

DETERMINATION OF KINETIC ENERGY OF PHOSPHORUS IN THE OPEN TROUGH WATERS OF LAKE STARZYC

Ryszard Konieczny

Institute for Land Reclamation and Grassland Farming (ILRGF) at Falenty,
Western Pomeranian Research Centre in Szczecin,
Czesława Str. 9, 71-504 Szczecin, Poland, e-mail: rkoniecz@poczta.onet.pl

Summary. The paper concerns the problem of land (including farmland) effect on the quality level of surface waters and hazards to the flow-through lakes in consequence of the kinetic energy of the phosphate phosphorus transported by the open trough waters. The presentation of the mathematical method to determine the mass and kinetic energy of phosphate phosphorus in the open trough waters of lake Starzyc is the assumed target of this paper. The assumption was that the presented results should become the foundation for measures aimed at restriction of the unwanted phosphorus load to admissible figures, in order to improve the quality level of the open trough waters of lake Starzyc.

Key words: kinetic energy, phosphorus, flowing waters, lakes.

INTRODUCTION

With deficiency of effective water protection methods, the major components contaminating surface waters include biogenic substances [Klęka et al. 2008; Kubiak, Tórz 2005]. The biogenic compound amount scale is largely the consequence of human farming activity and is directly related to the intensity of soil utilization and the extent of the concentration of animal production [Jasiewicz, Baran 2006; Glińska-Lewczuk 2002; Kaca et al. 2001; Sapek et al. 1998]. Urban development, industrialization, intensive farming production and development of tourism within one drainage area make the percentage share of particular contaminant sources in the eutrophization of waters divergent [Millaku et al. 2008; Ilnicki et al. 2001] and difficult to be estimated. Therefore, prior to making appropriate decisions on improvement of the quality of still waters [Dąbrowska et al. 2007; Balcerzak 2004; Wiśniewski 2000] it is necessary to define the parameters of such drainage area and its influence on the surface waters [Goldyn et al. 2004; Skorbiłowicz, Wiater 2003; Durkowski, Woroniecki 2001; Durkowski, Wesołowski 2000]. One of the numerous factors enabling an assessment of hazard level for open waters is the research on the voluminous flow in the open troughs of flow-through lakes with particular consideration to the mass of phosphorus content. Phosphorus, in addition to nitrogen, carbon and hydrogen is in the group of the most important elements composing the biosphere [Ravera 2001; Ravera, Riccardi 1997; Mientki et al. 1979], and its kinetic energy in

the affluent trough waters represents, within the range of boundary values of the mass – from 0,005 to 0,020 mg P·dm⁻³, the opportunity to achieve high-level cleanness of lakes.

Taking into account the issue of quality of rivers for flow-through lakes [Durkowski 2007; Gawrońska i in. 2007] the presentation of the mathematical method to determine the mass and kinetic energy of phosphate phosphorus in the open trough waters of lake Starzyc became the target of this paper. It was assumed that the presented calculation method should enable measures aimed at the restriction of the unwanted amount of the phosphorus load in the open trough waters and direct drainage area of lake Starzyc.

METHODS OF STUDY

While analysing the necessity of mathematical determination of the mass and energy of phosphate phosphorus in the open trough waters (on one inflow and three outflows) of lake Starzyc [Landsberg-Uczciwek 1999; Korpacz 1961] the waters were sampled for chemical analyses from each cross-section A (m²) of the flow-through (Fig. 1) in the last ten days of each month from May to October of the years 2005-2007.

