

**PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP**

Al. Jerozolimskie 202

02-222 Warszawa

Telefon 23-70-81

Zakład Pomiaru Ciśnienia i Temperatury

074

A

Główny wykonawca inż. Wiesław Juzwa

Wykonawcy Edward Chmielewski, Jan Chodakowski,
Jerzy Piekarski, Helena Sobstel

Konsultant

Nr zlecenia

U-22.02.03

Zunifikowane termometry
manometryczne /gazowe/.

Etap V. Wykonanie i badania laboratoryjne
partii prototypowej termometrów gazowych
z kapilarą odległościową z bezprzewodową
kompensacją wpływu zmian temperatury
otoczenia na wskazania termometrów.

Zlecniodawca praca objęta problemem węzłowym 06.1

Pracę rozpoczęto dnia 3.01.1983r

zakończono dnia 28.12.83r

Kierownik Zakładu

DYREKTOR

prof. dr inż. St. Dwojak

inż. W. Juzwa

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 15

Egz. 1 MERA-PIAP-BOINTE

rysunków -

Egz. 2 MERA-KFM

fotografii -

Egz. 3 MERA-PIAP-DPP

tabel -

Egz. 4 MERA-PIAP-DPP

tablic 7

Egz. 5

załączników -

Egz. 6

Nr rejestr. 5180

Analiza deskryptorowa

TERMOMETRY MANOMETRYCZNE: BADANIA PARTII PROTOTYPOWEJ

Analiza dokumentacyjna

W sprawozdaniu zamieszczono wyniki i wnioski z badań partii prototypowej termometrów manometrycznych gazowych z bezprzewodową kompensacją wpływu zmian temperatury otoczenia na wskazania termometrów.

Tytuły poprzednich sprawozdań

- Etap 1. Opracowanie, budowa i badanie modeli /Nr rej. 2498/
- Etap 2. Założenia /Nr rej. 2621/
- Etap 3.1. Dobór ciśnień początkowych napełniania gazem prototypów układów manometrycznych /Nr rej. 2809/
- Etap 4.1. Opracowanie, budowa i badania prototypów termometrów gazowych bez kapilary odległościowej opartych na termometrach manometrycznych rtęciowych /Nr rej. 2910/
- Etap 4.2. Opracowanie, budowa i badanie prototypów termometrów gazowych z kapilarą odległościową /Nr rej. 4535/
- Etap 4.3. Wprowadzenie zmian do prototypów z kapilarą odległościową i powtórne badania prototypów
- Etap 4.5. Analiza możliwości wykonania w kraju lub zakupu w krajach socjalistycznych przyrzędu do wykrywania mikronieszczelności układów manometrycznych termometrów gazowych /Nr rej. 4906/
- Etap 5.2.a. Opracowanie programu badań pełnych partii próbnej termometrów bez kapilary odległościowej obejmującego parametry techniczne i metodykę badań /Nr rej. 4566/
- Etap 5.4.a. Opracowanie analizy ekonomicznej opłacalności produkcji termometrów bez kapilary odległościowej /Nr rej. 4560/
- Etap 6.3.a. Badania pełne wybranych z partii próbnej termometrów oraz protokołów z badań zawierający wyniki, wnioski i zalecenia z badań oraz ocenę poziomu jakości partii próbnej termometrów bez kapilary odległościowej /Nr rej. 4690/
- Etap 4.4. Opracowanie, wykonanie i badania prototypów termometrów gazowych z kapilarą odległościową z bezprzewodową kompensacją wpływu zmian temperatury otoczenia na wskazania termometrów. /Nr rej. 4944/

Program badań eksploatacyjnych partii informacyjnej termometrów
manometrycznych gazowych bez kapilary odległościowej /Nr rej. 4602/

1. Wstęp

1.1. Przedmiot pracy. Przedmiotem pracy jest realizacja etapu V „Wykonanie i badania laboratoryjne partii prototypowej termometrów gazowych z kapilarą odległościową z bezprzewodową kompensacją wpływu zmian temperatury otoczenia na wskazania termometrów” tematu U-22.02.03 „Zunifikowane termometry manometryczne /gazowe/”.

1.2. Podstawa wykonania pracy. Pracę przeprowadzono na podstawie harmonogramu prac tematu U-22.02.03 „Zunifikowane termometry manometryczne /gazowe/”.

1.3. Cel pracy. Celem pracy jest ocena jakości partii prototypowej termometrów manometrycznych gazowych z kapilarą odległościową oraz możliwości podjęcia ich produkcji przez Kujawską F-kę Manometrów MERA-KFM.

1.4. Dokumenty i urządzenia podstawowe wykorzystane przy realizacji pracy.

1.4.1. Uzgodniony projekt Polskiej Normy PN-83/M-42356.

Termometry manometryczne zwykłe /norma obowiązuje od 1.07.1984r/.

1.4.2. Polska Norma PN-80/M-42020 Automatyka i pomiary przemysłowe. Urządzenia. Ogólne wymagania i badania.

1.4.3. Polska Norma PN-73/E-04550.05 Wyroby elektrotechniczne. Próby środowiskowe. Próba E. Udry mechaniczne.

1.4.4. Polska Norma PN-73/E-04550.06 Wyroby elektrotechniczne. Próby środowiskowe. Próba F_c - wibracje sinusoidalne.

1.4.5. Termostaty cieczowe produkcji NRD oraz krajowe w tym również opracowane i wykonane w MERA-PIAP.

1.4.6. Powietrzne komory termostatyczne.

1.4.7. Kontrolny termometr cyfrowy /kwarcowy/ typu HP2801A firmy Hewlett-Packard.

1.4.8. Kontrolne termometry szklane.

1.4.9. Wstrząsarka wibracyjna typu ST-3000.

1.4.10. Wstrząsarka uderowa typu SPS-80.

2. Wykonanie partii prototypowej

2.1. Wykonawca partii prototypowej. Wykonawcą partii prototypowej termometrów gazowych jest Kujawska F-ka Manometrów MERA-KFM we Włocławku.

2.2. Ilość termometrów partii prototypowej. MERA-KFM wykonała i przekazała MERA-PIAP do badań laboratoryjnych 30 sztuk termometrów partii prototypowej, o klasie dokładności 2,5. Wykaz termometrów podano w tablicy 1.

3. Badania laboratoryjne partii prototypowej

3.1. Wykonawca badań laboratoryjnych partii prototypowej.

Badania laboratoryjne partii prototypowej termometrów gazowych zostały przeprowadzone w Zakładzie Pomiaru Ciśnienia i Temperatury oraz w Centralnej Stacji Prób Ośrodka Badań Niezawodności i Jakości MERA-PIAP.

