

AGNIESZKA GUTKOWSKA¹, BOGUMIŁA PAWLUŚKIEWICZ²

WPLYW SPOSOBU PRZYGOTOWANIA PODŁOŻA NA STAN ZADARNIENIA SKŁADOWISKA POPIOŁU EC SIEKIERKI PO 30 LATACH OD ZAGOSPODAROWANIA

THE INFLUENCE OF SOIL PREPARING METHOD ON THE TURFNESS STATE OF THE ASH DUMP „SIEKIERKI” AFTER 30 YEARS OF EXPLOITING

¹ Zakład Łąk i Pastwisk, IMUZ Falenty,

² Katedra Kształtowania Środowiska, SGGW

Abstract: The estimation of soil preparing method on the chemical properties and turfness of the ash dump „Siekierki” after 30-year exploiting was the aim of the paper. Four methods of grass cover strengthening were distinguished on the dump. The grasses sowed on mineral layer (Table 1) were dominated. The method of grass cover strengthening determined soil microelements' content, soils pH and plant turfness. The turf layer contained low phosphorus and potassium amount but high amount of magnesium. The methods with mineral cover gave the best conditions for plant growth and development. The best turfness state (over 70%) was on the Northern dump area, where seeds were sowed on mineral ground. On the East sites with organic turf laid on the ash, the state was worse (about 35%). The plant density depended on species composition.

Słowa kluczowe: składowiska popiołu, zadarnienie, właściwości chemiczne nadkładu.

Key words: ash dump, turfness, chemical properties of cover.

WSTĘP

Rekultywacja składowisk odpadów, w myśl obowiązujących przepisów (Dyrektywa 99/31/EC), powinna obejmować działania ograniczające do minimum negatywny wpływ inwestycji na środowisko. O stopniu ochrony przed erozją i pyleniem decyduje budowa wierzchniej warstwy powierzchniowej, która jest podłożem do wzrostu i rozwoju roślin [Wysocka i in. 2004]. Szczególnie trudno uzyskać dobre zadarnienie, ze względu na

brak składników pokarmowych oraz luźny układ cząsteczek, na składowiskach popiołów elektrownianych [Greszta, Morawski 1980; Shoham-Frler i in. 2003]. Nadal poszukuje się najodpowiedniejszych sposobów przygotowania podłoża oraz przydatnych gatunków roślin [Maciak i in. 1992; Srivastava i in. 1995; Kitzak i in. 2000; Gutkowska, Pawluśkiewicz 2004]. Efekty rekultywacji zależą nie tylko od odpowiedniego przygotowania podłoża, ale również od dalszego użytkowania terenu i kontroli stanu zadarnień.

Celem badań była ocena wpływu sposobu przygotowania wierzchniej warstwy rekultywacyjnej na skład chemiczny podłoża i stan zadarnień trawiastych składowiska popiołów EC Siekierki po ponad 30 latach użytkowania.

MATERIAŁ I METODY

Znajdujące się na terenie Warszawy, nadpowierzchniowe składowisko odpadów paleniskowych EC Siekierki zostało poddane rekultywacji pod koniec lat 60 ubiegłego wieku. Po uformowaniu składowiska lotnych popiołów nałożono warstwę gruntu mineralnego pochodzącego z wykopu budowy metra (tab. 1), a następnie wprowadzono roślinność wieloletnią, głównie zielną. Wykonane na terenie składowiska odkrywki glebowe [Gutkowska 2003] pozwoliły na wyróżnienie 4 sposobów umocnienia jego powierzchni: wysiew roślin na glebie mineralnej (1), darń mineralna położona na glebie mineralnej (2) oraz darń torfowa położona na glebie mineralnej (3) i na popiele (4). W okresie użytkowania terenu roślinność koszone 2-krotnie w ciągu roku, nawożono dawką NPK 600 kg × ha⁻¹ × rok⁻¹ (od 1994 roku) i nawadniano dawką polewową wynoszącą brutto 10 mm (od 1996 roku).

