

# DOBOWY CYKL TEMPERATURY WODY W RZECIE ROPIE PONIŻEJ ZBIORNIKA RETENCYJNEGO W KLIMKÓWCE

Łukasz Wiejaczka

**Wiejaczka Ł., 2007:** Dobowy cykl temperatury wody w rzece Ropie poniżej zbiornika retencyjnego w Klimkówe (Twenty-four hour cycle of the temperature of water in the Ropa river below water reservoir in Klimkówka), Monitoring Środowiska Przyrodniczego nr 8, s. 91-98, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.

**Zarys treści:** W artykule przedstawiono dobowy, typowy dla rzeki Ropy cykl temperatury wody, w okresie lata, poniżej zbiornika retencyjnego w Klimkówe, w przeobrażonych przez niego warunkach termicznych, a także wykazano zmienność tego cyklu w czasie zróżnicowanych zjawisk pogodowych. Zwrócono również uwagę na fakt, że uruchomienie zbiornika wodnego w Klimkówe wpłynęło istotnie na przebieg wartości temperatury wody w Ropie w ciągu doby, poniżej jego lokalizacji.

**Słowa kluczowe:** temperatura wody, temperatura powietrza, rzeka Ropa, zbiornik wodny w Klimkówe.

**Key words:** water temperature, air temperature, Ropa river, water reservoir in Klimkówka.

Łukasz Wiejaczka, Stacja Naukowo-Badawcza IGiPZ PAN, 38-311 Szymbark 410, uhasz@poczta.onet.pl

## 1. Wprowadzenie

Termika powietrza jest zasadniczym regulatorem termicznych procesów zachodzących w ciekach. Ścisły związek temperatury powietrza z temperaturą wody w ciekach został udokumentowany w literaturze (Edinger i wsp. 1968, Pilgrim i wsp. 1998, Mohseni, Stefan 1999, Caissie i wsp. 2001, Bogan i wsp. 2003, Ozaki i wsp. 2003, Webb i wsp. 2003, O'Driscoll, DeWalle 2006, Wiejaczka 2007c). Pozwala to przypuszczać, że okresowe oraz częstsze wahania temperatury powietrza na danym obszarze pociągają za sobą określone zmiany w dynamice temperatury wody cieków przez niego płynących. Tempo ani charakter tych zmian nie zostały jak dotąd bliżej przedstawione w literaturze, dlatego wydaje się uzasadnione zwrócenie szerszej uwagi na to zagadnienie. Celem opracowania jest przedstawienie dobowego, typowego cyklu temperatury wody dla rzeki Ropy, który występuje poniżej zbiornika retencyjnego w Klimkówe, w zmienionych przez niego warunkach termicznych, a także wykazanie odstępstw od tego cyklu, w zmiennych warunkach pogodowych.

## 2. Zmiany w termice rzeki Ropy po uruchomieniu zbiornika retencyjnego w Klimkówe

Termika rzeki Ropy uległa głębokiej transformacji po uruchomieniu zbiornika retencyjnego w Klimkówe. Poniżej zbiornika w Klimkówe zmiany te związane są z sezonowym kształtowaniem się termiki wód w samym zbiorniku oraz z podwyższeniem przepływu w rzece do 2 m<sup>3</sup>/s (przed powstaniem zbiornika przepływy na Ropie w okresach bezopadowych bardzo często spadały poniżej 0,5 m<sup>3</sup>/s). W odniesieniu do naturalnej termiki (sprzed budowy zbiornika), zimą wody tego zbiornika nieznacznie podnoszą temperaturę wody w rzece poniżej jego lokalizacji (miesięczne wartości temperatur średnich, maksymalnych i minimalnych), latem natomiast obniżają znacznie średnie oraz maksymalne miesięczne wartości temperatur przy niewielkim wzroście temperatur miesięcznych minimalnych (Wiejaczka 2007a, b).

Po wybudowaniu zbiornika wodnego w Klimkówe nastąpiło również znaczne obniżenie rocznej amplitudy temperatury wody w Ropie (średnio o 5°C), co może

mieć wpływ na życie biologiczne w tym środowisku. Prezentowane przez Ł. Wiejczkę (2007a, b) dane pokazują, że woda w Ropie po wybudowaniu zbiornika w Klimkówce poniżej jego lokalizacji w ujściu rocznym jest ochładzana, w stosunku do jej naturalnej termiki.

Dobowy cykl termiczny Ropy w warunkach niezaburzonych przez człowieka zarysował R. Soja (1973), który w okresie maksymalnych temperatur powietrza mierzył termikę dorzecza górnej Ropy. Według danych przedstawionych przez cytowanego autora, w okresie wysokich temperatur powietrza, średnia dobową temperaturę wody w Ropie nie różni się znacząco od średniej dobowej temperatury powietrza, a różnica pomiędzy omawianymi wartościami z reguły sięga kilku dziesiątych stopnia Celsjusza, sporadycznie dochodząc do około 3°C (tab. 1). Autor ten zwraca również uwagę na fakt, że w większości przypadków średnia dobową temperaturę wody jest wyższa niż temperaturę powietrza. Opóźnienie temperatury maksymalnej wody w Ropie w stosunku do powietrza w dobowym cyklu, w warunkach słonecznej pogody R. Soja (1973) ocenia na ok. 2-3 godz.

