

STRESZCZENIA

Agnieszka BRZEZIŃSKA<sup>1</sup>

Marek ZAWILSKI<sup>2</sup>

Dawid BANDZIERZ<sup>3</sup>

Grażyna SAKSON<sup>4</sup>

## WIELKOŚĆ EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ Z PRZELEWÓW BURZOWYCH KANALIZACJI OGÓLNOSPŁAWNEJ NA PRZYKŁADZIE ŁODZI

Wyniki składu ścieków ogólnospławnych opuszczających wybrany do badań przelew burzowy J1 w Łodzi wykazały, że wielkość ładunku kierowanego do odbiornika jest ściśle powiązana nie tylko z charakterem opadu, ale także z porą dnia, w której następuje wzmóżony dopływ ścieków do kanalizacji, stopniem zanieczyszczenia terenu zlewni oraz ilością zalegających w sieci osadów. Dzięki wykonanym analizom laboratoryjnym, wzbogaconym wynikami pochodzącymi z pomiarów on-line, określono wielkość ładunku zanieczyszczeń badanych wskaźników (ChZT, BZT<sub>5</sub>, zawiesiny ogólne, zawiesiny mineralne, N-NH<sub>4</sub>, P<sub>og</sub>) w zależności od zjawiska opadowego powodującego aktywację przelewu. Wyniki badań posłużyły również do określenia występowania efektu pierwszej fali zanieczyszczeń w ściekach emitowanych przez przelew J1 do odbiornika. Stwierdzono, że w trakcie roku 2012 objętego badaniami na 11 przeanalizowanych zjawisk, aż w 8 przypadkach efekt ten został zauważony, zarówno dla wszystkich badanych wskaźników, jak i tylko dla niektórych zależnie od opadu. Mimo podejmowanych działań prawnych oraz inwestycji służących ograniczeniu emisji ładunku zanieczyszczeń do odbiorników stan polskich rzek nadal nie należy jeszcze do dobrych. W związku z tym konieczna jest ciągła kontrola emisji zanieczyszczeń z uwzględnieniem nowoczesnych metod jej pomiaru oraz wykorzystania otrzymywanych wyników do opracowywania danych do programów komputerowych umożliwiających realną ocenę tej emisji z systemu kanalizacji ogólnospławnej.

**Słowa kluczowe:** kanalizacja ogólnospławna, przelewy burzowe, emisja zanieczyszczeń, pierwsza fala zanieczyszczeń

## QUANTITY OF THE POLLUTANTS EMISSION FROM COMBINED SEWAGE SYSTEM ON THE EXAMPLE OF ŁÓDŹ

### Summary

The results of the wastewater composition leaving the chosen J1 combined sewer overflow in Lodz showed that the volume of load directed to the receiver is closely related not only to the character of precipitation, but also to the time of day, in which there is increased inflow of wastewater into the sewerage system, the level of pollution of the catchment and amount of sediments present in the sewers. Due to the conducted laboratory analyzes, supplemented with other results from on-line measurements, the load size of examined indicators of pollution (COD, BOD<sub>5</sub>, suspended solids, mineral solids, N-NH<sub>4</sub>, P<sub>tot</sub>) depending on the rain event causing the activation of the overflow J1 was determined. The results were also used to determine the prevalence of the first flush effect of pollutants in wastewater emitted by J1 overflow to the receiver. Therefore, a continuous control of the pollutants emission including modern methods of measurement and the use of the obtained results to develop data to computer programs enabling a realistic assessment of the emission from sewer system is necessary.

**Keywords:** combined sewerage system, combined sewer overflows, pollutants emission, first flush of pollution

DOI:10.7862/rb.2014.43

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

<sup>1</sup> Autor do korespondencji: Agnieszka Brzezińska, Politechnika Łódzka, Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych, 90-924 Łódź, Al. Politechniki 6, tel. 42 6313594, agnieszka.brzezinska@p.lodz.pl

<sup>2</sup> Marek Zawilski, j.w., tel. 42 631 39 49, e-mail: marek.zawilski@p.lodz.pl

<sup>3</sup> Dawid Bandzierz, j.w., tel. 42 631 35 95, e-mail: dawid.bandzierz@p.lodz.pl

<sup>4</sup> Grażyna Sakson, j.w., tel. 42 631 35 27, e-mail: grazyna.sakson-sysiak@p.lodz.pl

Ewa BURSZTA-ADAMIAK<sup>2</sup>  
Magdalena KUŚNIERZ<sup>1</sup>  
Magdalena DOMAŃSKA<sup>3</sup>  
Paweł WIERCİK<sup>4</sup>  
Janusz ŁOMOTOWSKI<sup>5</sup>

## METODY STOSOWANE W BADANIACH ZAWIESIN W WODACH OPADOWYCH

Występujące w wodach opadowych zawiesiny są mieszaninami wieloskładnikowymi, zawierającymi oprócz substancji rozpuszczonych i gazów, drobne zawiesiny oraz koloidy pochodzenia organicznego i mineralnego. W badaniach wód opadowych wiedza na temat ilości, rozmiaru czy rozkładu wielkości cząstek zawiesin jest przydatna m.in. przy projektowaniu urządzeń służących do podczyszczania wód opadowych (osadników, separatorów), zbiorników retencyjnych oraz systemów bazujących na naturalnych procesach biologicznych i infiltracji wody do gruntu. Konieczność stosowania różnych metod i narzędzi badawczych w obszarach inżynierii i ochrony środowiska jest nieunikniona. W artykule omówiono nowoczesne metody stosowane w badaniach ilości i wielkości cząstek zawiesin zawartych w wodach opadowych oraz przedstawiono oryginalne wyniki badań składu granulometrycznego zawiesin w wodach opadowych, śniegu i spływów z dachów wykonane z wykorzystaniem granulometru laserowego. Do interpretacji wyników badań składu granulometrycznego zawiesin zastosowano zmodyfikowane równanie Avramiego. W pracy przedstawiono przedziały zmienności wartości współczynników korelacji oraz stałych  $k$  i wykładników  $n$  opisanych równaniem Avramiego. Przy wzroście wartości stałej  $k$  wzrastał udział ziaren o małych średnicach zastępczych w zawieszynie polidispersyjnej, natomiast przy niższych wartościach wykładnika  $n$  funkcja  $V(d)$  wykazywała większy przedział zmienności średnic zastępczych cząstek obecnych w zawieszynie polidispersyjnej. Na podstawie wartości współczynników korelacji  $R$ , które były bliskie 1 wykazano, że skład granulometryczny zawiesin w wodach opadowych można opisać zmodyfikowanym równaniem Avramiego.

**Słowa kluczowe:** granulometr laserowy, skład granulometryczny zawiesin, równanie Avramiego, wody deszczowe, spływy

## THE METHODS USED IN SUSPENSION RESEARCH IN THE STORMWATER

### Summary

Stormwater suspensions are multi-component mixtures containing, in addition to solutes and gases, fine suspensions and colloids of mineral and organic origin. Information on the structure of the suspensions occurring in stormwater, among other things, is extremely important especially when designing devices for their use (settlers, decanters), retention tanks or systems based on natural biological processes and the infiltration of water into the ground. The need to use different methods and research tools in the areas of engineering and the environment is inevitable. The article presents the modern methods used in studies on particle size and quantity of suspended solids occurring in stormwater as well as shows the original research results of the granulometric composition of suspension in rain, snow and runoff from roofs obtained using laser granulometer. Modified Avrami equation for interpretation of research results of granulometric composition of suspensions has been used. In this paper the comparison of the range of values variation of the correlation coefficients  $R$  and estimated parameters in model described by Avrami equation has been shown. The increase of the constant  $k$  value imply the grow of small diameters of grains in polidispersion suspensions, while at lower values of exponent  $n$  function  $V(d)$  showed a greater range of particles variation presented in polidispersion suspension. On the basis of the correlation coefficient  $R$  values, which were close to 1, it has been shown that the granulometric composition of the stormwater suspension, snow and runoff from roofs can be described by the modified Avrami equation.