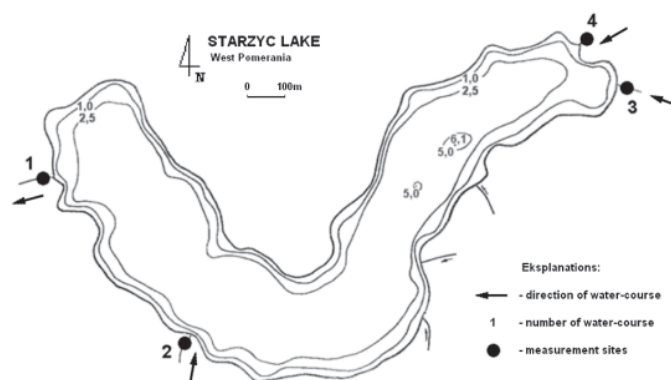


Fig. 1. Location of test sites on open trough waters of lake Starzyc

The phosphate ions (PO_4^{3-}) were determined by the photometric method with the use of one-parameter PC compact type photometer from Aqualytic. Out of the chemical compound under consideration, phosphorus P ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) was determined for further mathematical calculations through the unit converter (Table 1) for phosphate ions.

Table 1. Unit converter to determine weight unit ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) phosphorus (P) content out of water chemical component

a	b	c
PO_4^{3-}	0,326138	P
Marking: a -chemical component, $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; b -multiplier; c -calculation (resultant) parameter, $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$		

Moreover, in the last ten days of October, 2007 a measuring grid was made in the cross-sections A of the flow-through. The average horizontal velocities v_p ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) of the flow-through were

measured in the grid measuring points in time $t=10s$ using the flow-meter SENSE RC2 from Aqua Data Services. Based on the test results, the method of mathematical determination of phosphate phosphorus mass and kinetic energy was presented as well as nomograms to determine the load amount of phosphorus transported in and out by open trough waters of lake Starzyc with the use of Grapher (version 1.05) and Microsoft Excel software.

TEST RESULTS

The mass concentration of biogenic components transported in and out by open trough waters into the lakes and water flow velocity in the shore zone of the lakes need to be known to determine their kinetic energy. This is due to the fact that the kinetic energy in an open trough is formed by a number of factors [Kaca, Walczuk 2008; Hämmerling et al. 2007; Młynarczyk, Ren-Kurc 1999]. Being the parameter defining the biogenic substance carrier determined through the measurements made at a large distance from the lake waters and without consideration to the seasonal flow changes may lead to erroneous analysis of the measuring data related to the impact of open trough waters on the quality of flow-through lakes. Therefore, the kinetic energy of the phosphate phosphorus in the open-through waters of lake Starzyc was determined through the flow velocity measurements in the cross-section. The obtained flow velocities were assumed as a constant characteristic value possible to exist in the phosphate phosphorus measuring periods under analysis. The flow of waters in the open trough waters of lake Starzyc was determined by means of the following formula:

$$v_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^{n=4} v_{p_i}}{4} \quad [m \cdot s^{-1}], \quad (1)$$

of which:

n – number of partial areas of the trough cross-section A,

v_{p_i} – liquid velocity in the i^{th} point of the grid area under analysis, $m \cdot s^{-1}$,

representing the arithmetic average partial value of velocity v_{sr} for each stream of liquid under analysis in the open troughs. Considering:

$$v_c = \sum_{i=1}^n v_{sr_i} \quad [m \cdot s^{-1}], \quad (2)$$

of which:

n – number of partial areas A of the trough cross-section,

v_{sr_i} – average velocity of water in i^{th} area of the trough, $m \cdot s^{-1}$,

in the cross section of the troughs the total velocity (v_c) of the stream was obtained, and data (2) were obtained in virtue of the dependency:

$$Q = v_c \cdot A \quad m^3 \cdot s^{-1} \quad (3)$$

For the voluminous the efficiency of the troughs was applied in further mathematical considerations to determine with the formula:

$$m = \int 0.001 \cdot Q \cdot c(dt) [kg], \quad (4)$$

of which:

c – calculating coefficient (tab. 1),

t – flow duration time, s,

0,001 – mass conversion factor,

of the weight content of phosphate phosphorus transported by open trough waters of lake Starzyc in the particular months of the years 2005-2007. Considering the calculation parameters (2), (4) the following formula was made:

$$E=0.5 \cdot m \cdot v_c^2 \quad [J], \quad (5)$$

and the kinetic energy in the open trough waters of the lake Starzyc was determined. For the particular months n , the results in the form of numbers $a_1, \dots, a_n$ obtained in the tests (4), (5) were averaged in virtue of dependency:

$$\bar{a} = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n}, \quad (6)$$

and compared in the form of nomograms. The nomograms (Fig. 2, Fig. 3) presented in the model record of equations of phosphate phosphorus mass and energy content, in the May-October period allow an assessment of the quality problem of open trough waters of lake Starzyc. In the model description of the equations, however, approximated by the method of the smallest squares by third, fourth and fifth grade multinomial with determination coefficients (R^2) within the range from 98 to 100%, the abscissa (x) for subsequent months is determined by the dependency $n+1$ on a sequence of natural numbers, while the ordinates (y_1, y_2), mass (m) and kinetic energy (E) of phosphate phosphorus. The appropriate interpretation of the nomograms represents the foundation for taking measures aimed at the localization and restriction of unwanted phosphorus load in the drainage area of lake Starzyc.

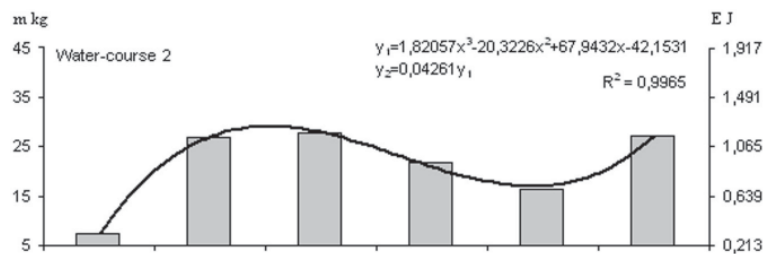


Fig. 2. Nomogram of changes of mass (m) and energy (E) of phosphate phosphorus in the effluent of open lake Starzyc for the period May-October.

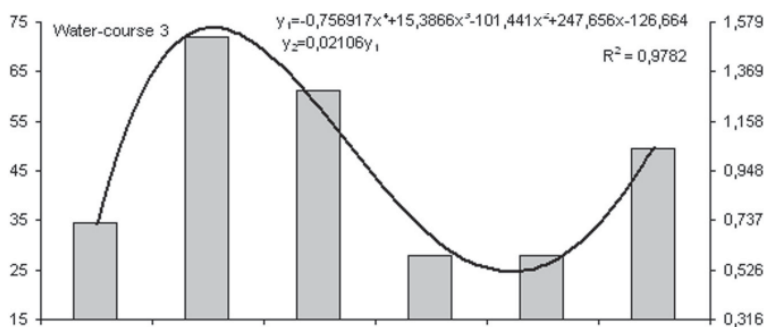


Fig. 3. Nomograms of changes of mass (m) and energy (E) of phosphate phosphorus in affluents of open troughs of lake Starzyc for the period May-October

CONCLUSIONS

1. For the mathematical determination of the kinetic energy of phosphate phosphorus in the cross-sections of open troughs of flow-through lakes, the measurements of the concentration of the components analysed and flow velocity in the lake shore zone are necessary.
2. In the open troughs of lake Starzyc in the period May-October, the phosphate phosphorus load transported into and out of the lake is characterized by a variation of the mass in the scope from 7 to 84 kg, while the kinetic energy of the phosphorus is characterized with the value range from 0,31 to 1,35 J.
3. The presentation of the mathematical calculations and nomograms related to the variations of mass and energy of the phosphate phosphorus in the open troughs of lake Starzyc results from the purposefulness of the measures aimed at localizing and restricting of the unwanted phosphorus load for the quality of lake Starzyc.

