

KRZYSZTOF CHMIELOWSKI

Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

## WPLYW ŁADUNKU ZANIECZYSZCZEŃ DOPROWADZONEGO DO ZŁOŻA FILTRACYJNEGO NA STĘŻENIE WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW W ŚCIEKACH OCZYSZCZONYCH

**Streszczenie.** W artykule podjęto próbę przedstawienia zależności stężenia badanych zanieczyszczeń ścieków oczyszczonych od ładunku tych zanieczyszczeń, doprowadzanego do filtra piaskowego o przepływie pionowym. Cel ten zrealizowano, przeprowadzając statystyczną analizę regresji wraz z obliczeniem współczynnika korelacji liniowej Pearsona. Badania przeprowadzono na czterech filtrach piaskowych o przepływie pionowym. Każdy filtr piaskowy oczyszczał ścieki z pojedynczego gospodarstwa domowego zlokalizowanego w Moszczenicy Wyżnej koło Starego Sącza. Przed każdym z filtrów znajdował się osadnik gnilny – był to pierwszy stopień oczyszczania ścieków. Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono wysoką korelację między ładunkiem zanieczyszczeń dopływającym do złoża filtra piaskowego a stężeniem zawiesiny ogólnej oraz fosforanów w ściekach oczyszczonych; dla  $BZT_5$  i  $ChZT_{Cr}$  była to korelacja przeciętna, a dla azotu ogólnego niska.

**Słowa kluczowe:** ścieki, filtr piaskowy o przepływie pionowym, ładunek zanieczyszczeń

### Wstęp

Ścieki nieoczyszczone na terenach wiejskich stanowią nadal poważny problem. Przy budowie systemów wodociągowych nie zatoszczono się o odpowiednie systemy kanalizacyjne. Sytuacja taka powoduje zagrożenie dla środowiska naturalnego ściekami nieoczyszczonymi. Kolejny problem związany jest z ukształtowaniem terenu oraz rozproszoną zabudową wielu miejscowości na terenie Polski. Na terenach o rozproszonej zabudowie, gdzie ze względów ekonomicznych nie można wybudować kanalizacji zbiorczej, dostępnym rozwiązaniem są przydomowe oczyszczalnie ścieków (BŁAŻEJEWski 2000, JUCHERSKI 2000, ŚLIZOWSKI i CHMIELOWSKI 2007, CHMIELOWSKI i ŚLI-

ZOWSKI 2008). Jednym z podstawowych układów oczyszczania małych ilości ścieków jest osadnik gnilny, współpracujący z filtrem piaskowym o przepływie pionowym. Niniejszy artykuł dotyczy takiego właśnie rozwiązania. Filtry piaskowe zalecane są do oczyszczania ścieków z pojedynczych domów oraz z ich zespołów. Mogą też być stosowane w większych oczyszczalniach ścieków z obiektów użyteczności publicznej i usługowej (OSMULSKA-MRÓZ 1995). Filtrat po przejściu przez złożo jest bezbarwny, bezwonny i klarowny. Zawartość stężenia zawiesiny i BZT<sub>5</sub> nie przekracza zazwyczaj 10 mg·dm<sup>-3</sup>. Istotnym czynnikiem, decydującym o efektywności oczyszczania, jest poprawna eksploatacja przydomowej oczyszczalni ścieków (JUCHERSKI i WALCZOWSKI 2001, OLSZAK 2001). W przypadku wielu oczyszczalni składających się w pierwszej części z osadnika gnilnego istotne jest regularne wywożenie osadów nagromadzonych w tym urządzeniu.

Jakość ścieków bytowych charakteryzowana jest dwoma parametrami – stężeniem zanieczyszczeń oraz ładunkiem zanieczyszczeń. W zależności od źródła danych (METCALF 1991, SIKORSKI 1994), wartość ładunku jednostkowego wyrażonego BZT<sub>5</sub> mieści się w zakresie od 45 do 80 g O<sub>2</sub> na 1 M na dobę. ChZT przyjmuje wartości od 55 do 210 g O<sub>2</sub> na 1 M na dobę. Jest to szeroki zakres danych, wynikający z różnej ilości zużywanej wody oraz czynności wykonywanych w domu. Jednostkowy ładunek fosforu ogólnego, według wskazanych wyżej autorów, wynosi od 2,5 do 2,7 g PO<sub>4</sub> na 1 M na dobę.

