

Piotr KOSZELNIK  
Politechnika Rzeszowska  
Justyna FILIPEK  
Studentka Politechniki Rzeszowskiej

## WSTĘPNE BADANIA WPŁYWU ODCIEKÓW ZE SKŁADOWISKA ODPADÓW W JAROSŁAWIU NA JAKOŚĆ WÓD RZEKI SAN

Praca stanowi analizę wpływu nieczynnego składowiska odpadów w Jarosławiu na jakość wód pobliskiej rzeki San. Zidentyfikowano wyższe stężenia azotu amonowego oraz wartości  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{BZT}_5$  i przewodności w wodach rzeki poniżej składowiska, co może sugerować dopływ odcieków. Nie stwierdzono jednak istotnego pogorszenia się jakości wód rzeki. Na podstawie pozostałych badanych wskaźników wpływu takiego nie stwierdzono.

### 1. Wprowadzenie

Tworzenie się odcieków jest zjawiskiem nieuniknionym, towarzyszącym wszystkim składowiskom odpadów komunalnych. Ich ilość i jakość są podstawowymi parametrami koniecznymi do oceny zagrożenia przez nie środowiska naturalnego. Znajomość ilości odcieków jest też niezbędna do opracowania metod ich zagospodarowania lub unieszkodliwiania [8, 9]. Na zanieczyszczenie odciekami szczególnie narażone są wody podziemne, jednakże w przypadku lokalizacji składowiska w rejonie oddziaływania wód podziemnych z powierzchniowymi także te drugie mogą ulec zanieczyszczeniu [3]. Składowisko o podłożu niezabezpieczonym przed infiltracją, usytuowane w niewielkiej odległości od cieku, może wpływać niekorzystnie na jakość jego wód. Dzieje się tak, ponieważ zwierciadło wody podziemnej pozostaje w ścisłym kontakcie hydraulicznym z wodami rzeki i ulega wahaniom, w zależności od natężenia opadów.

Składowiska odpadów są reaktorami, w obrębie których zachodzą liczne, początkowo tlenowe, a następnie beztlenowe, procesy rozkładu substancji organicznych stanowiących składniki odpadów. Procesy te mają charakter mikrobiologiczny i przyczyniają się do uwalniania substancji niebezpiecznych, które w odciekach mogą migrować poza składowisko. Skład odcieków zależy od wieku składowiska. Obiekty „młode”, kilkuletnie charakteryzują się stężeniami  $\text{ChZT}$  i  $\text{BZT}_5$  na poziomie nawet kilkudziesięciu tysięcy  $\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ , natomiast

azotu amonowego – kilku tysięcy  $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W odciekach ze składowisk „starych” stężenia te są znacznie niższe, jednak ciągle wyższe niż np. w ściekach surowych [3, 6]. Szczególny problem stanowią zamknięte lub ciągle pracujące składowiska, wybudowane przed wielu laty na terenach o dużej przepuszczalności, w zagłębieniach, starorzeczach, bez izolacji podłoża [4].

Celem niniejszej pracy jest próba oceny wpływu zamkniętego w 2008 r. składowiska odpadów komunalnych w Jarosławiu (województwo podkarpackie) na jakość wód pobliskiej rzeki San.

## 2. Charakterystyka składowiska

Składowisko odpadów komunalnych (SOK) znajduje się poniżej miasta Jarosław, w zakolu starorzecza Sanu w odległości ok. 1 km od rzeki, orograficznie na jej lewym brzegu (rys. 1.). Składowisko otoczono wałem ziemnym wznoszącym się 5-6,5 m nad powierzchnię istniejącego terenu. Bezpośrednie podłoże składowiska stanowią utwory czwartorzędowe wykształcone w postaci zwięzłych namulów, podścielone piaskami rzecznyymi. Podłożem utworów czwartorzędowych są iłolupki. Najbliższe zabudowania znajdują się w odległości ok. 250 m w kierunku zachodnim i ok. 300 m w kierunku północnym. W pobliżu składowiska terasa akumulacyjna wyniesiona jest ok. 6 m ponad zwierciadło wody w rzece. W płaską powierzchnię terasy wcięte są stare meandry rzeczne, młodsze z nich wypełnione są wodą, a starsze – suche lub podmokłe – zagłębione ok. 1,0-1,5 m w powierzchnię terasy. Jedno z tych zakoli wykorzystano do



