

KINGA PACHUTA, EUGENIUSZ KODA *

**DOBÓR GATUNKOWY ROŚLIN DLA POTRZEB
REKULTYWACJI NA PRZYKŁADZIE SKŁADOWISKA
NAWADNIANEGO ODCIEKAMI**

Słowa kluczowe: rekultywacja biologiczna, recykulacja odcieków, dobór roślin do rekultywacji

Streszczenie

Uzyskanie okrywy roślinnej na składowiskach odpadów ma na celu zabezpieczenie powierzchni przed pyleniem (bioaerozole) i erozją (wodną i wietrzną). Dobór gatunków roślin przeprowadzono na podstawie wieloletnich obserwacji na składowiskach oraz eksperymentów szklarniowych i laboratoryjnych. Przedstawione kryteria doboru i możliwości wykorzystania roślin są powiązane z innymi zabiegami rekultywacyjnymi. Są to stosowane: jako podłoża rekultywacyjne - komposty produkowane z odpadów oraz odcieki tłoczone do nawodnień w systemie recykulacji. Proponowane gatunki roślin zwiększają ewapotranspirację i są odporne na hipertrofię.

Wstęp

Szczególnie przydatne z punktu widzenia wprowadzania w niekorzystne uwarunkowania siedliskowe składowisk są: niezbyt wysokie drzewa i krzewy o dużej biomasie i silnie rozbudowanym, lecz płytkim, systemie korzeniowym; trawy o dużej sprawności rozmnażania wegetatywnego; byliny hodowlane, szybko rozmnażające się wegetatywnie, bardzo ekspansywne, o specyficznej budowie liści i takim rozmieszczeniu aparatów szparkowych, że pył nie powoduje ich zablokowania; gatunki siedlisk podmokłych, wodnych i szuwarowych, przeznaczone do zwiększania ewapotranspiracji oraz podczyszczania odcieków ze składowiska i wód opadowych z terenu kompostowni [Pachuta 1995].

Wymienione rośliny powinny być wytrzymałe na szkodliwe wyziewy (metan, siarkowodór i inne trujące gazy oraz szkodliwe bioaerozole), odporne na unoszący się z wiatrem pył, niewrażliwe na odcieki ze składowiska, zwiększoną zawartość związków azotowych i innych składników pokarmowych oraz na

* SGGW Warszawa; Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska

wysoką zawartość metali ciężkich, produktów rozpadu substancji ropopochodnych, a także odporne na odkształcenia bryły składowiska.

Dzięki zastosowaniu wskazanych gatunków roślin, zmniejszeniu ulegnie zanieczyszczenie okolicznych wód powierzchniowych i podziemnych, ograniczeniu - rozprzestrzenianie się pyłów i bioaerozoli, a także zostanie zagospodarowana powstająca materia organiczna (kompost, biomasa roślin) i wody odciekowe.

Materiały wyjściowe, metody badań i obserwacji

W trakcie wieloletnich badań: laboratoryjnych i szklarniowych z kiełkowaniem nasion oraz eksperymentów z hodowlą drzew i krzewów na kompostach stosowanych na warszawskich składowiskach odpadów w Łubnej, Otwocku, Markach i Radiowie [Projekt badawczy KBN Nr 6 PO4G 015 20], dokonano wyboru gatunków roślin przydatnych do rekultywacji. Szczegółowe rozpoznanie warunków składowiska, przeanalizowanie poszczególnych wskaźników zanieczyszczenia środowiska i porównanie z wynikami badań pozwoliły na zaproponowanie gatunków wykazujących właściwości [Pachuta i Koda 2004], w tym:

- ekologiczne, tj. ekspansywność i konkurencyjność w stosunku do gatunków istniejących, tworzenie zróżnicowanych zbiorowisk, zbliżonych do naturalnie występujących,
- biologiczne, tj. odporność na toksyczne wyziewy ze składowiska, duże przyrosty biomasy i wysoka oraz intensywna transpiracja, łatwość implantowania i krzewienia, silnie rozwinięty system korzeniowy, dobre pokrywanie terenu,
- ekonomiczne, tj. dostępność materiału roślinnego, niskie koszty pozyskania nasion i sadzonek oraz łatwość implantacji w warunkach przewidywanego stałego nawadniania.