3.2. Program badań laboratoryjnych. Badania laboratoryjne przeprowadzono w oparciu o projekt Polskiej Normy PN-83/M-42356 Termometry manometryczne wskazówkowe zwykłe.

Termometry partii prototypowej ~~poddano~~ poddano niżej wymienionym sprawdzeniom:

- 1/ oględziny zewnętrzne,
- 2/ sprawdzenie wymiarów zewnętrznych,
- 3/ sprawdzenie materiałów /dokonała MERA-KFM/,

- 4/ sprawdzenie przesłaniania kresek podziałki i wychylenia wskazówki,
- 5/ sprawdzenie płynności ruchu wskazówki,
- 6/ sprawdzenie błędów podstawowych wskazań i histerezy pomiarowej,
- 7/ sprawdzenie zmienności wskazań,
- 8/ sprawdzenie odporności na suche gorąco,
- 9/ sprawdzenie odporności na zimno,
- 10/ sprawdzenie odporności na wibracje sinusoidalne,
- 11/ sprawdzenie wytrzymałości na wibracje sinusoidalne,
- 12/ sprawdzenie stałej czasowej,
- 13/ sprawdzenie wytrzymałości na przeciążenie,
- 14/ sprawdzenie wytrzymałości na narażenia mechaniczne występujące podczas transportu,
- 15/ oględziny wewnętrzne,
- 16/ sprawdzenie wymiarów wewnętrznych.

Nie przeprowadzono sprawdzeń:

- a/ wytrzymałości na zimno,
- b/ wytrzymałości na suche gorąco,
- c/ odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe,
- d/ wytrzymałości czujnika na ciśnienie,
- e/ stopnia ochrony obudowy,
- f/ wytrzymałości kapilary na przeginanie,

gdyż przyjęto za miarodajne pozytywne wyniki sprawdzeń przeprowadzonych w etapie 6.3a „Badania pełne wybranych z partii próbnej termometrów oraz protokołów z badań zawierający wyniki, wnioski i zalecenia z badań oraz ocenę poziomu jakości partii próbnej termometrów gazowych bez kapilary odległościowej” /dotyczy p-któw a, b, c, d, e/ oraz fakt, że wytrzymałość kapilary na przeginanie była już niejednokrotnie sprawdzana, gdyż jest to kapilara stosowana od wielu lat przez MERA-KFM ze skutkiem pozytywnym w produkcji termometrów manometrycznych rtęciowych./dotyczy p-ktu f/.

Wyniki sprawdzeń narażeń wymienionych wyżej w p-ktach a + e zawarte są w sprawozdaniu MERA-PIAP nr rejestr. 4690 z realizacji etapu 6.3a tematu U-22.02.03 „Zunifikowane termometry manometryczne /gazowe/”.

4. Wyniki, analiza i ocena wyników badań

4.1. Oględziny zewnętrzne, sprawdzenie wymiarów zewnętrznych oraz sprawdzenie przesłaniania kreski podziałki i wychylenia wskazówki wykazały spełnienie wymagań z wyjątkiem powierzchni zewnętrznej czujnika, która w wielu czujnikach posiada zadrapania powłoki malarskiej. Wyniki sprawdzeń są pozytywne z wyjątkiem oględzin zewnętrznych.

4.2. Sprawdzenie płynności ruchu wskazówki wykazało, że w szeregu termometrach ruch wskazówki nie jest płynny co świadczy o nadmiernym tarciu w mechanizmie przekładniowym. Wynik sprawdzenia negatywny.

4.3. Sprawdzenie błędów podstawowych wskazań i histerezy pomiarowej. Wyniki sprawdzeń podane są w tablicach 2, 3 i 4.

a/ termometry o zakresie wskazań $0 + 100^{\circ}\text{C}$ spełniają wymagania dla klasy:

- 1 - jeden termometr,
- 1,6 - jeden termometr,
- 2,5 - cztery termometry,
- 4 - trzy termometry
- 6 - jeden termometr

Termometry powinny spełniać wymagania co najmniej dla klasy 2,5, w związku z czym należy uznać wynik pozytywny sprawdzenia dla sześciu termometrów i negatywny dla czterech termometrów. W związku z powyższym ogólny wynik sprawdzenia termometrów o zakresie wskazań $0 + 100^{\circ}\text{C}$ jest negatywny. Analiza błędów wskazań i histerezy pomiarowej termometrów dla których wynik sprawdzenia jest negatywny wykazuje, że przyczyną niespełnienia jest zwykle nieznaczne przekroczenie wymagań w jednym p-kcie pomiarowym /np. w termometrze nr 83.11.2. przekroczenie dopuszczalnej wartości błędu podstawowego wskazań nastąpiło przy 100°C i wynosi ono zaledwie $0,5^{\circ}\text{C}$ / „Przebiecie” wskazówki /zmiana położenia wskazówki na osi/ wyeliminowałaby błędy przekraczające granice dopuszczalne i wówczas osiem termometrów spełniałoby wymagania. Dwa termometry /nr nr 83.11.1 i 83.11.8/

mają histerezę pomiarową przekraczającą granice dopuszczalne i operacja przebicia wskazówki nie przyczyni się do uzyskania pozytywnego rezultatu.

Zwraca uwagę fakt, że większość błędów ma znak ujemny. Jest to spowodowane warunkami regulacji, które panują w MERA-KFM. Regulacja odbywała się w temperaturach wyższych od obowiązującej temperatury odniesienia. Spowodowane to zostało brakiem odpowiednich urządzeń eliminujących wpływ ciepła wydzielonego przez termostaty. Termostaty w postaci otwartych dużych zbiorników wydzielają ciepło, które oddziaływało zarówno na mierniki jak i kapilary termometrów umieszczonych nad termostatami, co powodowało zawyżenie wskazań, a podczas badań w MERA-PIAP w warunkach odniesienia termometry miały заниżone wskazania w stosunku do temperatury poprawnej /ujemne błędy wskazań/. Powyższe warunki nie pozwalają przeprowadzać regulacji w MERA-KFM zgodnie z obowiązującymi wymaganiami.

