

ROŚLINNOŚĆ NA SKŁADOWISKU ODPADÓW POSODOWYCH W JANIKOWIE PO 13 LATACH REKULTYWACJI

Kazimierz Henryk Dyguś¹, Jadwiga Sienkiewicz²

¹ Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania, Wydział Ekologii, ul. Olszewska 12, 00-792 Warszawa, e-mail: dygus@wseiz.pl; k_dygus@wp.pl

² Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Krucza 5/11d, 00-548 Warszawa, e-mail: sienkiewicz@ios.edu.pl

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wyniki badań florystyczno-fitosocjologicznych pokrywy roślinnej, ukształtowanej po 13 latach rekultywacji na powierzchniach składowiska wapna posodowego w Janikowie. Przed rozpoczęciem rekultywacji na wyschniętych podłożach składowiska obserwowano wkraczanie nielicznych gatunków pionierskich. Trzynastoletnie zabiegi rekultywacyjne skutkowały znacznym wzrostem różnorodności florystycznej, taksonomicznej i syntaksonomicznej w pokrywie roślinnej składowiska. Na składowisku zanotowano 108 gatunków roślin należących do 31 rodzin, z czego 50% całej flory przypadło na dwie rodziny – *Poaceae* (trawy) i *Asteraceae* (złożone). Pozostałe 29 rodzin miało tylko kilkuprocentowe udziały. Wykazano dominację gatunków trzech grup syntaksonomicznych: *Stellarietea mediae* (zbiorowiska chwastów pól uprawnych i terenów ruderalnych), *Molinio-Arrhenatheretea* (zbiorowiska łąkowe) oraz *Artemisietea vulgaris* (nitrofilne zbiorowiska bylin na siedliskach ruderalnych). Na poddawanych zabiegom powierzchniach stawów osadowych w Janikowie utworzyły się zbiorowiska nawiązujące do fitocenoz łąk świeżych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* oraz zbiorowiska murawowo-ruderalne. Na podłożu wapniowym wyróżniono zbiorowisko wiechliny łąkowej i krwawnika pospolitego *Poa pratensis-Achillea millefolium*. Natomiast płaty roślinności rozwijającej się w wyniku rekultywacji na podłożu popiołowym utworzyły zbiorowisko murawowo-ruderalne (zbiorowisko stulisza Loesela i bylicy pospolitej *Sisymbrium loeselii-Artemisia vulgaris*) z niewielkimi fragmentami typowo ruderalnych agregacji nitrofilnych roślin jednorocznych. Lokalna bioróżnorodność mierzona bogactwem gatunkowym zwiększyła się ponad 15-krotnie. Z kolei fitoindykacja warunków środowiska wykazała, że na zrehabilitowanym terenie powstały siedliska heterogeniczne ogólnie korzystne dla rozwoju roślinności. Są to głównie siedliska świeże, z przewagą siedlisk żyznych, mezo- i eutroficznych. Zdecydowana większość flory składowiska to gatunki wskaźnikowe gleb mineralno-próchnicznych. Natomiast ocena odporności na zasolenie na podstawie ekologicznych liczb wskaźnikowych roślin wykazała, że siedliska składowiska odznaczają się podwyższonymi zawartościami soli. Analiza flory pod kątem odporności na zwiększoną zawartość metali ciężkich gatunków roślin nie wykazała gatunków tolerujących wybitnie podwyższone zawartości metali ciężkich. W konkluzji podkreślono, że na zrehabilitowanym terenie składowiska obserwuje się dużą efektywność i trwałość zasiedlenia nowych podłoży przez roślinność w czasie 13 lat trwania procesu rekultywacji.

Słowa kluczowe: Janikowskie Zakłady Sodowe, składowisko odpadów posodowych, rekultywacja, pokrywa roślinna, bioróżnorodność, fitoindykacja.