Niniejszy artykuł przedstawia wpływ obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń filtrów piaskowych o przepływie pionowym na stężenie ścieków oczyszczonych.

## Material i metody

Badania przeprowadzono na czterech identycznych przydomowych oczyszczalniach ścieków. Każda z oczyszczalni składała się z osadnika gnilnego oraz filtra piaskowego o przepływie pionowym. Zbadano obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń poszczególnych filtrów piaskowych oraz stężenie zanieczyszczeń ścieków wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych. Główne elementy składowe filtra piaskowego o pionowym przepływie ścieków przedstawiono na rysunku 1.

W laboratorium Wydziału Inżynierii Środowiska zbadano wartości oraz stężenia wybranych wskaźników zanieczyszczeń ścieków wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych. Przez ścieki wstępnie oczyszczone należy rozumieć ścieki wypływające po osadniku gnilnym, natomiast ścieki oczyszczone to ścieki po filtrze piaskowym o przepływie pionowym. Analizie fizykochemicznej poddano trzy wskaźniki zanieczyszczenia ścieków: BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub> i zawiesinę ogólną.

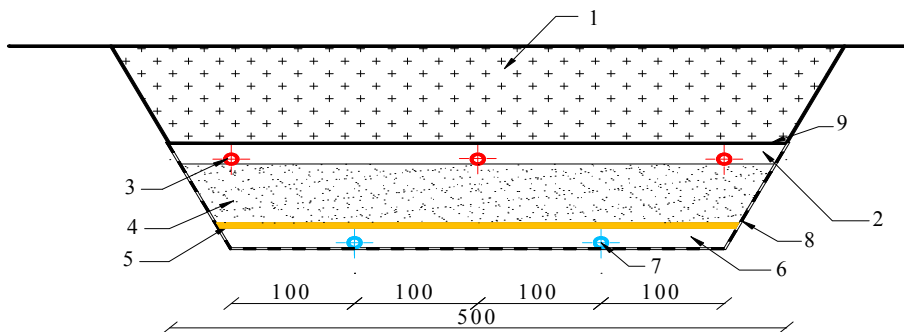
W celu określenia wpływu obciążenia złoża filtracyjnego ładunkiem zanieczyszczeń na stężenie poszczególnych zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych, obliczono współczynnik korelacji Pearsona oraz przeprowadzono statystyczną analizę regresji liniowej.

Obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń złoża filtracyjnego obliczono z następującej formuły:

$$\bar{L} = \frac{Q}{F_w} \cdot S \quad (\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}) \quad (1)$$

gdzie:

- Q – średni dopływ ścieków do oczyszczalni z godzin od 6:00 do 10:00 ( $\text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ),  
 $F_w$  – powierzchnia rzutu poziomego złoża filtracyjnego ( $\text{m}^2$ ),  
 S – stężenie badanego wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach wstępnie oczyszczonych ( $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).



Rys. 1. Filtr piaskowy o przepływie pionowym – przekrój poprzeczny: 1 – grunt rodzimy, 2 – żwirowa warstwa rozprowadzająca – żwir  $\phi$  4-15 mm, grubość 20 cm, 3 – układ perforowanych przewodów rozprowadzających, 4 – właściwa warstwa filtracyjna – piasek  $\phi$  0,25-1,0 mm, grubość 60 cm, 5 – żwirowa warstwa podtrzymująca – piasek  $\phi$  1,0-2,0 mm, grubość 5 cm, 6 – warstwa zbierająca – żwir  $\phi$  8-10 mm, grubość 20 cm, 7 – układ perforowanych przewodów, zbierających ułożony w dolnej części filtru i obsypany żwir, 8 – folia z tworzywa sztucznego, 9 – geowłóknina