Powodem przekroczenia granicy dopuszczalnej histerezy pomiarowej w dwóch termometrach jest nadmierne tarcie w mechanizmie przekładniowym. Uwidacznia to np. duża histereza pomiarowa w termometrze nr 83.11.1 co spowodowało zakwalifikowanie termometru do klasy 6. Powodem dużego tarcia jest przede wszystkim wadliwe wykonywanie przez MERA-KFM /niezgodnie z dokumentacją konstrukcyjną/ zespołów sprężyny rurkowej Z15.12 /wg dokumentacji MERA-KFM/.

Właściwie każdy zespół jest inaczej wykonany pod względem kształtu geometrycznego i wymiarów co powoduje, że płytką cz. 10a /wg dokumentacji SK-413a MERA-PIAP/ przenoszącą odkształcenie pomiarowe zespołu sprężyny rurkowej Z15.13 do mechanizmu przekładniowego, nie jest usytuowana równolegle do zespołu wycinka Z2.43 /wg dokumentacji MERA-KFM/ w płaszczyźnie ruchu zespołu wycinka Z2.43. W każdym termometrze płytką 10a jest inaczej usytuowana a usuwanie nadmiernego tarcia jest dokonywane w MERA-KFM poprzez wyginanie łączników łączących zespół wycinka Z2.43 z kompensatorem temperatury cz. 7 /wg dokumentacji SK-413a MERA-PIAP/, co jak wykazały badania nie zawsze daje pozytywne rezultaty. Zwiększone siły tarcia powodują również

nieznaczne wyginanie się ramion kompensatora temperatury, co utrudnia regulację wskazań termometrów. Niewłaściwe wykonstwo zespołu sprężyny rurkowej Z15.12 stwarza ponadto niebezpieczeństwo tarcia kompensatora temperatury o podzielną. W szeregu termometrach MERA-KFM dla ratowania sytuacji stosowała podkładki między podzielną a oprawą obudowy celem odsunięcia podzielną od kompensatora. Przy dotrzymaniu przez MERA-KFM wymiarów zgodnych z rysunkami konstrukcyjnymi minimalny luz między kompensatorem a podzielną powinien wynosić 1,6 mm a maksymalny 3,8 mm, co całkowicie eliminuje niebezpieczeństwo tarcia kompensatora o podzielną.

b/ termometry o zakresie wskazań $0 + 150^{\circ}\text{C}$ spełniają wymagania dla klasy:

1,6 - trzy termometry,

2,5 - pięć termometrów

4 - jeden termometr /nr 83.11.15/

- jeden termometr /nr 83.11.20/ miał b. duży błąd w temp. 150°C , wynoszący -17°C , w wyniku niewłaściwej regulacji wskazań w MERA-KFM.

W pozostałych p-ktach pomiarowych błędy podstawowe wskazań były małe i nie przekraczały $1,5^{\circ}\text{C}$ a więc były w klasie 1. Wynik pozytywny sprawdzenia jest dla ośmiu termometrów a negatywny dla dwóch termometrów. W związku z powyższym ogólny wynik sprawdzenia termometrów o zakresie wskazań $0 + 150^{\circ}\text{C}$ jest negatywny.

Błędy podstawowe wskazań termometru nr 83.11.15 wskazują, że „przebiecie” wskazówki o $1,5^{\circ}\text{C}$ w kierunku zmniejszenia błędów ujemnych pozwoli na utrzymanie właściwości metrologicznych termometru w klasie dokładności 2,5.

c/ termometry o zakresie wskazań $0 + 250^{\circ}\text{C}$ spełniają wymagania dla klasy:

2,5 - jeden termometr,

4 - trzy termometry,

6 - dwa termometry

- cztery termometry mają b. duże błędy podstawowe wskazań i dużą histerezę pomiarową /patrz tablica 4/ przekraczające klasę dokładności 6.

Wynik sprawdzenia jest pozytywny dla jednego termometru i negatywny dla dziewięciu termometrów. W związku z powyższym ogólny wynik sprawdzenia termometrów o zakresie wskazań $0 + 250^{\circ}\text{C}$ jest negatywny.

Analiza błędów podstawowych wskazań termometrów o zakresie wskazań $0 + 250^{\circ}\text{C}$ wykazuje, że przyczyną niespełnienia wymagań jest niewłaściwa regulacja wskazań termometrów dokonana przez MERA-KFM oraz duże tarcie w mechanizmie przekładniowym. Jak się okazało, MERA-KFM nie dysponuje obecnie termostatem o zakresie temperatury do 250°C . Regulacja wskazań dla tych termometrów przeprowadzona była tylko w dwóch punktach pomiarowych a mianowicie w 0°C i 150°C i prawie wszystkie termometry tego zakresu mają duże błędy wskazań w 250°C natomiast do 150°C mają w większości przypadków małe błędy wskazań.

Przyczyną dużej histerezy pomiarowej w niektórych termometrach jest duże tarcie w mechanizmie przekładniowym.

Przyczyny dużego tarcia podano wyżej w p-kcie a/.

4.4. Sprawdzenie zmienności wskazań. Sprawdzenie zmienności wskazań przeprowadzono na trzech termometrach o zakresie wskazań od 0 do 100°C . Wyniki sprawdzenia podane są w tablicy 5. Jeden termometr /nr 83.11.3/ spełnia wymagania dla klasy 2,5, pozostałe dwa termometry spełniają wymagania dla klasy dokładności 4. Należy jednak podkreślić, że wartość dopuszczalna zmienności wskazań dla klasy 2,5 została przekroczona w dwóch termometrach nieznacznie /o $0,2^{\circ}\text{C}$ /, co jest w granicach błędu odczytu i to tylko w jednym p-kcie pomiarowym w termometrze nr 83.11.5 i w dwóch p-ktach pomiarowych w termometrze nr 83.11.6.

W związku z powyższym wynik sprawdzenia uznaje się za pozytywny.

4.5. Sprawdzenie odporności na suche gorąco i na zimno. Wynik sprawdzenia podano w tablicy 6.

Tablica 6 zawiera błędy dodatkowe wskazań Δ spowodowane zmianą temperatury otoczenia miernika i kapilary od temperatury odniesienia 20°C do temperatury 40°C przy sprawdzeniu odporności na suche gorąco i do temperatury 5°C przy sprawdzeniu odporności na zimno.

W tablicy 6 podano również wymiary ramion czynnych „a” i „b” kompensatora /nr cz. 7 wg dokumentacji SK-413a MERA-PIAP/ wpływu zmian temperatury otoczenia na wskazania termometrów. Wymiary „a” i „b” określone są w dokumentacji SK-413a MERA-PIAP na rysunku zespołu mechanizmu Zsp-1.

