

440

BE 10

**ZAKŁAD POMIARU PARAMETRÓW PRZEPIYU**

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca **mgr inż. Wojciech Czajkowski**Wykonawcy: **Bogdan Jóźwiak**

**TEMAT: Badanie własności metrologicznych i użytkowych  
przepływowego stanowiska pomiarowego  
z wzorcem masowym**

**Etap 2 : Badania uzupełniające po weryfikacji  
wybranych elementów stanowiska**

*(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)*Zleceniodawca **Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów**

Kierownik Zakładu DPQ

mgr inż. Wojciech Winiarski

Z-ca Dyrektora  
ds. Badawczo-Rozwojowych

dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia **31.01.1997 r.**Nr arch. **7398**Nr zlecenia **S 1652**

## Analiza deskryptorowa

Stanowisko pomiarowe

## Abstrakt

Sprawozdanie zawiera wyniki pomiarów i ich interpretację potwierdzającą przydatność stanowiska do badania przepływomierzy różnych typów.

## Tytuły poprzednich sprawozdań

Badanie własności metrologicznych i użytkowych przepływowego stanowiska pomiarowego z wzorcem masowym.

## Rozdzielnik

**OIN**

Egz. 1. ....

**DPQ**

Egz. 2. ....

**DPQ**

Egz. 3. ....

## **1. Podstawa realizacji pracy.**

Praca realizowana była ze środków statutowych Instytutu.

## **2. Cel pracy.**

Celem pracy było zamontowanie nowego zaworu regulacyjnego w odcinku pomiarowym stanowiska umożliwiającego uzyskanie strumienia objętości pokrywającego pełny zakres pomiarowy przewidzianych do badań mlekomyerzy oraz wykonanie badań uzupełniających. Ponadto zamontowano w odcinku pomiarowym czuły termometr kwarcowy pozwalający mierzyć temperaturę wody w odcinku pomiarowym w sposób ciągły z dokładnością  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Pozwoliło to na uwzględnienie w obliczeniach gęstości wody zmian temperatury wody wynikających z efektu jej podgrzewania przez pompy cyrkulacyjne.

## **3. Przebieg pracy.**

### **3.1 Zawór regulacyjny.**

Przeprowadzone w pierwszej części pracy pomiary na stanowisku wykazały iż zastosowany wcześniej zawór regulacyjny typu Z produkcji Mery - Polnej nie stwarza możliwości niezakłóconej pracy stanowiska powodując wyraźny efekt kawitacji oraz w odcinku pomiarowym, a także powodując znaczne dławienie przepływu i niemożność uzyskania strumienia objętości większego niż  $700 \text{ dcm}^3/\text{min}$ . Zastąpienie tego zaworu zaworem nowej konstrukcji typu BR33 (produkcji Mery - Polnej) pozwoliło osiągnąć zaplanowane parametry pracy stanowiska i wykonać dodatkową serię pomiarów. Inne elementy pozostały bez zmian. Opis stanowiska został zamieszczony w pierwszej części sprawozdania.

### **3.2 Wyznaczanie stałej wzorcowania .**

Pomiarów dokonywano wg. procedury zamieszczonej w pierwszej części sprawozdania z tym, że w celu zwiększenia rozdzielczości wagi wykorzystano opcję >>control mode<<, która pozwala na wykorzystanie wewnętrznej rozdzielczości wagi (10 g .w całym zakresie). Wymaga to jednak uwzględnienia wszystkich błędów pomiaru masy i z pewnością nie mogłoby być zastosowane w procedurze uwierzytelniania mlekomyerzy. Działka legalizacyjna 100, 200 i 500 g dla zakresów 300, 600 i 1500 kg wagi Mettler-

Toledo uwzględnia wszystkie błędy pomiaru lecz nie musi być stosowana do celów określenia powtarzalności pomiarów. Proces wzorcowania i analizę niepewności wykonano na podstawie kilku serii pomiarów:

- 1) przy zastosowaniu czujnika mlekomierza PT32 - 500M,
- 2) przy zastosowaniu czujnika mlekomierza PT50 - 800M.

Zastosowanie dwóch wielkości czujników wynikało z konieczności pokrycia całego zakresu pomiarowego, dla którego stanowisko zostało zaprojektowane (1 do 800 dcm<sup>3</sup>/min). Procedura określania niepewności pomiarów na stanowisku polegała na zdejmowaniu charakterystyk wyżej wymienionych przetworników w kilku punktach ich zakresu, a następnie obliczeniach doświadczalnego odchylenia standardowego dla każdej serii pomiarów oraz obliczeniach niepewności całkowitej przy założeniu przedziału ufności 95%. Ponadto przyjęto następujące założenia:

- 1) obliczona max niepewność pomiarów  $\sigma_{95}$  przyjęto jako niepewność powtarzalności, w skład której wchodzi: niepewność przypadkowa obciążająca badany czujnik, suma innych niepewności związanych z charakterystyką stanowiska,
- 2) niepewności systematyczne nie obciążają wyniku obliczeń niepewności całkowitej pomiarów, ponieważ określenie charakterystyki metrologicznej stanowiska oparto na wynikach obliczeń powtarzalności pomiarów.

Procedura przeprowadzania pomiarów stałej czujnika  $K_v$  oparto na zależności:  $K_v = I/V$  gdzie:

I - liczba zarejestrowanych impulsów podczas cyklu pomiarowego,

V - objętość dawki wody użytej do pomiarów.

Objętość V obliczano z zależności  $V = 1,00105 m_w / \delta \rho_w$  (1)

gdzie:  $m_w$  - masa dawki wody użytej do pomiarów,

1,00105 - współczynnik korekcyjny odczytu wagi wynikający z wyporu powietrza,

$\delta$  - gęstość względna wody użytej do pomiarów,

$\rho_w$  - gęstość wody destylowanej obliczona wg. równania

$$\rho_w = 1000,25 - 0,008\Theta_w - 0,00486\Theta_w^2 + 0,46 \times 10^{-6} p_s \quad (2)$$

gdzie:  $\Theta_w$  - temperatura wody w odcinku pomiarowym,

$p_s$  - ciśnienie statyczne w odcinku pomiarowym.

$0,46 \times 10^{-6}$  - współczynnik uwzględniający ściśliwość wody.

