

ANDRZEJ TORUŃSKI

OCENA JAKOŚCI DALMIERZY ELEKTROOPTYCZNYCH W ŚWIETLE WYNIKÓW ICH KOMPARACJI

Opracowano w ramach projektu badawczego nr 9 T12E 004 13
dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1997–1998

ZARYS TREŚCI: Na podstawie posiadanego zbioru testowych pomiarów dalmierzy elektromagnetycznych założono bank danych obejmujący informacje w trzynastu kategoriach. Z założonego banku danych wyselekcjonowano dane o charakterze technicznym niezbędne do obliczenia relacji średniego błędu pojedynczego pomiaru m_o do deklarowanego przez producenta błędu standardowego m_s oraz relacji poprawek dalmierzy K do błędów m_s . Dane te posłużyły do oceny jakości dalmierzy różnych firm, opierającej się na stwierdzeniu z jaką częstością występują różne wartości m_o/m_s oraz K/m_s .

1. OCENA ZBIORU SKOMPAROWANYCH DALMIERZY

Posiadany przez Zakład Geodezji IGiK zbiór wyników komparacji dalmierzy powstawał w okresie 35 lat, od początku pojawienia się w Polsce sukcesywnie coraz dokładniejszych i nowocześniejszych dalmierzy. Należy tu wspomnieć, że pierwszym dalmierzem geodezyjnym w Polsce był zakupiony przez IGiK w 1962 r. i eksploatowany m.in. na sieci astronomiczno-geodezyjnej mikrofalowy Tellurometr MRA 1 ($m_s = 50 \text{ mm} + 3 \text{ ppm}$) opisany w [1].

Niezwykle intensywny rozwój technologiczny w ciągu ostatniego 20-lecia stymulował powstawanie nowych konstrukcji aparatury geodezyjnej. Skutkowało to poza zużyciem technicznym starszych konstrukcji również eliminacją ich z powodów psychologicznych. Oceniam, że wycofano z eksploatacji około 20 typów dalmierzy elektromagnetycznych, tj. mikrofalowych i elektrooptycznych, których komparacje wykonywane były na bazach kontrolnych w Zakładzie Geodezji i z których żaden egzemplarz

nie pojawił się do kontroli w ostatnim 15-leciu. Istnieją jednak pojedyncze egzemplarze dalmierzy niektórych starszych typów pracujące nieprzerwanie od 20 lat. Te instrumenty stanowią już śladową ilościowo grupę. Rozwój nowoczesnych technologii wpłynął również na podniesienie dokładności nowych typów dalmierzy, co przy szerszym ich upowszechnieniu skutkowało modernizacją obowiązujących geodezyjnych instrukcji technicznych, podnoszących rygorystycznie dokładnościowe. Aktualnie około 80% eksploatowanych dalmierzy geodezyjnych to nowoczesne instrumenty elektrooptyczne. Z uwagi na to, że instrumenty te mają opinię bardziej stabilnych i niezawodnych, rzadko zgłaszane są do kontroli metrologicznej. Okazuje się jednak, że jest to niekorzystne, bowiem niekiedy opinie te są zbyt optymistyczne i poszczególne egzemplarze nowoczesnych dalmierzy mogą również wykazywać nadmierne odchyłki. Do kontroli metrologicznej zgłaszane są tylko te dalmierze, które wyraźnie sygnalizują wynikami nieprawidłowości lub których komparacje wymuszone są przez inwestorski nadzór techniczny, najczęściej spoza resortu GUGiK.

System komparacji w Polsce od początku oparty był na zachowaniu jednolitości standardu jednostki metra terenowych baz kontrolnych z krajowym wzorcem metra, periodycznie kontrolowanym w Sèvres pod Paryżem. Rozwój technologiczny narzędzi geodezyjnych skłonił służby metrologiczne do udostępnienia wzorca częstotliwości, na którym oparty jest standard jednostki metra. Główny Urząd Miar emituje sygnał wzorcowy, do którego nawiązany jest Krajowy Wzorzec Długości oraz regionalne bazy długościowe. Służby do tego zaprojektowana i skonstruowana w IGiK sonda częstotliwości [2] umożliwiającą bezinwazyjny pomiar częstotliwości pomiarowej podczas wyznaczeń długości odcinków wzorcowych baz kontrolnych. System komparacji dalmierzy zorganizowany w kraju przez IGiK zapewnia jednolity, wysokodokładny i wiarygodny standard metrologiczny.

2. SEGREGOWANIE WYNIKÓW KOMPARACJI DALMIERZY W GRUPACH WEDŁUG ANALIZOWANYCH CECH

Z posiadanego obszernego materiału wyników komparacji dalmierzy wydzielono do analizy z powodów praktycznych wyniki dotyczące typów i egzemplarzy, które są aktualnie w eksploatacji. Włączenie do badań wszystkich dalmierzy zwiększyłoby niewspółmiernie koszty analiz, które w wypadku dalmierzy wycofanych nie są przez nikogo oczekiwane i miałyby wyłącznie historyczne znaczenie. Tak zakwalifikowany materiał, w którym znajdują się również wyniki pracujących od 20 lat egzemplarzy, został zaewidencjonowany w postaci założonych kartotek z wszystkimi parametrami opisowo-technicznymi uzyskanymi po każdym pomiarze kontrolnym.

Karta dalmierza zawiera następujące informacje:

- nazwę producenta i typ dalmierza;
- numer fabryczny dalmierza i ewentualnie w przypadku nasadki numer teodolitu, który jest nośnikiem nasadki;
- nazwę właściciela/użytkownika dalmierza, jego lokalizację;
- rok produkcji/zakupu (opcjonalnie jeśli jest możliwy do ustalenia);
- lokalizację bazy komparacyjnej, na której wykonano pomiar kontrolny;
- datę wykonania komparacji/atestacji;
- wartość stałej poprawki dalmierza, ewentualnie dodatkowo jeśli występuje wartość poprawki proporcjonalnej;
- wartość uzyskanego podczas pomiaru kontrolnego błędu pojedynczego pomiaru dalmierzem;
- wartość amplitudy poprawki cyklicznej ewentualnie występującej w dalmierzach starszego typu;
- wartość rzeczywistej częstotliwości pomiarowej dalmierza, zapewniającej skalę jednostki metrycznej realizowanej przez dalmierz;
- rodzaj zwierciadła używanego w komplecie eksploatacyjnym z egzemplarzem dalmierza;
- nastawy wyjściowe wprowadzone do pamięci dalmierza, mające wpływ na wielkość stałej poprawki dalmierza;
- ewentualne posiadane informacje o naprawach dalmierza.

Informacje zawarte w karcie dalmierza są podstawą do:

- wydania świadectwa atestacji lub komparacji;
- analizy zmienności jego parametrów w całym okresie eksploatacji;
- opracowania banku informatycznego dalmierzy eksploatowanych w Polsce jako źródła informacji i analiz techniczno–statystycznych.

Na podstawie indywidualnych kart dalmierza opracowano bank informatyczny dalmierzy, umożliwiający segregację wyników komparacji w grupach według analizowanych cech. Bank informatyczny został opracowany i wdrożony wraz z całym zasobem posiadanych informacji zawierających parametry techniczno–dokładnościowe i opisowe. Bank został opracowany w programie Access z możliwością konwersji do programu Excel, umożliwiając statystyczno–graficzne analizy zasobu. Przydatność banku informatycznego wybiega poza potrzeby nałożone zakresem projektu badawczego. Stanowi on stale aktualizowany rejestr techniczno-opisowy wszystkich dalmierzy, które w Polsce są zgłaszane do komparacji lub atestacji. O intensywności zgłaszania dalmierzy do komparacji informuje orientacyjnie tablica 1.

Tab. 1 Liczba komparacji wykonanych w Polsce w okresie 1989–1998

1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
60	21	15	23	7	192	133	123	127	126

Widoczne jest, że wzrost intensywności nastąpił w 1994 r., w momencie pojawienia się ustawy „Prawo o miarach”.

Orientacyjną zawartość zasobu banku przedstawia tablica 2, wykonana dla stanu aktualnego w marcu 1998 r.

