przyjmuje, że:

- a) kontrola dokładności pomiarów to niezależne pomiary wykonywane w celu weryfikacji i oceny dokładności wyznaczenia położenia punktów osnów realizacyjnych w warunkach placu budowy,
- b) sprawdzenie poprawności wytyczenia budynku to pomiary inwentaryzacyjne wykonywane w celu potwierdzenia zgodności wytyczonego budynku względem granic działki i/lub obiektów sąsiednich (wykonywane przez inny zespół pomiarowy, przy użyciu innych instrumentów, ale tej samej klasy dokładności, jak w przypadku zespołu pomiarowego, który tyczenie wykonał),
- c) sprawdzenie poprawności wytyczenia i montażu elementów konstrukcyjnych budynku to pomiary powykonawcze wykonywane w celu pozyskania danych dokładnościowych na potrzeby procedur oblicze-

niowych wg norm PN-ISO 3443/3 i PN-ISO 3443/4 oraz oceny spełnienia tolerancji przez zamontowane elementy (wykonywane różnymi metodami w układzie osnowy realizacyjnej z dokładnością odpowiadającą odchyleniu standardowemu o wartości 0.1 odchyłki dopuszczalnej, będącej połową tolerancji przy tolerowaniu symetrycznym),

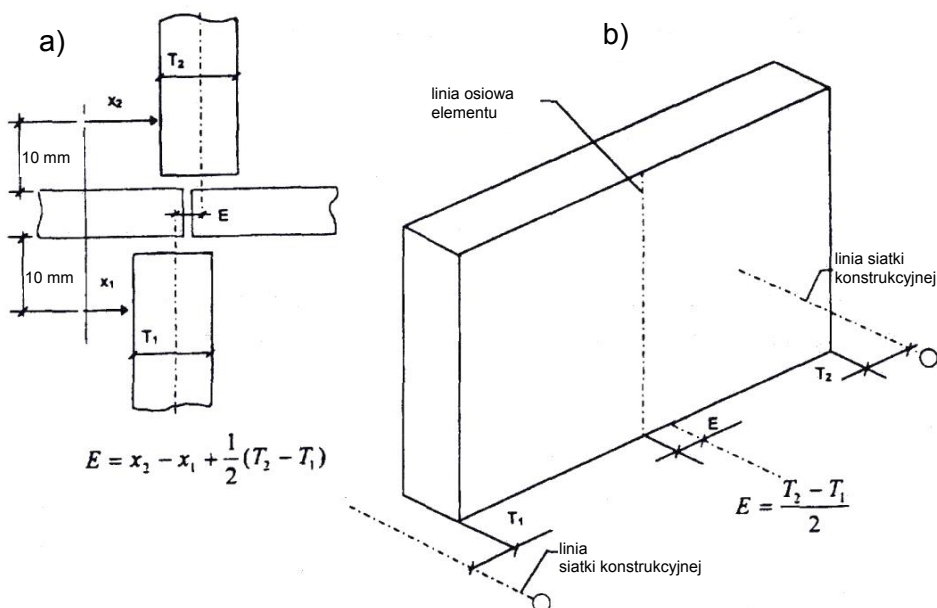
- d) pomiary powykonawcze powinny być tak zaplanowane w cyklu technologicznym montażu budynku, aby ich wyniki mogły być wykorzystane do korekty ustawienia tych elementów konstrukcyjnych, co do których wykazano przekroczenie odchyłki dopuszczalnej.

Stwierdzenie zgodności z projektem przez poszczególne elementy konstrukcyjne i ich zespoły w realizowanym budynku odbywa się na podstawie wyników pomiarów, będących zasadniczym tematem stosunkowo obszernej normy PN-ISO 7976-1 pt. *„Tolerancje w budownictwie – metody pomiaru budynków i elementów budowlanych; część 1 – metody i przyrządy”* [43]. Treść normy obejmuje alternatywne metody pomiarowe umożliwiające wyznaczenie odchyłek elementów konstrukcyjnych budynku podlegających pasowaniu podczas montażu, a także pozyskiwanie danych dokładnościowych budynków o strukturze prostopadłościowej realizowanych w określonej technologii według założeń projektowych.

Zakres wykonywanych pomiarów może obejmować:

- a) w przypadku pojedynczych elementów konstrukcyjnych (w większości wykonywanych na placu budowy, ale także w specjalistycznych wytwórniach) – wymiary liniowe, w tym: długość, szerokość i grubość, odchyłki kątowe krawędzi od wzajemnej prostopadłości i równoległości, odchyłki krawędzi od prostoliniowości i powierzchni od płaskości,
- b) w przypadku budynków montowanych z elementów prefabrykowanych lub budynków monolitycznych (in situ) – odchyłki usytuowania elementów w odniesieniu do linii siatki konstrukcyjnej, odchyłki od pionowości, wzajemne odległości sąsiednich ścian lub słupów oraz stropów, mimośrodów (jako wzajemne przesunięcie elementów kondygnacji sąsiednich lub asymetryczne usytuowanie elementu względem dwóch linii siatki konstrukcyjnej), głębokość oparcia elementów stropowych na elementach podporowych, szerokość spoin oraz uskok w miejscu spoiny.

Dla każdej z w/w cech geometrycznych została sporządzona tabela, w której jest wskazany konkretny instrument pomiarowy lub narzędzie pomiarowe w zależności od przyjętej wartości odchyłki dopuszczalnej oraz przewidywanego zakresu pomiarowego. Przykład takiego ujęcia pomiaru stanowią rys. 6 i tabela 3 dla cechy geometrycznej określanej terminem mimośrodowość.



Rys. 6. a) Element nośny ustawiony w innej płaszczyźnie pionowej niż element nad nim lub pod nim, b) element ustawiony asymetrycznie względem dwóch linii siatki konstrukcyjnej

Tabela 3. Specyfikacja metodyki pomiarowej mimośródów montażowych

Cecha geometryczna	Odchyłka dopuszczalna	Zakres pomiarowy	Instrument pomiarowy lub narzędzie pomiarowe
mimośród wg rys. 6a	$\pm 0,5 \text{ mm/m}$	do 100 m	pionownik optyczny i łąta pomiarowa
	$\pm 0,8 \text{ mm/m}$	α do 50° ¹⁾	tedolit i łąta pomiarowa
	$\pm 1,2 \text{ mm/m}$		
	$\pm 0,5 \text{ mm}$	do 10 m	taśma stalowa i kątownik
	$\pm 10 \text{ mm}$	do 10 m do 20 m	
	$\pm 15 \text{ mm}$	do 20 m do 30 m	

¹⁾ α – kąt pionowy celowej teodolitu.

W uzupełnieniu informacji zapisanych w powyższej tabeli, norma zaleca, aby:

- przy kącie pionowym przekraczającym 50° , zawsze zamiast teodolitu stosować pionownik optyczny,
- przy zakresie pomiarowym przekraczającym 40 m, pomiary były wykonywane przez doświadczony personel (można przypuszczać, że zespół pomiarowy z udziałem geodety uprawionego).

Instrumenty i przyrządy pomiarowe wskazane do użycia w ramach wykonywania procedur kontrolnych są przedmiotem dość szczegółowej charakterystyki w ujęciu techniczno-użytkowym, zaś ich wybór powinien być według normy

dostosowany przede wszystkim do specyfiki konkretnego zadania pomiarowego i odpowiadać wymaganiom dokładnościowym wynikającym z odchyłki dopuszczalnej sprawdzanej cechy geometrycznej.

Wytyczne obejmują warunki i zakres zastosowań:

- a) instrumentów geodezyjnych, takich jak: tachimetry elektroniczne, dalmierze elektrooptyczne, teodolity, niwelatory optyczne, laserowe i hydrostatyczne, pionowniki optyczne wraz z ich wyposażeniem w postaci statywów, łat pomiarowych i tarcz celowniczych,
- b) przyrządów pomiarowych, takich jak: węgielnice pryzmatyczne, różnego rodzaju taśmy stalowe, linały, suwmiarki, inklinometry, przyrządy mikrometryczne, kliny pomiarowe i lupy pomiarowe,
- c) wyposażenia pomocniczego obejmującego poziomnice, piony wiszące, kątowniki i wskaźniki pozycyjne.

Z części 2 pt „*Usytuowanie punktów pomiarowych*” tj. normy PN-ISO 7976-2 wynika, że punkty kontrolowane elementu konstrukcyjnego budynku, tworzące przekroje pomiarowe, powinny być zawsze zlokalizowane w odległości 100 mm od naroży lub krawędzi elementu, zaś odległość między sąsiednimi przekrojami pomiarowymi nie powinna być większa od 3 m.

Ocena zakresu i treści stosunkowo obszernej normy PN-ISO 7976 (części 1 i 2) uzasadnia stwierdzenie, że:

- a) bardzo wyczerpująca i jednoznacznie podana jest interpretacja geometryczna cech geometrycznych budynku i tych jego elementów konstrukcyjnych, które podlegają pasowaniu podczas montażu,
- b) wskazane metody pomiarowe są typowe dla metrologii budowlanej, biorąc pod uwagę zakres pomiaru i wymagane dokładności, a także zalecane przyrządy pomiarowe,
- c) metody pomiarowe z użyciem instrumentów geodezyjnych nie odzwierciedlają możliwości współczesnej geodezji inżynierskiej i w tym obszarze byłaby wskazana modyfikacja normy lub (co jest zapewne łatwiejsze i szybsze) bezpośrednie wprowadzenie współczesnego instrumentarium pomiarowego przez zespoły geodezyjne do realizacji procedur pomiarowych wynikających z normy.

4.6. Procedury geodezyjne

Grupa norm ISO pod wspólnym tytułem „*Tolerancje w budownictwie*” wskazuje i interpretuje procedury ustalania tolerancji oraz sprawdzania ich spełnienia przez wykonany obiekt budowlany. Udokumentowanie spełnienia tolerancji odbywa się w wyniku realizacji wskazanych procedur pomiarowych, które w aspekcie praktycznym są ujęte alternatywnie w zależności od wartości tolerancji oraz wymiaru, do którego się odnoszą. Procedury pomiarowe typowo geodezyjne mają związek przede wszystkim z etapem realizacji obiektu budowlanego, głównie w zakresie wskazywania położenia projektowego wybranych elementów konstrukcyjnych.

Tematyka geodezyjnej obsługi inwestycji budowlanej stanowi treść normy PN-ISO 4463 składającej się z trzech części pod ogólnym tytułem „*Metody pomiarowe w budownictwie – tyczenie i pomiar*” [44]. Norma ta może być wykorzystana przez geodetów zarówno przy ustalaniu metodyki tyczenia, jak i inwentaryzacji powykonawczej, a także pomiarów wykonywanych na etapie użytkowania obiektu budowlanego związanych z oceną jego stanu technicznego.

Na etapie planowania, organizacji i realizacji inwestycji budowlanej zasadnicze znaczenie należy przypisać normie PN-ISO 4463-3 „*Metody pomiarowe w budownictwie – tyczenie i pomiar – wykazy sprawdzające dla realizacji zadań geodezyjnych i usług pomiarowych*”, która inwestorowi, projektantowi, wykonawcy robót budowlanych i inspektorowi nadzoru jednoznacznie wskazuje, czego mogą lub powinni oczekiwać od geodety, zaś geodecie zakres zadań i sposób ich realizacji. W tym kontekście norma ta może być także pomocna dla firm geodezyjnych na etapie przygotowania specyfikacji prac pomiarowych wymaganych podczas realizacji zarówno nowych obiektów budowlanych, jak i modernizacji lub przebudowy obiektów użytkowanych.

Procedury kartograficzne i geodezyjne norma wyszczególnia dla pięciu wyróżnionych etapów inwestycji budowlanej w formie tzw. wykazów sprawdzających (instrukcji), obejmujących zakres i sposób realizacji usług nazwanych specjalistycznymi.

Etap 1: Pozyskanie działki lub istniejącego budynku; oczekiwania – określenie granic działki na podstawie pomiaru katastralnego lub wykonanego w lokalnym układzie odniesienia.

Zadania geodety:

- a) zaznaczenie działki lub budynku, których dotyczy planowana inwestycja, na mapie do celów lokalizacji,
- b) wskazanie na planie zagospodarowania terenu głównych obiektów na obszarze planowanej inwestycji i w jej bezpośrednim sąsiedztwie (np. budynki, drogi, ogrodzenia, urządzenia podziemne i naziemne, nadpowietrzne linie energetyczne lub telekomunikacyjne, wysokie drzewa itp.),
- c) wyznaczenie wysokości charakterystycznych (wybranych) punktów terenu w nawiązaniu do punktów osnowy wysokościowej,
- d) ustalenie (w miarę potrzeby) relacji geometrycznej planu zagospodarowania terenu (układu współrzędnych w jakim został on opracowany) do osnowy geodezyjnej państwowej lub układu lokalnego odpowiadającego siatce konstrukcyjnej wynikającej z projektu.

Forma prezentacji wykonanych prac: mapa o odpowiednio dobranej skali w przedziale od 1:200 do 1:2000 (stosownie do konkretnej sytuacji), z charakterystyką ukształtowania terenu planowanej inwestycji za pomocą warstwic o odpowiednio dobranym cięciu (stosownie do potrzeb) i/lub wysokości punktów topograficznej powierzchni terenu.

Etap 2: Projektowanie inwestycji; oczekiwania – pozyskanie ogólnych i szczegółowych informacji dotyczących działki lub istniejącego budynku.

Zadania geodety:

- a) wykonanie pomiaru sytuacyjno-wysokościowego na obszarze planowanej inwestycji budowlanej, obejmującego istniejące szczegóły sytuacyjne i rzeźbę terenu (zakres pomiaru powinien obejmować także w miarę potrzeby bezpośrednie otoczenie terenu planowanej inwestycji budowlanej),
- b) sporządzenie szkicu (rysunku) koordynacyjnego zewnętrznych przyłączy do sieci uzbrojenia technicznego,
- c) sporządzenie szkicu (rysunku) istniejących przewodów sieci uzbrojenia technicznego, bezpośrednio przyległych lub przebiegających przez teren planowanej inwestycji budowlanej, określającego ich typ oraz usytuowanie i głębokość posadowienia lub wysokość zawieszenia w przypadku linii napowietrznych,
- d) w przypadku obiektu istniejącego na potrzeby jego przebudowy lub modernizacji – sporządzenie rysunków dokumentujących geometrię jego elementów konstrukcyjnych w przekrojach poziomych i pionowych (wymiały i wzajemne położenie),
- e) ustalenie geometrycznego układu odniesienia (może to być przykładowo siatka konstrukcyjno-projektowa lub geodezyjna osnowa realizacyjna lub lokalny układ współrzędnych), w którym najpierw projekt będzie opracowany, a następnie będą wykonane prace tyczeniowe (w tym zakresie niezbędne zalecenia formułuje norma PN-ISO 4463-1 „*Metody pomiarowe w budownictwie – tyczenie i pomiar – planowanie, organizacja, procedury pomiarowe, kryteria akceptacji*”).

Forma prezentacji wykonanych prac: mapa sytuacyjno-wysokościowa w skali od 1:500 do 1:2000 stosownie do konkretnej potrzeby oraz szkice (rysunki) lokalizacyjne w skali 1:50 do 1:200 i rysunki konstrukcyjne w skali od 1:1 do 1:20 (w przypadku obiektów istniejących). Treść opracowanej mapy może wykraczać poza standardowy zakres wynikający z pomiaru sytuacyjno-wysokościowego, np. wskazując usytuowanie konturów planowanych obiektów oraz wykonanych odwiertów i odkrywek, a także obszar planowanej inwestycji i siatkę punktów o określonych wysokościach w przypadku planowania robót ziemnych na placu budowy.

Etap 3: Przed rozpoczęciem budowy; oczekiwania – dostarczenie szczegółowych informacji o działce i planowanym obiekcie budowlanym, w tym przede wszystkim: potwierdzenie granic działki i sprawdzenie poprawności określenia usytuowania istniejących obiektów i urządzeń oraz zwymiarowania i lokalizacji planowanego obiektu, a także uzyskanie ostatecznej decyzji właściwego urzędu zatwierdzającego opracowany i sprawdzony projekt architektoniczno-budowlany.

Zadania geodety:

- a) sporządzenie szkicu placu budowy przedstawiającego położenie planowanego obiektu w odniesieniu do punktów osnowy pomiarowej, z których będzie prowadzone tyczenie,
- b) sporządzenie szkicu osnowy realizacyjnej ze wskazaniem lokalizacji punktów osnowy I rzędu oraz punktów i linii II rzędu, a także stanowisk pomiarowych i sposobu nawiązania tej osnowy do osnowy państwowej, zarówno poziomej, jak i wysokościowej (w tym zakresie kluczowe znaczenie posiada norma PN-ISO 4463-1),
- c) sprawdzenie wszystkich wymiarów projektowych planowanego obiektu poprzez potwierdzenie ich zgodności z odpowiadającymi im wymiarami uzyskanymi ze współrzędnych w układzie siatki konstrukcyjnej obiektu (determinującej lokalny układ odniesienia umożliwiający osiągnięcie jednakowej dokładności tyczenia obiektu – tzw. dokładności wewnętrznej dotyczącej wzajemnej relacji geometrycznej elementów konstrukcyjnych tego obiektu – bezwzględna dokładność odnosząca się przykładowo do punktów osnowy nawet najwyższego rzędu jest mniej istotna i może być niższa w kontekście realizacji określonego obiektu budowlanego),
- d) potwierdzenie zgodności lokalizacji planowanego obiektu z rzeczywistością terenową poprzez wykonanie tyczenia wstępnego,
- e) przygotowanie stanowisk pomiarowych do obserwacji przemieszczeń gruntu i/lub istniejących obiektów na obszarze placu budowy oraz jego bezpośredniego otoczenia (jeśli będzie taka potrzeba – na wniosek inwestora, projektanta lub nadzoru budowlanego),
- f) uzgodnienie dokładności pomiarów, przyjmując jako podstawę wartości odchyłek dopuszczalnych wykazanych w specyfikacji zawartej umowy (pomocne w tym zakresie mogą być tzw. kryteria akceptacji zapisane w normie PN-ISO 4463-1).

Forma prezentacji wykonanych prac: szkice lub mapy placu budowy oraz rysunki konstrukcyjne, które w przypadku przekrojów pionowych powinny zawierać opis wysokościowy względem przyjętego poziomu odniesienia.

Etap 4: Budowa obiektu; oczekiwania – prowadzenie i kontrolowanie tyczenia oraz sukcesywne wykonywanie pomiarów w trakcie realizacji obiektu na potrzeby oceny zgodności z projektem (potwierdzenia nieprzekroczenia przyjętych odchyleń dopuszczalnych).

Zadania geodety:

- a) sprawdzenie tyczenia wstępnego potwierdzającego zgodność wymiarów rzeczywistych (stwierdzonych) wytyczonego obiektu z wymiarami wykazanymi na szkicu lokalizacyjnym oraz w dokumentacji projektowej,
- b) sporządzenie na czas trwania budowy szkicu przedstawiającego punkty i linie siatki konstrukcyjnej realizowanego obiektu oraz punkty nawiązania do osnowy geodezyjnej (poziomej i wysokościowej),

- c) sporządzenie szczegółowego szkicu tyczenia wtórnego w celu zapewnienia, zgodnego z projektem, umiejscowienia wszystkich elementów konstrukcyjnych obiektu (szkic ten powinien wskazywać usytuowanie tzw. punktów szczegółowych wg PN-ISO 4463-1 będących punktami przecięcia się linii tzw. siatki mimośrodowej, względem których będzie prowadzony montaż, a także stanowisk pomiarowych i punktów nawiązania stosownie do wybranej metody tyczenia punktów szczegółowych),
- d) sporządzenie szkicu tyczenia elementów zagospodarowania terenu w celu, zgodnego z projektem, umiejscowienia np. dróg, murów oporowych i kanalizacji oraz ukształtowania powierzchni terenu,
- e) prowadzenie bieżącego monitoringu w celu oceny zgodności geometrii realizowanego obiektu z projektem na tle tolerancji (stwierdzenia nieprzekroczenia odchyłeń dopuszczalnych), co w szczególności powinno obejmować cechy geometryczne elementów konstrukcyjnych tworzących szkielet obiektu oraz tych o istotnym znaczeniu techniczno-funkcyjnym (przykładowo płaszczyznowość i poziom stropów, pionowość klatek schodowych i sztybów dźwigowych, pionowość ścian osłonowych, współosiowość elementów kondygnacji sąsiednich – norma PN-ISO 3443/8 i PN-ISO 7737); powyższy monitoring powinien obejmować także elementy zagospodarowania terenu celem potwierdzenia zgodności z projektem, ale może to być w praktyce wykonywane w ramach geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej.

Forma prezentacji wykonanych prac: szkice i rysunki konstrukcyjne przedstawiające sytuację terenową i dane z projektu architektoniczno-budowlanego oraz wyniki pomiarów powykonawczych dokumentujące zgodność z projektem kolejno realizowanych elementów konstrukcji obiektu.

W sytuacji podjęcia decyzji o monitorowaniu przemieszczeń lub deformacji obiektów nowych i/lub istniejących (także przylegających do placu budowy), a także rejestracji przemieszczeń gruntu i/lub poziomu wód gruntowych (lustra wody), geodeta powinien uzgodnić:

- a) metodę pomiaru i wskazać stosowne instrumenty pomiarowe,
- b) częstotliwość i dokładność pomiaru,
- c) formę prezentacji wyników kolejnych pomiarów okresowych,
- d) lokalizację stanowisk pomiarowych oraz punktów odniesienia i punktów kontrolowanych,
- e) metodę oceny zachowania stałości przez punkty odniesienia na etapie kolejnych pomiarów okresowych.

Etap 5: Zakończenie budowy; oczekiwania – sporządzenie dokumentacji powykonawczej

Zadania geodety:

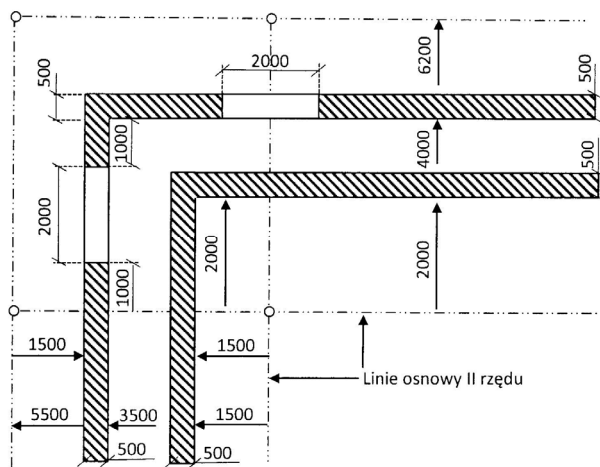
- a) wykonanie powykonawczego pomiaru inwentaryzacyjnego mającego na celu pozyskanie danych określających położenie (w ujęciu sytuacyjnym i wysokościowym) budynków, charakterystycznych punktów powierzchni terenu i przewodów sieci uzbrojenia technicznego,

- b) sporządzenie szkicu z wykazem współrzędnych punktów, wskazujących usytuowanie i głębokość posadowienia wszystkich przyłączy do sieci uzbrojenia technicznego.

Forma prezentacji wykonanych prac: mapa o odpowiednio dobranej skali w przedziale od 1:500 do 1:2000 oraz szkice przedstawiające sytuację terenową po zakończeniu budowy.

W części końcowej norma PN-ISO 4463-3:

- podaje podstawowe skale zalecane do stosowania w przypadku opracowań graficznych obejmujących: pomiary geodezyjne i projekty, plany zagospodarowania terenu, rysunki lokalizacyjne oraz konstrukcyjne elementów i zespołów obiektu budowlanego,
- zaleca, aby położenie szczegółów sytuacyjnych o zasadniczym znaczeniu, jak przykładowo narożniki budynków i punkty graniczne, a także punkty realizacyjnych osnów pomiarowych i innych istniejących obiektów mających istotne znaczenie dla projektanta, było zawsze wyznaczone na podstawie wyników bezpośredniego pomiaru terenowego, a nie graficznie z mapy niezależnie od jej skali,
- w sytuacji, gdy dane z pomiaru bezpośredniego nie są możliwe do uzyskania i niezbędne wymiary są odczytywane graficznie z mapy, norma zwraca uwagę na ograniczoną dokładność rysowanych usytuowań projektowych, podając przy tym przykładowe wartości granicy dokładności dla rysunków w skali od 1:2000 (± 0.5 m) do 1:50 (± 12 mm),
- stwierdza, że w celu zachowania wymaganej koordynacji wymiarowej (modularnej), wymiarowanie obiektu na etapie jego projektowania i późniejsze tyczenie na placu budowy, a także pomiary kontrolne powinny odnosić się do tych samych linii, np. osnowy II rzędu wg PN-ISO 4463-1 – przykład rysunek 7.



Rys. 7. Przykład wymiarowania i tyczenia w odniesieniu do linii osnowy II rzędu (wszystkie wymiary w milimetrach)

Linie osnowy II rzędu norma PN-ISO 4463-1 interpretuje jako każdą linię wykorzystywaną w celu wytyczenia planowanego budynku oraz sprawdzenia i zatwierdzenia zgodności z projektem zrealizowanego budynku lub jego elementów składowych. Podstawą do powyższej decyzji jest spełnienie określonych wymagań dokładnościowych zapisanych w postaci tzw. kryteriów akceptacji – norma PN-ISO 4464-1.

Dla geodetów zasadnicze znaczenie posiada norma PN-ISO 4463-1 pt. „*Metody pomiarowe w budownictwie – tyczenie i pomiar – planowanie i organizacja, procedury pomiarowe, kryteria akceptacji*”. Norma ta interpretuje procedurę tyczenia jako zespół czynności mających na celu ustalenie i założenie jednoznacznie zdefiniowanego układu linii, odległości i płaszczyzn tworzących odpowiednią strukturę geometryczną do określenia usytuowania i wysokości obiektu budowlanego i jego elementów konstrukcyjnych.

Norma obejmuje pełny zakres tyczenia na placu budowy i przyjmuje w tym celu trójrzędowy układ osnów realizacyjnych, które na ogół są wyznaczane dla dużych i złożonych obiektów budowlanych, i tak:

- a) osnowa I rzędu – pokrywa zazwyczaj cały plac budowy oraz obszar przyległy, z którym są powiązane pomiary wykonywane w obrębie placu budowy – jest nawiązywana do osnowy państwowej – tworzy w miarę możliwości zamkniętą całość i jest kompleksowo zmierzona, obliczona i wyrównana – podlega akceptacji w kontekście spełnienia określonych kryteriów dokładnościowych – jest wymagana w przypadku rozległego placu budowy, obiektów liniowych (długich) oraz budowli o skomplikowanej strukturze geometrycznej i placu budowy z ograniczonym dostępem;
- b) osnowa II rzędu – główna osnowa realizacyjna mogąca przyjmować kształt i wymiary odpowiadające siatce konstrukcyjnej obiektu, umożliwiająca zgodną z projektem, realizację konkretnego obiektu budowlanego lub zespołu obiektów, a także przyłączeń do sieci uzbrojenia technicznego – punkty tej osnowy powinny być wyznaczane w nawiązaniu do osnowy I rzędu lub uprzednio wyznaczonych i zweryfikowanych punktów osnowy II rzędu – podlega akceptacji w kontekście spełnienia określonych kryteriów dokładnościowych;
- c) punkty szczegółowe – wskazują usytuowanie poszczególnych elementów konstrukcyjnych obiektu budowlanego np. słupów lub ścian – są wyznaczane w sposób umożliwiający niezależną weryfikację dokładności na tle kryteriów zróżnicowanych w zależności od rodzaju prac (technologii budowy).

Dla konkretnej inwestycji budowlanej, wybór i konfiguracja osnowy realizacyjnej powinny uwzględniać wielkość i złożoność placu budowy oraz kształt, wymiary i usytuowanie każdego z planowanych obiektów, a także dostępność terenu na i wokół placu budowy oraz planowane metody pomiarowe i technologię montażu poszczególnych elementów konstrukcyjnych.

Wymienione powyżej osnowy są dość szczegółowo opisane przez normę PN-ISO 4463-1, który to opis obejmuje kolejno:

- a) wprowadzenie, będące ogólną charakterystyką danej osnowy,
- b) wywiad terenowy (dotyczy tylko osnowy I rzędu),
- c) znakowanie (stabilizację) punktów,
- d) pomiary długości (przy użyciu dalmierza elektronicznego lub taśmy stalowej) oraz kątów,
- e) kryteria akceptacji w aspekcie dokładnościowym,
- f) następstwa niespełnienia powyższych kryteriów.

