

Patrycjusz ZARĘBSKI*

ZNACZENIE WIERZBY ENERGETYCZNEJ W REKULTYWACJI WYSYPISK ŚMIECI ORAZ HAŁD I WYROBISK POGÓRNICZYCH

Zarys treści: Celem opracowania była ocena możliwości wykorzystania wierzby energetycznej do rekultywacji wysypisk śmieci oraz hałd górniczych i wyrobisk pogórnich. W pierwszej części przedstawiono charakterystykę terenów zdegradowanych, podstawowe definicje i akty prawne dotyczące procesu rekultywacji i naprawy zmian w środowisku przyrodniczym. W drugiej części opracowania skoncentrowano się na właściwościach wierzby energetycznej odnośnie kumulowania pierwiastków i metali ciężki. Stwierdzono, iż wierzba energetyczna może być stosowana w procesie fitoekstrakcji i fito stabilizacji na terenach zanieczyszczonych chemicznie. Mierzalny efekt fitoekstrakcyjny za pomocą wierzby można uzyskać w przypadku kadmu i cynku.

Słowa kluczowe: wierzba energetyczna, rekultywacja, tereny zdegradowane.

Wprowadzenie

W roku 2012 w Polsce było 64 343 ha gruntów zdewastowanych i zdegradowanych wymagających rekultywacji. Największa powierzchnia tych gruntów występuje w województwach: wielkopolskim 9799 ha, dolnośląskim 8076 ha, śląskim 4819 ha, łódzkim 4790 ha, warmińsko-mazurskim 4751 ha¹. Planowanie przywrócenia tych terenów do użytkowania wymaga podjęcia działań w ramach rekultywacji z zachowaniem odpowiednich procedur i przepisów prawnych. Ze względu na charakter i zasięg zmian w terenie stosowane są zróżnicowane technologie z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi. Celem niniejszego opracowania jest ocena możliwości wykorzystania wierzby energetycznej do rekultywacji wysypisk śmieci oraz hałd górniczych i wyrobisk pogórnich. Podjęto próbę odpowiedzi na pytania: czym jest rekultywacja, jakie przepisy prawne określają zakres i warunki rekultywacji oraz jaką rolę w rekultywacji terenów zdegradowanych może pełnić wierzba

* Katedra Polityki Społecznej i Gospodarczej, Wydział Nauk Ekonomicznych, Politechnika Koszalińska

¹ Dane pochodzą z Banku Danych Lokalnych, GUS 2013, data pobrania 12.11.2013.

energetyczna? W opracowaniu wykorzystano badania autorów zajmujących się problematyką rekultywacji i badaniem właściwości wierzby energetycznej.

Obszary zdegradowane i zdewastowane

Ustawa o ochronie gruntów ornych i leśnych z 1995 r.² definiuje grunty zdegradowane jako grunty, których rolnicza lub leśna wartość użytkowa zmalała, w szczególności w wyniku pogorszenia się warunków przyrodniczych albo wskutek zmian środowiska oraz działalności przemysłowej, a także wadliwej działalności rolniczej. Natomiast grunty zdewastowane jako grunty, które utraciły całkowicie wartość użytkową w wyniku wyżej wymienionych przyczyn.

Podjęmuje się różnorakie działania mające na celu przywróceniu tych terenów na cele użytkowe jak też zapobieganie dalszej degradacji dewastacji. Wśród działań mających na celu ochronę powierzchni ziemi wymienia się m.in. zapewnienie jak najlepszej jej jakości, w szczególności przez³:

- racjonalne gospodarowanie,
- zachowanie wartości przyrodniczych,
- zachowanie możliwości produkcyjnego wykorzystania,
- ograniczanie zmian naturalnego ukształtowania,
- utrzymanie jakości gleby i ziemi powyżej lub co najmniej na poziomie wymaganych standardów,
- doprowadzenie jakości gleby i ziemi co najmniej do wymaganych standardów, jeżeli nie są one dotrzymane,
- zachowanie wartości kulturowych, z uwzględnieniem zabytków archeologicznych.

Ustawa o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie poprzez działania naprawcze rozumie wszelkie działania, w tym działania ograniczające lub tymczasowe, podejmowane w celu naprawy lub zastąpienia w równoważny sposób elementów przyrodniczych lub ich funkcji, które uległy szkodzie, w szczególności⁴:

- oczyszczanie gleby i wody,
- przywracanie naturalnego ukształtowania terenu,
- zalesianie, zadrzewianie lub tworzenie skupień roślinności,

² Art. 4. Ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych Dz. U. z 1995 r., Nr 16, poz. 78.