Analizę stanu zadarnień przeprowadzono w roku 2001, tj. po ponad 30 latach użytkowania składowiska. W ramach badań w miejscach o określonych sposobach rekultywacji biologicznej oceniono skład chemiczny podłoża (P, K, Ca i Mg), jego

TABELA 1. Wybrane właściwości popiołu (a) [Pawłat, Matyjasik 1994] i gruntu użytego jako nadkład na składowisko (b)

TABLE 1. Selected properties of the ash (a) [Pawłat, Matyjasik 1994] and the mineral ground sed as cover of ash dump (b)

Zawartość wybranych składników (ogółem) – Content of selected components (total)							
N	P	K	Mg	Ca	Na	Cu	Zn
[g/kg]					[ppm]		
a. Popiół: uziarnienie – glina piaszczysta; Ash: texture – sandy loam; pH w H ₂ O – 8,4–9,3							
–	0,7–2,7	0,6–44,0	< 27,0	< 80,0	–	wyższa od średnich dla gleb mineralnych higher than mean for mineral soil	
b. Grunt mineralny: uziarnienie – glina lekka pylasta; The mineral ground: texture – light silty loam; pH w H ₂ O – 7,2							
0,4	–	2,3	6,0	20,6	2,5	9,0	80,0

odczyn (pH w H₂O) w warstwie 0–10 cm – darniowej (z główną masą korzeniową) i warstwie 10–50 cm – poddarniowej oraz stopień zadarnień i zwartość runi. Formy przyswajalne fosforu i potasu oznaczono w wyciągu mleczanu wapnia, formy przyswajalne magnezu i wapnia oznaczono w 0,03 mol×dm⁻³ kwasie octowym. Fosfor oznaczono metodą kolorymetryczną, potas, magnez i wapń absorpcyjną spektrometrią atomową (AAS), wyniki porównano z wartościami granicznymi podanymi w literaturze [Lityński i in. 1976; Kabata-Pendias 1995]. Zadarnienie obliczano kładąc na powierzchni skalowaną miarę 100 cm, a następnie dodając długość odcinków pokrytych roślinnością uzyskiwano procent jej pokrycia. Zwartość runi określono licząc ilość pędów na powierzchni dm² i przeliczono na powierzchnię 1 m². Pomiaru zadarnienia i zwartości wykonywano w trzech losowo wyznaczonych miejscach. Równocześnie określano szacunkowo udział poszczególnych gatunków roślin w runi. Liczba punktów pomiarowych uwzględniała różną wielkość powierzchni zajmowanej przez poszczególne

TABELA 2. Zawartość przyswajalnych form: P, K, Ca i Mg oraz pH podłoża na składowisku w 2001r.
TABLE 2. Content of available forms: P, K, Ca and Mg and pH in the ground on the ash dump in 2001 year

Sposób umocnienia Kind of defence (R)	Wars- twa Layer (W)	P	K	Ca	Mg	pH (H ₂ O)
		[mg × kg ⁻¹]				
Wysiew nasion na glebie mineralnej The sowing on the mineral soil	1	110,6	161,2	3850	260,4	7,33
	2	36,6	101,8	4380	175,3	7,65
Średnia – mean		73,6	131,5	4120	217,9	7,49
Darn mineralna na glebie mineralnej The mineral turf on the mineral soil	1	97,0	200,5	3850	226,2	7,41
	2	40,8	115,0	4530	157,7	7,79
Średnia – mean		68,9	157,8	4190	192,0	7,60
Darn torfowa na glebie mineralnej The organic turf on the mineral soil	1	93,3	190,5	1920	289,7	6,84
	2	35,2	87,7	1940	214,7	7,31
Średnia – mean		64,3	139,1	1930	252,2	7,08
Darn torfowa na popiele The organic turf on the ash	1	180,7	149,4	2500	481,2	6,30
	2	252,0	121,6	2490	325,6	7,71
Średnia – mean		216,4	135,5	2500	403,4	7,00
NIR _{0,05} LSD _{0,05} dla R dla W dla R/W		28,2	72,8	1481,5	110,2	0,31
		14,7	37,9	772,3	57,5	0,16
		39,9	103,0	2095,2	155,9	0,43

1 – warstwa darniowa – the turf layer; 2 – warstwa pod darnią – layer below the turf layer

rodzaje umocnień trawiastych i tak umocnienie (1) obejmowało – 13, (2) – 3, (3) – 5, (4) – 7 stanowisk. Wyniki opracowano statystycznie stosując wieloczynnikową analizę wariancji (test F-Fishera-Snedecora), a średnie wartości porównano testem Tuckeya.