Niezależnie od zastosowanych na składowisku działań technicznych (kompaktowanie, nawadnianie, odgazowywanie [Koda i in. 1998] i przewidywanych zabiegów rekultywacyjnych, jak przykrycie gruntem lub geomembraną i nawadnianie, wkroczenie pierwszych chwastów i gatunków ruderalnych zwiastuje czas rozpoczęcia wprowadzania okrywy roślinnej [Pachuta i Koda 2004]. Samoistne pojawienie się roślin na ok. ¼ powierzchni składowiska oznacza, że można rozpocząć rekultywację poprzez obsiew mieszankami traw, roślin motylkowych i wybranych chwastów. W drugim i trzecim roku, dosiewaniu mieszanek traw i motylkowych powinno towarzyszyć usuwanie bylic i łobod.

Wytypowane gatunki roślin powinny być implantowane (drzewa, krzewy i niektóre byliny w arbokontenerach) oraz wysiewane (trawy i pozostałe byliny)

między istniejącymi "oazami" samorzutnie wykształconej roślinności w taki sposób, aby zagęścić i urozmaicić strukturę biocenoz składowiskowych. Rozwinięta, pozioma i pionowa struktura przestrzenna oraz różnorodność gatunkowa są podstawowymi założeniami sprawnego funkcjonowania zakładanych zbiorowisk roślinnych.

Stopień rekultywacji można ocenić w kolejnych latach, określając powierzchnię zadarnioną. Występowanie roślin w większych płatach, na co najmniej połowie obiektu, pokrywających ok. 50% zajmowanej przez nie powierzchni, a także zadarnienie co najmniej 15% pozostałej powierzchni oznacza możliwość wprowadzania bylin oraz drzew i krzewów.

Składowiska, na których stosowany jest system recyrkulacji odcieków (Radiowo), są obiektami groźnymi dla środowiska. Nietypowe zjawiska atmosferyczne i nieciągłości w warstwach okrywowych, niezależnie od prognoz, popartych przeprowadzonymi wyliczeniami i konstruowaniem bilansu wodnego mogą powodować lokalne pęcznienia i pęknięcia powierzchni skarp składowiska, oraz ich erozyjne rozmycia. Stwarza to konieczność zupełnie innego traktowania tego rodzaju obiektów niż typowe składowiska, gdzie w miarę upływu czasu następuje stopniowe zmniejszenie poziomu zagrożenia [Stępniaak 1999].

Do wytworzenia wierzchniej warstwy podłoża dla roślin mogą być wykorzystane osady ściekowe i kompost z odpadów komunalnych [Szmyt 1999; Koda i Głazewski 2006]. Po opracowaniu szczegółowego bilansu wodnego i przeprowadzeniu analizy składu chemicznego odcieków ze składowiska, do nawadniania roślinności mogą być wykorzystane rozcieńczone odcieki [Koda i in. 1998]. Zastosowanie odpowiednich gatunków roślin w połączeniu z ustalonym harmonogramem nawodnień dostosowanym do warunków pogodowych, pozwala na uzyskanie wysokiej ewapotranspiracji i zrównoważenie bilansu wodnego składowiska. System recyrkulacji odcieków stosowany na składowisku Radiowo (rys. 1) jest eksploatowany od 1998 roku i nie wystąpiła w tym okresie potrzeba wywożenia odcieków. Proponowana rekultywacyjna okrywa roślinna została zróżnicowana gatunkowo i siedliskowo na fitocenozy: rowu opaskowego i innych zbiorników wodnych, wierzchowinową, zboczową (skarpową) oraz strefy ochronnej.