³ Art. 101 Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska Dz. U. Nr 62, poz. 627.

⁴ Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie) Dz. U. z 2007 r., Nr 7, poz. 493.

- reintrodukcję zniszczonych gatunków.

Wymienione działania mają prowadzić do usunięcia zagrożenia dla zdrowia ludzi oraz przywrócenia równowagi przyrodniczej i walorów krajobrazowych na danym terenie.

Charakterystyka procesu rekultywacji

Rekultywacja gruntów polega na nadaniu lub przywróceniu gruntom zdegradowanym albo zdewastowanym wartości użytkowych lub przyrodniczych przez właściwe ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych, uregulowanie stosunków wodnych, odtworzenie gleb, umocnienie skarp oraz odbudowanie lub zbudowanie niezbędnych dróg⁵.

Przedmiotem rekultywacji mogą być tereny bezglebowe, tereny o glebach zmienionych pod względem chemicznym, obszary o glebach z zaburzonymi stosunkami powietrzno-wodnymi.

Do terenów bezglebowych zalicza się wykopy, nasypy, składowiska skał płonnych oraz materiałów przerobionych, nie występujących naturalnie w środowisku. Do wspomnianych terenów zlicza się grupę obiektów towarzyszących działalności górniczej takich jak: wyrobiska odkrywkowe, zwałowiska nadkładu, hałdy skał płonnych, osadniki odpadów poflotacyjnych.

W przypadku terenów przekształconych chemicznie występuje konieczność neutralizacji składników chemicznych, obecnych w gruncie. Zjawisko to dotyczy również górnictwa odkrywkowego węgla brunatnego, gdzie materiał odkładany na zwałowiska jest obciążony zanieczyszczeniami węglowymi, dość zasobnymi w związki siarki. Skażenie gleb siarką wymaga wprowadzenia do gruntów rekultywowanych znacznego nadmiaru neutralizatora.

Gleby z zaburzonymi stosunkami powietrzno-wodnymi rekultywuje się poprzez osuszenie zalewiska oraz doprowadzenie zwierciadła wody do rzędnej, umożliwiającej bezpieczne użytkowanie. Wykonuje się m.in. przeoranie i wymieszanie z mineralnym podłożem oraz rezygnacja z użytkowania łąkowego lub pastwiskowego.

W rekultywacji możemy wymienić cztery główne kierunki naprawy, które uzależnione są od warunków lokalnych oraz stanu zagospodarowania rekultywowanego terenu:

- kierunek rolny,

⁵ Art. 4. Ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych Dz. U. z 1995 r., Nr 16, poz. 78.

- kierunek leśny,
- kierunek rekreacyjny,
- kierunek budowlany.

Wśród wytycznych w zakresie wymagań dla procesów rekultywacji wskazuje się aby kierunki rekultywacji traktować jako docelowe. W procesie rekultywacji teren nie powinien być w jakikolwiek sposób wykorzystywany użytkowo, lecz powinny na nim zachodzić procesy związane z wyeliminowaniem negatywnego oddziaływania obiektu na środowisko oraz wytworzeniem stabilnych warunków siedliskowych dla roślin wskazanych w projektowanym zagospodarowaniu jako docelowe⁶: W przypadku kierunku leśnego lub rekreacyjnego należy określić rodzaj roślin, które będą zastosowane i będą spełniać w procesie rolę naturalnych czynników przyspieszających proces naprawy warunków przyrodniczych.

Wierzba energetyczna w procesie rekultywacji

Przy doborze roślin należy rekultywacyjnych należy uwzględnić⁷:

- intensywność przemian wewnątrz składowiska,
- rodzaj odpadów w wierzchniej warstwie,
- właściwości warstwy rekultywacyjnej (miąższość, żyzność zdolność do magazynowania wody),
- możliwość nawożenia oraz stosowania zabiegów pielęgnacyjnych,
- ukształtowanie terenu,
- warunki pogodowe,
- kierunek rekultywacji,
- dostępność materiału siewnego lub sadzonek.