Kryterium akceptacji norma interpretuje jako warunki, które muszą być spełnione, aby ukończone zadanie mogło być formalnie przyjęte. W przypadku osnów realizacyjnych warunki takie dotyczą dokładności i są zapisane w postaci odchyłeń dopuszczalnych dla długości, kątów i różnic wysokości – tabela 4.

Zestawione kryteria akceptacji poziomej i wysokościowej osnowy realizacyjnej należy:

- a) traktować jako dokładności wewnętrzne dotyczące w każdym przypadku wzajemnych relacji geometrycznych między punktami osnów realizacyjnych,
- b) przyjmować jako odchylenia dopuszczalne dla długości, kątów i wysokości przy założeniu, że odpowiadają one 2,5-krotnej wartości odchylenia standardowego,
- c) stosować zarówno do pomiarów powykonawczych, jak i pomiarów sprawdzających (pomiar sprawdzający jest interpretowany jako nieformalny, niezależny pomiar weryfikujący dokładność wcześniejszego pomiaru – powinien być wykonany przez inny zespół pomiarowy i innym instrumentem tej samej klasy dokładności).

Zadania pomiarowe dotyczące osnów realizacyjnych obejmują klasyczne metody pomiaru długości, kątów i różnic wysokości. Kontynuacją tematyki pomiarowej jest prezentacja jeszcze dwóch zadań, którymi są:

- pionowe przeniesienie punktów osnowy II rzędu na poziom kolejnych kondygnacji, w tym: interpretacja geometryczna pionowania, wywiad terenowy, metody pionowania, znakowanie punktów i kryterium akceptacji (dotyczące usytuowania punktów przeniesionych) jako odchylenie dopuszczalne punktu przeniesionego, o wartości ± 3 mm (dla wysokości do 4 m) i $\pm 1,5\sqrt{H}$ (dla wysokości ponad 4 m), gdzie: H – pionowa odległość punktów wyjściowego (głównego) i przeniesionego, w metrach;
- powiązanie wysokości punktów szczegółowych (ich poziomu) z wysokością reperów (niwelacja), w tym: charakterystyka punktów osnowy wysokościowej, stabilizacja reperów i punktów szczegółowych, niwelator w aspekcie testu dokładnościowego i kryteria akceptacji (zestawione w dolnej części tabeli 4).

Tabela 4. Kryteria akceptacji osnowy realizacyjnej w aspekcie dokładnościowym

Osnowa	Charakterystyka kryterium akceptacji osnowy realizacyjnej	maksymalne różnice interpretowane jako odchylenia dopuszczalne	
Pozioma osnowa realizacyjna			
I rząd	Etap pierwszy – porównanie zmierzonych odległości i kątów z tymi obliczonymi ze współrzędnych wyrównanych Etap drugi – porównanie zmierzonych odległości i kątów z tymi obliczonymi na podstawie współrzędnych danych (w sytuacji gdy jedynie taki wykaz współrzędnych jest dostępny)	odległość	$\pm 0.75\sqrt{L}$ przy minimum 4mm
		kąt	$\pm \left(\frac{0.05}{\sqrt{L}}\right)^g$ lub $\pm 0.75\sqrt{L}$
		odległość	$\pm 1.5\sqrt{L}$ przy minimum 8mm
		kąt	$\pm \left(\frac{0.1}{\sqrt{L}}\right)^g$ lub $\pm 1.5\sqrt{L}$ mm
II rząd	Etap pierwszy - porównanie odległości i kątów danych lub obliczonych z wynikami pomiaru sprawdzającego wykonanego w stosunku do kluczowych punktów I rzędu Etap drugi – j.w. tylko w stosunku do innych kontrolowanych punktów II rzędu	odległość do 7m	± 4 mm
		powyżej 7m	$\pm 1.5\sqrt{L}$ mm
		kąt	$\pm \left(\frac{0.1}{\sqrt{L}}\right)^g$ lub $\pm 1.5\sqrt{L}$ mm
		j.w.	j.w.
punkty szczegółowe	Etap pierwszy – porównanie odległości obliczonych lub wykazanych na szkicu z wynikami pomiaru sprawdzającego wykonanego w stosunku do punktów I lub II rzędu Etap drugi – j.w. tylko w stosunku do innych punktów szczegółowych	odległość do 4m	$\pm 2 \cdot K_1$ mm
		powyżej 4m	$\pm K_1\sqrt{L}$ mm
		j.w.	j.w.
Uwaga: L – odległość w metrach, w przypadku kąta długość krótszego ramienia K_1 – parametr o wartości 10, 5 i 1.5 zależy od rodzaju robót budowlanych			
Wysokościowa osnowa realizacyjna			
porównanie danej lub obliczonej wysokości z wynikiem pomiaru sprawdzającego:			
• reper I rzędu w stosunku do reperi państwowego • reper I rzędu w stosunku do innego reperi I rzędu • reper II rzędu w stosunku do reperi I rzędu • reper II rzędu w stosunku do innego reperi II rzędu		± 5 mm ± 5 mm ± 5 mm	
- w przypadku różnicy wysokości do 4m - w przypadku różnicy wysokości powyżej 4m		± 3 mm $\pm 1.5\sqrt{\Delta h}$ mm dla Δh w metrach	
• punkt szczegółowy w stosunku do reperi II rzędu • punkt szczegółowy w stosunku do innego punktu szczegółowego		$\pm K_2$ mm $\pm K_2$ mm	
Uwaga: K_2 - parametr o wartości 30, 10 i 3 zależy od rodzaju robót budowlanych			

Normę PN-ISO 4463-1 uzupełnia załącznik wskazujący zadania i zakres odpowiedzialności na poszczególnych etapach zakładania osnów pomiarowych na potrzeby inwestycji budowlanej.

Do norm PN-ISO 4463-3 i PN-ISO 4463-1 nawiązuje tematycznie norma PN-ISO 4463-2 pt. „*Metody pomiarowe w budownictwie – tyczenie i pomiar – stanowiska pomiarowe i cele*”, podając zalecenia dotyczące właściwego zaprojektowania lokalizacji punktów stanowiących geometryczny układ odniesienia dla wszelkiego rodzaju metod tyczenia i pomiarów na placu budowy.

Mając na uwadze spełnienie wymagań funkcjonalnych przez stanowiska pomiarowe i punkty obserwowane (cele), norma podaje zalecenia dotyczące:

- a) ich lokalizacji w kontekście dostępności i utrzymania wzajemnej widoczności w trakcie tyczenia i pomiarów kontrolnych,
- b) zachowania przez nie stabilności i trwałości,
- c) oceny wizualnej ich stanu technicznego i pomiaru kontrolnego w przypadku podejrzenia zaistnienia uszkodzenia lub przemieszczenia stanowiska pomiarowego bądź punktu obserwowanego (spełniającego funkcję punktu nawiązania na etapie tyczenia lub pomiaru),
- d) zakresu informacji podawanych na sporządzonych opisach topograficznych.

Zasadniczym elementem składowym powyższej normy jest załącznik zawierający przykłady stabilizacji stanowisk pomiarowych oraz stabilizacji i/lub sygnalizacji punktów pomiarowych (celów), opracowany w postaci przewodnika do bezpośredniego wykorzystania przez zespoły pomiarowe na etapie zakładania osnów realizacyjnych.

5. PROCEDURY OCENY DOKŁADNOŚCI UŻYTKOWEJ INSTRUMENTÓW GEODEZYJNYCH

5.1. Ogólna charakterystyka procedur testowych

Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna ISO przyjęła założenie, że niezależnie od testów laboratoryjnych, każdy instrument geodezyjny przed jego wykorzystaniem w praktyce powinien być poddany ocenie dokładności w konkretnych warunkach terenowych. Podstawowym zadaniem takiej oceny jest obiektywne stwierdzenie, czy dokładność danego instrumentu wraz z jego wyposażeniem pomocniczym jest odpowiednia do realizacji zadań pomiarowych z wymaganą dokładnością. W tym celu Komitet Techniczny ISO/TC 172, o nazwie „*Optyka i instrumenty optyczne*”, zmienionej aktualnie na „*Optyka i fotonika*”, Podkomitet SC6 o nazwie „*Instrumenty geodezyjne i pomiarowe*” opracował normę PN-ISO 17123 składającą się z następujących części pod wspólnym tytułem „*Optyka i instrumenty optyczne – terenowe procedury testowania instrumentów geodezyjnych i pomiarowych*” [45]:

- część 1: *Teoria*
- część 2: *Niwelatory*
- część 3: *Teodolity*
- część 4: *Dalmierze elektrooptyczne*
- część 5: *Tachimetry elektroniczne*
- część 6: *Wirujące lasery*
- część 7: *Pionowniki optyczne*
- część 8: *GNSS field measurement systems in real – time kinematic (GNSS RTK)* – dotychczas nie posiada odpowiednika krajowego
- część 9: *Terrestrial Laser Scanners (TLS)* – opracowanie na etapie projektu roboczego

Powyższa norma w bardzo czytelnym i jednoznacznym ujęciu dokumentuje dwie niezależne procedury testowe, tj. uproszczoną i pełną, wskazując każdorazowo sposób organizacji pola testowego oraz metodykę opracowania wyników. Podstawowym zadaniem opracowanych procedur testowych jest:

- w procedurze uproszczonej – stwierdzenie, czy dokładność danego instrumentu geodezyjnego odpowiada wymaganiom dokładnościowym wynikającym z odchylenia dopuszczalnego, przypisanego określönemu zadaniu pomiarowemu, zgodnie z normą PN-ISO 4463-1;
- w procedurze pełnej – określenie najwyższej dokładności danego instrumentu geodezyjnego, możliwej do uzyskania w konkretnych warunkach terenowych (na ogół zbliżonych do tych, jakie są spodziewane podczas realizacji planowanych zadań pomiarowych).

Parametrem charakteryzującym tzw. dokładność użytkową instrumentu geodezyjnego w warunkach terenowych jest estymator odchylenia standardowego (utożsamiany z doświadczalnie wyznaczonym odchyleniem standardowym) o wartości obliczanej alternatywnie na podstawie:

- a) różnic wyników i -tej serii pomiarów, obliczonych względem wartości przyjętej jako prawdziwej,
- b) różnic wyników i -tej serii pomiarów, obliczonych względem wartości średniej,
- c) wyrównania wyników i -tej serii pomiarów, przeprowadzonego według metody najmniejszych kwadratów,
- d) różnic dwóch odpowiadających sobie wartości uzyskanych w i -tej serii pomiarów podwójnych.

Estymator odchylenia standardowego uzyskany niezależnie dla każdej z kilku serii pomiaru testowego jest w dalszej kolejności wykorzystywany do obliczenia wartości ogólnego estymatora odchylenia standardowego, będącego miarą dokładności użytkowej danego instrumentu geodezyjnego.

Zgodnie z normą PN-ISO 4463-1, jeśli dla planowanego zadania pomiarowego jest określone odchylenie dopuszczalne $\pm p$ zaleca się, aby estymator odchylenia standardowego s , uzyskany w wyniku pomiaru testowego z użyciem danego instrumentu geodezyjnego, spełniał nierówność:

$$s \leq \frac{|p|}{2,5} \quad (2)$$

W sytuacji niespełnienia powyższej nierówności zaleca się w sposób oczywisty zmianę instrumentu na bardziej dokładny lub przedyskutowanie z projektantem obiektu budowlanego możliwości ewentualnego zwiększenia wartości odchylenia dopuszczalnego.

Uproszczona procedura testowa obejmuje liczbę pomiarów ograniczoną do niezbędnego minimum, co w sytuacji zaistnienia potrzeby bardziej obiektywnej i wiarygodnej oceny dokładności instrumentu geodezyjnego uzasadnia przeprowadzenie pomiaru testowego według procedury pełnej.

Pełna procedura testowa składa się każdorazowo przynajmniej z trzech serii pomiarowych, zaś uzyskana wartość ogólnego odchylenia standardowego jest interpretowana z wykorzystaniem testów statystycznych, w kontekście odpowiedzi na pytania, czy:

- a) uzyskana wartość doświadczalnego odchylenia standardowego jest mniejsza od wartości wynikającej z parametrów dokładnościowych podanych przez producenta instrumentu geodezyjnego lub zapisanych w specyfikacji planowanego zadania pomiarowego,
- b) dwa doświadczalne odchylenia standardowe wyznaczone z dwóch różnych pomiarów testowych należą do tej samej populacji przy założeniu, że pomiary te charakteryzują się tą samą liczbą stopni swobody i były wykonane:
 - tym samym instrumentem, ale przez różnych obserwatorów,
 - tym samym instrumentem, ale w różnym czasie,
 - różnymi instrumentami w celu porównania ich dokładności.

W aspekcie praktycznym szczególnie istotna jest odpowiedź na pierwsze z w/w pytań, tzn. czy wartość doświadczalnego odchylenia standardowego s będąca wynikiem realizacji pełnej procedury testowej jest mniejsza lub równa teoretycznej (zadanej) wartości σ na poziomie ufności $1 - \alpha$. W tym celu została sformułowana hipoteza zerowa $s \leq \sigma$, która nie jest odrzucana, jeśli spełniony jest warunek

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}} \quad (3)$$

gdzie $\chi^2_{1-\alpha}(v)$ – zmienna losowa o rozkładzie χ^2 i liczbie stopni swobody v .

Dla wszystkich testów statystycznych normy ISO przyjmują poziom ufności $1 - \alpha = 0,95$ oraz liczbę stopni swobody zgodną z projektem pomiaru.

5.2. Niwelatory

Norma PN-ISO 17123-2 wskazuje metodykę ustalania dokładności niwelatorów libelowych, samopoziomujących i cyfrowych wraz z ich wyposażeniem, używanych w pomiarach inżynierskich i geodezyjnych. Norma przyjmuje założenie wstępne, że niwelator przed przystąpieniem do pomiarów testowych jest zrektyfikowany zgodnie z zaleceniami podanymi w instrukcji jego obsługi i używany wraz ze statywem oraz łątami niwelacyjnymi zalecanymi przez producenta.

Norma PN-ISO 17123-2 obejmuje dwie niezależne procedury testowe, z których:

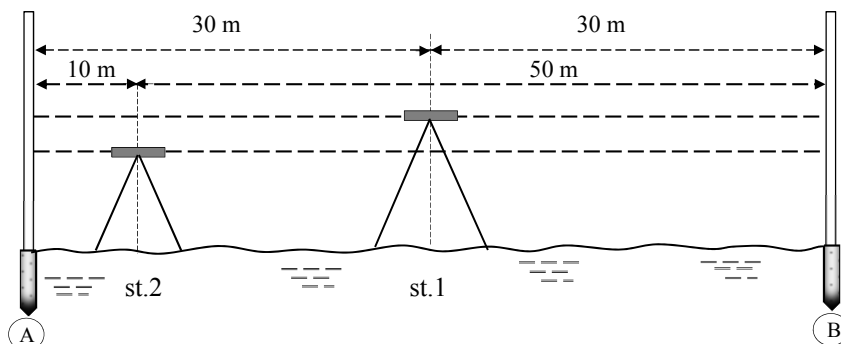
- procedura uproszczona – umożliwia sprawdzenie, czy dokładność danego niwelatora mieści się w granicach określonych przez odchylenie dopuszczalne dla planowanego zadania pomiarowego – zgodnie z normą PN-ISO-4463-1 (procedura ta jest zalecana głównie do weryfikacji dokładności niwelatora optycznego używanego w tych pomiarach, gdzie występują celowe o nierównych długościach, np. na placu budowy);
- procedura pełna – umożliwia wyznaczenie najwyższej dokładności danego niwelatora, możliwej do uzyskania w konkretnych warunkach terenowych, przy założeniu zachowania jednakowej długości celowych (maksymalne odchylenie 10% przy zalecanej długości celowych 30 m).

W procedurze pełnej miarą dokładności użytkowej testowanego niwelatora jest doświadczalne odchylenie standardowe podwójnej niwelacji na 1 km.

Konfiguracja linii testowej i pomiary

Linie testową w obu procedurach tworzą dwa punkty A i B w odległości wzajemnej około 60 m, wybrane w terenie w miarę możliwości stabilnym i płaskim o jednolitym pokryciu, przy czym nie powinny być to przykładowo drogi pokryte asfaltem lub betonem. Dla zapewnienia możliwie wysokiej

wiarygodności wyników wykonywanych pomiarów, łąty niwelacyjne powinny zachowywać stabilność w trakcie trwania pomiaru testowego.



Rys. 8. Konfiguracja linii testowej niwelatora

Zakres pomiarów obejmuje:

- w procedurze uproszczonej → dwie serie pomiarowe składające się z dziesięciu par odczytów wstecz $X_{A,j}$ na łącie w punkcie A i w przód $X_{B,j}$ na łącie w punkcie B, najpierw ze stanowiska nr 1 niwelatora ($j = 1, \dots, 10$), a następnie ze stanowiska nr 2 ($j = 11, \dots, 20$) przy:
 - a) zmianie poziomu niwelatora pomiędzy każdą z par odczytów,
 - b) zmianie kolejności odczytów wstecz i w przód po wykonaniu pierwszych pięciu par odczytów na każdym ze stanowisk niwelatora, tzn. najpierw ($X_{A,1}, X_{B,1}, \dots, X_{A,5}, X_{B,5}$) i następnie ($X_{B,6}, X_{A,6}, \dots, X_{B,10}, X_{A,10}$) na stanowisku nr 1 oraz ($X_{A,11}, X_{B,11}, \dots, X_{A,15}, X_{B,15}$) i następnie ($X_{B,16}, X_{A,16}, \dots, X_{B,20}, X_{A,20}$) na stanowisku nr 2.
- w procedurze pełnej → dwie serie pomiarowe, z których każda, składa się z dwudziestu par odczytów wstecz $X_{A,j}$ na łącie w punkcie A i w przód $X_{B,j}$ na łącie w punkcie B, tylko ze stanowiska nr 1 niwelatora przy:
 - a) zmianie poziomu niwelatora pomiędzy każdą z par odczytów,
 - b) zmianie kolejności odczytów wstecz i w przód po wykonaniu pierwszych dziesięciu par odczytów, tzn. w pierwszej serii najpierw ($X_{A,1}, X_{B,1}, \dots, X_{A,10}, X_{B,10}$) i następnie ($X_{B,11}, X_{A,11}, \dots, X_{B,20}, X_{A,20}$),
 - c) wzajemnej zamianie łąt niwelacyjnych w punktach A i B i powtórzeniu pomiarów w takiej samej kolejności, jak w pierwszej serii pomiarowej, tzn. najpierw ($X_{A,21}, X_{B,21}, \dots, X_{A,30}, X_{B,30}$) i następnie ($X_{B,31}, X_{A,31}, \dots, X_{B,40}, X_{A,40}$).

Opracowanie wyników pomiaru testowego

Procedura uproszczona

Obliczenia wykonywane w ramach procedury uproszczonej obejmują kolejno:

1. różnice wysokości Δh z każdej pary odczytów wstecz $X_{A,j}$ i w przód $X_{B,j}$ wykonanych ze stanowiska nr 1

$$\Delta h_j = X_{A,j} - X_{B,j}; \text{ dla } j = 1, \dots, 10 \quad (4)$$

2. średnią arytmetyczną z powyższych różnic wysokości Δh_j , którą na potrzeby testu przyjmuje się jako wartość prawdziwą różnicy wysokości pomiędzy punktami A i B

$$\Delta \bar{h}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{10} \Delta h_j}{10} \quad (5)$$

3. poprawki $r_j = \Delta \bar{h}_1 - \Delta h_j$; dla $j = 1, \dots, 10$ (6)

4. doświadczalne odchylenie standardowe s różnicy wysokości Δh

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_j^2}{9}} \quad (7)$$

5. różnice wysokości Δh z każdej pary odczytów wstecz $X_{A,j}$ i w przód $X_{B,j}$ wykonanych ze stanowiska nr 2

$$\Delta h_j = X_{A,j} - X_{B,j}; \text{ dla } j = 11, \dots, 20 \quad (8)$$

6. średnią arytmetyczną z powyższych różnic wysokości Δh_j

$$\Delta \bar{h}_2 = \frac{\sum_{j=11}^{20} \Delta h_j}{10} \quad (9)$$

Różnica $\Delta \bar{h}_1 - \Delta \bar{h}_2$ powinna zawierać się w przedziale określonym przez odchylenie dopuszczalne $\pm p$, którego wartość zgodnie z normą PN-ISO 4463-1 powinna być zapisana w specyfikacji planowanego zadania pomiarowego.

W sytuacji, gdy wartość odchylenia dopuszczalnego $\pm p$ nie jest znana, powinno być spełnione kryterium:

$$|\Delta \bar{h}_1 - \Delta \bar{h}_2| < 2,5 \times s \quad (10)$$

dla s obliczonego ze wzoru (7).

Niespełnienie powyższego kryterium oznacza nadmierną niepewność wyniku pomiaru różnicy wysokości przy dłuższych celowych (50 m) wynikającą z błędów odczytu na łątach niwelacyjnych, wpływu refrakcji oraz zmian położenia osi celowej danego niwelatora. W takiej sytuacji należy sprawdzić położenie osi celowej niwelatora zgodnie z instrukcją jego obsługi i/lub ograniczyć długość celowych podczas wykonywania pomiarów.

Przykład pomiaru testowego, wykonanego niwelatorem według procedury uproszczonej, jest przedstawiony w tabeli 5:

$$\Delta \bar{h}_1 = \frac{776}{10} = 77,6 \text{ mm} \quad \Delta \bar{h}_2 = \frac{774}{10} = 77,4 \text{ mm}$$

$$s = \sqrt{\frac{6,40}{9}} = 0,84 \text{ mm}$$

Sytuacja, w której jest spełnione kryterium $|\Delta \bar{h}_1 - \Delta \bar{h}_2| = 0,2 \text{ mm} < 2,5 \times 0,84 = 2,1 \text{ mm}$ może uzasadniać akceptację danego niwelatora w kontekście realizacji planowanych zadań pomiarowych, gdzie mogą występować celowe o zróżnicowanej długości.

Tabela 5. Przykład uproszczonej procedury testowej niwelatora

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
j	$X_{A,j}$ [mm]	$X_{B,j}$ [mm]	Δh_j [mm]	r [mm]	r_j^2 [mm ²]	j	$X_{A,j}$ [mm]	$X_{B,j}$ [mm]	Δh_j [mm]
1	1684	1608	76	-1,6	2,56	11	1602	1524	78
2	1682	1604	78	0,4	0,16	12	1613	1537	76
3	1690	1612	78	0,4	0,16	13	1624	1546	78
4	1704	1626	78	0,4	0,16	14	1634	1556	78
5	1714	1636	78	0,4	0,16	15	1644	1568	76
6	1726	1648	78	0,4	0,16	16	1636	1560	76
7	1708	1630	78	0,4	0,16	17	1636	1558	78
8	1678	1602	76	-1,6	2,56	18	1627	1549	78
9	1688	1610	78	0,4	0,16	19	1652	1574	78
10	1706	1628	78	0,4	0,16	20	1638	1560	78
Σ	16980	16204	776	0,0	6,40	Σ	16306	15532	774

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

Procedura pełna

Obliczenia wykonywane w ramach procedury pełnej obejmują kolejno:

1. różnice wysokości Δh z każdej pary odczytów wstecz $X_{A,j}$ i w przód $X_{B,j}$ dla $j = 1, \dots, 40$

$$\Delta h_{A,B,j} = X_{A,j} - X_{B,j} \quad (11)$$

2. średnią arytmetyczną z różnic wysokości Δh_j , niezależnie dla pierwszej i drugiej serii pomiarowej

$$\Delta \bar{h}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{20} \Delta h_j}{20}; \quad \Delta \bar{h}_2 = \frac{\sum_{j=21}^{40} \Delta h_j}{20} \quad (12)$$

Uwaga: różnica $\delta = \Delta \bar{h}_1 - \Delta \bar{h}_2$ wskazuje na niezgodność miejsca zera dwóch łąk niwelacyjnych użytych w pomiarze testowym.

3. poprawki

$$\begin{aligned} r_j &= \Delta \bar{h}_1 - \Delta \bar{h}_j & \text{dla } j = 1, \dots, 20 \\ r_j &= \Delta \bar{h}_2 - \Delta \bar{h}_j & \text{dla } j = 21, \dots, 40 \end{aligned} \quad (13)$$

4. doświadczalne odchylenie standardowe s , różnicy wysokości dwóch punktów oddalonych od siebie na odległość 60 m

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r_j^2}{38}} \quad (14)$$

oraz na odległość 1000 m (podwójna niwelacja ciągu)

$$s_{ISO-NIW} = \frac{s}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{1000 \text{ m}}{60 \text{ m}}} = s \times 2,89 \quad (15)$$

Przykład pomiaru testowego, wykonanego niwelatorem zgodnie z wymogami procedury pełnej, jest przedstawiony w tabeli 6.

Tabela 6. Przykład pełnej procedury testowej niwelatora

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
j	$X_{A,j}$ [mm]	$X_{B,j}$ [mm]	Δh_j [mm]	r [mm]	r_j^2 [mm ²]	j	$X_{A,j}$ [mm]	$X_{B,j}$ [mm]	Δh_j [mm]	r_j [mm]	r_j^2 [mm ²]
1	1732	1654	78	0,3	0,09	21	1704	1626	78	0,2	0,04
2	1720	1642	78	0,3	0,09	22	1708	1630	78	0,2	0,04
3	1718	1640	78	0,3	0,09	23	1718	1640	78	0,2	0,04
4	1702	1624	78	0,3	0,09	24	1710	1634	76	-1,8	3,24
5	1712	1634	78	0,3	0,09	25	1722	1644	78	0,2	0,04
6	1680	1602	78	0,3	0,09	26	1712	1634	78	0,2	0,04
7	1666	1588	78	0,3	0,09	27	1708	1630	78	0,2	0,04
8	1616	1540	76	-1,7	2,89	28	1704	1626	78	0,2	0,04
9	1678	1600	78	0,3	0,09	29	1716	1638	78	0,2	0,04
10	1686	1610	76	-1,7	2,89	30	1728	1650	78	0,2	0,04
11	1700	1622	78	0,3	0,09	31	1720	1642	78	0,2	0,04

12	1720	1642	78	0,3	0,09	32	1732	1654	78	0,2	0,04
13	1716	1638	78	0,3	0,09	33	1722	1644	78	0,2	0,04
14	1730	1652	78	0,3	0,09	34	1716	1638	78	0,2	0,04
15	1722	1644	78	0,3	0,09	35	1708	1630	78	0,2	0,04
16	1730	1652	78	0,3	0,09	36	1690	1612	78	0,2	0,04
17	1726	1650	76	-1,7	2,89	37	1684	1606	78	0,2	0,04
18	1708	1630	78	0,3	0,09	38	1692	1614	78	0,2	0,04
19	1718	1640	78	0,3	0,09	39	1700	1624	76	-1,8	3,24
20	1710	1632	78	0,3	0,09	40	1706	1628	78	0,2	0,04
Σ	34090	32536	1554	0,0	10,20	Σ	34200	32644	1556	0,0	7,20

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

$$\Delta \bar{h}_1 = \frac{1554}{20} = 77,7 \text{ mm} \qquad \Delta \bar{h}_2 = \frac{1556}{20} = 77,8 \text{ mm}$$

$$\delta = \Delta \bar{h}_1 - \Delta \bar{h}_2 = -0,1 \text{ mm}$$

$$s = \sqrt{\frac{10,20 + 7,20}{38}} = 0,68 \text{ mm}$$

$$s_{ISO-NIW} = 0,68 \times 2,89 = 2,0 \text{ mm}$$

Inwarowe łąty niwelacyjne

Pomiar testowy niwelatora według procedury pełnej może odbywać się z użyciem inwarowych łąt niwelacyjnych. Norma PN-ISO 12858-1 „*Optyka i instrumenty optyczne – wyposażenie pomocnicze instrumentów geodezyjnych – inwarowe łąty niwelacyjne*” [46] wyszczególnia najważniejsze wymagania stawiane inwarowym łątom niwelacyjnym stosowanym podczas pomiaru z użyciem mechaniczno-optycznego niwelatora wyposażonego w płytkę płasko-równoległą lub niwelatora cyfrowego o porównywalnej dokładności.

