

# 8

## Bilans energii – I zasada termodynamiki



Opracował: Adam Tralewski

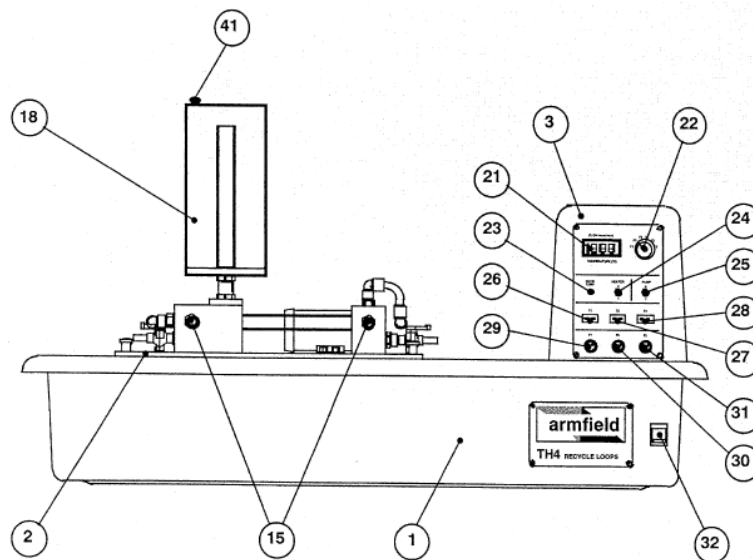
## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wykonanie bilansu energii układu, przez obliczenie ilości dostarczonego ciepła dla różnych wartości strumienia recyrkulacji z wykorzystaniem równania energii układu otwartego w stanie ustalonym.

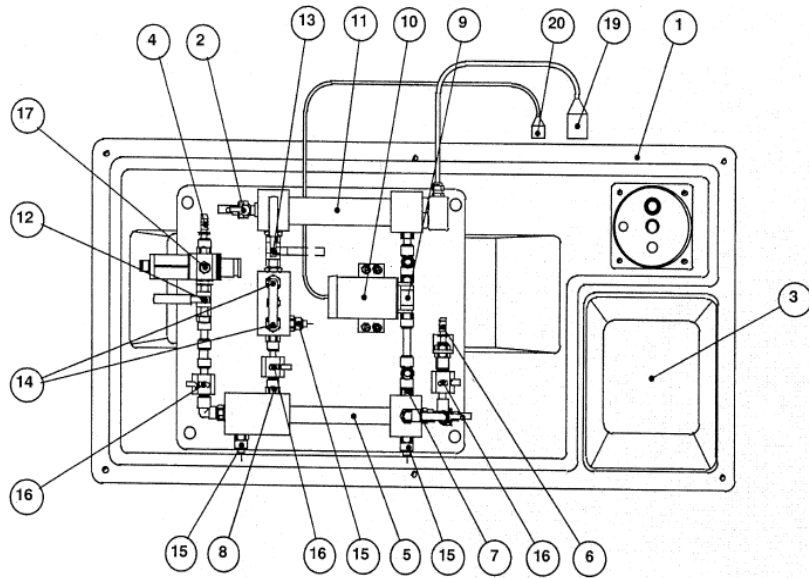
## 2. Opis stanowiska

Stanowisko pomiarowe składa się z przewodu głównego (5), przez który przepływa woda od króćca dopływowego (4) do odpływu (6). Równoległe do rurociągu głównego, tuż przed króćcem odpływowym (7) podłączona jest pętla recyrkulacyjna, przez którą część wody zostaje zawrócona do początkowego przekroju przewodu głównego (8). Przepływ wody w pętli recyrkulacyjnej wymusza pompa (10). W pętli recyrkulacyjnej zamontowany jest przepływowy podgrzewacz wody (11) włączany przełącznikiem (24). Podgrzana woda miesza się następnie z przepływem głównym w punkcie (8). Regulacja strumienia w pętli recyrkulacyjnej odbywa się za pomocą zaworu (13). Układ zasilany jest wodą zimną z sieci, a regulator ciśnienia (17) umieszczony za króćcem zasilającym minimalizuje wahania ciśnienia. Ręczny zawór regulacyjny (12) umożliwia nastawę strumienia głównego o pożądanej wartości. Główny włącznik (32) zlokalizowany jest poniżej panelu sterowania.