Fig. 1. Vertical flow sand filter – cross section: 1 – native ground, 2 – gravel distributing layer – gravel  $\phi$  4-15 mm, thickness 20 cm, 3 – system of perforated distributing pipes, 4 – proper filter layer – sand  $\phi$  0,25-1,0 mm, thickness 60 cm, 5 – gravel sustaining layer – sand  $\phi$  1,0-2,0 mm, thickness 5 cm, 6 – collecting layer – gravel  $\phi$  8-10 mm, thickness 20 cm, 7 – system of perforated collecting pipes located in the bottom part of the filter and covered with gravel, 8 – plastic foil, 9 – non-woven geotextile fabric

W analizie statystycznej przyjęto skalę współczynnika korelacji według STANISZA (1998):

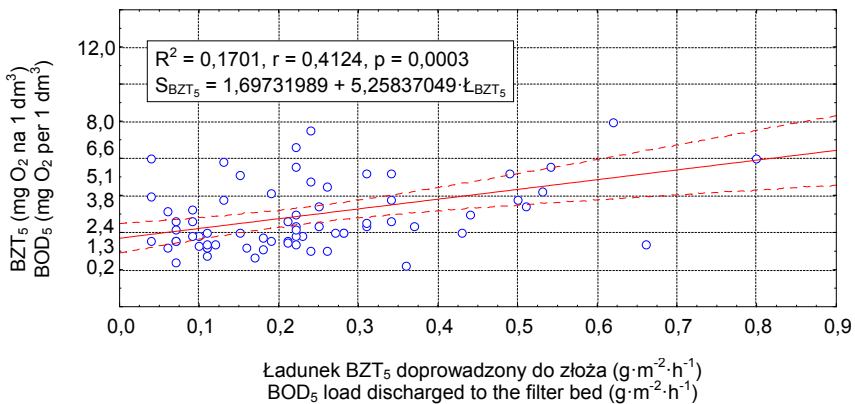
$r_{xy} = 0$	– zmienne nie są skorelowane,
$0 < r_{xy} < 0,1$	– korelacja nikła,
$0,1 \leq r_{xy} < 0,3$	– korelacja słaba,
$0,3 \leq r_{xy} < 0,5$	– korelacja przeciętna,
$0,5 \leq r_{xy} < 0,7$	– korelacja wysoka,
$0,7 \leq r_{xy} < 0,9$	– korelacja bardzo wysoka,
$0,9 \leq r_{xy} < 1$	– korelacja prawie pewna,
$r_{xy} = 1$	– korelacja pewna.

## Wyniki i dyskusja

### Określenie wpływu obciążenia ładunkiem BZT<sub>5</sub> złoża filtracyjnego na wartość BZT<sub>5</sub> w ściekach oczyszczonych

W pierwszej kolejności przedstawiono zależność BZT<sub>5</sub> w ściekach oczyszczonych od ładunku zanieczyszczeń wyrażonego w BZT<sub>5</sub>.

Na podstawie rysunku 2 obserwuje się zależność wartości BZT<sub>5</sub> ścieków oczyszczonych od obciążenia ładunkiem BZT<sub>5</sub> złoża filtracyjnego. Wraz ze wzrostem obciążenia ładunkiem BZT<sub>5</sub> złoża następuje wzrost wartości BZT<sub>5</sub> w ściekach oczyszczonych. Współczynnik determinacji  $R^2 = 0,1701$  oznacza, że przedstawiony model regresji opisuje 17,01% obserwacji. Z przebiegu linii regresji można odczytać, że wraz ze zwiększeniem obciążenia ładunkiem BZT<sub>5</sub> złoża filtracyjnego o  $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  następuje średni wzrost wartości BZT<sub>5</sub> w ściekach oczyszczonych o  $5,26 \text{ mg O}_2 \text{ na } 1 \text{ dm}^3$ . Współczynnik korelacji wyniósł  $r_{xy} = 0,412$  i według skali zaproponowanej przez STANISZA (1998) jest to korelacja przeciętna.



