

Grażyna Łaska • Bożena Nazaruk

ZASTOSOWANIE ROŚLIN ENERGETYCZNYCH W GOSPODARCE ŚCIEKOWEJ I OSADOWEJ

Grażyna Łaska, dr hab. prof. nzw. – Politechnika Białostocka

Bożena Nazaruk, mgr inż. – Politechnika Białostocka

adres korespondencyjny:

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

15-351 Białystok ul. Wiejska 45E

e-mail: bozena.naz@wp.pl

THE USE OF ENERGY CROPS IN THE WASTEWATER AND SLUDGE MANAGEMENT

SUMMARY: The continuous increase in amount of sludge produced will soon force us to look for new ways of utilization of this waste. The variety of methods for sludge disposal depends on its quality, and especially the risk of distribution of hazardous substances to the environment. One of the possible methods for the sludge utilization may be the use of it for natural soil reclamation in degraded areas. The importance of the energy crops in the processes of environment purification must be underlined. Wetland treatment methods are examples of “green” technologies, which are building sustainable development.

KEYWORDS: sludge, energy crops, sewage treatment plant, wastewater management

Wstęp

Rozwój systemów kanalizacji oraz wzrost liczby oczyszczalni ścieków powoduje zwiększenie masy osadów ściekowych, które stają się problemem ekologicznym, technicznym oraz ekonomicznym. Zagospodarowanie powstających na terenie oczyszczalni osadów ściekowych jest konieczne, ponieważ zgodnie z polskim ustawodawstwem składowanie osadów ściekowych po 1 stycznia 2016 roku będzie niemożliwe. Obecnie końcowym etapem przeróbki osadów ściekowych w oczyszczalniach jest ich mechaniczne odwodnienie, a następnie składowanie¹. Zmiana w ustawodawstwie wymusza konieczność poszukiwania nowych metod ich racjonalnego wykorzystania. Jedną z możliwości zagospodarowania osadów jest wykorzystanie przyrodnicze, za czym przemawiają korzystne właściwości nawozowe osadu. Wybór metody unieszkodliwiania osadów uzależniony jest od ich jakości, a zwłaszcza od obecności substancji niebezpiecznych dla środowiska.

Rośliny uprawiane na cele energetyczne

Podstawowymi cechami, którymi powinny charakteryzować się rośliny przeznaczone do plantacyjnej uprawy dla celów energetycznych są: wysoka wartość opałowa biomasy, duży plon biomasy, odporność roślin na choroby i szkodniki, umiarkowane wymagania siedliskowe². Zalecanymi gatunkami roślin energetycznych na obszarze Polski są między innymi: wierzba wiciowa (*Salix viminalis* L.), ślaziovec pensylwański (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby), słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.), trawy wieloletnie czyli miskant olbrzymi (*Miscanthus gigantea*), miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack), spartina preriowa (*Spartina pectinata*), palczatka Gerarda (*Andropogon gerardi*), topola (*Populus*), robinia akacja (*Robinia pseudoacacia* L.), róża energetyczna (*Rosa multiflora* War.)³.

W procesie oczyszczania środowiska jest wykorzystywana fitoremediacja, czyli naturalna zdolność niektórych gatunków roślin do akumulacji metali ciężkich⁴. W ostatnich latach coraz większą uwagę przywiązuje się do roślin wydających duży plon użytkowej biomasy. Rośliny te akumulują przeciętne ilości metali w tkankach, ale całkowite pobranie metali w ogromnym plonie biomasy może być porównywalne lub nawet przewyższać efekt działania roślin hiperakumula-

¹ J. Bień i in., *Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013*, „Inżynieria i Ochrona Środowiska” 2011 nr 14, t. 4, 375–384.

² B. Kościuk (red.), *Rośliny energetyczne*, Lublin 2003.

³ Z. Krzyżowska, *Wsparcie dla roślin uprawianych na cele energetyczne. Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa: szanse i problemy*, Warszawa 2007, s. 5-11.

⁴ A. Karczewska, *Perspektywy zastosowania fitoremediacji w rekultywacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi*, „Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych” 2003 nr 25/26, s. 27-54.

torów⁵. Rośliny selekcionowane do fitoremediacji powinny odznaczać się tolerancją wobec toksycznych substancji, posiadać duże zdolności pobierania i akumulacji substancji w użytkowej biomase oraz wydawać duży plon biomasy.