REFERENCES

- Balcerzak W., 2004. Wpływ procesu eutrofizacji na kształtowanie jakości wód. [In:] Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód. XVIII Krajowa, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Poznań, 6-8.09.2004. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, oddział Wielkopolski, Poznań, 245-255.
- Dąbrowska J., Kowalski J., Molski J., Siniecki C., 2007. Jakość wody w małych zbiornikach zaporowych na przykładzie zbiornika Gołuchów. Nauka Przyr. Technol. 1, 2, #15..
- Durkowski T., 2007. Ocena odpływu składników nawozowych ze zlewni rolniczych jeziora Miedwie. [In:] Ochrona i rekultywacja jezior. Materiały konferencyjne pod red. R. Wiśniewskiego i J. Piotrowiaka. VI Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Toruń, 14-16.06.2007. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń, 43-52.
- Durkowski T., Wesołowski P., 2000. Inwestycje proekologiczne a stan zanieczyszczenia środowiska wodnego w wybranych zlewniach cząstkowych jeziora Miedwie [In:] Ochrona i rekultywacja jezior. Materiały konferencyjne pod red. A. Gizińskiego i Sz. Buraka. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Przysiek, 12-14.06.2000. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń, 89-100.
- Durkowski T., Woroniecki T., 2001. Jakość wód powierzchniowych obszarów wiejskich Pomorza Zachodniego. [In:] Kształtowanie środowiska. Zagrożenia, monitoring i ochrona środowiska. Zesz. Post. Nauk Roln., 476, 365-372.
- Gawrońska H., Lossow K., Michał Ł., Brzozowska R., Jaworska B., Rekultywacja Jeziora Wolsztyńskiego metodą inaktywacji fosforu. [In:] Ochrona i rekultywacja jezior. Materiały konferencyjne pod red. R. Wiśniewskiego i J. Piotrowiaka. VI Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Toruń, 14-16.06.2007. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń, 53-63.
- Glińska-Lewczuk K., 2002. Wpływ zlewni rolniczo-leśnej na funkcjonowanie systemu rzeczno-jeziornego na przykładzie strugi Wólki. [In:] Nawożenie w kształtowaniu środowiska. Zesz. Post. Nauk Roln., 484, 163-173.
- Goldyn R., Szyper H., Kowalczevska-Madura K., 2000. Możliwość ograniczenia zasilania zewnętrznego wód jeziora Swarzędzkiego. Materiały konferencyjne pod red. R. Wiśniewskiego i J. Jankowskiego. V Konferencja Naukowo-Techniczna, Grudziądz, 11-13.05.2004. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, oddział Toruń, 43-54.