Norma przyjmuje, że inwarowe łąty niwelacyjne są zwykle produkowane o nominalnej długości 2 m lub 3 m, zaś szczegóły dotyczące ich konstrukcji są na ogół do decyzji producenta. Przykłady takich łąt niwelacyjnych dokumentuje rysunek 9.

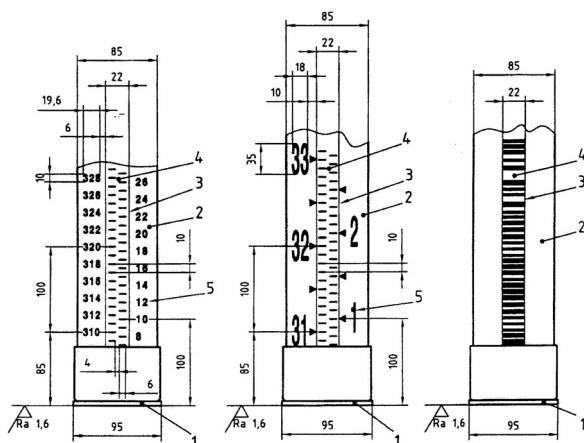
Wymagania stawiane inwarowym łątom niwelacyjnym dotyczą kolejno:

- a) taśmy inwarowej z naniesionym podziałem, która powinna charakteryzować się współczynnikiem rozszerzalności termicznej (α) o wartości $|\alpha| \leq 1 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$, gdzie K – temperatura w skali Kelvina
- b) podziału, i tak:
 - na taśmie inwarowej mogą być naniesione kreski podziału pojedynczego lub podwójnego,
 - kreski podziału powinny być równej grubości, równoległe do stopki łąty i zapewniać dobry kontrast,

- $$\Delta l = \pm(0,02 + l \cdot 2 \cdot 10^{-5}) \quad (16)$$

l – odległość, w milimetrach, pomiędzy dwiema dowolnymi kreskami podziału,

- c) błąd miejsca zera stopki łąty niwelacyjnej interpretowany jako różnica pomiędzy nominalną wartością pierwszego decymetra łąty niwelacyjnej i jego wartością wzorcową (przyjętą jako prawdziwą), uzyskaną z zastosowaniem wzorca w temperaturze 20°C nie powinien przekraczać 0,05 mm, zaś konstrukcja łąty powinna umożliwić jego rektyfikację,
- d) stopki łąty niwelacyjnej, której dolna powierzchnia powinna być wykonana w postaci utwardzonej, nierdzewnej płytki stalowej – odchylenie od płaskości nie powinno przekraczać 0,02 mm przy zachowaniu prostokątności w granicach $\pm 5'$ do osi podłużnej łąty.



- 1 stopka,
- 2 oprawa łąty,
- 3 taśma inwarowa,
- 4 podział (-y),
- 5 opis podziału

Rys. 9. Przykłady inwarowych łąt niwelacyjnych

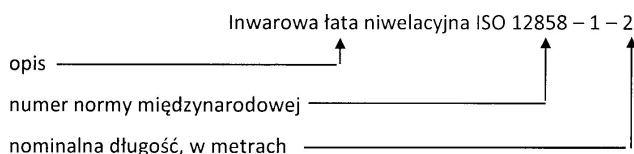
W wyposażenie inwarowej łąty niwelacyjnej powinny stanowić:

- a) dwa składane uchwyty i łączniki dla podpórek umieszczone na oprawie łąty,
- b) pierścień centrujący przy stopce łąty,
- c) libela sferyczna z oznaczonym zakresem użytkowym $15' \pm 5'$, przymocowana do tylnej powierzchni oprawy łąty.

Na tylnej powierzchni oprawy inwarowej łąty niwelacyjnej powinno być umieszczone cechowanie zawierające co najmniej następujące dane:

- a) nazwisko lub znak fabryczny producenta lub dostawcy,
- b) indywidualny numer identyfikacyjny (numer seryjny).

Inwarowa łąta niwelacyjna może być dodatkowo opisana na tylnej powierzchni jej oprawy w sposób następujący:



5.3. Teodolity

Norma PN-ISO 17123-3 prezentuje opracowane procedury testowe teodolitów. Celem tych procedur jest ocena dokładności użytkowej teodolitów w warunkach terenowych, co z kolei może stanowić podstawę akceptacji danego typu teodolitu w kontekście realizacji zadań pomiarowych o ustalonych wymaganiach dokładnościowych.

Norma przyjmuje, że dany teodolit i jego wyposażenie pomocnicze są sprawdzone i zrektyfikowane zgodnie z instrukcją obsługi. Ponadto teodolit powinien być używany ze statywem zaleconym przez producenta. Wyniki pomiarów testowych mogą być obarczone wpływem warunków atmosferycznych i z tego powodu pomiary powinny być wykonywane w warunkach zbliżonych do tych, jakie są spodziewane podczas realizacji planowanych zadań pomiarowych.

Miarą dokładności użytkowej danego teodolitu jest doświadczalnie wyznaczone odchylenie standardowe kierunku poziomego i kąta pionowego, będących wynikiem obserwacji wykonanych w jednej serii.

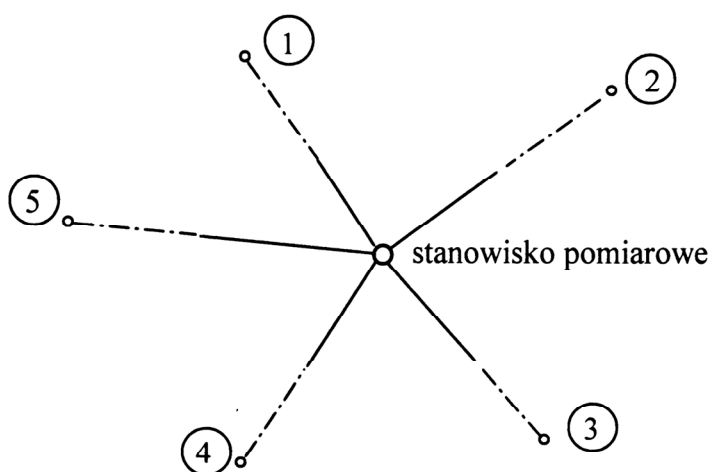
Norma wyróżnia dwie niezależne procedury testowe, z których:

- procedura uproszczona – umożliwia sprawdzenie, czy dokładność danego teodolitu spełnia kryteria dokładnościowe ustalone przez normę PN-ISO 4463-1 dla najbardziej typowych zadań pomiarowych na placu budowy,
- procedura pełna – umożliwia wyznaczenie najwyższej dokładności danego teodolitu możliwej do uzyskania w konkretnych warunkach terenowych.

Ocena dokładności kierunku poziomego

Konfiguracja pola testowego i pomiary

Pole testowe tworzą cztery (w procedurze uproszczonej) lub pięć (w procedurze pełnej) stałe punkty obserwowane, sygnalizowane za pomocą tarcz celowniczych. Punkty te powinny być zlokalizowane w przybliżeniu w płaszczyźnie poziomej teodolitu ustawionego na stanowisku pomiarowym, w odległości od niego w przedziale od 100 m do 250 m. Ponadto kierunki do punktów obserwowanych powinny w regularnych odstępach kątowych wypełniać pełny horyzont.



Rys. 10. Konfiguracja pola testowego na potrzeby oceny dokładności kierunku poziomego

Pomiary testowe obejmują wykonanie cykli pomiarowych w ilości jeden (procedura uproszczona) i cztery (procedura pełna), z których każdy obejmuje trzy serie odczytów koła poziomego teodolitu odpowiadających kierunkom do czterech (procedura uproszczona) lub pięciu (procedura pełna) punktów obserwowanych.

Przykładowe zestawienie odczytów koła poziomego teodolitu dokumentują tabela 7 (kolumny 3 i 4) – procedura uproszczona oraz tabela 8 (kolumny 3 i 4) – cykl pomiarowy nr 1 procedury pełnej.

Tabela 7. Przykład uproszczonej procedury testowej w zakresie oceny dokładności kierunku poziomego

1	2	3	4	5	6	7	8	9
j	k	$H_{j,k,I}$ [g]	$H_{j,k,II}$ [g]	$H_{j,k}$ [g]	$H'_{j,k}$ [g]	$\bar{H}_k$ [g]	$d_{j,k}$ [cc]	$r_{j,k}$ [cc]
1	1	0,7513	200,7511	0,7512	0,0000	0,00000	0,0	6,1
	2	38,5174	238,5172	38,5173	37,7661	37,76640	3,0	3,1
	3	133,7594	333,7594	133,7594	133,0082	133,00997	17,7	-11,6
	4	207,6180	7,6176	207,6178	206,8666	206,86697	3,7	2,4
	Σ	380,6461	780,6453	380,6457	377,6409	377,64328	24,4	0,0
2	1	59,8296	259,8262	59,8279	0,0000		0,0	-1,9
	2	97,5958	297,5936	97,5947	37,7668		-4,0	2,1
	3	192,8406	392,8358	192,8382	133,0103		-3,3	1,4
	4	266,6957	66,6941	266,6949	206,8670		-0,3	-1,6
	Σ	616,9617	1016,9497	616,9557	377,6440		-7,6	0,0
3	1	124,5397	324,5342	124,5370	0,0000		0,0	-4,2
	2	162,3057	362,3007	162,3032	37,7663		1,0	-5,1
	3	257,5516	57,5450	257,5483	133,0114		-14,3	10,1
	4	331,4079	131,4005	331,4042	206,8673		-3,3	-0,8
	Σ	875,8050	875,7804	875,7927	377,6449		-16,6	0,0
$\bar{d}_1 = 6,1; \quad \bar{d}_2 = -1,9; \quad \bar{d}_3 = -4,2; \quad s = 7,6^{cc}$							$\sum r_{j,k}^2 = 345,98$	

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

Tabela 8. Przykład cyklu pomiarowego nr 1 pełnej procedury testowej w zakresie oceny dokładności kierunku poziomego

1	2	3	4	5	6	7	8	9
j	k	$H_{j,k,I}$ [g]	$H_{j,k,II}$ [g]	$H_{j,k}$ [g]	$H'_{j,k}$ [g]	$\bar{H}_k$ [g]	$d_{j,k}$ [cc]	$r_{j,k}$ [cc]
1	1	26,9668	226,9680	26,9674	0,0000	0,0000	0,0	-4,86
	2	105,7600	305,7608	105,7604	78,7930	78,79260	-4,0	-0,86
	3	186,3474	386,3508	186,3491	159,3817	159,38147	-2,3	-2,56
	4	266,9159	66,9163	266,9161	239,9487	239,94750	-12,0	7,14
	5	348,3068	148,3128	348,3098	321,3424	321,34180	-6,0	1,14
	Σ	934,2969	1134,3087	934,3028	799,4658	799,46337	-24,3	0,00
2	1	94,3718	294,3726	94,3722	0,0000		0,0	-3,06
	2	173,1650	373,1662	173,1656	78,7934		-8,0	4,94

	3	253,7536	53,7536	253,7536	159,3814		0,7	-3,76
	4	334,3198	134,3204	334,3201	239,9479		-4,0	0,94
	5	15,7144	215,7144	15,7144	321,3422		-4,0	0,94
	Σ	871,3246	1071,3272	871,3259	799,4649		-15,3	0,00
3	1	161,6390	361,6394	161,6392	0,0000		0,0	7,94
	2	240,4292	40,4320	240,4306	78,7914		12,0	-4,06
	3	321,0180	121,0230	321,0205	159,3813		1,7	6,24
	4	1,5834	201,5868	1,5851	239,9459		16,0	-8,06
	5	82,9798	282,9802	82,9800	321,3408		10,0	-2,06
	Σ	807,6494	1007,6614	807,6554	799,4594		39,7	0,00
$\bar{d}_1 = -4,86; \quad \bar{d}_2 = -3,06; \quad \bar{d}_3 = 7,94; \quad s_1 = 6,3^{cc}$							$\sum r_{j,k}^2 = 320,54$	

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

Obliczenia

Na podstawie odczytów koła poziomego $H_{j,k,I}$ i $H_{j,k,II}$ oblicza się kolejno:

- odczyty średnie z obserwacji w I i II położeniu teodolitu (przy kole lewym i kole prawym)

$$H_{j,k,I} = \frac{H_{j,k,I} + (H_{j,k,II} \pm 200^g)}{2} \quad (17)$$

- odczyty zredukowane $H'_{j,k}$ odpowiadające odczytowi zerowemu kierunku np, na p-kt nr 1,
- odczyty średnie $\bar{H}_k$ z trzech serii pomiarowych dla poszczególnych kierunków,
- różnice $d_{j,k}$ dla każdej z trzech serii pomiarowej

$$d_{j,k} = \bar{H}_k - H'_{j,k} \quad (18)$$

- średnią arytmetyczną $\bar{d}_{j,k}$ z różnic $d_{j,k}$ dla każdej z serii pomiarowych

$$\bar{d}_j = \frac{\sum_{k=1}^4 d_{j,k}}{4} \quad (\text{procedura uproszczona}) \quad (19)$$

$$\bar{d}_j = \frac{\sum_{k=1}^5 d_{j,k}}{5} \quad (\text{procedura pełna}) \quad (20)$$

- poprawki $r_{j,k}$

$$r_{j,k} = \bar{d}_j - d_{j,k} \text{ (w każdej serii } \sum r_{j,k} = 0 \text{)} \quad (21)$$

- kwadraty poprawek i ich sumę,
- doświadczalne odchylenie standardowe kierunku poziomego zaobserwowanego w jednej serii (przy liczbie stopni swobody 6 w procedurze uproszczonej lub 8 w procedurze pełnej)

$$\text{procedura uproszczona } s_i = \sqrt{\frac{\sum r_{j,k}^2}{6}} \quad (22)$$

$$\text{procedura pełna (dla } i\text{-tego cyklu pomiarowego)} s_i = \sqrt{\frac{\sum r_{j,k}^2}{8}} \quad (23)$$

- ogólne doświadczalne odchylenie standardowe $s_{ISO-THEO-HZ}$ kierunku poziomego z czterech cykli pomiarowych przy liczbie stopni swobody 32

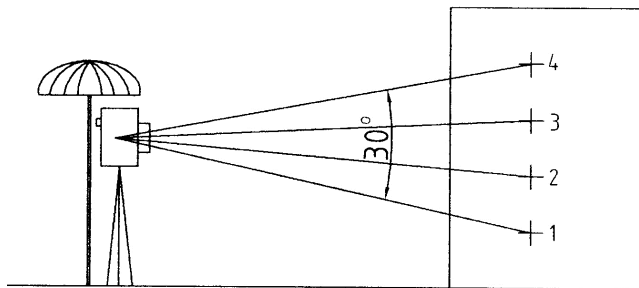
$$s_{ISO-THEO-HZ} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_{j,k}^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} \quad (24)$$

W prezentowanym przykładzie pełnej procedury testowej z poszczególnych cykli pomiarowych otrzymano następujące wartości odchylenia standardowego: $s_1 = 6,3^{cc}$ (tabela 8) oraz $s_2 = 7,0^{cc}$, $s_3 = 5,3^{cc}$ i $s_4 = 7,8^{cc}$. Zatem ogólne doświadczalnie wyznaczone odchylenie standardowe wynosi $6,7^{cc}$, które należy interpretować jako miarę najwyższej dokładności użytkowej testowanego teodolitu w zakresie pomiaru kierunku poziomego w określonych warunkach terenowych.

Ocena dokładności kąta pionowego

Konfiguracja pola testowego i pomiary

Pole testowe tworzą cztery jednoznacznie identyfikowalne punkty obserwowane, wybrane jako punkty charakterystyczne lub zasygnalizowane znakami pomiarowymi na ścianie obiektu budowlanego. Ich lokalizacja powinna umożliwiać obserwację kąta pionowego w zakresie zbliżonym do 30° ze stanowiska teodolitu oddalonego na odległość 50 m (rys. 11).



Rys. 11. Konfiguracja pola testowego dla obserwacji kątów pionowych

Pomiary testowe obejmują cykle pomiarowe w ilości jeden (procedura uproszczona) oraz cztery (procedura pełna), z których każdy obejmuje trzy serie pomiaru kąta pionowego do czterech punktów obserwowanych.

Przykładowe zestawienie odczytów koła pionowego teodolitu dokumentuje tabela 9 (kolumny 3 i 4), co odpowiada procedurze uproszczonej oraz cyklowi pomiarowemu nr 1 procedury pełnej.

Tabela 9. Przykład oceny dokładności kąta pionowego

1	2	3	4	5	6	7	8
j	k	$V_{j,k,I}$ [g]	$V_{j,k,II}$ [g]	$\delta_{j,k}$ [g]	$\alpha_{j,k}$ [g]	$\bar{\alpha}_k$ [g]	$r_{j,k}$ [cc]
1	1	69,5032	330,4982	0,0007	69,5025	69,50110	- 14,0
	2	78,2812	321,7242	0,0027	78,2785	78,27773	- 7,7
	3	87,8022	312,2014	0,0018	87,8004	87,80027	- 1,3
	4	98,7834	301,2230	0,0032	98,7802	98,78017	- 0,3
	Σ	334,3700	1265,6468	0,0084	334,3616	334,35927	- 23,3
2	1	69,5012	330,5024	0,0018	69,4994		17,0
	2	78,2798	321,7258	0,0028	78,2770		7,3
	3	87,8014	312,2018	0,0016	87,7998		4,7
	4	98,7816	301,2218	0,0017	98,7799		2,7
	Σ	334,3640	1265,6518	0,0079	334,3561		31,7
3	1	69,5028	330,5000	0,0014	69,5014		-3,0
	2	78,2790	321,7236	0,0013	78,2777		0,3
	3	87,8032	312,2020	0,0026	87,8006		-3,3
	4	98,7820	301,2212	0,0016	98,7804		-2,3
	Σ	334,3670	1265,6468	0,0069	334,3601		-8,3
$\delta_{j,k} = 0,0019^g$		$s_1 = 9,0^{cc}$				$\sum r_{j,k}^2 = 654,01$	

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

Obliczenia

Na podstawie odczytów koła pionowego $V_{j,k,I}$ i $V_{j,k,II}$ oblicza się kolejno:

- błąd indeksu koła pionowego $\delta_{j,k}$

$$\delta_{j,k} = \frac{(V_{j,k,I} + V_{j,k,II}) - 400^g}{2} \quad (\text{tylko w procedurze pełnej}) \quad (25)$$

- kąty pionowe $\alpha_{j,k}$ jako wartości średnie z pomiarów w I i II położeniu teodolitu (w prezentowanym przykładzie są to kąty zenitalne)

$$\alpha_{j,k} = \frac{V_{j,k,I} + (400^g - V_{j,k,II})}{2} \quad (26)$$

- wartości średnie kątów pionowych $\bar{\alpha}_k$ z trzech serii pomiarowych

$$\bar{\alpha}_k = \frac{\alpha_{1,k} + \alpha_{2,k} + \alpha_{3,k}}{3} \quad (27)$$

dla $k = 1, 2, 3$ i 4

- poprawki $r_{j,k}$

$$r_{j,k} = \bar{\alpha}_k - \alpha_{j,k} \quad \left(\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k} = 0 \right) \quad (28)$$

- doświadczalne odchylenie standardowe kąta pionowego zmierzonego w jednej serii (przy liczbie stopni swobody 8)
– procedura uproszczona i jednocześnie jeden cykl pomiarowy procedury pełnej

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_{j,k}^2}{8}} \quad (29)$$

- ogólne doświadczalne odchylenie standardowe $s_{ISO-THEO-V}$ kąta pionowego z czterech cykli pomiarowych przy liczbie stopni swobody 32

$$s_{ISO-THEO-V} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} \quad (30)$$

W przypadku pełnej procedury testowej z poszczególnych cykli pomiarowych otrzymano następujące wartości odchylenia standardowego: $s_1 = 9.0^{cc}$ (tabela 9)

oraz $s_2 = 9,0''$, $s_3 = 6,8''$ i $s_4 = 7,0''$. Zatem doświadczalnie wyznaczone ogólne odchylenie standardowe wynosi $8,0''$, które należy interpretować jako miarę najwyższej dokładności użytkowej testowanego teodolitu w zakresie pomiaru kąta (zenitalnego) w określonych warunkach terenowych,

Przedstawione procedury testowe dotyczą teodolitu, który jako tzw. instrument uniwersalny do pomiaru kątów poziomych i pionowych (zenitalnych) powoli przechodzi do historii. Powyższe funkcje pomiarowe posiadają jednak tachimetry elektroniczne i w tym kontekście należy dostrzegać przydatność procedur testowych w zakresie oceny dokładności użytkowej kierunku poziomego oraz kąta pionowego (zenitalnego) według normy PN-ISO 17123-3. Tachimetrów elektronicznych dotyczy norma PN-ISO 17123-5, ale w tym przypadku ocena dokładności użytkowej obejmuje bezpośrednio współrzędne x , y i z punktów obserwowanych (funkcja tachimetru – pomiar współrzędnych) bez niezależnej oceny kąta poziomego (metoda biegunowa – współrzędne x i y) oraz kąta pionowego (niwelacja trygonometryczna – współrzędna z).

5.4. Dalmierze elektrooptyczne

Norma PN-ISO 17123-4, prezentuje opracowane procedury testowe dalmierzy elektrooptycznych. Celem podstawowym tych procedur jest określenie dokładności użytkowej dalmierza elektrooptycznego, możliwej do uzyskania w warunkach terenowych. Miarą dokładności użytkowej dalmierza elektrooptycznego jest doświadczalnie wyznaczone odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru długości, którego wartość może stanowić podstawę do akceptacji danego dalmierza w kontekście wymagań dokładnościowych przypisanych określonym zadaniom pomiarowym.

Przystępując do pomiaru testowego zakłada się, że dalmierz elektrooptyczny (w praktyce będący elementem składowym tachimetru elektronicznego) jest w znanym i akceptowanym stanie technicznym, wynikającym z bieżącej jego konserwacji i rektyfikacji wykonanej zgodnie z instrukcją obsługi. Ponadto wyposażenie dalmierza powinny stanowić statywy, spodarki (umożliwiające centrowanie wymuszone) oraz reflektory (pryzmaty objijające) zalecane przez producenta dalmierza.

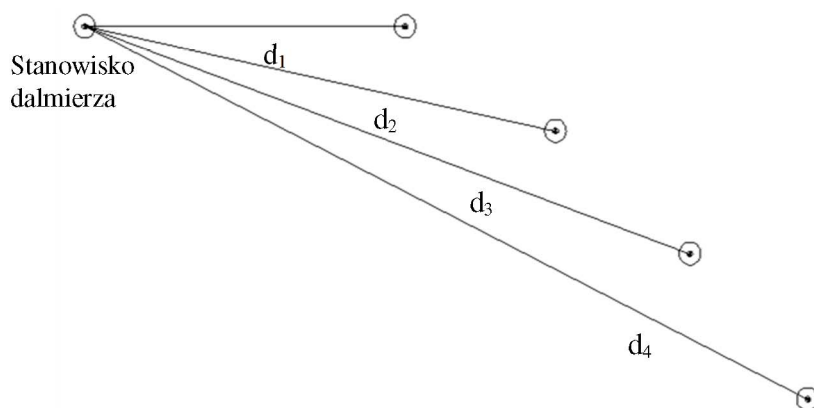
Norma PN-ISO 17123-4 wyróżnia dwie niezależne procedury testowe, tj. uproszczoną i pełną, z których wykonawca prac pomiarowych powinien wybrać tę, która jest bardziej odpowiednia w kontekście realizacji zadania pomiarowego obejmującego m.in. pomiary długości z wymaganą dokładnością.

Uproszczona procedura testowa

Procedura uproszczona jest realizowana na poligonie tekstowym utworzonym przez:

- stanowisko pomiarowe zastabilizowane w sposób trwały,

- cztery reflektory w sposób trwały zamontowane w odległości od stanowiska pomiarowego, charakterystycznej dla typowego zakresu pomiarowego danego dalmierza elektrooptycznego, np. od 20 do 200 m.



Rys. 12. Konfiguracja poligonu testowego w procedurze uproszczonej

Poszczególne długości, tj. d_1 , d_2 , d_3 i d_4 (rys. 12) w pierwszej kolejności powinny być zmierzone z dokładnością na tyle wysoką w porównaniu z oczekiwaną dokładnością danego dalmierza, że ich wartości na potrzeby tekstu mogą być uznane za wartości prawdziwe, tj. $\bar{x}_1 = d_1$; $\bar{x}_2 = d_2$; $\bar{x}_3 = d_3$; $\bar{x}_4 = d_4$.

Przykład: Długości czterech odcinków poligonu testowego zmierzono dalmierzem elektrooptycznym z dokładnością określoną przez odchylenie standardowe $s = 1,5$ mm, uzyskując następujące wyniki: $\bar{x}_1 = 25,654$ m, $\bar{x}_2 = 53,035$ m, $\bar{x}_3 = 127,402$ m, $\bar{x}_4 = 174,648$ m, (kolumna 3 w tabeli 10).

Dysponując tak przygotowaną bazą geometryczną, można przystąpić do pomiaru z użyciem danego dalmierza elektrooptycznego. Poszczególne odcinki poligonu testowego powinny być zmierzone co najmniej trzykrotnie, wprowadzając do wyników pomiaru (wartości średnich) poprawki ze względu na temperaturę i ciśnienie powietrza (o 1 ppm przy ich różnicy względem wartości standardowych odpowiednio temperatury o 1°C i/lub ciśnienia powietrza o 3 hPa). Przykładowy pomiar testowy według procedury uproszczonej dokumentuje tabela 10, w której wartości x_j (kolumna 2) są wartościami średnimi z wyników trzech pomiarów, poprawionych ze względu na temperaturę i ciśnienie powietrza.

Tabela 10. Przykład uproszczonej procedury testowej dalmierza elektrooptycznego

1	2	3	4
$x_{j,k}$ [m]	$x_j = \frac{\sum_{k=1}^3 x_{j,k}}{3}$ [m]	$\bar{x}_j$ [m]	$\bar{x}_j - x_j$ [m]
25,656 25,655 25,655	25,655	25,654	-0,001
53,034 53,031 53,033	53,033	53,035	0,002
127,402 127,405 127,404	127,404	127,402	-0,002
174,643 174,647 174,645	174,645	174,648	0,003

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

Różnice $\bar{x}_j - x_j$ (kolumna 4 w tabeli 10) powinny zawierać się w przedziale określonym przez odchylenie dopuszczalne $\pm p$ ustalone dla pomiarów długości w ramach planowanego zadania pomiarowego. W sytuacji, gdy odchylenie dopuszczalne $\pm p$ nie jest znane, powinien być spełniony następujący warunek:

$$|\bar{x}_j - x_j| \leq 2,5 \cdot s \quad (31)$$

gdzie: s – odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru długości każdego z czterech odcinków poligonu testowego (charakterystyka dokładności dalmierza użytego do pomiaru długości na etapie zakładania poligonu testowego).

Przykład: Dla $s = 1,5$ mm powyższy warunek przyjmuje postać:

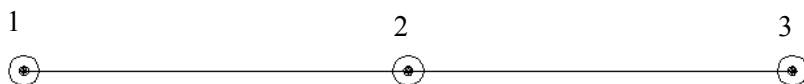
$$|\bar{x}_j - x_j| \leq 3,8 \text{ mm}$$

Wartości zestawione w kolumnie 4 (tabela 10) spełniają powyższy warunek, co może uzasadniać wnioskowanie, że dany dalmierz elektrooptyczny jest odpowiedni do realizacji planowego zadania pomiarowego. W sytuacji przeciwniej, gdyby różnice $\bar{x}_j - x_j$ były za duże, tzn. $|\bar{x}_j - x_j| > 2,5 \cdot s$, wskazane jest wykonanie dalszych badań w celu rozpoznania głównych źródeł takiej sytuacji. Badania te mogą dotyczyć sytuacji w której różnice $\bar{x}_j - x_j$ mają taki sam znak, co może wskazywać na występowanie błędu systematycznego, którym może być błąd poprawki dodawania lub błąd skali pomiarowej danego dalmierza elektrooptycznego.

Norma zaleca:

- przeprowadzenie pełnej procedury testowej, gdy błąd systematyczny nie jest rozpoznany,
- sprawdzenie częstotliwości pomiarowej dalmierza za pomocą odpowiedniego miernika, gdy podejrzewany jest błąd skali.