Tab. 2 Zestawienie ilościowe banku informatycznego z uwzględnieniem procentowego udziału liczby typów, egzemplarzy i komparacji dalmierzy poszczególnych firm w całym zbiorze

Lp.	Producent	L i c z b a					
		typów		egzemplarzy		komparacji	
			%		%		%
1	Geotronics	26	19,3	84	9,6	163	10,3
2	Kern	3	2,2	11	1,2	46	2,9
3	Leica	15	11,1	119	13,6	205	12,9
4	Nikon	7	5,2	21	2,4	27	1,7
5	Pentax	3	2,2	3	0,4	3	0,2
6	Rosja	3	2,2	23	2,6	34	2,1
7	Sokkia	29	21,5	162	18,6	222	14,0
8	Topcon	16	11,8	54	6,2	65	4,1
9	Wild	9	6,7	229	26,2	431	27,1
10	Zeiss-Jena	3	2,2	73	8,3	244	15,3
11	Zeiss-Opton	21	15,6	95	10,9	149	9,4
	Razem	135	100,0	874	100,0	1589	100,0

Ocenia się, że kontroli metrologicznej poddawanych jest około 20% eksploatowanych dalmierzy, natomiast 80% dalmierzy nigdy nie jest sprawdzane na państwowym komparatorze. Istnieją regiony kraju, w których przez wiele lat nie kontroluje się żadnego dalmierza, co niestety pozostaje bez reakcji ze strony ośrodków dokumentacji geodezyjno-kartograficznej, przyjmujących wyniki wykonanych pomiarów do zasobu.

Układ banku informatycznego umożliwia otrzymanie trzech rodzajów raportów:

- według danych techniczno-dokładnościowych dalmierzy;
- według danych opisowych dotyczących komparacji w określonym przedziale czasu, lokalizacji bazy komparacyjnej, rodzaju stosowanych nietypowych pryzmatów dla określonego typu dalmierza;
- listy dalmierzy posiadających ważne w określonym czasie świadectwo komparacji.

Pełną informację o dalmierzach określonego typu z możliwością wyboru niektórych zadanych parametrów, które dotyczą konkretnych egzemplarzy, uzyskuje się z raportu I. Analizę cech jakościowych dalmierzy różnych typów wykonano na podstawie tego raportu. Dla dalmierzy

poszczególnych firm wykonano w programie Excel syntezę graficzną parametrów dokładnościowych, uzyskanych z wszystkich posiadanych kontroli metrologicznych dalmierzy poddanych komparacji.

Podstawowy raport zawiera wszystkie dane o dalmierzu. Raporty redagowane są na oddzielnych arkuszach dla poszczególnych typów dalmierzy określonego producenta. Szczegółową charakterystykę ilościową tych pozycji przedstawiono w tablicy 2. Raport zawiera ponadto niżej wymienione pozycje:

- 1) R – rodzaj dalmierza określany w trzech kategoriach:
 - N – nasadka dalmiercza, nakładana na teodolit,
 - T – tachymetr elektroniczny (total station),
 - S – dalmierz samodzielny, bez teodolitu na własnej spodarce;
- 2) numer fabryczny dalmierza, jeśli jest to nasadka, numer składa się z dwóch członów; drugi człon zawiera numer teodolitu, który jest nośnikiem nasadki;
- 3) m_s – wartość błędu standardowego danego typu dalmierza określoną przez producenta;
- 4) datę komparacji – ze względu na ograniczoność miejsca podaje się miesiąc i rok;
- 5) bazę – podaje się kod bazy komparacyjnej, na której dalmierz był sprawdzony; oprócz Krajowego Wzorca Długości (KWD) w Warszawie, w Polsce założono wiele regionalnych baz długości (RBD), na których wykonuje się pomiary komparacyjne; w drukowanych raportach przyjęto następujące kody dla baz komparacyjnych: WS – Warszawa-Skrzeszew, WB – Warszawa-Bemowo, LB – Lublin, KT – Katowice, LD – Łódź, OL – Olsztyn, OP – Opole, KR – Kraków, PO – Poznań, RZ – Rzeszów, LG – Lubin;
- 6) K – wartość stałej poprawki dalmierza uzyskaną z kontroli komparacyjnej;
- 7) N – wartość niestandardowych nastaw wyjściowych, wprowadzonych do pamięci dalmierza, przy których uzyskano wartość poprawki dalmierza;
- 8) m_0 – wartość średniego błędu pojedynczego pomiaru dalmierzem, uzyskaną w procesie komparacyjnym;
- 9) ppm – względną odchyłkę rzeczywistej częstotliwości pomiarowej dalmierza od częstotliwości nominalnej, podanej przez producenta;
- 10) c – poprawkę cykliczną występującą w niektórych dalmierzach starego typu;
- 11) Lok/Pryzm. – lokalizację (nazwę miejscowości) użytkownika dalmierza, ewentualnie rodzaj użytych niestandardowych pryzmatów podczas eksploatacji dalmierza oraz komparacji.

Tablica 3 przedstawia przykład raportu zawierający omówione wyżej pozycje dotyczące pojedynczych egzemplarzy dalmierzy firmy Sokkia.

Wybór przedziałów wielkości dla parametrów dokładnościowych daje możliwość analizy cech jakościowych różnych typów dalmierzy.

Na analizę cech jakościowych dalmierzy stosowanych w Polsce mają wpływ następujące czynniki:

- dokładność terenowych wzorców długości, zależna od dokładności i częstości pomiarów okresowych;
- dokładność pomiarów komparacyjnych, uwzględniająca powtarzalność wyników pomiaru oraz zakres dokładności poprawek redukcyjnych;
- wielkość i rozkład zmienności w czasie poprawek instrumentalnych;
- częstość i rodzaj uszkodzeń dalmierzy.

Na rysunku 1 przedstawiono przykładowy wykres wartości stałych poprawek dalmierzy, jednej z bardziej rozpowszechnionych u nas firmy Leica, które opracowano na podstawie danych zawartych w aktualizowanym na bieżąco banku informatycznym. Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy wykres wartości błędów pojedynczego pomiaru dalmierzy firmy Zeiss–Opton. Wykresy te stanowią graficzną analizę podstawowych parametrów technicznych. Aby mieć pogląd, w jakim stosunku są te wartości do deklarowanego przez producenta błędu standardowego, na rysunkach oznaczono liniami poziomymi wartości tych błędów (m_s) dla występujących w zbiorze typów dalmierzy.

3. ANALIZA CECH JAKOŚCIOWYCH DALMIERZY RÓŻNYCH TYPÓW

Proces komparacji dalmierza umożliwia:

- wyznaczenie stałej poprawki zestawu dalmierz–pryzmat,
- określenie błędu skali mierzonych długości,
- określenie dokładności pomiaru dalmierzem,
- określenie innych błędów i poprawek dalmierza.

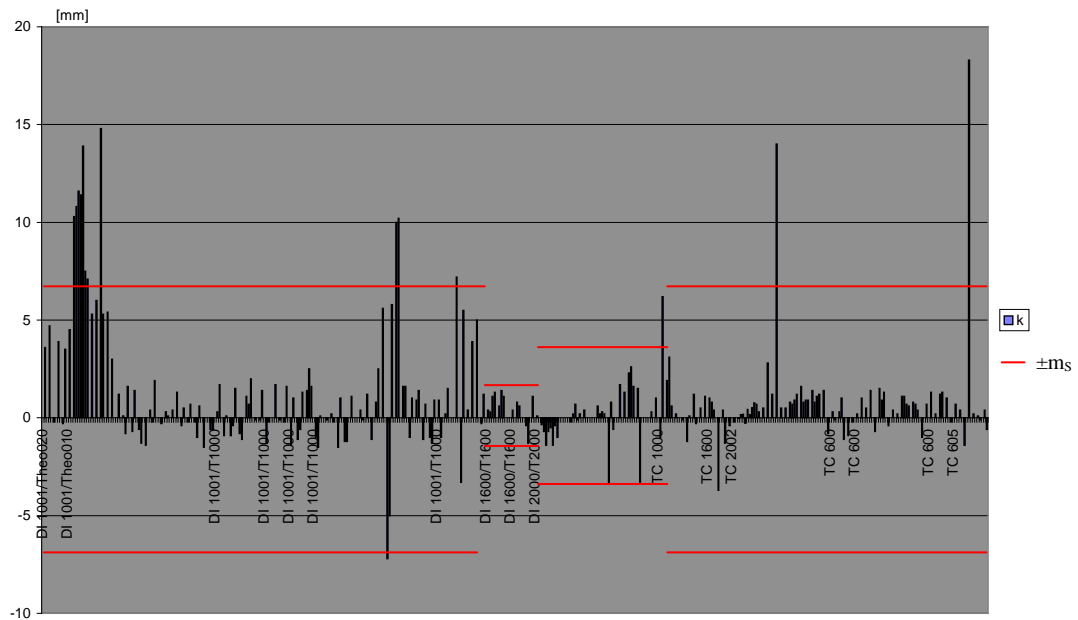
Do analizy cech jakościowych dalmierzy zastosowano kryteria uwzględniające:

- relacje błędu pojedynczego pomiaru dalmierzem m_o w stosunku do deklarowanego przez producenta jego błędu standardowego m_s ,
- relacje wielkości poprawek K dalmierza uzyskanych przy komparacji w stosunku do jego błędu standardowego m_s ,
- stabilność parametrów dokładnościowych w czasie.

