

Krzysztof Chmielowski, Andrzej Wałęga, Włodzimierz Miernik

**WPŁYW TEMPERATURY POWIETRZA
NA TEMPERATURĘ ŚCIEKÓW W PRZYDOMOWYCH
OCZYSZCZALNIACH Z FILTREM PIASKOWYM
O PRZEPLYWIE PIONOWYM**

***INFLUENCE OF AIR TEMPERATURE ON THE SEWAGE
TEMPERATURE IN THE HOUSEHOLD SEWAGE
TREATMENT PLANTS WITH VERTICAL FLOW
SAND FILTERS***

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu temperatury otoczenia na temperaturę ścieków w przydomowej oczyszczalni ścieków. Przedmiotowe oczyszczalnie (4 szt.) składały się z osadnika gnilnego i filtra piaskowego o przepływie pionowym każda. Badania przeprowadzono od marca 2003 roku do maja 2006 roku. Pomierzono temperaturę powietrza, ścieków surowych (dopływających do osadnika gnilnego), ścieków wstępnie oczyszczonych (po osadniku gnilnym) oraz ścieków oczyszczonych (na odpływie z filtra piaskowego). Zbadano statystycznie czy, temperatura otoczenia istotnie wpływa na temperaturę ścieków surowych, wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że temperatura powietrza ma istotny wpływ na temperaturę ścieków surowych wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych.

Słowa kluczowe: ścieki bytowe, temperatura, przydomowa oczyszczalnia ścieków, filtr piaskowy

Summary

The article presents results of analyses concerning the influence of air temperature on the sewage temperature in the household sewage treatment plant. Each of the objective treatment plants (4 of them) consisted of the septic tank and vertical flow sand filter. The research was carried out from March 2003 to May 2006. Air temperature, raw sewage temperature (flowing into the septic tank), primarily treated sewage (after the septic tank) and treated sewage (on the outflow from the septic tank) temperature was measured. The influence of the surrounding temperature on the raw sewage, primarily treated sewage and treated sewage temperature was statistically analyzed.

On the basis of the research it was ascertained, that the temperature of the raw, primarily treated and treated sewage is influenced by the air temperature.

Key words: *living sewage, temperature, household sewage treatment plant, sand filter*

WPROWADZENIE

Przydomowymi (zagrodowymi) oczyszczalniami ścieków można nazwać te oczyszczalnie, które przyjmują ścieki z jednego lub kilku gospodarstw domowych, (jeśli dopływ odbywa się przewodami o charakterze przykanalików) lub małego zakładu produkcyjnego, (np. rzemieślniczego) względnie zakładu użyteczności publicznej. Objętość ścieków w tych przypadkach nie przekracza zazwyczaj $5 \text{ m}^3 \cdot \text{doba}^{-1}$ i dlatego możliwe jest korzystanie z uregulowań prawnych łagodzących wymagania ściekowe w stosunku do oczyszczanych ścieków [Łomotowski, Szpindor 1999].

Przy wzroście temperatury maleje lepkość ścieków, zmniejsza się gęstość oraz napięcie powierzchniowe w cieczy. Równocześnie wraz ze wzrostem temperatury maleje ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie [Goliszewski 1958].

Temperatura ścieków wpływa na szybkość przebiegu procesów biologicznych, zachodzących zarówno w czasie oczyszczania ścieków, jak i odprowadzenia do odbiornika. Osad czynny to mikroorganizmy, które mają określone wymagania, co do temperatury środowiska, w którym żyją. Ponadto temperatura ścieków wpływa na:

- lepkość cieczy,
- wielkość napięcia powierzchniowego,
- stężenia tlenu rozpuszczonego,
- rozpuszczalność substratów,
- wymianę gazową między organizmami a cieczą otaczającą,
- szybkość reakcji biochemicznych,
- sedymentację zawiesin.