Rys. 1. Lokalizacja składowiska odpadów komunalnych (SOK) w Jarosławiu

stworzenia badanego składowiska. Łączna powierzchnia zajęta przez składowisko wynosi 7 ha. Składowisko funkcjonowało w latach 1986-2007. W ostatnich latach deponowano tam rocznie ok. 90 tys. m<sup>3</sup> odpadów. Zakładając gęstość masy odpadów na poziomie 158,9 kg · m<sup>-3</sup>, otrzymuje się łączną depozycję wielkości 250 tys. ton. W 2007 roku składowisko zostało zamknięte i przeznaczone do rekultywacji [5].

Na składowisku nie zastosowano uszczelnienia dna kwater. Aby odprowadzić wody opadowe na zewnątrz składowiska u podnóża skarpy, wykonano sieć suchych studni zbiorczych. Każda ze studni odbiera wody spływające z dwóch rowów opaskowych (rys. 2.). Długość poszczególnych rowów nie przekracza 70 m, biegną one ze spadkiem 1% w kierunku studni. Średnica betonowych studni wynosi 1500 mm. Dna rowów wzmocnione są elementami betonowymi. Studnie są co pewien czas opróżniane [5].

Rys. 2. Betonowa studnia zbiorcza na SOK odbierająca wody spływowe z dwóch rowów opaskowych (fot. własna)



Rys. 3. Studnie odgazowujące na SOK w Jarosławiu (fot. własna)

Odgazowanie składowiska odbywa się za pomocą studni wierconych na powierzchni składowiska, a następnie podciąganych do góry, w miarę podnoszenia poziomu składowania (rys. 3.). Są one rozmieszczone co 30 m. Wyloty studni znajdują się ponad warstwą rekultywacyjną. Studnie te służą również do zbierania odcieków, ponieważ nie ma możliwości ich grawitacyjnego odprowadzania. Odcieki są z nich regularnie odpompowywane [5].

