

Ocena dokładności pomiarów dalmierzem laserowym DISTO
w pełnym zakresie pomiarowym przy zróżnicowanych warunkach zewnętrznych

Testujemy DISTO

TADEUSZ KASAREŁŁO, JANUSZ WYNALEK

Dostępny w ostatnim czasie na rynku ręczny dalmierz laserowy DISTO firmy Leica jest przyrządem pomiarowym nowej generacji. Jak podaje producent, to niewielkie urządzenie umożliwia pomiar długości w zakresie od 0,2 m do 30 m bez użycia lustra oraz do 100 m z użyciem ekranu celowniczego. Czerwony promień diody laserowej z zakresu widzialnego widma promieniowania 620 ÷ 670 nm wskazuje docelowy punkt odległości, a wyniki wyświetlane cyfrowo (z dokładnością do 1 mm) mogą być zapamiętane oraz poddane dalszej obróbce sumowania i obliczenia powierzchni oraz objętości [1].

Wybrane i przytoczone tu funkcjonalne cechy urządzenia mogą czynić go pożądanym i użytecznym dla geodetów, pracowników budownictwa i branż pokrewnych w wielu zagadnieniach pomiarowych. Pomiar dalmierzem DISTO bez dodatkowej sygnalizacji punktów pod wieloma względami ma przewagę nad klasycznymi przyrządami bezpośrednimi (taśma, ruletka). I tak z punktu widzenia bezpieczeństwa, dalmierz DISTO umożliwia pracę w złożonych warunkach zewnętrznych, w których rozwinięcie taśmy lub ruletki czy też sygnalizacja celu zwierciadłem typowych dalmierzy elektronicznych byłoby ryzykowne lub niemożliwe. Przykładem są różnego rodzaju pomieszczenia techniczne, hale produkcji ciągłej, konstrukcje dachowe, a nawet sklepy i mieszkania, gdzie pomiary – na dużych wysokościach, nad maszynami i magazynami szkła, w sąsiedztwie przewodów wysokiego napięcia i w sytuacji braku pomostu z jednej strony suwnic pomostowych – należą do szczególnie uciążliwych i niebezpiecznych. Przy inwentaryzacji budynków mieszkalnych i obiektów handlowo-magazynowych można również znaleźć przykłady, w których jeden z punktów jest położony w miejscu trudno lub w ogóle niedostępnym dla klasycznych technik pomiarowych. Są to przestrzenie pomiędzy meblami, kwiatami, grzejnikami i szeroko pojętymi urządzeniami instalacyjnymi. Z punktu widzenia technologii pomiaru, DISTO nieporównywalnie zmniejsza czasochłonność wykonywanych obserwacji, eliminując przy tym wykorzystanie dynamometru, uwzględnianie poprawek zwisu i komparacji oraz pomiary temperatury.

W doświadczeniach z tym przyrządem W. Anigacz [2] i K. Iwaszko [3] przytaczają przykłady wykorzystania dalmierza laserowego DISTO w niektórych pracach inwentaryzacyjnych i realizacyjnych. Informują o zaletach jego zastosowania w strefach zagrożenia. Sugerują możliwość zwiększenia dokładności pomiaru, który wykonywany „z ręki” nie zapewnia stabilnego położenia wiązki laserowej, a więc właściwej i dokładnej identyfikacji punktu celu.

Ten problem w ciekawy sposób rozwiązali W. Pawłowski [4] i K. Iwaszko [5] w metodzie niwelacji laserowej. Dalmierz DISTO został tu za pomocą odpowiedniej przystawki związany

z łąką niwelacyjną. Taki sposób przenoszenia wysokości umożliwił pomiar wysokości między kondygnacjami, wykonywanie przekrojów oraz profilu dolnego i górnego, a także kontrolny pomiar konstrukcji dachowych i stropów, gdzie plamka laserowa dalmierza trafiała w wybrane punkty kontrolowane niedostępnych elementów konstrukcji. Rzuty pionowe tych punktów sygnalizowane trwale na powierzchni posadzki były stanowiskami uzbrojonej w dalmierz łąki niwelacyjnej.