Należy podkreślić, że projekt Polskiej Normy PN-83/M-42356 na podstawie której przeprowadzono badania nie określa wymagań co do wartości błędu dodatkowego Δ spowodowanego zmianą temperatury otoczenia miernika i kapilary. Wg w/w projektu PN jak i normy RWPG „ST SEW 3580-82 URS. Termometry manometryczne. Ogólne wymagania techniczne” błąd dodatkowy Δ powinien ustalić wytwórca termometrów.

- W/w projekt PN jak i również w/w norma RWPG ustalają natomiast wartość dopuszczalną błędu dodatkowego Δ dla termometrów manometrycznych bez kapilary odległościowej.

Zmiana temperatury otoczenia ma większy wpływ na wskazania termometrów z kapilarą odległościową niż na wskazania termometrów bez kapilary odległościowej ponieważ w termometrach z kapilarą odległościową powiększa się objętość ^{„przestrzeni”} „szkodliwej” termometru o objętość wynikającą z objętości wewnętrznej kapilary.

Gdyby przyjąć wartość dopuszczalną błędu dodatkowego Δ dla badanych termometrów jako równą wartości dopuszczalnej określonej w w/w projekcie PN dla termometrów bez kapilary odległościowej wówczas wyniesie ona $\pm 2,3\%$ zakresu wskazań przy zmianie temperatury otoczenia od temperatury odniesienia 20°C do 40°C i $\pm 2\%$ zakresu wskazań przy zmianie temperatury otoczenia od temperatury odniesienia 20°C do 5°C .

Analiza błędów dodatkowych Δ zawartych w tablicy 6 wskazuje, że na 52 punkty pomiarowe ~~całk~~ w 40 punktach pomiarowych wartość błędu dodatkowego nie przekracza w/w wartości dopuszczalnych. Należy jednak przy tym podkreślić, że stosunkowo duże wartości błędów dodatkowych Δ dla termometrów o zakresie wskazań $0 + 250^{\circ}\text{C}$ i o nr nr 83.11.24 i 83.11.27 wynikają z niewłaściwego montażu kompensatora /zbyt mały wymiar „b” kompensatora - wg dokumentacji powinien on wynosić 32 mm a wartość pomierzona wymiaru „b” wynosi 28,6 mm/.

Biorąc powyższe pod uwagę proponuje się przyjęcie wartości dopuszczalnej błędu dodatkowego Δ przy zmianie temperatury otoczenia o 20°C jako równej $\pm 3,0\%$ zakresu wskazań czyli $\pm 0,15\%$ zakresu wskazań na 1°C zmiany temperatury otoczenia. Stąd wartość dopuszczalna błędu dodatkowego Δ przy zmianie temperatury otoczenia od 20°C do 5°C /zmiana o 15°C / wyniesie $\pm 2,3\%$.

Przyjmując te wartości za obowiązujące stwierdza się, że na 52 p-kty pomiarowe zawarte w tablicy 6, 46 punktów pomiarowych spełniają wymagania. Pomijając błędy dodatkowe Δ dla termometrów o zakresie wskazań $0 + 250^{\circ}\text{C}$ z przyczyn podanych wyżej tylko w trzech p-ktach pomiarowych przekroczone są przyjęte wartości dopuszczalne błędu $\Delta \pm 3\%$ i $\pm 2,3\%$ zakresu wskazań. Należy jednak podkreślić, że podane w tablicy 6 wartości błędów dodatkowych dla termometrów o zakresach wskazań $0 + 100^{\circ}\text{C}$ i $0 + 150^{\circ}\text{C}$ uzyskano po zmianie wymiaru „b” ramienia czynnego kompensatora temperatury w trakcie badań.

Zmiany te przedstawiły się jak niżej.

Termometry o zakresie $0 + 100^{\circ}\text{C}$

W termometrze nr 83.11.7 wymiar „b” zmieniono z 31,7 mm na 28,4mm
" nr 83.11.8 " " " " 31,2mm na 28,0mm
" nr 83.11.10 wymiaru „b” nie zmieniono, wynosi on 31,4 mm.

Termometry o zakresie $0 + 150^{\circ}\text{C}$

W termometrze nr 83.11.13 wymiar „b” zmieniono z 30,0mm na 28,0mm
" nr 83.11.15 " " " " 32,0 mm na 26,5mm
" nr 83.11.18 " " " " 32,4mm na 28,2mm

Ustalony w toku poprzednich prac wymiar „b” dla badanych termometrów przedstawia się jak niżej:

zakres $0 + 100^{\circ}\text{C}$, kapilara o długości 10 m, b = 33 mm
zakres $0 + 150^{\circ}\text{C}$, " " " b = 32 mm
zakres $0 + 250^{\circ}\text{C}$, " " 25 m, b = 32 mm

Przyczyną konieczności zmiany wymiaru „b” dla uzyskania małych błędów dodatkowych Δ spowodowana jest przede wszystkim różnymi objętościami „przestrzeni szkodliwej” w sprężynie rurkowej /Boyss’a/, gdyż jak to podano wyżej w p-ktcie 4.3 każdy zespół sprężyny rurkowej Z15.12 jest w zasadzie inaczej wykonany

pod względem kształtu geometrycznego i wymiarów. Przy produkcji termometrów gazowych niezbędne jest uzyskanie powtarzalnych zespołów sprężyny rurkowej zarówno pod względem kształtu geometrycznego jak i wymiarów /zachowanie kształtu i wymiarów określonych rysunkiem konstrukcyjnym/.

4.6. Sprawdzenie odporności i wytrzymałości na wibracje sinusoidalne. Sprawdzenie przeprowadzono dla lokalizacji N_1 wg PN-80/M-42020, dla której częstotliwość zawarta jest w granicach od 10 do 55 Hz a amplituda przemieszczenia wynosi 0,15 mm. Podczas badań przyjęto rozszerzony zakres częstotliwości a mianowicie od 5 do 55 Hz.

Wyniki sprawdzenia odporności na wibracje sinusoidalne dotyczące błędu dodatkowego wskazań oraz amplitudy drgań wskazówki podane są w tablicy 7.

Wyniki sprawdzenia są pozytywne dla wszystkich sprawdzanych p-któw pomiarowych z wyjątkiem dwóch p-któw pomiarowych w termometrze o nr 83.11.6; a mianowicie w 50% zakresu wskazań przy częstotliwości 40 Hz nastąpiło nieznaczne przekroczenie wartości dopuszczalnej błędu dodatkowego wskazań /o $0,5^{\circ}\text{C}$ / oraz w 70% zakresu wskazań przy częstotliwości 30 Hz nastąpiło przekroczenie wartości błędu dodatkowego o 1°C .