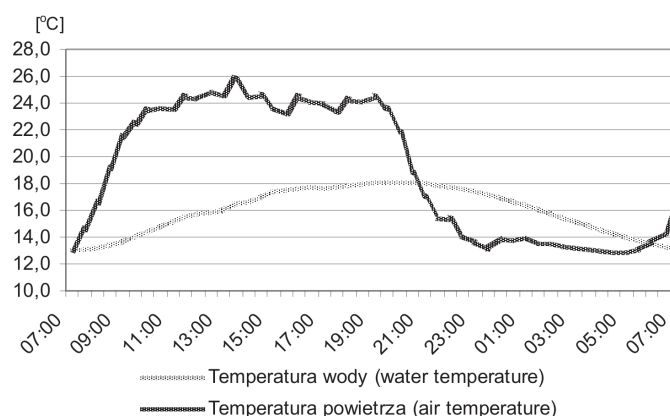
### 3. Założenia metodyki badań

Wykorzystane w opracowaniu dane dotyczące temperatury wody w Ropie pochodzą z pomiarów prowadzonych w wybrane dni czerwca, lipca oraz września 2007 roku podczas odmiennych warunków pogodowych w godzinach od 7<sup>00</sup> do 7<sup>00</sup> dnia następnego. Pomiar temperatury wody był wykonywany w punkcie wodowskazowym usytuowanym na 39 km biegu rzeki (ok. 16 km poniżej zapory w Klimkówce) za pomocą elektronicznego miernika w 0,5 h interwale czasowym. Prezentowane w artykule wartości temperatury powietrza pochodzą z automatycznej stacji pomiarowej zainstalowanej na stoku doświadczalnym placówki naukowo-badawczej PAN w Szymbarku k. Gorlic, oddalonego od punktu

pomiaru temperatury wody o ok. 400 m. W okresie pomiarów, uregulowany przepływ na Ropie za sprawą funkcjonującego 16 km powyżej zbiornika retencyjnego w Klimkówce wynosił 2-2,5 m<sup>3</sup>/s, z wyjątkiem dnia 5/6 września, kiedy to na Ropie odnotowano wezbranie wody, w trakcie którego przepływ sięgał kilkudziesięciu m<sup>3</sup>/s. Brzegi koryta Ropy (o szerokości dochodzącej miejscami do 20 m) od zapory w Klimkówce do miejsca pomiarów porośnięte są typową roślinnością łągową dającą miejscami słaby cień, a lustro płynącej wody jest prawie przez cały dzień wystawione na działanie promieni słonecznych.

### 4. Dobowy cykl temperatury wody w rzece Ropie podczas pogody słonecznej

Dobowy cykl temperatury wody w Ropie podczas bezchmurnej, słonecznej pogody można uznać za typowy dla rzeki Ropy (ryc. 1, 2). Parabola przedstawiająca dynamikę wody układa się na kształt fali łagod-



Ryc. 1. Dobowy cykl temperatury wody w rzece Ropie podczas pogody słonecznej w dniu 17/18 czerwca 2007

Fig.1. Twenty-four hour cycle of the temperature of water during the sunny weather in the day 17/18 June 2007

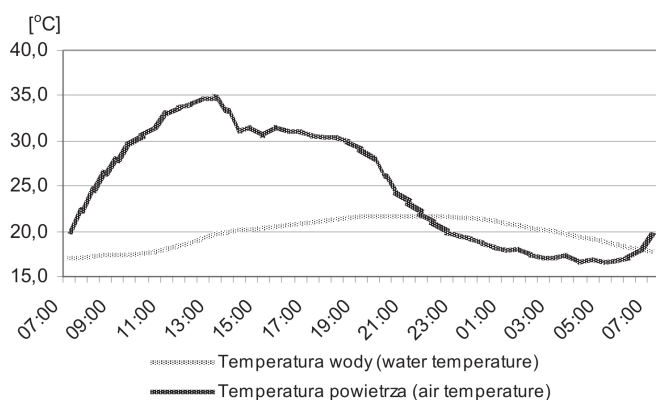
Tab. 1. Średnie dobowe temperatury powietrza w Szymbarku oraz wody w rzece Ropie w dniach 24 VII–4 VIII 1971 (wg Soi 1973)

Tab. 1. The average daily temperatures of air into Szymbark and temperatures of water in the Ropa river in the days 24 VII–4 VIII 1971 (according to Soja 1973)

Data date	24 VII	25 VII	26 VII	27 VII	28 VIII	29 VII	30 VII	31 VII	1 VIII	2 VIII	3 VIII	4 VIII
Temperatury powietrza air temperatures	16,0	17,5	19,5	20,2	21,5	24,0	22,1	23,2	22,4	21,3	22,0	19,6
Temperatury wody water temperatures	16,2	17,8	18,6	19,5	22,0	24,0	22,9	23,8	25,0	24,4	23,9	22,7