### 3. Metodyka badań

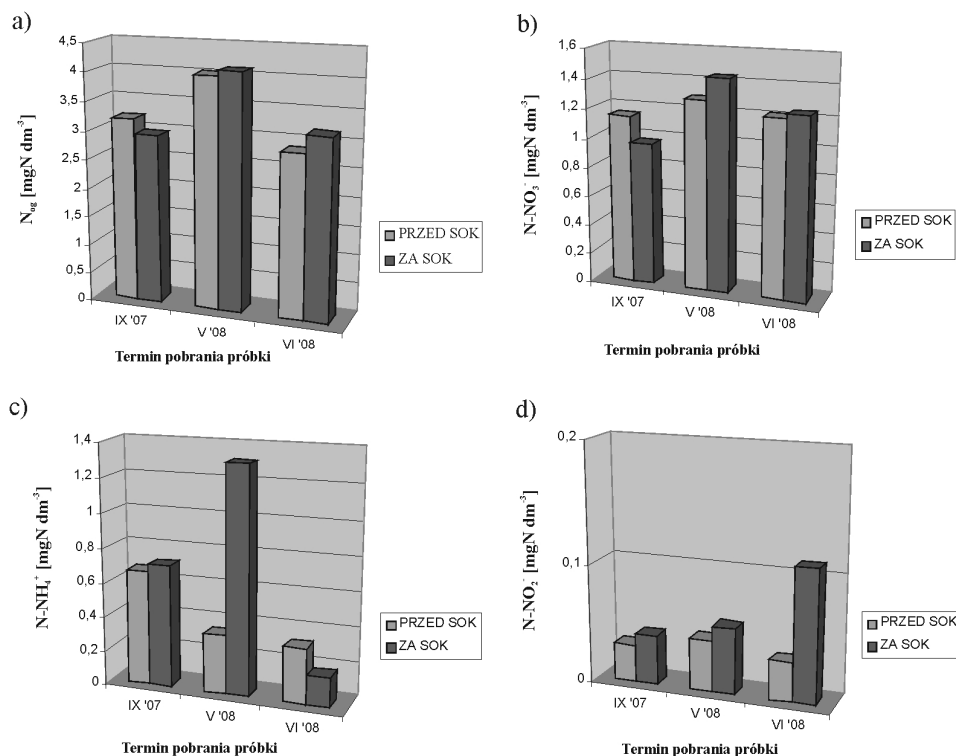
W pracy analizowano dane uzyskane w trakcie badań laboratoryjnych wód pobranych z dwóch punktów pomiarowych. Próbkę pobrano z rzeki San w odległości 1 km powyżej oraz 2 km poniżej składowiska odpadów w Jarosławiu. Badania zostały przeprowadzone w trzech seriach. Pierwszą przeprowadzono we wrześniu 2007 r., a dwie kolejne w maju i czerwcu 2008. Pobór próbek w maju 2008 r. przeprowadzono w okresie intensywnych opadów deszczu, które jednakże nie wpłynęły na podniesienie się stanu wód Sanu, co spowodowałoby rozcieńczenie zanieczyszczeń, a także naniesienie ich dużej ilości z góry zlewni wraz z wodami wezbraniowymi. Każdorazowo pobierano ok. 2 dm<sup>3</sup> wody powierzchniowej. Próbką była mieszanina 6 próbek cząstkowych pobranych wzdłuż przekroju pomiarowego za pomocą czepaka brzegowego. W próbkach po przesączeniu przez bibułę filtracyjną zbadano stężenia azotu azotanowego, azotu azotynowego oraz azotu amonowego. Azot ogólny, BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Mn</sub>, pH oraz przewodnictwo analizowano w niesączonej próbce. Analizy przeprowadzono według standardowych metodyk analitycznych.

### 4. Wyniki

Odczyn badanych wód jest lekko zasadowy. Nie zaobserwowano znacznych różnic pomiędzy stanowiskami. W dwóch pierwszych seriach pH zmieniało się w granicach 7,21-7,32. W ostatniej wskaźnik ten wzrósł powyżej 8. Przewodność badanych wód była za każdym razem wyższa poniżej składowiska (tab. 1.).

Tabela 1. Wartość przewodności oraz pH wód pobranych w pobliżu składowiska odpadów komunalnych w Jarosławiu

| Wskaźnik                                | IX 2007             |                     | V 2008              |                     | VI 2008             |                     |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | powyżej składowiska | poniżej składowiska | powyżej składowiska | poniżej składowiska | powyżej składowiska | poniżej składowiska |
| Przewodność<br>[μS · cm <sup>-1</sup> ] | 910                 | 1130                | 810                 | 1230                | 1230                | 1410                |
| pH                                      | 7,31                | 7,24                | 7,21                | 7,32                | 8,17                | 8,31                |



Rys. 4. Stężenia form azotu w wodach rzeki San w punktach zlokalizowanych przed i za składowiskiem odpadów komunalnych w Jarosławiu: a) azot ogólny, b) azot azotanowy, c) azot amonowy, d) azot azotynowy