W celu zmniejszenia udziału niepewności względnej pomiaru zarówno strumienia objętości jak i masy wody używanej do pomiaru stosowano możliwie duże dawki. Miarą niepewności pomiarów było doświadczalne odchylenie standardowe, zaś całkowita niepewność pomiaru przy założonym przedziale nieufności  $\alpha = 5$  była mnożona przez wskaźnik rozkładu Studenta  $t_{95}$  zależny od wielkości próbki (zgodnie z wytycznymi normy ISO 5168). Dla danej serii pomiarów wybierano stałą dawkę wody ( $\pm 0,5\%$ ) - wyjaśnienie w dalszej części tekstu.

#### 4. Analiza niepewności pomiarów.

##### 4.1 Błędy ważenia.

Masę dawki wody określano stosując opcję wagi >Control mode<, tzn. wykorzystując jej rozdzielczość wewnętrzną wynoszącą 10g w całym zakresie do 1500 kg. Do obliczania niepewności ważenia brano pod uwagę następujące parametry wagi:

- odchylenie standardowe  $s_w$  - 50g,
- nieliniowość charakterystyki  $B_1$  - 50g,
- uchyb temperaturowy  $B_T$  - 10g/°C
- uchyb od poziomowania  $B_p$  - 1:1000 - 50g
- rozdzielczość odczytu  $S_R$  - 10g.

Niepewności przypadkowe to:

- odchylenie standardowe  $s_w$
- rozdzielczość odczytu  $S_R$ ,

zaś niepewności systematyczne :

- uchyb temperaturowy  $B_T$ ,
- uchyb od poziomowania  $B_p$ ,
- nieliniowość charakterystyki  $B_1$ .

Wg. danych producenta Mettler-Toledo wagi wzorcowane są w temperaturze 20 °C, tak więc maksymalny uchyb w warunkach laboratorium przepływowego nie przekracza 30g. Uchyb od poziomowania wagi jest pomijalnie mały, ponieważ podczas jej instalowania dokonano dokładnego poziomowania i odchylenie od poziomu jest  $\ll 1:1000$ , można zatem przyjąć, iż nie przekracza 10g. W celu przesunięcia błędu nieliniowości charakterystyki do grupy błędów systematycznych dla danej serii pomiarów tarowano

wagę zawsze w tym samym punkcie jej charakterystyki i stosowano te same dawki wody. Tak więc całkowita niepewność ważenia wynosi

$$U_w = (B_w^2 + S_w^2)^{1/2} \quad \text{gdzie:}$$

$B_w$  - maksymalny błąd systematyczny,

$S_w$  - maksymalny błąd przypadkowy.

$$B_w = (B_w^2 + B_T^2 + B_p^2)^{1/2} = (50^2 + 30^2 + 10^2)^{1/2} = 59\text{g}$$

$$S_w = (s_w^2 + S_R^2)^{1/2} = (50^2 + 10^2)^{1/2} = 51\text{g}$$

#### 4.2 Błędy pomiaru strumienia objętości.

Pomiar objętości przy pomocy przepływomierza turbinowego polega na zliczeniu impulsów generowanych przez czujnik w zadanym przedziale czasu i pomnożeniu tej liczby przez stałą  $K$  (wzorcowania) wyrażającą liczbę impulsów na jednostkę objętości. Odwrotnie - liczba impulsów generowanych przez czujnik może różnić się o jeden dla danej dawki pomiarowej co stanowi o rozdzielczości metody. W naszym przypadku  $K = 26,46 \div 26,75$  [imp/dcm<sup>3</sup>] co daje rozdzielczość  $0,0377 \div 0,0373$  dcm<sup>3</sup> (dla uproszczenia 38g).

(Dla odróżnienia stałej  $K$  odniesionej do strumienia masy [imp/kg] w tabelach stałą wzorcowania odniesioną do strumienia objętości oznaczono jako  $K_v$ )

Rozdzielczość metody i wynikające z tego niepewności pomiarów zalicza się do niepewności przypadkowych

#### 4.3 Błąd przeliczenia strumienia masy na strumień objętości.

Jak wyżej napisano strumień objętości wyznacza się wykorzystując zależność (1), w której błędem przypadkowym obarczone są następujące wielkości:

$m_w$  - masa dawki wody użytej do pomiarów,

$\rho_w$  - gęstość wody,

przy czym współczynnik  $\rho_w$  obarczony jest z kolei błędem pomiaru temperatury. W naszym przypadku pomiar temperatury wykonywany był termometrem kwarcowym z dokładnością  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ .

Względna niepewność przypadkowa pochodząca od błędu pomiaru temperatury wg. zależności (2) wynosi:

$$S_p = 0,008 \times 0,1/20 + 0,00486 \times 2 \times 0,1/20^2 = 0,00424\%$$

Do analizy jako temperaturę odniesienia przyjęto 20 °C.

Wobec braku możliwości pomiaru zmian gęstości wody wynikających z zanieczyszczeń krążących w obiegu postanowiono faktu tego nie brać pod uwagę przy analizie całkowitej niepewności pomiaru..

Przebieg zmian współczynnika wzorcowania  $K_v$  pokazany na załączonych wykresach dla poszczególnych punktów charakterystyki można interpretować jako zmiany gęstości wody w czasie trwania cyklu pomiarowego. Duża ilość osadów (zwłaszcza korozyjnych) zalegających w zbiorniku magazynowym i rurociągach, w miarę narastania w nich ruchów wody (pobór przez pompy i zrzut), zostaje unoszona i kierowana do układu pomiarowego stanowiska. Zmiany te zdają się być głównym składnikiem całkowitej niepewności pomiarów. Hipoteza ta powinna zostać sprawdzona w trakcie rutynowych badań charakterystyk czujników. Zagadnieniu temu należałoby poświęcić osobną pracę.

#### 4.4 Całkowita niepewność przypadkowa.

Całkowita niepewność przypadkowa pomiaru stałej wzorcowania  $K$  jest sumą geometryczną wszystkich niepewności cząstkowych

$$S_c = (S_w^2 + S_R^2)^{1/2} = (51^2 + 38^2)^{1/2} = 63,6g$$

Przyjmując, iż zgodnie z wytycznymi norm, pomiar strumienia objętości (masy) w trakcie wzorcowania przepływomierzy turbinowych powinien trwać conajmniej do zarejestrowania 5000 impulsów. Dla czujnika PT32-500M pomiar strumienia objętości w dolnym zakresie jego charakterystyki (40 dcm<sup>3</sup>/min) powinien trwać conajmniej 4min. i 45sek. zaś minimalna dawka powinna wynosić 190 kg. W praktyce stosowano czasy pomiarów wynoszące 6 min., zaś dawka wynosiła ok. 240 kg. Całkowita niepewność względna odniesiona do rzeczywistych dawek wynosiła