Rys. 2. Wpływ obciążenia ładunkiem BZT<sub>5</sub> złoża filtracyjnego na wartość BZT<sub>5</sub> ścieków oczyszczonych

Fig. 2. Impact of filter bed BOD<sub>5</sub> load on the value of BOD<sub>5</sub> in the treated sewage

Obliczona wartość statystyki t Studenta wyniosła 3,78. Dla  $n = 72$ , przy poziomie istotności 0,05 – wartość krytyczna  $t_{kr} = 1,996$ . Dlatego można stwierdzić, że wyliczony współczynnik korelacji jest statystycznie istotny na poziomie 0,05.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stworzono równanie, umożliwiające określenie zależności BZT<sub>5</sub> ścieków oczyszczonych od obciążenia ładunkiem BZT<sub>5</sub> złoża filtracyjnego filtrów piaskowych o przepływie pionowym:

$$S_{\text{OBZT}_5} = 5,258 \cdot \text{Ł}_{\text{BZT}_5} + 1,697 \text{ (mg O}_2 \text{ na } 1 \text{ dm}^3\text{)} \quad (2)$$

gdzie:

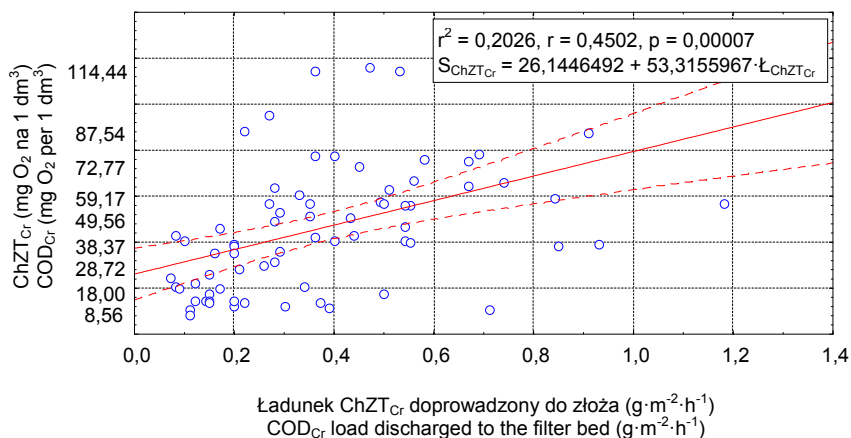
$S_{\text{OBZT}_5}$  – BZT<sub>5</sub> ścieków oczyszczonych ( $\text{mg O}_2 \text{ na } 1 \text{ dm}^3$ ),

$\text{Ł}_{\text{BZT}_5}$  – obciążenie ładunkiem BZT<sub>5</sub> złoża filtracyjnego ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

### Określenie wpływu obciążenia ładunkiem $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$ złoża filtracyjnego na wartość $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$ w ściekach oczyszczonych

W tej części pracy podjęto próbę określenia zależności pomiędzy wartością  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  w ściekach oczyszczonych a ładunkiem zanieczyszczeń wyrażonym w  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$ .

Wraz ze wzrostem obciążenia ładunkiem złoża następuje wzrost wartości  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  w ściekach oczyszczonych. Współczynnik determinacji  $R^2 = 0,2026$  oznacza, że przedstawiony model regresji opisuje 20,3% obserwacji. Z przebiegu linii regresji można odczytać, że ze zwiększeniem obciążenia ładunkiem  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  złoża filtracyjnego o  $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  następuje średni wzrost wartości  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  w ściekach oczyszczonych o  $53,31 \text{ mg O}_2$  na  $1 \text{ dm}^3$ . Współczynnik korelacji wyniósł  $r_{xy} = 0,45$  i według skali zaproponowanej przez STANISZA (1998), jest to korelacja przeciętna.