Do wykorzystania w procesie oczyszczania i odparowywania odcieków z hałdy składowiska nadają się gatunki roślin pospolicie i często spotykane w Polsce, w siedliskach eutroficznych, a zwłaszcza wilgotnych i mokrych [Kutera 1990; Oświt 1980; Pachuta 1995; Pobielski i Pobielska 1994; Siuta 1999]. Najbardziej pożądaną cechą roślin przydatnych do zasiedlania jest w tym przypadku zdolność pobierania dużych ilości (większych niż przeciętne zapotrzebowanie) soli mineralnych. Roślinami o potrzebnych właściwościach są, znane z siedlisk przeazotowanych, gatunki ruderalne. Znoszą one okresowe przesuszenia i nadmiar eutroficznych wód, odkrycie powierzchni gleby i jej

silne nagrzanie. Spośród wielu gatunków roślin ruderalnych występujących na składowiskach odpadów największa liczebność populacji i największe możliwości zasiedlania zboczy składowisk mają: komosa biała (lebioda), komosa wielkolistna, łoboda ogrodowa, łoboda rozłożysta, bylica pospolita, bieluć dziedzierzawa, barszcz zwyczajny, psianka słodkogórz, uczep trójlistkowy, rdest plamisty, rdest błotny, pokrzywa zwyczajna, wierzbówka wąskolistna, rumian żółty i łoboda błyszcząca.

Propozycja okrywy roślinnej dla składowiska z recyrkulacją odcieków

Podstawowym problemem systemu recyrkulacji odcieków na składowisku jest zrównoważenie bilansu wodnego składowiska, głównie poprzez zwiększenie ewapotranspiracji. Jednakże, jak wynika z obliczeń dla bilansu gospodarki wodnej składowiska w Radiowie, mimo że okrywa roślinna może być należycie zaopatrzona w wodę [Żakowicz i in. 2001], nie gwarantuje to jednak jej przetrwania i rozrastania. W celu rekultywacji składowiska, poza zapewnieniem zaopatrzenia w wodę, niezbędne jest zachowanie równowagi pokarmowej (nawozowej). Wzrastająca, przy recyrkulacji odcieków, eutrofizacja podłoża, niezależnie od poziomu zaopatrzenia roślin w wodę, stanowi istotny element degradacji środowiska. Konieczne więc są działania zmierzające do: zapewnienia tolerowanej przez rośliny eutrofizacji, utrzymania komfortowego nawadniania roślinności, wytworzenia właściwej proporcji pomiędzy podstawowymi składnikami pokarmowymi, wprowadzania zmian w składzie florystycznym biocenoz składowiska i strefy ochronnej.

Przy doborze gatunków roślin, układaniu ich proporcji i kompozycji przestrzennej, które będą służyć zagospodarowaniu składowiska, brano pod uwagę tendencje sukcesyjne roślinności i w tym celu wykorzystano gatunki, które spontanicznie zasiedliły składowisko i jego strefę ochronną. Proponowana okrywa powinna być zróżnicowana siedliskowo na: wierzchowinową, skarpową, rowu opaskowego, zbiorników wodnych oraz strefy ochronnej.

Koncepcja przyszłego składu gatunkowego fitocenozy wierzchowiny i zboczy składowiska powinna obejmować niektóre drzewa, krzewy, byliny i rośliny jednoroczne występujące na składowisku (25% wszystkich proponowanych gatunków) oraz nowe gatunki (pozostałe 75%) o szczególnych właściwościach:

- stabilizacji podłoża, dających zwarte zadarnienie – tj. drzewa, krzewy, trawy,
- wysokiej transpiracji – rośliny bagienne,
- korzystnym systemie krzewienia – drzewa, krzewy, trawy,

- wytrzymałości na hipereutofizację – byliny (ruderalne) i niektóre jedno-
roczne.

Gatunki te powinny być implantowane pomiędzy istniejącą roślinnością w taki sposób, aby urozmaicić strukturę przestrzenną nowozakładanych bioceno-
noz składowiskowych. Założono, że najkorzystniejsze są fitocenozy piętrowe,
zatrzymujące pyły i bioaerozole oraz częściowo przechwytyjące i pochłaniające
spływy powierzchniowe ze skarp i odcieki. Zastosowanie wielu gatunków
w fitocenozach oczyszczających, poprawia ich trwałość, podnosi ewapotranspi-
rację i redukuje zanieczyszczenia, a także przedłuża sezon wegetacyjny.