$$S_c [\%] = 63,6/240000 \times 100\% = 0,026375\%$$

#### 5. Podsumowanie.

Efektom badań metrologicznych stanowiska było wykonanie 16 serii pomiarów dla czujnika PT32-500M oraz 8 serii pomiarów dla czujnika PT50-800M. W sumie wykonano ok. 400 pomiarów, z których część odrzucono ze względu na nadmierny błąd, którymi były obarczone. Unieważniano pomiary, w czasie wykonywania których następowała ewidentna niesprawność jednego z przyrządów pomiarowych lub wynik

pomiarów znacznie odbiegał od średniej i innych wyników pomiarów w tej samej serii. W celu wykrycia pomiarów podejrzanych całą populację wyników w danej serii pomiarów poddawano testowi. Niezależnie od tego przy pomocy testu F potwierdzono że charakterystykę czujnika można uznać za liniową z prawdopodobieństwem przekraczającym 95% a nachylenie b linii wzorcowania wynoszące 0,0012 daje podstawę do stwierdzenia, że błąd nastawy strumienia objętości (masy) ma znikomy wpływ na ogólną niepewność wyników pomiarów.

Wyniki każdej serii pomiarów przedstawiono w formie tabel z wyliczonymi odchyleniami standardowymi, wariancją, średnią, medianą i względną niepewnością pomiarów dla prawdopodobieństwa 95% oraz wykresem przebiegu zmian stałej wzorcowania  $K_v$  w trakcie cyklu pomiarowego. Podsumowując cykl pomiarów jest tabela Charakt.32PT, w której zamieszczono dane na temat charakterystyki badanego czujnika PT32-500M wraz z wyliczoną wartością b nachylenia linii wzorcowania oraz odchylenie standardowe średniej. Wartości niepewności pomiarów zamieszczonych na wykresach mieszczą w sobie sumę dwóch niepewności :

- niepewność pochodzącą od czujnika w tym jego rozdzielczości (co omówiono w treści sprawozdania) i niedoskonałości hydraulicznej,
- niepewności pochodzącej od stanowiska (przeanalizowano powyżej), którą obliczono na 0,026375%. Realnie można przyjąć, iż jest ona zbliżona do 0,03% i taką wartość brano pod uwagę w dalszej analizie.

$$S_{cp} = (S_c^2 + S_p^2)^{1/2}$$

gdzie:  $S_{cp}$  - całkowita niepewność pomiarów;

$S_c$  - niepewność pomiarowa stanowiska (oszacowana);

$S_p$  - niepewność pomiarowa badanego przetwornika.

Wartości te przedstawiają się następująco dla przetwornika PT32-500:

dla strumienia objętości	odpowiednio	40 dcm <sup>3</sup> /min	- 0,199 %
		60 „	- 0,0174 %
		100 „	- 0,0575 %
		150 „	- 0,0117 %
		200 „	- 0,0295 %
		250 „	- 0,0295 %
		300 „	- 0,0576 %



350	„	- 0,1281 %
400	„	- 0,0486 %.

Powyższe zestawienie pokazuje, że osiągnięte niepewności pomiarów odniesione do stanowiska na ogół nie przekraczają 0,06% z wyjątkiem przypadku strumienia 40 i 350 dcm<sup>3</sup>/min. Przypadek pierwszy można interpretować jako charakterystyczny dla początku zakresu pomiarowego, zaś przypadek drugi nadmiernego wzrostu niepewności pomiaru należy przypisać zmiennej w czasie cyklu pomiarów gęstości wody, o czym świadczy charakter wykresu na arkuszu PT32Q350.

## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT32 - 500 Nr 21

Warunki pomiarów : temperatura wody - 21,6 - 23<sup>o</sup> C  
strumień zadany - 40 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzezyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzezywisty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	Kv
1	9141	345,21	26,47953	504,4	41,063838	21,6	0,998857	26,509824
2	8226	310,64	26,48081	461,3	40,404075	21,6	0,998857	26,511105
3	8296	313,52	26,46083	472,5	39,812063	21,7	0,998836	26,49168
4	8275	312,79	26,45545	468,9	40,024312	21,8	0,998814	26,486874
5	8229	311,81	26,39107	467,1	40,052665	22	0,998769	26,423589
6	8372	316,56	26,4468	472,7	40,181087	22,1	0,998747	26,47998
7	8258	312,88	26,39351	468,9	40,035829	22,2	0,998725	26,427207
8	8264	312,72	26,4262	467,8	40,109448	22,4	0,99868	26,461131
9	8873	335,94	26,41245	502,8	40,088305	22,5	0,998657	26,447971
10	8296	313,75	26,44143	4689	4,0147153	22,6	0,998634	26,477593
11	8247	312,27	26,40984	466,7	40,146132	22,7	0,998612	26,446558
12	8253	312,16	26,43836	467,2	40,089041	22,8	0,998589	26,475733
13	8250	312,43	26,40591	468,8	39,986775	22,9	0,998566	26,443847
14	8264	312,69	26,42873	470,4	39,883929	23	0,998542	26,467309
15	8252	312,36	26,41824	469,4	39,926715	23	0,998542	26,456798

Odchylenie standardowe -

0,0268095 [imp/dcm<sup>3</sup>]

Wariancja -

0,0007187

Średnia -

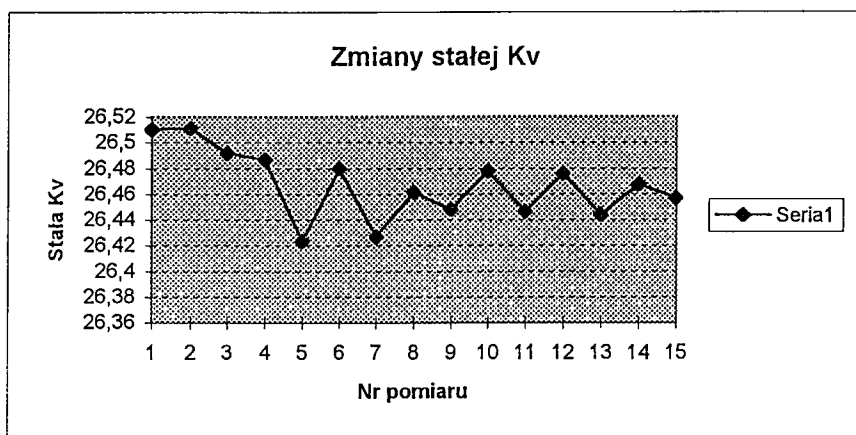
26,467146 [imp/dcm<sup>3</sup>]

Mediana -

26,467309 [imp/dcm<sup>3</sup>]

Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) -

0,202587 [%]



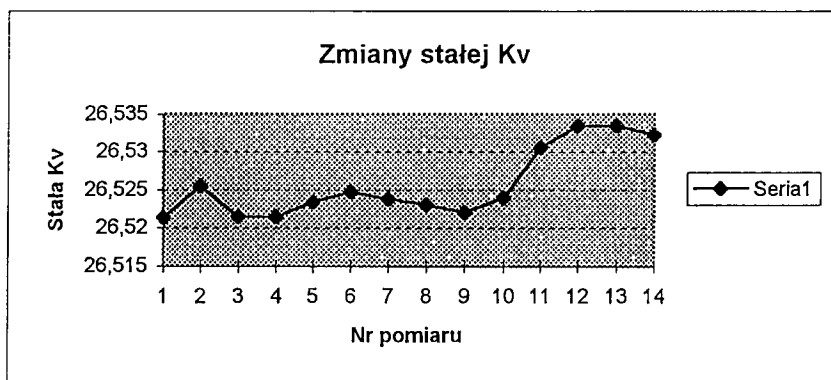
## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT32 - 500      Nr 21

Warunki pomiarów : temperatura wody - 22,2 - 23,5 °C  
strumień zadany - 60 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzezyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzezywisty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	K <sub>v</sub>
1	8044	303,69	26,48754	308,9	58,988022	22,2	0,998725	26,521358
2	8048	303,8	26,49111	307,1	59,355259	22,3	0,998702	26,525534
3	8045	303,74	26,48647	305,7	59,615309	22,4	0,99868	26,521483
4	8048	303,86	26,48588	307,4	59,309044	22,5	0,998657	26,521497
5	8046	303,77	26,48714	308	59,175974	22,6	0,998634	26,523366
6	8042	303,61	26,48793	308,4	59,068093	22,7	0,998612	26,524757
7	8041	303,59	26,48638	307	59,33355	22,8	0,998589	26,523815
8	8048	303,87	26,48501	307,9	59,21468	22,9	0,998566	26,523056
9	8043	303,7	26,48337	308,1	59,143135	23	0,998542	26,522029
10	8036	303,42	26,48474	307,1	59,281016	23,1	0,998519	26,524017
11	8046	303,73	26,49063	307,1	59,341583	23,2	0,998496	26,530538
12	8034	303,25	26,49299	306,4	59,383159	23,3	0,998472	26,533524
13	8042	303,56	26,49229	306,8	59,366362	23,4	0,998449	26,533447
14	8033	303,24	26,49057	307,1	59,245848	23,5	0,998425	26,532349

Odchylenie standardowe - 0,00461 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
Wariancja - 2,125E-05  
Średnia - 26,525769 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
Mediana - 26,523916 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,034759 [%]



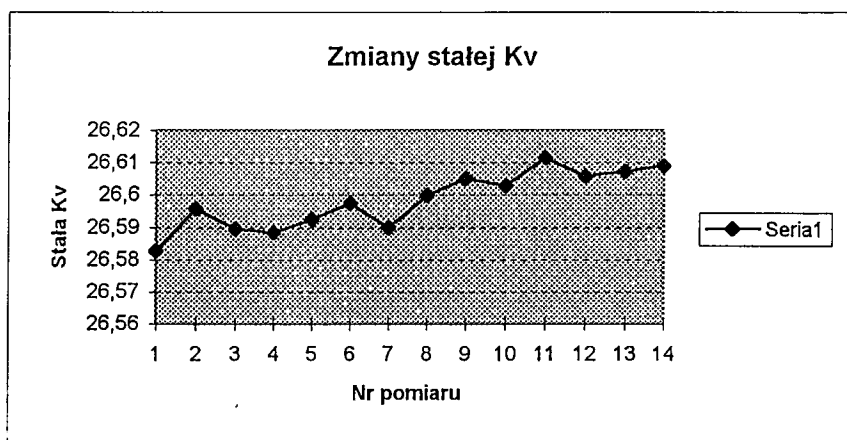
## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT-32M500

Warunki pomiarów : temperatura wody - 21 - 22,4 °C  
strumień zadany - 100 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzeczyw. [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzeczywisty [kg/min]	Temp wody (°C)	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	Kv
1	9422	354,8	26,55581	214,4	99,291045	21	0,998987	26,582746
2	9415	354,38	26,56753	213,5	99,591569	21,2	0,998944	26,595614
3	9422	354,74	26,5603	215,1	98,951185	21,4	0,998901	26,589523
4	9410	354,32	26,55791	214,5	99,11049	21,6	0,998857	26,588293
5	9415	354,46	26,56153	214,6	99,103448	21,7	0,998836	26,592496
6	9416	354,44	26,56585	214,5	99,144056	21,8	0,998814	26,597406
7	9415	354,51	26,55778	214,8	99,02514	21,9	0,998792	26,589917
8	9417	354,46	26,56717	214,9	98,9651	22	0,998769	26,599907
9	9417	354,4	26,57167	214	99,364486	22,1	0,998747	26,605003
10	9416	354,4	26,56885	215,3	98,764515	22,2	0,998725	26,602774
11	9421	354,48	26,57696	215,4	98,740947	22,3	0,998702	26,611491
12	9427	354,78	26,5714	215,6	98,732839	22,3	0,998702	26,605923
13	9419	354,47	26,57207	215,5	98,692343	22,4	0,99868	26,607193
14	9421	354,52	26,57396	215,6	98,660482	22,4	0,99868	26,609089

Odchylenie standardowe -	0,0088845	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja -	7,893E-05	
Średnia -	<b>26,598384</b>	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana -	26,598657	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Niepewność wzgl.(t <sub>95</sub> ) -	0,0668045	[%]



## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

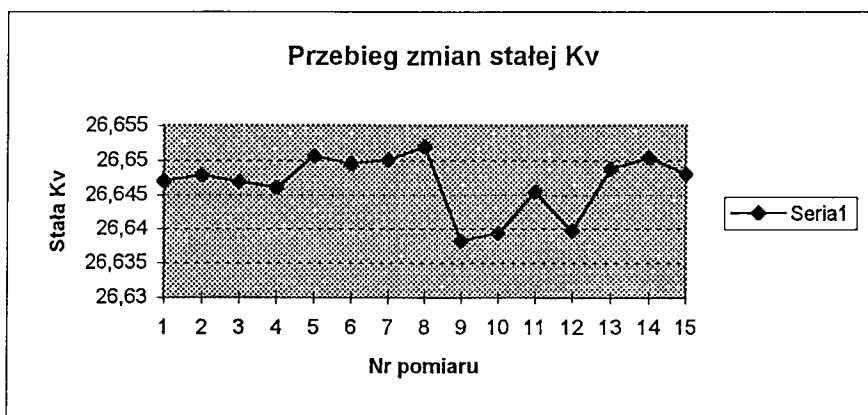
Czujnik PT-32 nr 21

Warunki pomiarów: temperatura wody - 20,3 - 22,4°C

'strumień zadany - 150 dcm<sup>3</sup>/min.