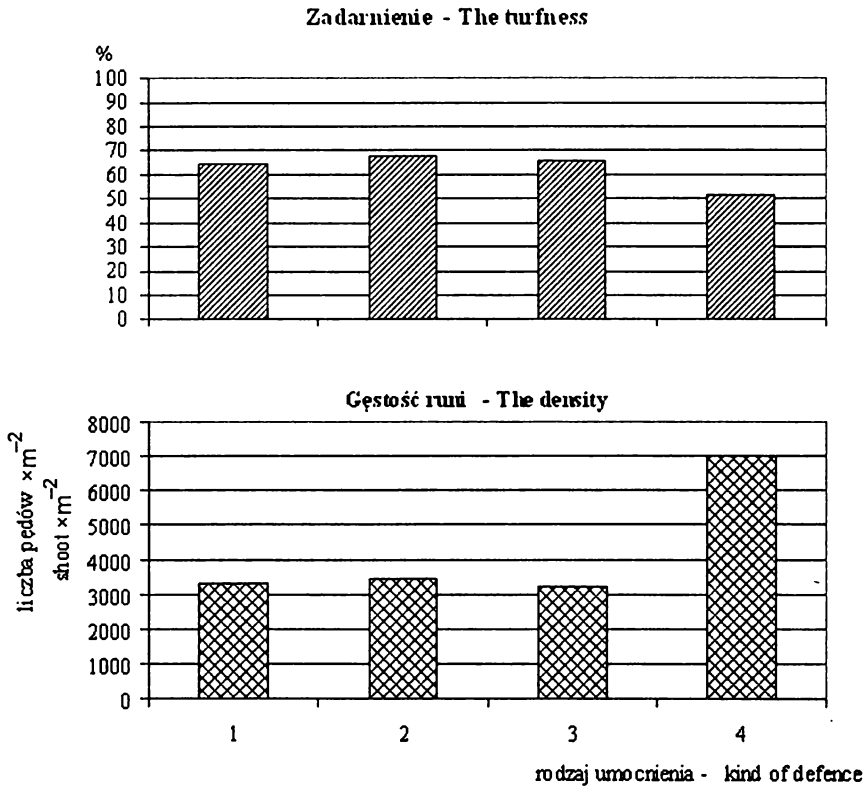
WYNIKI I DYSKUSJA

Skład chemiczny podłoża po 30-letnim okresie użytkowania umocnień biologicznych znacznie się zmienił (tab. 2). W glebie stwierdzono znacznie większe ilości składników pokarmowych, które umożliwiły wzrost i rozwój roślin. Niemniej w porównaniu z zasobnością gleb ornych podłoże składowiska charakteryzowało się na ogół niską zawartością potasu i fosforu, a wysoką magnezu. Na zasobność w niektóre składniki pokarmowe miał wpływ sposób przygotowania umocnień. Większą zawartość fosforu, w porównaniu z innymi technologiami, wykazywało podłoże umacniane darnią torfową ułożoną bezpośrednio na popiele, zwłaszcza w warstwie pod darnią. Wynikać to może z rozkładu masy organicznej torfu. Poza tym zastosowanie darni torfowej niezależnie od sposobu przygotowania wierzchniej warstwy powodowało istotnie (prawie dwukrotnie) mniejszą zawartość wapnia niż w pozostałych wariantach. Wynikało to z zakwaszającego działania torfu.

Niezależnie od sposobu przygotowania umocnień zasobność podłoża w składniki pokarmowe (z wyjątkiem wapnia) była istotnie wyższa w warstwie darniowej niż pod nią. Jedyne dla darni torfowej (4) nie stwierdzono znacznej różnicy zawartości potasu w warstwach podłoża. Najprawdopodobniej przyczyną tego był fakt, iż miąższość warstwy darniowej wynosiła tu zaledwie 1–3 cm, a proces glebowy był słabo zaznaczony. Największą różnicę (2,5–3-krotną) między warstwą darniową a warstwą leżącą głębiej wykazywała zawartość fosforu, co związane było z małym przemieszczaniem się tego składnika w profilu glebowym. Potas i magnez przemieszczały się w większym stopniu niż fosfor, jednak zawartość tych składników w warstwie darniowej była stosunkowo wysoka.

Odczyn podłoża kształtował się na poziomie pH od 6,30 do 7,79, w zależności od sposobu przygotowania i jego warstw. Istotnie niższym pH odznaczały się te podłoża, które umocniono darnią torfową. Niezależnie od rodzaju umocnień alkaliczność podłoża w warstwie pod darnią była nadal znaczna, co może wiązać się z ograniczeniem procesu wymiany związków mineralnych między podłożem a korzeniami do warstwy darniowej.