Rys. 3. Wpływ obciążenia ładunkiem  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  złoża filtracyjnego na wartość  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  ścieków oczyszczonych

Fig. 3. Impact of filter bed  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  load on the value of  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  in the treated sewage

Obliczona wartość statystyki t Studenta wyniosła 4,22 dla  $n = 72$ , a przy poziomie istotności 0,05 wartość krytyczna  $t_{kr} = 1,996$ . Dlatego można stwierdzić, że wyliczony współczynnik korelacji jest statystycznie istotny na poziomie 0,05.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stworzono równanie, umożliwiające określenie zależności wartości  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  w ściekach oczyszczonych od obciążenia ładunkiem  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  złoża filtracyjnego:

$$S_{\text{OChZTCr}} = 53,32 \cdot \text{Ł}_{\text{ChZTCr}} + 26,14 \text{ (mg O}_2 \text{ na 1 dm}^3\text{)} \quad (3)$$

gdzie:

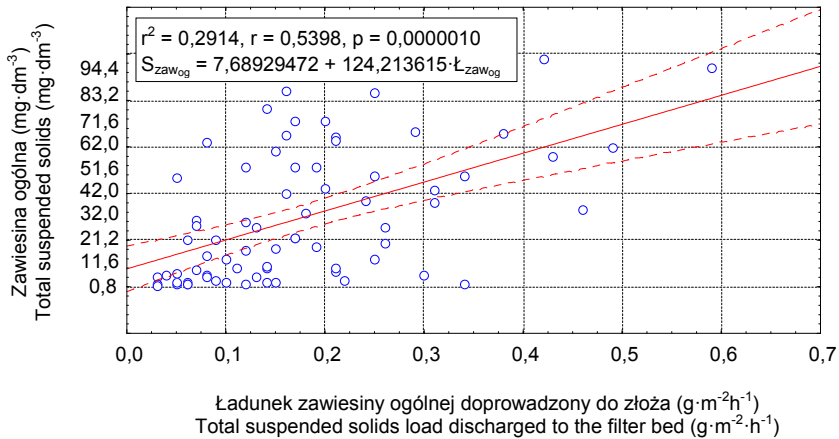
$S_{\text{OChZTCr}}$  – wartość  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  w ściekach oczyszczonych ( $\text{mg O}_2$  na  $1 \text{ dm}^3$ ),

$\text{Ł}_{\text{ChZTCr}}$  – obciążenie ładunkiem  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  złoża filtracyjnego ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

### Określenie wpływu obciążenia ładunkiem zawiesiny ogólnej złoża filtracyjnego na wartość zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych

W dalszej kolejności podjęto próbę określenia zależności stężenia zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych od obciążenia złoża ładunkiem zawiesiny ogólnej.

Wraz ze wzrostem obciążenia złoża filtracyjnego ładunkiem zawiesiny ogólnej następuje wzrost stężenia zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych. Współczynnik determinacji  $R^2 = 0,2914$  oznacza, że przedstawiony model regresji opisuje 29,1% obserwacji. Z przebiegu linii regresji można odczytać, że ze zwiększeniem ładunku zawiesiny ogólnej o  $0,1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  następuje średni wzrost stężenia zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych o  $12,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Współczynnik korelacji wyniósł  $r_{xy} = 0,54$  i według skali zaproponowanej przez Stanisza jest to korelacja wysoka.



Rys. 4. Wpływ obciążenia ładunkiem zawiesiny ogólnej złoża filtracyjnego na stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych

Fig. 4. Impact of filter bed total suspended solids' load on the concentration of total suspended solids in the treated sewage

Obliczona wartość statystyki t Studenta wyniosła 5,37 dla  $n = 72$ , a przy poziomie istotności 0,05 wartość krytyczna  $t_{kr} = 1,996$ , dlatego też można stwierdzić, że wyliczona wartość współczynnika korelacji jest statystycznie istotna na poziomie 0,05.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stworzono równanie, umożliwiające określenie zależności stężenia zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych od obciążenia złoża filtracyjnego ładunkiem zawiesiny ogólnej:

$$S_{O_{zaw_{og}}} = (-124,21 \cdot L_{zaw_{og}} + 7,7 = 689) \cdot 100 \text{ (mg} \cdot \text{dm}^3\text{)} \quad (4)$$

gdzie:

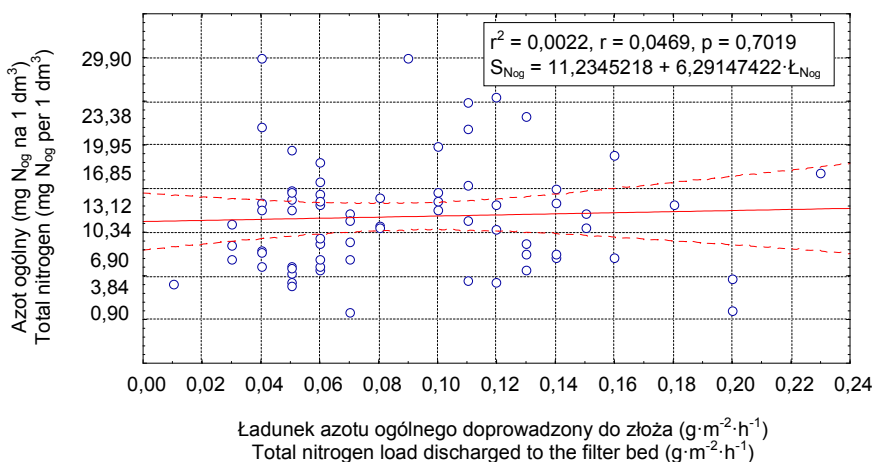
$S_{O_{zaw_{og}}}$  – stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ),

$L_{zaw_{og}}$  – ładunek zawiesiny ogólnej doprowadzony do złoża filtracyjnego ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

### Określenie wpływu obciążenia ładunkiem azotu ogólnego złoża filtracyjnego na stężenie azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych

W tej części pracy podjęto próbę określenia zależności stężenia azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych od ładunku azotu ogólnego doprowadzonego do złoża filtracyjnego.

Na podstawie rysunku 5 obserwuje się niewielką zależność skuteczności usuwania azotu ogólnego od obciążenia hydraulicznego złoża. Wraz ze wzrostem obciążenia hydraulicznego złoża następuje znikomy spadek skuteczności usuwania azotu ogólnego. Współczynnik korelacji wyniósł  $r_{xy} = 0,05$  i według skali zaproponowanej przez STANISZA (1998) jest to korelacja niska.



Rys. 5. Wpływ obciążenia ładunkiem azotu ogólnego złoża filtracyjnego na stężenie azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych

Fig. 5. Impact of filter bed total nitrogen's load on the concentration of total nitrogen in the treated sewage

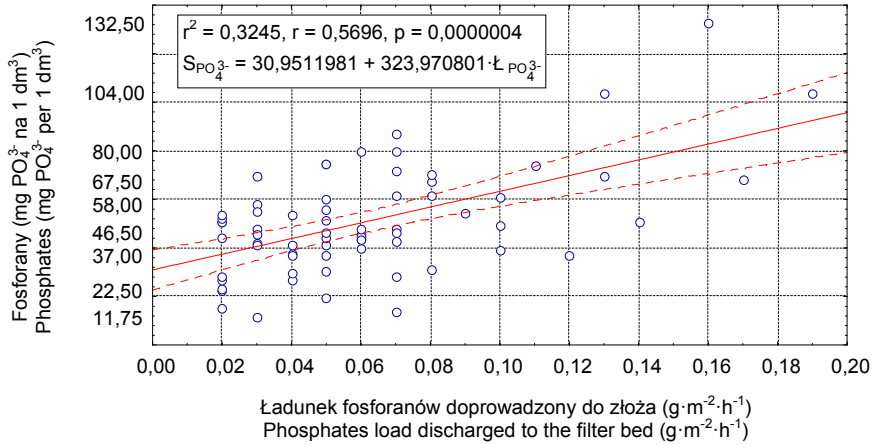
Obliczona wartość statystyki t Studenta wyniosła 0,39 dla  $n = 69$ , a przy poziomie istotności 0,05 wartość krytyczna  $t_{kr} = 2,00$ . Dlatego można stwierdzić, że wyliczony współczynnik korelacji jest statystycznie nieistotny na poziomie 0,05.