Temperatura ścieków bytowych z reguły wynosi $10\text{--}20 \text{ }^\circ\text{C}$ [Grabińska-Sota E. 2000]. Wraz ze wzrostem temperatury ścieków wzrasta efekt oczyszczania

nia ścieków, ponieważ organizmy prowadzące proces oczyszczania mają lepsze warunki bytowania i rozwoju. Jednak zbyt wysoka temperatura wpływa na pogorszenie efektu oczyszczania ścieków. Optymalna temperatura w procesie oczyszczania zbliżona jest do 30 °C. Przy temperaturze 5°C i niższej obserwuje się zanik procesu oczyszczania ścieków, związany ze zmniejszeniem aktywności a nawet uśmierceniem organizmów żyjących w tych ściekach. Podwyższona temperatura ścieków przyspiesza procesy rozkładu związków organicznych i powoduje odtlenienie ścieków przyspieszając tym samym ich zagniwalność [Grabińska-Sota E. 2000].

Temperatura wpływa dwójako na biochemiczne przemiany związków organicznych w ściekach. Z jednej strony temperatura wpływa na szybkość reakcji biochemicznych a z drugiej strony temperatura przyspiesza dyfuzję substratów do komórek bakterii [Grabińska-Sota 2000].

Zbyt niska temperatura jest przyczyną zahamowania nityfikacji w procesie usuwania azotu. Już przy spadku temperatury poniżej 11 °C obserwuje się zahamowanie drugiej fazy nityfikacji i nagromadzenie się w odpływie azotynów [Grabińska-Sota 2000].

PROCEDURY BADAWCZE

Badania przeprowadzono na czterech przydomowych oczyszczalniach ścieków o przepustowości od 0,32 do 0,50 m³d⁻¹. Każda z oczyszczalni składała się z osadnika gnilnego oraz filtra piaskowego o przepływie pionowym. Oczyszczalnie zlokalizowane były w miejscowości Moszczenica Wyżna w Gminie Stary Sącz. Badania przeprowadzono od marca 2003 roku do maja 2006 roku.

Temperaturę powietrza mierzono cztery razy dziennie w godzinach: 6⁰⁰, 12⁰⁰, 15⁰⁰, 20⁰⁰. Na podstawie tych danych określono średnią temperaturę dla danego dnia. Próbkę ścieków surowych pobierano z pierwszej komory osadnika gnilnego, ścieki wstępnie oczyszczone ze studzienki rozdzielczej za osadnikiem gnilnym a przed filtrem piaskowym, natomiast próbki ścieków oczyszczonych pobierano na wylocie z filtra piaskowego. Po pobraniu próbek mierzono ich temperaturę.

Na podstawie pomierzonych temperatur określono współczynnik determinacji oraz korelacji pomiędzy temperaturą powietrza a temperaturą ścieków surowych, wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych.

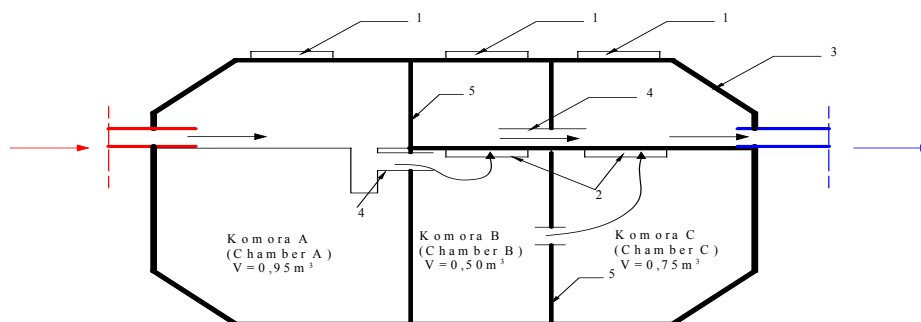
W analizie statystycznej przyjęto skalę współczynnika korelacji wg Staniśsza [1998]:

$r_{xy} = 0$	zmienne nie są skorelowane,
$0 < r_{xy} < 0,1$	korelacja nikła,
$0,1 \leq r_{xy} < 0,3$	korelacja słaba,
$0,3 \leq r_{xy} < 0,5$	korelacja przeciętna,

$0,5 \leq r_{xy} < 0,7$	korelacja wysoka,
$0,7 \leq r_{xy} < 0,9$	korelacja bardzo wysoka,
$0,9 \leq r_{xy} < 1$	korelacja prawie pewna,
$r_{xy} = 1$	korelacja pewna