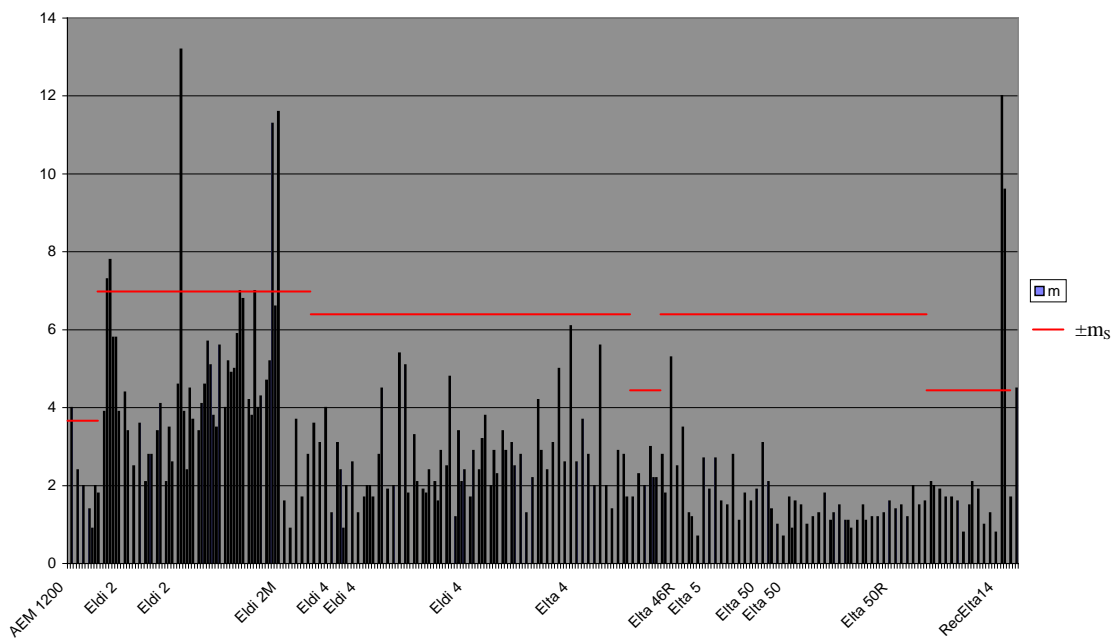
Błąd standardowy m_s , określony przez producenta, wyraża błąd możliwy do uzyskania podczas pojedynczego pomiaru. Jest on wyznaczony a priori, jako wynikający z potencjalnych własności technicznych elementów konstrukcyjnych dalmierza. Dokładność pojedynczego pomiaru dalmierzem, wyrażona błędem pojedynczego pomiaru m_o , powinna być porównywalna z błędem standardowym m_s użytego typu dalmierza. Błąd pojedynczego pomiaru, podobnie jak błąd standardowy, wyraża stopień powtarzalności wyników pomiaru.

Tab. 3 Wykaz dalmierzy elektrooptycznych
 Producent: Sokkia (Sokkisha)

Typ	R	Nr fabryczny	m _s	Data	Baza	K	N	m	ppm	c	Lok./Pryzm	Uwagi
REDmini 2	N	7571/801975	5,0+5ppm	VII.91	WB	3,8		2,2			Białystok	
REDmini T	N	55099/305241	5,0+5ppm	II.89	WB	2,2		1,4			Warszawa	
SET 3	T	80324	5,0+3ppm	VII.86	WS	3,0		2,3			Warszawa	
SET 3FG	T	92432	5,0+3ppm	IV.95	WB	3,8		2,0			Dzierżoniów	
SET 4	T	87735	5,0+3ppm	VII.97	LD	5,6	0	1,5			Łódź	
SET 4A	T	101004	5,0+3ppm	VI.97	PO	5,7		3,5			Białogard	
SET 4A	T	90152	5,0+3ppm	III.98	PO	3,4		1,7			Poznań Zeiss Jena	
SET 4A	T	92311	5,0+3ppm	XI.97	PO	4,0		1,9			Poznań Zeiss Jena	
SET 4A	T	97846	5,0+3ppm	IV.95	WB	2,4		1,4			Skierniewice	
SET 4C	T	15770	5,0+3ppm	VIII.94	OL	2,5	-40	2,2			Olsztyn	
SET 5	T	116049	5,0+5ppm	VIII.95	RZ	2,3	-40	2,3			Dębica	
SET 5	T	120823	5,0+5ppm	XI.94	KT	2,7		2,1			Zabrze	
SET 5	T	120971	5,0+5ppm	VIII.95	RZ	4,8		1,6			Krosno	
SET 5	T	12131	5,0+5ppm	V.93	LB	6,0		1,6			Lublin	
SET 5G	T	120820		V.95	KR	2,3-2,2ppm	0	1,6			Przemysł	
SET 5G	T	120843		XI.95	WB	3,1		1,3			Konin	



Rys. 1. Wykres stałych poprawek K zbioru skomparowanych dalmierzy firmy Leica

Rys. 2. Wykres wartości błędów pojedynczego pomiaru m_0 zbioru skomparowanych dalmierzy firmy Zeiss-Opton

W tablicy 4, zawierającej zestawienie średnich wartości parametrów dokładnościowych poszczególnych typów dalmierzy, zawarto relacje między uzyskanym w procesie komparacji błędem pojedynczego pomiaru oraz błędem standardowym jako stosunek m_o/m_s . Generalnie stosunek ten powinien być zawsze

$$\frac{m_o}{m_s} \leq 1$$

nie tylko jako wartość średnia dla określonego typu dalmierza, co zawiera tablica 4, ale również dla pojedynczego egzemplarza. Poglądowe wykresy wartości błędów m_o dla poszczególnych egzemplarzy dalmierzy wykonano dla dalmierzy każdej firmy – producenta dalmierzy. Relacje te dla typów dalmierzy jako wartości uśrednionych ze wszystkich skomparowanych egzemplarzy danego typu zachowują tę zależność, przeważnie nie przekraczając wartości $m_o/m_s < 0,5$.

Jednak dla niektórych typów dalmierzy relacja ta osiąga wartość $m_o/m_s > 1$, co oznacza, że dalmierze te nie zachowują klasy dokładnościowej swojego typu. Są to dalmierze starszej generacji, które praktycznie wycofane są z eksploatacji. Spośród nich Geodimetry 700 i 710 przeznaczone są do pomiarów większych odległości (do kilkunastu kilometrów) i analiza ich na odcinkach kilkusetmetrowych, jakimi są bazy komparacyjne, nie jest reprezentatywna do pełnej oceny. Dalmierze Kerna DM 501 i Zeissa RECOTA mają po około 20 lat, nie są już nie produkowane i mało się je eksploatuje.

Dalmierz rosyjski Topaz (dostarczony do komparacji pojedynczy egzemplarz) nie zachowuje parametrów dokładnościowych podanych przez producenta ($m_s = 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$), przez co nie potwierdza możliwości kwalifikowania go do instrumentów najwyższej dokładności.

Analiza poszczególnych egzemplarzy w grupach firm i typów dalmierzy daje obraz bardzo zróżnicowany i praktycznie w każdej grupie są dalmierze nie zachowujące warunku $m_o/m_s < 1$. Na rysunku 2 graficznie przedstawiono wartości błędów pojedynczego pomiaru pojedynczych egzemplarzy, które w poszczególnych typach mogą mieć różne błędy standardowe zawierające się w przedziale

$$1,4 \text{ mm} < m_s < 7,0 \text{ mm}$$

dla średniej wartości długości różnych komparacyjnych odcinków wzorcowych, wynoszącej około 400 metrów.