Określenie wpływu obciążenia ładunkiem fosforanów złoża filtracyjnego na stężenie fosforanów w ściekach oczyszczonych.

Współczynnik korelacji wyniósł  $r_{xy} = 0,5696$  i według skali zaproponowanej przez Stanisza jest to korelacja wysoka. Wysoka zależność między badanymi zmiennymi może wynikać z wyczerpania się kompleksu sorpcyjnego złoża filtracyjnego i dlatego przy wysokich obciążeniach ładunkiem fosforanów obserwuje się wysokie stężenia fosforanów w ściekach oczyszczonych.

Obliczona wartość statystyki t Studenta wyniosła 5,68 dla  $n = 69$ , a przy poziomie istotności 0,05 wartość krytyczna  $t_{kr} = 2,00$ . Dlatego należy stwierdzić, że wyliczony współczynnik korelacji jest statystycznie istotny na poziomie 0,05.

W tabeli poniżej zestawiono wyniki analizy korelacji wpływu obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń złoża filtracyjnego na stężenie wybranych zanieczyszczeń.



Rys. 6. Wpływ obciążenia ładunkiem fosforanów złoża na stężenie fosforanów w ściekach oczyszczonych

Fig. 6. Impact of filter bed phosphates' load on the concentration of phosphates in the treated sewage

Tabela 1. Zestawienie wyników analizy korelacji wpływu obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń złoża filtracyjnego na stężenie badanych zanieczyszczeń

Table 1. Summary of results of correlation analysis of filter bed pollutants' load on the concentration of the analysed pollutants

Statystyka Statistics	Liczebność grupy The group size	Współ- czynnik korelacji Pearsona Pearson's correlation coefficient $r_{xy}$	Współ- czynnik determi- nacji Coefficient of determi- nation $R^2$	Wartość statystyki t badającej istotność R The value of t statis- tics investi- gating the significance of R t	Wartość krytyczna testu t na poziomie $\alpha = 0,05$ Critical value of t-test at $\alpha = 0.05$ $t_{\alpha_{kr}}$
1	2	3	4	5	6
Obciążenie ładunkiem BZT <sub>5</sub> Load of BOD <sub>5</sub>	72	0,412	0,1701	3,78	1,996
Wartość BZT <sub>5</sub> w ściekach oczyszczonych BOD <sub>5</sub> value in the treated sewage					
Obciążenie ładunkiem ChZT <sub>Cr</sub> Load of COD <sub>Cr</sub>	72	0,450	0,2026	4,22	1,996
Wartość ChZT <sub>Cr</sub> w ściekach oczyszczonych COD <sub>Cr</sub> value in the treated sewage					



Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

1	2	3	4	5	6
Obciążenie ładunkiem zawiesiny ogólnej Load of total suspended solids	72	0,540	0,2914	5,37	1,996
Stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych Total suspended solids concentration in the treated sewage					
Obciążenie ładunkiem azotu ogólnego Load of total nitrogen	69	0,047	0,0022	0,39	2,000
Stężenie azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych Total nitrogen concentration in the treated sewage					
Obciążenie ładunkiem fosforanów Load of phosphates	69	0,570	0,3245	5,68	2,000
Stężenie fosforanów w ściekach oczyszczonych Phosphates concentration in the treated sewage					

Obliczone wartości współczynnika korelacji Pearsona wskazują, że wielkość obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń złoża filtracyjnego filtrów piaskowych o przepływie pionowym ma duży wpływ (korelacja wysoka,  $r_{xy} > 0,5$ ) na stężenie zawiesiny ogólnej i fosforanów, przeciętny wpływ ma natomiast obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń na wartość BZT<sub>5</sub> i ChZT<sub>Cr</sub>. Dla stężenia azotu ogólnego była to korelacja nikła.

## Wnioski

1. Wraz ze wzrostem obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń złoża filtracyjnego, zaobserwowano zwiększenie wartości BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub> oraz stężenia zawiesiny ogólnej w filtracie.

2. Opracowano równania, określające zależność wartości BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub> i zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych od obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń.