OPIS OBIEKTÓW BADAŃ

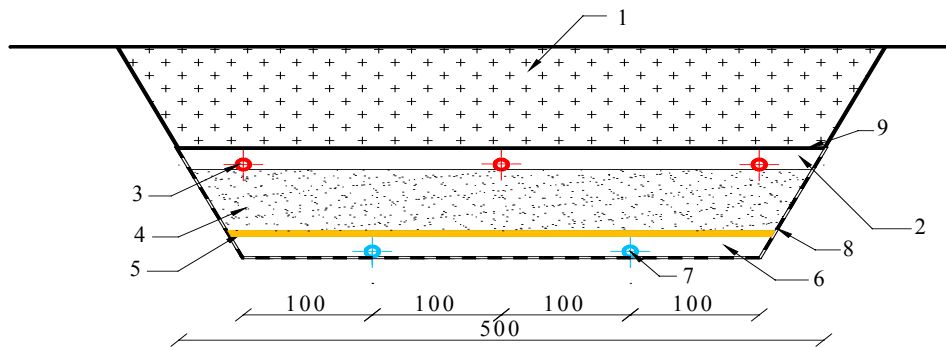
Osadnik „DUOFILTER” wykonany jest z żywicy poliestrowej konstrukcyjnej, wysoce udurowionej, oraz żywicy poliestrowej chemoodpornej. Cała konstrukcja zbrojona jest wata szklaną. Dodatkowym wzmocnieniem są perforowane przegrody o specjalnych kształtach i konstrukcji, wtopione poprzecznie wewnątrz zbiornika. Komora A (rys. 1) stanowi osadnik wstępny o średnicy $\phi = 110$ cm, w którym następuje wydzielanie zanieczyszczeń stałych ze ścieków oraz ich beztlenowy rozkład na prostsze związki organiczne i gazy. Tak oczyszczone ścieki, pozbawione najgrubszych zawiesin, przedostają się przez poprzeczną perforowaną ścianę zbiornika do komory filtracyjnej (komora B), która jest usytuowana szeregowo. W komorze tej następuje zatrzymanie drobnych zawiesin na porowatym filtrze wykonanym z poliestru. Czas działania takich filtrów jest nieograniczony ze względu na możliwość okresowego przepłukiwania ich wodą. W komorze filtracyjnej zachodzą dalsze procesy beztlenowego rozkładu zanieczyszczeń, dzięki bakteriom beztlenowym i fakultatywnym. Druga komora filtracyjna (komora C) usytuowana szeregowo, wyposażona jest w filtr regenerowany o strukturze porowatej i wykonany z poliestru (rys. 1).



Rysunek 1. Osadnik gnilny „DUOFILTER” z podwójnym filtrem ze struktur porowatych (1– pokrywa, 2– filtr ze struktur porowatych, obudowa z żywicy poliestrowych, 4– rura ϕ 100 mm, 5– przegroda) [Ślizowski i Chmielowski 2005]

Figure 1. Septic tank „DUOFILTER” with double filter from porous structures [Ślizowski and Chmielowski 2005](1– cover, 2– filter from porous structures, 3– casing from polyester resins, 4– pipe ϕ 100 mm, 5– baffle)

Ścieki po przejściu przez filtr odprowadzane są górną do części odpływowej układu i kierowane na drugi stopień oczyszczania tlenowego (filtr piaskowy o przepływie pionowym (rys. 2)).



Rysunek 2. Filtr piaskowy o przepływie pionowym – przekrój poprzeczny (1 – grunt rodzimy -80 cm, 2 – żwirowa warstwa rozprowadzająca – żwir Φ 4–15 mm, grubość 20 cm, 3 – układ perforowanych przewodów rozprowadzających, 4 – właściwa warstwa filtracyjna – piasek Φ 0,25–1,0 mm, grubość 60 cm, 5 – żwirowa warstwa podtrzymująca – piasek Φ 1,0–2,0 mm, grubość 5 cm, 6 – warstwa zbierająca – żwir Φ 8–10 mm, grubość 20 cm, 7 – układ perforowanych przewodów zbierających ułożony w dolnej części filtru i obsypany żwirem, 8 – folia z tworzywa sztucznego, 9 – geowłóknina [Ślizowski i Chmielowski 2005])