Cel i zakres opracowania

Ponieważ dotychczasowe doświadczenia z pomiarów dalmierzem laserowym DISTO i dość skąpe jeszcze publikacje oraz instrukcja obsługi nie dostarczają pełnych danych dokładnościowych tego przyrządu, stąd też podstawowym celem opracowania było przeprowadzenie oceny jego dokładności pomiaru na różnych zakresach odległości, w zmiennych warunkach zewnętrznych (tj. temperatury i oświetlenia) [6].

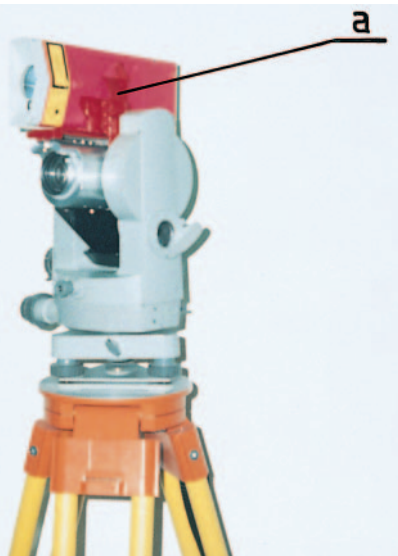
W trakcie stosowania dalmierza DISTO okazało się, że poważnym problemem przy pomiarze odległości „z ręki” jest uzyskanie stabilności celowania do punktu czerwoną plamką laserową. Autorzy dla wyeliminowania tej niedogodności zaproponowali – podobnie jak firma Leica dla swoich teodolitów – adapter mocujący DISTO, ale instalowany na teodolicie firmy Zeiss. Projekt i prototyp takiego adaptera powstał w Zakładzie Geodezji Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej w zespole pod kierownictwem dr. inż. Andrzeja Kożuchowskiego w składzie: inż. Janusz Gryniewicz, mgr inż. Tadeusz Kasarełło, mgr inż. Janusz Wynalek.

Ponadto zakres opracowania obejmował:

- stabilizację wielopunktowej bazy pomiarowej dla obserwacji na różnych zakresach odległości,
- analizę wyników obserwacji dalmierzem DISTO w celu określenia ich średnich błędów w poszczególnych zakresach pomiarowych bazy i przy zmiennych warunkach zewnętrznych,
- ocenę porównawczą wyników pomiarów dalmierzem DISTO w zestawieniu z obserwacjami wykonanymi taśmą stalową oraz dodatkowo nasadką dalmierczą Eldi-4 na teodolicie elektronicznym Elta-3 firmy Opton.

Przydatność użytkowa instrumentu w świetle obowiązujących norm

Autorzy opracowania badając dalmierz DISTO w całym zakresie pomiarowym i w warunkach stabilnej wiązki laserowej, stwarzają dodatkowo przesłankę jego wykorzystania z większą precyzją niż do tej pory oraz w szerszym wachlarzu geodezyjnych zastosowań. Przykładem takich zastosowań mogą być pomiary:

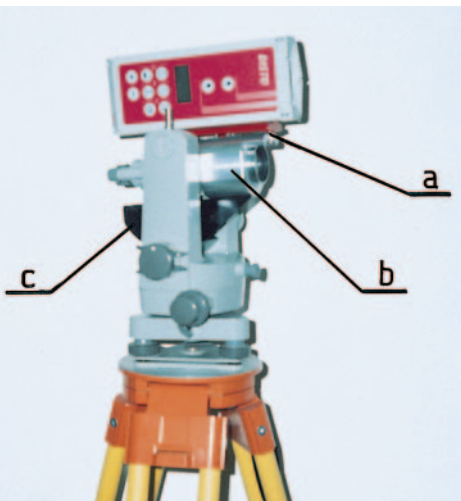


Fot. 1. a – zatrzask mocujący

■ rozstawu osi słupów, ■ jezdni podsuwnicowych, ■ ugięcie i wyboczeń dźwigarów konstrukcji dachowych i stalowych rurociągów, ■ poziomu lustra wody, ■ średnic wewnętrznych odcinków stalowych rurociągów przed spawaniem oraz innych prefabrykowanych elementów budowlanych, ■ przemieszczeń liniowych konstrukcji inżynierskich, ■ inwentaryzacyjne i kontrolne w: sztolniach elektrowni wodnych, galeriach jazdów i zapór, obiektach sakralnych, ■ realizacyjne i kontrolne w budownictwie tunelowym, np. przy zadawaniu kierunku i odległości wiązką metodą przeciskania hydraulicznego.

Specyfika realizacji wielu zadań w powyższych zastosowaniach wynika bezpośrednio z procedur pomiarowych stosowanych w geodezji inżynierskiej i powinna wykorzystywać w coraz szerszym stopniu nowoczesną aparaturę, umożliwiającą znaczną automatyzację prac pomiarowych przy zachowaniu jakości i bezpieczeństwa ich wykonywania.

Fot. 2. a – śrubki rektyfikacyjne, b – tuleja nasadowa, c – przeciwwaga



- szczegółów sytuacyjnych metodą biegunową;
- inwentaryzacyjne – dla potrzeb: projektowo-budowlanych, tworzonej i uzupełnianej dokumentacji architektonicznej, rzeczoznawstwa majątkowego, diagnostyki obiektów budowlanych w celu określenia ich stanu technicznego zarówno w momencie zakończenia prac budowlano-montażowych (pomiary powykonawcze), jak również podczas ich eksploatacji;
- realizacyjne.

W szczególności zatem wymienić można pomiary: ■ rozstawu osi szyn i belek podsuwnicowych, ■ rozstawu osi słupów, ■ jezdni podsuwnicowych, ■ ugięcie i wyboczeń dźwigarów konstrukcji dachowych i stalowych rurociągów, ■ poziomu lustra wody, ■ średnic wewnętrznych odcinków stalowych rurociągów przed spawaniem oraz innych prefabrykowanych elementów budowlanych, ■ przemieszczeń liniowych konstrukcji inżynierskich, ■ inwentaryzacyjne i kontrolne w: sztolniach elektrowni wodnych, galeriach jazdów i zapór, obiektach sakralnych, ■ realizacyjne i kontrolne w budownictwie tunelowym, np. przy zadawaniu kierunku i odległości wiązką metodą przeciskania hydraulicznego. Specyfika realizacji wielu zadań w powyższych zastosowaniach wynika bezpośrednio z procedur pomiarowych stosowanych w geodezji inżynierskiej i powinna wykorzystywać w coraz szerszym stopniu nowoczesną aparaturę, umożliwiającą znaczną automatyzację prac pomiarowych przy zachowaniu jakości i bezpieczeństwa ich wykonywania. Zmiana stereotypów pomiarowych nie może jednak pozostawać w sprzeczności z obowiązującymi nowymi normami międzynarodowymi ISO, które to np. w zakresie kształtowania geometrycznego obiektów budowlanych

obejmują m.in. grupę norm dotyczących procedur pomiarowych w budownictwie (PN-ISO 7976-1, 7976-2, 7077, 8322-18) [7]. Ta grupa tematyczna stanowi zabezpieczenie metrologiczne w wyznaczaniu cech geometrycznych obiektów budowlanych i ich elementów składowych. Wskazuje każdorazowo metodę pomiaru, jego zakres i dokładność oraz zalecane przyrządy pomiarowe. Mając to na uwadze, korzystanie z nowych urządzeń i instrumentów musi zatem (w zależności od charakteru pracy) sprostać stawianym wymaganiom normowym.