W literaturze przedmiotu i praktyce znane są metody fitoremediacji czyli oczyszczania środowiska z wykorzystaniem roślin w tym roślin energetycznych. W zależności od efektu działania wyróżnia się kilka technologii fitoremediacji (Karczewska 2003)⁸:

- fitoekstrakcja – polega na usuwaniu pierwiastków śladowych i innych substancji (np. radioaktywnych) dzięki ich intensywnemu pobieraniu

⁶ Wytyczne w zakresie wymagań dla procesów rekultywacji, w tym makroniwelacji, prowadzonych przy użyciu odpadów. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, s. 8.

⁷ Piotr Manczarski, Rafał Lewicki Wytyczne dotyczące zamykania i rekultywacji składowisk odpadów komunalnych, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa, marzec 2012 r.

⁸ A. Karczewska, 2003. Perspektywy zastosowania fitoremediacji w rekultywacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Ochrona Środ. Zas. Nat., 25/26: 27-54.

i akumulacji w nadziemnych częściach roślin; odmianą fitoekstrakcji jest ryzofiltracja, definiowana jako absorpcja makro- i mikrośladników z wód oraz ścieków (Dushenkov i wsp. 1995)⁹;

- fitodegradacja – rozkład substancji organicznych przez rośliny i związane z nimi grzyby i mikroorganizmy; osobno definiowana bywa fitostymulacja, polegająca na wspomaganiu przez rośliny naturalnych procesów degradacji mikrobiologicznej w ryzosferze;
- fitowolatyżacja – przeprowadzenie zanieczyszczeń w stan lotny;
- fitostabilizacja – unieruchamianie metali w glebie i zmniejszanie ich dostępności w środowisku (w tym toksyczności dla organizmów, wymywania do wód gruntowych itd.).

W dokumencie „Wytyczne dotyczące zamykania i rekultywacji składowisk odpadów komunalnych” wydanym przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej rekomenduje się wierzbę energetyczną jako roślinę, którą można zastosować w przypadku terenów zdegradowanych i zanieczyszczonych chemicznie a wymagających rekultywacji. W dokumencie zaznacza się, iż szczególnie dobre efekty na wielu składowiskach uzyskano w wyniku nasadzenia wierzby wiciowej (*Salix viminalis*)¹⁰.

Przykład wykorzystania wierzby do rekultywacji wysypiska śmieci można znaleźć w koncepcji rekultywacji i zagospodarowania nieczynnego wysypiska komunalnego w obrębie geodezyjnym gminy Mielno¹¹. Zawiera ona propozycję wykonania pasa roślinności krzewiastej, zwłaszcza od strony północno-zachodniej, północnej i północno-wschodniej składowiska. Zdaniem autorów ograniczy to możliwość migracji odcieków nie ujmowanych przez system drenażowy. Autorzy dokumentu przyjęli, iż do tego celu najlepiej nadaje się roślinność bagienna (trzcina pospolita, pałka pospolita, manna mielec, gatunki wierzby), którą wykorzystuje się w oczyszczalniach hydrobotanicznych, bowiem posiada zdolność szybkiego pochłaniania dużej ilości biogenów. W przypadku wysypiska w Mielnie autorzy proponują zastosowanie pasa wierzbowego (*Salix viminalis*) o szerokości około 4 m. Podają także szczegółowe wytyczne dotyczące sadzenia sadzonki wierzby wiciowej (sztobry – pędy jednoroczne, około 20 cm), którą należy posadzić w okresie wiosennym w rozstawie 50 cm,

⁹ V. Dushenkov, P. B. Kumar, H. Motto, I. Raskin, 1995. Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. *Environ. Sci. Technol.*, 29: 1239-1245.

¹⁰ Wytyczne w zakresie wymagań dla procesów rekultywacji, w tym makroniwelacji, prowadzonych przy użyciu odpadów. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, s. 8.

¹¹ Aktualizacja koncepcji rekultywacji i zagospodarowania. Nieczynnego wysypiska komunalnego w obrębie geodezyjnym Mielno.

w 5 rzędach co 80 cm. Umożliwi to szybki wzrost (do 3 m w ciągu sezonu wegetacyjnego). Podłoże pod nasadzenia powinno być wstępnie bronowane. Uprawa nie wymaga dodatkowych zabiegów. Ponadto wierzba wiciowa bardzo dobrze znosi cięcia okresowe. Ścięty materiał roślinny może być, między innymi, wykorzystywany jako opał (tzw. wierzba energetyczna).