ASSESSMENT OF VEGETATION COVER ON SODA WASTE DISPOSAL SITE AT JANIKOWO, FOLLOWING 13-YEAR-LONG RECLAMATION

ABSTRACT

The results are presented of vegetation survey on the alkaline and saline soda waste disposal site at Janikowo Soda Plant near Toruń (central Poland). The site was subject to reclamation using diverse techniques including sewage sludge and ash, starting from the year 2000 onwards. The survey was made to evaluate the status of plant succession as well as stability and diversity of vegetation cover. The vegetation was inventoried using the cover-frequency method, on a 10 x 10 m quadrat samples randomly distributed over the reclaimed area. Communities were classified using the Central-European approach by Braun-Blanquet (1964). In 2013, the vegetation was well established and provided a dense cover of the substrate. 108 plant species were found compared to some 5–8 plants which arrived spontaneously until the year 2000. Species richness increased 15 fold since the year when reclamation started. Species of graminoid and *Asteraceae* families prevailed in most patches of local vegetation. The vegetation cover on sites treated with a mix of power plant ash and sewage sludge was less stable and less diverse than that on sites where sewage sludge only was applied. Annuals and biennials dominated in the vegetation on ash grounds while more competitive perennials prevailed on sewage sludge substrates. On the latter substrates there develop plant communities classified as an association of smooth meadow grass and common yarrow *Poa pratensis*-*Achillea millefolium*, whose species combination closely resembles that of seminatural fresh meadows. On the ash grounds, a variety of associations of ruderal plants were found with dominating Loesel mustard and common mugwort *Sisymbrium loeselii*-*Artemisia vulgaris*. Phytoindication methods using Ellenberg values have shown that waste substrates contained increased salt concentrations, however, there was no indication of increased heavy metal contents, as no plants tolerating excessive amounts of heavy metals were recorded at the site.

Key words: Janikowo Soda Plant, soda waste disposal site, reclamation, bioremediation, vegetation cover, biodiversity, phytoindication.

WSTĘP

W literaturze spotyka się nieliczne prace oparte o doświadczenia z rekultywacji tak dużych obiektów, jak składowiska Janikowskich Zakładów Sodowych. Składowiska (stawy) szlamów posodowych należą do najbardziej uciążliwych dla środowiska oraz bardzo trudnych do roślinnego zagospodarowania ze względu na dużą alkaliczność i koncentrację soli, przede wszystkim chlorków wapniowych. Pierwsze Zakłady Sodowe „Solvay” zbudowano w Krakowie w 1901 r. Po ich zlikwidowaniu podjęto działania technicznej rekultywacji i zazielenienia terenu. Efekty technicznej i biologicznej rekultywacji terenu stawów osadowych „Solvay” opisali pracownicy Katedry Rekultywacji Gleb i Ochrony Torfowisk Akademii Rolniczej w Krakowie [Boroń, Zajac, Klatka 2000]. Wyniki zabiegów nie były zadawalające, nie udało się osiągnąć etapu trwałej szaty roślinnej, przy zastosowaniu tylko gleby z terenów miejskich Krakowa do pokrycia szlamów posodowych.

W niniejszej pracy zbadano i scharakteryzowano roślinność na zrehabilitowanych terenach stawów osadowych Janikowskich Zakładów Sodowych po 13 latach od czasu rozpoczęcia rekultywacji. Była to rekultywacja efektywna, gdyż doprowadziła do ukształtowania zwartej i trwałej pokrywy roślinnej powstającej w wyniku wspomaganego sukcesji spontanicznej. Wieloletnie zabiegi rekultywacyjne są wyrazem troski o środowisko ze strony Janikowskich Zakładów Sodowych. Trwała pokrywa roślinna zmniejsza uciążliwość pylenia i poprawia walory krajobrazowe okolic Zakładów [Siuta 2007; Siuta i Jońca 1997; Siuta i in. 1997, 2008; Siuta i Dyguś 2013]. Przedrekultywacyjny stan roślinności spontanicznej oraz wstępne rezultaty pilotowo-wdrożeniowej osadowej rekultywacji gruntu składowiska opisano i zilustrowano w 2001 r. [Siuta i Sienkiewicz 2001].