**Keywords:** laser granulometer; granulometric composition of suspensions, Avrami equation, stormwater, runoff from roofs

DOI:10.7862/rb.2014.44

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

<sup>1</sup> Autor do korespondencji: Magdalena Kuśnierz, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska, Plac Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, (71) 320 5556, magdalena.kusnierz@up.wroc.pl.

<sup>2</sup> Ewa Burszta-Admiak, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska, Plac Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, (71) 320 5555, ewa.burszta-adamiak@up.wroc.pl.

<sup>3</sup> Magdalena Domańska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska, Plac Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, (71) 320 5518, magdalena.domanska@up.wroc.pl.

<sup>4</sup> Paweł Wiercik, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska, Plac Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, (71) 320 1033, pawel.wiercik@up.wroc.pl.

<sup>5</sup> Janusz Łomotowski, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska, Plac Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, (71) 320 1034, janusz.lomotowski@up.wroc.pl.

Dorian CZARNIECKI<sup>5</sup>  
Daniel SŁYŚ<sup>6</sup>

## **ANALIZA TECHNICZNA I FINANSOWA WARIANTÓW OGRZEWANIA WODY Z WYKORZYSTANIEM POMP CIEPŁA WSPÓLPRACUJĄCYCH Z SYSTEMAMI ROZSĄCZANIA WODY DESZCZOWEJ W PRODUKCJI ROŚLINNEJ**

Prognozy i ogólnoświatowe trendy pokazują, że w najbliższych latach, a także w dalszej przyszłości, trzeba się liczyć ze znacznym wzrostem kosztów energii w stosunku do kosztów budowy, konstrukcji czy samych urządzeń, w tym grzewczych. W wyniku tego można zauważyć tendencje do stosowania rozwiązań energooszczędnych, które umożliwiają przede wszystkim obniżenie kosztów przygotowania ciepłej wody użytkowej, ale również ochronę środowiska naturalnego. Główną przyczyną tego podejścia są właśnie rosnące ceny tradycyjnych nośników energii oraz poprawa świadomości ekologicznej społeczeństwa. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie analizy technicznej i finansowej systemu podgrzewania wody do podlewania w obiektach przeznaczonych do produkcji roślinnej. Podlewanie roślin w szklarniach jest czynnością niezwykle istotną, a właściwie niezbędną dla ich prawidłowego rozwoju. W systemie ogrzewania wykorzystano gruntową pompę ciepła współpracującą z instalacją odprowadzającą wody deszczowe, pozwalającą na uzyskanie wysokiej wydajności poboru ciepła z gruntu poprzez jego nawilżanie. Przeanalizowano możliwe warianty pracy instalacji.

**Słowa kluczowe:** wody opadowe, pompa ciepła, gruntowy wymiennik ciepła

### **TECHNICAL AND FINANCIAL ANALYSIS OF WATER HEATING VARIANTS WITH THE USE OF HEAT PUMPS COOPERATING WITH RAINWATER DRAINAGE SYSTEMS IN CROPS PRODUCTION**

#### **S u m m a r y**

This thesis contains the presentation of possible solutions and the approximate benefits which can be achieved through the use of rainwater drainage installation cooperating with the ground heat exchanger which ensures a high efficiency heat extraction from the ground through its irrigation. The author analysed the possible examples of cooperation of these installations and detailed analysis of technical and financial applications has been done.

**Keywords:** rain water, heat pump, ground heat exchanger

DOI:10.7862/rb.2014.45

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.  
Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

---

<sup>5</sup> Autor do korespondencji: Politechnika Rzeszowska, Katedra Infrastruktury i Ekorozwoju, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, 35-959 Rzeszów, al. Powstańców Warszawy 6, tel. + 48 (017) 7432409, fax: (017) 8651172, e-mail: doriancz@prz.edu.pl

<sup>6</sup> Politechnika Rzeszowska, Katedra Infrastruktury i Ekorozwoju, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, 35-959 Rzeszów, al. Powstańców Warszawy 6, tel. + 48 (017) 8651784, fax: (017) 8651172, e-mail: daniels@prz.edu.pl

## ZASTOSOWANIE METODY „TRZECH PYTAŃ” W PLANOWANIU ROZWOJU ZRÓWNOWAŻONEGO KORYTARZA WISŁOKA W RZESZOWIE

W pracy zaprezentowano projekt metody, możliwej do wykorzystania w diagnozie zgodności zagospodarowania przestrzennego z wymogami rozwoju zrównoważonego. Ocena taka jest niezbędna, gdyż narzuca ją polskie prawodawstwo dotyczące planowania przestrzennego. W praktyce nie jest jednak stosowana ze względu na brak prostego narzędzia diagnostycznego. Zapropionowana metoda wskazuje, które z spośród trzech wymiarów rozwoju zrównoważonego: przyrodniczego, społecznego i ekonomicznego są realizowane lub nie w zagospodarowaniu przestrzennym. Jako obszar testowy dla opracowanej metody wybrano korytarz rzeczny Wisłoka w Rzeszowie, pełniący istotne funkcje przyrodnicze w strukturze miasta, wymagający szczególnie starannego planowania przestrzennego. Wyniki analizy wskazują, że w obszarze badań przeważa zagospodarowanie zrównoważone – z ponad 70% udziałem w powierzchni, a obszary zagospodarowane w sposób niezrównoważony to jedynie 13%. Współcześnie obserwuje się jednak w tym terenie niekorzystne zjawiska, mogące zmienić powyższe stosunkowo korzystne wyniki oceny.

**Słowa kluczowe:** oceny zagospodarowania przestrzennego, wymiary rozwoju zrównoważonego, Rzeszów, metoda „trzech pytań”

## THE APPLICATION OF "THREE QUESTIONS" METHOD FOR PLANNING OF THE WISŁOK RIVER CORRIDOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

### Summary

The article presents preliminary tool possible to use in diagnosing of spatial arrangement compliance with the requirements of sustainable development. Such an evaluation is essential, since it is imposed by Polish spatial planning legislation. In practice, however, is not applied due to lack of a simple diagnostic method. The proposed method shows which from among the three dimensions of sustainable development: the environmental, social and economic are realized in spatial arrangement. The Wisłok river corridor in Rzeszow was selected as a testing area for the developed method. The area plays many important environmental functions in the structure of the city. That is why it requires particularly careful planning. The results of the analysis indicate that in the area of research prevails spatial arrangement compatible with sustainable development idea – more than 70% of the surface. Areas managed in an unsustainable way is only 13%. Today, however, there are further conflict situations violating sustainable development dimensions observed in this area. That may change the above relatively favorable evaluation results.