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzezyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzeczysty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	Kv
1	10800	405,65	26,62394	164	148,40854	20,3	0,999133	26,647044
2	10787	405,15	26,62471	164	148,22561	20,3	0,999133	26,647815
3	10800	405,66	26,62328	164,1	148,32176	20,4	0,999112	26,646937
4	10784	405,08	26,6219	163,9	148,29042	20,5	0,999092	26,646109
5	10788	405,17	26,62586	164,1	148,1426	20,6	0,999071	26,650626
6	10782	404,97	26,62419	164	148,15976	20,7	0,99905	26,649516
7	10790	405,27	26,62423	164,2	148,08892	20,8	0,999029	26,650107
8	10786	405,1	26,62552	164,1	148,117	20,9	0,999008	26,65197
9	10781	405,12	26,61187	164,3	147,944	20,9	0,999008	26,6383
10	10794	405,6	26,61243	164,3	148,11929	21	0,998987	26,639423
11	10801	405,78	26,61787	164,4	148,09489	21,1	0,998965	26,645442
12	10791	405,5	26,61159	164,6	147,81288	21,2	0,998944	26,639724
13	10779	404,92	26,62007	164,5	147,69119	21,3	0,998922	26,648789
14	10785	405,13	26,62108	164,3	147,94766	21,4	0,998901	26,650377
15	10787	405,33	26,61288	164,3	148,02069	22,4	0,99868	26,648065

Odchylenie standardowe -	0,0042928	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja -	1,843E-05	
Średnia -	<b>26,646683</b>	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana -	26,647815	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Niepewność wzg. [t <sub>95</sub> ] -	0,03222	[%]



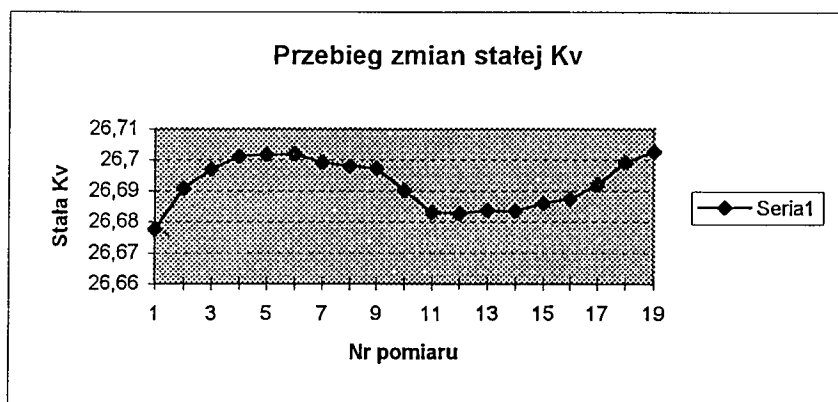
## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT32 - 500      Nr 21

Warunki pomiarów : temperatura wody - 21,1 - 23<sup>0</sup> C  
strumień zadany - 200 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzezyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Sredni strum rzezywisty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	Kv
1	12171	456,7	26,64988	137,9	198,70921	21,1	0,998965	26,677482
2	12208	457,88	26,66201	138,7	198,07354	21,3	0,998922	26,690767
3	12457	467,13	26,66709	141,7	197,79675	21,5	0,998879	26,697016
4	12189	457,02	26,67061	138,6	197,84416	21,6	0,998857	26,701112
5	12181	456,72	26,67061	138,7	197,57174	21,7	0,998836	26,701699
6	12231	458,6	26,6703	139,4	197,38881	21,8	0,998814	26,701979
7	12190	457,12	26,66696	139	197,31799	21,9	0,998792	26,699222
8	12203	457,64	26,66506	139,3	197,11701	22	0,998769	26,697918
9	12190	457,17	26,66404	139,4	196,77331	22,1	0,998747	26,69749
10	12184	457,08	26,65617	139,1	197,15888	22,2	0,998725	26,6902
11	12180	457,06	26,64858	139,5	196,58495	22,3	0,998702	26,683205
12	12159	456,29	26,64753	138,8	197,24352	22,4	0,99868	26,682753
13	12169	456,66	26,64783	138,9	197,26134	22,5	0,998657	26,683666
14	12166	456,56	26,6471	139,1	196,93458	22,6	0,998634	26,683539
15	12169	456,64	26,649	138,8	197,39481	22,7	0,998612	26,686053
16	12160	456,29	26,64972	138,8	197,24352	22,8	0,998589	26,687384
17	12169	456,56	26,65367	138,8	197,36023	22,9	0,998566	26,691958
18	12175	456,66	26,66097	138,9	197,26134	22,9	0,998566	26,69927
19	12172	456,5	26,66375	138,9	197,19222	23	0,998542	26,702666

Odchylenie standardowe -	0,0080244	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja -	6,1E-05	
Średnia -	26,692388	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana -	26,691958	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Niepewność wzg. (t <sub>95</sub> ) -	0,0601251	[%]