Figure 2. vertical flow sand filter – cross section (1 – native ground -80 cm, 2 – gravel distributing layer – gravel Φ 4–15 mm, thickness 20 cm, 3 – system of perforated distributing pipes, 4 – proper filter layer – sand Φ 0,25–1,0 mm, thickness 60 cm, 5 – gravel sustaining layer - sand Φ 1,0–2,0 mm, thickness 5 cm, 6 – collecting layer - gravel Φ 8–10 mm, thickness 20 cm, 7 – system of perforated collecting pipes placed in the bottom part of the filter and covered with gravel, 8 – plastic foil, 9 – non-woven geotextile fabric)

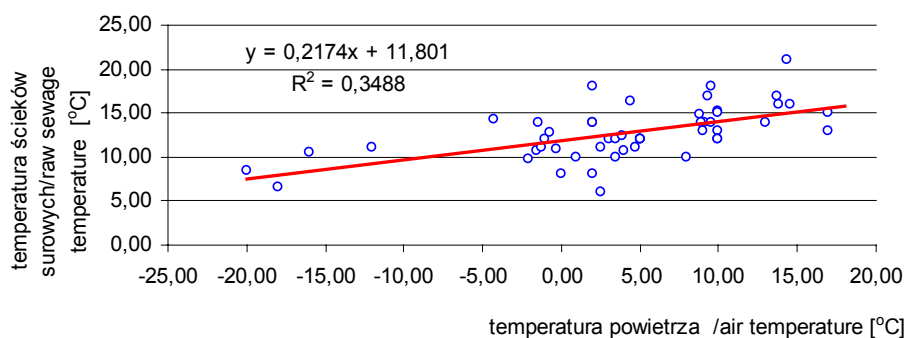
WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie pomierzonej temperatury powietrza oraz temperatury ścieków surowych wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych przedstawiono wykresy zależności tych zmiennych.

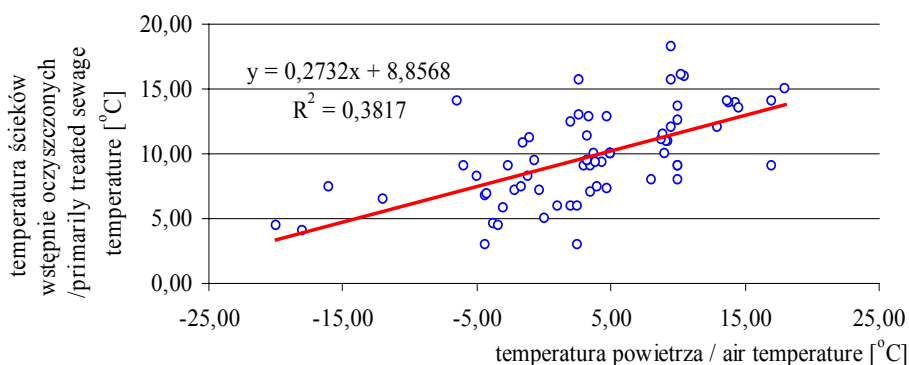
Z rysunku 3 wynika, że występuje zależność temperatury ścieków surowych od temperatury powietrza. Współczynnik determinacji $R^2 = 0,3488$ informuje, że przedstawiony model regresji opisuje 34,88% obserwacji. Z przebiegu

prostej regresji można odczytać, że ze zwiększeniem temperatury powietrza o 1°C następuje średnie zwiększenie temperatury ścieków surowych o 0,22°C. Współczynnik korelacji wyniósł $r_{xy} = 0,59$ i według skali zaproponowanej przez Stanisza [1998] jest to korelacja wysoka.

Z rysunku 4 odczytać można zależność temperatury ścieków wstępnie oczyszczonych od temperatury powietrza. Współczynnik determinacji $R^2 = 0,3817$ informuje, że przedstawiony model regresji opisuje 38,17% obserwacji. Z przebiegu prostej regresji można odczytać, że ze zwiększeniem temperatury powietrza o 1°C następuje średnie zwiększenie temperatury ścieków wstępnie oczyszczonych o 0,27°C. Współczynnik korelacji wyniósł $r_{xy} = 0,62$ i według skali zaproponowanej przez Stanisza [1998] jest to korelacja wysoka.