Na potrzeby sprawdzenia poprawki dodawania należy wytyczyć linię bazową o długości ok. 50 m, utworzoną przez co najmniej trzy punkty (rys. 13) przynależne do prostej w przybliżeniu poziomej. W każdym z tych punktów powinien być ustawiony statyw ze spodarką umożliwiającą centrowanie wymuszone. Pomiar testowy na tak utworzonej bazie obejmuje długości d_{1-3} , d_{1-2} i d_{2-3} .



Rys. 13. Linia bazowa na potrzeby wyznaczenia poprawki dodawania

Poprawka dodawania δ danego dalmierza elektrooptycznego jest obliczana jako różnica:

$$\delta = d_{1-3} - (d_{1-2} + d_{2-3}) \quad (32)$$

Pełna procedura testowa

W procedurze pełnej bazę testową tworzy siedem punktów przynależnych do odcinka o długości ok. 600 m na prostej poziomej lub o nieznacznym i przy tym stałym spadku. Punkty bazy testowej powinny być wybierane w taki sposób, aby końcówki mierzonych odległości, zdeterminowane przez pomiar przesunięcia fazowego przy częstotliwości wzorcowej, były równomiernie rozmieszczone na skali pomiarowej dalmierza elektrooptycznego (jednostce długości).

Konfiguracja bazy testowej jest uznawana za optymalną, gdy sześć długości d_1 , d_2 , d_3 , d_4 , d_5 i d_6 (rys. 14) będzie wyznaczonych z następujących zależności:

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \lambda + \beta + 3\gamma \\
 d_2 &= \lambda + 3\beta + 7\gamma \\
 d_3 &= \lambda + 5\beta + 11\gamma \\
 d_4 &= \lambda + 4\beta + 9\gamma \\
 d_5 &= \lambda + 2\beta + 5\gamma \\
 d_6 &= \lambda + \gamma \\
 d_7 &= 6\lambda + 15\beta + 36\gamma
 \end{aligned} \tag{33}$$

gdzie:

λ – długość fali dalmierza,

$\beta_0 = \frac{d_0 - 6,5 \cdot \lambda}{15}$ zaokrąglone do najbliższej liczby całkowitej

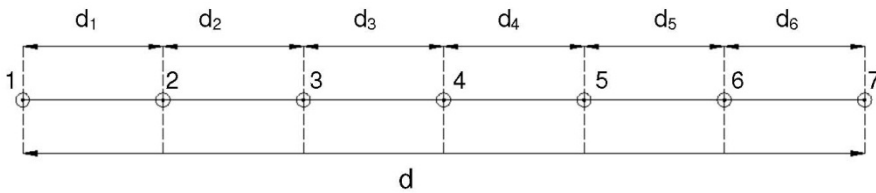
$\beta = \mu \cdot 0,5 \cdot \lambda$,

d_0 – przybliżona długość bazy testowej,

μ – liczba całkowita

$0,5 \cdot \lambda$ – jednostka skali pomiarowej dalmierza,

$$\gamma = \frac{\lambda}{72}$$

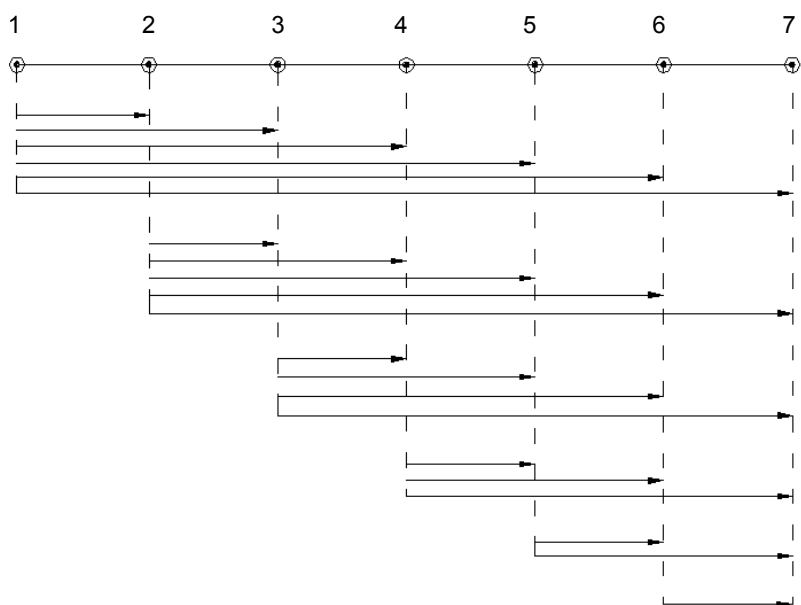


Rys. 14. Konfiguracja bazy testowej w procedurze pełnej

Przykład: $d_0 = 600$ m, $\lambda = 20$ m, $\beta_0 = 31$ m zaokrąglone do najbliższej liczby całkowitej będącej wielokrotnością $0,5 \cdot \lambda$ wskazuje $\beta = 3 \cdot 10$ m = 30 m
 $\gamma = \frac{1}{72} \cdot \lambda = 0,277778$ m.

Dla powyższych danych, długości poszczególnych odcinków bazy testowej wynoszą odpowiednio: $d_1 = 50,83$ m, $d_2 = 111,94$ m, $d_3 = 173,06$ m, $d_4 = 142,50$ m, $d_5 = 81,39$ m, $d_6 = 20,28$ m i $d = 580,00$ m.

Na tak przygotowanej bazy testowej, pomiary dalmierzem elektrooptycznym obejmują dwadzieścia jeden długości zgodnie z rys. 15.



Rys. 15. Schemat pomiaru długości na bazie testowej w procedurze pełnej

Pomiary długości na bazie testowej powinny być wykonane:

- z wykorzystaniem centrowania wymuszonego (eliminacja błędów centrowania instrumentu i reflektora),
- z rejestracją temperatury i ciśnienia powietrza, niezbędnych do określenia wiarygodnej poprawki atmosferycznej.

Przykład pomiaru testowego dalmierza elektrooptycznego według procedury pełnej dokumentuje tabela 11.

Wynikiem pomiaru testowego są odległości zredukowane do poziomu z uwzględnieniem poprawki atmosferycznej, ale bez poprawki dodawania (wartości $x_{p,q}$ – kolumna 4 tabeli 11, gdzie p – numer stanowiska, zaś q – numer celu).

Tabela 11. Przykład pełnej procedury testowej dalmierza elektrooptycznego

1	2	3	4	5	6	7
i	p	q	$x_{p,q}$ [m]	$b_p - b_q$ [m]	$-\frac{7+2(p-q)}{2} \cdot \delta$ [m]	$r_{p,q}$ [m]
1	1	2	50,835	50,8357	0,00047	0,00117
2	1	3	162,779	162,7763	0,00028	-0,00242
3	1	4	335,838	335,8361	0,00009	-0,00181
4	1	5	478,333	478,3354	-0,00009	0,00231
5	1	6	559,728	559,7261	-0,00028	-0,00218
6	1	7	580,002	580,0053	-0,00047	0,00283
7	2	3	111,940	111,9406	0,00047	0,00107

8	2	4	285,000	285,0004	0,00028	0,00068
9	2	5	427,500	427,4997	0,00009	-0,00021
10	2	6	508,890	508,8904	-0,00009	0,00031
11	2	7	529,170	529,1696	-0,00028	-0,00068
12	3	4	173,060	173,0598	0,00047	0,00027
13	3	5	315,560	315,5591	0,00028	-0,00062
14	3	6	396,950	396,9498	0,00009	-0,00011
15	3	7	417,230	417,2290	-0,00009	-0,00109
16	4	5	142,500	142,4993	0,00047	-0,00023
17	4	6	223,890	223,8900	0,00028	0,00028
18	4	7	244,170	244,1692	0,00009	-0,00071
19	5	6	81,390	81,3907	0,00047	0,00117
20	5	7	101,670	101,6699	0,00028	0,00018
21	6	7	20,280	20,2792	0,00047	-0,00033

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

Na podstawie wartości $x_{p,q}$ oblicza się wartości następujących parametrów:

$$\begin{aligned}
 a_4 &= x_{1,5} + x_{2,6} + x_{3,7} - (x_{1,4} + x_{2,5} + x_{3,6} + x_{4,7}) \\
 a_5 &= x_{1,6} + x_{2,7} - (x_{1,3} + x_{2,4} + x_{3,5} + x_{4,6} + x_{5,7}) \\
 a_6 &= x_{1,7} - (x_{1,2} + x_{2,3} + x_{3,4} + x_{4,5} + x_{5,6} + x_{6,7}) \\
 b_1 &= \frac{1}{7}(x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} + x_{1,5} + x_{1,6} + x_{1,7}) \\
 b_2 &= \frac{1}{7}(x_{2,3} + x_{2,4} + x_{2,5} + x_{2,6} + x_{2,7} - x_{1,2}) \\
 b_3 &= \frac{1}{7}(x_{3,4} + x_{3,5} + x_{3,6} + x_{3,7} - x_{1,3} - x_{2,3}) \\
 b_4 &= \frac{1}{7}(x_{4,5} + x_{4,6} + x_{4,7} - x_{1,4} - x_{2,4} - x_{3,4}) \\
 b_5 &= \frac{1}{7}(x_{5,6} + x_{5,7} - x_{1,5} - x_{2,5} - x_{3,5} - x_{4,5}) \\
 b_6 &= \frac{1}{7}(x_{6,7} - x_{1,6} - x_{2,6} - x_{3,6} - x_{4,6} - x_{5,6}) \\
 b_7 &= \frac{1}{7}(x_{1,7} + x_{2,7} + x_{3,7} + x_{4,7} + x_{5,7} + x_{6,7})
 \end{aligned} \tag{34}$$

$$\text{oraz poprawki dodawania } \delta = \frac{1}{35}(a_4 + 3a_5 + 5a_6). \tag{35}$$

W prezentowanym przykładzie otrzymano następujące wartości:

$$a_4 = -0,005 \text{ m}, \quad a_5 = -0,001 \text{ m}, \quad a_6 = -0,003 \text{ m},$$

$b_1 = 309,6450 \text{ m}, \quad b_2 = 258,8093 \text{ m}, \quad b_3 = 146,8687 \text{ m}, \quad b_4 = -26,1911 \text{ m},$
 $b_5 = -168,6904 \text{ m}, \quad b_6 = -250,0811 \text{ m}, \quad b_7 = -270,3603 \text{ m},$
 $\delta = -0,000657 \text{ m}.$

Parametry od b_1 do b_7 oraz poprawka dodawania δ umożliwiają obliczenie poprawek $r_{p,q}$ dwudziestu jeden długości $x_{p,q}$ według następującej zależności:

$$r_{p,q} = b_p - b_q - \frac{7 + 2(p-q)}{7} \cdot \delta - x_{p,q} \quad \text{dla } p \text{ od 1 do 6 oraz } q \text{ od 2 do 7}.$$

Wartości elementów składowych powyższej zależności dla prezentowanego przykładu zapisano w kolumnach odpowiednio 5 i 6 oraz 4 w tabeli 11.

Poprawki $r_{p,q}$ stanowią z kolei podstawę obliczenia wartości doświadczalnego odchylenia standardowego $s_{ISO-EDM}$ pojedynczego pomiaru długości jako miary dokładności użytkowej danego dalmierza elektrooptycznego w określonych warunkach terenowych (przy liczbie stopni swobody 14):

$$s_{ISO-EDM} = \sqrt{\frac{\sum r_{p,q}^2}{14}} \quad (36)$$

Liczba stopni swobody 14 stanowi różnicę między ilością pomiarów = 21 i ilością niewiadomych = 7 (sześć długości i poprawka dodawania).

W prezentowanym przykładzie $\sum r_{p,q}^2 = 0,0000346$, zaś doświadczone odchylenie standardowe $s_{ISO-EDM} = 0,0016 \text{ m}$, które stanowi charakterystykę dokładności użytkowej danego dalmierza elektrooptycznego.

5.5. Tachimetry elektroniczne

Tachimetry elektroniczne od wielu lat stanowią podstawowe wyposażenie zespołów geodezyjnych wykonujących różnego rodzaju zadania pomiarowe. Współczesny tachimetr elektroniczny łączy w sobie komputer z układem optycznym i układem mechanicznym typowymi dla teodolitu i dalmierza elektronicznego.

Dla tachimetrów elektronicznych, norma PN-ISO 17123-5 przyjmuje następujące założenia wstępne:

- tachimetr elektroniczny i jego wyposażenie pomocnicze są zrektyfikowane zgodnie z metodami wskazanymi w instrukcji obsługi;
- współrzędne punktów obserwowanych są wielkościami mierzonymi (funkcja tachimetru – pomiar współrzędnych);
- pomiary testowe są wykonywane w warunkach terenowych jak najbardziej zbliżonych do tych, jakie mogą wystąpić podczas realizacji planowanego zadania pomiarowego;

- charakterystyka dokładności jest ustalana niezależnie dla współrzędnych x , y oraz z , z uwagi na różny stopień wpływu refrakcji atmosferycznej na wyznaczane współrzędne.

Norma PN-ISO 17123-5 prezentuje opracowane procedury terenowe, tj. uproszczoną i pełną, których zadaniem jest:

- w procedurze uproszczonej – stwierdzenie, czy dokładność danego tachimetru elektronicznego i jego wyposażenia pomocniczego mieści się w granicach określonych przez odchylenie dopuszczalne dla wybranego zadania pomiarowego – zgodnie z normą PN-ISO 4463-1;
- w procedurze pełnej – określenie najwyższej, możliwej do uzyskania dokładności danego tachimetru elektronicznego i jego wyposażenia pomocniczego w określonych warunkach terenowych.

W procedurze pełnej miarą dokładności użytkowej danego tachimetru elektronicznego jest doświadczalne odchylenie standardowe współrzędnej jako wyniku pomiaru w jednej serii.

Konfiguracja pola testowego i pomiary

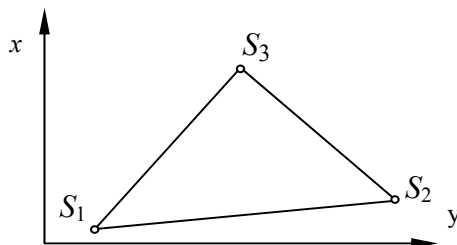
Pole testowe w obydwu procedurach tworzą trzy stanowiska pomiarowe S_1 , S_2 i S_3 (rys. 16) tak wybrane, aby ich wzajemne:

- odległości były zbliżone do tych, jakie mogą wystąpić podczas realizacji planowanego pomiaru;
- różnice wysokości różniły się możliwie jak najbardziej.

W procedurze uproszczonej przyjmuje się dowolny lokalny układ współrzędnych (x , y , z), np. dla stanowiska S_1 , z umowną osią x pokrywającą się z kierunkiem odpowiadającym odczytowi zerowemu na kole poziomym tachimetru.

W przyjętym lokalnym układzie współrzędnych należy z każdego stanowiska pomiarowego S_1 , S_2 i S_3 , wykonać pomiary współrzędnych dwóch pozostałych punktów przy założeniu, że:

- wszystkie pomiary odbywają się w jednym położeniu tachimetru,
- współrzędne punktów S_2 i S_3 wyznaczone ze stanowiska S_1 są przyjmowane jako współrzędne stanowiska dla kolejnych pomiarów z tych punktów,
- orientacja stanowisk S_2 i S_3 odbywa się poprzez jedną celową wstecz do punktu S_1 .



Rys. 16. Konfiguracja pola testowego

Przykładowy schemat organizacji pomiaru testowego w procedurze uproszczonej jest przedstawiony w tabeli 12.

Tabela 12. Organizacja pomiaru testowego w procedurze uproszczonej

Stanowiska pomiarowe	Współrzędne stanowiska			Orientacja	Cel	Wyniki pomiaru		
	x	y	z			x	y	z
S_1	np. 1000,00	2000,00	300,00	dowolna	S_2	$x_{2,1}$	$y_{2,1}$	$z_{2,1}$
					S_3	$x_{3,1}$	$y_{3,1}$	$z_{3,1}$
S_2	$x_{2,1}$	$y_{2,1}$	$z_{2,1}$	na S_1	S_3	$x_{3,2}$	$y_{3,2}$	$z_{3,2}$
					S_1	$x_{1,2}$	$y_{1,2}$	$z_{1,2}$
S_3	$x_{3,1}$	$y_{3,1}$	$z_{3,1}$	na S_1	S_1	$x_{1,3}$	$y_{1,3}$	$z_{1,3}$
					S_2	$x_{2,3}$	$y_{2,3}$	$z_{2,3}$

Pełna procedura testowa zakłada centrowanie wymuszone na wierzchołkach trójkąta, typowe dla metody trzech statywów.

Najistotniejsze postanowienia procedury pełnej to:

- trzy serie pomiarowe z ustawieniem tachimetru w spodarce kolejno na każdym z trzech statywów w punkcie S_j ($j = 1,2,3$) w ustalonym porządku np. $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \dots\dots\dots$;
- niekorzystanie z orientacji tachimetru, np. w opcji „free station”;
- przyjęcie zerowych współrzędnych stanowiska dla każdego ustawienia tachimetru, tzn. $x_i = 0$, $y_i = 0$, $z_i = 0$ i dowolnej orientacji;
- pomiar współrzędnych punktów zawsze w dwóch położeniach tachimetru;
- użycie tego samego reflektora (pryzmatu odbijającego) lub dwóch reflektorów tego samego typu, gdyż wartość różnicy δ między wysokością instrumentu i reflektora stanowi niewiadomą w procesie wyrównania;
- przyjęcie średniej arytmetycznej z obserwacji w dwóch położeniach tachimetru jako quasi-obszerności stanowiących dane wyjściowe do opracowania wyników pomiaru testowego.

Opracowanie wyników pomiaru testowego

Procedura uproszczona

Opracowanie wyników pomiaru testowego sprowadza się w praktyce do obliczenia różnicy współrzędnych punktów S_1 , S_2 i S_3 uzyskanych z pomiaru na trzech stanowiskach pomiarowych:

$$\begin{aligned}
 d_1 &= x_{1,2} - x_{1,3} & d_4 &= y_{1,2} - y_{1,3} & d_7 &= z_{1,2} - z_{1,3} \\
 d_2 &= x_{2,1} - x_{2,3} & d_5 &= y_{2,1} - y_{2,3} & d_8 &= z_{2,1} - z_{2,3} \\
 d_3 &= x_{3,1} - x_{3,2} & d_6 &= y_{3,1} - y_{3,2} & d_9 &= z_{3,1} - z_{3,2}
 \end{aligned} \tag{37}$$

Norma przyjmuje, że połowa wartości maksymalnych powyższych różnic, tj.:

$$\begin{aligned} d_{x,y} &= \frac{1}{2} \max. |d_i| && \text{dla } i \text{ od 1 do 6} \\ d_z &= \frac{1}{2} \max. |d_i| && \text{dla } i \text{ od 7 do 8} \end{aligned} \quad (38)$$

nie powinna przekraczać odchylenia dopuszczalnego $\pm p_{x,y}$ lub $\pm p_z$ dla planowanego zadania pomiarowego (zgodnie z normą PN-ISO 4463-1). W sytuacji, gdy wartość odchylenia dopuszczalnego (interpretowanego jako połowa tolerancji przy tolerowaniu symetrycznym) nie została podana w specyfikacji zadania pomiarowego, wartości $d_{x,y}$ i/lub d_z nie powinny przekraczać 2,5-krotności odchylenia standardowego, odpowiednio $s_{x,y}$ i/lub s_z określonego doświadczalnie tym samym instrumentem w pełnej procedurze testowej.

Przykład pomiarów testowych przeprowadzonych zgodnie ze schematem obserwacji zamieszczonym w tabeli 12 został podany w tabeli 13.

Tabela 13. Przykład uproszczonej procedury testowej tachimetru elektronicznego

Stanowisko	Cel	Współrzędne [m]		
		x	y	z
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
S_1		1000,000	2000,000	300,000
	S_2	921,762	1923,491	290,878
	S_3	888,285	2011,587	295,283
S_2		921,762	1923,491	290,878
	S_3	888,286	2011,591	295,273
	S_1	1000,001	2000,002	299,998
S_3		888,285	1923,491	290,878
	S_1	1000,002	2000,000	300,003
	S_2	921,757	1923,483	290,866

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

Różnice współrzędnych według (37) wynoszą odpowiednio:

$$\begin{aligned} d_1 &= -0,001 \text{ m} & d_4 &= 0,002 \text{ m} & d_7 &= -0,005 \text{ m} \\ d_2 &= 0,005 \text{ m} & d_5 &= 0,008 \text{ m} & d_8 &= 0,012 \text{ m} \\ d_3 &= -0,001 \text{ m} & d_6 &= -0,004 \text{ m} & d_9 &= 0,010 \text{ m} \end{aligned}$$

Na tej podstawie parametry dokładnościowe według (38) przyjmują wartości:

$$\begin{aligned} d_{x,y} &= \frac{1}{2} \cdot 0,008 = 0,004 \text{ m} \\ d_z &= \frac{1}{2} \cdot 0,012 = 0,006 \text{ m} \end{aligned}$$

Procedura pełna

W procedurze pełnej ocena dokładności jest prowadzona niezależnie dla współrzędnych x , y oraz współrzędnej z . W przypadku współrzędnych x , y dla otrzymania porównywalnych wyników z trzech serii pomiarowych należy każdą serię zredukować do tego samego układu, np. odpowiadającego pierwszej serii na stanowisku S_1 o współrzędnych $x = 0, y = 0$.

Powyższa redukcja obejmuje kolejno:

- przesunięcie początku układu pomiarowego (x, y) stanowisk S_2 i S_3 do punktu $S_1 \Rightarrow$ otrzymuje się współrzędne w układzie (x', y') – kolumny 4 i 5 w tabeli 13;
- obliczenie quasi-azymutów α' kierunków $S_1 - S_2$ i $S_1 - S_3$ (kolumna 6 w tabeli 14) na podstawie współrzędnych punktów S_1, S_2 i S_3 w lokalnym układzie (x', y') niezależnym dla każdej z dziewięciu obserwacji;
- obliczenie quasi-azymutu A kierunku odniesienia będącego dwusieczną kąta między kierunkami $S_1 - S_2$ i $S_1 - S_3$ zaobserwowanymi ze stanowiska S_1 w pierwszej serii ($A_1 = 269^g, 8423$ – w tabeli 14);
- obliczenie quasi-azymutu A_i dwusiecznej wyżej wymienionego kąta dla każdej z pozostałych ośmiu obserwacji;
- niezależny obrót każdego z ośmiu układów (x', y') wokół punktu S_1 o kąt $\varphi_i = A_i - A_1$, co dotyczy obserwacji ze stanowisk S_2 i S_3 w seriach I, II i III oraz ze stanowiska S_1 w seriach II i III – wynikiem obrotu są wartości quasi-azymutów α kierunków $S_1 - S_2$ i $S_1 - S_3$ w lokalnym układzie pomiarowym stanowiska S_1 w I serii (rys. 17).

Dalsza część opracowania wyników pomiaru testowego w procedurze pełnej obejmuje współrzędne biegunowe (α, d – kolumny 7 i 8 w tabeli 14) punktów S_2 i S_3 w układzie pomiarowym stanowiska S_1 z serii I, na których podstawie są obliczane współrzędne x'' i y'' (kolumny 9 i 10 w tabeli 14).

Wartości średnie $\bar{x}''$ i $\bar{y}''$ z osiemnastu pojedynczych wyznaczeń współrzędnych punktów S_2 i S_3 stanowią z kolei podstawę do obliczenia wartości poprawek r_i w ogólnej liczbie 36.

Norma przyjmuje liczbę niewiadomych jako 12 (8 kątów obrotu oraz 4 współrzędne punktów S_2 i S_3) i w konsekwencji liczbę stopni swobody jako 24 przy 36 obserwacjach.

Tabela 14. Przykład pełnej procedury testowej tachimetru elektronicznego w zakresie oceny dokładności współrzędnych x, y

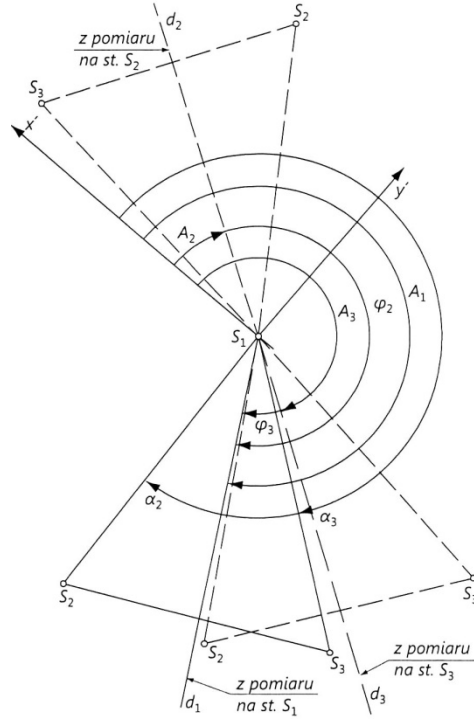
Seria	Stanowisko	Cel	x [m]	y [m]	x' [m]	y' [m]	α' [g]	α [g]	d [m]	x'' [m]	y'' [m]	
(1)			(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
1	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000						
		2	-3,821	-109,363	-3,821	-109,363	297,7766		109,4297	-3,8211	-109,363	
		3	-88,845	-68,710	-88,845	-68,710	241,9081		112,3142	-88,8450	-68,710	
			$A_1 = 269,8423$									
	2	1	-55,640	-94,228	0,000	0,000						
		2	0,000	0,000	55,640	94,228	66,0432	297,7795	109,4291	-3,8161	-109,3625	
		3	55,239	-76,365	110,879	17,863	10,1688	241,9051	112,3087	-88,8437	-68,7024	
			$A_2 = 38,1060; \varphi_2 = 231,7363$									
	3	1	111,083	16,593	0,000	0,000						
		2	54,365	-76,986	-56,718	-93,579	265,3112	297,7781	109,4256	-3,8183	-109,3590	
		3	0,000	0,000	-111,083	-16,593	209,4397	241,9066	112,3155	-88,8475	-68,7087	
			$A_3 = 237,3754; \varphi_3 = 32,4669$									
	2	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000					
			2	39,747	-101,955	39,747	-101,955	323,6648	297,7757	109,4287	-3,8226	-109,3619
			3	-54,420	-98,250	-54,420	-98,250	267,7980	241,9089	112,3147	-88,8445	-68,7114
				$A_1 = 295,7314; \varphi_1 = -25,8891$								
		2	1	-55,262	-94,449	0,000	0,000					
			2	0,000	0,000	55,262	94,449	66,2979	297,7795	109,4281	-3,8160	-109,3615
			3	55,547	-76,142	110,809	18,307	10,4236	241,9052	112,3111	-88,8456	-68,7040
				$A_2 = 38,3607; \varphi_2 = 231,4816$								
		3	1	-44,425	103,154	0,000	0,000					
			2	60,545	72,226	104,970	-30,928	381,7590	297,7774	109,4314	-3,8198	-109,3648
			3	0,000	0,000	44,425	-103,154	325,8888	241,9072	112,3135	-88,8453	-68,7083
				$A_3 = 353,8239; \varphi_3 = -83,9816$								
3		1	1	0,000	0,000	0,000	0,000					
			2	64,265	-88,571	64,265	-88,571	339,9597	297,7765	109,4295	-3,8212	-109,3628
			3	-27,776	-108,828	-27,776	-108,828	284,0913	241,9081	112,3167	-88,8469	-68,7115
				$A_1 = 312,0255; \varphi_1 = -42,1832$								
	2	1	-58,047	92,763	0,000	0,000						
		2	0,000	0,000	58,047	-92,763	335,5961	297,7782	109,4277	-3,8182	-109,3611	
		3	-93,216	-13,902	-35,169	-106,665	279,7243	241,9064	112,3133	-88,8460	-68,7071	
			$A_2 = 307,6602; \varphi_2 = -37,8179$									
	3	1	-64,424	-92,002	0,000	0,000						
		2	-93,267	13,557	-28,843	105,560	116,9804	297,7778	109,4296	-3,8190	-109,3629	
		3	0,000	0,000	64,424	92,002	61,1095	241,9069	112,3158	-88,8474	-68,7092	
			$A_3 = 89,0449; \varphi_3 = 180,7974$									

p-pty	Wartości średnie		Suma kwadratów poprawek		Odchylenie standardowe
	$\bar{x}''$ [m]	$\bar{y}''$ [m]	$\sum r_x^2$	$\sum r_y^2$	
2	-3,8191	-109,3621	0,00004122	0,0000196	$\sqrt{\frac{0,0001525}{24}} = 0,0025$
3	-88,8458	-68,7081	0,00001373	0,00007797	

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

Doświadczalne odchylenie standardowe współrzędnej x lub y (tabela 14) będącej wynikiem pomiaru w dwóch położeniach tachimetru jest obliczane jako:

$$s_{x,y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{18} r_{x(i)}^2 + \sum_{i=1}^{18} r_{y(i)}^2}{24}} = s_{ISO-TACH-XY} \quad (39)$$



Rys. 17. Interpretacja geometryczna parametrów obrotu na przykładzie serii I pomiaru testowego

W przypadku współrzędnej z przy założeniu jej zerowej wartości dla punktu S_1 , niewiadomymi są współrzędna z punktów S_2 i S_3 oraz różnica δ wysokości instrumentu i reflektora. Wartości najprawdopodobniejsze powyższych niewiadomych są obliczane według następujących równań:

$$z_2 = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^3 (2 \cdot z_{i,1,2} + z_{i,1,3} - 2 \cdot z_{i,2,1} - z_{i,2,3} - z_{i,3,1} + z_{i,3,2}) \quad (40)$$

$$z_3 = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^3 (z_{i,1,2} + 2 \cdot z_{i,1,3} - z_{i,2,1} + z_{i,2,3} - 2 \cdot z_{i,3,1} - z_{i,3,2}) \quad (41)$$

$$\delta = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^3 (-z_{i,1,2} - z_{i,1,3} - z_{i,2,1} - z_{i,2,3} - z_{i,3,1} - z_{i,3,2}) \quad (42)$$

dla $i = 1, 2 \text{ i } 3$

gdzie: przykładowo $z_{i,1,2}$ należy interpretować jako współrzędną z punktu S_2 wyznaczoną ze stanowiska S_1 w i -tej serii pomiarowej (kolumna 4 w tabeli 15).