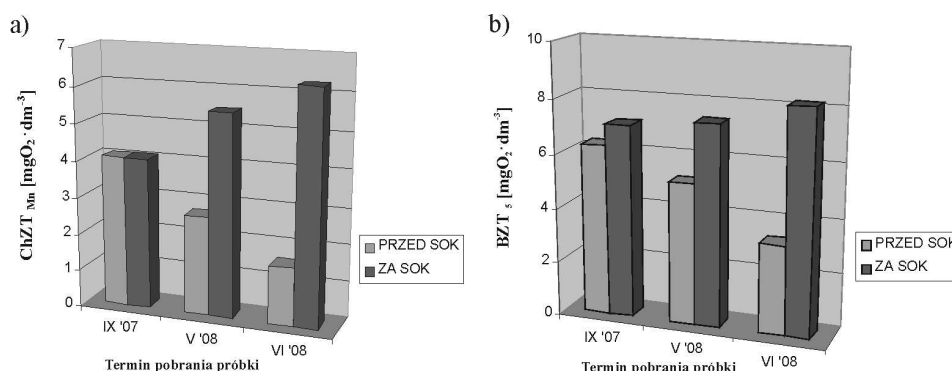
Zawartość azotu ogólnego we wszystkich zbadanych próbkach wody nie przekraczała poza 2,7-4,2 mg N · dm<sup>-3</sup>. Nie odnotowano wyraźnej różnicy pomiędzy wartościami stężeń poniżej i powyżej składowiska. Stężenie we wrześniu 2007 r. było minimalnie większe powyżej składowiska, w kolejnych zaś dwóch seriach relacja ta się odwróciła. Najwyższą wartość stężenia  $N_{og}$  (4,11 mg N · dm<sup>-3</sup>) zaobserwowano w maju 2008 r. w punkcie poboru zlokalizowanym poniżej składowiska (rys. 4a).

Pomimo że stężenia azotu azotanowego w wodach są zazwyczaj niewielkie, ze względu na warunki beztlenowe panujące wewnątrz składowisk [6, 9], to jednak w trakcie migracji zanieczyszczeń w glebie istnieje prawdopodobieństwo nityfikacji dużych ilości azotu amonowego, znaczącego składnika odcieków. W analizowanym przypadku nie stwierdzono jednak wpływu składowiska na stężenie  $N-NO_3^-$  w badanych wodach. Każdorazowo stężenie azotu azotanowego mieściło się w zakresie 0,97-1,44 mg N · dm<sup>-3</sup>. Najniższą wartość  $N-NO_3^-$  odnotowano poniżej składowiska we wrześniu 2007 r., najwyższą zaś powyżej składowiska w maju 2008 (rys. 4b).

Warunki panujące wewnątrz składowiska odpadów preferują fermentacyjną drogę rozkładu białek zawierających azot, dlatego też azot amonowy znacznie zanieczyszcza odcieki ze składowisk. Stwierdzono, że w trakcie I serii badawczej, zarówno powyżej, jak i poniżej składowiska, stężenia  $\text{N-NH}_4^+$  były zbliżone i wynosiły ok.  $0,6 \text{ mgN dm}^{-3}$ . Jednakże w kolejnej serii powyżej SOK odnotowano  $0,34 \text{ mgN dm}^{-3}$ , poniżej zaś kilkakrotnie więcej –  $1,44 \text{ mgN dm}^{-3}$ . Może to oznaczać wymywanie tej formy azotu ze składowiska w okresie intensywnych opadów. W kolejnej serii w obu punktach pomiarowych wyznaczono niewielkie stężenia  $\text{N-NH}_4^+$  w zakresie  $0,15\text{--}0,25 \text{ mgN dm}^{-3}$  (rys. 4c).

Stężenia azotu azotanowego (III) każdorazowo osiągały wartości wyższe niż  $0,03 \text{ mgN dm}^{-3}$  i zawsze były większe poniżej składowiska. W trakcie III serii budowlanej odnotowano bardzo wysokie stężenie tej formy azotu ( $0,11 \text{ mgN dm}^{-3}$ ; rys. 4d).

W przypadku  $\text{BZT}_5$ , jak i  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$  dla każdej serii pomiarowej ilość utlenialnej materii organicznej była większa poniżej składowiska (rys. 5a). Szczególne dysproporcje zaobserwowano w 2008 r. –  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$  powyżej SOK zmieniło się w granicach  $1,5\text{--}4,1 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ , a  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$  poniżej SOK –  $4,2\text{--}6,3 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Powyżej SOK wartość  $\text{BZT}_5$  zmniejszała się w kolejnych seriach z  $6,3$  do  $2,4 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ , poniżej zaś SOK rosła z  $7,1$  do  $8,2 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  (rys. 5b).