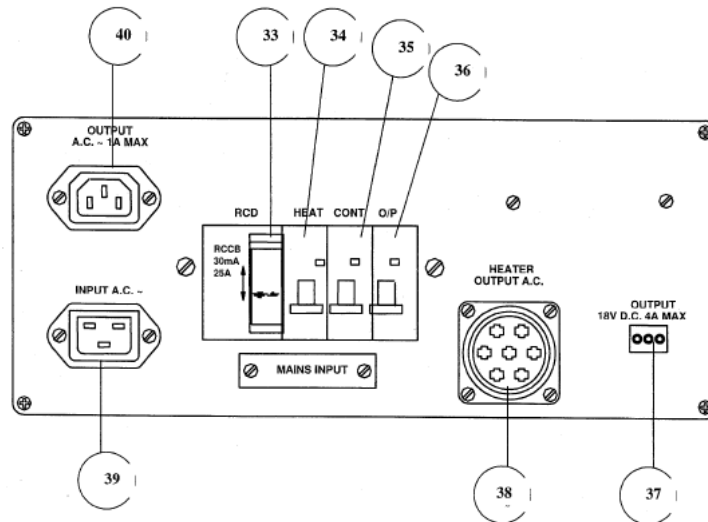
Stanowisko wyposażone jest w trzy termopary typu K (15) mierzące temperatury w przekroju dopływowym - T1, w pętli recyrkulacyjnej - T2 oraz w przekroju odpływowym - T3. Temperatura odczytywana jest z wyświetlacza LCD (21), a wartości podawane są w °C (zakres pomiarowy 4 - 100 °C). Wartość natężenia przepływu mierzona jest przez trzy przepływomierze turbinowe (16) (F1 - przekrój dopływowy, F2 - pętla, F3 - odpływ). Wartość natężenia przepływu odczytywana jest z wyświetlacza LCD (21), wartości podawane są w l/min (zakres pomiarowy 1 - 3 l/min). Przełącznikiem (22) wybiera się parametr, którego wartość ma być aktualnie wyświetlana. W celu uniknięcia przegrzania podgrzewacza minimalna wartość strumieni F1 i F2 wynosi 1 l/min. W przypadku strumienia o mniejszej wartości zasilanie przepływowego podgrzewacza wody zostanie odcięte przez obwód zabezpieczający, a kontrolka "Heater ON" na panelu sterowania nie zapali się.



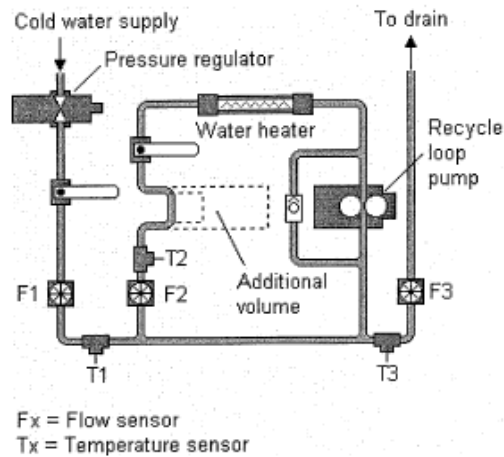
Rys. 1 Stanowisko pomiarowe - widok z boku



Rys. 2 Stanowisko pomiarowe - widok z góry



Rys. 2 Jednostka zasilająca - widok z boku



Rys. 3 Schemat stanowiska pomiarowego

### 3. Przygotowanie stanowiska do wykonania ćwiczenia

Przed przystąpieniem do wykonania ćwiczenia należy:

- upewnić się, że króciec dopływowy podłączony jest do przewodu zasilającego układ w wodę,
- sprawdzić czy króciec wypływowy podłączony jest do przewodu odprowadzającego wodę do kanalizacji,
- sprawdzić poprawność podłączenia termopar i przepływomierzy - podłączenie powinno być zgodne z oznaczeniami na panelu sterowania,
- sprawdzić podłączenie stanowiska do jednostki zasilającej: 37 - zasilanie pompy, 38 - zasilanie podgrzewacza, 39 - podłączenie zasilania z sieci, 40 - zasilanie panelu sterowania,
- włączyć panel sterowania i otworzyć zawór dopływowy (12) oraz zawór regulacyjny w pętli recyrkulacyjnej (13),
- otworzyć dopływ wody zasilającej i poczekać aż woda wypełni układ, a następnie uruchomić pompę recyrkulacyjną,
- kilkakrotnie otworzyć i zamknąć zawór regulacyjny w pętli recyrkulacyjnej (13) w celu usunięcia powietrza nagromadzonego w rurociągu,
- po usunięciu całego powietrza wyłączyć pompę recyrkulacyjną i zamknąć oba zawory regulacyjne.