Maksymalne wartości błędów m_o i wynikające z nich relacje m_o/m_s zawarto w tablicy 5. Wynika z nich, że dalmierze firm Leica, Nikon, Pentax, rosyjskie i Topcon nie mają w swoich zbiorach dalmierzy poddanych komparacji, relacji błędu pojedynczego pomiaru przekraczającego swój odpowiedni błąd standardowy. Do tej grupy można zaliczyć również firmę Geotronics, której tylko dalmierz laserowy typu Geodimetr 710 uzyskuje $m_o > m_s$, ale – jak wcześniej wspomniano – jest to typ dalmierza

przeznaczony do dużych odległości i na krótkich odległościach ta relacja jest nieadekwatna.

Stwierdzono, że relacja $m_o > m_s$ występuje w dalmierzach następujących firm: Kern DM 501, Sokkia REDmini 2, Wild DI3, Zeiss Jena EOT 2000 i Recota oraz Zeiss Opton Eldi2 i RecElta14.

Uzyskane w procesie komparacji poprawki K mają charakter systematyczny i muszą być wprowadzane do pamięci instrumentu lub uwzględniane rachunkowo przy redukcjach pomierzonych długości. Uwzględnianie poprawek instrumentalnych gwarantuje zachowanie dokładności standardowych. Tylko proces komparacji umożliwia ujawnienie, wyznaczenie i ewentualnie wyeliminowanie istniejących odchyłek instrumentalnych. W tablicy 4 zawarto średnie bezwzględne wartości stałej poprawki $|K|$ różnych typów dalmierzy oraz częstość przekraczania standardowego błędu skali k_s , wyrażonego w jednostkach ppm (10^{-6}). W tablicy 4 nie zaznaczono występowania cyklicznej poprawki stałej, gdyż we współcześnie produkowanych dalmierzach może ona nie występować. Stwierdzenie istnienia poprawki cyklicznej traktuje się jako usterkę, kwalifikującą dalmierz do justacji. W załączonych wydrukach raportów poszczególnych dalmierzy zawarta jest wartość poprawki cyklicznej c . Występuje ona jedynie w dalmierzach starszych typów firmy Zeiss, Kern i rosyjskich.

Występowanie wielkości poprawki stałej K zestawu dalmierz–pryzmat dla poszczególnych egzemplarzy, pochodzących z bardziej rozpowszechnionych u nas dalmierzy firmy Leica, przedstawiono graficznie na rysunku 1 jako obraz ich wartości z banku danych. Z wykresów wynika, że wielkości poprawek K bardzo często i wielokrotnie przekraczają wartości błędów standardowych m_s , których wartości zawierają się, jak wcześniej wspomniano w zakresie $1,4 \text{ mm} < m_s < 7,0 \text{ mm}$ dla średniej wartości odcinków wzorcowych, na których wykonuje się komparacje. Świadomość ich istnienia, uzyskana z komparacji, daje wykonawcy poczucie bezpieczeństwa uzyskania prawidłowych wyników pomiaru z standardową dokładnością dla danego typu dalmierza. Istnieje dość rozpowszechniony pogląd, że wszystkie dalmierze w fabryce są wyjustowane na zero w sposób trwały. Tablica 4 zawiera zestawienie średnich bezwzględnych wartości poprawki stałej K zestawu dalmierz–pryzmat, obliczonych dla różnych typów dalmierzy. Wielkości średnich relacji K/m_s nie przekraczają wartości 1 tylko w dalmierzach firmy Zeiss–Jena, poza tym w dalmierzach prawie wszystkich firmach występuje przekraczanie 1. Można stwierdzić, że najrzadziej jest przekraczana w firmach Leica, Nikon, Sokkia, Wild. Zaledwie 3 pojedyncze komparacje dalmierzy różnych typów firmy Pentax nie dają możliwości oceny uogólnionej.

Tablica 5 zawiera wybór ekstremalnych wartości poprawki stałej K wśród poszczególnych egzemplarzy dalmierzy w grupach firm produkujących je. Całkowita wartość stałej poprawki dalmierza K jest sumą

składowych członów: k_0 – stałej poprawki dodawania oraz k_s – poprawki proporcjonalnej do mierzonej długości D , wyrażonej w jednostkach $10^{-6} \times D$ (ppm $\times D$), gdzie $K = k_0 + k_s$. W tabelicy 5 wartość poprawki proporcjonalnej k_s liczona jest dla średniej długości odcinków wzorcowych baz komparacyjnych, wynoszącej około 400 metrów. Jak widać z kolumny zawierającej relacje K/m_s we wszystkich grupach reprezentujących firmy wartość ta przekracza 1, osiągając często jej wielokrotność.

Stabilność parametrów dokładnościowych w czasie gwarantuje utrzymanie dokładności dalmierza w pełnym okresie jego eksploatacji. Dotyczy to zachowania stabilności takich elementów, jak częstotliwość pomiarowa (wzorcowa) dalmierza, wartość stałej poprawki oraz niezależność elektronicznych układów dalmierza od zmieniających się w czasie pomiaru warunków termicznych, mocy zasilania lub tłumienia sygnału. Elementy te są głównym obiektem postępu konstrukcji dalmierzy i wymagają od producentów wdrażania najwyższej zaawansowanych technologii.

Stabilność częstotliwości pomiarowej zapewnia stałość skali zastosowanej w dalmierzu jednostki długości, która w fabryce jest ustawiona według standardu międzynarodowego z najwyższą dokładnością. Pomiaru komparacyjne na bazach wzorcowych mogą wykazać wystąpienie odchyłki częstotliwości od tego standardu, co zostało wykazane w tablicach 4 i 5. Tablica 4 przedstawia częstość wystąpienia tej odchyłki (ppm) w zbiorach typów dalmierzy, natomiast tablica 5 przedstawia ekstremalne wartości odchyłki w ppm, występujące wśród pojedynczych dalmierzy różnych firm.

Jak widać z tablicy 4 częstość przekraczania standardowego błędu proporcjonalnego, wynikającego głównie z odchyłki rzeczywistej częstotliwości pomiarowej od jej wartości nominalnej, jest niewielka i przedstawia się (spośród typów, dla których można było to określić) następująco:

Topcon	9%	Zeiss–Jena	2%
Leica	7%	Wild	2%
Sokkia	6%	Geotronics	2%
Zeiss–Opton	5%	Nikon, Pentax	brak danych

Sporadycznie występujące odchyłki częstotliwości przekraczające standardowy błąd przyjmują często duże wartości, wielokrotnie przekraczając standard (tablica 5), przyjmując wartości nawet kilkudziesięciu ppm. Jest to niebezpieczne przy zastosowaniach takich egzemplarzy w odpowiedzialnych pomiarach realizacyjnych.

Badanie stabilności stałej poprawki dalmierza jest możliwe przy wielokrotnym poddawaniu dalmierza komparacjom, co ostatnio się nie zdarza. Posiadane materiały umożliwiają badania stałości poprawek dalmierzy starszych typów. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono zmienność w czasie stałej poprawki dalmierzy typu Recota i DI 1000, które poddawane były

wielokrotnym komparacjom w latach 1984–1997. Wahania wartości poprawki przekraczają wartości ich błędu standardowego. Spośród dalmierzy współczesnych konstrukcji wykonano wykres (rys.5) wahań poprawki stałej dla dalmierzy firmy Leica typu DI 2000 i TC 2002, które są użytkowane przez Pracownię Elektromagnetycznych Pomiarów Odległości IGIK jako dalmierze komparatory. Są to wykresy z około 3-letniego okresu badań każdego z nich. Poprawka nasadki DI 2000 nieznacznie przekracza wartość błędu standardowego, co można tłumaczyć posiadanym wówczas mniej precyzyjnym oprzyrządowaniem pomiarowym dla tak precyzyjnego dalmierza ($m_s = 1\text{mm} + 1\text{ ppm}$).

Poprawka stała dalmierza TC 2002 przez cały okres eksploatacji mieści się w granicach jego błędu standardowego, chociaż widać wyraźnie jej systematyczne zmiany w czasie. Należy jednak pamiętać, że jest to dalmierz współcześnie najdokładniejszy na świecie, wykonywany w seryjnej produkcji, stąd jego wzorowe parametry dokładnościowe.