W grupie roślin o potencjale fitoremediacyjnym wymienia się większość roślin uprawianych do celów energetycznych, zarówno przetwarzanych na paliwa płynne lub gazowe (rzepak, kukurydza, zboża na ziarno), jak też spalanych dla uzyskania energii cieplnej albo elektrycznej (zboża na słomę, wierzba, topola, ślazier, miskant i inne). Efekt fitoremediacyjny zależy od wyboru odmian (klonów) roślin i właściwości podłoża, w tym zdolności retencji wody i zasobności w składniki pokarmowe⁶.

Gospodarka ściekowa i osadowa

Zgodnie z ustawą z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach⁷ przez komunalne osady ściekowe rozumie się pochodzący z oczyszczalni ścieków osad z komór fermentacyjnych oraz innych instalacji do oczyszczania ścieków komunalnych oraz innych ścieków o składzie zbliżonym do składu ścieków komunalnych. Ilość powstających osadów uzależniona jest od zawartości zanieczyszczeń w ściekach, technologii oczyszczania oraz stopnia rozkładu substancji organicznych w procesie stabilizacji.

W 2013 roku w Polsce 3264 oczyszczalnie ścieków komunalnych obsługiwały 70% ludności kraju (w miastach 93%, na wsiach jedynie 35%), (tabela 1). Tylko 509 miast i 659 gmin wiejskich było obsługiwanych przez nowoczesne oczyszczalnie ścieków z podwyższonym usuwaniem biogenów. W obiektach tych oczyszczono 1041 hm³ ścieków, co stanowi 83% ścieków odprowadzonych siecią kanalizacyjną z miast i wsi. W 2013 roku ilość wytworzonych komunalnych osadów ściekowych wyniosła 540,3 tys. Mg s.m.⁸. Według Krajowego planu gospodarki odpadami (KPGO) 2014 prognozowana na rok 2015 ilość osiągnie poziom 662 tys. Mg s.m.

W 2013 roku przeciętne zużycie wody przez gospodarstwa domowe wyniosło 30,9 m³ na 1 mieszkańca, przy czym w miastach było to 34,0 m³, a na wsiach – 26,3 m³. W porównaniu z 2012 rokiem, pomimo wzrostu liczby ludności korzystającej z sieci wodociągowej, zużycie wody przez gospodarstwa domowe spadło o 0,3 m³. Wskaźnik ten dla miast wahał się od 39,4 m³ na 1 mieszkańca w województwie mazowieckim do 29,3 m³ w podlaskim, a na terenach wiejskich od 35,2 m³ w województwie wielkopolskim do 16,8 m³ w województwie małopolskim⁹.

W 2013 roku z gospodarstw domowych odprowadzono siecią kanalizacyjną około 912 hm³ ścieków, z czego około 88% stanowiły ścieki odprowadzone z te-

⁵ M. Greger, *Metal availability and bioconcentration in plants*, Berlin 1999, s. 1-27.

⁶ B. Kościak (red.), op. cit.

⁷ Dz. U. 2013, poz. 21.

⁸ *Ochrona środowiska*, Warszawa 2014.

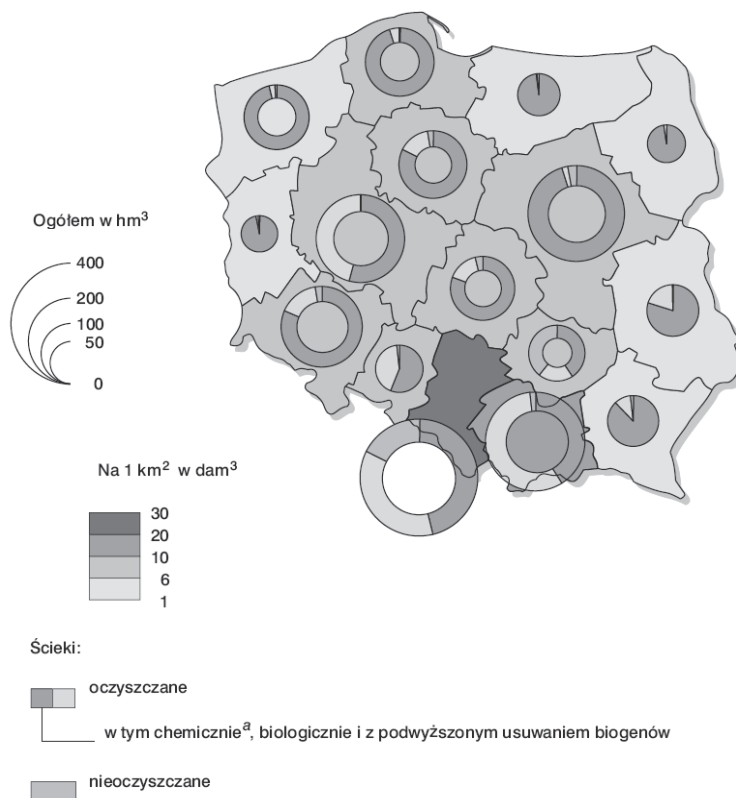
⁹ Ibidem.