Po wykonaniu wyżej wymienionych czynności i upewnieniu się, że stanowisko jest w pełni sprawne można przystąpić do wykonania ćwiczenia.

### 4. Procedura wykonania ćwiczenia

Otworzyć zawory regulacyjne 12 i 13 oraz włączyć pompę recyrkulacyjną i przepływowy podgrzewacz wody. Określić maksymalne strumienie dla przepływomierzy F1 i F2. Odczekać aż temperatura wody w przekroju odpływowym T3 osiągnie stałą wartość. Następnie odczytać wartości temperatur i strumieni. Zmieniać nastawę zaworu regulacyjnego (13) ustawiając przepływ o sześciu różnych wartościach. Każdorazowo należy odczekać do chwili aż temperatura na wypływie T3 osiągnie wartość stałą, a następnie odczytać i zanotować wartości mierzonych parametrów. Następnie zmienić nastawę zaworu regulacyjnego 12 i powtórzyć eksperyment dla strumieni głównych  $\dot{V}$ ,  $0.75 \dot{V}$ ,  $0.5 \dot{V}$ . korzystając z załączonych tablic Obliczyć entalpię na dopływie i wypływie z układu. Znając średnicę przewodu na dopływie i wypływie obliczyć prędkości przepływu  $u_1$  oraz  $u_3$ .

### 5. Podstawy teoretyczne

Równanie bilansowe układu otwartego można zapisać w postaci

$$\dot{L}_{t,1-2} + \dot{Q}_{1-2} = \dot{m} \left[ (i_3 - i_2) + \frac{1}{2} (u_3^2 - u_1^2) + g(z_3 - z_1) \right] \quad (1)$$

parametry oznaczone indeksem 1 mierzone są na dopływie do układu, natomiast oznaczone indeksem 3 mierzone są na wypływie.

Ponieważ króciec dopływowy i wypływowy znajdują się na tej samej wysokości zatem człon  $(z_3 - z_1) = 0$ . Układ nie wykonuje pracy, zatem człon  $\dot{L}_{t,1-2}$  możemy pominąć. Po uwzględnieniu powyższych założeń wzór 1 przyjmuje postać:

$$\dot{Q}_{1-2} = \dot{m} \left[ (i_3 - i_2) + \frac{1}{2} (u_3^2 - u_1^2) \right] \quad (2)$$

Wielkość  $\dot{Q}_{1-2}$  może zostać określona na podstawie pomiarów strumieni i temperatur w punktach 1 i 3 oraz przy znajomości średnicy rury w tych punktach.

Tab. 1 Gęstość wody w zależności od temperatury

Temp. water °C	Temp. water K	Density water kg / m <sup>3</sup>	Temp. water °C	Temp. water K	Density water kg / m <sup>3</sup>
1	274.15	999.9015	46	319.15	989.7944
2	275.15	999.9429	47	320.15	989.3657
3	276.15	999.9672	48	321.15	988.9303
4	277.15	999.9750	49	322.15	988.4881
5	278.15	999.9668	50	323.15	988.0393
6	279.15	999.9432	51	324.15	987.5839
7	280.15	999.9045	52	325.15	987.1220
8	281.15	999.8512	53	326.15	986.6537
9	282.15	999.7838	54	327.15	986.1791
10	283.15	999.7026	55	328.15	985.6982
11	284.15	999.6081	56	329.15	985.2111
12	285.15	999.5004	57	330.15	984.7178
13	286.15	999.3801	58	331.15	984.2185
14	287.15	999.2474	59	332.15	983.7132
15	288.15	999.1026	60	333.15	983.2018
16	289.15	998.9460	61	334.15	982.6846
17	290.15	998.7779	62	335.15	982.1615
18	291.15	998.5986	63	336.15	981.6327
19	292.15	998.4082	64	337.15	981.0981
20	293.15	998.2071	65	338.15	980.5578
21	294.15	997.9955	66	339.15	980.0118
22	295.15	997.7735	67	340.15	979.4603
23	296.15	997.5415	68	341.15	978.9032
24	297.15	997.2995	69	342.15	978.3406
25	298.15	997.0479	70	343.15	977.7726
26	299.15	996.7867	71	344.15	977.1991
27	300.15	996.5162	72	345.15	976.6203
28	301.15	996.2365	73	346.15	976.0361
29	302.15	995.9478	74	347.15	975.4466
30	303.15	995.6502	75	348.15	974.8519
31	304.15	995.3440	76	349.15	974.2520
32	305.15	995.0292	77	350.15	973.6468
33	306.15	994.7060	78	351.15	973.0366
34	307.15	994.3745	79	352.15	972.4212
35	308.15	994.0349	80	353.15	971.8007
36	309.15	993.6872	81	354.15	971.1752
37	310.15	993.3316	82	355.15	970.5446
38	311.15	992.9683	83	356.15	969.9091
39	312.15	992.5973	84	357.15	969.2686
40	313.15	992.2187	85	358.15	968.6232
41	314.15	991.8327	86	359.15	967.9729
42	315.15	991.4394	87	360.15	967.3177
43	316.15	991.0388	88	361.15	966.6576
44	317.15	990.6310	89	362.15	995.9927
45	318.15	990.2162	90	363.15	965.3230