**Keywords:** assessment of spatial arrangement, sustainable development dimensions, Rzeszów

DOI:10.7862/rb.2014.46

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

---

<sup>7</sup> Agata Ćwik, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Katedra Agrobiologii i Ochrony Środowiska, ul. Żelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, tel. 17 785 50 06, e-mail: acwik@univ.rzeszow.pl

## WPŁYW KIERUNKU I PRĘDKOŚCI PRZEMIESZCZANIA SIĘ OPADU DESZCZU NA MAKSYMALNE SZCZYTOWE PRZEPŁYWY ŚCIEKÓW W SIECI KANALIZACYJNEJ

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu kierunku i prędkości przesuwania się fali deszczu na wymiarowanie systemu kanalizacyjnego. Symulacje przeprowadzono w trzech założonych zlewniach, które posiadały taką samą powierzchnię zredukowaną 19,75 ha. Każda ze zlewni posiada 10 podzlewni częściowych ułożonych w różnych lokalizacjach, co skutkuje odmiennymi schematami sieci kanalizacyjnej. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że zarówno kierunek, jak i prędkość przemieszczania się fali deszczu ma znaczący wpływ na wielkości przepływu, które kształtują się w sieci kanalizacyjnej. Największe różnice w natężeniu przepływu, jak i wynikowym hydrogramie opisującym zaobserwowane zjawisko są podczas deszczu krótkotrwałych. Wykazano również, że największe chwilowe natężenie przepływu w sieci kanalizacyjnej występuje podczas występowania deszczu krótszego od czasu miarodajnego, jaki jest wyznaczany metodą granicznych natężeń.

**Słowa kluczowe:** systemy kanalizacyjne; przepływy obliczeniowe; fala deszczu

### INFLUENCE OF DIRECTION AND VELOCITY OF PRECIPITATION DISPLACEMENT ON SEWAGE SYSTEM DIMENSIONING

#### Summary

The article presents the results of studies on the influence of the direction and velocity of precipitation wave displacement on the dimensioning of sewerage system. The simulations performed for three assumed catchments of the same reduced surfaces of 19,75 ha. Each catchment has 10 sub-basins of different locations, which results in different schemes of sewerage system. The obtained results allow to conclude that both the direction and velocity of precipitation wave has a significant impact on the flow rate, which is formed in sewerage system. The greatest differences in the flow intensity and the resulting flow hydrogram, describing the observed phenomenon, occur during transitory rainfall.

It was also shown that the highest momentary flow intensity in sewerage system is observed during the occurrence of rain duration shorter than calculative duration determined by rational method of boundary intensities.

**Keywords:** sewerage systems; calculative flow; wave of precipitation

DOI:10.7862/rb.2014.47

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

---

<sup>8</sup> Józef Dziopak, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. 178651817, jdziopak@prz.edu.pl.

<sup>9</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Mariusz Starzec, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. 177232409, mstarzec1990@prz.edu.pl.

## WPŁYW KIERUNKU I PRĘDKOŚCI FALI DESZCZU NA KUBATURĘ UŻYTKOWĄ WIELOKOMOROWYCH ZBIORNIKÓW RETENCYJNYCH

W artykule podjęto próbę określenia wpływu kierunku i prędkości przemieszczania się opadu deszczu na wymaganą kubaturę użytkową zbiorników retencyjnych. Przeprowadzono badania symulacyjne, których celem było sprawdzenie wielkości kubatury użytkowej zbiornika retencyjnego ze względu na przyjętą metodę obliczeniową. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że zarówno kierunek, jak i prędkość przemieszczania się fali deszczu ma znaczący wpływ na wymaganą kubaturę użytkową kanalizacyjnych zbiorników retencyjnych. Największe różnice w otrzymanych wynikach zaobserwowano przy wysokich wartościach natężenia odpływu ścieków ze zbiornika. W praktyce oznacza to, że niedowymiarowane będą szczególnie zbiorniki, w których przyjęto wysoką wartość współczynnika redukcji przepływu  $\beta$ .

**Keywords:** systemy kanalizacyjne; wymiarowanie; zbiorniki retencyjne; fala deszczu

## INFLUENCE OF DIRECTION AND VELOCITY OF PRECIPITATION WAVE DISPLACEMENT ON CUBIC CAPACITY OF STORAGE RESERVOIRS

### Summary

This article attempts to determine the influence of direction and velocity of precipitation wave displacement on the required usable cubic capacity of storage reservoirs. Simulation study was conducted in order to check the size of usable cubic capacity of storage reservoir with the account of assumed calculation method. The obtained results allow to conclude that both the direction and velocity of the precipitation wave has a significant impact on the required usable cubic capacity of sewage storage reservoirs. The largest differences between the results were observed under high value of the intensity of waste water outflow from the reservoir. In practice, this means that the reservoirs with high flow reduction factor  $\beta$  assumed will be particularly undersized.

**Keywords:** sewerage systems; dimensioning; storage reservoirs; wave of precipitation

DOI:10.7862/rb.2014.48

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

---

<sup>10</sup> Józef Dziopak, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. 178651817, jdziopak@prz.edu.pl.

<sup>11</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Mariusz Starzec, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. 177232409, mstarzec1990@prz.edu.pl.

**Dariusz GRYGO**<sup>12</sup>  
**Wojciech SOBIESKI**<sup>13</sup>  
**Seweryn LIPIŃSKI**<sup>14</sup>

## ETAPY PRACY TARANA WODNEGO

W artykule przedstawiono szczegółowo zasadę działania urządzenia zwanego taranem wodnym oraz omówiono etapy jego pracy w odniesieniu do zjawiska uderzenia hydraulicznego, stanowiącego podstawę działania tego typu urządzeń. W poszczególnych punktach opisano historię taranów wodnych, klasyczną teorię uderzenia hydraulicznego opracowaną w roku 1889 przez Nikolaja Żukowskiego oraz jej współczesne rozszerzenia, omówiono budowę typowego tarana wodnego, scharakteryzowano funkcje poszczególnych jego elementów oraz przedstawiono warunki, przy których taran wodny może poprawnie pracować. Najważniejszym elementem pracy jest opis cyklu pracy tarana wodnego z podziałem na etapy. Motywacją do napisania artykułu było spostrzeżenie, że w literaturze fachowej, zarówno polskiej jak i zagranicznej, brak jest podobnego typu opisów, a materiały popularno-naukowe, spotykane głównie na różnych stronach internetowych, są przeważnie zbyt ogólne (a czasami i błędne), przez co nie spełniają wymogów źródeł naukowych. Najważniejszą nowością zawartą w pracy, a zarazem głównym jej celem, jest połączenie opisu działania taranów wodnych z przebiegiem uderzenia hydraulicznego. Artykuł stanowi kontynuację cyklu związanego z poszukiwaniem obecnych możliwości praktycznego wykorzystania taranów wodnych w możliwie szerokim obszarze zastosowań.

**Słowa kluczowe:** taran wodny, uderzenie hydrauliczne, energia przepływu wody, zasada działania

## STAGES OF WORK RAM WATER

### Summary

The article presents in detail the principle of operation of a device called a ram pump and discusses the operational steps of its work in relation to the water hammer phenomenon, which is the basis of operation of this type of equipment. In different points of article described history rams water, classical theory of hammer developed at the Nikolai Zhukovsky in 1889 and it a modern extension, described the typical ram of water, characterized the function of each of its components and presents the conditions under which water ram can properly work. The most important element of the work is the description of the water cycle ram broken down into stages. The motivation to write this article was the observation that in the literature, both Polish and foreign, there is a similar type descriptions, and popular-science materials, mostly found on various websites are often too general (and sometimes incorrect), which not meet the requirements of scientific sources. The most important new feature included in the work, and at the same time its main objective is to combine the description of action rams the course of the water hammer. The article is a continuation of the cycle associated with the exploration of current possibilities of practical use of rams water as possible a wide range of applications.