Tabela 1
Oczyszczalnie ścieków w 2013 roku

Wyszczególnienie	Ogółem	Mechaniczne	Chemiczne	Biologiczne	Z podwyższonym usuwaniem biogenów
Oczyszczalnie ścieków przemysłowych					
Liczba	1032	324	97	565	46
Przepustowość [dam^3/d]	5920	4074	884	839	122
Oczyszczalnie ścieków komunalnych					
Liczba	3264	39	-	2405	820
Przepustowość [dam^3/d]	8835	7	-	1436	7392
Ludność korzystająca z oczyszczalni ścieków w ludności ogółem [%]	70,3	0,1	-	14,2	56,0

Źródło: *Ochrona środowiska*, Warszawa 2014.

Rysunek 1
Ścieki przemysłowe i komunalne wymagające oczyszczenia według województw w 2013 roku



Źródło: *Ochrona środowiska*, Warszawa 2014.

renów miejskich. Największy przyrost w długości sieci kanalizacyjnej zaobserwowano w miastach województw: świętokrzyskiego, opolskiego i mazowieckiego, gdzie długość sieci zwiększyła się ponaddwukrotnie, oraz województwa łódzkiego – wzrost o prawie 90%. Na terenach wiejskich najbardziej znaczący przyrost w długości sieci kanalizacyjnej odnotowano w województwach: podkarpackim – 40%, śląskim – 39%, oraz podlaskim – 30%¹⁰. Ilość powstających ścieków przemysłowych i komunalnych wymagających oczyszczenia w 2013 roku jest bardzo zróżnicowana w poszczególnych województwach na terenie naszego kraju (rysunek 1).

Wybór metody unieszkodliwiania osadów uzależniony jest od ich jakości, w tym szczególnie od obecności substancji niebezpiecznych dla środowiska. Wykorzystanie osadów w rolnictwie jest jedną z najlepszych metod recyklingu komunalnych osadów ściekowych. Z uwagi na bogactwo składników nawozowych w osadach ściekowych, powinno się dążyć do przywrócenia tych składników do środowiska, szczególnie w sytuacji, kiedy coraz częściej obserwuje się deficyt substancji organicznej w glebie. Jednak dla dużych oczyszczalni ścieków droga do rolniczego wykorzystania jest praktycznie zamknięta, czego przyczyną jest najczęściej ponadnormatywna zawartość metali ciężkich oraz zanieczyszczenia sanitarne¹¹.

W rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych¹² określono warunki, jakie muszą być spełnione przy wykorzystywaniu osadów ściekowych, dawki tych osadów, które można stosować na gruntach oraz zakres, częstotliwość i metody referencyjne badań osadów oraz gruntów, na których osady mają być stosowane. Obecnie osady z większości polskich oczyszczalni spełniają wymogi rozporządzenia. Jednak przewidywane zaostżenia norm dotyczących rolniczego wykorzystania osadów (projekt dyrektywy osadowej), prawdopodobnie spowodują ograniczenia w stosowaniu osadów.

Zgodnie z Krajowym planem gospodarki odpadami, Polska będzie dążyła do zwiększenia ilości komunalnych osadów ściekowych przekształcanych metodami termicznymi oraz maksymalizacji stopnia wykorzystania substancji biogennej zawartych w osadach przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich wymogów dotyczących bezpieczeństwa sanitarnego, chemicznego oraz środowiskowego.