Biorąc pod uwagę warunki siedliskowe panujące na składowisku uzyskany po 30 latach od rekultywacji stan zadarnień należy ocenić jako zadowalający (rys. 1). Nie uzyskano co prawda pełnego zadarnienia, ale średnie pokrycie powierzchni liśćmi wynosiło ponad 60%. Stwierdzono zróżnicowanie stopnia zadarnienia, w zależności od zastosowanej metody umocnienia, ekspozycji oraz rodzaju zbiorowiska roślinnego. Największe zadarnienie (powyżej 70%) stwierdzono w miejscach umacnianych darnią mineralną położoną na glebie mineralnej, zwłaszcza w północnej i północno-zachodniej części składowiska, gdzie występowało zbiorowisko *Arrhenatherum medioeuropaeum* [Gutkowska i in. 2000]. Stosunkowo wysokim zadarnieniem odznaczały się powierzchnie umocnione przez wysiew nasion (59–75%) oraz umieszczenie darni torfowej na glebie mineralnej (52–78%), zwłaszcza położone na skłonie zachodnim. Na zróżnicowanie stopnia zadarnienia tych powierzchni miał wpływ większy udział roślin ruderalnych w



RYSUNEK 1. Wpływ rodzaju umocnienia na stan zadarnień składowiska popiołu: 1. Rośliny wysiane na glebie mineralnej. 2. Darni mineralna na glebie mineralnej. 3. Darni torfowa na glebie mineralnej. 4. Darni torfowa na popiele

FIGURE 1. Influence of kind of defence on turfness state on the ash dump Siekierki: 1. The plants sowed on the mineral soil. 2. The mineral turf on the mineral soil. 3. The organic turf on the mineral soil. 4. The organic turf on the ash

runi. Najmniejszym zadarnieniem odznaczały się powierzchnie umocnione darnią torfową ułożoną na popiele. Wynosiło ono zaledwie od 35% do 61%. Najgorzej zadarnione były wschodnie skłony składowiska, co związane było z występowaniem mało trwałych zbiorowisk *Coryza canadensis* i zespołu *Sisymbrietum* pl. sp. Południowe skłony składowiska były zadarnione lepiej, tj. w 50–60%, jednak pokrycie to było znacznie gorsze niż w pozostałych umocnieniach.

Stan zwartości runi zależał w większym stopniu od składu gatunkowego runi niż od pokrycia powierzchni liśćmi. Największą liczbę pędów uzyskano bowiem przy najmniejszym zadarnieniu (głównie na wschodzie i południu składowiska), tj. w miejscach ułożenia darni torfowej na popiele (rys. 1). Decydowało o tym występowanie traw kępowych, zwłaszcza *Festuca rubra*. Trawy te charakteryzują się przewagą krzewienia śródpochwowego nad pozapochwowym, skutkiem czego drobne, liczne pędy tych roślin rozrastają się ku górze, a nie na boki i nie pokrywają dobrze powierzchni.

Występowanie traw kępowych świadczy również o trudnych warunkach siedliskowych, co potwierdziły analizy składu chemicznego podłoża. Pod wpływem pozostałych sposobów umocnienia składowiska średnia gęstość runi była zbliżona. Stwierdzono jednak duże różnice w liczbie pędów w poszczególnych punktach badawczych (od 800 do 6200 na 1 m²). Zwartość runi zależała tu również od składu gatunkowego runi. Mniejszą gęstością odznaczały się stanowiska z udziałem roślin motylkowatych (*Medicago sativa*, *Melilotetum albo-officinalis*) oraz traw wysokich (*Elymus repens* i *Dactylis glomerata*). Rośliny te słabiej się krzewią i w mniejszym stopniu przydatne są do tego rodzaju zadarnień, co potwierdzają również inni autorzy [Głazurewski, Ziaja 1995].