W trakcie sprawdzania nie stwierdzono występowania efektów wibracyjnych.

Po sprawdzeniu odporności na wibracje sinusoidalne przeprowadzono próbę wytrzymałości na wibracje sinusoidalne zgodnie z projektem PN-83/M-42356, po której sprawdzono błędy podstawowe wskazań, histerezę pomiarową oraz płynność ruchu wskazówki. Stwierdza się spełnienie wymagań dotyczących błędów podstawowych wskazań, histerezy pomiarowej oraz płynności ruchu wskazówki w dwóch termometrach o nr nr 83.11.5; 83.11.6.

W trzecim termometrze o nr 83.11.3 nastąpiło zwiększenie błędów wskazań o stałą wartość ok. 3°C przekraczając wartość dopuszczalną; wymagania w zakresie histerezy pomiarowej i płynności ruchu wskazówki zostały w tym termometrze spełnione.

Ogłędziny wewnętrzne wykazały, że połączenia gwintowe nie zostały zabezpieczone lakierem przed obluźowaniem się, co jest niezgodne z dokumentacją konstrukcyjną /zabezpieczenie

lakierem podane jest na rysunku zespołu mechanizmu Zsp-1 dokumentacji SK-413a MERA-PIAP/. Nie stwierdzono jednak obłuzowania się lub uszkodzenia części.

Biorąc pod uwagę w/w przekroczenia wartości dopuszczalnych podczas sprawdzenia odporności i wytrzymałości na wibracje sinusoidalne proponuje się przyjąć dla termometrów manometrycznych gazowych z kapilarą odległościową lokalizację N_x wg PN-80/M-42020 o parametrach: częstotliwość $5 + 35$ Hz, amplituda przemieszczenia 0,15 mm.

4.7. Sprawdzenie stałej czasowej. Sprawdzeniu poddano po 3 termometry każdego zakresu wskazań /9 termometrów/.

Stała czasowa wyznaczona w wodzie w stanie uspokojonym wynosi:

9 s	dla	termometru	nr	83.11.1
9 s	"	"	"	83.11.4
9 s	"	"	"	83.11.10
8 s	"	"	"	83.11.12
7 s	"	"	"	83.11.14
7 s	"	"	"	83.11.19
8 s	"	"	"	83.11.21
7 s	"	"	"	83.11.22
9 s	"	"	"	83.11.23

Wartość dopuszczalna wynosi 15 s. Wynik sprawdzenia jest pozytywny.

4.8. Sprawdzenie wytrzymałości na przeciążenie. Sprawdzeniu poddano trzy termometry o zakresie wskazań $0 + 100^{\circ}\text{C}$ i nr nr 83.11.1; 83.11.4; 83.11.9; ponieważ w układzie manometrycznym termometrów o tym zakresie panuje najwyższe ciśnienie.

Przeciążenie termometrów nie spowodowało zwiększenia błędów podstawowych wskazań i histerezy pomiarowej. Nie zaobserwowano zmiany płynności ruchu wskazówki w stosunku do płynności ruchu wskazówki przed sprawdzeniem.

Wynik sprawdzenia pozytywny.

4.9. Sprawdzenie wytrzymałości na narażenia występujące podczas transportu. Trzy termometry o zakresie wskazań 0 + 100°C i nr nr 83.11.3; 83.11.5 i 83.11.6 w opakowaniu transportowym poddano próbie wytrzymałości na uderzenia mechaniczne. Próbie przeprowadzono po próbie wytrzymałości na wibracje sinusoidalne.

Po próbie termometry wyjęto z opakowania, dokonano oględzin zewnętrznych i po przetrzymaniu termometrów przez 12 h w temperaturze i wilgotności względnej odpowiadających warunkom odniesienia przeprowadzono sprawdzenie błędów podstawowych wskazań i histerezy pomiarowej oraz płynności ruchu wskazówki.

Nie stwierdzono wpływu uderzeń mechanicznych na w/w właściwości metrologiczne. Wynik sprawdzenia jest pozytywny.

4.10. Oględziny wewnętrzne i sprawdzenie wymiarów wewnętrznych.

Oględziny wewnętrzne i sprawdzenie wymiarów wewnętrznych wykazały następujące istotniejsze usterki:

- brak zabezpieczenia lakierem połączeń gwintowych przed obluźowaniem się,
- w termometrze nr 83.11.13 wadliwie zmontowany kompensator temperatury /mocowany niewłaściwym ramieniem do płytki sprężyny rurkowej/,
- wymiary „a” i „b” ramion czynnych kompensatora temperatury w szeregu termometrach odbiegają od wymiarów określonych w dokumentacji konstrukcyjnej,
- zespoły sprężyny rurkowej Z15.12 są wykonane niezgodnie z dokumentacją konstrukcyjną. W zasadzie każdy zespół jest wykonany inaczej zarówno pod względem kształtu geometrycznego jak i wymiarów. Powyższe spowodowało różne nieprawidłowe usytuowanie kompensatora temperatury co w konsekwencji prowadzi do nadmiernego tarcia w mechanizmie przekładniowym oraz w niektórych termometrach stwarzało niebezpieczeństwo tarcia bimetalu o podzielnik.

Nieprawidłowe wykonywanie przez MERA-KFM zespołów sprężyny rurkowej Z15.12 utrudnia znacznie regulację wskazań, ~~przez~~ prowadzi do powstawania dużych oporów ruchu /zwiększone

tarcie/ oraz uniemożliwia ustalenie jednakowych długości ramion czynnych /wymiarów „a” i „b”/ kompensatora temperatury dla termometrów danego zakresu wskazań,

- na mosiężnych elementach mechanizmu przekładniowego a w szczególności na płytce górnej mechanizmu wokół osi wskazówki widoczne są wyraźne białe naloty powstałe w wyniku działania rtęci. Termometry gazowe wykonywane były w pomieszczeniach zanieczyszczonych rtęcią /w pomieszczeniach w których produkuje się termometry manometryczne rtęciowe/. Ponadto stwierdzono ciemne naloty na elementach mosiężnych oraz ciemny osad na czopach zębniaka i osi segmentu zębatego,
- sprężyna spiralna płaska kasująca luzu w mechanizmie przekładniowym w szeregu termometrach jest ułożona nieprawidłowo; poszczególne zwoje sprężyny nie leżą w jednej płaszczyźnie i stykają się ze sobą.