W 2013 roku w Polsce wytworzono 540,3 tys. ton osadów ściekowych, z czego jedynie 40% osadów zagospodarowano, a pozostałą część osadów składowano. W województwie podlaskim w 2013 roku wytworzono 16,1 tys. ton osadów ściekowych, z czego jedynie 36% osadów wykorzystano (głównie rolniczo), a pozostałą część składowano¹³. Analiza stanu gospodarki osadami ściekowymi od 2000 roku wskazuje na znaczny wzrost masy wytworzonych osadów (od 359,8 tys. ton w 2000 roku do 540,3 tys. ton w 2013 roku). Zmienia się natomiast spo-

¹⁰ Ibidem.

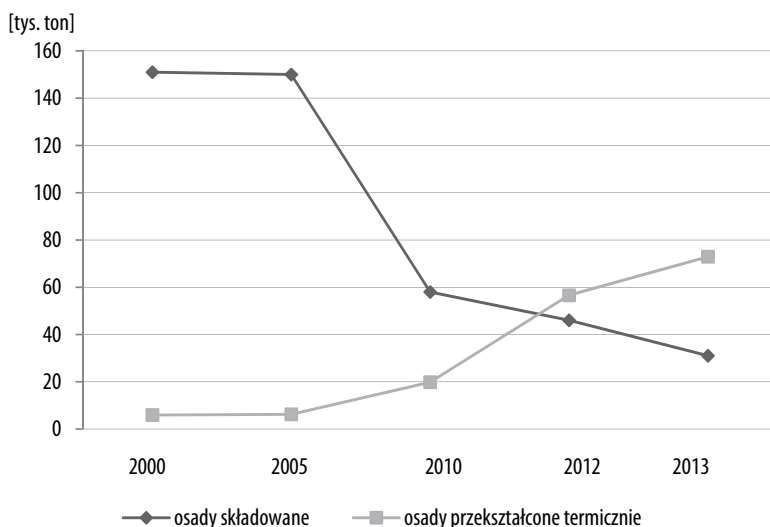
¹¹ W. Niemiec, P. Sobolewska, T. Jasiński, *Wybrane możliwości przyrodniczego zagospodarowania osadów ściekowych*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej” 2007 nr 240, s. 63-72.

¹² Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. nr 137, poz. 924).

¹³ *Ochrona środowiska*, Warszawa 2014.

Rysunek 2

Sposób wykorzystania osadów ściekowych w latach 2000-2013



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS-u.

sób zagospodarowania osadów, w 2000 roku jedynie 5,9 tys. ton osadów przekształcono termicznie, a w 2013 roku 72,9 tys. ton¹⁴. Zaobserwowano również znaczny spadek ilości składowanych osadów ściekowych z 151,6 tys. ton w 2000 roku do 31,4 tys. ton w 2013 roku (rysunek 2).

Często ze względu na ponadnormatywne zawartości metali ciężkich oraz obecność patogenów, wyklucza się zastosowanie komunalnych osadów ściekowych w rolnictwie. Dlatego realne wydaje się wykorzystanie osadów ściekowych do rekultywacji gleb terenów zdegradowanych. W 2013 roku w Polsce powierzchnia gruntów zdewastowanych i zdegradowanych wynosiła 61958 km, z czego tylko 2638 km zreultywowano bądź zagospodarowano¹⁵.

W województwie podlaskim w 2013 roku powierzchnia gruntów zdewastowanych i zdegradowanych wynosiła 2764 km, z czego jedynie 102 km poddano procesom rekultywacji bądź zagospodarowania. Gospodarka rolna w regionie północno-wschodniej Polski coraz powszechniej wykorzystuje osady ściekowe poddawane niskonakładowym metodom przeróbki. Na takie działanie ma wpływ: specyfika regionu, właściwości i charakter powstających osadów, duża ilość gleb o małej zawartości próchnicy, przewaga małych i średnich oczyszczalni ścieków komunalnych i mleczarskich, w których powstające osady zawierają niewielkie ilości metali ciężkich¹⁶.

¹⁴ Ibidem.

¹⁵ Ibidem.

¹⁶ D. Boruszko, *Intensyfikacja niskonakładowych metod przeróbki komunalnych osadów ściekowych*, „Inżynieria Ekologiczna” 2011 nr 25, s. 190.