Tab. 2. Maksymalne i minimalne dobowe wartości temperatury powietrza w Szymbarku oraz wody w rzece Ropie a także ich dobowe amplitudy  
*Tab. 2. Maximal and minimal daily values of the air temperature into Szymbark and waters in the Ropa river and they daily amplitudes*

Data <i>Date</i>	Temperatura powietrza <i>Air temperatures</i>		Godziny <i>Hours</i>		Temperatura wody <i>Water temperatures</i>		Godziny <i>Hours</i>		Dobowe amplitudy [°C] <i>Daily amplitudes</i>	
	maks min				maks min				Temperatura powietrza <i>Air temperatures</i>	Temperatura wody <i>Water temperatures</i>
14/15 VI	26,6	11:30	17,3	18:00-19:00	10,7	3,9				
	15,9	03:00	13,4	06:30-07:00						
17/18 VI	25,8	13:30	18,1	19:00-21:00	12,9	5,0				
	12,9	04:30-05:00	13,1	07:00						
26/27 VI	20,6	19:00	15,7	13:30	7,9	3,0				
	12,7	04:30	12,7	06:00-07:00						
2/3 VII	29,7	15:30-17:00	19,1	19:00-21:30	13,2	4,9				
	16,5	04:30	14,2	09:00-09:30						
5/6 VII	17,9	17:30	15,0	15:30-19:30	5,3	2,2				
	12,6	04:00-04:30	12,8	09:00						
12/13 VII	21,8	14:30	16,9	19:30-20:30	11,1	4,4				
	10,7	07:00	12,5	08:30						
18/19 VII	34,7	12:30-13:00	21,8	20:00-22:00	18,0	4,7				
	16,7	04:00 i 05:00	17,1	07:00-07:30						
5/6 IX	10,4	07:00	13,3	00:00-04:00	2,9	0,6				
	7,5	07:30-08:30	12,7	07:30-10:00						



Ryc. 2. Dobowy cykl temperatury wody w rzece Ropie podczas pogody słonecznej w dniu 18/19 lipca 2007

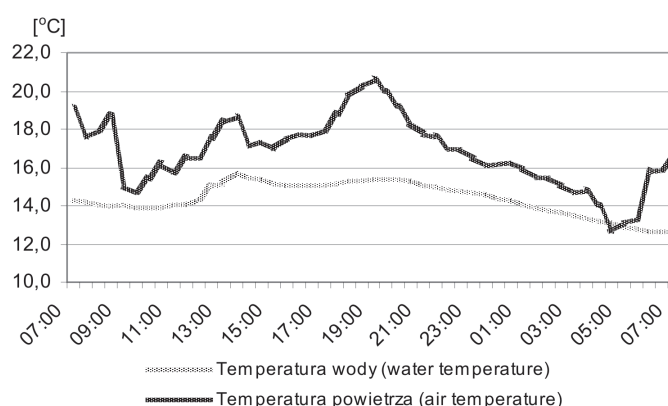
Fig. 2. Twenty-four hour cycle of the temperature of water during the sunny weather in the day 18/19 July 2007

nie wzrastającej i opadającej. W godzinach porannych pomimo szybkiego wzrostu temperatury powietrza zaznacza się słabo widoczny wzrost temperatury wody, czego przyczyną jest słaba przewodność cieplna wody. Bardziej wyraźne skoki temperatury wody przypadają na godziny przedpołudniowe i popołudniowe, kiedy to temperatura powietrza osiąga maksymalne wartości dobowe (25,8°C – 17/18 VI, 34,7°C – 18/19 VII), które w przypadku wody pojawiają się zdecydowanie później, we wczesnych godzinach wieczornych (18,1°C – 17/18 VI, 21,8°C – 18/19 VII), (tab. 2). Wtedy to temperatura powietrza na skutek zasłonięcia słońca przez zbocze doliny Ropy w ciągu dwóch, trzech godzin gwałtownie spada, czego konsekwencją jest powolny, stopniowy spadek temperatury wody w rzece. W ciągu dnia wartość temperatury powietrza przewyższa wartość temperatury wody w Ropie o kilka lub nawet kilkanaście stopni Celsjusza. Odmienna sytuacja kształtuje się w nocy, kiedy to temperatura powietrza spada poniżej temperatury wody w rzece, a różnica pomiędzy ich wartościami sięga od kilku dziesiątych do kilku stopni Celsjusza. Minimalne dobowe wartości temperatury powietrza (12,9°C – 17/18 VI, 16,7°C – 18/19 VII) oraz wody w Ropie (13,1°C – 17/18 VI, 17,1°C – 18/19 VII) pojawiają się w godzinach porannych, a wartość minimalnej temperatury wody jest wyższa od wartości temperatury powietrza (tab. 2). W ciągu doby pomiędzy temperaturą wody w Ropie a temperaturą powietrza dochodzi do dwukrotnego wyrównania wartości: w późnych godzinach wieczornych oraz we wczesnych godzinach porannych. W rozpatrywanych dobach 17/18 VI oraz 18/19 VII średnia temperatura powietrza jest znacznie wyższa od średniej temperatury wody, odpowiednio o 2,9°C oraz 4°C (tab. 3). Również dobowa amplituda temperatury powietrza,

wynosząca 12,8°C (17/18 VI) i 18,0°C (18/19 VII) zdecydowanie przewyższa dobową amplitudę temperatury wody sięgającą 5,0°C (17/18 VI) i 4,7°C (18/19 VII), (tab. 2).