Tabela 15. Przykład pełnej procedury testowej tachimetru elektronicznego w zakresie oceny dokładności współrzędnej z

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Seria	Stanowisko	Cel	$z_{i,j,k}$ [m]	Współczynniki			-9.1730	-4.7168	-0.0009	r_z
				z_2	z_3	δ				
I	1	2	-9,171	2	1	-1	1	0	-1	-0,0011
	1	3	-4,713	1	2	-1	0	1	-1	-0,0029
I	2	1	9,180	-2	-1	-1	-1	0	-1	-0,0061
	2	3	4,461	-1	1	-1	-1	1	-1	-0,0039
I	3	1	4,711	-1	-2	-1	0	-1	-1	0,0067
	3	2	-4,455	1	-1	-1	1	-1	-1	-0,0003
II	1	2	-9,170	2	1	-1	1	0	-1	-0,0021
	1	3	-4,715	1	2	-1	0	1	-1	-0,0009
II	2	1	9,168	-2	-1	-1	-1	0	-1	0,0059
	2	3	4,455	-1	1	-1	-1	1	-1	0,0021
II	3	1	4,717	-1	-2	-1	0	-1	-1	0,0007
	3	2	-4,453	1	-1	-1	1	-1	-1	-0,0023
III	1	2	-9,177	2	1	-1	1	0	-1	0,0049
	1	3	-4,724	1	2	-1	0	1	-1	0,0081
III	2	1	9,172	-2	-1	-1	-1	0	-1	0,0019
	2	3	4,462	-1	1	-1	-1	1	-1	-0,0049
III	3	1	4,721	-1	-2	-1	0	-1	-1	-0,0033
	3	2	-4,452	1	-1	-1	1	-1	-1	-0,0033

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

Wartości współrzędnej z punktów S_2 i S_3 oraz różnicy δ wysokości instrumentu i reflektora obliczone według równań (40), (41) i (42) umożliwiają w dalszej kolejności obliczenie 18 poprawek (kolumna 11 w tabeli 15) według następujących równań:

$$\begin{aligned}
 r_{i,1,2} &= z_2 - \delta - z_{i,1,2} \\
 r_{i,1,3} &= z_3 - \delta - z_{i,1,3} \\
 r_{i,2,1} &= -z_2 - \delta - z_{i,2,1} \\
 r_{i,2,3} &= -z_2 + z_3 - \delta - z_{i,2,3}
 \end{aligned}
 \tag{43}$$

$$r_{i,3,1} = -z_3 - \delta - z_{i,3,1}$$

$$r_{i,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{i,3,2} \quad \text{dla } i = 1, 2, 3$$

Liczba obserwacji wynosi 18, co przy 3 niewiadomych daje liczbę stopni swobody 15.

Doświadczalne odchylenie standardowe współrzędnej z będącej wynikiem pomiaru w dwóch położeniach tachimetru jest obliczane jako:

$$s_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} r_{z(i)}^2}{15}} = s_{ISO-TACH-Z} \quad (44)$$

W prezentowanym przykładzie wynikiem wykonanych obliczeń są następujące wartości:

$$\begin{aligned} z_2 &= -9,1730 \text{ m} & \sum r^2 &= 0,000296 \\ z_3 &= -4,7168 \text{ m} & s_z &= 0,0045 \text{ m} \\ \delta &= -0,0009 \text{ m} \end{aligned}$$

5.6. Niwelatory laserowe

W pracach pomiarowych wykonywanych na potrzeby budownictwa dość powszechnie są stosowane obecnie instrumenty z wirującym laserem, który w sposób automatyczny realizuje poziomą płaszczyznę pomiarową. Prace te z racji ich automatyzacji są często wykonywane samodzielnie przez zespoły budowlane bez udziału geodety. W takich sytuacjach na ogół przyjmuje się, że dokładność instrumentu w pełni odpowiada danym z prospektu firmowego lub realizacja poziomej płaszczyzny pomiarowej jest praktycznie bezbłędna.

Norma PN-ISO 17123-6 prezentuje opracowane procedury testowe instrumentów pomiarowych z wirującym laserem, nazywanych powszechnie niwelatorami laserowymi.

Celem podstawowym tych procedur jest określenie dokładności użytkowej instrumentów pomiarowych, która jest możliwa do uzyskania w warunkach terenowych, co z kolei może stanowić podstawę do akceptacji danego instrumentu w kontekście wymagań dokładnościowych wynikających z dokumentacji projektowej inwestycji budowlanej.

Przystępując do pomiaru testowego zakłada się, że niwelator laserowy oraz jego wyposażenie pomocnicze są w znanym i akceptowanym stanie technicznym, wynikającym z bieżącej konserwacji i rektyfikacji wykonanej zgodnie z instrukcją obsługi. Ponadto niwelator ten powinien być używany ze statywem i łąkami niwelacyjnymi zalecanymi przez jego producenta. Wyniki pomiarów testowych mogą być obciążone wpływem warunków atmosferycznych i z tego powodu pomiary te powinny być zawsze wykonywane w warunkach odpo-

wiadających tym, jakie są spodziewane podczas realizacji planowanych zadań pomiarowych.

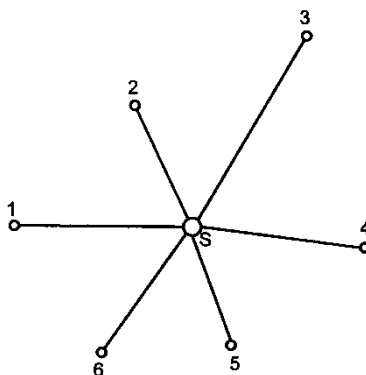
Norma obejmuje dwie niezależne procedury testowe, z których:

- procedura uproszczona – umożliwia ocenę dokładności niwelatora laserowego w realizacji tych zadań pomiarowych, gdzie występują celowe o różnej długości, np. na placu budowy,
- procedura pełna – umożliwia wyznaczenie najwyższej, możliwej do uzyskania dokładności niwelatora laserowego z jego wyposażeniem pomocniczym (dodatkowo istnieje możliwość sprawdzenia, czy wirująca wiązka laserowa realizuje płaszczyznę i czy ta płaszczyzna jest pozioma).

Wykonawca prac pomiarowych powinien zawsze wybrać tę procedurę testową, która jest bardziej odpowiednia do określonych wymagań wynikających z dokumentacji projektowej inwestycji budowlanej.

Uproszczona procedura testowa

Mając na uwadze ograniczenie do minimum wpływu refrakcji, należy wybrać możliwie płaski obszar i na nim sześć punktów obserwowanych, w przybliżeniu w jednej płaszczyźnie poziomej, w różnych odległościach między 10 m i 60 m od stanowiska instrumentu S (rys. 18). Kierunki z punktu S do wybranych punktów obserwowanych powinny regularnie wypełnić horyzont.



S - stanowisko instrumentu
1,2,3,4,5,6 - punkty obserwowane

Rys. 18. Konfiguracja pola testowego

Bazę geometryczną w procedurze uproszczonej stanowią różnice wysokości między punktami pola testowego, wyznaczone z dokładnością na tyle wysoką, że wartości tych różnic mogą być uznane jako wartości prawdziwe. Jeśli taka baza nie istnieje, to należy wykonać pomiar różnic wysokości, używając w tym

celu niwelatora optycznego o dokładności wyższej (co najmniej „o rząd”) od oczekiwanej dokładności danego niwelatora laserowego.

W sytuacji, gdy niwelator optyczny nie jest dostępny, to dany niwelator laserowy może być użyty do wyznaczenia „wartości prawdziwych” różnic wysokości, ale tylko w wyniku co najmniej dwukrotnego, niezależnego ich pomiaru ze środkowych stanowisk (z zachowaniem jednakowej długości celowych i przy obrocie niwelatora o 180° po pierwszym pomiarze).

Pomiar testowy obejmuje pięć serii pomiarowych (j) składających się każdorazowo z sześciu niezależnych odczytów $x_{j,1}, \dots, x_{j,6}$ na łacie niwelacyjnej w punktach obserwowanych od 1 do 6(t). Pomiedzy kolejnymi seriami odczytów, instrument powinien być podniesiony i obrócony o ok. 70° oraz ponownie ustawiony i spoziomowany. Odstęp czasu między dwoma kolejnymi seriami odczytów powinien wynosić co najmniej 10 minut.

Przykład:

- różnice wysokości między punktami pola testowego wyznaczono przy użyciu niwelatora optycznego o dokładności określonej przez odchylenie standardowe $s_x = 0,1$ mm, otrzymując następujące wyniki: $\bar{d}_{2,1} = 0,8942$ m; $\bar{d}_{3,2} = 0,0887$ m; $\bar{d}_{4,3} = 0,1535$ m; $\bar{d}_{5,4} = 0,1544$ m; $\bar{d}_{6,5} = -0,2920$ m
- wykonując pomiar testowy, uzyskano odczyty x_t na łacie niwelacyjnej w punktach od 1 do 6 odpowiadające poziomej płaszczyźnie pomiarowej zrealizowanej przez dany niwelator laserowy – tabela 16 (kolumna 3).

Obliczenia obejmują kolejno:

- różnice wysokości $d_{t,t-1}$ dla serii 1, 2, 3, 4 i 5 (kolumna 4 w tabeli 16)

$$\begin{aligned} d_{j,2,1} &= x_{j,2} - x_{j,1} \\ d_{j,3,2} &= x_{j,3} - x_{j,2} \\ d_{j,4,3} &= x_{j,4} - x_{j,3} \\ d_{j,5,4} &= x_{j,5} - x_{j,4} \\ d_{j,6,5} &= x_{j,6} - x_{j,5} \end{aligned} \quad (45)$$

- poprawki $r_{t,t-1}$ powyższych różnic wysokości jako różnice między „wartościami prawdziwymi” i wynikami pomiaru testowego

$$\begin{aligned} r_{j,2,1} &= \bar{d}_{2,1} - d_{j,2,1} \\ r_{j,3,2} &= \bar{d}_{3,2} - d_{j,3,2} \\ r_{j,4,3} &= \bar{d}_{4,3} - d_{j,4,3} \\ r_{j,5,4} &= \bar{d}_{5,4} - d_{j,5,4} \\ r_{j,6,5} &= \bar{d}_{6,5} - d_{j,6,5} \end{aligned} \quad \text{dla } j = 1, 2, 3, 4 \text{ i } 5 \quad (46)$$

- kwadraty poprawek i ich sumę

$$\sum r^2 = \sum_{j=1}^5 r_{j,2,1}^2 + \sum_{j=1}^5 r_{j,3,2}^2 + \sum_{j=1}^5 r_{j,4,3}^2 + \sum_{j=1}^5 r_{j,5,4}^2 + \sum_{j=1}^5 r_{j,6,5}^2 = \sum_{j=1}^5 \sum_{t=2}^6 r_{j,t,t-1}^2 \quad (47)$$

- liczbę stopni swobody $v = 5 \cdot (6 - 1) = 25$
- doświadczalne odchylenie standardowe s jednokrotnie zmierzonej różnicy wysokości, interpretowane jako miara dokładności użytkowej danego niwelatora laserowego

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} = \sqrt{\frac{179,5}{25}} = 2,7 \text{ mm} \quad (48)$$

Tabela 16. Przykład procedury uproszczonej niwelatora laserowego

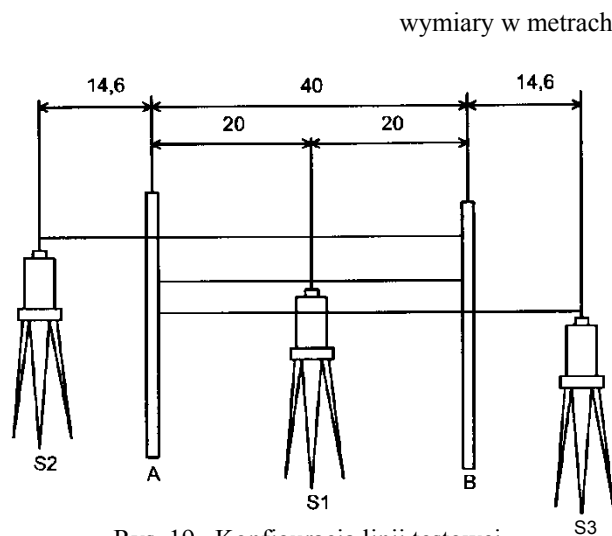
1	2	3	4	5	6
j	t	x_t	$d_{t,t-1}$	$\overline{d}_{t,t-1}$	$r_{t,t-1}$
		[m]	[m]	[m]	[mm]
1	1	0,350			
	2	1,245	0,895	0,8942	-0,8
	3	1,334	0,089	0,0887	-0,3
	4	1,490	0,156	0,1535	-2,5
	5	1,643	0,153	0,1544	1,4
	6	1,351	-0,292	-0,2920	0,0
2	1	0,349			
	2	1,245	0,896	0,8942	-1,8
	3	1,333	0,088	0,0887	0,7
	4	1,491	0,158	0,1535	-4,5
	5	1,645	0,154	0,1544	0,4
	6	1,349	-0,296	-0,2920	4,0
3	1	0,350			
	2	1,245	0,895	0,8942	-0,8
	3	1,331	0,086	0,0887	2,7
	4	1,491	0,160	0,1535	-6,5
	5	1,643	0,152	0,1544	2,4
	6	1,351	-0,292	-0,2920	0,0
4	1	0,354			
	2	1,248	0,894	0,8942	0,2
	3	1,332	0,084	0,0887	4,7
	4	1,490	0,158	0,1535	-4,5
	5	1,641	0,151	0,1544	3,4
	6	1,351	-0,290	-0,2920	-2,0

5	1	0,352			
	2	1,248	0,896	0,8942	-1,8
	3	1,336	0,088	0,0887	0,7
	4	1,490	0,154	0,1535	-0,5
	5	1,641	0,151	0,1544	3,4
	6	1,350	-0,291	-0,2920	-1,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

Pełna procedura testowa

Linie testową tworzą dwa punkty niwelacyjne (repery) *A* i *B*, zlokalizowane w możliwie płaskim terenie, w odległości wzajemnej ok. 40 m. Procedura pełna zakłada wykonanie pomiaru różnicy wysokości między punktami *A* i *B* z trzech stanowisk *S1*, *S2* i *S3* niwelatora, których usytuowanie względem punktów *A* i *B* powinno być zgodne z rys. 19.



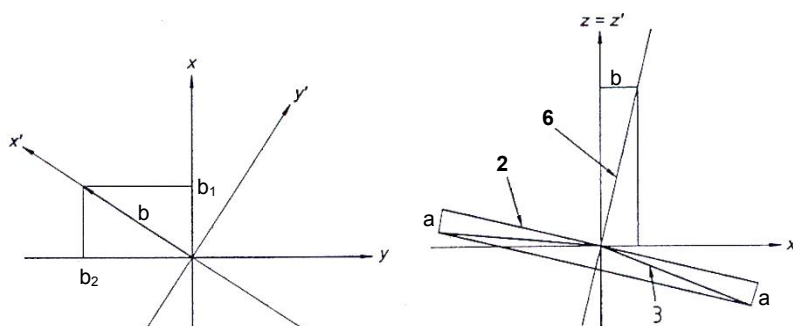
Rys. 19. Konfiguracja linii testowej

Procedura pełna obejmuje cztery cykle pomiarowe (*i*), w których dany niwelator laserowy jest ustawiany kolejno na stanowiskach *S1*, *S2* i *S3*. Na każdym stanowisku odczyty na łacie niwelacyjnej w punktach *A* i *B* są wykonywane w czterech seriach (*j*), dokonując między seriami obrotu instrumentu o kolejne 90°, np. według schematu organizacji pomiaru zamieszczonego w tabeli 17.

Tabela 17. Schemat organizacji pomiaru w jednym cyklu procedury pełnej

	A S1 B	S2 A B	A B S3
	j	j	j
	1	5	9
	2	6	10
	3	7	11
	4	8	12

Podczas automatycznej realizacji płaszczyzny pomiarowej (w zamierzeniu poziomej) przez niwelator laserowy może zaistnieć sytuacja przedstawiona na rysunkach 20 i 21, w której oś obrotu pryzmatu oraz załamana wiązka laserowa będą odbiegać od ich położenia teoretycznego.



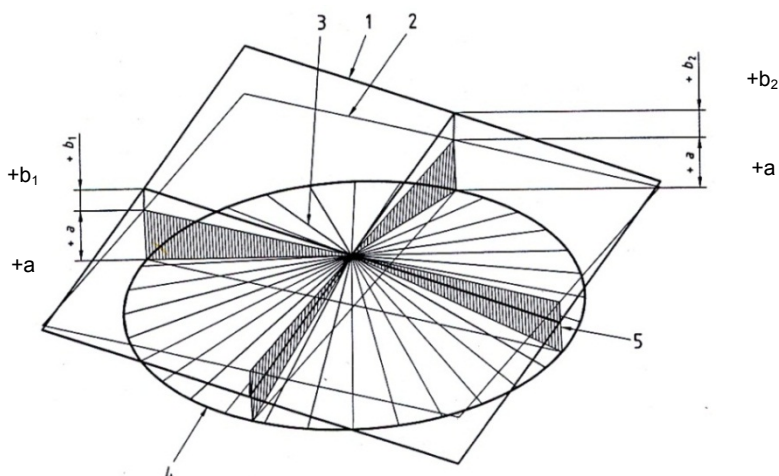
- b_1, b_2 – składowe odchylenia osi obrotu pryzmatu od pionu,
- b – wypadkowe odchylenie osi obrotu pryzmatu od pionu,
- a – odchylenie osi załamanej wiązki laserowej od prostopadłości względem osi obrotu pryzmatu.

Rys. 20. Odchylenie b i jego składowe w rzucie na płaszczyznę poziomą oraz odchylenia a i b w przekroju pionowym

W sytuacji, gdy w danym instrumencie występują odchylenia a i b , wykonane odczyty na łąkach niwelacyjnych powinny być odpowiednio skorygowane według tabeli 18, stosownie do długości celowych dla zalecanej konfiguracji linii testowej (rys. 19).

Tabela 18. Korekta odczytów do płaszczyzny poziomej

Długość celowej		
14,6 m	20,0 m	54,6 m
$0,365(a+b_1)$	$0,500(a+b_1)$	$1,365(a+b_1)$
$0,365(a+b_2)$	$0,500(a+b_2)$	$1,365(a+b_2)$
$0,365(a-b_1)$	$0,500(a-b_1)$	$1,365(a-b_1)$
$0,365(a-b_2)$	$0,500(a-b_2)$	$1,365(a-b_2)$



- 1 – płaszczyzna pozioma
- 2 – płaszczyzna nachylona (prostopadła do osi obrotu pryzmatu – także rys. 20)
- 3 – tworząca stożka obrotowego utworzonego przez wiązkę laserową załamana przez wirujący pryzmat (także rys. 20)
- 4 – promień podstawy stożka odpowiadający celowej o długości 40 m
- 5 – wysokość a stożka obrotowego
- 6 – oś stożka obrotowego pokrywająca się z osią obrotu pryzmatu (rys. 20)

Rys. 21. Geometryczny model odchyłen wirującej wiązki laserowej

Dla serii pomiarowych od 1 do 12 równania obserwacyjne zapisane są w tabeli 19.

Tabela 19. Równania obserwacyjne

$p = 2,0$	$p = 0,5$	$p = 0,5$
$r_1 = h - b_1 - (x_{B,1} - x_{A,1})$	$r_5 = h + a - b_1 - (x_{B,5} - x_{A,5})$	$r_9 = h - a - b_1 - (x_{B,9} - x_{A,9})$
$r_2 = h + b_2 - (x_{B,2} - x_{A,2})$	$r_6 = h + a + b_2 - (x_{B,6} - x_{A,6})$	$r_{10} = h - a + b_2 - (x_{B,10} - x_{A,10})$
$r_3 = h + b_1 - (x_{B,3} - x_{A,3})$	$r_7 = h + a + b_1 - (x_{B,7} - x_{A,7})$	$r_{11} = h - a + b_1 - (x_{B,11} - x_{A,11})$
$r_4 = h - b_2 - (x_{B,4} - x_{A,4})$	$r_8 = h + a - b_2 - (x_{B,8} - x_{A,8})$	$r_{12} = h - a - b_2 - (x_{B,12} - x_{A,12})$
p – współczynnik wagowy dla pojedynczego odczytu z łąty niwelacyjnej ($p = 1$ dla celowej o długości 40 m)		

Przykład: wykonując pomiar testowy, uzyskano w cyklu nr 1 następujące wyniki – tabela 20.

Tabela 20. Przykład procedury pełnej niwelatora laserowego – cykl pomiarowy nr 1

1	2	3	4	5	6	7	8
St	j [m]	$x_{A,j}$ [m]	$x_{B,j}$ [m]	x_j [m]	p_j [m]	h [m]	r_j [mm]
1	1	1,333	1,797	0,464	2,0	0,9280	2,6
	2	1,333	1,797	0,464	2,0	0,9280	-1,6
	3	1,335	1,790	0,455	2,0	0,9100	3,8
	4	1,333	1,797	0,464	2,0	0,9280	-1,0
2	5	0,930	1,398	0,468	0,5	0,2340	-1,4
	6	0,936	1,398	0,462	0,5	0,2310	0,4
	7	0,936	1,398	0,462	0,5	0,2310	-3,2
	8	0,931	1,397	0,466	0,5	0,2330	-3,0
3	9	1,614	2,081	0,467	0,5	0,2335	-0,4
	10	1,613	2,078	0,465	0,5	0,2325	-2,6
	11	1,615	2,077	0,462	0,5	0,2310	-3,2
	12	1,614	2,078	0,464	0,5	0,2320	-1,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników pomiaru wykonanego przez studentów kierunku Geodezja i Kartografia Politechniki Koszalińskiej.

W pierwszej kolejności są obliczane różnice wysokości x_j (kolumna 5 w tabeli 20) na podstawie odczytów $x_{A,j}$ i $x_{B,j}$

$$x_j = x_{B,j} - x_{A,j} \quad j = 1, \dots, 12 \quad (49)$$

gdzie:

- x_j – różnica odczytów (quasi-observacja),
- $x_{A,j}$ – odczyt z łąty niwelacyjnej na punkcie A ,
- $x_{B,j}$ – odczyt z łąty niwelacyjnej na punkcie B .

Cztery nieznane wartości h , a , b_1 i b_2 występujące w równaniach obserwacyjnych (tabela 19) są obliczane według następujących wzorów:

$$h = \frac{1}{12} \left(2,0 \sum_{j=1}^4 x_j + 0,5 \sum_{j=5}^{12} x_j \right) = \frac{5,552 \text{ m}}{12} = 0,4627 \text{ m} \quad (50)$$

gdzie:

- h – różnica wysokości między punktami B i A , obliczona jako średnia ważona z różnic x_j (z uwzględnieniem wag p_j przypisanych przez normę obserwacjom na stanowiskach $S1$, $S2$ i $S3$ – kolumna 7 w tabeli 20),

$$a = \frac{1}{4} \left(0,5 \sum_{j=5}^8 x_j - 0,5 \sum_{j=9}^{12} x_j \right) = 0,0000 \text{ m} \quad (51)$$

gdzie:

a – odchylenie osi załamanej wiązki laserowej od prostopadłości względem osi obrotu pryzmatu, odniesione do celowej o długości 40 m

$$b_1 = \frac{1}{6} [2,0(-x_1 + x_3) + 0,5(-x_5 + x_7 - x_9 + x_{11})] = \frac{-0,0235}{6} = -0,0039 \text{ m} \quad (52)$$

$$b_2 = \frac{1}{6} [2,0(x_2 - x_4) + 0,5(x_6 - x_8 + x_{10} - x_{12})] = \frac{-0,0015}{6} = -0,00025 \text{ m} \quad (53)$$

gdzie:

b_1 i b_2 – składowe odchylenia osi obrotu pryzmatu od pionu, odniesione do celowej o długości 40 m.

Wprowadzając x_j do równań obserwacyjnych w tabeli 19, równania te przyjmują następującą postać:

$$\begin{aligned} r_1 &= h - b_1 - x_1 \\ r_2 &= h + b_2 - x_2 \\ r_3 &= h + b_1 - x_3 \\ r_4 &= h - b_2 - x_4 \\ r_5 &= h + a - b_1 - x_5 \\ r_6 &= h + a + b_2 - x_6 \\ r_7 &= h + a + b_1 - x_7 \\ r_8 &= h + a - b_2 - x_8 \\ r_9 &= h - a - b_1 - x_9 \\ r_{10} &= h - a + b_2 - x_{10} \\ r_{11} &= h - a + b_1 - x_{11} \\ r_{12} &= h - a - b_2 - x_{12} \end{aligned} \quad (54)$$

gdzie:

r_j – poprawki obserwacyjne dla j od 1 do 12.