Sposoby utylizacji osadów ściekowych z wykorzystaniem roślin energetycznych

Alternatywą dla małych oczyszczalni ścieków są oczyszczalnie ścieków z udziałem roślin¹⁷. Roślinne oczyszczalnie ścieków można zdefiniować jako ekosystemy bagiennie sztucznie tworzone w celu oczyszczania lub podczyszczania wód. Za oczyszczanie odpowiada złożony kompleks, jakim jest woda, podłoże mineralne, obumarłe części roślin, żywe rośliny, ogromna liczba mikroorganizmów oraz zwierzęta¹⁸. Metoda utylizacji osadów ściekowych z wykorzystaniem roślin energetycznych polega na wykorzystaniu roślin bagiennych zwanych makrofitami do odwadniania i mineralizacji osadu. Zdolność roślin makrofitycznych (trzcina pospolita, pałka wąskolistna i szerokolistna, wierzba wiklina) polega na tworzeniu mikrostraf tlenowych i natlenianiu wewnętrznej masy roślin¹⁹. Trzciny adaptują się do wegetacji na podłożu mineralnym i czerpią składniki odżywcze bezpośrednio z warstw doprowadzanych osadów. Odpowiednio doprowadzane dawki osadów umożliwiają ich rozkład biochemiczny przez mikroorganizmy heterotroficzne bytujące w strefie korzeniowej roślin. Procesy tlenowe pozwalają na znacznie szybszy rozkład materii organicznej²⁰. Odwadnianie w systemie poletek osadowych zasiedlonych trzcina pospolitą przebiega z prędkością 300 razy większą niż w przypadku konwencjonalnych poletek. Utylizowany osad ulega również mineralizacji, co łączy się ze znacznym zmniejszeniem jego objętości i umożliwia oszczędności, gdyż laguny trzcinowe mogą być eksploatowane przez wiele lat bez corocznego usuwania osadu. Wieloletnie składowanie masy osadu porośniętego kłęczami trzciny zmieszanego z masą obumarłych części roślin powoduje wytworzenie warunków podobnych do pracujących w przyrodzie kompostowej, co w znacznym stopniu zmniejsza liczbę bakterii chorobotwórczych i jaj pasożytów naturalnie występujących w osadzie świeżym²¹. Oczyszczalnie trzcinowe są uznawane przez wielu specjalistów w dziedzinie roślinnych systemów oczyszczania ścieków za najdoskonalsze, z uwagi na ich głęboki pełen kanałów powietrznych układ korzeniowy. W przeciwieństwie do najczęściej stosowanych systemów drenażowych, filtrów piaskowych, które w miarę upływu czasu stopniowo jednak ulegają zarastaniu i zapychaniu się, oczyszczalnie trzcinowe, z każdym sezonem wegetacyjnym rozrastają się coraz bardziej i penetrując podłoże zapewniają w miarę upływu czasu coraz większą zdolność oczyszczania. W ich obumarłych resztkach pod warstwą śniegu, zimą, tętni życie i odby-

¹⁷ M. Gołąb, W. Nocoń, R. Michalski, *Hydrobotaniczne oczyszczanie ścieków*, „LAB Laboratoria, Aparatura, Badania” 2012 nr 17, t. 4, s. 6-10.

¹⁸ T. Betgier i in., *Roślinne oczyszczalnie ścieków przewodnik dla gmin*, Kraków 2004.

¹⁹ A. Jucherski, A. Walczowski, *Wpływ wybranych makrolitów na skuteczność oczyszczania ścieków w stokowych złożach filtracyjnych gruntowo-roślinnych*. Prace własne ITP, Falenty 2012.

²⁰ E. Gasparikova i in., *Evaluation of anaerobic-aerobic wastewater treatment plant operations*, „Polish Journal of Environmental Studies” 2005 nr 14, t. 1, s. 29-34.

²¹ M. Chomczyńska, A. Wysocka, *Wpływ osadów ściekowych na środowisko gruntowo-wodne w warunkach upraw energetycznych*, „Chemia i Inżynieria Ekologiczna” 2007 nr 14, t. 8, s. 773-780.

wa się ciągły proces utleniania i redukowania ścieków²². Oczyszczalnie hydrobotaniczne mogą być wykorzystywane do oczyszczania: ścieków deszczowych spływających ze zlewni zurbanizowanych, wód kopalnianych, odcieków ze składowisk odpadów, ścieków ze stacji paliw, doczyszczania ścieków oczyszczonych w konwencjonalnej oczyszczalni ścieków²³. Wśród argumentów przemawiających na korzyść tego typu rozwiązań do najistotniejszych należą: prostota sposobu wykonania, wysoki stopień usuwania biogenów, niewrażliwość na nierównomierny dopływ ścieków. Możliwymi wadami oczyszczalni roślinnych może być uciążliwość odorowa przy nieprawidłowej eksploatacji osadników gnilnych, stosunkowo długi czas, po jakim oczyszczalnia uzyskuje pełną sprawność oraz konieczność kontrolowania sprawności dopływu, jak i odpływu ścieków.