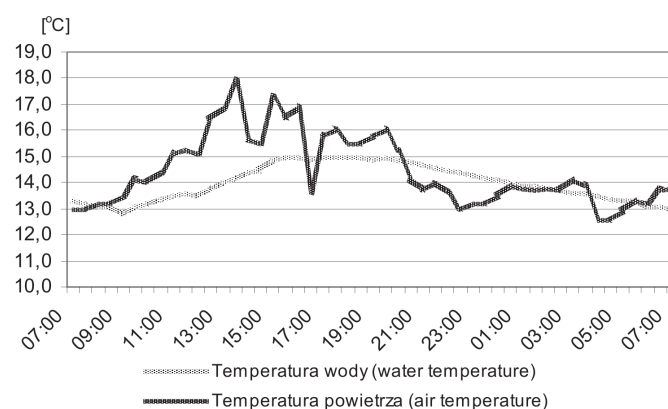
## 5. Dobowy cykl temperatury wody w Ropie podczas pełnego zachmurzenia

Podczas całkowitego zachmurzenia nieba temperatura powietrza nie osiąga wysokich wartości, co ma swoje odbicie w dynamice temperatury wody w Ropie (ryc. 3, 4).



Ryc. 3. Dobowy cykl temperatury wody w rzece Ropie podczas pełnego zachmurzenia w dniu 26/27 czerwca 2007

Fig. 3. Twenty-four hour cycle of the temperature of water during full of clouds weather in the day 26/27 June 2007



Ryc. 4. Dobowy cykl temperatury wody w rzece Ropie podczas pełnego zachmurzenia w dniu 5/6 lipca 2007

Fig. 4. Twenty-four hour cycle of the temperature of water during full of clouds weather in the day 5/6 July 2007

Przez całą dobę wartości temperatury powietrza nie odbiegają zasadniczo od temperatury wody, jak ma to miejsce podczas bezchmurnej, słonecznej pogody. Średnie temperatury powietrza w rozpatrywanych dobach są wyższe od analogicznych temperatur wody o 2,4°C (26/27 VI 2007) oraz 0,6°C (5/6 VII 2007), (tab. 3). Dla temperatury powietrza charakterystyczne są częste kilkustopniowe skoki i spadki wartości, co w ledwo zauważalny sposób zakłóca dobowy cykl temperatury wody w Ropie. Temperatura powietrza w ciągu doby rzadko spada poniżej temperatury wody, natomiast jeżeli taka sytuacja wystąpi, to obniżenie wartości temperatury powietrza w stosunku do temperatury wody jest procesem krótkotrwałym, a pomiędzy omawianymi wartościami temperaturowymi nie zachodzą duże różnice. Analizując ryciny 3 i 4 można łatwo zauważyć, że w ciągu doby może nie dochodzić do wyrównania temperatury pomiędzy wodą a powietrzem, jak ma to miejsce podczas słonecznego, bezchmurnego dnia lub też może wystąpić nawet kilka takich momentów zrównań. W prezentowanych dobach maksymalne dobowe wartości temperatury powietrza (20,6°C – 26/27 VI oraz 17,9°C – 5/6 VII) pojawiają się w godzinach popołudniowych i wieczornych, a wody (15,7°C – 26/27 VI oraz 15,0°C

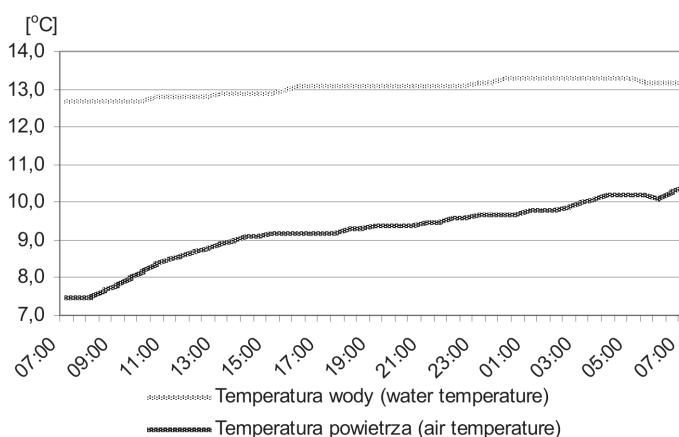
– 5/6 VII) o kilka godzin wcześniej, natomiast minimalne dobowe temperatury powietrza (12,7°C – 26/27 VI oraz 12,6°C – 5/6 VII) i wody w Ropie (12,7°C – 26/27 VI oraz 12,8°C – 5/6 VII) występują w godzinach porannych, a ich wartości są do siebie zbliżone (tab. 2). Dobowa amplituda temperatury powietrza (7,9°C – 26/27 VI oraz 5,3°C – 5/6 VII), podobnie jak przy bezchmurnej pogodzie, jest wyższa od dobowej amplitudy temperatury wody (3,0°C – 26/27 VI oraz 2,3°C – 5/6 VII) (tab. 3), chociaż w przypadku pełnego zachmurzenia różnice pomiędzy dobowymi wartościami amplitudowymi temperatury powietrza i wody są zdecydowanie mniejsze niż przy bezchmurnej, słonecznej pogodzie.