Roślinność, która dobrze stabilizuje korpus składowiska odpadów wykazuje
najczęściej niską ewapotranspirację. Z kolei rośliny silnie transpirujące wyma-
gają stworzenia warunków siedliskowych stosownych do ich wymagań, ponad-
to konieczna jest odpowiednia przestrzeń dla wytworzenia przez nie dużych
zbiorowisk, aby wielkość ewapotranspiracji mogła zrównoważyć ilość odcie-
ków wylewanych na składowisko. Niektóre gatunki o właściwościach sanita-
cyjnych, stabilizujących i wysokiej transpiracji niechętnie tworzą zbiorowiska
lub wymagają pielęgnacji, co wyklucza je z możliwości zastosowania.

Wykorzystanie drzew i krzewów uzależnione jest od tolerancji i odporności
gatunków na skład i wysokie stężenie soli mineralnych w wodach nawadniają-
cych składowisko.

W proponowanym, przestrzennym modelu biocenozy oczyszczających,
w zbiorowiska wodne i wilgotno bagienne rowu opaskowego i innych zbiorni-
ków wodnych, w strefie wodnej, proponuje się wprowadzić jednocześnie: rzęsę
drobną (*Lemna minor*), trzcinę pospolitą (*Phragmites australis*) i pałki wąsko-
listną i szerokolistną (*Typha angustifolia* i *T. latifolia*). Skład gatunków w stre-
fie wodnej można wzbogacić o oczeret jeziorny (*Schoenoplectus lacustris*),
łącnia baldaszkowatego (*Butomus umbellatus*), tatarak (*Acorus calamus*), ko-
saćca żółtego (*Iris pseudoacorus*) i mannę mielec (*Glyceria aquatica*), które
również dobrze rosną na siedliskach brzegowych.

W strefie brzegowej proponuje się bez czarny (*Sambucus nigra*) i wierzbę
wiciową (*Salix viminalis*). Warunki podtopione i płytkiej wody dobrze tolerują
szczawie (*Rumex maritimus*, *aquaticus*, *conglomeratus*, *obtusifolius*, *crispus*,
hydrolapathum). W strefie brzegowej można spodziewać się samorzutnego
pojawienia, a z czasem bujnego rozwoju m.in. pokrzywy zwyczajnej (*Urtica*
dioica), uczepu trójlistkowego i uwisłego (*Bidens tripartitus* i *cernuus*) oraz
psianki słodkogórz (*Solanum dulcamara*).

W strefie wierzchwinowej i zboczowej można zastosować:

- trawy o długim okresie wegetacyjnym, wyniesionych węzłach krzewienia,
silnej darni, dużej sprawności rozmnażania wegetatywnego (np. śmiałek
darniowy, kostrzewa czerwona, życice, perz, wiechliny, kupkówka),

- drzewa wysokie (np. jesion, topola) i drzewa niskie - krzewy (robinia akacja, wierzby),
- krzewy o właściwościach bakteriostatycznych (bez czarny, czeremcha),
- krzewy szpalerowe, tworzące żywopłoty (ligustr),
- gatunki zimozielone (cis, świerk) i krzewy o liściach wybarwionych (dereń, kalina),
- pnącza osłaniające grunt w miejscach niedostępnych (winobluszcz, chmiel),
- drzewa o liściach: pozostających długo na pędach, wczesnie pojawiających się wiosną i długo utrzymujących się jesienią, co wydłuża okres transpiracji (wierzby),
- byliny o dużej produkcji biomasy (barszcz, burak, motylkowe, szarłat),
- gatunki osłonowe – chroniące w pierwszym roku po nasadzeniach drzewa i krzewy, umożliwiające im dobre ukorzenie się, a jednocześnie stabilizujące podłoże (życica, łubin, gorczyca, koniczyny, uczepek, aksamitka, rzepik).

Do gniazdowych i punktowych implantacji w strefie ochronnej zaproponowano: topolę, cis, sosnę, kalinę, wierzby, świerk, jesion, bez czarny, czeremchę, winobluszcz, chmiel, ligustr.

Aktualne badania prowadzone na składowiskach w Radiowie, Łubnej, Markach i Otwocku powinny określić wytrzymałość, a w związku z tym możliwość zastosowania określonych gatunków roślin do oczyszczania wód odciekowych ze składowiska.