**Keywords:** ram water, water hammer, energy flow, the principle of action

DOI:10.7862/rb.2014.49

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

---

<sup>12</sup> Autor do korespondencji: Dariusz Grygo, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. M. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn, katedra 89 523-32-55, pr. 602 199 665, [dariusz.grygo@gmail.com](mailto:dariusz.grygo@gmail.com)

<sup>13</sup> Wojciech Sobieski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. M. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn, katedra 89 523-32-55, [wojciech.sobieski@uwm.edu.pl](mailto:wojciech.sobieski@uwm.edu.pl)

<sup>14</sup> Seweryn Lipiński, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. M. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn, katedra 89 523-36-03, [seweryn.lipinski@uwm.edu.pl](mailto:seweryn.lipinski@uwm.edu.pl)

## WERYFIKACJA NUMERYCZNEGO MODELU UKŁADU RURA-GRUNT NA PODSTAWIE BADAŃ LABORATORYJNYCH

W artykule przedstawiono przebieg i wyniki badań laboratoryjnych układu rura – grunt. Układ ten odwzorowuje rurociąg ułożony w gruncie, poddany działaniu ciężaru gruntu oraz obciążenia naziomu. Celem badań było określenie zasięgu stref współdziałania podatnego rurociągu z gruntem oraz oszacowanie deformacji rury. Przebieg badań rejestrowano fotograficznie, zaś fotografie poddano obróbce w technologii PIV (Particle Image Velocimetry). W efekcie otrzymano mapy przemieszczeń gruntu oraz wyznaczono deformację rury, zarejestrowane w trakcie badań. Wyniki badań posłużyły do weryfikacji konstytutywnego modelu gruntu Hardening Soil Small, użytego w numerycznej symulacji przebiegu badań laboratoryjnych.

**Słowa kluczowe:** badania laboratoryjne, podziemny rurociąg, PIV, MES

## VERYFICATION OF NUMERICAL MODEL OF PIPELINE – SOIL SYSTEM ON THE BASIS OF LABORATORY TESTING

### Summary

This article presents the process and results of pipeline-soil system laboratory tests. This system represents the buried pipelines, subjected of the loads of soil mass and uniformly distributed surface load. The goals of laboratory tests were determination of the range of pipeline-soil interaction areas. The process of laboratory tests was photographed. Isoplots of displacements as well as the deformation of the pipeline were determined using *PIV* (Particle Image Velocimetry technique). The outcomes of conducted tests are the basis of verification of an elasto-plastics model with isotropic hardening (Hardening Soil Small), which was used in numerical simulation of this test.

**Keywords:** laboratory tests, buried pipelines, displacement, *PIV*, MES

DOI:10.7862/rb.2014.50

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

---

<sup>15</sup> Politechnika Śląska, Katedra Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel. + 48 (32) 237 22 57, e-mail: Barbara.Kliszczewicz@polsl.pl



Sabina KORDANA<sup>16</sup>  
Daniel SŁYŚ<sup>17</sup>

## ANALIZA KOSZTÓW CYKLU ŻYCIA SKRZYNEK ROZSĄCZAJĄCYCH

Zmiana sposobu zagospodarowania zlewni miejskich i związany z tym wzrost stopnia uszczelnienia powierzchni skutkują zaburzeniem naturalnego cyklu obiegu wody w przyrodzie. W przypadku tradycyjnego kanalizowania wód deszczowych może to prowadzić do szeregu niekorzystnych zjawisk, co powoduje potrzebę zrównoważonego podejścia do projektowania systemów kanalizacyjnych i stosowania systemów przeznaczonych do retencji oraz infiltracji wód opadowych do gruntu. Wybór odpowiedniego rozwiązania determinowany jest między innymi wysokością nakładów inwestycyjnych oraz kosztów eksploatacyjnych danego systemu odwodnieniowego, które mogą zostać oszacowane za pomocą narzędzia, jakim jest analiza Life Cycle Cost. W niniejszym artykule scharakteryzowano koszty występujące w całym cyklu życia skrzynek rozsączających, będących urządzeniem przeznaczonym do podziemnej infiltracji wód deszczowych. Przedstawiono także model matematyczny umożliwiający wyznaczenie całkowitej wysokości tych kosztów.

**Słowa kluczowe:** analiza LCC, odwodnienie, urządzenia infiltracyjne, skrzynki rozsączające

### LIFE CYCLE COSTS ANALYSIS OF INFILTRATION BOXES

#### Summary

Changes in land development within urban catchment areas and the resulting increase in surface sealing cause disturbances in the natural cycle of water circulation. As a result, a number of problems could be encountered in the case of the use of traditional drainage systems. Therefore, it is necessary to approach to the issue of designing urban infrastructure in a sustainable way and use retention and infiltration devices. The choice of a specific solution from among available alternatives is determined, inter alia, by the amount of investment and operational costs of a given system, which could be estimated by using the Life cycle costs analysis. This paper characterizes the life cycle costs of infiltration boxes. The calculation model which allows to assess the value of LCC also has been presented.

**Keywords:** LCC analysis, drainage, infiltration devices, infiltration boxes

DOI:10.7862/rb.2014.51

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

---

<sup>16</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Sabina Kordana, Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Katedra Infrastruktury i Ekorozwoju, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. +48 17 8651071, e-mail: sk@prz.edu.pl

<sup>17</sup> Daniel Słyś, Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Katedra Infrastruktury i Ekorozwoju, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. +48 17 8651784, e-mail: daniels@prz.edu.pl

## OCENA WPLYWU SUBSTANCJI WĘGLOWODOROWYCH NA WODY POWIERZCHNIOWE GMIN UZDROWISKOWYCH WOJEWÓDZTWA PODKARPACKIEGO

Karpaty polskie obfitują w złoża wód mineralnych i substancji węglowodorowych. Na obszarze tym zlokalizowane są więc gminy, które posiadają status uzdrowiska i gdzie eksploatuje się ropę naftową i gaz ziemny.

W dostępnej literaturze przedmiotu nie odnaleziono informacji o wykonaniu oceny wpływu na wody powierzchniowe gmin o statusie uzdrowiska współwystępowania wód mineralnych ze złożami substancji węglowodorowych. Pierwszą informacją na ten temat jest książka pt. *Rozmieszczenie i wpływ na środowisko emisji ze złożów substancji węglowodorowych współwystępujących ze złożami wód mineralnych w gminie Iwonicz-Zdrój* (E. J. Lipińska 2013).

Artykuł jest próbą analizy i oceny presji na wody powierzchniowe zlewni, na których obszarach znajdują się gminy i ich części o statusie uzdrowiska, w województwie podkarpackim, ze strony naturalnej emisji i migracji substancji węglowodorowych; są to gmina Horyniec-Zdrój, gmina Iwonicz-Zdrój, m. Rymanów-Zdrój i m. Polańczyk.

Przeprowadzone badanie jest częściowe. Sprowadzone zostało do obserwacji tylko pewnej części badanej zbiorowości statystycznej i wybranych substancji – zanieczyszczeń – w wodach powierzchniowych

**Słowa kluczowe:** Karpaty, wody mineralne, substancje węglowodorowe, uzdrowiska, wody powierzchniowe

## ASSESS THE EFFECT OF HYDROCARBON ON WATER SURFACE SUBCARPATHIAN VOIVODSHIP HEALTH RESORTS COMMUNES

### Summary

Polish Carpathians are rich in deposits of mineral and hydrocarbon materials. In this area are located in the commune which have the status of health resorts and where it operates a crude oil and natural gas. In the available literature found no information on the performance assessment of the impact on surface water in the commune of health resorts where mineral spas to the deposits of hydrocarbon materials. The first information on this subject is a book *The location and the environmental impact of emissions from co-occurring deposits of hydrocarbon materials from mineral deposits in the commune of Iwonicz-Zdroj* (E. J. Lipińska 2013). This article is an attempt to analyze and assess the pressures on surface water catchment areas which are the commune and their parts on the status of health resort from natural emissions and migration of hydrocarbon in the Subcarpathian Voivoweship; these are the community Horyniec-Zdroj, Iwonicz-Zdroj, city Rymanów and Polancyk. The study is a part. Imported been observing only a certain part of the population of the statistical test and selected substances – pollutants – in surface waters.