Dla cyklu pomiarowego nr 1 obliczenia obejmują dalej:

- $\sum r_1^2 = 2,0 \sum_{j=1}^4 r_j^2 + 0,5 \sum_{j=5}^{12} r_j^2 = 69,28 \text{ mm}^2$
- liczbę stopni swobody jako różnicę między liczbą pomiarów i liczbą wyznaczanych parametrów $v_1 = 12 - 4 = 8$,
- doświadczalne odchylenie standardowe s pojedynczego odczytu na łacie niwelacyjnej dla celowej o długości 40 m

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum r_1^2}{v_1}} = \sqrt{\frac{\sum r_1^2}{8}} = \sqrt{\frac{69,28 \text{ mm}^2}{8}} = 2,9 \text{ mm} \quad (55)$$

W przypadku trzech pozostałych cykli pomiarowych otrzymano następujące wyniki:

cykl pomiarowy nr 2

$$s_2 = 2,7 \text{ mm}; \quad h_2 = 0,4636 \text{ m}; \quad a_2 = -0,0021 \text{ m}; \quad b_{1,2} = -0,0003 \text{ m}; \\ b_{2,2} = 0,0003 \text{ m}$$

cykl pomiarowy nr 3

$$s_3 = 2,7 \text{ mm}; \quad h_3 = 0,4623 \text{ m}; \quad a_3 = -0,0038 \text{ m}; \quad b_{1,3} = -0,0027 \text{ m}; \\ b_{2,3} = 0,0005 \text{ m}$$

cykl pomiarowy nr 4

$$s_4 = 1,4 \text{ mm}; \quad h_4 = 0,4625 \text{ m}; \quad a_4 = -0,0006 \text{ m}; \quad b_{1,4} = -0,0026 \text{ m}; \\ b_{2,4} = 0,0005 \text{ m}$$

Na podstawie powyższych wyników oraz wyników otrzymanych z cyklu pomiarowego nr 1

$$s_1 = 2,9 \text{ mm}; \quad h_1 = 0,4627 \text{ m}; \quad a_1 = 0,0000 \text{ m}; \quad b_{1,1} = -0,0039 \text{ m}; \\ b_{2,1} = -0,00025 \text{ m}$$

obliczane jest ogólne doświadczalne odchylenie standardowe $s_{ISO-WIRLAS}$ pojedynczego odczytu na łacie niwelacyjnej, interpretowane jako miara dokładności użytkowej danego niwelatora laserowego w zakresie pomiarowym odpowiadającym celowej o długości 40 m

$$s_{ISO-WIRLAS} = \sqrt{\frac{\sum r_1^2 + \sum r_2^2 + \sum r_3^2 + \sum r_4^2}{4 \cdot 8}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} = \quad (56) \\ = \sqrt{\frac{(2,9 \text{ mm})^2 + (2,7 \text{ mm})^2 + (2,7 \text{ mm})^2 + (1,4 \text{ mm})^2}{4}} = 2,5 \text{ mm}$$

Wartości h , a , b_1 , b_2 i b z wszystkich czterech cykli pomiarowych są obliczane jako wartości średnie:

$$h = \frac{\sum_{i=1}^4 h_i}{4} = \frac{0,4627 + 0,4636 + 0,4623 + 0,4625}{4} = 0,4628 \text{ m} \\ a = \frac{\sum_{i=1}^4 a_i}{4} = \frac{0,0000 + 0,0021 - 0,0038 - 0,0006}{4} = -0,0006 \text{ m} \\ b_1 = \frac{\sum_{i=1}^4 b_{1,i}}{4} = \frac{-0,0039 - 0,0003 - 0,0027 - 0,0026}{4} = -0,0024 \text{ m} \\ b_2 = \frac{\sum_{i=1}^4 b_{2,i}}{4} = \frac{-0,00025 - 0,0003 + 0,0005 + 0,0005}{4} = 0,0001 \text{ m} \\ b = \sqrt{b_1^2 + b_2^2} = \sqrt{(-0,0024 \text{ m})^2 + (+0,0001 \text{ m})^2} = 0,0024 \text{ m}$$

Wyznaczone wartości odchylenia a (osi wiązki laserowej od prostopadłości względem osi przyzmatu) i odchylenia b (osi przyzmatu od pionu) w instrumencie z wirującym przyzmatem mogą stanowić uzasadnienie przeprowadzenia rektyfikacji instrumentu przez specjalistyczną firmę.

5.7. Pionowniki optyczne

Norma PN-ISO 17123-7 prezentuje opracowaną procedurę testową pionowników optycznych (optycznych instrumentów do pionowania). Celem procedury jest określenie dokładności użytkowej pionowników optycznych stosowanych w pomiarach realizacyjnych i inwentaryzacyjnych (powykonawczych) na obiekcie budowlanym. Opracowana norma nie ma zastosowania do pionów optycznych stanowiących wyposażenia spodarek lub instrumentów geodezyjnych. Norma przyjmuje następujące założenia wstępne:

1. pionownik optyczny powinien być w znanym i akceptowanym stanie technicznym, wynikającym z bieżącej rektyfikacji wykonanej zgodnie z instrukcją jego obsługi oraz używany ze statywem zalecanym przez producenta,
2. warunki (pogodowe i środowiskowe) realizacji procedury testowej powinny odpowiadać tym, jakie są spodziewane podczas wykonywania planowanych zadań pomiarowych,
3. do wykonania pomiarów w ramach procedury testowej niezbędna jest tarcza celownicza z siatką linii w prostokątnym układzie $x - y$; odległość t (wyrażona w milimetrach) pomiędzy liniami tej siatki powinna spełniać warunek:

$$t_{[mm]} \geq 2,9 \cdot \frac{h}{G} \quad (57)$$

gdzie:

- 2,9 – stały współczynnik,
 - h – wysokość pionowania wyrażona w metrach,
 - G – powiększenie lunety pionownika optycznego,
4. miara dokładności użytkowej pionownika optycznego zależy od wysokości pionowania i z tego powodu powinna być wyrażona przez doświadczalne odchylenie standardowe składowej punktu, przeniesionego jednokrotnie na określoną wysokość kondygnacji obiektu budowlanego,
 5. jest ona odpowiednia także dla pionownika laserowego (emitującego wiązkę laserową), ale wtedy bezpośredniej obserwacji podlega plamka laserowa na tarczy celowniczej.

Norma przyjmuje następującą klasyfikację pionowników optycznych:

- instrument wyposażony w libelę,
- instrument wyposażony w kompensator,
- instrument wyposażony w dwa kompensatory.

Wyposażenie instrumentu w libelę lub kompensator powoduje, że oś celowa przynależy tylko do płaszczyzny pionowej, prostopadłej do kierunku pionowania. W takiej sytuacji linia pionu jest elementem wspólnym (krawędzią) dwóch wzajemnie prostopadłych płaszczyzn pionowych, czego konsekwencją jest konieczność wykonywania pomiarów przy dwóch prostopadłych położeniach pionownika. W przypadku instrumentu wyposażonego w dwa kompensatory, oś celowa każdorazowo realizuje linię pionu, niezależnie od kierunku położenia pionownika.

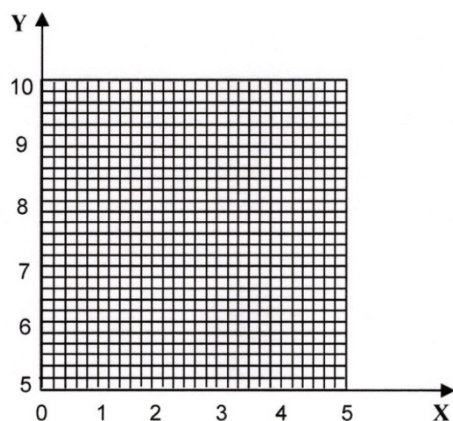
Ponadto norma zwraca uwagę, że pionowniki optyczne mogą umożliwiać celowanie do góry (kierunek „zenit”) lub do dołu (kierunek „nadir”) lub w obydwu kierunkach („zenit – nadir”).

Niezależnie jednak od różnic konstrukcyjnych pionowników optycznych, ocena ich dokładności w warunkach terenowych może odbywać się zgodnie z procedurą testową opracowaną przez ISO.

Procedura testowa

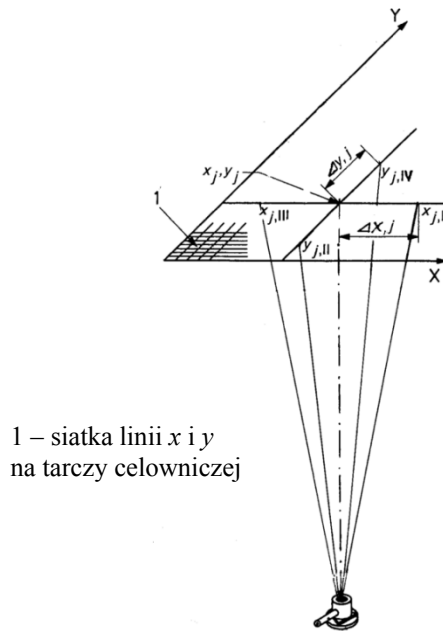
Konfiguracja linii testowej i pomiary

Na potrzeby realizacji procedury testowej pionownika optycznego niezbędne jest przygotowanie specjalistycznej tarczy celowniczej. Rysunek 22 przedstawia przykład takiej tarczy celowniczej z siatką linii w układzie $x - y$, o interwale t i niezależnym opisie wzdłuż osi x i y uniemożliwiającym niezamierzoną zamianę osi x i y podczas pomiaru. Tak przygotowana tarcza powinna być umiejscowiona w położeniu poziomym nad lub pod punktem osnowy pomiarowej będącym stanowiskiem pionownika optycznego. Orientacja siatki kresek lunety pionownika optycznego powinna być równoległa względem osi x i y tarczy celowniczej, umiejscowionej na wysokości h zbliżonej do wysokości pionowania w ramach planowanego zadania pomiarowego.



Rys. 22. Przykład tarczy celowniczej z siatką $x-y$

Procedura testowa zakłada wykonanie trzech serii pomiarowych, z których każda obejmuje dziesięć niezależnych obserwacji położenia punktu osi celowej pionownika na tarczy celowniczej przy czterech jego położeniach zmieniających się o kolejne 90° . Obejmuje to zatem, zgodnie z rysunkiem 22, dwa odczyty $x_{j,I}$ i $x_{j,III}$ wykonane przy dwóch przeciwnych położeniach pionownika (np. celowanie wzdłuż osi $+x \rightarrow$ położenie *I* i wzdłuż osi $-x \rightarrow$ położenie *III*) oraz analogicznie dwa odczyty $y_{j,II}$ i $y_{j,IV}$ (celowanie wzdłuż osi $-y \rightarrow$ położenie *II* i wzdłuż osi $+y \rightarrow$ położenie *IV*).



Rys. 23. Interpretacja geometryczna wyników pomiaru i obliczeń

Pomiędzy kolejnymi seriami pomiarowymi pionownik optyczny powinien być zdjęty ze stanowiska i ponownie ustawiony nad lub pod punktem osnowy pomiarowej determinującym realizowaną linię pionu.

Przykład jednej serii pomiarowej dokumentuje tabela 21, w której kolumny od 2 do 5 zawierają odczyty odpowiednio $x_{j,I}$, $y_{j,II}$, $x_{j,III}$ i $y_{j,IV}$.

Obliczenia

W pierwszej kolejności są obliczane składowe odchylenia osi celowej pionownika od linii pionu (kolumny 6 i 7 w tabeli 21 i rysunek 23), niezależnie dla każdego kolejnego zespołu czterech obserwacji, tzn:

$$\Delta x_j = \frac{1}{2}(x_{j,I} - x_{j,III}) \quad (58)$$

$$\Delta y_j = \frac{1}{2}(y_{j,II} - y_{j,IV}) \quad \text{dla } j \text{ od } 1 \text{ do } 10$$

Tabela 21. Przykład jednej serii procedury testowej pionownika optycznego

Numer obserwacji	Odczyty położenia osi celowej pionownika na tarczy celowniczej [mm]				Składowe odchylenia od linii pionu [mm]		Odczyty średnie quasi-observacje [mm]		Poprawki [mm]	
	$x_{j,I}$	$y_{j,II}$	$x_{j,III}$	$y_{j,IV}$	Δx_j	Δy_j	x_j	y_j	$r_{x,j}$	$r_{y,j}$
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	45,4	51,8	46,4	52,4	-0,50	-0,30	45,90	52,10	0,06	-0,17
2	45,5	51,6	46,6	52,4	-0,55	-0,40	46,05	52,00	-0,08	-0,07
3	45,6	51,5	46,5	52,2	-0,45	-0,35	46,05	51,85	-0,08	0,08
4	45,6	51,7	46,4	52,5	-0,40	-0,40	46,00	52,10	-0,04	-0,17
5	45,4	51,5	46,3	52,0	-0,45	-0,25	45,85	51,75	0,12	0,18
6	45,3	51,4	46,2	51,9	-0,45	-0,25	45,75	51,65	0,21	0,28
7	45,5	51,6	46,5	52,1	-0,50	-0,25	46,00	51,85	-0,04	0,08
8	45,6	51,8	46,4	52,3	-0,40	-0,25	46,00	52,05	-0,04	-0,12
9	45,4	51,8	46,6	52,3	-0,60	-0,25	46,00	52,05	-0,04	-0,12
10	45,6	51,6	46,5	52,2	-0,45	-0,30	46,05	51,90	-0,08	0,03
Σ	454,9	516,3	464,4	522,3	-4,75	-3,00	459,65	519,30	-0,01	0,00

Źródło: opracowanie własne.

Następnie obliczane są wartości quasi-observacji x_j i y_j jako średnie arytmetyczne z wykonanych odczytów, tzn.:

$$x_j = \frac{1}{2}(x_{j,I} + x_{j,III})$$

$$y_j = \frac{1}{2}(y_{j,II} + y_{j,IV}) \quad \text{dla } j \text{ od } 1 \text{ do } 10 \quad (59)$$

Z wartości x_j i y_j są obliczane wartości średnie:

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} x_j$$

$$\bar{y} = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} y_j \quad (60)$$

Wartości średnie $\bar{x}$ i $\bar{y}$ stanowią podstawę do obliczenia poprawek $r_{x,j}$ oraz $r_{y,j}$ do quasi-observacji x_j i y_j :

$$r_{x,j} = \bar{x} - x_j$$

$$r_{y,j} = \bar{y} - y_j \quad (61)$$

Charakterystykę dokładności punktu przeniesionego z użyciem pionownika optycznego (sporządzoną na podstawie wyników jednej serii procedury testowej) stanowią doświadczalne odchylenia standardowe:

- a) składowej x punktu przeniesionego na wysokość h (wyznaczenie przy dwóch położeniach pionownika, tj. *I* i *III*)

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_{x,j}^2}{v_x}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_{x,j}^2}{9}} \quad (62)$$

- b) składowej y punktu przeniesionego na wysokości h (wyznaczenie przy dwóch położeniach pionownika, tj. *II* i *IV*)

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_{y,j}^2}{v_y}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_{y,j}^2}{9}} \quad (63)$$

- c) punktu przeniesionego na wysokość h

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_{x,j}^2 + \sum_{j=1}^{10} r_{y,j}^2}{v_y}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_{x,j}^2 + \sum_{j=1}^{10} r_{y,j}^2}{18}} \quad (64)$$

gdzie: v_x, v_y, v – liczba stopni swobody.

Charakterystykę dokładności odpowiadającą trzem seriom pomiarowym procedury testowej stanowią doświadczalne odchylenia standardowe, wyznaczone z następujących wzorów:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum r_{x,1}^2 + \sum r_{x,2}^2 + \sum r_{x,3}^2}{27}} \quad (65)$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum r_{y,1}^2 + \sum r_{y,2}^2 + \sum r_{y,3}^2}{27}} \quad (66)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_{x,1}^2 + \sum r_{x,2}^2 + \sum r_{x,3}^2 + \sum r_{y,1}^2 + \sum r_{y,2}^2 + \sum r_{y,3}^2}{54}} \quad (67)$$

Doświadczalne odchylenie standardowe s charakteryzuje dokładność wyznaczenia położenia punktu przeniesionego z użyciem pionownika optycznego na określoną wysokość h i w tej sytuacji norma przyjmuje, że ostateczny parametr dokładności użytkowej powinien być zapisany następująco:

$$s_{ISO-PION} = \frac{s}{h} \quad (68)$$

Ocena dokładności pionownika optycznego może także w sposób bezpośredni odnosić się do osi celowej pionownika, a ściślej do jej odchylenia od linii pionu, określonego przez składowe $\overline{\Delta x}$ i $\overline{\Delta y}$ oraz wypadkową $\Delta = \sqrt{\overline{\Delta x}^2 + \overline{\Delta y}^2}$.

Przy założeniu, że składowe $\overline{\Delta x}$ i $\overline{\Delta y}$ są wartościami średnimi z trzech serii procedury testowej, charakterystykę dokładności odchylenia Δ stanowi doświadczalne odchylenie standardowe o wartości obliczonej ze wzoru:

$$s_{\Delta} = s \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10}} \right) \quad (69)$$

W prezentowanym przykładzie (tabela 21) dokumentującym jedną serię procedury testowej pionownika optycznego, parametry dokładnościowe przyjmują następujące wartości: $s_x = 0,10$ mm, $s_y = 0,15$ mm, $s = 0,13$ mm, $s_{ISO-PION} = 1 \div 76923 \approx 1:77000$ dla wysokości pionowania $h = 10$ m, $\overline{\Delta x} = 0,48$ mm, $\overline{\Delta y} = 0,30$ mm i $\Delta = 0,57$ mm.

Zestawienie zbiorcze wyników trzech serii procedury testowej dokumentuje tabela 22.

Tabela 22. Przykład procedury testowej pionownika optycznego

Obliczone wartości [mm ²] lub [mm]	Seria pomiarowa			Uwagi
	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	
$\sum r_x^2$	0,0877	0,1254	0,1058	1. data pomiaru 2. obserwator 3. typ instrumentu i jego numer fabryczny 4. powiększenie lunety (przykład $G = 30$) 5. wysokość pionowania (przykład $h = 10$ m) 6. interwał siatki na tarczy celowniczej (przykład $t = 1$ mm)
$\sum r_y^2$	0,2160	0,2010	0,2612	
$\sum r_x^2 + \sum r_y^2$	0,3037	0,3264	0,3670	
$s_{x,i}$	0,10	0,12	0,11	
$s_{y,i}$	0,15	0,15	0,17	
s_i	0,13	0,13	0,14	
s	0,14			
$S_{ISO-PION}$	1: 73591 $\approx$ 1: 74000			
$\overline{\Delta x}_i$	-0,48	-0,32	-0,24	
$\overline{\Delta y}_i$	-0,30	-0,24	-0,36	
$\overline{\Delta x_{SR}}$	-0,35			
$\overline{\Delta x_{SR}}$	-0,30			
Δ_{SR}	0,46			
s_{Δ}	0,03			

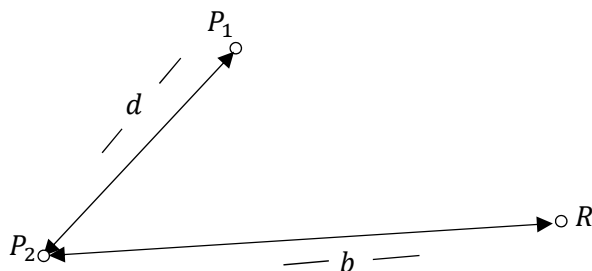
5.8 . Odbiorniki RTK GNSS

Nieposiadająca dotychczas polskiej wersji norma ISO 17123-8 „*GNSS field measurement systems in real – time kinematic (RTK)*”, opracowana przez podkomitet ISO TC 172 „*Optyka i fotonika*”, prezentuje dwie procedury testowe oceny dokładności odbiorników klasy GNSS. Obydwie procedury, tj. uproszczona i pełna, mogą być realizowane na tym samym polu testowym charakteryzującym się znajomością a’priori wartości odległości i różnicy wysokości dwóch punktów, będących przedmiotem późniejszych wyznaczeń na podstawie obserwacji wykonanych odbiornikami RTK GNSS.

Ogólna charakterystyka procedur testowych

Pole testowe tworzą dwa punkty pomiarowe P_1 i P_2 oddalone od siebie na odległość d od 2 m do 20 m i punkt R spełniający funkcję stacji referencyjnej, oddalony od punktów P_1 i P_2 na odległość b odpowiadającą planowanemu zadaniu pomiarowemu.

Koncepcja procedur testowych zakłada wykonanie w pierwszej kolejności pomiaru odległości poziomej oraz różnicy wysokości między punktami P_1 i P_2 , wykorzystując w tym celu tachimetr elektroniczny charakteryzujący się dokładnością pomiaru odległości, odpowiadającą odchyleniu standardowemu o wartości mniejszej niż 3 mm.



Rys. 24. Konfiguracja pola testowego

Wyniki powyższego pomiaru oznaczone jako D^* i h^* norma interpretuje jako wartości nominalne (dane) w kontekście opracowanych procedur testowych. Wynikiem pomiarów wykonanych odbiornikami RTK GNSS na punktach P_1 i P_2 są współrzędne x i y oraz wysokość elipsoidalna h (WGS84), na podstawie których są obliczane wartości odległości poziomej D i różnicy wysokości Δh , będące przedmiotem porównań z odpowiadającymi im wartościami, przyjętymi jako nominalne.

Uproszczona procedura testowa

Celem uproszczonej procedury testowej jest sprawdzenie niezawodności sprzętu GNSS w wyniku realizacji prostego pomiaru kontrolnego przy minimalnym wpływie czynników zewnętrznych i minimalnym nakładzie pracy. Uproszczona procedura testowa charakteryzuje się ograniczoną liczbą pomiarów, odpowiadającą jednej serii obejmującej pięć wyznaczeń pomiarowych, interpretowanych jako ustawienie odbiornika i pomiar kolejno na punktach P_1 i P_2 . Norma przyjmuje, że odstęp czasowy między kolejnymi z pięciu wyznaczeń powinien wynosić 5 minut.

Wynikiem wykonanego pomiaru są wartości: $x_{j,1}$, $x_{j,2}$, $y_{j,1}$, $y_{j,2}$, $h_{j,1}$, $h_{j,2}$ dla j od 1 do 5, na podstawie których są obliczane wartości:

$$D_j = \sqrt{(x_{j,2} - x_{j,1})^2 + (y_{j,2} - y_{j,1})^2} \quad (70)$$

$$\Delta h_j = h_{j,1} - h_{j,2} \quad (71)$$

W dalszej kolejności są obliczane różnice ε między wartościami D i Δh obliczonymi według powyższych wzorów i odpowiadającymi im wartościami nominalnymi, które to różnice są weryfikowane na tle następujących kryteriów:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{Dj} = D_j - D^* \rightarrow |\varepsilon_{Dj}| &\leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot s_{xy} \\ \varepsilon_{hj} = h_j - h^* \rightarrow |\varepsilon_{hj}| &\leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot s_h \end{aligned} \quad \text{dla } j \text{ od 1 do 5} \quad (72)$$

gdzie: s_{xy} i s_h są odchyleniami standardowymi, ustalonymi w specyfikacji dokładności planowanego zadania pomiarowego lub podanymi przez producenta sprzętu pomiarowego lub wyznaczonymi w wyniku pełnej procedury testowej.

W sytuacji, gdy nie są spełnione warunki wynikające ze wzoru (72), konkluzja oceny dokładności według procedury uproszczonej jest negatywna, co skutkuje koniecznością jej powtórzenia.

Pełna procedura testowa

Zasadniczym celem pełnej procedury testowej jest rozszerzona weryfikacja funkcjonalności systemu przy założeniu zminimalizowania wpływu zmiany konfiguracji satelitów i dewiacji ich orbit, a także warunków jonosferycznych i troposferycznych oraz warunków środowiskowych odbiornika.

Pełna procedura testowa charakteryzuje się większą złożonością pomiaru, gdyż obejmuje trzy serie, z których każda składa się z pięciu wyznaczeń pomiarowych na punktach P_1 i P_2 . Odstęp czasowy między kolejnymi z pięciu

wyznaczeń powinien wynosić 5 minut, zaś rozpoczęcie każdej z serii powinno odbywać się po upływie przynajmniej 90 minut.

Wynikiem wykonanego pomiaru są wartości: $x_{i,j,1}$, $x_{i,j,2}$, $y_{i,j,1}$, $y_{i,j,2}$, $h_{i,j,1}$, $h_{i,j,2}$ dla i od 1 do 3 oraz j od 1 do 5, na podstawie których są obliczane wartości $D_{i,j}$ oraz $\Delta h_{i,j}$ – według wzorów 70 oraz 71, porównywane następnie z odpowiadającymi im wartościami nominalnymi w celu wykrycia występowania błędów grubych.

Drugi etap obliczeń obejmuje kolejno:

- a) wartości średnie współrzędnych x i y oraz wysokości h punktów P_1 i P_2 z piętnastu wyznaczeń:

$$\begin{aligned}\bar{x}_k &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 x_{i,j,k} \\ \bar{y}_k &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 y_{i,j,k} \\ \bar{h}_k &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 h_{i,j,k}\end{aligned}\quad (73)$$

gdzie k oznacza P_1 lub P_2

- b) poprawki:

$$\begin{aligned}r_{x,i,j,k} &= \bar{x}_k - x_{i,j,k} \\ r_{y,i,j,k} &= \bar{y}_k - y_{i,j,k} \\ r_{h,i,j,k} &= \bar{h}_k - h_{i,j,k}\end{aligned}\quad (74)$$

- c) sumy kwadratów powyższych poprawek:

$$\begin{aligned}\sum r_x^2 &= \sum_{i=1}^3 \cdot \sum_{j=1}^5 \cdot \sum_{k=1}^2 r_{x,i,j,k}^2 \\ \sum r_{xy}^2 &= \sum_{i=1}^3 \cdot \sum_{j=1}^5 \cdot \sum_{k=1}^2 r_{y,i,j,k}^2 \\ \sum r_h^2 &= \sum_{i=1}^3 \cdot \sum_{j=1}^5 \cdot \sum_{k=1}^2 r_{h,i,j,k}^2\end{aligned}\quad (75)$$

- d) liczbę stopni swobody w sytuacji trzech serii pomiarów i pięciu wyznaczeń pozycji dwóch punktów:

$$v_x = v_y = v_h = (3 \cdot 5 - 1) \cdot 2 = 28$$

- e) odchylenia standardowe pojedynczego pomiaru dla x , y i h :

$$\begin{aligned}s_x &= \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{v_x}} = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{28}} \\ s_y &= \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{v_y}} = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{28}} \\ s_h &= \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{v_h}} = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{28}}\end{aligned}\quad (76)$$

- f) doświadczalne odchylenia standardowe pojedynczego wyznaczenia pozycji punktu (x, y) i wysokości (h) :

$$S_{ISO-GNSS RTK xy} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}; \quad S_{ISO-GNSS RTK h} = s_h$$

Przykład procedur testowych odbiornika RTK GNSS dokumentuje dziennik pomiarowy w postaci tabeli 23, będący podstawą do wykonania dalszych obliczeń, według normy ISO 17123-8.

1. Dane odbiornika ruchomego

Producent i model odbiornika: Leica CS10

Producent i model anteny: GS08

Wykorzystywanie systemu ASG-EUPOS: TAK

Typ wykorzystanych poprawek: RTK network

2. Ustawienie pomiaru; układ współrzędnych: 2000/7; model elipsoidy: GRS 1980; półos elipsoidy: 6378137.000000; spłaszczenie elipsoidy: 0.003353; model geoidy: GEOIDA; układ odniesienia: WGS84; układ współrzędnych: WGS84

2.1 Odwzorowanie; nazwa odwzorowania: Gauss-Kruger2000/7; typ: poprzeczne Merkatora; Y punktu głównego: 7500000.000000; X punktu głównego: 0.000000; skala: 0.999923; interwał obserwacji RTK: 1 sek.; kąt obcięcia horyzontu: 10°

3. Pomiary sytuacyjno-wysokościowe

Stacja referencyjna: RTCM-Ref 0853

Współrzędne stacji z RTCM: X=5695712.506 Y=7411661.377 H=188.662

Wykorzystany strumień poprawek RTK: NAWGEO_VRS_3_1

Tabela 23. Dziennik jako fragment raportu z pomiaru testowego

ΔX	ΔY	ΔZ	x	y	H86	sat	PDOP
10,049	-107,419	80,248	5695838,129	7411709,282	190,396	8	1,8
10,047	-107,416	80,256	5695838,132	7411709,278	190,403	7	2,2
10,054	-107,422	80,253	5695838,133	7411709,287	190,399	8	1,8
10,056	-107,411	80,246	5695838,120	7411709,285	190,401	8	1,8
10,050	-107,406	80,247	5695838,118	7411709,277	190,403	8	1,8
8,531	-89,316	66,808	5695816,961	7411701,374	190,206	8	1,8
8,530	-89,325	66,815	5695816,973	7411701,375	190,205	8	1,8
8,517	-89,316	66,816	5695816,970	7411701,361	190,209	8	1,8
8,527	-89,316	66,813	5695816,965	7411701,370	190,209	8	1,8
8,533	-89,322	66,817	5695816,970	7411701,377	190,209	8	1,8
10,053	-107,411	80,244	5695838,120	7411709,282	190,398	8	1,8
10,035	-107,419	80,251	5695838,135	7411709,268	190,394	8	1,8
10,041	-107,407	80,254	5695838,126	7411709,270	190,405	8	1,8
10,069	-107,435	80,257	5695838,141	7411709,305	190,397	8	1,8
10,071	-107,460	80,165	5695838,101	7411709,315	190,311	8	1,8
8,521	-89,326	66,806	5695816,970	7411701,367	190,196	8	1,8
8,541	-89,326	66,793	5695816,956	7411701,386	190,190	6	2,0
8,524	-89,338	66,806	5695816,979	7411701,375	190,190	6	2,0
8,528	-89,338	66,808	5695816,979	7411701,378	190,192	6	2,0
8,531	-89,341	66,804	5695816,977	7411701,382	190,188	6	2,9
10,053	-107,423	80,234	5695838,122	7411709,286	190,383	7	2,3
10,060	-107,415	80,231	5695838,113	7411709,290	190,387	7	2,3
10,053	-107,420	80,236	5695838,121	7411709,285	190,386	7	2,3
10,034	-107,469	80,165	5695838,118	7411709,284	190,298	7	2,3
10,050	-107,438	80,235	5695838,134	7411709,289	190,374	6	3,2

8,536	-89,348	66,802	5695816,980	7411701,390	190,184	7	2,3
8,528	-89,345	66,815	5695816,988	7411701,381	190,193	7	2,3
8,531	-89,344	66,811	5695816,983	7411701,383	190,191	7	2,3
8,530	-89,336	66,807	5695816,976	7411701,379	190,193	7	2,3
8,534	-89,336	66,811	5695816,977	7411701,383	190,197	7	2,3

Źródło: opracowanie własne.