Rys. 5. Zmiany  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$  oraz  $\text{BZT}_5$  w wodach rzeki San w punktach zlokalizowanych przed i za składowiskiem odpadów komunalnych w Jarosławiu

## 5. Dyskusja wyników

Analizując uzyskane wyniki, stwierdzono, że jakość wód poniżej składowiska jest gorsza od tych znajdujących się powyżej – w odniesieniu do większości wskaźników. Odczyn odcieków ze składowisk innych niż niebezpieczne i obo-

jętne jest zazwyczaj lekko kwaśny ze względu na obecność w nich kwasów organicznych – produktów przejściowych fermentacji metanowej [6, 9]. W analizowanym przypadku poziom i zmienność przestrzenna pH badanych wód nie potwierdzają wpływu odcieków na jakość wód Sanu. Analiza wartości przewodności sugeruje jednak, że pomiędzy punktami pomiarowymi na przestrzeni ok. 3 km wody rzeki wzbogaciły się w substancję mineralną, wskaźnik wzrósł bowiem o 200–400  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Przyczyną takiej zmiany może być wpływ odcieków bogatych zazwyczaj w chlorki [1].

Ocieki ze składowisk odpadów zawierają różne związki organiczne, azot amonowy i organiczny oraz wiele soli mineralnych. Obecność innych form azotu może być jedynie następstwem przemian  $\text{N-NH}_4^+$  [6]. Zróżnicowanie stężeń  $\text{N}_{\text{og}}$  i  $\text{N-NO}_3^-$  w wodach Sanu nie sugeruje wpływu wód odciekowych, jednak zaobserwowane stężenia pozostałych form azotu mogą wynikać z wpływu składowiska. Badane wody w trakcie II serii pomiarowej były bogate w azot amonowy. Różnica pomiędzy przekrojem „przed” i „po” wynosiła 1 mg  $\text{N-NH}_4^+$ . W związku z brakiem istotnych źródeł azotu amonowego pomiędzy przekrojami pomiarowymi istnieje duże prawdopodobieństwo, że podczas intensywnych opadów nastąpiło przemieszczenie się jonów amonowych wraz z odciekami. Azot azotanowy(III) jest produktem przejściowym w procesach nitryfikacji czy denitryfikacji. W wodach naturalnych występuje zazwyczaj w niewielkich stężeniach. Jego obecność w wodach świadczy o niekorzystnych warunkach tlenowych. Stężenia  $\text{N-NO}_2^-$  zidentyfikowane w trakcie I i II serii pomiarowej są nieznacznie podwyższone. W trzeciej serii poniżej składowiska stężenie azotynów było znacznie większe niż powyżej SOK oraz poprzednio. Może to świadczyć o tym, że część jonu amonowego wypłukana ze składowiska w trakcie opadów miesiąc wcześniej (II seria) zatrzymana została w obrębie gleby, gdzie uległa tylko częściowej nitryfikacji. Możliwość wpływu zanieczyszczonych wód poza SOK sugerują także wartości  $\text{BZT}_5$  i  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$ . Poniżej składowiska notowano wzrost obu wskaźników o 2–5 mg  $\text{O}_2 \text{ dm}^{-3}$ .

Zidentyfikowany poziom zanieczyszczeń wód, które uznano za mające kontakt z odciekami, nie spowodował radykalnego pogorszenia się jakości wody rzeki San. W sytuacjach poważnych wycieków ze składowisk stężenia  $\text{BZT}_5$  w rzekach mogą wzrosnąć nawet powyżej 1000 mg  $\text{O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ , a  $\text{N-NH}_4^+$  powyżej 100 mg  $\text{N} \cdot \text{dm}^{-3}$  [4]. Badane SOK jest niewielkie i ewentualne zanieczyszczenia ulegają rozcieńczeniu w wodach rzeki San. W odniesieniu do obowiązującego prawa (tj. zgodnie z [7]) poniżej składowiska jedynie przewodność w próbce pobranej w trakcie III serii pomiarowej przekroczyła granicę I klasy jakości wód rzek. Jednak poniżej SOK każdy pomiar przewodności i  $\text{BZT}_5$  oraz pojedynczy  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$  i  $\text{N-NH}_4^+$  determinują klasyfikację badanych wód w II klasie jakości.