5. W n i o s k i

5.1. Ogólny wynik badań partii prototypowej termometrów manometrycznych gazowych z kapilarą odległościową jest negatywny.

5.2. Podstawową przyczyną negatywnego wyniku badań są usterki wykonawcze spowodowane warunkami produkcyjnymi jakie obecnie istnieją w MERA-KFM. Dotyczą one przede wszystkim wykonstwa zespołu sprężyny rurkowej Z15.12 oraz przestarzałych stanowisk termostatycznych do regulacji, wzorcowania i sprawdzania wskazań termometrów manometrycznych gazowych.

Biorąc powyższe pod uwagę niezbędne jest przed wdrożeniem do produkcji termometrów manometrycznych gazowych podjęcie przez MERA-KFM przedsięwzięć mających na celu poprawę wykonstwa elementów i zespołów termometrów oraz modernizację urządzeń produkcyjnych termometrów a w szczególności:

- a/ zagwarantowanie w produkcji wykonawstwa zespołu sprężyny rurkowej Z15.12 zgodnie z dokumentacją konstrukcyjną,
- b/ wyposażenie MERA-KFM w stanowiska termostatyczne gwarantujące regulację wskazań, wzorcowanie i sprawdzanie wskazań termometrów manometrycznych gazowych w warunkach przewidzianych dla warunków odniesienia wg PN-83/M-42350 i obejmujących pełny obszar temperatur, do pomiaru których przewidywane są termometry manometryczne gazowe /eliminacja oddziaływania ciepła wydzielonego przez termostaty na miernik i kapilarę termometru, umożliwienie regulacji wskazań, wzorcowania i sprawdzania wskazań termometrów w pozycji pionowej z odchyłką $\pm 5^{\circ}$, wyposażenie MERA-KFM w termostaty wytwarzające temperaturę do co najmniej 250°C /,
- c/ wyposażenie MERA-KFM w przyrząd do wykrywania mikronieszczelności zespołów części zanurzalnej /zespołów manometrycznych termometrów/,
- d/ stworzenie na wydziale produkującym termometry manometryczne warunków uniemożliwiających zanieczyszczanie rtęcią i innymi czynnikami elementów i zespołów a w szczególności mechanizmów przekładniowych termometrów,
- e/ zwiększenie wysokości oprawy nr cz. 1.107 /wg dok. MERA-KFM/ o ok. 3 mm i grubości kompensatora temperatury nr cz. 7 /wg dokumentacji SK-413a MERA-PIAP/ z 0,8 mm na 1,5 mm, co wyeliminuje niebezpieczeństwo tarcia kompensatora temperatury o podzielną oraz ułatwi regulację wskazań termometrów przy wadliwym wykonawstwie zespołu sprężyny rurkowej Z15.12.

5.3. Po uzyskaniu przez MERA-KFM zespołów sprężyn rurkowych Z15.12 zgodnych z dokumentacją konstrukcyjną /jednakowych zespołów z odchyłkami ustalonymi dokumentacją konstrukcyjną/ należy przeprowadzić badania mające na celu sprawdzenie

i ewentualną korektę długości ramion czynnych kompensatora cz. nr 7 - dostosowanie długości ramion czynnych kompensatora cz. nr 7 do objętości „przestrzeni szkodliwej” poprawnie wykonanych zespołów sprężyn rurkowych Z15.12 /długości te określone są wymiarami „a” i „b” na rysunku zespołu mechanizmu SK-413a - Zsp 1 wg dokumentacji MERA-PIAP/.

- 5.4. Dla termometrów manometrycznych gazowych z kapilarą odległościową należy przyjąć lokalizację N_x wg PN-80/M-42020 o parametrach: częstotliwość 5 ± 35 Hz, amplituda przemieszczenia 0,15 mm /dotyczy odporności i wytrzymałości na wibracje sinusoidalne/.

6. Wniosek końcowy

Dla podjęcia produkcji termometrów manometrycznych gazowych z kapilarą odległościową przez MERA-KFM niezbędne jest zrealizowanie wniosków wymienionych wyżej w punktach 5.2 i 5.3.

Tablica 1. Termometry partii informacyjnej wykonane przez
MERA-KFM

Zakres wskazań °C	Nr termometru	Odkształcenie katowe sprężyny rurkowej /Boysa a/ w stopniach:		
		pomiarowe /od dolnej do górnej granicy zakresu wskazań/	od 0 do 100°C wyrażone w	
			stopniach	% odkształcenia pomiarowego podanego w kolumnie 3
1	2	3	4	5
0 + 100	83.11.1			
	83.11.2	13,5		
	83.11.3	14,0		
	83.11.4	12,5		
	83.11.5	14,0		
	83.11.6	13,5		
	83.11.7	13,0		
	83.11.8	13,0		
	83.11.9	13,5		
	83.11.10	11,0		
0 + 150	83.11.11	15,0	8,5	56,7
	83.11.12	13,0	8,0	61,5
	83.11.13	13,5	7,0	51,9
	83.11.14	14,0	10,0	71,4
	83.11.15	nie pomierzono	nie pomierzono	
	83.11.16	- " -	- " -	
	83.11.17	- " -	- " -	
	83.11.18	14,5	9,0	62,1
	83.11.19	12,5	8,5	68,0
	83.11.20	nie pomierzono	nie pomierzono	
0 + 250	83.11.21	9,5		
	83.11.22	13,5		
	83.11.23	11,0		
	83.11.24	13,0		
	83.11.25	11,0		
	83.11.26	11,0		
	83.11.27	10,5		
	83.11.28	nie pomierzono		
	83.11.29	13,0		
	83.11.30	10,0		

Tablica 2. Wyniki sprawdzenia błędu podstawowego wskazań
i histerezy pomiarowej termometrów o zakresie
wskazań 0 + 100°C