Kolejne części normy PN-ISO 8322-18 pt. „Obiekty budowlane; Instrumenty pomiarowe; Metody ustalania dokładności użytkowej” – podają szczegółowe metody ustalania dokładności użytkowej geodezyjnych instrumentów pomiarowych w zastosowaniach budowlanych. Informują, że dla konkretnych procedur pomiarowych, tzn. przed rozpoczęciem pomiarów zasadniczych, realizacyjnych (tyczenia) oraz pomiarów sprawdzających i kontrolnych, w efekcie których uzyskiwane są dane dokładnościowe, na wykonawcy spoczywa obowiązek sprawdzenia korelacji sprzętowo-zadaniowej, tj. oceny dokładności uży-

Tabela 1

Długość pomierzona	SERIA I 27.09.96, t = +9°C		SERIA II 17.10.96, t = +21°C		SERIA III 17.10.96, t = +20°C	
	Długość śr. zr. [m]	m ₀ [mm]	Długość śr. zr. [m]	m ₀ [mm]	Długość śr. zr. [m]	m ₀ [mm]
D ₁₋₁						
D ₁₋₂	20,171	± 0,8	20,171	± 0,4	20,171	± 0,8
D ₁₋₃	40,051	± 1,3	40,052	± 0,7	40,051	± 0,4
D ₁₋₄	59,876	± 0,6	59,876	± 0,6	59,875	± 0,8
D ₁₋₆	123,400	± 0,5	123,401	± 0,7	123,401	± 1,4
D ₁₋₅	81,560	± 0,6	81,559	± 0,6	81,559	± 0,9
D ₁₋₇	138,752	± 1,2	138,752	± 0,6	138,751	± 1,1
D ₁₋₈	9,976	± 0,8	9,976	± 0,9	9,976	± 0,6

tkowej stosowanego sprzętu w odniesieniu do podejmowanego zadania pomiarowego. Zalecają – w celu ustalenia dokładności, jaką można osiągnąć stosując określony instrument wraz z pomocniczym wyposażeniem – wykonanie terenowych pomiarów testowych w różnych warunkach zewnętrznych i w pełnym zakresie pomiarowym instrumentu, eliminując przy tym możliwe błędy systematyczne. Dodatkowo, zgodnie z ISO 7077 i 7078, zespoły warunków dobierane do testu powinny odpowiadać tym, jakich oczekuje się w czasie faktycznego wykonywania podejmowanego zadania pomiarowego.

Wyrażona za pomocą odchylenia standardowego dokładność użytkowa instrumentu, porównana z odchyłką dopuszczalną zadania pomiarowego, stanowi podstawę kwalifikacji zastosowania danego sprzętu i metody pomiarowej. Informuje o tym diagram ilustrujący przebieg testów dokładności użytkowej podany w normie PN-ISO 8322-1; Część 1. Teoria.

Autorzy opracowania unieruchamiając DISTO na teodolicie postanowili doświadczać, w warunkach jego stabilnego położenia, ocenić przydatność tego typu instrumentu dla doskonalenia procedur pomiarowych w zagadnieniach inżynierskich. Po przeprowadzeniu wspomnianych badań empirycznych i określeniu wielkości średnich błędów pomiarowych dalmierza w poszczególnych zakresach odległości możliwa będzie weryfikacja jego konkretnych zastosowań.

Metodyka badań

Zgodnie z założeniami, pomiary badawcze dalmierzem laserowym DISTO przeprowadzono na różnych odległościach w warunkach jego stabilnego położenia na stanowisku obserwacyjnym oraz przy różnym oświetleniu i temperaturze. Dalmierz DISTO został połączony z lunetą teodolitu firmy Zeiss za pomocą prototypu adaptera (fot. 1 i 2). Taki kompaktowy sposób sprzężenia umożliwił swobodne, wcześniej bardzo utrudnione lub niewykonalne, celowanie do odległych punktów, przy jednoczesnym postrzeganiu plamki laserowej w polu widzenia lunety.