Dalszych badań wymagają rośliny siedlisk składowiskowych (komosa biała - lebioda, komosa wielkolistna, łoboda ogrodowa i rozłożysta, bylica pospolita, bieluń dziędzierzawa, barszcz zwyczajny, psianka słodkogórz, uczepek trójlistkowy, rdest plamisty, rdest błotny, pokrzywa zwyczajna, wierzbówka wąskolistna, rumian żółty i łoboda błyszcząca).

Podsumowanie i wnioski

Rekultywacyjna okrywa roślinna powinna być zróżnicowana gatunkowo i siedliskowo na fitocenozy: rowu opaskowego i innych zbiorników wodnych, wierzchwinową, zboczową (skarpową) oraz strefy ochronnej.

System recyrkulacji odcieków zastosowany na składowisku Radiowo jest eksploatowany od 1998 roku i nie wystąpiła w tym okresie potrzeba wywożenia odcieków. Świadczy to o zrównoważeniu bilansu wodnego składowiska z wykorzystaniem zastosowanych gatunków roślin do zagospodarowania powierzchni, zwiększających ewapotranspirację.

Wymagane są dalsze badania i obserwacje związane z przystosowaniem się obecnych na składowisku i implantowanych gatunków roślin do siedlisk składowiskowych.

Literatura

1. KODA E., KRÓL P., ŻAKOWICZ S.: *System zagospodarowania odcieków z wysypiska i wód technologicznych z kompostowni Radiowo*. Przegląd Naukowy Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW, Zeszyt 16, s. 281-290, Warszawa 1998
2. KODA E., GŁAŻEWSKI M.: *Technical and biological reinforcement of rebuilt landfill slopes*. Proceedings of the 13th Danube-European Conference on Geotechnical Engineering, Vol. 2, 275-280, Ljubljana 2006
3. KUTERA J.: *Stan i technologia wykorzystania ścieków i gnojowicy w rolnictwie oraz spodziewane efekty w ochronie wód*. Biblioteka Wiadomości IMUZ, Zeszyt 76. PWRiL, Warszawa 1990
4. OŚWIT J.: *Rola roślinności bagiennej w środowisku przyrodniczym doliny Narwi w aspekcie oczyszczania się wód*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych PAN. Zeszyt 234, 88-101, 1980
5. PACHUTA K.: *Możliwości oczyszczania wody z pomocą hydrofitów*. Przegląd Naukowy Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW, Zeszyt 7. Warszawa 1995
6. PACHUTA K., KODA E.: *Selection of plants in the initial stage of landfill reclamation process*. Annals of Warsaw Agricultural University – Land Reclamation. No 35, 29-38. 2004
7. POBIELKOWSKI Z., POBELKOWSKA M.: *Przystosowania roślin do środowiska*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, ss. 583, Warszawa 1994

8. SIUTA J.: *Rekultywacyjne użytkowanie osadów ściekowych. Przegląd Komunalny*. Gospodarka Komunalna i Ochrona Środowiska. Nr 2. ss. 36, Poznań 1999
9. SZMYT J.: *Zastosowanie kompostu otrzymanego z wysypisk odpadów. Przegląd Komunalny. Gospodarka Komunalna i Ochrona Środowiska*. Nr 2, ss. 36, Poznań 1999
10. STĘPNIAK S.: *Nowoczesne oczyszczanie odcieków z naziemnych składowisk odpadów komunalnych. Gospodarka Wodna*. Nr 1: 34-36, 1999
11. ŻAKOWICZ S., PACHUTA K., KODA E.: *Koncepcja zagospodarowania terenu zdegradowanego antropogenicznie. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych PAN. Zeszyt 475, 371-379, 2001*

POSSIBILITIES OF PLANT SPECIES SELECTION FOR RECLAMATION PROCESS OF SANITARY LANDFILL

Key words: biological reclamation, leachate irrigation, plant selection

S u m m a r y

Plant cover grown on sanitary landfills is to protect surface against dusting (bioaerosol) and erosion (water, windy). Plant selection for remedial works was carried out on the basis of many years observations on selected landfills as well as greenhouse and laboratory experiments. Both selection criteria and possibilities of plant usage presented in the text are connected with other remedial works undertaken on the landfill. Compost made of wastes and leachate pumped to landfill surface irrigation in recirculation system are also applied during remediation process. Proposed plant species make evapotranspiration higher and are more resistant against hypertrophy.