**Keywords:** Carpathians, mineral water, hydrocarbon substances, spas, surface water

DOI:10.7862/rb.2014.52

Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.

Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.

Gabriel MARKOVIČ<sup>19</sup>  
Zuzana VRANAYOVÁ<sup>20</sup>  
Daniela KAPOSZTÁSOVÁ<sup>21</sup>

## RESEARCH AND EVALUATION OF INFILTRATION SHAFT EFFICIENCY IN REAL CONDITIONS

Infiltration of rainwater runoff as a disposal method of rainwater runoff, become an integral part of rainwater management. Infiltration of water from surface runoff has over conventional disposal of rainwater, i.e. draining into the sewer system and next to surface water a number of benefits especially from the environmental, technical and economic point of view. Infiltration facility is a device designed for fluent and natural infiltration of rainwater incoming from the roofs of buildings and paved surfaces into the underground space. The basic principle and function of all types of infiltration systems and facilities as quickly as possible to drain rainwater into the underground space and there it with a time delay infiltrate into the surrounding soil.

**Keywords:** efficiency, infiltration, rainwater, runoff, shaft, soil

## RESEARCH AND EVALUATION OF INFILTRATION SHAFT EFFICIENCY IN REAL CONDITIONS

### Summary

The permeability of infiltration zone is an essential qualitative and quantitative prerequisite for infiltration of rainwater. Permeability is represented by a filtration coefficient  $k_f$ , which represents the effectiveness of infiltration facilities, respectively ability of subsoil infiltrate incoming rainwater. Therefore, the most important design parameter of the infiltration facilities is to determine the filtration coefficient  $k_f$  on-site. It is therefore necessary that the designer of the infiltration facilities known hydrogeological conditions in the interest area.

The real measured values of the quality indicators from roof of PK6 building show sufficient quality of rainwater for rainwater harvesting as well as for rainwater infiltration. Rainwater quality for rainwater harvesting or rainwater infiltration systems can also be influenced by the choice of roofing material, its proper operation and maintenance.

**Keywords:** efficiency, infiltration, rainwater, runoff, shaft, soil

DOI:10.7862/rb.2014.53

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*  
*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

---

<sup>19</sup> Corresponding author: Gabriel Markovič, Institute of Architectural Engineering, Vysokoskolska 4, 042 00 Kosice, Slovakia, + 00421556024143, gabriel.markovic@tuke.sk

<sup>20</sup> Zuzana Vranayová, Institute of Architectural Engineering, Vysokoskolska 4, 042 00 Kosice, Slovakia, ++ 00421556024143, zuzana.vranayova@tuke.sk

<sup>21</sup> Daniela Kaposztásová, Institute of Architectural Engineering, Vysokoskolska 4, 042 00 Kosice, Slovakia, + 00421556024143, daniela.ocipova@tuke.sk

## OPTIMALIZACJA PROCEDURY OCENY STANU TROFICZNEGO WÓD PRZEJŚCIOWYCH NA PRZYKŁADZIE ZALEWU SZCZECIŃSKIEGO

Ze względu na wysokie obciążenie antropogeniczne obszarów morskich i jego prognozowany wzrost w przyszłości, aktualnym problemem jest systematyczna ocena ich aktualnego stanu troficznego, analiza roli rozmaitych czynników eutrofizacji i opracowanie na tej podstawie modeli symulacyjnych możliwego rozwoju tego procesu. To wszystko stanowi podstawę opracowania strategii zapobiegania negatywnym skutkom eutrofizacji i ma wielkie znaczenie w zarządzaniu przybrzeżnymi ekosystemami. Celem przeprowadzonych badań był poszukiwanie szybkiego i taniego sposobu oceny stanu troficznego wód przejściowych i przybrzeżnych w celu optymalizacji prowadzenia monitoringu procesów eutrofizacji i gromadzenia danych służących podstawą do formułowania matematycznych modeli prognostycznych na przykładzie słonawych wód Zalewu Szczecińskiego. Analiza porównawcza możliwości zastosowania trzech liczbowych wskaźników troficzności – TSI, TRIX i ITS – pozwoliła potwierdzić wysoką wiarygodność każdego z nich do oceny intensywności procesu eutrofizacji w badanym akwenu i zaliczyć go do wód zeutrofizowanych. Wykonana kalkulacja kosztów oceny stanu troficznego dla pojedynczego punktu pomiarowo-kontrolnego na podstawie każdego z indeksów pozwoliła zaproponować zastosowanie wskaźnika ITS jako podstawę ekspresowego monitoringu procesu eutrofizacji ze względu na niskie koszty oceny, małą pracochłonność i łatwą interpretację wyników oceny. Zastosowanie tak taniej metody pozwoliłoby na poszerzenie sieci punktów pomiarowo-kontrolnych, zwiększenie częstotliwości pomiarów i dokonywania ocen oraz nadawałoby się do gromadzenia zasobów danych niezbędnych do formułowania modeli matematycznych.

**Słowa kluczowe:** metody oceny, indeks stanu troficznego, monitoring procesów eutrofizacji

## OPTIMIZATION OF TROPHIC STATE ASSESSMENT PROCEDURE FOR TRANSITIONAL WATERS ON SZCZECIN LAGOON EXAMPLE

### Summary

Rapid population growth, a high degree of urbanization and economic development in sea catchment areas led to a very significant anthropogenic pressure on marine ecosystems. The measures of prevention of escalation of these processes and the mechanisms of management of highly eutrophic coastal zones are not sufficiently developed, and it concerns especially the inland seas, which receive high loads of biogenic matter with rivers' water. Due to high anthropogenic load on marine areas and its predicted increase in future, the following tasks seem to be very important: current assessment of water trophic state, analysis of the factors affecting the process of eutrophication and elaboration of simulation models for the prediction of its possible development. All this constitutes a basis for developing of the strategies to prevent the negative effects of eutrophication and is of great importance in the management of coastal ecosystems. The aim of the study was the search for a quick and low-cost method for brackish water trophic status assessing, which allows obtaining numerous statistical data series in order to optimize the monitoring of eutrophication process and formulation of predictive models. The research was based on the example of Szczecin Lagoon trophic status assessment realized on the base of comparison analyses of three different indexes used: TSI, TRIX and ITS. The degree of assessment similarity and comparison of unit costs of monitoring are presented.