Przedstawione powyżej zależności znacznie komplikują się, gdy podczas pełnego zachmurzenia nieba w Ropie dochodzi do wezbrania, w trakcie którego przepływ zwiększa się z 2m<sup>3</sup>/s do kilkudziesięciu m<sup>3</sup>/s w ciągu doby. Sytuacja zaobserwowana w dniu 5/6 września 2007 (ryc. 5) pokazuje, że temperatura wody może przyjmować znacznie wyższe wartości niż temperatura powietrza. Średnia temperatura wody za omawianą dobę pomiarową wyniosła 13°C przy średniej temperaturze powietrza 9,2°C (tab. 3), co wskazuje na zupełnie odwrotną sytuację, niż we wszystkich pozostałych dobach, rozpatrywanych w tym artykule. Również w przypadku dobowej temperatury maksymalnej i minimalnej wody odnotowano wyższe wartości (odpowiednio 13,3°C oraz 12,2°C), niż dla temperatury powietrza (odpowiednio 10,4°C oraz 7,5°C). Temperatura wody oraz temperatura powietrza w prezentowanej dobie (5/6 IX) wykazały bardzo niską amplitudę wynoszącą odpowiednio 0,6°C oraz 2,9°C (tab. 2). Zarówno temperatura wody, jak i temperatura powietrza w dobowym cyklu wykazują

Tab. 3. Średnie dobowe temperatury wody w rzece Ropie oraz średnie dobowe temperatury powietrza w Szymbarku

Tab. 3. The average daily temperatures of water in the Ropa river and the average daily temperatures of air in Szymbark

Data Date	Temperatury wody Water temperatures	Temperatury powietrza Air temperatures
14/15 VI 2007	15,7	19,8
17/18 VI 2007	16,0	18,9
26/27 VI 2007	14,4	16,8
2/3 VII 2007	17,2	23,4
5/6 VII 2007	14,0	14,6
12/13 VII 2007	15,2	16,1
18/19 VII 2007	19,9	24,9
5/6 IX 2007	13,0	9,2



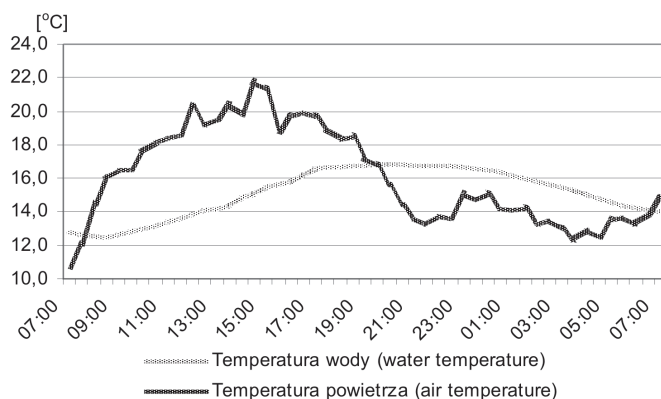
Ryc. 5. Dobowy cykl temperatury wody w rzece Ropie podczas wezbrania w dniu 5/6 września 2007

Fig. 5. Twenty-four hour cycle of the temperature of water while swelling in the day of 5/6 September 2007

tendencję rosnącą, zachowując pomiędzy sobą dystans  $5,2^{\circ}\text{C}$  o godz.  $7^{00}$  5.IX, który w miarę upływu czasu zmniejszył się do  $2,8^{\circ}\text{C}$  o godz.  $7^{00}$  następnego dnia (ryc. 5). Stały wzrost temperatury wody jest ciekawy również z tego punktu widzenia, że w ciągu omawianej doby stopniowo zwiększał się, a później zmniejszał przepływ w rzece, co w żaden sposób nie odzwierciedla się w dobowym przebiegu temperatury wody w Ropie. Większa masa wody dzięki swojej słabszej od powietrza przewodności cieplnej może w znacznym stopniu uodpornić się na działanie warunków atmosferycznych.