14

## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

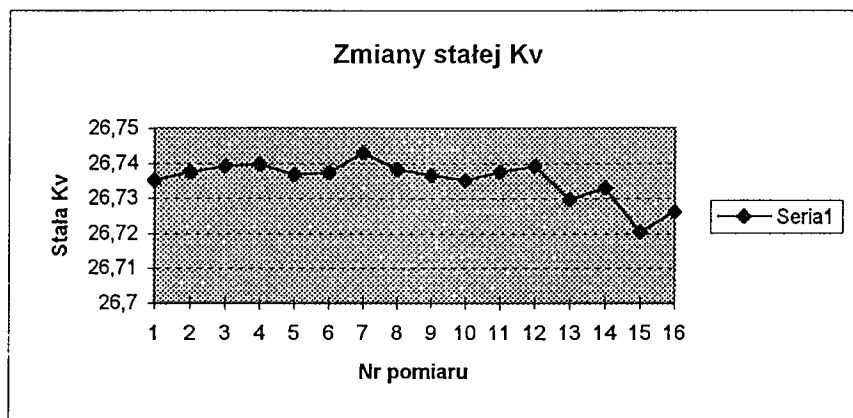
Czujnik PT32 - 500 Nr 21

Warunki pomiarów: temperatura wody 19,8 - 22,4 °C

strumień zadany: 250 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzezyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzezywisty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	Kv
1	14074	527,58	26,67652	128,3	246,72486	19,8	0,997807	26,735144
2	14073	527,51	26,67817	127,9	247,46364	19,9	0,99778	26,737524
3	14083	527,88	26,67841	128,2	247,05772	20,1	0,997725	26,739242
4	14075	527,6	26,67741	128,4	246,54206	20,3	0,99767	26,739718
5	14068	527,41	26,67375	128	247,22344	20,4	0,997642	26,736792
6	14067	527,39	26,67286	128,1	247,02108	20,6	0,997586	26,737404
7	14069	527,4	26,67615	128,2	246,83307	20,9	0,997501	26,742966
8	14068	527,5	26,66919	128,2	246,87988	21,2	0,997416	26,738287
9	14065	527,45	26,66603	128,1	247,04918	21,4	0,997358	26,73666
10	14057	527,21	26,663	128	247,12969	21,6	0,997301	26,735168
11	14063	527,42	26,66376	128,1	247,03513	21,8	0,997242	26,737491
12	14058	527,23	26,66388	128,2	246,75351	22	0,997184	26,739189
13	14062	527,6	26,65277	128,1	247,11944	22,2	0,997125	26,729622
14	14054	527,25	26,65529	128,3	246,57054	22,3	0,997095	26,732944
15	14064	527,87	26,64292	128,2	247,05304	22,3	0,997095	26,720545
16	14054	527,4	26,64771	128,2	246,83307	22,4	0,997065	26,726139

Odchylenie standardowe -	0,0056309	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja -	3,171E-05	
Średnia -	<b>26,735302</b>	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana -	26,667615	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Niepewność wzg. (t <sub>95</sub> ) -	0,0421232	[%]



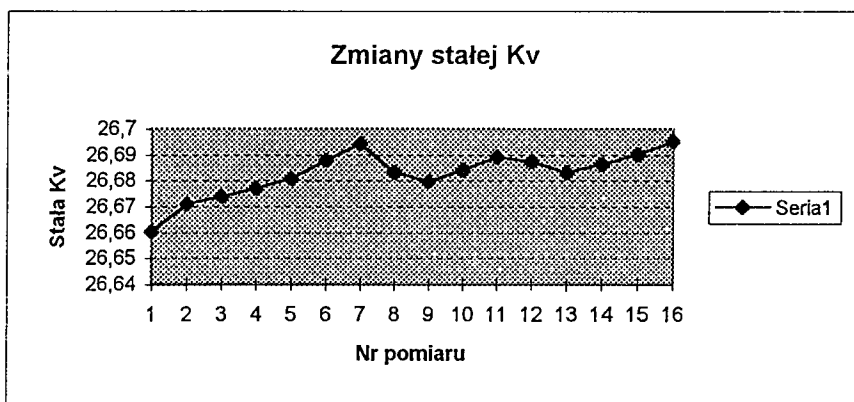
## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT32 - 500 Nr 21

Warunki pomiarów : temperatura wody - 18,5 - 19,5 ° C  
strumień zadany - 300 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzezyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzezywisty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	K <sub>v</sub>
1	17528	657,79	26,6468	131,7	299,67654	18,5	0,999487	26,660477
2	17547	658,27	26,65624	132,1	298,98713	18,7	0,999449	26,670924
3	17542	658,02	26,65876	132,1	298,87358	18,8	0,99943	26,673962
4	17547	658,14	26,6615	132,2	298,70197	18,9	0,999411	26,677211
5	17548	658,09	26,66505	132,5	298,00302	18,9	0,999411	26,680758
6	17551	658,04	26,67163	132,5	297,98038	19	0,999392	26,687861
7	17568	658,52	26,67801	132,7	297,7483	19	0,999392	26,694239
8	17537	657,64	26,66657	132,4	298,02417	19,1	0,999373	26,683309
9	17540	657,84	26,66302	132,6	297,66516	19,1	0,999373	26,67976
10	17561	658,53	26,66697	132,7	297,75283	19,2	0,999353	26,684233
11	17546	657,86	26,67133	132,6	297,67421	19,3	0,999334	26,689115
12	17539	657,64	26,66961	132,8	297,12651	19,3	0,999334	26,687392
13	17548	658,09	26,66505	132,7	297,55388	19,4	0,999314	26,683353
14	17542	657,79	26,66809	132,6	297,64253	19,4	0,999314	26,686395
15	17554	658,16	26,67133	133	296,91429	19,5	0,999294	26,690164
16	17543	657,62	26,6765	132,6	297,56561	19,5	0,999294	26,695342

Odchylenie standardowe -	0,0086841	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja . -	7,541E-05	
Średnia -	<b>26,682781</b>	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana -	26,683793	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Niepełność wzg. (t <sub>95</sub> ) -	0,0650918	[%]





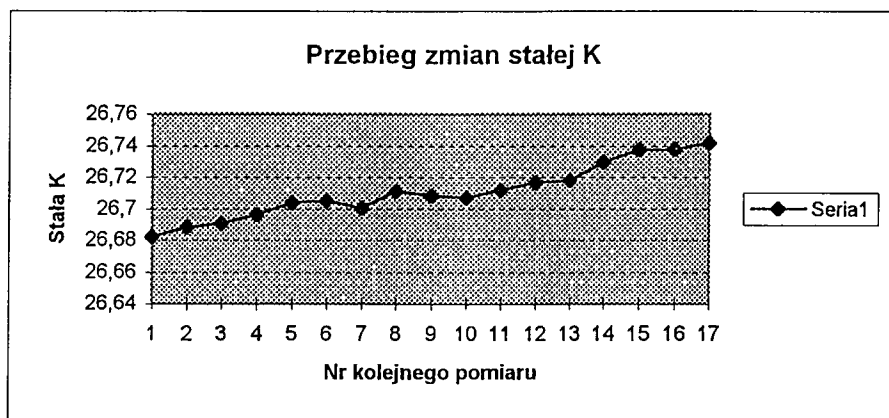
## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT32 - 500      Nr 21