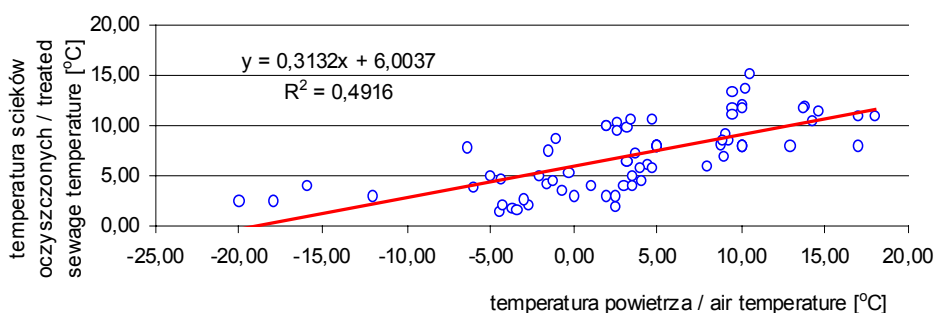
Rysunek 3. Zależność temperatury ścieków surowych od temperatury powietrza
Figure 3. Relationship of the raw sewage temperature and the air temperature



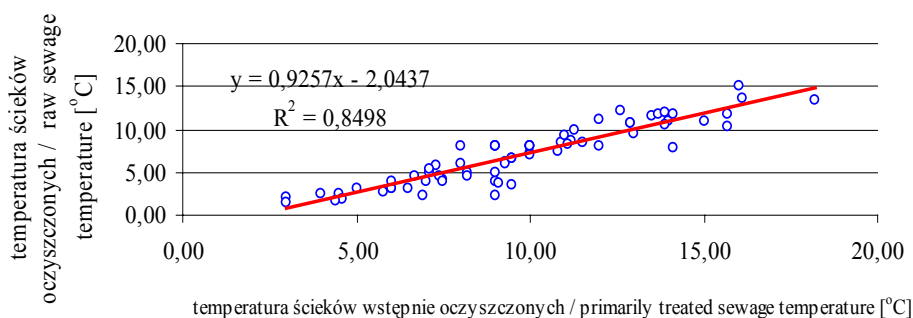
Rysunek 4. Zależność temperatury ścieków wstępnie oczyszczonych od temperatury powietrza
Figure 4. Relationship of the primarily treated sewage temperature and the air temperature

Na rysunku 5 przedstawiono zależność temperatury ścieków oczyszczonych od temperatury powietrza. Współczynnik determinacji $R^2=0,4916$ informuje, że przedstawiony model regresji opisuje 49,16% obserwacji. Z przebiegu prostej regresji można odczytać, że ze zwiększeniem temperatury powietrza o 1°C następuje średnie zwiększenie temperatury ścieków oczyszczonych o $0,31^\circ\text{C}$. Współczynnik korelacji wyniósł $r_{xy}=0,71$ i według skali zaproponowanej przez Stanisza [1998] jest to korelacja bardzo wysoka.

Rysunek 6 przedstawia zależność temperatury ścieków oczyszczonych od temperatury ścieków wstępnie oczyszczonych. Współczynnik determinacji $R^2 = 0,8498$ informuje, że przedstawiony model regresji opisuje 84,98% obserwacji. Z przebiegu linii regresji można odczytać, że ze zwiększeniem temperatury ścieków wstępnie oczyszczonych o 1°C następuje średnie zwiększenie temperatury ścieków oczyszczonych o $0,93^\circ\text{C}$. Współczynnik korelacji wyniósł $r_{xy} = 0,92$ i według skali zaproponowanej przez Stanisza [1998] jest to korelacja prawie pewna.