Oprócz wiązania warstwy rekultywacyjnej i stabilizacji skarp wierzba może być stosowana w celach fitomelioracyjnych szczególnie w miejscach występowania wysięków odcieków oraz wzdłuż dróg technologicznych¹².

Proces fitoekstracji składa się z trzech etapów. W pierwszym kolejności musi nastąpić uruchomienie metali zawartych w glebie. Może to odbywać się przy wykorzystaniu specjalnych substancji, które przyspieszają ten proces. Kolejnym etapem jest pobranie szkodliwych substancji przez korzenie rośliny oraz transport do części naziemnych. Ostatni etap jest uzależniony od właściwości rośliny a przede wszystkim miejsca kumulacji związków chemicznych w różnych częściach rośliny.

Przykładowy skład chemiczny wierzby uprawianej w warunkach polowych zawiera niewielkie ilości metali ciężkich, w tym (w suchej masie) co powoduje, że metale ciężkie w popiele ze spalania wierzby nie stanowią przeszkody w jego rolniczym wykorzystaniu (patrz tab. 1)¹³.

Tabela 1. Zawartość metali ciężkich wierzby energetycznej uprawianej w warunkach polowych

L.p.	Rodzaj	Zawartość metalu [mg kg ⁻¹]
1.	Zn	70–140
2.	Cu	7–10
3.	Ni	5–11
4.	Pb	1–3
5.	Cr	0,1–0,3
6.	Cd	0,3–0,6

Źródło: Kalembasa 2006 za Borkowska i wsp. 1996, Kalembasa i wsp. 2009, Kaniuczak i wsp. 2000¹⁴.

¹² Piotr Manczarski, Rafał Lewicki, Wytyczne dotyczące zamykania i rekultywacji składowisk odpadów komunalnych, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa, marzec 2012 r.

¹³D. Kalembasa, 2006. Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*, 7, 4: 909-914.

¹⁴ D. Kalembasa, 2006. Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*, 7, 4: 909-914; H. Borkowska, I. Jackowska, J. Piotrowski, B. Styk, 1996. Wstępna ocena przydatności kilku gatunków roślin wieloletnich do rekultywacji osadów pościekowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 434: 927-930; J. Kaniuczak, J. Błażej, J. Gąsior, 2000. Zawartość pierwiastków śladowych w

Doświadczenia prowadzone z wykorzystaniem wierzby energetycznej uprawianej na różnych jakościowo glebach pokazują na zróżnicowanie uzyskiwanych plonów oraz pobierania i kumulowania metali ciężkich a gleby (tab. 2). W przypadku uprawy wierzby na glebie zanieczyszczonej odnotowano znacznie mniejsze polny z 18 do 8 ton z jednego hektara. Największy wzrost stężenia metalu w biomase miał miejsce w przypadku kadmu z 0,6 do 50 mg na kilogram biomasy, czyli wzrost ponad 83-krotny. W dalszej kolejności odnotowano ponad 6-krotny wzrost cynku i dwukrotny wzrost miedzi.

Tabela 2. Pobranie miedzi, cynku i kadmu z gleb przez rośliny energetyczne uprawiane przy optymalnym nawożeniu na glebach niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych

Pierwiastek Element	Plon maksymalny (t ha ⁻¹)	Stężenie metalu w biomase (mg kg ⁻¹ d.m.)	Roczne pobranie (g ha ⁻¹)	Ubytek w glebie w ciągu 10 lat (mg kg ⁻¹)
Uprawa na glebie niezanieczyszczonej				
Cu	18	10	180	0,69
Cd	18	0,6	10,8	0,04
Zn	18	150	2700	10,4
Uprawa na glebie zanieczyszczonej				
Cu	8	20	160	0,62
Cd	8	50	400	1,54
Zn	8	1000	8000	30,8

Źródło: Kabała C., Karczewska A., Kozak M., 2010. Przydatność roślin energetycznych do rekultywacji i zagospodarowania gleb zdegradowanych, Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCVI, Nr 576, 97-118.

Przegląd badań nad właściwościami wierzby ze względu na akumulację metali ciężkich można znaleźć w pracy autorów: C. Kabała 1, A. Karczewska 1, M. Kozak¹⁵. Badania te wskazują, że w ciągu 3-letniego doświadczenia wazonowego z zanieczyszczonej glebą, z drewnem wierzby usunięto z gleby do

różnych klonach wikliny. Cz. I. Zawartość żelaza, manganu, miedzi i cynku. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 472: 379-385; S. Kalembasa, A. Wysokiński, R. Cichuta, 2009. Zawartość metali ciężkich w wierzbie (*Salix viminalis*) przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. Acta Agroph., 13, 2: 385-392.