3. Obliczone wartości współczynnika korelacji Pearsona wskazują, że wielkość obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń złoża filtracyjnego filtrów piaskowych o przepływie pionowym ma duży wpływ na wartość zawiesiny ogólnej i fosforanów. W ściekach oczyszczonych dla BZT<sub>5</sub> i ChZT<sub>Cr</sub> była to korelacja przeciętna, a dla azotu ogólnego – nikła.

## Literatura

- BŁĄŻEJEWSKI R., 2000. Przydomowe oczyszczalnie ścieków. *Przeł. Komunal.* 4: 55.
- CHMIEŁOWSKI K., ŚLIZOWSKI R., 2008. Charakterystyka ilościowa ścieków dopływających do przydomowej oczyszczalni z pojedynczego gospodarstwa wiejskiego. *Gaz Woda Tech. Sanit.* 9: 11-13.
- JUCHERSKI A., 2000. Skuteczność oczyszczania ścieków bytowo-gospodarskich w oczyszczalniach gruntowych i glebowo-roślinnych w rejonach górzystych. *Zesz. Nauk. AR Krak.* 72: 371-380.
- JUCHERSKI A., WALCZOWSKI A., 2001. Skuteczność oczyszczania ścieków bytowych w zagrodach górskich. *Wiad. Melior. Łąk.* 2: 75-78.
- METCALF E., 1991. *Wastewater engineering, treatment, disposal, reuse.* Mc Graw-Hill, New York.
- OLSZAK B., 2001. Zastosowanie technologii Cyklo-SBR na przykładzie oczyszczalni ścieków w Mikołajkach. *Przeł. Nauk. Inż. Kształt. Śr.* 23: 171-178.
- OSMULSKA-MRÓZ B., 1995. *Lokalne systemy unieszkodliwiania ścieków – poradnik.* IOŚ, Warszawa.
- SIKORSKI M., 1994. Charakterystyka ścieków wiejskich i sposób ich unieszkodliwiania. *Wiad. Melior. Łąk.* 3: 25-31.
- STANISZ A., 1998. *Przystępny kurs statystyki.* T. 1. Statsoft Polska, Kraków.
- ŚLIZOWSKI R., CHMIEŁOWSKI K., 2007. The efficiency of selected sewage pollutant reduction in a vertical flow sand filter. *Pol. J. Environ. Stud.* 16, 2A, Part II: 221-226.

## IMPACT OF POLLUTANTS' LOAD DISCHARGED TO THE FILTER BED ON CONCENTRATIONS OF THE SELECTED POLLUTION INDICATORS IN THE TREATED SEWAGE

**Summary.** The article attempts to present the relationships between the concentrations of the analysed pollutants in the treated sewage and the load of these pollutants discharged to the vertical flow sand filter. The objective was realized by carrying out a statistical regression analysis and by calculating the Pearson's correlation coefficient. The analyses were carried out on four vertical flow sand filters. Each sand filter treated sewage from a single household located in Moszczenica Wyżna nearby Stary Sącz. Each filter was preceded by a septic tank, which constituted the first stage of the sewage treatment process. On the basis of the performed statistical analysis, high correlation was found between the pollutants' load flowing into the sand filter bed and the concentration of total suspended solids and phosphates in the treated sewage. For BOD<sub>5</sub> and COD<sub>Cr</sub> the correlation was medium and it was low for total nitrogen values.

**Key words:** sewage, vertical flow sand filter, sewage load

Chmielowski K., 2011. Wpływ ładunku zanieczyszczeń doprowadzonego do złoża filtracyjnego na stężenie wybranych wskaźników w ściekach oczyszczonych. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 5, #77.

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Krzysztof Chmielowski, Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, Poland, e-mail: k.chmielowski@ur.krakow.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*13.06.2011*

*Do cytowania – For citation:*

*Chmielowski K., 2011. Wpływ ładunku zanieczyszczeń doprowadzonego do złoża filtracyjnego na stężenie wybranych wskaźników w ściekach oczyszczonych. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 5, #77.*