Podsumowanie

Ciągły wzrost masy powstających osadów ściekowych powoduje konieczność poszukiwania nowych i racjonalnych metod ich wykorzystania. Wybór metody unieszkodliwiania osadów uzależniony jest od ich jakości, w tym szczególnie od obecności substancji niebezpiecznych dla środowiska. Jedną z możliwości zagospodarowania osadów ściekowych jest wykorzystanie przyrodnicze do rekultywacji gleb terenów zdegradowanych.

Należy podkreślić znaczenie roślin energetycznych w procesie oczyszczania środowiska. Hydrofitowe metody oczyszczania ścieków to przykłady „zielonej” technologii, przyjaznej środowisku i zapewniającej zrównoważony rozwój. Oczyszczalnie hydrobotaniczne mają szansę trwale wpisać się w krajobraz naszego kraju i znacząco poprawić stan gospodarki wodno-ściekowej.

W kontekście tak sformułowanych celów uprawy roślin energetycznych, niezbędne są prace nad wyselekcjonowaniem odmian roślin gwarantujących wysokie i wyrównane plony biomasy, a także odmian o znacznie wyższych zdolnościach fitoekstrakcji metali ciężkich. Przy zauważalnym obecnie wzroście powierzchni terenów odłogowanych uprawa roślin na cele energetyczne i wykorzystanie ich do oczyszczania ścieków wydaje się być dobrym pomysłem na usuwanie problemowego odpadu.

Literatura

- Betgier T. i in., *Roślinne oczyszczalnie ścieków przewodnik dla gmin*, Kraków 2004
Bień J. i in., *Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013*, „Inżynieria i Ochrona Środowiska” 2011 nr 14, t. 4
Boruszko D., *Intensyfikacja niskonakładowych metod przeróbki komunalnych osadów ściekowych*, „Inżynieria Ekologiczna” 2011 nr 25

²² M. Szymura, T. Szymura, A. Dunajski, T. Bergier, *Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej*, Wrocław 2010.

²³ H. Obarska-Pempkowiak, M. Gajewska, E. Wojciechowska, *Zastosowanie hydrofitowej metody oczyszczania ścieków na świecie i w Polsce*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 2012 nr 2.

- Chomczyńska M., Wysocka A., *Wpływ osadów ściekowych na środowisko gruntowo-wodne w warunkach upraw energetycznych*, „Chemia i Inżynieria Ekologiczna” 2007 nr 14, t. 8
- Gasparikova E. i in., *Evaluation of anaerobic-aerobic wastewater treatment plant operations*, “Polish Journal of Environmental Studies” 2005 nr 14, t. 1
- Gołąb M., Nocoń W., Michalski R., *Hydrobotaniczne oczyszczanie ścieków*, „LAB Laboratoria, Aparatura, Badania” 2012 nr 17, t. 4
- Greger M., *Metal availability and bioconcentration in plants*, Berlin 1999
- Jucherski A., Walczowski A., *Wpływ wybranych makrolitów na skuteczność oczyszczania ścieków w stokowych złożach filtracyjnych gruntowo-roślinnych*. Prace własne ITP, Falenty 2012
- Karczewska A., *Perspektywy zastosowania fitoremediacji w rekultywacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi*, „Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych” 2003 nr 25/26
- Kościuk B. (red.), *Rośliny energetyczne*, Lublin 2003
- Krzyżowska Z., *Wsparcie dla roślin uprawianych na cele energetyczne. Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa: szanse i problemy*, Warszawa 2007
- Niemiec W., Sobolewska P., Jasiński T., *Wybrane możliwości przyrodniczego zagospodarowania osadów ściekowych*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej” 2007 nr 240
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., *Zastosowanie hydrofitowej metody oczyszczania ścieków na świecie i w Polsce*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 2012 nr 2
- Ochrona środowiska*, Warszawa 2014
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. nr 137, poz. 924)
- Szymura M., Szymura T., Dunajski A., Bergier T., *Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej*, Wrocław 2010
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. 2013, poz. 21)