¹⁵ C. Kabała, A. Karczewska, M. Kozak, 2010. Przydatność roślin energetycznych do rekultywacji i zagospodarowania gleb zdegradowanych, Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCVI, Nr 576, 97-118.

30% kadmu i do 5% cynku (Tlustos i wsp. 2007)¹⁶. Drewno wierzby uprawianej na glebach silnie zanieczyszczonych emisjami hut metali nieżelaznych może zawierać nawet do 4000 mg · kg⁻¹ Zn i 64 mg · kg⁻¹ Cd oraz do 20 mg · kg⁻¹ Cu i 10 mg · kg⁻¹ Pb (Mathe-Gaspar i Anton 2005¹⁷, Boyter i wsp. 2009)¹⁸. Stosunek koncentracji cynku i kadmu w korzeniach i częściach nadziemnych wierzby często zbliżony jest do jedności, podczas gdy zawartość miedzi i ołowiu może być 10-30-krotnie wyższa w korzeniach niż w drewnie części nadziemnych (Mathe-Gaspar i Anton 2005, Szakova i wsp. 2004)¹⁹. Choć niektóre doświadczenia wskazują, że akumulacja miedzi w częściach nadziemnych wierzby może być względnie duża (Kuzovkina i Quigley 2004²⁰, Pulford i wsp. 2002)²¹ jednak większość autorów uważa, że mierzalny efekt fitoekstrakcyjny można uzyskać przede wszystkim w przypadku kadmu i cynku (Meers i wsp. 2005)²².

Zakończenie

1. Wierzba wiciowa (*Salix viminalis*) może być stosowana do wiązania warstwy rekultywacyjnej i stabilizacji skarp.
2. Wierzba może być stosowana w procesie fitomelioracji szczególnie w miejscach występowania wysięków odcieków oraz wzdłuż dróg technologicznych.

¹⁶ P. Tlustos, I. Szakova, M. Vyslouzilova, D. Pavlikova, J. Weger, H. Javorska, 2007. Variation in the uptake of arsenic, cadmium, lead and zinc by different species of willows grown in contaminated soils. *Central Europ. J. Biology*, 2: 254-275.

¹⁷ G. Mathe-Gaspar, A. Anton, 2005. Study of phytoremediation by use of willow and rape. *Acta Biolog. Szeged.*, 49, 1-2: 73-74.

¹⁸ M. J. Boyter, J. E. Brummer, W. C. Leininger, 2009. Growth and metal accumulation of geyer and mountain willow grown in topsoil versus amended mine tailings. *Water Air Soil Pollut.*, 198: 17-29.

¹⁹ I. Szakova, P. Tlustos, M. Vyslouzilova, D. Pavlikova, J. Najmanova, 2004. Cumulative phytoremediation efficiency of *Salix* spp. for removal of Cd and Pb from soils in three-year potexperiment. *Chemia i Inż. Ekolog.*, 11, 7: 665-672.

²⁰ Y. A. Kuzovkina, M. F. Quigley, 2004. Cadmium and copper uptake and translocation in five willow species. *Int. J. Phytoremed.*, 6, 3: 269-287.

²¹ I. D. Pulford, D. Riddell-Black, C. Steward, 2002. Heavy metal uptake by willow clones from sewage sludge-treated soil: the potential for phytoremediation. *Int. J. Phytoremed.* 4, 1: 59-72.

²² E. Meers, S. Lamsal, P. Vervaeke, M. Hopgood, N. Lust, F. M. G. Tack, 2005. Availability of heavy metals for uptake by *Salix viminalis* on a moderately contaminated dredged sediment disposal site. *Environ. Pollut.*, 137, 2: 354-364.

3. Właściwości wierzby polegające na zdolności wbudowywania w swoją biomasę metali ciężkich związków toksycznych występujących w zanieczyszczonej glebie, warunkuje iż może być stosowana w procesie fitoekstrakcji i fitostabilizacji.
4. Mierzalny efekt fitoekstrakcyjny z wykorzystaniem wierzby można uzyskać w przypadku pobrania przez roślinę szkodliwych substancji takich jak kadm i cynk.