Nr termo- metru	Tempera- tura poprawna	Błędy podstawowe wskazań przy temperaturze		Histere- za po- miarowa	Klasa dokład- ności wynika- jąca z badań
		wzrasta- jącej	male- jącej		
	°C				
1	2	3	4	5	6
83.11.1	0		0		6
	25	-1,5	-0,5	1,0	
	50	-2,0	2,5	4,5	
	75	-2,0	0,5	2,5	
	100	-3,0			
83.11.2	0		1,5		4
	25	-0,5	-0,5	0 0	
	50	-1,5	-1,0	0,5	
	75	-2,0	0	2,0	
	100	-3,0			
83.11.3	0		-0,5		2,5
	25	-0,5	-0,5	0	
	50	-0,5	-1,5	2,0	
	75	0,7	0	-0,7	
	100	-1,0			
83.11.4	0		3,0		4
	25	0,5	0,5	0	
	50	0	2,5	2,5	
	75	0,5	1,5	1,0	
	100	0,5			
83.11.5	0		0		2,5
	25	-1,0	0	1,0	
	50	-1,0	-1,0	0	
	75	-2,0	-1,5	0,5	
	100	-2,5			
83.11.6	0		0,5		1,6
	25	-0,5	0	0,5	
	50	0	0,5	1,5	
	75	0	0	0	
	100	-1,5			
83.11.7	0		0		2,5
	25	-0,5	-0,5	0	
	50	-2,0	-1,0	1,0	
	75	-2,5	-1,5	1,0	
	100	-2,5			

c.d. Tablicy 2

1	2	3	4	5	6
83.11.8	0 25 50 75 100	-1,5 -1,5 0 -2,5	-0,5 1,0 2,0 1,5	2,5 3,5 1,5	4
83.11.9	0 25 50 75 100	-1,0 -1,5 -1,0 0,5	0 -1,0 0 1,5	0 1,5 2,5	2,5
83.11.10	0 25 50 75 100	-0,5 0,5 0 0,5	0 0 1,0 0	0,5 0,5 0	1
Wartości dopuszczalne błędu podstawowego wskazań wynoszą: $\pm 1^{\circ}\text{C}$ dla klasy 1; $\pm 1,6^{\circ}\text{C}$ dla klasy 1,6; $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ dla klasy 2,5; $\pm 4^{\circ}\text{C}$ dla klasy 4.					

Tablica 3. Wyniki sprawdzenia błędu podstawowego wskazań i histerezy pomiarowej termometrów o zakresie wskazań 0 + 150°C

Nr termo- metru	Tempera- tura poprawna	Błędy podstawowe wskazań przy temperaturze		Histere- za po- miarowa	Klasa dokład- ności wynika- jąca z badań
		wzrasta- jącej	male- jącej		
	°C				
1	2	3	4	5	6
83.11.11	0		2,0		1,6
	50	0	0	0	
	75	0	0	0	
	100	1,5	1,5	0	
	150	2,0			
83.11.12	0		1,5		2,5
	50	-1,0	-1,0	0	
	75	-2,5	-1,5	1,0	
	100	-1,5	-1,0	0,5	
	150	0			
83.11.13	0		0		1,6
	50	-0,5	-0,5	0	
	75	-0,5	-0,5	0	
	100	0	0	0	
	150	-2,0			
83.11.14	0		0		2,5
	50	-0,5	-0,5	0,5	
	75	0	0	0	
	100	-2,5	1,0	3,5	
	150	-3,0			
83.11.15	0		1,0		4
	50	-2,5	-2,5	0	
	75	-2,0	-3,0	-1,0	
	100	-3,5	-2,5	1,0	
	150	-5,0			
83.11.16	0		1,5		2,5
	50	0	0	1,0	
	75	-2,5	-1,0	1,5	
	100	-2,0	-1,5	0,5	
	150	-2,0			
83.11.17	0		-3,0		2,5
	50	0,5	-1,0	0,5	
	75	1,5	3,0	1,5	
	100	1,5	2,5	1,0	
	150	2,5			

c.d. Tablicy 3

1	2	3	4	5	6
83.11.18	0 50 75 100 150	-1,0 -2,0 -1,5 -3,0	1,0 -0,5 -1,0 -1,5 -3,0	0,5 1,0 0	2,5
83.11.19	0 50 75 100 150	-1,0 0 0 -2,0	1,5 -0,5 0 1,0 -2,0	1,5 2,0 1,0	1,6
83.11.20	0 50 75 100 150	-1,0 -1,0 1,5 -17,0	-2,0 0 -0,5 1,5	1,0 0,5 0	duży błąd przy 150°C w wyniku niewłaś- ciwej re- gulacji wskazań
Wartości dopuszczalne błędu podstawowego wskazań wynoszą: $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ dla klasy 1; $\pm 2,4^{\circ}\text{C}$ dla klasy 1,6; $\pm 3,8^{\circ}\text{C}$ dla klasy 2,5; $\pm 6^{\circ}\text{C}$ dla klasy 4.					

Tablica 4. Wyniki sprawdzenia błędu podstawowego wskazań i histerezy pomiarowej termometrów o zakresie wskazań 0 + 250°C.

Nr termometru	Temperatura poprawna	Błędy podstawowe wskazań przy temperaturze		Histereza pomiarowa	Klasa dokładności wynikająca z badań
		wzrastające	malejące		
	°C				
1	2	3	4	5	6
83.11.21	0		0,5		duża histereza pomiarowa przy 150°C spowodowana dużym tarciem
	50	0	0,5	0,5	
	75	-3,0	3,0	6,0	
	100	-5,5	4,0	9,5	
	150	-8,0	10,0	18,0	
	250	-8,0			
83.11.22	0		3,0		2,5
	50	2,0	2,0	0	
	75	-2,0	3,0	5,0	
	100	1,0	1,0	0	
	150	-2,5	4,0	6,5	
	250	-3,0			
83.11.23	0		-6,0		duże błędy i histereza pomiarowa wynikające z niewłaściwej regulacji wskazań i dużego tarcia
	50	-7,0	-3,0	4,0	
	75	-10,0	-2,0	8,0	
	100	-9,5	-6,0	3,5	
	150	-27,0	3,0	30,0	
	250	-20,0			
83.11.24	0		1,5		4
	50	0,5	0,5	0	
	75	-0,5	-1,0	-0,5	
	100	0	0	0	
	150	0,5	-2	-1,5	
	250	10,0			
83.11.25	0		0,5		4
	50	-0,5	-0,5	0	
	75	-3,5	-3,5	0	
	100	0	1,0	1,0	
	150	-2,5	-1,0	1,5	
	250	-10,0			