**Keywords:** assessment method, index of trophic state, monitoring of eutrophication process

DOI:10.7862/rb.2014.54

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

<sup>22</sup> AGH University of Science and Technology, Department of Management and Protection of Environment, Al. Mickiewicza 30, paw. C-4, 30-059 Krakow, Poland, e-mail: elenad@agh.edu.pl Phone: +48 (12) 617 47 04

<sup>23</sup> Autor do korespondencji: AGH University of Science and Technology, Department of Management and Protection of Environment, Al. Mickiewicza 30, paw. C-4, 30-059 Krakow, Poland, e-mail: kowalew@agh.edu.pl

Robert OLENIACZ<sup>24</sup>

Magdalena KASJETCZUK<sup>25</sup>

Mateusz RZESZUTEK<sup>26</sup>

# OCENA EFEKTÓW TERMOMODERNIZACJI BUDYNKÓW JEDNORODZINNYCH.

## 1. ZMNIEJSZENIE ZUŻYCIA CIEPŁA I EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ DO POWIETRZA

Jednym z działań pozwalających na ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza z sektora mieszkalnego jest zmniejszenie zapotrzebowania na energię, co najprościej można uzyskać poprzez przeprowadzenie jego termomodernizacji. W pracy przeanalizowano kilka możliwych wariantów termomodernizacji budynku mieszkalnego charakterystycznego dla budownictwa jednorodzinnego z lat 70. i 80. XX wieku w Polsce (wymiana okien, docieplenie ścian zewnętrznych, docieplenie stropodachu i wszystkie ww. działania połączone z wymianą instalacji grzewczej). Każdy z rozpatrywanych wariantów oceniono pod kątem zapotrzebowania na ciepło oraz emisji podstawowych zanieczyszczeń powietrza. W ocenie uwzględniono zużycie ciepła na ogrzewanie, wentylację oraz przygotowanie ciepłej wody użytkowej przy założeniu, że analizowany budynek jest opalany węglem i znajduje się w III strefie klimatycznej (projektowa temperatura zewnętrzna  $-20^{\circ}\text{C}$ , średnia roczna temperatura zewnętrzna  $+7,6^{\circ}\text{C}$ ). W okresie pozagrzewczym przyjęto codzienne uruchamianie kotła na dwie godziny w celu wytworzenia ciepłej wody użytkowej. Obliczenia emisji zanieczyszczeń do powietrza wykonano dla  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , CO, PM10, B(a)P i PCDD/F z wykorzystaniem odpowiednich wskaźników emisji rekomendowanych przez Europejską Agencję Ochrony Środowiska. Zmniejszenie całkowitego zapotrzebowania na ciepło w paliwie oraz emisji zanieczyszczeń do powietrza uzyskano na poziomie ok. 3 % w przypadku przeprowadzenia tylko wymiany okien, ponad 26 % w przypadku ocieplenia ścian zewnętrznych lub stropodachu oraz o ok. 59 % w przypadku realizacji wszystkich tych działań na raz w połączeniu z zastosowaniem bardziej sprawnego kotła.

**Słowa kluczowe:** budynek mieszkalny, termomodernizacja, poprawa efektywności energetycznej, kocioł małej mocy, spalanie węgla, redukcja niskiej emisji

## ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF THERMAL RENOVATION OF DETACHED HOUSES. 1. REDUCTION OF HEAT CONSUMPTION AND POLLUTANT EMISSIONS INTO THE AIR

### Summary

One of the measures allowing to reduce the emissions of pollutants into the air from the housing sector is decrease in the energy demand, which can be most easily achieved by thermal renovations. This paper analyses some possible variants of thermomodernization of a residential building typical for single-family housing construction of the 1970s and 1980s in Poland (replacement of window frames, insulation of external walls, flat roof insulation and all of the above-mentioned measures together with heating system replacement). Each of the considered variants was assessed in respect to the heat demand and emission of basic pollutants into the air. The assessment also considered heat consumption for heating purposes, ventilation and preparation of domestic hot water assuming that the analysed building is coal-fired and situated in the 3rd climatic zone (the projected outside temperature  $-20^{\circ}\text{C}$ , the annual average outside temperature  $+7.6^{\circ}\text{C}$ ). It was assumed that outside of the heating season the boiler runs daily for two hours to produce domestic hot water. The calculations of pollutant emissions into the air were made for  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , CO, PM10, B(a)P and PCDD/F with the use of respective emission indicators recommended by the European Environment Agency. The achieved reduction in total heat demand in the fuel and in the emissions of pollutants into the air was at the level of ca. 3% for replacement of windows only, over 26% for insulation of external walls or the flat roof and ca. 59% for all of these measures done at the same time along with the use of a more efficient boiler.

**Keywords:** residential building, thermomodernization, improving energy efficiency, low-power boiler, coal combustion, low emission reduction

DOI:10.7862/rb.2014.55

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

<sup>24</sup> Autor do korespondencji: Robert Oleniacz, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. + 48 12 6174503, e-mail: oleniacz@agh.edu.pl

<sup>25</sup> Magdalena Kasietczuk, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, e-mail: mkasiet@agh.edu.pl

<sup>26</sup> Rzeszutek, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, e-mail: rzeszut@agh.edu.pl

Robert OLENIACZ<sup>27</sup>

Magdalena KASIETCZUK<sup>28</sup>

Mateusz RZESZUTEK<sup>29</sup>

## OCENA EFEKTÓW TERMOMODERNIZACJI BUDYNKÓW JEDNORODZINNYCH. 2. OGRANICZENIE WPŁYWU NA JAKOŚĆ POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO

W artykule oceniono stopień zmniejszenia wpływu na jakość powietrza zespołu budynków jednorodzinnych opalanych węglem kamiennym wynikający z realizacji pewnych prac termomodernizacyjnych, skutkujących ograniczeniem zużycia paliwa i redukcją emisji zanieczyszczeń do powietrza. Oceny dokonano na podstawie modelowania dyspersji wybranych substancji (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM10, B(a)P i PCDD/F) w powietrzu atmosferycznym przy wykorzystaniu modeli CALMET/CALPUFF. Proces obliczeniowy składał się z przygotowania danych przestrzennych cech terenu, utworzenia trójwymiarowej siatki danych meteorologicznych, zdefiniowania parametrów geometrycznych emitorów zastępczych i wykonania obliczeń rozkładów stężeń zanieczyszczeń w powietrzu dla przyjętych wariantów emisyjnych. Uzyskane wyniki obliczeń wskazują na możliwość występowania przekroczeń dopuszczalnych stężeń w powietrzu SO<sub>2</sub>, PM10 i B(a)P w przypadku emisji tych substancji z 60 tego typu budynków mieszkalnych położonych blisko siebie, cechujących się niską izolacyjnością termiczną. Zdecydowane ograniczenie tego oddziaływania możliwe jest poprzez przeprowadzenie szeregu prac zwiększających efektywność energetyczną tych budynków (wymiana okien, ocieplenie ścian zewnętrznych, docieplenie stropodachu i wymiana instalacji grzewczej). Zaproponowane działania pozwalają na zmniejszenie stężeń ww. substancji w powietrzu powodowanych emisją z tych budynków zdecydowanie poniżej poziomu dopuszczalnego z wyjątkiem B(a)P, w przypadku którego dotrzymanie dopuszczalnych stężeń średniorocznych w powietrzu wymaga dodatkowo zmiany rodzaju stosowanego paliwa.

**Słowa kluczowe:** termomodernizacja budynków, niska emisja, zanieczyszczenia powietrza, dyspersja atmosferyczna, modelowanie, CALMET, CALPUFF

## ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF THERMAL RENOVATION OF DETACHED HOUSES. 2. REDUCTION THE IMPACT ON THE AMBIENT AIR QUALITY

### Summary

The article assesses to what extent reduced the impact on air quality of a complex of detached coal-fired houses as a result of some thermal renovation works which lowered the fuel consumption and reduced emissions of pollutants into the air. The assessment was done on the basis of results of dispersion modelling for selected substances (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM10, B(a)P and PCDD/F) in the ambient air with the use of CALMET/CALPUFF models. The calculation process encompassed preparation of the data on spatial features of the area, making a three-dimensional grid of meteorological data, definition of geometrical parameters of substitute emitters and making calculations of distribution of pollutants' concentrations for adopted emission variants. The obtained calculation results point to the possibility of exceedance of the permissible concentrations in the air of SO<sub>2</sub>, PM10 and B(a)P in case of emission of these substances from 60 residential buildings of the type situated close to each other and characterised by low thermal insulating power. It is possible to considerably reduce this impact by conducting a number of works increasing the energy efficiency of these buildings (replacement of windows, insulation of external walls, flat roof insulation and replacement of the heating system). The suggested measures will allow to reduce the concentrations of the aforementioned substances in the air resulting from emissions from these buildings, to the level definitely below the permissible level, with the exception of B(a)P, in case of which compliance with the permissible annual average concentrations in the air requires additionally to change the type of used fuel.