Objaśnienia skrótów:

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ – przyrosty współrzędnych kartezjańskich w układzie WGS84,

x, y – współrzędne w lokalnym układzie współrzędnych,

H – wysokość normalna lub elipsoidalna,

sat – liczba śledzonych satelitów, na podstawie których została wyznaczona pozycja,

PDOP – parametr rozmieszczenia geometrycznego satelitów.

Tabela 24. Uproszczona procedura testowa

j	$D_{J[m]}$	$\Delta h_{j[m]}$	$\varepsilon_D[m]$	$\varepsilon_h[m]$
1	22,597	0,190	0,017	-0,010
2	22,586	0,198	0,006	-0,002
2	22,598	0,190	0,018	-0,010
4	22,587	0,192	0,007	-0,008
5	22,575	0,194	-0,005	-0,006

Wartości nominalne: $D^* = 22.580$ m; $h^* = 0.200$ m.

Kryterium:

$$\begin{aligned}
 |\varepsilon_D| &\leq 2,5 \cdot 2 \cdot s_{xy} ; & \text{dla } s_{xy} &= 0,013 ; & |\varepsilon_D| &\leq 0,066 \text{ m} \\
 |\varepsilon_h| &\leq 2,5 \cdot 2 \cdot s_h ; & \text{dla } s_h &= 0,009 ; & |\varepsilon_h| &\leq 0,044 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dla s_{xy} i s_h wyznaczonych z pełnej procedury testowej, wszystkie różnice ε w tabeli 24 spełniają przyjęte kryterium co uzasadnia wnioskowanie o przydatności testowanego odbiornika RTK GNSS do realizacji zadań pomiarowych o dokładności odpowiadającej odchyleniom standardowym o wartości nie większej niż 0,013 m w przypadku pozycji punktu oraz 0,009 m w przypadku jego wysokości.

Tabela 25. Pełna procedura testowa

i	j	$D_{J[m]}$	$\Delta h_{j[m]}$
1	1	22,597	0,190
1	2	22,586	0,198
1	3	22,598	0,190
1	4	22,587	0,192
1	5	22,575	0,194
2	1	22,582	0,202
2	2	22,598	0,204
2	3	22,572	0,215

2	4	22,597	0,205
2	5	22,564	0,123*
3	1	22,582	0,199
3	2	22,598	0,194
3	3	22,572	0,195
3	4	22,597	0,105*
3	5	22,564	0,177

*/ Wartości uznane za odstające (obarczone błędem).

Wyniki wykonanych obliczeń:

$$\bar{x}_{P1} = 5695838,1242 \text{ m}$$

$$\bar{y}_{P1} = 7411709,2867 \text{ m}$$

$$\bar{h}_{P1} = 190,3943 \text{ m}$$

(do obliczeń $\bar{h}_{P1}$ nie uwzględniono wyznaczenia wysokości punktu P_1 w serii 2 – pomiar 5 i serii 3 – pomiar 4, z uwagi na znaczne odstępstwa od wyników pozostałych wyznaczeń)

$$\bar{x}_{P2} = 5695816,9736 \text{ m}$$

$$\bar{y}_{P2} = 7411701,3774 \text{ m}$$

$$\bar{h}_{P2} = 190,1968 \text{ m}$$

$$\sum r_x^2 = \sum_{i=1}^2 \cdot \sum_{j=1}^5 \cdot \sum_{k=1}^2 = 2456 \text{ mm}^2$$

$$\sum r_{xy}^2 = \sum_{i=1}^2 \cdot \sum_{j=1}^5 \cdot \sum_{k=1}^2 = 2446,6 \text{ mm}^2$$

$$\sum r_h^2 = \sum_{i=1}^2 \cdot \sum_{j=1}^5 \cdot \sum_{k=1}^2 = 2037,2 \text{ mm}^2$$

(z wyłączeniem $h_{2,5,1}$ i $h_{3,4,1}$)

$$s_x = 9,4 \text{ mm}; \quad s_y = 9,3 \text{ mm}; \quad s_h = 8,9 \text{ mm}$$

$$s_{ISO-GNSS RTK xy} = 13,2 \text{ mm}; \quad s_{ISO-GNSS RTK h} = 8,9 \text{ mm}$$

Doświadczalne odchylenia standardowe o wartości 13 mm oraz 9 mm należy uznać za miarę dokładności użytkowej testowanego odbiornika RTK GNSS w zakresie wyznaczenia odpowiednio pozycji oraz wysokości punktu.

6. KONCEPCJA WYKORZYSTANIA STANDARDÓW ISO W PRAKTYCE GEODEZYJNEJ

Przeprowadzone rozpoznanie zakresu i treści norm PN-ISO uzasadnia sformułowanie wniosku, że proces kształtowania geometrycznego obiektów budowlanych obejmujący wymiarowanie, tolerowanie i pomiary posiada pełne i wzajemnie spójne (w aspekcie technicznym) odzwierciedlenie w tematyce norm opacowanych przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną. Normy PN-ISO wskazują wiele różnorodnych zaleceń i uwarunkowań dotyczących restytucji w naturze modelu obiektu budowlanego będącego przedmiotem projektu architektoniczno-budowlanego, przy spełnieniu określonych wymagań dokładnościowych zapisanych w projekcie w postaci tolerancji lub odchyłek dopuszczalnych.

Tematyka ustalania tolerancji i analizy pasowań elementów konstrukcyjnych obiektu budowlanego w ujęciu norm PN-ISO stanowi zwarty i wzajemnie uzupełniający się zbiór wskazówek (zaleceń) praktycznych, według których:

- a) przewidywana zmienność wymiarów, kształtu i usytuowania elementów obiektu budowlanego może być uwzględniana i analizowana na etapie projektowania, z wykorzystaniem rachunku prawdopodobieństwa, jeśli jest to wskazane;
- b) wymagania dokładnościowe zapisane w projekcie mogą być jednoznacznie wyszczególnione dla wszystkich etapów realizacji obiektu budowlanego (przykładowo prace przygotowawcze na placu budowy, tyczenie, montaż, inwentaryzacja powykonawcza);
- c) wymiary i kształt elementów obiektu budowlanego oraz ich położenie mogą być objęte pomiarami sprawdzającymi (kontrolnymi), których wyniki stanowią podstawę oceny zgodności siatki konstrukcyjnej obiektu zrealizowanego z siatką projektową na tle ustalonych odchyłek dopuszczalnych (tolerancji).

Obiekt budowlany zlokalizowany na mapie do celów projektowych i zwymiarowany w projekcie budowlanym zgodnie z zasadami koordynacji modularnej jest realizowany w terenie z dokładnością wynikającą z ustalonych i przyjętych tolerancji. Tolerancje w sposób pośredni determinują wymaganą dokładność pomiarów wykonywanych na placu budowy i obiekcie podczas jego realizacji. Dokładność ta w powiązaniu przede wszystkim z przewidywanym zakresem pomiarów ma decydujący wpływ na wybór właściwych (najbardziej racjonalnych) metod i instrumentów pomiarowych. Zagadnienie to znajduje swoje pełne odzwierciedlenie w zbiorze norm ISO podejmujących tematykę pomiarów w budownictwie.

Dla pomiarów w budownictwie (ich interpretacji praktycznej) ustalenia o charakterze ogólnym zawiera norma ISO 7078 pt. „*Wznoszenie obiektów budowlanych – procedury tyczenia i pomiaru – terminologia*” [47], której treść obejmuje 181 terminów w podziale na sześć grup tematycznych w tym: terminy

ogólne – 24, jakość pomiaru – 27, podziały – 15, narzędzia pomiarowe – 24, instrumenty pomiarowe – 26 i metody pomiaru – 65. W wyniku negatywnej oceny dokonanej przez Normalizacyjną Komisję Problemową nr 255 ds. geodezji dla potrzeb budownictwa, norma ta nie została wprowadzona do polskiej normalizacji, zaś z jej treści wynika, że:

- a) pomiary wykonywane na obszarze na tyle dużym, że niezbędne staje się uwzględnienie krzywizny Ziemi są pomiarami geodezyjnymi,
- b) pomiary sytuacyjno-wysokościowe szczegółów terenowych na obszarze, dla którego powierzchnią odniesienia jest płaszczyzna są miernictwem,
- c) jeśli powyższe pomiary są wykonywane dla potrzeb budownictwa, to wtedy jest to miernictwo budowlane.

Miernictwo budowlane według ISO obejmuje pomiary wielkości geometrycznych (długości, kątów poziomych i pionowych, różnic wysokości, pola powierzchni, kubatury), niezbędnych do opracowania projektu obiektu budowlanego, szacowania kosztów budowy oraz zgodnej z projektem jego realizacji, zaś w uzasadnionych przypadkach także monitorowania konstrukcji na etapie użytkowania.

Z treści norm PN-ISO można także wnioskować, że:

- a) w sytuacji, gdy długości celowych teodolitu lub wysokość pionowego przenoszenia punktów przekraczają 40 m – pomiary na etapie realizacji obiektu powinien wykonywać doświadczony zespół o profesjonalnym wykształceniu (można domniemywać – geodezyjnym),
- b) w innych sytuacjach czynności pomiarowe mogą wykonywać samodzielnie pracownicy firmy budowlanej, realizującej obiekt, wykorzystując w tym celu metody i instrumenty (przrządy) pomiarowe wskazane do zastosowania przez normę PN-ISO 7976-1.

W podsumowaniu końcowym norm opracowanych przez ISO i wprowadzonych do polskiej normalizacji można wskazać koncepcję ich wykorzystania w ujęciu schematu organizacyjno-technicznego obejmującego kolejno:

1. ustalenie zakresu czynności geodezyjno-kartograficznych na etapie przygotowania inwestycji budowlanej – wykorzystując w tym celu normę PN-ISO 4463-3 (w ramach współpracy w „trójkącie” inwestor – projektant – geodeta);
2. lokalizację obiektu na etapie opracowania planu zagospodarowania działki lub terenu oraz zwymiarowanie elementów konstrukcyjnych obiektu w projekcie architektoniczno-budowlanym, zgodnie z zasadami koordynacji modularnej, przez projektanta, wykorzystując w tym celu normę PN-ISO 4463-3 i grupę norm z zakresu koordynacji modularnej;
3. ustalenie tolerancji dla wymiarów wskazanych w projekcie architektoniczno-budowlanym jako wymiarów tolerowanych – w tym zakresie pomocne mogą być procedury według norm PN-ISO 3443/3 i PN-ISO 3443/4 oraz specyfikacja dokładnościowa czynności pomiarowych według normy PN-ISO 4463-1;

4. ustalenie wymaganej dokładności pomiarów realizacyjnych mających na celu wskazanie położenia projektowych elementów konstrukcyjnych obiektu – na podstawie ustalonych wcześniej tolerancji lub specyfikacji wskazanej powyżej i na tej podstawie wybór właściwej metodyki pomiarowej;
5. weryfikację dokładności użytkowej instrumentów geodezyjnych (przewidzianych do wykorzystania w ramach wybranej metodyki pomiarowej) – według normy PN-ISO 17123 (części od 1 do 8);
6. opracowanie projektu osnowy realizacyjnej, jej pomiar i akceptację dokładnościową – wykorzystując w tym celu normę podstawową, tj. PN-ISO 4463-1 oraz normy ją wspomagające, tj. normy PN-ISO 4463-2 i PN-ISO 7976-1;
7. geodezyjne opracowanie projektu zagospodarowania działki – według norm PN-ISO 4463-1 i PN-ISO 4463-3;
8. obsługę geodezyjną inwestycji na etapie realizacji obiektu budowlanego obejmującą wskazanie położenia projektowych elementów jego konstrukcji oraz pomiary sprawdzające (kontrolne) potwierdzające zgodność z projektem na tle ustalonych tolerancji – zakres tej obsługi według norm PN-ISO 3443/8, PN-ISO 7737 i PN-ISO 4463-3, zaś metodyka według norm PN-ISO 7976 (część 1 i 2), PN-ISO 7077 i PN-ISO 4463-1.

Wszystkie czynności pomiarowe wykonywane na placu budowy i/lub realizowanym obiekcie powinny być poprzedzone weryfikacją możliwości dokładnościowych instrumentów geodezyjnych przewidzianych do wykorzystania w ramach wybranej metodyki pomiarowej. W tym zakresie uzasadnione jest wykorzystanie normy PN-ISO 17123 (część od 1 do 7) oraz ISO 17123-8 i przeprowadzenie pomiarów testowych mających na celu wyznaczenie dokładności użytkowej instrumentu geodezyjnego, których wyniki na tle zadanej dokładności (wymaganej w kontekście ustalonych tolerancji) powinny decydować o przydatności danego instrumentu do realizacji planowanych zadań pomiarowych.

Norma PN-ISO 17123 (część od 1 do 7) na obecnym etapie jej wdrożenia do polskiej normalizacji może być zatem przydatna do udokumentowania możliwości dokładnościowych instrumentów geodezyjnych w realizacji wszelkich zadań pomiarowych nie tylko dla potrzeb budownictwa, co może być przykładowo przydatne przy kompletowaniu dokumentacji wymaganej na etapie przetargu na prace geodezyjne. Podobna uwaga dotyczy także części 8, której wersja polska o symbolu PN będzie zapewne niebawem opracowana, a także kolejnych standardów technicznych (aktualizowanych lub nowych) opracowywanych sukcesywnie przez ISO.

Uzasadnione jest, aby w powyższym zakresie wykorzystywać także bezpośrednio dostępne wersje norm ISO w języku angielskim, ale w takim podejściu na dzień dzisiejszy należy brać pod uwagę poniesienie kosztów finansowych we frankach szwajcarskich.

7. KORELACJA UWARUNKOWAŃ PRAWNYCH OBOWIĄZUJĄCYCH W POLSCE ZE STANDARDAMI ISO

Rodzaj i zakres opracowań geodezyjno-kartograficznych oraz czynności geodezyjnych obowiązujących w budownictwie jednoznacznie określa rozporządzenie z 1995 r. [5], będące aktem wykonawczym do ustawy „*Prawo budowlane*”.

W treści tego rozporządzenia zawarte są podstawowe ustalenia dotyczące prac wykonywanych przez geodetów na potrzeby budownictwa, które obejmują:

- a) opracowania geodezyjno-kartograficzne do celów projektowych, w tym głównie mapy do celów projektowych,
- b) opracowanie geodezyjne projektu działki lub terenu oraz geodezyjne wytyczenie obiektów budowlanych w terenie, w odniesieniu do osnowy geodezyjnej istniejącej lub osnowy realizacyjnej założonej na potrzeby konkretnego projektu,
- c) czynności geodezyjne w toku budowy, w tym głównie geodezyjną obsługę budowy i montażu obiektu budowlanego,
- d) czynności geodezyjne po zakończeniu budowy oraz geodezyjną dokumentację powykonawczą.

Przepisy rozporządzenia z 1995 r. [5] są sformułowane w sposób dość ogólny, co zapewne miało swoje uzasadnienie w tym, że już przed rokiem 1995 w praktyce geodezyjnej funkcjonowała instrukcja techniczna *G-3* (1988 r.) oraz wytyczne techniczne *G-3.2* (1987 r.) wydane przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii, a opracowane przez Instytut Geodezji i Kartografii. Powyższe dokumenty techniczne uzupełnione o wytyczne techniczne *G-3.1* (1997 r.) dość szczegółowo i przy tym wysoce profesjonalnie regulowały postępowanie na etapie planowania oraz wykonywania prac geodezyjnych i kartograficznych mających związek z budowlanym procesem inwestycyjnym.

W sytuacji, gdy 8 czerwca 2012 r. utraciło moc rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 marca 1999 r. „*w sprawie standardów technicznych dotyczących geodezji, kartografii oraz krajowego systemu informacji o terenie*”, funkcję powyższych dokumentów technicznych przejęło rozporządzenie z 2011 r. [7] w sprawie standardów technicznych, które uzupełniając i uszczegóławiając przepisy rozporządzenia z 1995 r., tworzy łącznie spójny schemat organizacyjno-metodyczno-techniczny prac wykonywanych na potrzeby budownictwa. Ustalenia wynikające z rozporządzeń [5] i [7] są bardzo podobne do koncepcji przyjętej przez ISO, sformułowanej w postaci normy ISO 4463-3 wprowadzonej do polskiej normalizacji. Powyższą zgodność należy ocenić pozytywnie, głównie jeśli chodzi o komplementarność polskich przepisów z międzynarodowymi w kontekście otwartości rynku budowlanego w Europie i nie tylko.

Mapa do celów projektowych

Mapy do celów projektowych w pierwszej kolejności dotyczą przepisów rozporządzenia z 1995 r. [5], które jednoznacznie określają treść i skalę takiej mapy, zwracając przy tym szczególną uwagę na zgodność jej treści z aktualną mapą zasadniczą. Ustalenia wynikające z rozporządzenia z 2011 r. [7] uzupełniają rozporządzenie z 1995 r., określając standardy techniczne wykonywania map do celów projektowych oraz zakres informacji opisowych, jakie wykonawca powinien zamieszczać na takiej mapie. Ponadto rozporządzenie [7] zawiera ustalenia dotyczące służebności gruntowych obciążających grunty przeznaczone pod inwestycję budowlaną oraz wskazuje procedurę postępowania dotyczącą punktów granicznych w sytuacji, gdy obiektami projektowanej inwestycji są budynki usytuowane w odległości nie większej niż 4 m od granicy nieruchomości. Rozporządzenie z 2011 r., odwołując się do ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*”, określa źródła danych, jakie geodeta wykorzystuje przy sporządzaniu mapy do celów projektowych, obejmujące przede wszystkim bazy danych obiektów topograficznych o szczegółowości umożliwiającej tworzenie mapy zasadniczej w skalach od 1: 500 do 1: 5000.

Dla mapy do celów projektowych istotne są niewątpliwie ustalenia dotyczące mapy zasadniczej, a będące treścią Rozporządzenia Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 29 stycznia 2013 r. „w sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej” [9] obejmujące zakres merytoryczny dotychczasowych instrukcji technicznych G-7 „*Geodezyjna ewidencja sieci uzbrojenia terenu*” i K-1 „*Mapa zasadnicza*”.

Do mapy zasadniczej nawiązuje także nowelizacja ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*” stwierdzając, że projekt usytuowania sieci uzbrojenia terenu zamieszcza się na planie sytuacyjnym lub kopii aktualnej mapy zasadniczej, co z kolei jest przedmiotem uzgodnień w ramach narad koordynacyjnych.

W konkluzji można sformułować wniosek, że mapa do celów projektowych w zakresie odpowiadającym ustawie „*Prawo budowlane*” jest dobrze ujęta w treści rozporządzeń [5] i [7], zaś w zakresie bezpośrednio do niej nawiązującym tj. obejmującym mapę zasadniczą – w rozporządzeniu [9]. Tworzy to łącznie zbiór wzajemnie spójnych i na ogół jednoznacznych w interpretacji, ustaleń do wykorzystania w praktyce zawodowej, w zgodności przy tym z ustaleniami ISO będącymi treścią normy PN-ISO 4463-3.

Osnowy realizacyjne

Rozporządzenie z 1995 r. [5] pomija tematykę osnów realizacyjnych i zapewne taka sytuacja była przyczyną opracowania i wydania w roku 1997 przez GUGiK wytycznych technicznych G-3.1 pt. „*Osnowy realizacyjne*”, które w nawiązaniu do instrukcji technicznej G-3 w sposób wyczerpujący i jedno-

znaczny przedstawiały ogół zagadnień dotyczących osnów realizacyjnych, w tym m.in. kryteria ich podziału, zasady projektowania i pomiaru oraz ocenę dokładności. Rozporządzenie z 2011 r. [7], eliminując instrukcje i wytyczne techniczne z praktyki geodezyjnej, nie mogło być obojętne wobec tak istotnego zagadnienia, jakim są osnowy realizacyjne w budowlanym procesie inwestycyjnym. Rozporządzenie powyższe przyjmuje, że geodezyjne pomiary sytuacyjne i wysokościowe związane z geodezyjną obsługą inwestycji budowlanych mogą być wykonywane w układzie osnowy realizacyjnej dostosowanej pod względem konstrukcji geometrycznej oraz dokładności położenia jej punktów do charakteru inwestycji oraz wymagań określonych w dokumentacji budowy. Rozporządzenie wskazuje sytuacje, w których osnowa realizacyjna jest zakładana oraz jej podział pod względem konstrukcyjnym, a także sposób nawiązania do osnów geodezyjnych i wyrównania z obliczeniem błędów średnich położenia jej punktów. Ważne są także ustalenia rozporządzenia dopuszczające zakładanie osnowy realizacyjnej w układzie lokalnym w sytuacji, gdy wymagana dokładność pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych jest wyższa niż, odpowiednio 0,10 m i 0,02 m.

Powyższe ustalenia można uznać za wystarczające, mając na uwadze wskazanie możliwości dostosowania osnowy realizacyjnej do konkretnej inwestycji budowlanej i określonych wymagań dokładnościowych. Istotne jest przy tym zwrócenie uwagi także na rodzaj obiektów budowlanych objętych geodezyjną obsługą, którymi według ustawy „*Prawo budowlane*” mogą być budynek lub budowla, lub obiekt małej architektury. W przypadku budowli, takich jak np. lotniska, drogi czy linie kolejowe na ocenę dokładności mogą składać się błędy średnie punktów osnowy realizacyjnej oraz błędy średnie punktów będących przedmiotem wytyczenia (według danych projektowych) w układzie współrzędnych osnowy geodezyjnej, do której jest ona nawiązana, np. układzie współrzędnych płaskich prostokątnych PL-2000.

Inna sytuacja dotyczy budynków, np. wysokich o niekiedy mocno zróżnicowanej strukturze geometrycznej, gdzie podstawowym zadaniem osnowy realizacyjnej jest sukcesywne wskazywanie położenia projektowego poszczególnych elementów konstrukcyjnych wznoszonego budynku. Elementy te powinny spełniać wymagania dokładnościowe dotyczące ich wzajemnej relacji geometrycznej, określone w postaci tolerancji dla wymiarów uznanych za tolerowane, co w niektórych technologiach budowy ma związek z tzw. pasowaniem elementów. Odpowiada to tzw. dokładności wewnętrznej i ma związek z zakładaniem specjalistycznej osnowy realizacyjnej w układzie lokalnym nazywanej osnową budowlano-montażową, której osie na ogół są zgodne z osiami projektowanej siatki konstrukcyjnej budynku. W powyższej sytuacji pomocna może być norma PN-ISO 4463-1, która stanowi zbiór informacji wzajemnie spójnych i jednoznacznych w swej interpretacji, obejmujących klasyfikację oraz metodykę zakładania osnów realizacyjnych, a także tzw. kryteria akceptacji sformułowane w postaci wymagań dokładnościowych przypisanych poszczególnym punktom osnów realizacyjnych (tabela 4). Uzupełnieniem może być norma PN-ISO 7976

(część 1 i 2) o tematyce obejmującej metodykę pomiaru budynków i elementów budowlanych. Powyższe normy zostały przygotowane przez Komitet Techniczny ISO/TC 59 „*Obiekty budowlane*”, który firmuje dość obszerny zbiór norm pod ogólnym tytułem „*Tolerancje w budownictwie*”, gdzie właśnie pomiary geodezyjne są postrzegane jako element składowy budowlanego procesu inwestycyjnego, umożliwiający osiągnięcie docelowej zgodności między zrealizowanym budynkiem a jego projektem.

Wykorzystując normy PN-ISO w zakresie osnów realizacyjnych, a także pomiarów wykonywanych w ramach geodezyjnej obsługi budowy, uzasadniona jest modyfikacja wykazanych procedur pomiarowych, głównie poprzez wprowadzenie do nich najnowszych instrumentów geodezyjnych.

Geodezyjne opracowanie projektu zagospodarowania działki lub terenu

Rozporządzenie z 1995 r. [5] stwierdza, że projekt zagospodarowania działki lub terenu należy opracować geodezyjnie w celu określania danych liczbowych niezbędnych do wyznaczenia w terenie położenia projektowego charakterystycznych punktów realizowanych obiektów budowlanych. Dane te powinny być wyznaczone w odniesieniu do osnowy geodezyjnej, zaś w przypadku pojedynczych obiektów o prostej konstrukcji, usytuowanych na jednej nieruchomości w odniesieniu do trwałych szczegółów sytuacyjnych uwidoczniomych na mapie.

Ustawa „*Prawo budowlane*” jednoznacznie określa treść projektu zagospodarowania działki lub terenu (wchodzącego w skład projektu budowlanego), na którym powinny być wskazane m.in. wymiary, rzędne i wzajemne odległości obiektów, w nawiązaniu do istniejącej i projektowanej zabudowy terenów sąsiednich. Rozporządzenie z 2012 r. [11] będące aktem wykonawczym do powyższej ustawy przyjmuje, że projekt zagospodarowania działki lub terenu powinien zawierać część opisową oraz rysunkową sporządzoną na mapie do celów projektowych. Rozporządzenie to w nawiązaniu do ustawy bardzo szczegółowo przedstawia wszystkie elementy m.in. części rysunkowej projektu, co jest istotne w kontekście jego geodezyjnego opracowania.

Dokumentem powstałym w wyniku geodezyjnego opracowania projektu zagospodarowania działki lub terenu, a także planu sytuacyjnego jest szkic dokumentacyjny o treści jednoznacznie wskazanej w rozporządzeniu z 2011 r.

Norma PN-ISO 4463-3 przyjmuje ponadto, że po sporządzeniu szkicu dokumentacyjnego geodeta powinien sprawdzić poprawność zlokalizowania i zwymiarowania poszczególnych obiektów objętych projektem, obliczając w tym celu stosowne wymiary ze współrzędnych charakterystycznych punktów i porównując wyniki obliczeń z odpowiednimi wymiarami wynikającymi z uwarunkowań prawnych i technicznych.

Uwarunkowania prawne i techniczne w powyższym zakresie wynikają z rozporządzeń wydanych do ustawy „*Prawo budowlane*”, w których określone

jest wymagane usytuowanie obiektów budowlanych (budynków i budowli), mające istotne znaczenie także dla geodetów opracowujących geodezyjnie projekt zagospodarowania terenu określonej inwestycji budowlanej.

Tyczenie

Ustawa „*Prawo budowlane*” zapewnienie geodezyjnego wytyczenia obiektu uznaje za jeden z podstawowych obowiązków kierownika budowy. Rozporządzenie z 1995 r. [5], będące aktem wykonawczym do ustawy, jednoznacznie określa co jest zadaniem geodezyjnego wytyczenia obiektów budowlanych w terenie, wskazując przy tym przykładowy zakres wytyczenia obejmujący główne osie obiektów naziemnych i podziemnych, charakterystyczne punkty projektowanych obiektów oraz stałe punkty wysokościowe – repery. Potwierdzeniem wykonanych prac geodezyjnych w powyższym zakresie powinien być wpis geodety w dzienniku budowy.

Rozporządzenie z 2011 r. [7] podaje definicję tyczenia w sposób zgodny z Polską Normą PN-N-99310 [29] przyjmując, że jest to zespół czynności pomiarowych mających na celu wskazanie zarówno w terenie, jak na realizowanym obiekcie budowlanym punktów o założonym położeniu w przyjętym układzie odniesienia.