Oznaczenia tablicy 4:

- m_s – błąd standardowy dalmierza określony przez producenta w formie $A_{\text{mm}} + B_{\text{ppm}}$ obliczony dla średniej długości odcinków komparacyjnych,
- $|K|$ – średnia wartość stałych poprawek, występująca w danym typie dalmierza, obliczona z wartości bezwzględnych,
- $> k_s$ – występowanie członu proporcjonalnego do mierzonej długości w poprawce dalmierza, przekraczającego wartość podaną przez producenta w błędzie standardowym,
- m_o – średnie wartości błędu pojedynczego pomiaru, uzyskane w procesie komparacji,
- m_o/m_s – średni stosunek uzyskiwanego błędu pomiaru dalmierzem do błędu standardowego,
- K/m_s – średni stosunek stałej poprawki dalmierza do błędu standardowego.

Tab. 4/1 Zestawienie średnich wartości parametrów dokładnościowych poszczególnych typów dalmierzy

Firma/Typ	Liczba komp.	m_s mm	$ K $ mm	$> k_s$ liczba komp.	m_o mm	m_o/m_s	K/m_s
Geotronics							
Geodimetr 10	1	7,0	0,8	–	2,7	0,38	0,11
Geodimetr 12	39	7,0	12,5	1	4,4	0,63	1,79
Geodimetr 12A	24	7,0	8,6	–	4,4	0,63	1,23
Geodimetr 14	46	6,2	5,0	–	3,8	0,61	0,81
Geodimetr 112	1		1,2	–	1,9		
Geodimetr 116	2		35,4	–	1,6		
Geodimetr 120	3		2,9	–	2,4		
Geodimetr 122	5		2,5	–	2,2		
Geodimetr 136	2	7,0	1,6	–	1,4	0,20	0,23
Geodimetr 140	1	7,0	25,0	–	0,9	0,13	0,36
Geodimetr 216	3	7,0	11,1	1	1,9	0,27	1,58
Geodimetr 220	9	7,0	13,2	–	1,7	0,24	1,89
Geodimetr 400 (8 typów)	8	7,0	10,1	–	1,4	0,20	1,44
Geodimetr 504	3	6,2	15,1	–	1,5	0,24	2,44
Geodimetr 510	3	6,2	3,9	1	1,3	0,21	0,62
Geodimetr 520	1	6,2	28,6	–	1,9	0,31	4,61
Geodimetr 610	1	1,4	2,8	–	0,9	0,64	2,0
Geodimetr 700	2	5,4	4,8	–	7,3	1,35	0,89
Geodimetr 710	9	5,4	24,2	–	8,1	1,50	4,48
Kern							
DM 104	9	5,8	5,8	–	2,7	0,47	1,00
DM 501	7	7,0	13,4	–	11,1	1,59	1,91
DM 503	30	4,2	8,7	–	3,2	0,76	2,07
Leica							
DI 1001	121	7,0	2,2	5	1,0	0,14	0,31
DI 1600	11	3,8	1,2	1	0,8	0,21	0,31
DI 2000	7	1,4	0,8	1	0,4	0,28	0,57
DI 2002	6	1,4	0,8	4	0,5	0,36	0,57
DI 3000	5	3,4	1,3	–	2,2	0,64	0,38
DI 3002 Dior	9	5,4	2,0	1	2,0	0,22	0,37
TC 1	1	7,0	1,0	–	1,0	0,14	0,14
TC 500	10	7,0	2,5	–	0,9	0,12	0,36
TC 600	14	4,2	0,6	1	1,0	0,24	0,14
TC 800	1	2,8	18,3	–	0,7	0,25	6,54
TC 1000	7	7,0	1,2	–	1,1	0,16	0,17
TC 1600/1800	3	3,4	0,9	–	0,6	0,18	0,26
TCA 1100	2	2,8	1,1	1	1,3	0,46	0,39
TC 2002	8	1,4	0,3	–	0,2	0,14	0,21

Tab. 4/2, cd.

Firma – Typ	Liczba komp.	m_s mm	$ K $ mm	$> k_s$ liczba komp	m_o mm	m_o/m_s	K/m_s
Nikon							
C 100	4	7,0	3,8	–	1,2	0,17	0,54
ND–20F	1	7,0	32,7	–	0,8	0,11	4,67
DTM–A20	3	7,0	0,8	–	0,9	0,13	0,11
DTM 300	12	6,2	1,4	–	1,4	0,23	0,23
DTM 301	1	6,2	0,4	–	1,2	0,19	0,06
DTM 410	4	4,2	0,5	–	0,9	0,21	0,11
DTM 450	2	2,8	3,4	–	0,9	0,32	1,21
Pentax							
PTS–II20F	1	6,2	2,7	–	0,9	0,15	0,44
PCS–2S	1	4,2	0,6	–	1,8	0,42	0,14
PCS 215	1	4,2	3,7	–	1,0	0,24	0,88
Rosja							
Blesk	18	12,0	4,2	–	4,0	0,33	0,35
TA3M	15	6,2	7,7	1	3,0	0,48	1,24
Topaz	1	1,4	82,3	–	1,4	1,00	58,8
SokkiaRED 1	1	7,0	10,2	–	1,9	0,27	1,56
RED 2L	4	6,2	0,4	–	2,6	0,41	0,06
RED mini	58	6,5	4,9	1	2,6	0,40	0,75
RED mini2	50	6,5	7,9	2	2,1	0,32	1,22
RED miniT	1	6,5	2,2	–	1,4	0,21	0,34
SDM 3E/EG/F/FG	5	3,8	24,6	1	1,9	0,50	6,48
SET 2/2B/2C	10	3,8	9,1	–	1,7	0,44	2,39
SET 3/3A/3F/3FG	6	6,2	10,5	–	2,0	0,32	1,69
SET 4	5	6,2	5,7	–	1,9	0,31	0,92
SET 4A/4AS	9	6,2	3,6	–	1,8	0,29	0,58
SET 4B	1	6,2	4,0	–	2,9	0,46	0,65
SET 4C/CII	5	6,2	1,7	–	1,2	0,19	0,27
SET 5	27	7,0	2,0	1	1,9	0,28	0,29
SET 5A	4	6,2	3,3	–	1,4	0,22	0,53
SET 5E	13	6,2	5,1	5	1,3	0,21	0,82
SET 5F	9	5,8	3,2	–	1,3	0,22	0,55
SET 5G	2	5,8	2,5	1	1,4	0,25	0,43
SET 6	6	7,0	2,0	–	1,5	0,21	0,29
SET 6E	6	7,0	3,3	2	2,0	0,29	0,47

Tab. 4/3, cd.

Firma – Typ	Liczba komp.	m_s mm	$ K $ mm	$> k_s$ liczba komp.	m_o mm	m_o/m_s	K/m_s
Topcon							
DM-A5	8	6,2	14,4	–	2,1	0,34	2,32
CTS 1	2	7,0	17,8	1	1,7	0,24	2,54
CTS 2	9	5,0	14,4	2	2,0	0,40	2,88
GTS 1	1		29,9	–	1,4		
GTS 2	1		12,2	–	1,0		
GTS 3B	8	6,2	0,4	–	2,0	0,32	0,06
GTS 4	6	3,8	10,5	–	1,2	0,32	2,76
GTS 6	3	2,8	9,8	–	1,1	0,39	3,50
GTS 202	3	5,0	16,8	2	1,5	0,30	3,36
GTS 212	8	5,0	6,7	1	1,6	0,32	1,34
GTS 213	2	7,0	7,2	–	1,1	0,16	1,03
GTS 300–301	9	2,8	10,7	–	1,7	0,61	3,82
GTS 702/703	4	2,8	2,8	–	0,8	0,29	1,00
ET 1	1	7,0	2,2	–	1,3	0,19	0,31
Wild							
DI 3	16	7,0	4,2	–	3,9	0,56	0,60
DI 3S	9	7,0	2,7	–	2,6	0,37	0,39
DI 4	57	7,0	4,4	–	3,0	0,43	0,63
DI 4L	51	7,0	4,2	2	2,4	0,34	0,60
DI 5	34	3,8	3,0	–	2,6	0,68	0,80
DI 20	1	7,0	0,1	–	1,8	0,17	0,00
DI 1000	238	7,0	7,2	6	2,0	0,29	1,03
CI 410	22	7,0	10,3	–	4,4	0,62	1,47
CI 450	3	7,0	4,5	–	3,6	0,51	0,64
Zeiss – Jena							
EOT 2000	70	10,0	6,4	–	6,2	0,62	0,64
RECOTA	141	5,8	5,7	1	5,8	1,08	0,98
RETA	33	4,8	2,7	4	2,7	0,56	0,56
Zeiss – Opton							
AEM 1200	7	3,8	1,1	–	1,6	0,49	0,29
Eldi 2	49	7,0	9,4	–	4,9	0,70	1,34
Eldi 2M	7	7,0	12,4	3	2,5	0,36	1,77
Eldi 2S	1	7,0	6,6	–	4,0	0,57	0,94
Eldi 3	1		25,9	–	1,3		
Eldi 4	23	6,2	7,1	–	2,5	0,41	1,15
Elta 2	2	5,8	56,5	–	3,3	0,57	9,74
Elta3	1	4,2	30,3	–	3,1	0,74	7,21
Elta 4 (stara)	13	5,8	7,3	1	3,1	0,52	1,26

Tab. 4/4, cd.