**Keywords:** building thermomodernization, low emission, air pollutants, atmospheric dispersion, modeling, CALMET, CALPUFF

DOI:10.7862/rb.2014.56

*Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.*

*Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.*

<sup>27</sup> Autor do korespondencji: Robert Oleniacz, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. + 48 12 6174503, e-mail: oleniacz@agh.edu.pl

<sup>28</sup> Magdalena Kasietczuk, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, e-mail: mkasiet@agh.edu.pl

<sup>29</sup> Rzeszutek, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, e-mail: rzeszut@agh.edu.pl

## ANALIZA DRGAŃ SWOBODNYCH NIEPRYZMATYCZNEGO PRĘTA CIENKOŚCIENNEGO

Przedmiotem rozważań w niniejszej pracy jest zagadnienie własne niepryzmatycznego pręta cienkościennego opisanego według teorii Własowa. Przestrzenne drgania pręta opisane są czterema, w ogólnym przypadku sprzężonymi, równaniami o zmiennych współczynnikach. Równania te zostały rozwiązane z wykorzystaniem szeregów Czebyszewa. Zastosowana metoda bazuje na twierdzeniu dotyczącym rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych, przedstawionym w monografii Paszkowskiego, *Zastosowanie numeryczne wielomianów i szeregów Czebyszewa*, PWN, Warszawa, 1975. Uzyskane w wyniku zastosowania opisanego twierdzenia związki rekurencyjne pozwalają na wyznaczenie współczynników rozwinięć, w szeregi Czebyszewa, poszukiwanych funkcji przemieszczeń i obrotu. W przypadku drgań swobodnych związki te mają postać nieskończonego układu równań algebraicznych. Przedstawione rozważania dotyczą układu o dowolnie zmiennych parametrach geometrycznych i materiałowych. Uzyskane końcowe wzory pozwalają na rozwiązanie zagadnienia własnego dowolnego pręta. Wystarczy tylko w nieskończonym układzie równań podstawić współczynniki rozwinięć parametrów aktualnie analizowanego układu. W celu weryfikacji uzyskanych wyników porównano otrzymane częstości i formy własne z wynikami otrzymanymi z wykorzystaniem MES. Do analizy MES wykorzystano program komputerowy Sofistik. Układ podzielono na 100 przyzmatycznych belkowych elementów skończonych o siedmiu stopniach swobody. Otrzymane rezultaty w zakresie częstości własnych dały dobrą zgodność wyników otrzymanych z wykorzystaniem przedstawionej w pracy metody, a wynikami uzyskanymi z wykorzystaniem MES. Gorszą zgodność otrzymano w zakresie form własnych, niewątpliwym wpływem na to miał istotnie różny sposób modelowania analizowanych układów.

**Słowa kluczowe:** teoria Własowa, częstości i formy własne, szeregi Czebyszewa, związki rekurencyjne, rozwiązania analityczne

## ANALYSIS OF THE FREE VIBRATION OF A THIN-WALLED NONPRISMATIC BEAM

### Summary

This paper deals with the eigenvalue problem of a thin-walled nonprismatic beam described in accordance with the Vlasov theory. The spatial vibration of the beam is described by four compressed (in the general case) equations with variable coefficients. The equations have been solved using the Chebyshev series. The method used is based on the theorem concerning the solution of ordinary differential equations, presented in Paszkowski's monograph: *Numerical application of Chebyshev polynomials and series* (in Polish), PWN, Warsaw, 1975. The recurrence relations obtained by solving the above theorem make it possible to determine the coefficients of the expansions of the sought displacement and rotation functions into Chebyshev series. In the case of free vibrations, the relations have the form of an infinite system of algebraic equations. The considerations apply to a system with arbitrarily variable geometrical and material parameters. The derived formulas make it possible to solve the eigenvalue problem of any beam. It is enough to substitute the expansion coefficients of the parameters of the currently analyzed system into the infinite system of equations. In order to verify the results the calculated eigenfrequencies and forms were compared with the ones obtained using FEM. The Sofistik software was used for the FE analysis. The system was divided into 100 finite prismatic beam elements with seven degrees of freedom. As regards eigenfrequencies, the results obtained using the proposed method were found to be in good agreement with the ones yielded by FEM. The agreement for the eigenforms was worse, which was undoubtedly due to the significantly different ways of solving the considered systems.

**Keywords:** Vlasov theory, eigenfrequencies and forms, Chebyshev series, recurrence relations, analytical solutions

DOI:10.7862/rb.2014.39

Przesłano do redakcji: 16.05.2014 r.

Przyjęto do druku: 04.09.2014 r.

---

<sup>30</sup> Józef Szybiński, Politechnika Wroclawska, Instytut Inżynierii Lądowej, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, e-mail: jozef.szybinski@pwr.edu.pl

<sup>31</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Piotr Ruta, Politechnika Wroclawska Instytut Inżynierii Lądowej, 50-370 Wrocław Wyb. Wyspiańskiego 27, e-mail: piotr.ruta@pwr.edu.pl

Paweł ŚNIADY<sup>32</sup>  
Filip ZAKĘŚ<sup>33</sup>

## DRGANIA WIELOPRZĘSŁOWYCH CIĄGŁYCH BELEK PRYZMATYCZNYCH WYWOŁANE SIŁĄ RUCHOMĄ

Praca przedstawia rozwiązanie zagadnienia drgań wieloprzęsłowych ciągłych belek pryzmatycznych wywołanych skupioną siłą poruszającą się ze stałą prędkością. Wykorzystując znane rozwiązania dla belki swobodnie podpartej obciążonej siłą ruchomą oraz zmienną w czasie siłą skupioną w punkcie wyznaczono równanie drgań belki wieloprzęsłowej analogicznie do statycznej metody sił, zastępując algebraiczny układ równań zgodności przemieszczeń układem równań całkowych Volterra, podając również procedurę numeryczną ułatwiającą ich rozwiązanie. W pracy zamieszczono przykład obliczeniowy belki trójprzęsłowej.

**Słowa kluczowe:** teoria Własowa, częstości i formy własne, szeregi Czebyszewa, związki rekurencyjne, rozwiązania analityczne

## VIBRATIONS OF MULTI-SPAN CONTINUOUS BEAMS UNDER MOVING FORCE

### Summary

In this paper authors consider damped and undamped vibrations of multi-span continuous beams, uniform in every span, subjected to a moving constant force. Presented solution is analogical to the static force method, with simply supported beam applied as a primary structure. Instead of set of algebraic force method equations a set of Volterra integral equations is given. A numerical example of three-span beam is presented.