Tab. 2 Ciepło właściwe wody w zależności od temperatury

Temp. water °C	Temp. water K	Specific heat water kJ/kg/K	Temp. water °C	Temp. water K	Specific heat water kJ/kg/K
1	274.15	4.2141	46	319.15	4.1797
2	275.15	4.2107	47	320.15	4.1799
3	276.15	4.2077	48	321.15	4.1802
4	277.15	4.2048	49	322.15	4.1804
5	278.15	4.2022	50	323.15	4.1807
6	279.15	4.1999	51	324.15	4.1810
7	280.15	4.1977	52	325.15	4.1814
8	281.15	4.1957	53	326.15	4.1817
9	282.15	4.1939	54	327.15	4.1820
10	283.15	4.1922	55	328.15	4.1824
11	284.15	4.1907	56	329.15	4.1828
12	285.15	4.1893	57	330.15	4.1832
13	286.15	4.1880	58	331.15	4.1836
14	287.15	4.1869	59	332.15	4.1840
15	288.15	4.1858	60	333.15	4.1844
16	289.15	4.1849	61	334.15	4.1849
17	290.15	4.1840	62	335.15	4.1853
18	291.15	4.1832	63	336.15	4.1858
19	292.15	4.1825	64	337.15	4.1863
20	293.15	4.1819	65	338.15	4.1868
21	294.15	4.1813	66	339.15	4.1874
22	295.15	4.1808	67	340.15	4.1879
23	296.15	4.1804	68	341.15	4.1885
24	297.15	4.1800	69	342.15	4.1890
25	298.15	4.1796	70	343.15	4.1896
26	299.15	4.1793	71	344.15	4.1902
27	300.15	4.1790	72	345.15	4.1908
28	301.15	4.1788	73	346.15	4.1915
29	302.15	4.1786	74	347.15	4.1921
30	303.15	4.1785	75	348.15	4.1928
31	304.15	4.1784	76	349.15	4.1935
32	305.15	4.1783	77	350.15	4.1942
33	306.15	4.1783	78	351.15	4.1949
34	307.15	4.1782	79	352.15	4.1957
35	308.15	4.1782	80	353.15	4.1964
36	309.15	4.1783	81	354.15	4.1972
37	310.15	4.1783	82	355.15	4.1980
38	311.15	4.1784	83	356.15	4.1988
39	312.15	4.1785	84	357.15	4.1997
40	313.15	4.1786	85	358.15	4.2005
41	314.15	4.1787	86	359.15	4.2014
42	315.15	4.1789	87	360.15	4.2023
43	316.15	4.1791	88	361.15	4.2032
44	317.15	4.1792	89	362.15	4.2042
45	318.15	4.1797	90	363.15	4.2051

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Instytut Energetyki Ciepłej

ite.put.poznan.pl

**Temat:**

Bilans energii

Imię i Nazwisko:

Rok akademicki:

Grupa:

Data i godzina wykonania ćwiczenia:

Data zaliczenia:

Ocena zaliczenia:

Ocena ćwiczenia:

### 1. Schemat stanowiska pomiarowego

### 2. Zależności wykorzystywane w obliczeniach





## **4. Wnioski**