## 6. Dobowy cykl temperatury wody w Ropie podczas częściowego zachmurzenia.

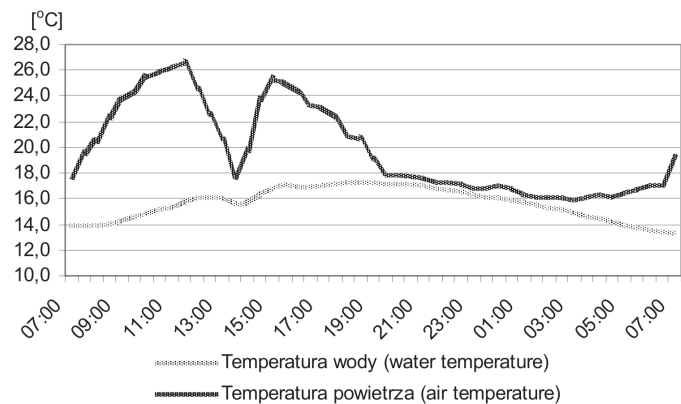
Bardzo często zdarza się, że przy słonecznej pogodzie na niebie pojawiają się różnego typu chmury (najczęściej kłębiaste) o różnej wielkości, które czasowo ograniczają dostęp bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi, determinując dynamikę temperatury powietrza w miejscu rzucanego przez nie cienia, czego przejawem są częste kilkustopniowe skoki temperatury powietrza. Nie prowadzi to jednak do większych odchyłek w dobowym cyklu termicznym Ropy (ryc. 6).



Ryc. 6. Dobowy cykl temperatury wody w rzece Ropie podczas częściowego zachmurzenia w dniu 12/13 lipca 2007  
Fig. 6. Twenty-four hour cycle of the temperature of water during partial clouds in the day 12/13 July 2007

W okresie letnim dobowy cykl temperatury wody oraz powietrza zostaje często zakłócony przez występujące incydentalnie zjawiska burzowe. W ciągu dnia, przy bezchmurnej, słonecznej pogodzie temperatura powietrza oraz temperatura wody przedstawiają typowy dla badanego obszaru cykl. Przejście frontu a z nim chmur burzowych (*Cumulonimbus*), powoduje okresowe przysłonięcie nieba, co wpływa na

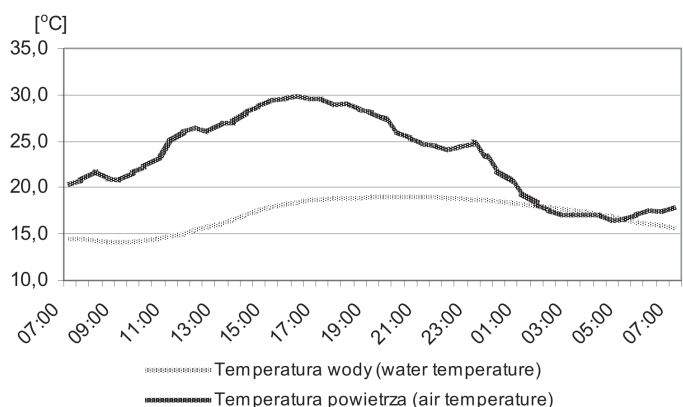
zmniejszenie natężenia promieniowania słonecznego do przyziemnych warstw troposfery. Pociąga to za sobą szybkie i gwałtowne obniżenie temperatury powietrza dochodzące nawet do  $10^{\circ}\text{C}$  (ryc. 7).



Ryc. 7. Dienne zjawiska burzowe w dniu 14/15 czerwca 2007  
Fig. 7. Daily stormy phenomena in the day 14/15 June 2007

Tak duży i nagły spadek temperatury powietrza przekłada się na słabo zauważalny spadek temperatury wody w rzece, pomimo iż sama reakcja ciekła na tak gwałtowne zmiany termiczne powietrza, przejawiająca się zatrzymaniem tendencji wzrostowej temperatury wody oraz późniejszym jej obniżeniem o kilka dziesiątych stopnia Celsjusza, następuje już po 0,5 h, co w przypadku ciekła, jakim jest Ropa, jest to reakcją prawie natychmiastową.

Odmierna sytuacja kształtuje się podczas nocnego przejścia burzy (ryc. 8). Kilkustopniowy, gwałtowny spadek temperatury powietrza nie wpływa w żaden sposób na termikę wody, która w tym czasie zachowuje typowy dla siebie cykl.



Ryc. 8. Nocne zjawiska burzowe w dniu 2/3 lipca 2007  
Fig. 8. Night-time stormy phenomena in the day 2/3 July 2007

Podobnie jak w przypadku bezchmurnej pogody, również przy częściowym zachmurzeniu nieba średnie dobowe temperatury powietrza są wyższe od średnich dobowych temperatur wody. Różnica pomiędzy tymi wartościami sięga  $0,9^{\circ}\text{C}$  12/13 VII,  $4,1^{\circ}\text{C}$  14/15 VI i aż  $6,2^{\circ}\text{C}$  2/3 VII (tab. 3). Różnice pomiędzy wartościami amplitudowymi powietrza i wody nie są tak duże, jak w przypadku doby z bezchmurną pogodą, a zarazem nie są tak małe jak podczas pełnego zachmurzenia nieba (tab. 2). Dobowa amplituda powietrza sięga  $11,1^{\circ}\text{C}$  – 12/13 VII,  $11,6^{\circ}\text{C}$  – 14/15 VI, oraz  $13,2^{\circ}\text{C}$  – 2/3 VII, podczas gdy analogiczna amplituda temperatury wody w Ropie wynosi  $3,9^{\circ}\text{C}$  – 4/15 VI,  $4,4^{\circ}\text{C}$  – 12/13 VII, oraz  $4,9^{\circ}\text{C}$  – 2/3 VII.