Firma – Typ	Liczba komp.	m_s mm	$ K $ mm	$>k_s$ liczba komp	m_o mm	m_o/m_s	K/m_s
Zeiss – Opton cd.							
Elta 5	11	6,2	2,2	–	1,6	0,26	0,35
Elta 6	4	6,2	1,8	–	1,9	0,31	0,29
Elta 40	5	4,2	15,1	–	2,4	0,57	3,60
Elta 46/46R	2	5,8	18,2	–	3,0	0,52	3,14
Elta 50	12	6,2	4,4	2	1,3	0,21	0,71
Elta 50R	3	6,2	3,3	–	1,4	0,22	0,53
RecElta 2 (nowa)	1	2,8	2,7	–	1,5	0,53	0,96
RecElta 4	2	4,2	6,8	–	1,6	0,38	1,62
RecElta 13	1	3,8	0,9	1	0,8	0,21	0,23
RecElta 14	2	3,8	11,0	–	10,8	2,84	0,29
SM 4	2	6,2	7,6	–	3,1	0,50	1,23

Tab. 5/1 Wartości ekstremalne parametrów dokładnościowych pośród pojedynczych dalmierzy eksploatowanych w Polsce

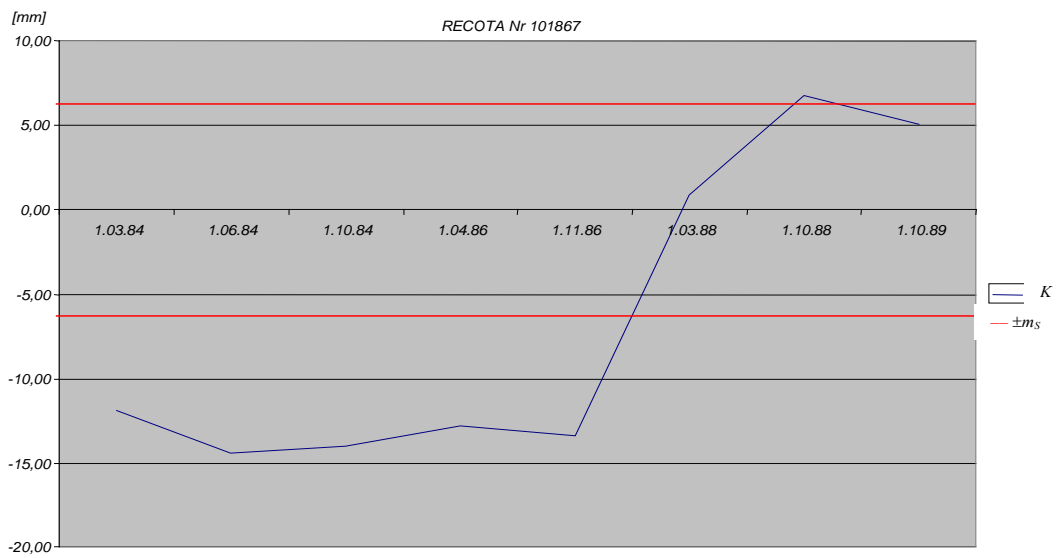
Firma/Typ Ogólna liczba komp.	m_s mm	k_o mm	k_s ppm	m_o mm	m_o/m_s	K/m_s	Uwagi
Geotronics – 163							
Geodimetr 12	7,0	-92,5	–	4,4	0,63	13,21	pryzm. AGA30
„ 12	7,0	-16,0	-15	3,3	0,47	3,14	
„ 710	5,4	-38,2	–	17,5	3,24	7,07	
Kern – 46							
DM 501	7,0	-47,2	–	15,3	2,19	6,74	
DM 501	7,0	-10,1	–	23,1	3,30	1,44	
Leica – 205							
DI 3000	3,4	-3,3	–	3,4	1,00	0,97	pryzm. rzem.
DI 3002	5,4	0,3	12	0,9	0,17	1,17	
TC 800	2,8	18,3	–	0,7	0,25	6,54	
Nikon – 27							
ND-20F	7,0	-32,7	–	0,8	0,11	4,67	pryzm. Omni
DTM 300	6,2	-2,1	–	2,0	0,32	0,34	
Pentax – 3							
PCS-2S	4,2	0,6	–	1,8	0,42	0,14	
PCS 215	4,2	3,7	–	1,0	0,24	0,88	
Rosja – 34							
Blesk	12,0	-3,0	–	6,6	0,55	0,25	
TA3M	6,2	-9,3	-3,5	3,2	0,52	3,76	
Topaz	1,4	-82,3	–	1,4	1,00	58,8	

Tab. 5/2, cd.

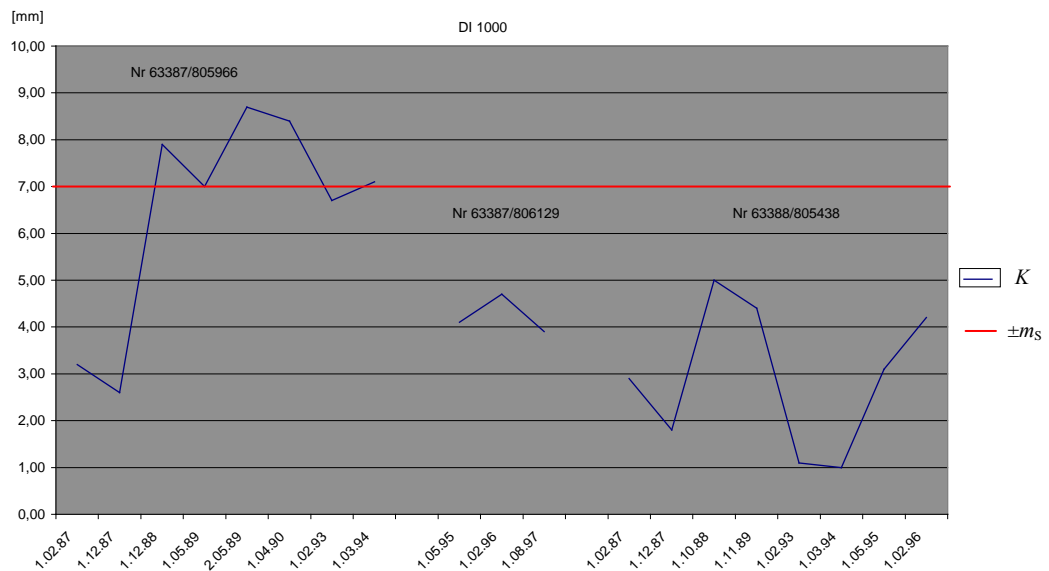
Firma/Typ Ogólna liczba komp.	m_s mm	k_o mm	k_s ppm	m_o mm	m_o/m_s	K/m_s	Uwagi
Sokkia – 222							
SDM 3EG	7,0	-72,4	–	2,2	0,31	10,34	pryzm. Wild
REDmini2	7,0	-3,5	–	10,1	1,44	0,50	
SET 5	7,0	-4,0	23	4,5	0,64	0,74	
Topcon – 65							
DM-A5	6,2	46,7	–	2,5	0,40	7,53	
GTS 212	5,0	-2,8	-18	3,8	0,76	2,00	
CTS 2	5,0	0,0	-20	3,5	0,70	1,60	
Wild – 431							
DI 3	7,0	13,4	–	8,7	1,24	1,91	pryzm. rzem.
DI 4	7,0	0,7	-21	0,7	0,10	1,10	
DI 4L	7,0	-33,3	9	3,0	0,43	4,24	
DI 1000	7,0	36,1	–	2,9	0,41	5,16	
Zeiss-Jena – 244							
EOT 2000	10,0	31,4	–	2,4	0,24	3,14	
EOT 2000	10,0	2,8	–	16,0	1,60	0,28	
Recota	5,8	1,0	-18	6,7	1,16	1,07	
Zeiss-Opton – 149							
Eldi 2	7,0	15,9	–	13,2	1,89	2,27	pryzm. EOK
Eldi 2M	7,0	-1,1	-53	1,6	0,23	3,19	
Elta 40	4,2	-35,4	18	1,8	0,43	6,71	
RecElta 14	3,8	-20,0	–	12,0	3,15	5,26	