WNIOSKI

1. Sposób przygotowania umocnień składowiska popiołów EC Siekierki decydował o zawartości składników pokarmowych w podłożu, jego odczynie i stopniu pokrycia runi umocnień biologicznych funkcjonujących przez okres ponad 30 lat.
2. Warstwa darniowa charakteryzowała się niską zawartością przyswajalnych form fosforu, średnią przyswajalnego potasu, a wysoką przyswajalnego magnezu. W warstwie pod darnią zasobność w składniki pokarmowe była na ogół mniejsza, a pH większe.
3. Umocnienie składowiska popiołu darnią torfową powodowały niższą zawartość wapnia w podłożu i niższe pH w stosunku do pozostałych sposobów rekultywacji.
4. Największe zadarnienie (powyżej 70%) uzyskano dla darni mineralnej na warstwie nadkładu w północnej i północno-zachodniej części składowiska. Najmniejszym zadarnieniem (35%) odznaczała się darni torfowa na popiele wschodniego skłonu składowiska.
5. Zwartość runi zależała od składu gatunkowego. Zwiększały ją trawy niskie, kępowe, a zmniejszały rośliny motylkowate i trawy wysokie.

LITERATURA

- GLAŻEWSKI M., ZIAJA W. 1995: Wyniki rekultywacji składowisk popiołów przy zastosowaniu hydroobsiewów mieszkankami traw i motylkowatych. *Wiad. Mel. i Łąk.* 4(367): 170–175.
- GRESZTA J., MORAWSKI S. 1980: Zagospodarowanie popiołów dla renowacji środowiska naturalnego. *Nauka dla wszystkich* 325: 3–54.
- GUTKOWSKA A., KOTOWSKA J., PAWLUŚKIEWICZ B. 2000: Stan roślinności na składowisku popiołu EC Siekierki w Zawadach. *Przeł. Nauk.* 18: 47–55.
- GUTKOWSKA A. 2003: Stan biologicznego zabezpieczenia składowiska odpadów paleniskowych EC Siekierki, Mat. Międzynar. Konf. Nauk., Nitra-Kraków, 14–16.09.2003.
- GUTKOWSKA A., PAWLUŚKIEWICZ B. 2004: Effect of Preparation Method of Siekierki Power Plant Ash on Lawn Grasses Underground Biomass Formation. *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN* vol. 25. „Ochrona i inżynieria środowiska – zrównoważony rozwój”. Kraków:17–22.
- KABATA-PENDIAS A. 1995: Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb: metale ciężkie, siarka i WWA. Wyd. PIOŚ, Warszawa.

- KITCZAK T., GOS A., CZYŻ H., TRZASKOŚ M. 2000: Wzrost i rozwój gatunków traw i motylkowatych na masie popiołu żuźlowego z dodatkiem biohumusu i nawozów azotowych. *Łąkarstwo w Polsce* 3: 71–78.
- LITYŃSKI T., JURKOWSKA H., GORLACH E. 1976: Analiza chemiczno-rolnicza: przewodnik metodyczny do analizy gleby i nawozów. PWN, Warszawa: 330 ss.
- MACIAK F., BIERNACKA B., HRYNKIEWICZ S. 1992: Rekultywacja i zabezpieczenie przed pyleniem składowiska popiołu EC Siekierki przy użyciu nadkładu gruntu oraz roślinności trawiasto-motylkowej i drzewiastej. Mat. Konf. nt. „Ochrona i kształtowanie środowiska rolniczego (wybrane problemy)”. Wyd. SGGW, Warszawa.
- PAWŁAT H., MATYJASIK Z. 1994: Ocena oddziaływania składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki na środowisko. *Przeł. Nauk. Wyzd. Mel. i Inż. Środ. SGGW* 4: 92 ss.
- SHOHAM-FRLER E., SHELEF G., KRESS N. 2003: Chemical changes in different types of coal ash during prolonged large scale, contact with seawater. *Waste Management*: 125–134.
- SRIVASTAVA R., KUMAR A., RAI A.M., SINGH L. 1995: Biological method of flyash stabilization on ash dump yards near thermal power station, Panki (Kanpur). *Indian Forester* 121, 2: 81–87.
- WYSOCKA A., WYSOCKI M., PAWŁOWSKA M., WIŚNIEWSKA M., STĘPNIEWSKI W. 2004: Zadania i budowa pokrywy rekultywacyjnej składowiska odpadów. *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN*, vol. 25 „Ochrona i inżynieria środowiska – zrównoważony rozwój”. Kraków: 225–231.

Dr inż. Agnieszka Gutkowska
Zakład Łąk i Pastwisk, IMUZ Falenty
Al. Hrabaska 3, 05-090 Raszyn
e-mail: a.gutkowska@imuz.edu.pl