Bazę doświadczalną o długości niewiele powyżej 150 m tworzyło osiem punktów wytyczonych na prostej i zastabilizowanych w postaci metalowych tulejek. Taka stabilizacja gwarantowała – dzięki odpowiednim bolcom – wymuszone centrowanie teodolitu oraz tarczy celowniczej na punktach bazy (fot. 3 i 4). Na tak przygotowanej bazie pomiarowej wykonano zestawem DISTO-teodolit (fot. 1) wielokrotne pomiary odległości na poszczegól-

W tabeli 2 (patrz str. 20) zamieszczono dla porównania średnie długości zakresów pomiarowych bazy, uzyskane z pomiarów DISTO, taśmą stalową² 50 m oraz nasadką dalmierczą El-di-4 na teodolicie Elta-3 firmy Opton.

Dla celów doświadczalnych przeprowadzono analizę porównawczą DISTO z wynikami pomiarów uzyskanymi taśmą stalową. W odniesieniu do tych wyników i założeniu ich względnej prawdziwości w tabeli nr 3 (patrz str. 20) przedstawiono ocenę dokładności użytkowej dalmierza DISTO przy użyciu wartości przyjętych za prawdziwe (odchylenia). Z tym założeniem dokładność użytkowa szacowana jest w pierwszej kolejności poprzez odchylenia standardowe dla danych zakresów pomiarowych bazy w każdej serii oraz przez ogólne odchylenia standardowe dla odpowiedniego zakresu z sześciu serii. Te ogólne błędy średnie stanowią kryterium oceny dokładności użytkowej dalmierza laserowego DISTO na podstawie wartości uznanych za prawdziwe [8].



Fot. 3. Wymuszone centrowanie teodolitu na punktach bazy

Spostrzeżenia i wnioski

1. W ocenie dokładności użytkowej dalmierza laserowego DISTO na podstawie wartości średnich stwierdza się, że:

- błędy średnie w obserwowanych zakresach długości bazy w poszczególnych seriach pomiarowych mieszczą się w granicach od $\pm 0,4$ do $\pm 1,3$ mm,
- ogólne błędy średnie obserwowanych zakresów pomiarowych bazy z sześciu serii wynoszą od $\pm 0,7$ do $\pm 1,0$ mm,
- wielkości analizowanych wyżej błędów nie zależą w sposób istotny od długości obserwowanych zakresów pomiarowych bazy.

2. W ocenie dokładności użytkowej dalmierza laserowego DISTO na podstawie wartości przyjętych za prawdziwe stwierdza się, że:

- odchylenia standardowe w obserwowanych zakresach długości bazy do 100 m nie przekraczają w poszczególnych seriach pomiarowych wartości $\pm 1,8$ mm, w zakresie do 140 m wznoszą się do $\pm 3,2$ mm,
- ogólne odchylenie standardowe z sześciu serii w obserwowanych zakre-

Fot. 4. Tarcza celownicza z oznaczeniem punktów celowania teodolitem i dalmierzem



SERIA IV 10.02.97, t = +3°C		SERIA V 11.02.97, t = +4°C		SERIA VI 11.02.97, t = +4°C		ŚREDNIE WYNIKI Z SZEŚCIU SERII	
Długość śr. zr. [m]	m ₀ [mm]	Długość śr. zr. [m]	m ₀ [mm]	Długość śr. zr. [m]	m ₀ [mm]	D ₍₁₋₎ śr.zr. [m]	m ₀ [mm]
20,172	± 0,9	20,172	± 0,9	20,172	± 1,2	20,171	± 0,9
40,051	± 1,1	40,051	± 1,1	40,052	± 1,2	40,051	± 1,0
59,875	± 1,2	59,875	± 0,9	59,875	± 0,9	59,875	± 0,9
123,402	± 0,8	123,402	± 0,8	123,402	± 0,8	123,401	± 0,9
81,558	± 0,7	81,558	± 0,6	81,558	± 0,6	81,558	± 0,7
138,753	± 0,7	138,753	± 0,7	138,753	± 0,8	138,752	± 0,9
9,977	± 0,9	9,977	± 1,0	9,977	± 0,9	9,976	± 0,9

nych zakresach w sześciu seriach pomiarowych. Pierwsze trzy serie zrealizowano w dzień, następne trzy w nocy.