Maksymalne dobowe temperatury powietrza ( $26,6^{\circ}\text{C}$  – 14/15 VI,  $29,7^{\circ}\text{C}$  2/3 – VII oraz  $21,8^{\circ}\text{C}$  – 12/13 VII) pojawiły się w powyższych dobach w godzinach południowych i popołudniowych, a maksymalne temperatury wody ( $17,3^{\circ}\text{C}$  – 14/15 VI,  $19,1^{\circ}\text{C}$  – 2/3 VII oraz  $16,9^{\circ}\text{C}$  – 12/13 VII) w godzinach wieczornych podobnie jak w czasie bezchmurnej pogody (tab. 2). Najniższe dobowe temperatury ( $15,9^{\circ}\text{C}$  – 14/15 VI,  $16,5^{\circ}\text{C}$  – 2/3 VII oraz  $10,7^{\circ}\text{C}$  – 12/13 VII) powietrze osiągało we wczesnych godzinach porannych, a kilka godzin później osiągała je również woda w Ropie ( $13,4^{\circ}\text{C}$  – 14/15 VI,  $14,2^{\circ}\text{C}$  – 2/3 VII oraz  $12,5^{\circ}\text{C}$  – 12/13 VII), (tab. 2). Wartość temperatury minimalnej powietrza w dobach, w których wystąpiły zjawiska burzowe (14/15 VI, 2/3 VII) jest wyższa od najniższej temperatury wody w Ropie, natomiast w dniu 12/13 VII temperatura minimalna wody przewyższa temperaturę minimalną powietrza podobnie jak w dobach z bezchmurną, słoneczną pogodą.

## 7. Podsumowanie

Na dobowy cykl temperatury wody w rzece pośredni wpływ mają warunki atmosferyczne panujące na danym obszarze, które z kolei kształtują temperaturę powietrza jako czynnik bezpośrednio determinujący temperaturę wody. Dobowy cykl temperatury powietrza wymusza podobny cykl na temperaturze wody w Ropie. Ze względu na zróżnicowanie warunków pogodowych dobowy, typowy dla badanego obszaru cykl temperatury powietrza ulega znacznym modyfikacjom, co ma swoje odbicie w transformacji cyklu dobowego temperatury wody w rzece. Z racji słabszej przewodności cieplnej wody jej temperatura w ciągu dnia nie osiąga tak wysokich wartości jak temperatura powietrza, a woda na zmiany termiczne powietrza reaguje z pewnym opóźnieniem, które zależy od tempa i wielkości dynamiki temperatury po-

wietrza oraz od wielkości przepływu. Krótkotrwałe, kilkustopniowe skoki wartości temperatury powietrza podczas słonecznej, bezchmurnej pogody nie pociągają za sobą wyraźnych zmian w wartościach temperatury wody w rzece. Zmiany te, choć o niewielkich rozmiarach, mogą być widoczne dopiero w dłuższych okresach czasu (np. dobie), lub też przy dużych, nagłych skokach temperatury powietrza sięgających  $10^{\circ}\text{C}$ , jak ma to miejsce w trakcie dziennych zjawisk burzowych albo podczas pochmurnego dnia, kiedy to do powierzchni Ziemi dociera tylko promieniowanie rozproszone. W przypadku nocnych zjawisk burzowych, nawet przy dużym i ciągnącym się w dłuższym czasie spadku wartości temperatury powietrza, nie ma to większego wpływu na termikę wody w rzece Ropie, która zachowuje wówczas typowy dla siebie cykl. Temperatura wody może przyjmować wyższe wartości niż temperatura powietrza zarówno w nocy, jak i w ciągu dnia. Takiej sytuacji sprzyja zachmurzenie nieba ograniczające dopływ promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi oraz pojawiające się w rzece wezbrania wody. Im większa masa wody płynie w rzece, tym większą wykazuje ona odporność na wpływ warunków atmosferycznych – zasadniczych czynników determinujących termikę wód płynących.

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że we wszystkich rozpatrywanych dobach (z wyjątkiem 5/6 IX, kiedy to średnia dobowa temperatura wody na skutek podwyższonego przepływu w rzece wykazała wyższą wartość od średniej dobowej temperatury powietrza) średnia dobowa temperatura powietrza była zdecydowanie wyższa od średniej dobowej temperatury wody, co jest przeciwstawne do wyników otrzymanych przez R. Soję (1973), które generalnie wskazywały, że to średnie dobowe temperatury wody są wyższe niż analogiczne wartości temperatury powietrza. Taką sytuację powiązać można z wpływem zbiornika wodnego w Klimkówce, który w okresie lata znacznie obniża temperaturę wody w Ropie poniżej jego lokalizacji. Dowodem tego mogą być średnie miesięczne temperatury wody w Ropie, które po uruchomieniu zbiornika na przełomie lat 1993/94 w miesiącach od kwietnia do września zostały obniżone o  $0,2^{\circ}\text{C}$  do  $2,4^{\circ}\text{C}$  oraz maksymalne miesięczne temperatury wody, których wartości w miesiącach od marca do września również spadły o  $0,6^{\circ}\text{C}$  do  $5,6^{\circ}\text{C}$  (Wieżaczka 2000a, b).