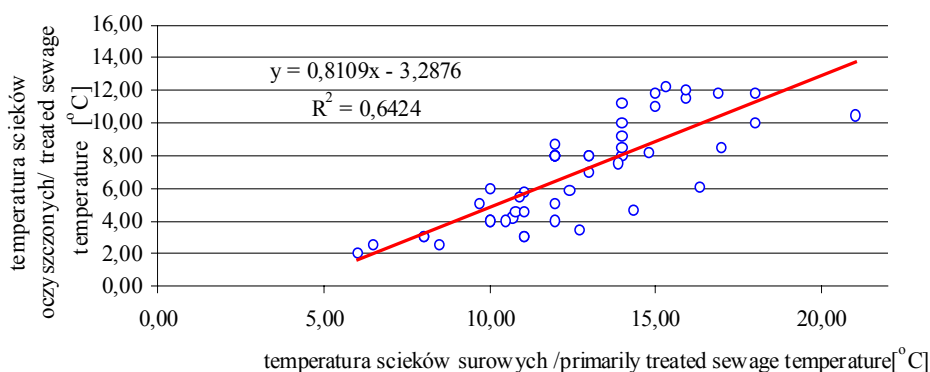


Rysunek 5. Zależność temperatury ścieków oczyszczonych od temperatury powietrza
Figure 5. Relationship of the treated sewage temperature and the air temperature



Rysunek 6. Zależność temperatury ścieków wstępnie oczyszczonych od temperatury ścieków surowych
Figure 6. Relationship of the primarily treated sewage temperature and the raw sewage temperature

Na rysunku 7 przedstawiono zależność temperatury ścieków oczyszczonych od temperatury ścieków surowych. Współczynnik determinacji $R^2 = 0,6424$ informuje, że przedstawiony model regresji opisuje 64,24% obserwacji. Z przebiegu prostej regresji można odczytać, że ze zwiększeniem temperatury ścieków surowych o 1°C następuje średnie zwiększenie temperatury ścieków oczyszczonych o $0,81^\circ\text{C}$. Współczynnik korelacji wyniósł $r_{xy} = 0,80$ i według skali zaproponowanej przez Stanisza [1998] jest to korelacja bardzo wysoka.



Rysunek 7. Zależność temperatury ścieków oczyszczonych od temperatury ścieków wstępnie oczyszczonych

Figure 7. Relationship of the treated sewage temperature and the primarily treated sewage temperature

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można przedstawić następujące wnioski:

- stwierdzono wysoką korelację pomiędzy temperaturą powietrza i temperatura ścieków surowych na poziomie $r = 0,59$,
- stwierdzono wysoką korelację pomiędzy temperaturą powietrza i temperatura ścieków wstępnie oczyszczonych na poziomie $r = 0,62$,
- stwierdzono bardzo wysoką korelację pomiędzy temperaturą powietrza i temperatura ścieków oczyszczonych na poziomie $r = 0,71$,
- stwierdzono prawie pewną korelację pomiędzy temperaturą ścieków wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych na poziomie $r = 0,92$,
- stwierdzono bardzo wysoką korelację pomiędzy temperaturą ścieków surowych i oczyszczonych na poziomie $r = 0,80$.

Wysokie współczynniki korelacji pomiędzy badanymi zmiennymi mogą świadczyć o stosunkowo dużej wrażliwości oczyszczalni na temperaturę powie-

trza. Można zabezpieczać osadnik gnilny poprzez wprowadzenie dodatkowej warstwy np. z styropianu odpornego na wilgoć. Takie rozwiązanie pozwoli na utrzymanie wyższej temperatury ścieków, a co za tym idzie procesy oczyszczania ścieków będą zachodziły w korzystniejszych warunkach.

BIBLIOGRAFIA

- Goliszewski J. *Ochrona wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem*. Arkady, Warszawa 1958.
- Grabińska-Sota E. *Usuwanie zanieczyszczeń organicznych*. Praca zbiorowa Biotechnologia ścieków. Gliwice 2000, s 17–27.
- Łomotowski J., Szpindor A. *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*. Arkady, Warszawa 1999.
- Stanisz A. *Przystępny kurs statystyki*. Tom 1. Wydawnictwo StatSoft Polska Sp. z o.o. Kraków 1998.
- Ślizowski R., Chmielowski K. *Skuteczność oczyszczania ścieków w przydomowej oczyszczalni DUOFILTER opartej na bazie filtra piaskowego o przepływie pionowym*. Zeszyty naukowe Akademii Rolniczej im Hugona Kołłątaja w Krakowie. Inżynieria Środowiska zeszyt 26. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Krakowie, 2005, s. 299–308.

Dr inż. Krzysztof Chmielowski,
Dr inż. Andrzej Wałęga
Dr inż. Włodzimierz Mirnik
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Kowalski*