strumień zadany - 350 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba impulsów [imp]	Dawka rzeczyw. [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzeczywisty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stałą czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	T
1	18895	708,44	26,67128	122,1	348,12776	17,9	0,999598	26,682
2	18890	708,13	26,67589	121,8	348,83251	18,2	0,999543	26,688088
3	18893	708,2	26,67749	121,9	348,5808	18,4	0,999506	26,690682
4	18863	706,97	26,68147	121,9	347,97539	18,7	0,999449	26,696174
5	18909	708,5	26,68878	122,1	348,15725	18,8	0,99943	26,703994
6	18906	708,36	26,68982	122,3	347,51922	18,8	0,99943	26,705035
7	18885	707,7	26,68504	122	348,04918	18,9	0,999411	26,70076
8	18929	709,09	26,69478	122,5	347,30939	19	0,999392	26,711022
9	18908	708,38	26,69189	122,4	347,2451	19	0,999392	26,708131
10	18949	709,96	26,69024	122,7	347,1687	19,1	0,999373	26,706994
11	18919	708,71	26,69498	122,3	347,69092	19,1	0,999373	26,711742
12	18856	706,23	26,69952	122	347,32623	19,2	0,999353	26,716801
13	18905	708,03	26,70085	122,4	347,07353	19,2	0,999353	26,718131
14	18924	708,44	26,71221	122,4	347,27451	19,2	0,999353	26,729505
15	18924	708,24	26,71976	12,7	3346,0157	19,3	0,999334	26,737575
16	18900	707,34	26,71982	122,5	346,45224	19,3	0,999334	26,737643
17	18930	708,35	26,72408	122,7	346,38142	19,3	0,999334	26,741899

Odchylenie standardowe -	0,0171681	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja :	0,0002947	
Średnia	26,710952	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana	26,708131	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Względna niepewność (t <sub>95</sub> ) :	0,1285474	[%]



## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

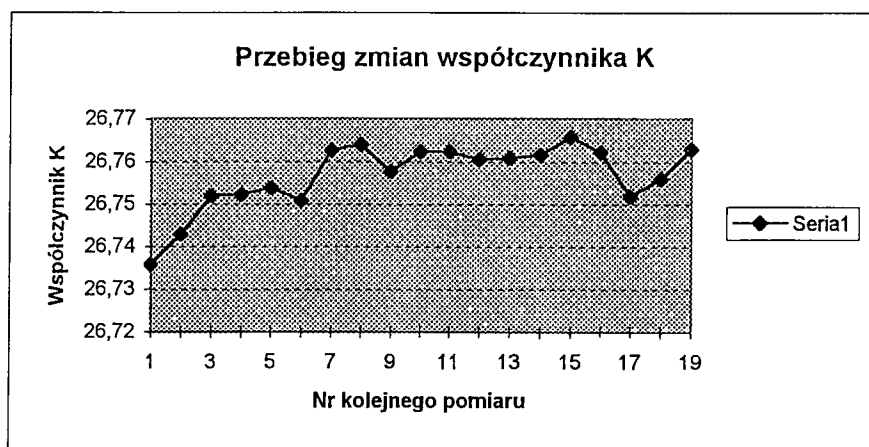
Czujnik PT32 - 500 Nr 21

Warunki pomiarów : temperatura wody - 17,8 do 19,2 °C

strumień zadany - 400 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzeczyw. [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzeczywisty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	K <sub>v</sub>
1	18957	709,32	26,7256	106,3	400,36877	17,8	0,999616	26,735855
2	20389	762,73	26,73161	114,6	399,33508	18	0,99958	26,742844
3	20415	763,46	26,7401	115	398,32696	18,1	0,999562	26,751835
4	20365	761,61	26,73941	114,6	398,74869	18,3	0,999524	26,752128
5	20358	761,33	26,74005	114,5	398,95022	18,5	0,999487	26,75377
6	22816	853,36	26,73666	128,6	398,14619	18,6	0,999468	26,75089
7	20330	760,06	26,74789	114,6	397,93717	18,7	0,999449	26,762627
8	20353	760,88	26,74929	114,8	397,67247	18,7	0,999449	26,76403
9	20343	760,7	26,74247	114,7	397,92502	18,8	0,99943	26,75772
10	22252	831,94	26,74712	125,4	398,05742	18,8	0,99943	26,76237
11	20317	759,61	26,74662	114,6	397,70157	18,9	0,999411	26,762381
12	20308	759,34	26,74428	114,5	397,90742	19	0,999392	26,760552
13	20289	758,62	26,74462	114,7	396,83697	19	0,999392	26,76089
14	20354	761,03	26,74533	115,1	396,71416	19	0,999392	26,761607
15	20303	759,02	26,74897	114,6	397,39267	19,1	0,999373	26,765761
16	20291	758,67	26,74549	114,6	397,20942	19,1	0,999373	26,762282
17	20243	757,17	26,73508	114,5	396,77031	19,1	0,999373	26,751866
18	20319	759,91	26,73869	114,5	398,20611	19,2	0,999353	26,756002
19	20297	758,89	26,74564	114,9	396,28721	19,2	0,999353	26,762955

Odchylenie standardowe -	0,0076102	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja populacji -	5,791E-05	
Średnia -	<b>26,756756</b>	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana -	26,760552	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Względna niepewność (t <sub>95</sub> ):	0,0568841	[%]



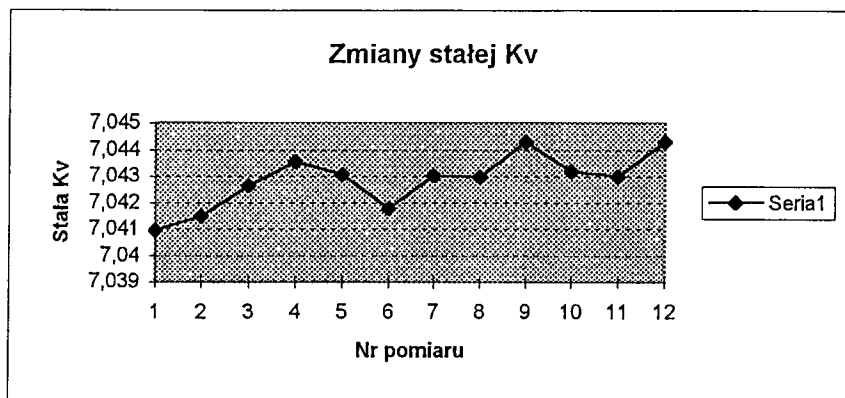
## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT50 - 800M Nr 06