- Hämmerling M., Zawadzki P., Przedwojski B., 2007. Rozkład prędkości w dolnym stanowisku budowli piętrzącej. *Nauka Przyr. Technol.* 1, 2, #23.
- Illicki P., Kleta-Więckowska M., Marciniak M., Mikołajewska E., 2001. Zanieczyszczenie rzeki Warty przez źródła punktowe w latach 1993-1998. [In:] *Kształtowanie środowiska. Zagrożenia, monitoring i ochrona środowiska*. Zesz. Post. Nauk Roln., 476, 125-131.
- Jasiewicz Cz., Baran A., 2006. Rolnicze źródła zanieczyszczenia wód – biogeny. *Journal of Elementology*, 11, 3, 367-377
- Kaca E., Łabędzki L., Miatkowski Z., 2001. Ocena zagrożeń środowiska zanieczyszczeniami obszarowymi w województwie kujawsko-pomorskim. [In:] *Kształtowanie środowiska. Zagrożenia, monitoring i ochrona środowiska*. Zesz. Post. Nauk Roln., 476, 141-147.
- Kaca E., Walczuk T., 2008. Techniczne działania innowacyjne w gospodarce wodno-stawowej na przykładzie Stawów Raszyńskich. [In:] *Innowacyjne rozwiązania wodno-stawowe w hodowli ryb karpiowatych. Materiały konferencyjne pod red. J. Barszczewskiego. Konferencja Naukowo-Techniczna, Falenty, 24.04.2008. Wyd. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach*, 49-72.
- Klęka J., Krzemińska A., Drabiński A., 2008. Zmiany wynoszonych ładunków związków biogenych na odcinku nieuregulowanym i uregulowanym w rzece nizinnej. [In:] *Rola melioracji wodnych w ochronie środowiska przyrodniczego*. Zesz. Post. Nauk Roln., 526, 205-213.
- Korpacz K., 1961. Batymetryczne opracowanie jeziora Starzyc. Wyd. Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie, 1-2.
- Kubiak J., Tórz A., 2005. Eutrofizacja. Podstawowe problemy ochrony wód jeziornych na Pomorzu Zachodnim. *Słupskie Prace Biologiczne*, 2, 17-36.
- Landsberg-Ucziwek M. (red.), 1999. Raport o stanie środowiska w województwie zachodniopomorskim w latach 1997-1998. Wyd. Inspekcja Ochrony Środowiska w Warszawie, 1-223.
- Mientki Cz., Drozd H., Lossow K., 1979. Związki azotu i fosforu w Jeziorze Długim w Olsztynie. [In:] *Ochrona Wód i Rybactwo Śródlądowe*, Zesz. Nauk. ART Olsztyn, 9, 31-43.
- Millaku A., Plakolli M., Vehapi I., 2008. The impact of biological, chemical and physical pollution on the water quality in river Klina. Conference on water observation system for decision support. 27-31 May 2008. Ohrid, Republic of Macedonia, 1-9.
- Młynarczyk Z., Ren-Kurc A., 1999. Wielowymiarowa funkcja spline jako model prędkości natężenia przepływu wody w korycie rzeczonym. [In:] *Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych. Praca zbiorowa pod red. A. Kostrzewskiego. Wyd. Andrzej Kostrzewski, Instytut Badań Czwartorzędu, Uniwersytet Poznański*, 2, 147-158.
- Ravera O. (Ed.), 2001. Monitoring of the aquatic environment by species accumulator of pollutants: a review. Scientific and legal aspects of biological monitoring in freshwater. *J. Limnol.*, 60 (Suppl. 1), 63-78.
- Ravera O., Riccardi N., 1997. Biological monitoring with organisms accumulator of pollutants. *Marine Chemistry*, 58, 313-318.
- Sapek A., Sapek B., Pietrzak S., 1998. Zagęszczenie produkcji rolnej w zagrodzie jako źródło zanieczyszczenia wody. [In:] *Woda w obszarach wiejskich*. Zesz. Post. Nauk Roln., 459, 103-124.
- Skorbiłowicz E., Wiater J., 2003. Ocena jakości środowiska wodnego rzeki Nereśl w odcinku jej biegu przez obszar torfowisk i bagien. *Acta Agrophysica*, 1(1), 183-190.
- Wiśniewski R., 2000. Metody rekultywacji zbiorników wodnych -stan obecny i perspektywy. [in:] *Ochrona i rekultywacja jezior. Materiały konferencyjne pod red. A. Gizińskiego i Sz. Buraka. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Przysiek, 12-14.06.2000. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń*, 21-39.

WYZNACZENIE ENERGII KINETYCZNEJ FOSFORU W WODACH KORYT OTWARTYCH JEZIORA STARZYC

Streszczenie. Opracowanie dotyczy problemu oddziaływania terenów, w tym rolniczych, na stan jakości wód powierzchniowych oraz zagrożeń dla jezior przepływowych wynikających z energii kinetycznej masy fosforu fosforanowego transportowanego wodami koryt otwartych. Za cel pracy przyjęto przedstawienie sposobu matematycznego wyznaczenia masy i energii kinetycznej fosforu fosforanowego w wodach koryt otwartych jeziora Starzyc. Założono, że w oparciu o zaprezentowane wyniki badań uruchomione zostaną w zlewni jeziora Starzyc działania zmierzające do ograniczenia nieporządnego ładunku fosforu na wartości dopuszczalne dla poprawy stanu jakości wód koryt otwartych i jeziora Starzyc.

Słowa kluczowe: energia kinetyczna, fosfor, wody płynące, jeziora.