Oznaczenia:

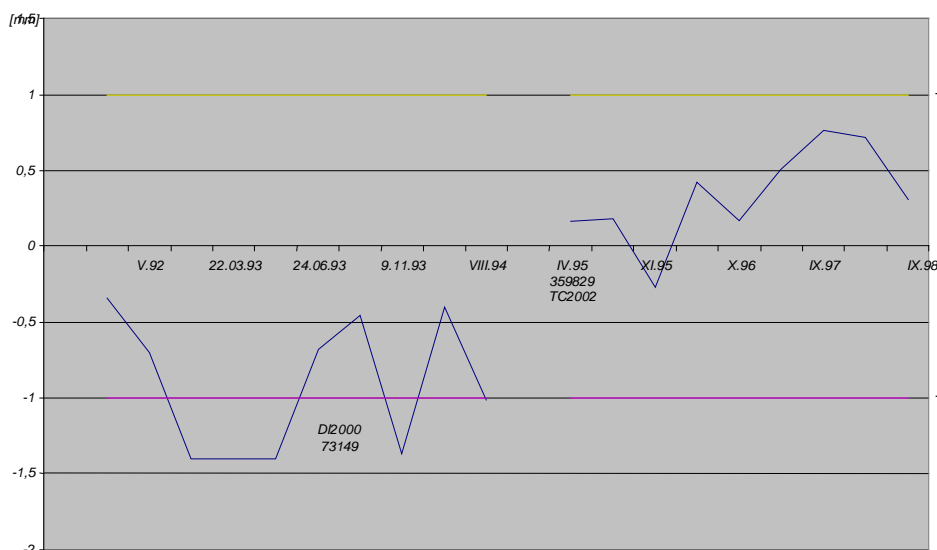
 $K = k_o + k_s$ – całkowita poprawka dalmierza, k_o – stała poprawka dalmierza, k_s – proporcjonalna poprawka dalmierza: ppm \times D.



Rys. 3. Zmienność stałej poprawki K w czasie



Rys. 4. Zmienność stałej poprawki K w czasie



Rys. 5. Zakres wahań najprawdopodobniejszej wartości stałej poprawki K w czasie

4. WNIOSKI

- 1) Aktualnie w użytkowaniu w Polsce znajduje się 135 typów dalmierzy elektrooptycznych, których egzemplarze podlegały komparowaniu, będących na zróżnicowanym poziomie technologicznym, wyprodukowanych przez 11 firm z całego świata.
- 2) Opracowanie banku informatycznego zasobu danych o eksploatowanych dalmierzach daje korzyści w postaci możliwości:
 - opracowania analiz naukowo–technicznych,
 - sprawowania nadzoru metrologicznego.
- 3) Ocenia się, że kontroli metrologicznej poddawanych jest poniżej 20% eksploatowanych dalmierzy. Z liczby tej 80% stanowią kontrole jednokrotne w ciągu całego okresu eksploatacji. Tendencja liczby dalmierzy poddawanych komparacji jest malejąca, wskutek czego nastąpiła redukcja ośrodków krajowej sieci komparacji, spowodowana przyczynami ekonomicznymi, pomimo zwiększającej się liczby dalmierzy użytkowanych w Polsce.

Parametry dokładnościowe dalmierzy są coraz bardziej stabilne, jednak w sposób losowy w wielu egzemplarzach osiągają wartości przekraczające ich błędy standardowe. Na rysunkach przedstawiono kształtowanie się niżej

wymienionych parametrów dokładnościowych dalmierzy poszczególnych firm:

- wartości stałej poprawki K dla dalmierzy firmy Leica (rys. 1);
- wartości błędu średniego pojedynczego pomiaru m_0 dla dalmierzy firmy Zeiss–Opton (rys. 2);
- średnich relacji między wartością poprawki dalmierzy K oraz błędu pojedynczego pomiaru m_0 do ich błędów standardowych m_s dla wszystkich badanych dalmierzy (rys. 6).

Rysunki te orientują co do wielkości i częstości zachowywania bądź przekraczania błędu standardowego przez poszczególne egzemplarze dalmierzy oraz w zestawieniu porównawczym między firmami je produkującymi.

Syntezą wyszczególnionych w raportach parametrów dokładnościowych poszczególnych egzemplarzy dalmierzy zgeneralizowanych w tablicy 4 dla typów dalmierzy jest graficzny obraz zamieszczony na rys.6, na którym pogrupowano wyniki dla poszczególnych firm.

Niezawodna praca dalmierza, cechująca się tym, że wyniki jego pomiarów zawierają się w deklarowanym przez producenta błędzie standardowym, stanowi podstawowy warunek użytkowania. Stała i proporcjonalna poprawka dalmierza powinna być kontrolowana w każdym egzemplarzu, gdyż nieświadome bądź świadome jej pominięcie powoduje wyrażenie zgody na wykonywanie pomiarów z błędem systematycznym. W analizowanym zbiorze około 1600 komparacji zilustrowanym na rysunku 6 dla poszczególnych firm, gdzie wyrażono wielkość stosunku występowania stałej poprawki do błędu standardowego, można wyselekcjonować firmy produkujące, w których stosunek ten można pogrupować w trzech klasach wartości:

I klasa (dalmierze niezawodne) dla wartości $K/m_s \leq 0,5$

II klasa (dalmierze dobre) dla wartości $0,5 < K/m_s \leq 1,0$

III klasa (dalmierze mierne) dla wartości $K/m_s > 1,0$

Jak widać na rysunku 6, do klas tych można zaliczyć wymienione dalmierze następujących firm:

I klasa – dalmierze niezawodne – firm Leica, Nikon, Pentax

II klasa – dalmierze dobre – firm Sokkia, Wild, Zeiss–Jena

III klasa – dalmierze mierne – firm Geotronics, Kern, rosyjskie, Topcon i Zeiss–Opton; na wyniki tej klasy wpływają typy dalmierzy starszych generacji, chociaż firmy te produkują również dalmierze nowoczesne, np. Geotronics Geodimetr 610 lub Topcon GTS 700, ale są to pojedyncze, mało popularne u nas egzemplarze.

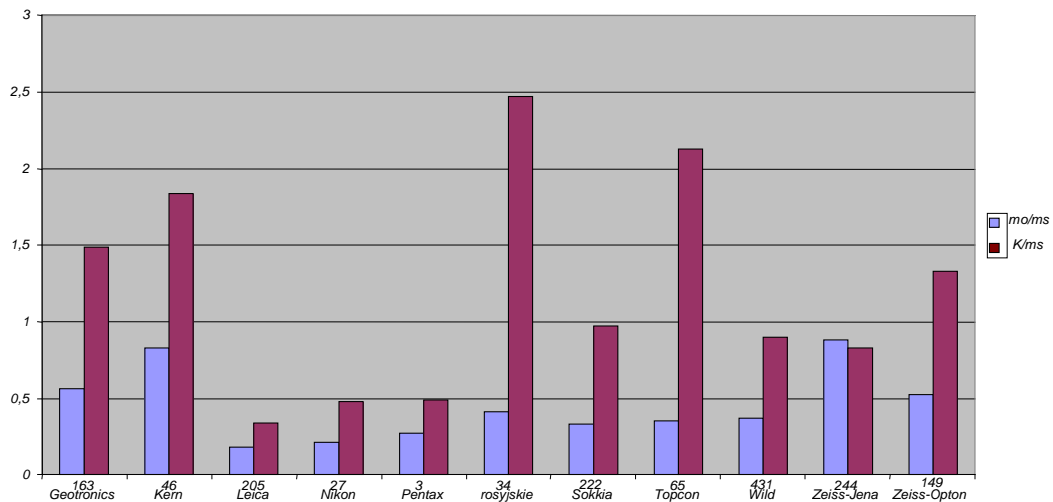
Uzupełniającą klasyfikacją jakości dalmierzy może być ocena wielkości stosunku błędu pojedynczego pomiaru do błędu standardowego m_0/m_s . Ta klasyfikacja charakteryzuje dokładność wewnętrzną dalmierza, jego stopień powtarzalności wyników. W klasyfikacji tej są dwie grupy dalmierzy (na podstawie rys. 6):