Przed pomiarem sprawdzano warunek geometryczny równoległości wiązki laserowej do osi celowej lunety. Na podstawie wcześniej wyznaczonej ich wzajemnej odległości wynoszącej 67 mm, czynności sprawdzenia i rektyfikacji uproszczono oznaczeniem na tarczy celowniczej punktów o znanej odległości (fot. 4). Na punkt dolny celowano lunetą teodolitu, natomiast promień lasera naprowadzano na punkt górny śrubkami rektyfikacyjnymi (a) adaptera (fot. 2). Spełnienie tego warunku było konieczne do obserwacji koła pionowego w celu zredukowania odległości przestrzennych do poziomu.

W tabeli nr 1 przedstawiono wyniki z pomiarów dalmierzem DISTO wraz z oceną dokładności użytkowej instrumentu przy użyciu wartości średnich (odchylenia v). Dla każdego zakresu pomiarowego bazy obliczono jego średnią długość¹ w danej serii. Dokładność użytkowa – wyrażona za pomocą odchylenia standardowego – jest szacowana w pierwszej kolejności poprzez jego wartości obliczone dla danego zakresu pomiarowego bazy w każdej serii. W kolumnie ostatniej podano najbardziej prawdopodobne długości poszczególnych zakresów pomiarowych bazy, łącznie z odpowiadającymi im ogólnymi odchyleniami standardowymi z sześciu serii. Te ogólne odchylenia stanowią kryterium oceny dokładności użytkowej dalmierza laserowego DISTO na podstawie wartości średnich [8].

Tabela 2

Długość pomierzona	Dalmerz laserowy DISTO	Taśma stalowa 50 m	Nasadka dalmierza ELDI-4
D _{1-i}	[m]	[m]	[m]
D ₁₋₂	20,171	20,172	20,178
D ₁₋₃	40,051	40,052	40,058
D ₁₋₄	59,875	59,875	59,882
D ₁₋₅	81,558	81,558	81,565
D ₁₋₆	123,401	123,400	123,406
D ₁₋₇	138,752	138,750	138,756
D ₁₋₈	–	153,981	153,986

Tabela 3

Długość pomierzona	SERIA I t = +9°C	SERIA II t = +21°C	SERIA III t = +20°C	SERIA IV t = +3°C	SERIA V t = +4°C	SERIA VI t = +4°C	Błędy średnie ogólne
D _{1-i}	m _o [mm]	m _o [mm]	m _o [mm]	m _o [mm]	m _o [mm]	m _o [mm]	m _o [mm]
D ₁₋₂	± 1,2	± 0,9	± 1,1	± 0,9	± 0,9	± 1,2	± 1,0
D ₁₋₃	± 1,2	± 0,6	± 1,8	± 1,0	± 1,0	± 1,1	± 1,2
D ₁₋₄	± 0,7	± 1,7	± 1,1	± 1,3	± 1,0	± 1,0	± 1,2
D ₁₋₅	± 1,6	± 1,5	± 1,6	± 0,7	± 0,6	± 0,6	± 1,2
D ₁₋₆	± 0,5	± 1,2	± 1,6	± 2,2	± 2,2	± 2,3	± 1,8
D ₁₋₇	± 2,2	± 2,4	± 1,7	± 3,1	± 3,2	± 3,1	± 2,7