Warunki pomiarów : temperatura wody - 20,3-21,2<sup>o</sup> C  
strumień zadany - 400 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzeczyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzeczywisty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	Kv
1	4196	596,46	7,034839	90,2	396,75831	20,3	0,999133	7,0409446
2	4199	596,84	7,035386	89,8	398,77951	20,3	0,999133	7,0414925
3	4206	597,75	7,036386	90,1	398,05771	20,4	0,999112	7,0426387
4	4199	596,69	7,037155	89,9	398,23582	20,5	0,999092	7,0435538
5	4207	597,88	7,036529	90,8	395,07489	20,6	0,999071	7,0430739
6	4206	597,86	7,035092	90,2	397,68958	20,7	0,99905	7,0417826
7	4207	597,91	7,036176	90,7	395,53032	20,8	0,999029	7,0430158
8	4199	596,79	7,035976	90,1	397,41842	20,9	0,999008	7,0429641
9	4210	598,24	7,037309	90,2	397,94235	20,9	0,999008	7,0442991
10	4197	596,5	7,036044	90,4	395,90708	21	0,998987	7,0431813
11	4193	595,96	7,035707	90,1	396,8657	21,1	0,998965	7,0429945
12	4201	597	7,036851	90,2	397,11752	21,2	0,998944	7,0442903

Odchylenie standardowe -	0,0010246	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja -	1,05E-06	
Średnia -	<b>7,0428526</b>	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana -	7,0430052	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Niepełność wzg. (t <sub>95</sub> ) -	0,0290966	[%]



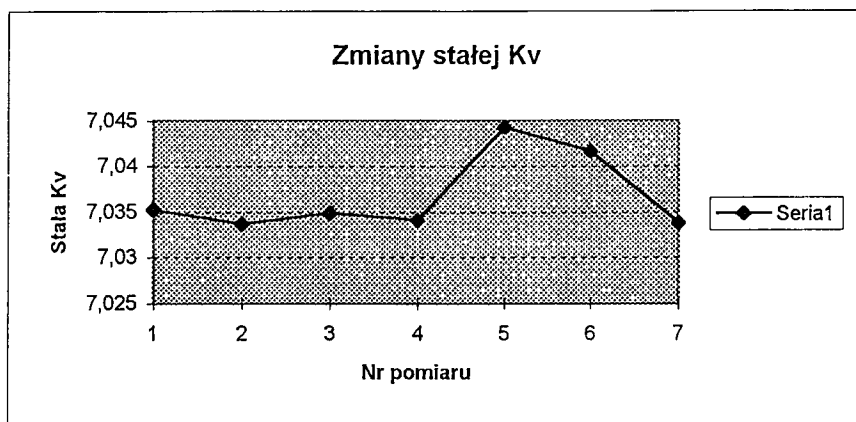
### Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT50 - 800M Nr 96/08

Warunki pomiarów : temperatura wody - 14,4-13,8° C  
strumień zadany - 400 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzeczyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzeczywisty [kg/min]	Temp wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	K <sub>v</sub>
1	6115	869,04	7,0365	130,9	398,33766	14,4	1,000176	7,035261
2	6121	870,07	7,035066	130,9	398,80978	14,3	1,000191	7,0337235
3	6120	869,75	7,036505	131	398,35878	14,1	1,00022	7,0349562
4	6118	869,55	7,035823	131,1	397,96339	14	1,000235	7,034173
5	6131	870,13	7,046074	131,3	397,62224	13,9	1,000249	7,0443198
6	6128	870,01	7,043597	130,1	401,23444	13,8	1,000263	7,0417435
7	6118	869,56	7,035742	131,4	397,05936	13,8	1,000263	7,0338906

Odchylenie standardowe -	0,0043119	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja -	1,859E-05	
Średnia -	<b>7,0368668</b>	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana -	7,0349562	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Niepewność wzg. (t <sub>95</sub> ) -	0,1531883	[%]



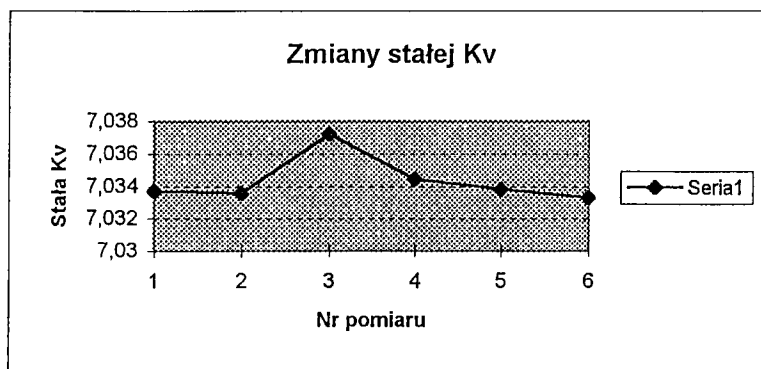
### Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT50 - 800M Nr 96/08

Warunki pomiarów : temperatura wody - 13,8-14<sup>0</sup> C  
strumień zadany - 400 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzezyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Sredni strum rzezywisty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	K <sub>v</sub>
1	6125	870,58	7,03554	130,8	399,34862	13,8	1,000263	7,033688
2	6123	870,31	7,035424	131,4	397,40183	13,8	1,000263	7,0335727
3	6138	871,99	7,039072	131,6	397,56383	13,8	1,000263	7,0372191
4	6113	868,79	7,036223	131,1	397,61556	13,9	1,000249	7,0344715
5	6128	871	7,035591	131,4	397,71689	13,9	1,000249	7,0338401
6	6134	871,93	7,034968	131,1	399,05263	14	1,000235	7,0333185

Odchylenie standardowe -	0,0014569	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja -	2,123E-06	
Średnia -	<b>7,0343516</b>	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana -	7,0337641	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Niepewność wzg. (t <sub>95</sub> ) -	0,0517784	[%]



### Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT50 - 800 Nr 96/08

Warunki pomiarów : temperatura wody - 14<sup>o</sup> Cstrumień zadany - 800 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzeczyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [sek]	Średni strumień rzeczywisty [kg/min]	Temp. wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]
	I	M	K	t	Q	T	ρ	K <sub>v</sub>
1	10554	1494,1	7,063784	113	793,32743	14	1,000235	7,0621275
2	10570	1499,48	7,04911	113,1	795,48011	14	1,000235	7,0474571
3	10574	1499,79	7,05032	113,4	793,53968	14	1,000235	7,0486669
4	10567	1499,21	7,048379	113,1	795,33687	14	1,000235	7,0467257
5	10501	1489,45	7,050253	112,5	794,37333	14	1,000235	7,0485999

Odchylenie standardowe -	0,0064312	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Wariancja -	4,136E-05	
Średnia -	<b>7,0507154</b>	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Mediana -	7,0485999	[imp/dcm <sup>3</sup> ]
Niepewność wzg. (t <sub>95</sub> ) -	0,2280343	[%]