grupa A dla $m_0/m_s \leq 0,5$

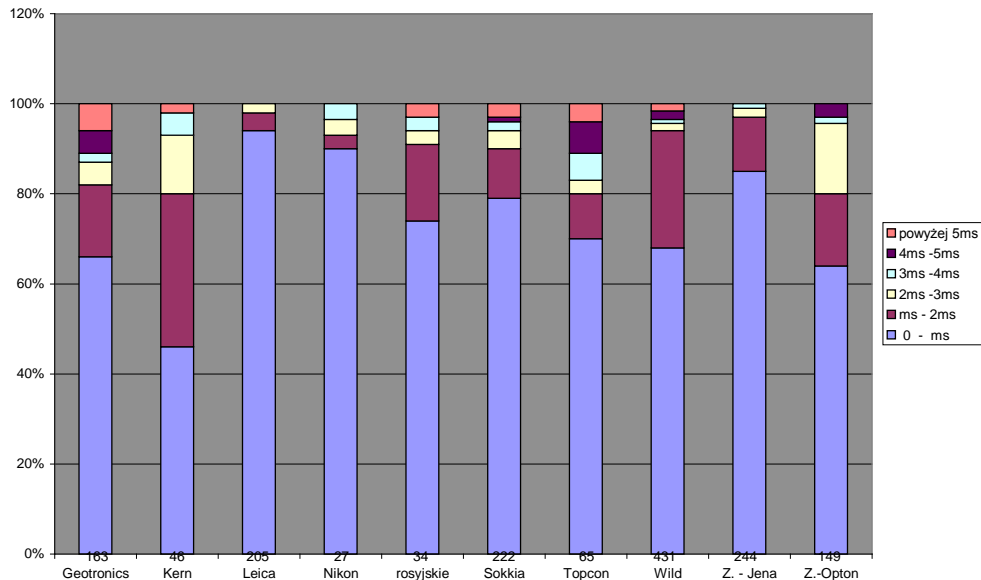
grupa B dla $0,5 < m_0/m_s < 1,0$

W grupie A znajduje się znaczna większość dalmierzy firm Leica, Nikon, Pentax, rosyjskie, Sokkia, Topcon i Wild.

W grupie B znalazły się dalmierze firm Geotronics, Kern, Zeiss-Jena i Zeiss-Opton (Oberkochen).



Rys. 6. Wykres średnich relacji K/m_s oraz m_0/m_s występujących w zbiorze skomparowanych dalmierzy



Rys. 7. Częstość przekraczania wielokrotności błędu standardowego przez wartość stałej poprawki dalmierza K w zbiorze skomparowanych dalmierzy

- 4) W ocenie potrzeby wykonywania komparacji dalmierzy charakterystyczną wielkością jest procentowa częstość przekraczania wielokrotności błędu standardowego m_s przez wartość poprawki dalmierza K , uzyskaną w wyniku wszystkich analizowanych komparacji (około 1600). Wielkości te przedstawiono na rysunku 7 dla wszystkich firm, z wyjątkiem firmy Pentax, gdyż liczbę wykonanych komparacji dalmierzy tej firmy (3 sztuki) uznano za niewystarczającą do porównań. Z rysunku 7 wylania się klasyfikacja dalmierzy pod względem stabilności tego podstawowego parametru metrologicznego, którym jest stała poprawka dalmierza. Przyjmując nieprzekraczanie pojedynczego błędu standardowego m_s przez poprawkę dalmierza K , klasyfikacja firm ma przedstawioną kolejność:

1. Leica	(spośród 205 komparacji)	94 %	nie przekracza błędu standardowego m_s
2. Nikon	" 27	" 90 %	"
3. Zeiss Jena	" 244	" 85 %	"
4. Sokkia	" 222	" 79 %	"
5. rosyjskie	" 34	" 74 %	"
6. Topcon	" 65	" 70 %	"
7. Wild	" 431	" 68 %	"
8. Geotronics	" 163	" 66 %	"
9. Zeiss Opton	" 149	" 64 %	"
10. Kern	" 46	" 46 %	"

Z rysunku 7 widać, że w zbiorze najlepszej firmy (Leica) znajdują się dalmierze, których poprawka mieści się dopiero w potrójnej wartości błędu standardowego m_s , ale w większości firm są dalmierze przekraczające 5-krotną wartość błędu m_s . Wniosek stąd wypływający jest jednoznaczny: każdy dalmierz, jako narzędzie geodezyjne, powinien być poddany kontroli metrologicznej.

LITERATURA:

- [1] A. Płatek: *Elektroniczna Technika Pomiarowa w Geodezji*. AGH, Kraków 1995.
 [2] J.W. Wasilewski: *Metoda i urządzenie do bezinwazyjnej kontroli dalmierzy elektrooptycznych*. Prace IGiK t. 41, z. 89/1994.

*ANDRZEJ TORUŃSKI***EVALUATION OF QUALITY OF ELECTRONIC DISTANCE METERS THROUGH RESULTS OF THEIR CALIBRATION****A b s t r a c t**

Computer database, containing metrological characteristics of ca. 900 electronic distance meters (EDM's), produced by 11 world companies, which were tested on comparator's bases in Poland, was prepared at the Department of Geodesy, Institute of Geodesy and Cartography. About 1600 calibrations were analyzed and technical data were selected, which are needed for calculating relations between mean error of single measurement m_0 and its standard error m_s (as declared by producer), as well as for determining relations between corrections of distance meter K and its standard error m_s . These data served for evaluation of quality of distance meters produced by various companies. The evaluation was based on determination, how frequently occur different values of m_0/m_s and K/m_s . Moreover, the analysis was aimed at examination of changes of distance meter's correction K in time, which characterizes stability of results of measurements. The conclusions drawn from this analysis confirm need of testing each distance meter on field comparator, in order to ensure:

- national metrological standard,
- control of initial values, entered to distance meter memory, e.g. fixed corrections of distance meter, mirror corrections, used scale coefficients (atmospheric, projection, etc.),
- check of affecting the measured distances by use of untypical distance meter fittings, for instance mirrors, mirror carriers, carriers of mounts-on EDM, etc.

Translation: Zbigniew Bochenek

*АНДЖЕЙ ТОРУНЬСКИ***ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ ДАЛЬНОМЕРОВ В СВЕТЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИХ КОМПАРИРОВАНИЯ****Р е з ю м е**

В Отделе геодезии ИГиК (Института геодезии и картографии) разработана информационная база данных, содержащая метроло-

гическую характеристику около 900 дальномеров производства 11 мировых фирм, которые были подданы тестовому обследованию на компарировочных базах в Польше. Проанализировано около 1600 результатов компарирования, из которых были селекционированы данные технического характера, необходимые для вычисления соотношений средней квадратической ошибки одиночного измерения m_0 с заявленной производителем стандартной ошибкой m_s , и также реляции поправок дальномера K к его стандартной ошибке m_s . Эти данные использовались для оценки качества дальномеров разных фирм, опирающейся на установлении с какой частотой выступают разные величины m_0/m_s и K/m_s . Кроме того предметом анализа было исследование изменений поправок дальномера K во времени, что является дискриминантом стабильности результатов измерения дальномером. Выводы, вытекающие из работы, подтверждают необходимость тестирования каждого дальномера на полевом базисе, чтобы гарантировать:

- отечественный метрологический стандарт,
- контроль выходных установок, вводимых в память дальномера, например, постоянные поправки дальномера, поправки зеркала, введённые коэффициенты шкалы (атмосферные, проекционные и т.п.), линейные эксцентры,
- контроль влияния на измеренные расстояния применённого нетипичного оборудования дальномера, как, например, зеркал, носителей зеркал, носителей дальномерных насадок и т.д.

Перевод: Роза Толстикова