ODBIORNIKI SATELITARNE GPS

- DO WYZNACZANIA POZYCJI I NAWIGACJI
- DO WSPÓŁPRACY Z KOMPUTEREM I MAPĄ CYFROWĄ W FUNKCJI CELEDZENIA

A TAKŻE KIESZONKOWE ODBIORNIKI GPS AMERYKAŃSKIEJ FIRMY **MAGELLAN** ORAZ ANTENY GPS OFERUJE:

POLSPACE Ltd

**00-716 WARSZAWA
ul. BARTYCKA 18a
tel./fax (0 22) 40-30-35
tel. (0 22) 651-18-12**

sach pomiarowych bazy do 120 m nie przekracza wartości ±1,8 mm, w zakresie do 140 m wynosi ±2,7 mm.

3. Pomiar dalmierzem laserowym DISTO wykazał dużą zgodność z pomiarami wykonanymi taśmą stalową, natomiast wyniki z Eldi-4 obarczone były błędami zgodnie z instrukcją tego typu dalmierza. Z uwagi na doświadczalny, porównawczy charakter obserwacji taśmą stalową ocenę dokładności użytkowej dalmierza laserowego DISTO na podstawie wartości średnich autorzy przyjmują za decydującą.

4. Wyniki obserwacji wykonanych dalmierzem laserowym DISTO w zmiennych warunkach oświetlenia (dzień, noc) i temperatury (od +3°C do +21°C) nie wykazują istotnych różnic.

5. Połączenie ręcznego dalmierza laserowego DISTO z teodolitem nie tylko poprawia warunki wykonywania obserwacji, ale umożliwia dokładny pomiar w pełnym zakresie, tj. do 140 m (odczyt większych odległości nie jest możliwy ze względu na ograniczoną zdolność odczytową wyświetlacza³

narzuconą przez firmę Leica). Takie połączenie jest zatem uzasadnione dla poszerzenia geodezyjnych zastosowań tego typu instrumentu w pomiarach inżynierskich.

¹ Zredukowaną do poziomu oraz o stałą dodawania adaptera C = +137 mm.

² Z użyciem dynamometru i nakładki milimetrowej oraz z uwzględnieniem błędów systematycznych wpływu temperatury, komparacji i redukcji do poziomu – na podstawie wykonanej niwelacji.

³ Co potwierdzają w tabeli 1 bliżej nie określone odczyty z zakresu odległości D₁₋₈.

Literatura:

- [1] DISTO – Instrukcja obsługi.
- [2] W. Anigacz: *Wybrane możliwości zastosowań dalmierza laserowego typu Disto*. Materiały Konferencyjne – II Targi Geodezji, Katowice 1996.
- [3] K. Iwaszko: *Spostrzeżenia z zastosowania w inwentaryzacjach architektonicznych DISTO™ – ręczny dalmierz laserowy*. GEODETA 2/95.
- [4] W. Pawłowski: *Pozyskiwanie informacji o cechach geometrycznych elementów i zespołów konstrukcyjnych dla potrzeb diagnostyki obiektów budowlanych*. Geodezja i Geometria Inżynierska w Budownictwie i Inżynierii, t. 1. Geodezja Inżynierska, Sympozjum, Rzeszów 1996.
- [5] K. Iwaszko: *Pomiary wysokościowe w inwentaryzacjach architektonicznych*. GEODETA 6/96.
- [6] T. Kasarello, A. Kożuchowski, J. Wynalek: *Analiza dokładności dalmierza laserowego DISTO firmy Leica w zróżnicowanych warunkach pomiaru*. Raporty Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej 1996 Serii SPR nr 799.
- [7] W. Pawłowski, S. Przewłocki: *Kształtowanie geometryczne obiektów budowlanych w ujęciu nowych norm PN-ISO*. Inżynieria i Budownictwo nr 4/96.
- [8] PN-ISO 8322-1: Projekt Polskiej Normy: Obiekty budowlane; Instrumenty pomiarowe; Metody ustalania dokładności użytkowej; Część 1. Teoria.