## 6. Podsumowanie i wnioski

Analizowane składowisko odpadów posadowiono na nieprzepuszczalnych glinach twaroplastycznych, rezygnując z dodatkowych uszczelnień technicznych. Dodatkowym zabezpieczeniem jest tylko wał opaskowy, który ma uniemożliwiać odpływ wód opadowych. Niestety ten sposób zabezpieczenia składowiska umożliwia migracje zanieczyszczeń. Badania przeprowadzone w założonym zakresie nie mogą jednoznacznie potwierdzić lub zanegować wpływu składowiska na wody Sanu, jednak ich wyniki są przyczynkiem do dalszych studiów i decyzji. Wiele informacji mogłyby uzupełnić dodatkowe badania mikrobiologiczne [2]. Z niniejszej pracy wynikają następujące wnioski:

1. Więcej azotu amonowego oraz utleniających substancji organicznych oraz wyższa wartość przewodnictwa poniżej składowiska sugerują wypływ zanieczyszczeń z tego kierunku, zwłaszcza że między punktami pomiarowymi brak innych źródeł zanieczyszczenia.
2. W przypadku pozostałych analizowanych wskaźników nie zanotowano istotnych zmian stężenia, co może potwierdzać sugestię szybkiego wymywania surowych zanieczyszczeń. To z kolei uniemożliwia ich przekształcenie, a tym samym samooczyszczanie odcieku w obrębie gleby.
3. Wyznaczone różnice pomiędzy stężeniami niektórych wskaźników powyżej i poniżej składowiska, które mogą wynikać z jego wpływu, nie pogarszają znacznie jakości wód Sanu.

## Literatura

1. Bogacki A.: Badanie wpływu wysypiska odpadów na środowisko, *Ekoproblemy*, nr 23, 1993, s. 14-16.
2. Grabińska-Łoniewska A., Kulig A., Pajor E., Skalmowski A., Rzemek W., Szytak-Szydłowski M.: Charakterystyka fizykochemiczna i mikrobiologiczna odcieków z różnych składowisk odpadów innych niż obojętne i niebezpieczne, *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN*, 2005, s. 433-442.
3. Karwaczyńska U., Rosik-Dulewska C., Ciesielczuk T.: Wpływ odcieków z nieuszczelnionego składowiska odpadów komunalnych na jakość wód powierzchniowych i podziemnych, *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN*, nr 33, 2005, s. 509-518.
4. Kozak E., Dzał E., Kucharski B., Podgórski L., Sterb M., Suchy M., Synoś A.: Fizykochemiczne i mikrobiologiczne zagrożenia środowiska przez odpady, *Biblioteka Monitoringu Środowiska*, PIOŚ, Warszawa 1995.
5. Łyjak Ł.: Przegląd ekologiczny w oddziaływaniu na środowisko istniejącego składowiska odpadów komunalnych w Jarosławiu przy ulicy Kamiennej, *Opinia*, 2002 (materiały niepublikowane).
6. Oleszkiewicz J.: Eksploatacja składowiska odpadów. *Poradnik decydenta*, Wydaw. LEM PROJEKT, Kraków 1999, s. 217-221.



7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, Dz.U. Nr 162, poz. 1008.
8. Tałała J.A.: Możliwość prognozowania ilości odcieków na wybranym składowisku odpadów komunalnych, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, nr 33, 2005, s. 767-776.
9. Żygadło M.: Gospodarka odpadami komunalnymi, Wydaw. Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2002.

## **EFFECTS OF LEACHATE FROM LANDFILL IN JAROSŁAW ON WATER QUALITY OF THE SAN RIVER – PRELIMINARY STUDY**

### **A b s t r a c t**

The paper contains an analysis of the impact of the inactive landfill in Jarosław on water quality nearby river San. Identified that higher concentrations of ammonia nitrogen and the value of  $COD_{Mn}$ ,  $BOD_5$  and conductivity in the river below the landfill, which may suggest flow of leachate. However, significant deterioration in the quality of river water was not observed. On the basis of other indicators examined such an effect was not found.

*Złożono w Oficynie Wydawniczej w lipcu 2011 r.*