Podstawą do wykonania tyczenia jest wcześniej opracowany szkic dokumentacyjny, tyczenie zaś według rozporządzenia [7] wykonuje się metodami:

- w zakresie tyczenia sytuacyjnego: biegunową, ortogonalną, wcięć (kątowych, liniowych i kąto-liniowych) oraz precyzyjnego pozycjonowania przy pomocy GNSS,
- w zakresie tyczenia wysokościowego: niwelacji geometrycznej, niwelacji trygonometrycznej oraz niwelacji satelitarnej.

Rozporządzenie [7] określa podstawowe uwarunkowania dotyczące wszystkich powyższych metod, obejmujące zasady organizacji pomiaru i wymagane dokładności, ale jako metod w zastosowaniu do geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych.

W odniesieniu do tyczenia, rozporządzenie [7] przyjmuje, że miarą dokładności tyczenia jest błąd średni tyczenia m_t o wartości będącej częścią granicznej odchyłki usytuowania tyczonego elementu obiektu. W takim ujęciu błąd średni m_t może być wykorzystany do przeprowadzenia analizy a’priori, ukierunkowanej na wybór odpowiedniej metodyki pomiarowej, umożliwiającej docelowo uzyskanie wymaganej dokładności tyczenia.

Wyniki przeprowadzonego tyczenia przedstawia się na szkicu tyczenia, którego treść i sposób archiwizowania jednoznacznie wskazuje rozporządzenie [7].

Normy PN-ISO z zakresu tematycznego obejmującego tyczenie obiektów budowlanych (głównie PN-ISO 4463-1 i PN-ISO 7976-1) mogą tylko być pewnym uzupełnieniem w kontekście ustaleń rozporządzenia [7], głównie w zakresie wymaganych dokładności tyczenia, które w ujęciu rozporządzenia są

tylko praktycznie zasygnalizowane w porównaniu np. z instrukcją techniczną G-3 z 1988 roku.

Geodezyjna obsługa budowy i montażu obiektu budowlanego

Aktem wykonawczym do ustawy „*Prawo budowlane*” zawierającym ustalenia dotyczące czynności geodezyjnych w toku budowy jest rozporządzenie z 1995 r. [5], zgodnie z którym geodezyjna obsługa budowy i montażu obiektu budowlanego obejmuje tyczenie i pomiary kontrolne tych elementów obiektu, których dokładność usytuowania bez pomiarów geodezyjnych nie zapewni prawidłowego wykonania obiektu. Ponadto geodezyjną obsługę budowy i montażu obiektu budowlanego wykonuje się, jeśli jest ona przewidziana w projekcie budowlanym lub na wniosek uczestnika procesu budowlanego (inwestor, inspektor nadzoru inwestorskiego, projektant, kierownik budowy lub kierownik robót) – według ustawy „*Prawo budowlane*”.

Rozporządzenie z 2011 r. [7] nic nowego w powyższym zakresie nie wnosi, gdyż stwierdza tylko, że geodezyjną obsługę budowy i montażu obiektu budowlanego wykonuje się w przypadkach i na zasadach określonych przepisami wydanymi na podstawie ustawy „*Prawo budowlane*”, tj. właśnie rozporządzenia z roku 1995 [5], które jest aktem wykonawczym do tej ustawy.

W powyższym kontekście normy PN-ISO (w szczególności PN-ISO 4463-1, PN-ISO 4463-3, PN-ISO 7976-1, PN-ISO 3443/8, PN-ISO 7737) mogą stanowić istotne uzupełnienie treści rozporządzeń [5] i [7], głównie w zakresie wskazywania położenia projektowego i weryfikacji dokładności montażu tych elementów konstrukcyjnych obiektu budowlanego, których zgodność z projektem jest przedmiotem oceny na tle odchyłeń dopuszczalnych (tolerancji).

Geodezyjna inwentaryzacja powykonawcza

Ustawa „*Prawo budowlane*” zawiera przepis, z którego jednoznacznie wynika, że obiekty budowlane wymagające pozwolenia na budowę oraz obiekty będące przyłączami do budynków (elektroenergetyczne, wodociągowe, kanalizacyjne, gazowe, ciepłne i telekomunikacyjne) podlegają po ich wybudowaniu – geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej, obejmującej ich położenie na gruncie, przy czym te z nich, które ulegają zakryciu podlegają inwentaryzacji przed ich zakryciem.

Rozporządzenie z 1995 r. [5] określa cel geodezyjnej inwentaryzacji jako zebranie aktualnych danych o przestrzennym rozmieszczeniu elementów zagospodarowania działki lub terenu.

Rozporządzenie z 2011 r. [7] powyższy cel potwierdza dodając, że ustalone dane powinny określać położenie wybudowanych obiektów budowlanych w państwowym systemie odniesień przestrzennych [8], a ponadto dane te powinny umożliwiać wprowadzenie zmian w:

- bazie danych ewidencji gruntów i budynków – EGiB,

- bazie danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu – GESUT,
- bazie danych obiektów topograficznych o szczegółowości odpowiadającej mapom w skalach od 1:500 do 1:5000 – BDOT500.

Powyższe ustalenia w sposób jednoznaczny wskazują cel oraz zakres geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej, w sposób odpowiadający oczekiwaniom wynikającym z ustawy „*Prawo budowlane*” oraz ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*”.

Rozporządzenie z 2011 r. [7] zwraca uwagę, że uczestnicy procesu budowlanego mogą rozszerzyć zakres geodezyjnych pomiarów powykonawczych, zaś podane przykłady bezpośrednio nawiązują do norm PN-ISO 3443/8 i PN-ISO 7737. Z kolei norma PN-ISO 4463-3 potwierdza cel i formę prezentacji opracowań związanych z inwentaryzacją powykonawczą.

W odniesieniu do geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu istotne są regulacje zawarte w nowelizacji ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*”, głównie w zakresie prowadzenia bazy danych GESUT.

Pomiary przemieszczeń i odkształceń

Zmiany cech geometrycznych obiektu budowlanego i/lub jego elementów konstrukcyjnych mogą być interpretowane jako ich przemieszczenia i/lub odkształcenia. Zagadnienie to w aspekcie pomiarowym sygnalizuje rozporządzenie z 1995 r. [5], uzależniając jego podjęcie od ustaleń zawartych w projekcie budowlanym lub decyzji uczestników procesu budowlanego.

Rozporządzenie z 2011 r. [7] rozszerza powyższe ujęcie pomiarów przemieszczeń i odkształceń stwierdzając, że na obiektach, które zgodnie z projektem budowlanym podlegają w trakcie ich użytkowania okresowym badaniom przemieszczeń i/lub odkształceń zakłada się osnowę specjalnie zaprojektowaną do wykonania pomiaru pierwotnego oraz pomiarów następnych, składającą się z punktów kontrolowanych oraz stanowisk instrumentów pomiarowych związanych z badanym obiektem lub założonych w jego sąsiedztwie [7].

Norma PN-ISO 4463-3 powyższe zagadnienie prezentuje podobnie, przy czym zwraca uwagę także na metodykę oraz częstotliwość i dokładność pomiarów wykonywanych przez geodetę.

W praktyce zawodowej obejmującej pomiary przemieszczeń i/lub odkształceń uzasadnione jest wykorzystanie ustaleń sformułowanych w projekcie rozporządzenia „*w sprawie geodezyjnej obsługi procesu inwestycyjnego*” (zbieżnych z wytycznymi technicznymi G-3.1) z których wynika, że:

- parametrem charakteryzującym dokładność pomiarów (wyznaczeń), przemieszczeń i odkształceń jest średni błąd pomiaru m_p i jego wielokrotności, przede wszystkim błąd graniczny $m_{3,3}$,
- wartość średniego błędu m_p stanowiąca podstawę doboru metody pomiarowej i instrumentu pomiarowego jest obliczana z zależności;

$$m_p = \frac{m_{3.3}}{3.3} \leq \frac{D_g}{3.3 \cdot R} \quad (77)$$

gdzie: D_g – przemieszczenie lub odkształcenie graniczne o wartości, która nie może być przekroczona bez ujemnych skutków dla konstrukcji obiektu,
 R – współczynnik dokładności o wartości uzgadnianej z projektantem lub kierownikiem budowy według następujących zaleceń $R = 2$ w przypadku automatycznej sygnalizacji niebezpiecznych stanów obiektu lub $R = 3,3$ w przypadku pomiarów mających na celu stwierdzenie czy nie została przekroczona wartość graniczna D_g lub R od 10 do 100 w przypadku pomiarów badawczych,

- odstęp czasu między dwoma kolejnymi pomiarami okresowymi powinien być tak ustalony, aby przewidywana zmiana przemieszczeń/odkształceń nie była większa od $2 m_{3.3}$ i nie mniejsza od $0.5 m_{3.3}$
- czas trwania pomiaru okresowego powinien być na tyle krótki, aby przewidywana zmiana przemieszczeń/odkształceń w jego trakcie nie przekroczyła m_p .

Istotne jest stwierdzenie (podobnie jak w rozporządzeniu z 1995 r. [5]), że okresowe pomiary geodezyjne przemieszczeń i/lub odkształceń wykonuje się, jeżeli pomiary takie przewiduje projekt budowlany lub na wniosek zainteresowanego podmiotu (zapewne uczestnika budowlanego procesu inwestycyjnego). Sporządzona dokumentacja z powyższych pomiarów powinna obejmować m.in. opracowanie wyników pomiarów dostosowane do wymogów ich inżynierskiej interpretacji (norma PN-N-02211:2000 [29])

Dokumentacja powykonawcza

Ustawa „Prawo budowlane” dokumentację powykonawczą interpretuje jako dokumentację budowy z naniesionymi zmianami dokonanymi w toku wykonywania robót oraz geodezyjnymi pomiarami powykonawczymi.

Rozporządzenie z 1995 r. [5] do dokumentacji budowy zalicza:

- operat geodezyjny zawierający w szczególności szkice tyczenia i kontroli położenia elementów konstrukcyjnych obiektu budowlanego,
- operat z pomiaru przemieszczeń i odkształceń obiektu budowlanego i/lub jego podłoża.

W zakresie obejmującym sieci uzbrojenia terenu, potwierdzeniem wykonania geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej powinna być kopia mapy dokumentującej wyniki przeprowadzonej inwentaryzacji z adnotacją o zgodności (lub jej braku) z projektem, przekazanej kierownikowi budowy.

Rozporządzenie z 2011 r. [7] w zakresie operatu geodezyjnego szczególną uwagę zwraca na:

- mapę obrazującą położenie obiektów budowlanych oraz sposób zagospodarowania i ukształtowania terenu po zakończeniu procesu budowlanego,

- dokumentację określającą stan wyjściowy obiektów (w zakresie struktury geometrycznej), które w trakcie ich użytkowania będą objęte badaniami przemieszczeń i/lub odkształceń.

Powyższe elementy dokumentacji powykonawczej odpowiadają przyjętym zasadom opracowywania i przekazywania wyników geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego. W tym kontekście normy ISO nic nie wnoszą, gdyż zapewne powyższa tematyka jest przedmiotem uregulowań krajowych, dostosowanych do zasad organizacji budownictwa i geodezji w danym kraju, niezależnie od Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej.

W kontekście relacji „rozporządzenia a normy ISO” należy po raz kolejny przywołać rozporządzenie z 2011 r. [7] dotyczące standardów technicznych w geodezji i kartografii, którego załącznik pt. „*Specyfikacja modelu pojęciowego geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych*” zawiera model pojęciowy geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych opracowany zgodnie z metodologią zdefiniowaną w normach ISO serii 19100 – *Geographic Information*.

Powyższy model pojęciowy SYT-WYS zapisany w języku UML (Unified Modelling Language) został opracowany na podstawie:

- normy PN-EN-ISO 19109:2006 „*Geographic information – Rules for Application Schema*”,
- normy PN-EN-ISO 19110:2006 „*Geographic information – Methodology for feature cataloguing*”,
- specyfikacji technicznej ISO/TS 19103:2005 „*Geographic information – Conceptual schema language*”.

Instrumenty geodezyjne

Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) przyjęła założenie, że instrument geodezyjny przed jego użyciem w realizacji określonego zadania pomiarowego, także na potrzeby budownictwa, powinien być poddany ocenie tzw. dokładności użytkowej, tj. dokładności, jaka jest możliwa do uzyskania w konkretnych warunkach terenowych.

Dwa rozporządzenia do ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*”, z których jedno dotyczy m.in. osnów geodezyjnych [6], drugie zaś standardów technicznych [7] zawierają dość obszerny zbiór kryteriów dokładnościowych odnoszących się do wyznaczonej pozycji punktu oraz różnicy wysokości, kąta poziomego, kąta pionowego, odległości, przestrzennego wektora, będących wynikiem lub elementem składowym zadań pomiarowych, wykonywanych z użyciem instrumentów geodezyjnych.

Ponadto rozporządzenie z 2012 r. [6] dotyczące osnów ustala, że:

- a) przed rozpoczęciem pomiarów i po ich zakończeniu, a także w przypadku zaistnienia podejrzeń co do zmiany wartości parametrów technicznych instrumentów i przymiarów, wykonuje się dodatkowe

- (w stosunku do badań podstawowych i okresowych, wykonywanych na zasadach określonych w ustawie z dnia 11 maja 2001 r. „*Prawo o miarach*”) pomiary sprawdzające,
- b) pomiary sprawdzające przeprowadza wykonawca prac geodezyjnych,
 - c) dokumenty potwierdzające wykonanie badań technicznych i pomiarów sprawdzających dołącza się do geodezyjnej dokumentacji technicznej,

Rozporządzenie wiąże zatem pomiar sprawdzający z weryfikacją parametrów technicznych, instrumentów i przymiarów, zapewne zastosowanych w realizacji określonych zadań pomiarowych obejmujących obserwacje satelitarne, kątowe, odległości i przewyższeń, nadając pomiarowi sprawdzającemu charakter obligatoryjny. Brak jest jednak wskazania ujednoliconych (co do zakresu i treści) procedur, według których pomiar sprawdzający mógłby zostać przeprowadzony i udokumentowany oraz mogłyby być weryfikowane kryteria dokładnościowe zapisane w rozporządzeniu [7].

W powyższych sytuacjach za właściwe należy uznać wykorzystanie procedur opracowanych przez ISO, a wydanych w postaci normy PN-ISO-17123 [45] wprowadzonej do polskiej normalizacji. Szczególnie wskazana byłaby tzw. pełna procedura testowa, której podstawowym zadaniem jest określenie najwyższej dokładności danego instrumentu, możliwej do uzyskania w konkretnych warunkach terenowych (na ogół zbliżonych do tych, jakie mogą wystąpić podczas realizacji planowanego zadania pomiarowego). Opracowane procedury obejmują kolejno niwelatory, teodolity, dalmierze elektrooptyczne, tachimetry elektroniczne, instrumenty z wirującym laserem, pionowniki optyczne i instrumenty RTK GNSS. Przyjęcie jednolitych zasad wykonywania pomiarów sprawdzających ułatwi ponadto opracowanie stosownych i przy tym obiektywnych dokumentów, zgodnie z wymaganiami przyjętymi dla operatu technicznego.

8. ZAKOŃCZENIE

Przepisy zawarte w ustawach, głównie „*Prawo budowlane*” oraz w mniejszym stopniu „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*”, jednoznacznie określają udział geodezji i kartografii w inwestycyjnym procesie budowlanym. Akta wykonawcze w postaci rozporządzeń ustalają zasady wykonywania pomiarów i opracowań kartograficznych, wskazując przy tym wiele różnego rodzaju uwarunkowań organizacyjno-metodyczno-technicznych prac geodezyjnych w budownictwie. Tworzy to łącznie stosunkowo obszerny, na ogół jednoznaczny w interpretacji, ale o różnym stopniu szczegółowości, jeśli chodzi o formę prezentacji, zbiór przepisów do bezpośredniego wykorzystania przez geodetów biorących udział w realizacji różnego rodzaju inwestycji budowlanych.

W sytuacji, gdy moc obligatoryjną utraciły instrukcje i wytyczne techniczne wydane przez GUGiK, istotnym uzupełnieniem do wydanych rozporządzeń mogą być normy o symbolu PN-ISO, głównie w zakresie tematycznym obejmującym osnowy i pomiary realizacyjne, geodezyjną obsługę budowy i montażu oraz ocenę dokładności użytkowej instrumentów geodezyjnych.

Istotnym atutem współczesnych procedur geodezyjnych w budownictwie są bez wątpienia wszystkie współczesne techniki i technologie pomiarowe, coraz bardziej efektywne i mające zabezpieczenie w nowoczesnej aparaturze pomiarowej, charakteryzującej się wysoką dokładnością i daleko zaawansowaną automatyzacją prac pomiarowych, co niewątpliwie wraz z dobrze przygotowaną kadrą zawodową tworzy pozytywny wizerunek geodezji inżynierskiej w kontekście oczekiwań inwestorów i firm budowlanych.

Mając na uwadze znaczący udział geodezji w budowlanym procesie inwestycyjnym i wiele różnego rodzaju zadań, jakie geodezja ma do spełnienia, wydawało się za uzasadnione, zebranie ogółu przepisów w jednym dokumencie. Taka możliwość zaistniała w momencie opracowania projektu rozporządzenia „*w sprawie geodezyjnej obsługi procesu inwestycyjnego*”, określającego:

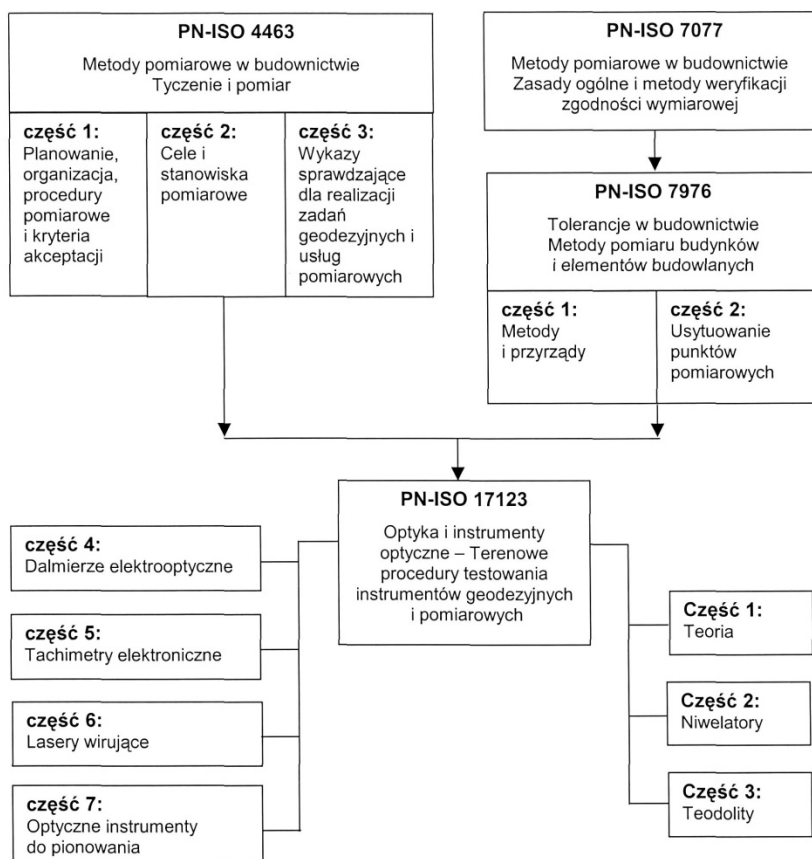
- a) zakres geodezyjnej obsługi procesu inwestycyjnego,
- b) sposób wykonania pomiarów i opracowań realizacyjnych.

W zamierzeniu projekt powyższego rozporządzenia miał być wykonaniem upoważnienia zawartego w art. 19 ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*”, zawarte zaś w nim uregulowania techniczne obejmowały zakres przedmiotowy dotychczasowych standardów technicznych GUGiK i wytycznych resortowych (branżowych).

Rozporządzenie z 2011 r. „*w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego*”, wydane na podstawie tego samego art. 19 ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*” spowodowało, że projekt rozporządzenia „*w sprawie geodezyjnej obsługi procesu inwestycyjnego*” ma już znaczenie tylko historyczne, jednak z pewną szkodą dla środowiska geodezyjnego, gdyż przykładowo geodezyjną obsługę inwestycji budowlanej na

etapie jej realizacji rozporządzenie z 2011 r. [7] tylko sygnalizuje, nie mając żadnego uzupełnienia (rozwinięcia) w krajowych standardach technicznych. W tym zakresie pomocne mogą być normy ISO, w szczególności te dotyczące bezpośrednio procedur pomiarowych, pod warunkiem w miarę szybkiego wprowadzenia ich kolejnych nowelizacji do polskiej normalizacji, co jednak jest tylko i wyłącznie w gestii Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

W niniejszym opracowaniu zostały wykorzystane normy ISO (rys.25) wprowadzone do polskiej normalizacji oraz normy ISO 17123-8 i ISO 7078) dotychczas nie posiadające odpowiednika krajowego.



Rys. 25. Normy PN-ISO z zakresu pomiarów geodezyjnych w budownictwie

LITERATURA

- [1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – *Prawo budowlane* (z późniejszymi zmianami).
- [2] Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. – *Prawo geodezyjne i kartograficzne* (z późniejszymi zmianami).
- [3] Ustawa z dnia 5 czerwca 2014 r. – *o zmianie ustawy – Prawo geodezyjne i kartograficzne oraz ustawy o postępowaniu egzekucyjnym w administracji*.
- [4] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. – *O planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym*.
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 21 lutego 1995 r. – „w sprawie rodzaju i zakresu opracowań geodezyjno-kartograficznych oraz czynności geodezyjnych obowiązujących w budownictwie”.
- [6] Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 14 lutego 2012 r. „w sprawie osnów geodezyjnych grawimetrycznych i magnetycznych”.
- [7] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. „w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego”.
- [8] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. „w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych”.
- [9] Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r. „w sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej”.
- [10] Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 29 marca 2001 „w sprawie ewidencji gruntów i budynków” (z późniejszymi zmianami).
- [11] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. „w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego”. (z późniejszymi zmianami).
- [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 sierpnia 2003 r. „w sprawie sposobu ustalania wymagań dotyczących nowej zabudowy i zagospodarowania terenu w przypadku braku miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego”.
- [13] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”, (z późniejszymi zmianami).
- [14] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie”, (z późniejszymi zmianami).
- [15] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie”, (z późniejszymi zmianami).
- [16] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie”.
- [17] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 października 2005 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać telekomunikacyjne obiekty budowlane i ich usytuowanie”, (z późniejszymi zmianami).

- [18] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie”, (z późniejszymi zmianami).
- [19] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie”.
- [20] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie”.
- [21] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej z dnia 23 października 2006 r. „w sprawie warunków technicznych użytkowania oraz szczegółowego zakresu kontroli morskich budowli hydrotechnicznych”.
- [22] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie”.
- [23] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie”, (z późniejszymi zmianami).
- [24] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie”, (z późniejszymi zmianami).
- [25] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 26 lutego 1996 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi i ich usytuowanie”.
- [26] Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 2 sierpnia 1996 roku „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane nie będące budynkami, służące obronności Państwa i ich usytuowanie”.
- [27] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 r. „w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej”.
- [28] Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 31 stycznia 2014 r. „w sprawie uprawnień zawodowych w dziedzinie geodezji i kartografii”.
- [29] Norma PN-N-02211:2000 pt. „Geodezja – geodezyjne wyznaczanie przemieszczeń – terminologia podstawowa”, będąca nowelizacją normy pod tym samym tytułem z roku 1974, oraz norma PN-N-99310: 2000 pt. „Geodezja – pomiary realizacyjne – terminologia”, będąca nowelizacją normy pod tym samym tytułem z roku 1973.
- [30] Norma PN-ISO 1803 pt. „Budownictwo – tolerancje – wyrażanie dokładności wymiarowej – zasady i terminologia”.
- [31] Norma PN-ISO 3443/1 pt. „Podstawowe zasady oceny i określania tolerancji”.
- [32] Norma PN-ISO 3443/2 pt. „Statystyczne podstawy przewidywania pasowań elementów budowlanych, których rozkład wymiarów jest zgodny z rozkładem normalnym”.
- [33] Norma PN-ISO 4454 pt. „Związki pomiędzy różnymi rodzajami odchylek i tolerancji”.
- [34] Norma PN-ISO 2445 pt. „Złącza (zasady projektowania)”.
- [35] Norma PN-ISO-3443/3 pt. „Procedury doboru wymiarów nominalnych i przewidywania pasowań”.

- [36] Norma PN-ISO-3443/4 pt. „*Metoda przewidywania odchyłek montażowych i ustalania tolerancji*”.
- [37] Norma PN-ISO 3443/5 pt. „*Szeregi wartości stosowane do wyznaczania tolerancji*”.
- [38] Norma PN-ISO 3443/6 pt. „*Ogólne zasady ustalania kryteriów odbioru, kontrola zgodność wymiarów z wymaganymi tolerancjami i kontrola statystyczna – metoda 1*”.
- [39] Norma PN-ISO 3443/7 pt. „*Ogólne zasady ustalania kryteriów odbioru, kontrola zgodność wymiarów z wymaganymi tolerancjami i kontrola statystyczna – metoda 2 (metoda kontroli statystycznej)*”.
- [40] Norma PN-ISO 3443/8 pt. „*Kontrola wymiarowa robót budowlanych*”.
- [41] Norma PN-ISO 7737 pt. „*Przedstawianie danych dotyczących dokładności wymiarów*”.
- [42] Norma PN-ISO 7077 pt. „*Zasady ogólne i metody weryfikacji zgodności wymiarowej*”.
- [43] Norma PN-ISO 7976-1 pt. „*Tolerancje w budownictwie – metody pomiaru budynków i elementów budowlanych – metody i przyrządy*; PN-ISO 7976-2 „*Tolerancje w budownictwie – metody pomiaru budynków i elementów budowlanych – usytuowanie punktów pomiarowych*”.
- [44] Norma PN-ISO 4463 pt. „*Metody pomiarowe w budownictwie – tyczenie i pomiar; część 1 – Planowanie i organizacja, procedury pomiarowe, kryteria akceptacji, część 2 – Stanowiska pomiarowe i cele, część 3 – Wykazy sprawdzające dla realizacji zadań geodezyjnych i usług pomiarowych*”.
- [45] Norma PN-ISO 17123 pt. „*Optyka i instrumenty optyczne – Terenowe procedury testowania instrumentów geodezyjnych i pomiarowych*” (części od 1 do 8).
- [46] Norma PN-ISO 12858-1 pt. „*Optyka i instrumenty optyczne – wyposażenie pomocnicze instrumentów geodezyjnych – inwarowe laty niwelacyjne*”.
- [47] Norma ISO 7078 pt. „*Wznoszenie obiektów budowlanych – procedury tyczenia i pomiaru – terminologia*”.

LAW AND TECHNICAL CONDITIONS FOR LAND SURVEYING PROCEDURES IN CIVIL ENGINEERING

Summary

Starting from the 2012, land surveying and cartography in Poland are regulated only by law documents added to „Land surveying and cartography law” document. This creates a new conditions, where previous law regulations created by the Main Beauru of Land Surveying and Cartography lost their obligatory power.

This situation is valid also for measuring procedures in civil engineering, where the fundamental low document is the regularly novelized „Building low” document. So far, an executorial act, was a document dated 1995 for the kind and contents of land surveying and cartographic documentation and land surveying in civil engineering, supplemented and further developed by in the

technical aspects in 2011 by a regulation including technical standards for land surveying and cartography.

The meritorical assessment of range and contents of polish law acts including regulations in the field of land surveying and cartography indicates, that they shall be supplemented by new technical documents with a content corresponding to the cancelled technical instructions *G-3* and technical guidelines *G-3.1* and *G-3.2*. International ISO norms that touch the field of tolerances and measuring methods and the accuracy of instruments used for civil engineering purposes, introduced into polish usage, can be used as such documents. This will be documented by the proposed concept to use technical ISO standards in land surveying practice, and a proved correlation between law regulations valid in Poland and above mentioned standards that includes: maps for design purposes, constructions meshes, land surveying project for ground property designs, realization and land surveying services on a construction site and the process of construction of a building, final inventory measurements, measurements of motions, land surveying instruments and after-the-construction documentation.