c.d. Tablicy 4

1	2	3	4	5	6
83.11.26	0 50 75 100 150 250	10,5 9,0 11,0 -12,5 -10,0	6,0 11,0 11,0 9,0 2,0	0,5 2,0 -2,0 14,5	6
83.11.27	0 50 75 100 150 250	-2,0 -0,5 0 -2,5 -12,0	1,0 2,0 -3,0 1,0 0	4,0 -2,5 1,0 2,5	6
83.11.28	0 50 75 100 150 250	1,5 2,0 3,5 1,0 -8,0	1,0 2,0 3,0 4,0 5,0	0,5 1,0 0,5 4,0	4
83.11.29	0 50 75 100 150 250	1,5 -1,0 -1,5 -4,5 -22,0	2,0 5,0 4,0 2,0 2,0	3,5 5,0 3,5 6,5	duży błąd wskazań przy 250°C wynikający z niewłaściwej regulacji wskazań
83.11.30	0 50 75 100 150 250	0 -0,5 4,5 -3,5 13,0	-2,0 12,0 15,5 17,0 19,0	12,0 16,0 12,5 22,5	duże błędy wskazań wynikające z niewłaściwej regulacji wskazań i dużego tarcia
Wartości dopuszczalne błędu podstawowego wskazań wynoszą: $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ dla klasy 1; $\pm 4^{\circ}\text{C}$ dla klasy 1;6; $\pm 6,3^{\circ}\text{C}$ dla klasy 2,5; $\pm 10^{\circ}\text{C}$ dla klasy 4; $\pm 15^{\circ}\text{C}$ dla klasy 6.					

Tablica 5. Wyniki sprawdzenia zmienności wskazań

Nr termometru	Temperatura poprawna	Zakres wskazań	Zmienność wskazań przy temperaturze		Klasa dokładności wynikająca z badań
			wzrastającej	malejącej	
			°C		
1	2	3	4	5	6
83.11.3	0 25 50 75 100	0 + 100	1,0 0,5 0,5 1,0 0,5	0,5 0,5 0,5 1,0	2,5
83.11.5	0 25 50 75 100		1,5 1,0 0 0,5 0,5	1,5 1,0 1,0 1,0	4
83.11.6	0 25 50 75 100		1,5 1,0 0,5 1,0 1,5	1,0 1,0 0,5 0,5	4

Wartość dopuszczalna zmienności wskazań wynosi:
0,5°C dla klasy 1; 0,8°C dla klasy 1,6; 1,3°C dla klasy 2,5; 2°C dla klasy 4.

Tablica 6. Wyniki sprawdzenia odporności na suche gorąco i na zimno.

/Wyznaczenie błędu dodatkowego wskazań Δ spowodowanego zmianą temperatury otoczenia miernika i kapilary odległościowej/

Zakres wskazań °C	Długość kapilary m	Wymiary ramion czynnych kompensatora mm		Nr termometru	Zmiana temperatury otoczenia, miernika i kapilary °C od temperatury odniesienia 20°C °C	Błąd dodatkowy wskazań Δ w % zakresu wskazań wyznaczony dla temperatury mierzonej równej 0, 50 i 100% zakresu wskazań		
		a	b			%	50%	100%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 + 100	10	26,0	28,4	83.11.7	do 5	0,5	0,9	1,5
					do 40	0	-2,8	-1,0
		26,3	28,0	83.11.8	do 5	- 2/	- 2/	1,2
					do 40	0,5	-0,6	-2,2
		27,5	31,4	83.11.10	do 5	0,5	2,0	0,5
					do 40	0,5	-1,5	-1,5
0 + 150	10	25,0	28,0	83.11.13	do 5	0,2	1,8	1,2
					do 40	0,5	1,0	0,5
		25,0	26,5	83.11.15	do 5	-0,3	2,2	1,2
					do 40	1,0	-0,8	-0,5
		25,0	28,2	83.11.18	do 5	1,2	2,8	2,8
					do 40	-2,0	-3,7	-2,0
0 + 250	25	25,0	28,6	83.11.24	do 5	-1,4	0	-1,0
					do 40	6,0	2,6	1,8
		25,0	31,2	83.11.25	do 5	1,0	3,4	2,4
					do 40	0,8	-1,0	-1,6
		25,0	28,6	83.11.27	do 5	-0,8	0,2	-1,2
					do 40	5,2	3,0	2,4

1/

wg rys. zespołu mechanizmu Zsp 1 dokumentacji SK-413a MERA-PIAP

2/

termometr uległ uszkodzeniu w trakcie badań

96

Tablica 7. Wyniki sprawdzenia odporności na wibracje sinusoidalne

Nr termometru	P-ty pomiarowe w % zakresu wskazań	Częstotliwość w Hz																							
		5	10	20	30	40	55	5	10	20	30	40	55	5	10	20	30	40	55	5	10	20	30	40	55
		Błąd dodatkowy wskazań w % zakresu wskazań												Amplituda drgań wskazówki w % zakresu wskazań											
		przy temperaturze wzrastającej						przy temperaturze malejącej						przy temperaturze wzrastającej						przy temperaturze malejącej					
83.11.3	20	0	0	0	-1,0	-1,0	-1,0	0	0	0	-1,5	-1,5		0	0	0,75	0,4	0,4	0,4	0	0	0	1,0	0,4	
	50	0	0	0	-2,0	-2,5	-2,0	-0,5	-0,5	-0,5	-2,0	-2,0		0	0	0,1	1,0	1,0	1,0	0	0,1	0,1	1,0	1,0	
	70	0	0	0	-1,0	-1,5	-1,0	-0,5	-0,5	-0,5	-1,5	-2,5		0	0	0,1	0,7	1,0	1,0	0,1	0,1	0,1	1,0	1,0	
83.11.5	20	0	0	0	-0,5	-0,5	0	1,0	1,0	1,0	0	-0,5		0	0	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3	0	0	1,0	1,0	
	50	0	0	0	-1,5	-1,5	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,5	-1,5		0	0	0,1	1,0	1,0	1,0	0	0,1	0,1	1,0	0,7	
	70	0	0	0	-1,0	-1,0	0	0,5	0,5	0,5	-1,0	-1,0		0	0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	0,1	0,1	0,1	1,0	1,0	
83.11.6	20	0	0	0	-2,5	-2,5	-2,5	0	0	0	-2,5	-2,5		0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	0	0	0	1,0	1,0	
	50	0	0	0	-2,0	-3,0	-2,5	-2,0	-2,0	-2,0	-2,5	-2,0		0	0	0,5	1,0	1,5	1,5	0	0,1	0,1	1,2	1,5	
	70	0	0	0	-3,5	-1,5	-2,5	0,5	0,5	0	-2,5	-2,5		0	0	0,1	0,5	1,0	1,0	0,1	0,1	0,1	1,0	1,5	
Wartości dopuszczalne w % zakresu wskazań		1 lub -1 dla klasy 1 1,6 lub -1,6 dla klasy 1,6 2,5 lub -2,5 dla klasy 2,5												1 dla klasy 1 1,6 dla klasy 1,6 2,5 dla klasy 2,5											