Bibliografia

1. Aktualizacja koncepcji rekultywacji i zagospodarowania. Nieczynnego wysypiska komunalnego w obrębie geodezyjnym Mielno.
2. Borkowska H., Jackowska I., Piotrowski J., Styk B., *Wstępna ocena przydatności kilku gatunków roślin wieloletnich do rekultywacji osadów pościekowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 434: 927-930. 1996.
3. Boyter M. J., Brummer J. E., Leininger W. C., *Growth and metal accumulation of geyer and mountain willow grown in topsoil versus amended mine tailings*. Water Air Soil Pollut., 198: 17-29. 2009.
4. Dushenkov V., Kumar P. B., Motto H., Raskin I., *Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams*. Environ. Sci. Technol., 29: 1239-1245. 1995.
5. Kabała C., Karczewska A., Kozak M., *Przydatność roślin energetycznych do rekultywacji i zagospodarowania gleb zdegradowanych*, Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCVI, Nr 576, 97-118. 2010.
6. Kalembasa D., *Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych*. Acta Agrophysica, 7, 4: 909-914. 2006.
7. Kalembasa S., Wysokiński A., Cichuta R., *Zawartość metali ciężkich w wierzbie (Salix viminalis) przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym*. Acta Agroph., 13, 2: 385-392. 2009.
8. Kaniuczak J., Błażej J., Gąsior J., *Zawartość pierwiastków śladowych w różnych klonach wikliny. Cz. I. Zawartość żelaza, manganu, miedzi i cynku*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 472: 379-385. 2000.
9. Karczewska A., *Perspektywy zastosowania fitoremediacji w rekultywacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi*. Ochrona Środ. Zas. Nat., 25/26: 27-54. 2003.
10. Kuzovkina Y. A., Quigley M. F., *Cadmium and copper uptake and translocation in five willow species*. Int. J. Phytoremed., 6, 3: 269-287. 2004.
11. Mathe-Gaspar G., Anton A., *Study of phytoremediation by use of willow and rape*. Acta Biolog. Szeged., 49, 1-2: 73-74. 2005.
12. Meers E., Lamsal S., Vervaeke P., Hopgood M., Lust N., Tack F. M. G., *Availability of heavy metals for uptake by Salix viminalis on a moderately*

- contaminated dredged sediment disposal site. Environ. Pollut.*, 137, 2: 354-364. 2005.
13. Piotr Manczarski, Rafał Lewicki, *Wytyczne dotyczące zamykania i rekultywacji składowisk odpadów komunalnych*, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa, marzec 2012 r.
 14. Pulford I. D., Riddell-Black D., Steward C., *Heavy metal uptake by willow clones from sewage sludge-treated soil: the potential for phytoremediation. Int. J. Phytoremed.* 4, 1: 59-72. 2002.
 15. Szakova I., Tlustos P., Vyslouzilova M., Pavlikova D., Najmanova J., *Cumulative phytoremediation efficiency of Salix spp. for removal of Cd and Pb from soils in three-year potexperiment. Chemia i Inż. Ekolog.*, 11, 7: 665-672. 2004.
 16. Tlustos P., Szakova I., Vyslouzilova M., Pavlikova D., Weger J., Javorska H., *Variation in the uptake of arsenic, cadmium, lead and zinc by different species of willows grown in contaminated soils. Central Europ. J. Biology*, 2: 254-275. 2007.
 17. Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie¹⁾ Dz. U. z 2007 r., Nr 75, poz. 493.
 18. Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska Dz. U. Nr 62, poz. 627.
 19. Ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych Dz. U. z 1995 r., Nr 16, poz. 78.
 20. *Wytyczne w zakresie wymagań dla procesów rekultywacji, w tym makroniwelacji, prowadzonych przy użyciu odpadów*. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

THE IMPORTANCE OF ENERGY WILLOW RECUITIVATION WASTE DUMPS AND HEAPS AND MINING EXCAVATION

The aim of the study was to assess the possibility of using willow for remediation of landfills and dumps of mining and post-mining excavations. The first section presents the characteristics of degraded areas, basic definitions and legal acts concerning the process of restoration and repair inside this natural change. In the second part of the study focuses on the properties of the willow to accumulate heavy metals and elements of chemically contaminated sites. It was found that willow can be used in the process of phytoextraction and phyto stabilization. Fitoekstrakcyjny measurable effect on a willow can be obtained in the case of cadmium and zinc. Key words: willow energy, recultivation, degraded areas.