Badane przypadki dobowego cyklu temperatury powietrza i wody wskazują, że opóźnienie temperatury maksymalnej wody w stosunku do powietrza, w porównaniu z wynikami podanymi przez R. Soję (1973), z uwzględnieniem tylko bezchmurnej, słonecznej po-

gody (w podobnych warunkach pomiary prowadził Soja), zostało znacznie wydłużone z ok. 2-3 godz. do ok. 5,5-7,5 godz., (tab. 3). Przy pełnym zachmurzeniu nieba maksymalne temperatury wody mogą pojawiać się o ok. 2-5,5 godz. wcześniej niż analogiczne temperatury powietrza. Temperatury minimalne wody pojawiają się w ciągu doby w godzinach porannych, przy czym ich czasowe opóźnienie w stosunku do tych samych temperatur powietrza może dochodzić do kilku godzin, a podczas pełnego zachmurzenia lub wezbrania wody w korycie rzeki minimalna dobową temperatura wody może pojawiać się znacznie wcześniej niż minimalna temperatura powietrza.

Dobowe amplitudy temperatury wody, biorące pod uwagę wszystkie prezentowane w artykule przypadki wahają się w przedziale 0,6°C do 5,0°C i uzależnione są od dobowej dynamiki temperatury powietrza, która przedstawia zdecydowanie wyższe wartości dobowych amplitud.

## 8. Literatura

- Bogan T., Mohseni O., Stefan H.G., 2003:** *Stream temperature – equilibrium temperature relationship*. Water Resources Research, 39: 1245-1256.
- Caissie D., El – Jabi N., Satish M. G., 2001:** *Modelling of maximum daily water temperatures in a small stream using air temperatures*. Journal of Hydrology, 251, September 15: 14-28.
- Edinger J.E., Duttweiler D.W., Geyer J.C., 1968:** *The response of water temperatures to meteorological conditions*. Water Resources Research, 4: 1137-1143.
- Mohseni O., Stefan H. G., 1999:** *Stream temperature/air temperature relationship: a physical interpretation*. Journal of Hydrology, 218, May 24: 128-141.
- O’Driscoll M. A., DeWalle D. R., 2006:** *Stream-air temperature relations to classify stream-ground water interactions in a karst setting, central Pennsylvania, USA*. Journal of Hydrology, 329, September 30: 140-153.
- Ozaki N., Fukushima T., Harasawa H., Toshiharu K., Kawashima K., Ono M., 2003:** *Statistical analyses on the effects of air temperature fluctuations on river water qualities*. Hydrological Processes, 17: 2837-2853.
- Pilgrim J.M., Fang X., Stefan H.G., 1998:** *Stream temperature correlations with air temperatures in Minnesota: implications for climate warming*. Journal of the American Water Resources Association, 34: 1109-1121.
- Soja R., 1973:** *Termika wody w dorzeczu Ropy w okresie maksymalnych temperatur rocznych*. Przegląd Geograficzny, XLV, 3: 587-597.
- Webb B.W., Clack P.D., Walling D.E., 2003:** *Water – air temperature relationships in a Devon river system and the role of flow*. Hydrological Processes, 17: 3069-3084.
- Wiejaczka Ł. 2007a:** *Dynamika temperatury wody w rzece Ropie w latach 1982 – 2006*, [W:] Sołtysik R., Suligowski R. (red.). Rola geografii fizycznej w badaniach regionalnych, tom I, Kielce: 255-257.
- Wiejaczka Ł., 2007b:** *Wpływ zbiornika wodnego w Klimkówce na reżim termiczny rzeki Ropy*, [W:] „Program Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego a zadania ochrony obszarów Natura 2000”, Izabela: 212-227.
- Wiejaczka Ł., 2007c:** *Relacje pomiędzy temperaturą wody w rzece a temperaturą powietrza (na przykładzie rzeki Ropy)*. Folia Geographica Series Geographica-Physica, 37-38, 95-105.

## TWENTY-FOUR HOUR CYCLE OF THE TEMPERATURE OF WATER IN THE ROPA RIVER BELOW WATER RESERVOIR IN KLIMKÓWKA

### Summary

This article is presenting a twenty-four hour cycle of the temperature of water of the Ropa river during summer, below water reservoir in Klimkówka, and in thermal conditions of water changed by him as well as a changeability of this cycle during diversified weather phenomena. Also showing, that the starting water reservoir in Klimkówka has influenced on the course of values of the temperature of water of the Ropa river in the twenty-four hours cycle, below its location.