**Keywords:** multi-span beam, moving force, Volterra integral equation

DOI:10.7862/rb.2014.40

*Przesłano do redakcji: 28.04.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 04.09.2014 r.*

---

<sup>32</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Paweł Śniady, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, tel. 71 320 55 06, e-mail: pawel.sniady@wp.pl

<sup>33</sup> Filip Zakęś, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, tel. 71 320 55 06, e-mail: filip.zakes@up.wroc.pl



**Marcin TEKIELI**<sup>34</sup>  
**Łukasz MICHALSKI**<sup>35</sup>

## **BADANIA DYNAMICZNE OBIEKTÓW MOSTOWYCH NIEPODLEGAJĄCYCH OBCIĄŻENIOM PRÓBNYM W KONTEKŚCIE MONITORINGU STANU KONSTRUKCJI**

W artykule przeanalizowano zasadność przeprowadzania badań obiektów mostowych, które zgodnie z obowiązującym prawem nie podlegają procedurze próbnych obciążeń dopuszczających obiekt do eksploatacji (długość przęsła nie przekracza 20m)[3]. Analiza polegała na porównaniu wyników badań statycznych i dynamicznych dla dwóch obiektów mostowych. Wyniki uzyskane w trakcie badań polowych porównano również z wynikami otrzymanymi z wykorzystaniem modeli numerycznych konstrukcji. Wskazano istotne rozbieżności dla rzeczywistych i otrzymanych z modelu wyników dla jednego z obiektów. Przedstawiono możliwe przyczyny pojawienia się rozbieżności i zaproponowano wykorzystanie badań dynamicznych jako elementu systemu do oceny i monitoringu stanu obiektu mostowego.

**Słowa kluczowe:** dynamika konstrukcji, obiekty mostowe, symulacja, obciążenia próbne, monitoring stanu konstrukcji (SHM), wykrywanie uszkodzeń konstrukcji

### **DYNAMIC LOAD TESTS OF SHORT BRIDGE STRUCTURES AS A PART OF STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEM**

#### **S u m m a r y**

In Poland, in accordance with the law, it is not necessary to make load test for short bridge structures (if the span length is less than 20 meters). The analysis was based on a comparison of the results of static and dynamic tests for the two short bridge structures. The results obtained during the field trials was also compared with the results obtained from numerical models of both structures. Significant differences between these two type of results for one of the tested structure were identified. Possible causes of mentioned discrepancies were presented and the use of dynamic tests as an element of a system for bridge structure health monitoring was proposed.

**Keywords:** dynamics of structures, bridge structures, simulation, load test, structural health monitoring (SHM), structural failures detection

DOI:10.7862/rb.2014.41

*Przesłano do redakcji: 08.06.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 04.09.2014 r.*

---

<sup>34</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Marcin Tekieli, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Instytut Technologii Informatycznych w Inżynierii Lądowej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel. (12) 628 29 24, e-mail: mtekieli@15.pk.edu.pl

<sup>35</sup> Łukasz Michalski, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, e-mail: lukaszmicchalsk@o2.pl

## OCENA WPLYWU OBCIĄŻEŃ EKSPLOATACYJNYCH NA STAN NAPRĘŻENIA W ELEMENTACH NOŚNYCH KONSTRUKCJI BASZTOWEJ WIEŻY SZYBOWEJ W ŚWIETLE PRZEPROWADZONYCH EKSPERYMENTÓW

Wykorzystanie do analizy wytrzymałościowej konstrukcji wieży szybowej metody stanów granicznych wymagało określenie wielkości obliczeniowych tak obciążeń jak i wytrzymałości. Do określenia obliczeniowych wartości obciążenia, niezbędnym było wyznaczenie charakterystycznych wartości obciążeń elementów konstrukcyjnych wieży szybowej [1, 3, 4]. W celu potwierdzenia poprawności przeprowadzonych – w tym zakresie obliczeń – w oparciu o uzyskane rezultaty przeprowadzono numeryczną analizę naprężeń i odkształceń. Wyniki tych analiz zostały zweryfikowane pomiarami naprężeń (odkształceń) w najbardziej wyężonych obszarach konstrukcji, wytypowanych na podstawie mapy naprężeń stanowiącej wynik analizy numerycznej, co stanowi treść opracowania. Tensometryczne pomiary stanu odkształcenia (naprężenia) wykonano na belkach kondygnacji poziomu +65,00 m, na których posadowione są maszyny wyciągowe (łożyska wału napędowego, mocowania stojanów silników elektrycznych) co schematycznie pokazano na rys. 2. Przeprowadzono ponadto analizę wytrzymałościową (numeryczną), którą ograniczono do obszarów elementów nośnych kondygnacji (poziom +65,00) wieży szybowej, w której mierzono odkształcenia (naprężenia) oraz obciążeń, które wywołały maksymalne wartości zmienionych wartości naprężeń [4]. Wyniki dodatkowo wykonanej (numerycznej) analizy stanu naprężenia, ograniczonej do obszarów elementów nośnych konstrukcji basztowej wieży szybowej, w których stwierdzono maksymalne wyężenie materiału konstrukcji [4], w całej rozciągłości korespondują z wynikami eksperymentu przeprowadzonego na obiekcie rzeczywistym. Oznacza to, że wykonane (numeryczne) analizy stanu odkształcenia i naprężenia w elementach nośnych konstrukcji basztowych wież szybowych – aktualnie eksploatowanych w polskim górnictwie upoważniają do przyjęcia generalnego założenia, że w ramach analizy geometrii układu napędowego maszyn wyciągowych, konstrukcje na których posadowione są elementy tego układu można traktować jako sztywne. Wniosek ten dodatkowo potwierdzają wyniki geodezyjnych pomiarów przemieszczeń wybranych punktów konstrukcji nośnej basztowej wieży szybowej. Wyniki te – co jest pewnego rodzaju ciekawostką – wskazują, że konstrukcja basztowej wieży szybowej, powyżej pierwszej kondygnacji, zachowuje się jak bryła sztywna.

**Słowa kluczowe:** wieża szybowa, stan naprężenia, obciążenia, pomiary tensometryczne

### THE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF OPERATING LOADS ON THE STATE OF STRESS AND STRAIN IN SELECTED LOAD-BEARING ELEMENTS OF A TOWER-TYPE HEADGEAR STRUCTURE

#### Summary

The headgear structure allows the conveyance to be moved over the shaft top to the loading (unloading) point, at the same time it keeps in place the rope pulleys while tower-type headgear structures also accommodate the entire winder installations. The headgear is where the final stage of the hoisting installation is located and where the surface transport systems begin. These aspects strongly impact the actual shape of the tower, its height and in some cases determine the design of the entire winding gear. In order that all the headgear functions should be provided, it is required that the ultimate state conditions should be maintained throughout its entire service life. In order to assess the critical service conditions, the computation procedure should be applied based on design loads and fatigue endurance parameters. The computations of characteristic loads acting on the headgear structure use the developed model of the system based on the dynamic analysis carried out for a specific case: a hoisting installation operated in one of the underground collieries in Poland. The maximal and minimal loads acting on a Koepe pulley and those required for the system operation are determined accordingly. The laws of dynamics provide a background for finding the forces and moments of forces acting in the components of the driving system (including the electric motors and pulley blocks) for the specified loading of the Koepe pulley. Underlying the numerical FEM model of the tower-type headgear structure are the technical specifications of the analysed object and FEM calculations followed by endurance analysis to find the state of stress in structural elements of the headgear under the typical service conditions. The results help in assessing how the design of the hoisting installation should impact on safety features of load-bearing elements in the headgear structure.

**Keywords:** tower-type headgear, state of stress, loading, strain gauge measurements

DOI:10.7862/rb.2014.42

*Przesłano do redakcji: 29.05.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 04.09.2014 r.*

<sup>36</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Stanisław Wolny, AGH University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland, e-mail: stwolny@agh.edu.pl

<sup>37</sup> Sławomir Badura, AGH University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland, e-mail: sbadura@agh.edu.pl