Inwentaryzację fitosocjologiczną przeprowadzono w sezonie wegetacyjnym 2013. Przeanalizowano układy roślinne, które powstały w wyniku procesów sukcesji spontanicznej, zmodyfikowanej przez zabiegi rekultywacyjne. Powstałe systemy roślinności odzwierciedlają różny stopień zaawansowania procesu tworzenia się zbiorowisk roślinnych (od kilkogatunkowych agregacji do trwałych zbiorowisk murawowych). Zbudowana głównie z gatunków rodzimych roślinność zajmuje i przekształca nowo powstające siedliska, tak więc stanowi typową antropogeniczną roślinność synantropijną [Faliński 1969]. Siedliska te tworzyły się początkowo w procesie sukcesji pierwotnej na szlamach wapna posodowego. Wskutek działań rekultywacyjnych procesy sukcesji pierwotnej zostały zmodyfikowane, i ukierunkowane w zależności od właściwości podłoża powstałych w wyniku zróżnicowanych zabiegów rekultywacyjnych. Celem pracy jest określenie skuteczności sukcesji i zasiedlania podłoża przez roślinność, a także określenie sposobu skupiania się gatunków w zbiorowiska i ich segregacja w czasie i przestrzeni oraz ocena roli grup funkcjonalnych gatunków (np. grupy gatunków inicjalnych) w rozwoju lokalnej szaty roślinnej, a także znaczenie gatunków inwazyjnych (egzotycznych) w sukcesji.

OBIEKT BADAŃ

Fabrykę sody kalcynowanej w Janikowie uruchomiono w październiku 1957 roku. Wówczas była trzecią, i zarazem największą fabryką sody kalcynowanej w Polsce, po Krakowskich i Inowrocławskich Zakładach Sodowych. Po podstawowym produkcie, sodzie kalcynowanej, w latach następnych sukcesywnie poszerzano rodzaje produktów. Podjęto wytwarzanie takich wyrobów, jak: sól spożywcza, sól warzona, sól medyczna, peklosól, wapno nawozowe, dwutlenek węgla, woda ciężka, kreda kosmetyczna. W 2007 r. poziom produkcji sody przekroczył 600 tys. ton. Alkaliczne i zasolone odpady (szlamy) z produkcji składowane są hydraulicznie na przyległych do Zakładów terenach, w stawach osadowych wznoszących się do wysokości około 16 m nad powierzchnią terenu. Szlamy te mają silnie alkaliczny odczyn, w latach 1995/96, przed rozpoczęciem

rekultywacji $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kształtowało się na poziomie około 8–10,5. Szlamy zawierają bardzo dużo soli rozpuszczalnych, głównie chlorków. W latach 1995/1996, średnie zawartości Cl wahały się od 1 do 5% suchej masy w wierzchniej warstwie depozytu, od 0–0,3 m. Przed rekultywacją szlamy osadowe stanowiły zagrożenie dla środowiska z uwagi na infiltrację składników do wód gruntowych oraz silne zapylenie wskutek erozji wietrznej powierzchni złoża. Rekultywacja techniczna terenu składowiska polegała na wyrównaniu powierzchni poprzez m.in. zlikwidowanie grobli dzielących poszczególne stawy i zapewnienie lokalnych zapadłisk złóż odpadowych. Prace te rozpoczęto pod koniec lat dziewięćdziesiątych 20 wieku. Rekultywacja biologiczna prowadzona była w oparciu o zabiegi agrotechniczne, w tym zastosowanie osadów ściekowych oraz popiołu z elektrowni. Na alkaliczne i słone podłoża wapna osadowego naniesiono kilkucentymetrową warstwę osadów ściekowych. Na części rekultywowanych powierzchni stawów osadowych wprowadzono dodatkowo popiół z lokalnej elektrowni [Siuta 2007; Siuta i in. 2013]. Powierzchnie rekultywowane zostały obsiane mieszanką nasion traw o następującym składzie: życica trwała *Lolium perenne* – 25%, kostrzewa trzcinowata *Festuca arundinacea* – 20%, kupkówka pospolita *Dactylis glomerata* – 20%, kostrzyca Brauna *Festulolium braunii* – 20% oraz życica wielokwiatowa *Lolium multiflorum* – 15%. W skład mieszanki roślin dosiewanych wchodziła też lucerna siewna *Medicago sativa*. W kolejnych latach, dalsza pielęgnacja roślinności na terenie zrekultywowanym polegała na dosiewaniu traw w miarę potrzeby oraz na koszeniu roślinności dwa razy w roku.

METODY BADAŃ FLORYSTYCZNYCH I FITOSOCJOLOGICZNYCH

Inwentaryzację fitosocjologiczną przeprowadzono na stawach ze złożem wapna posodowego (stawy 1–10 i 12) oraz na stawach dopełnionych popiołem (stawy 11, 13–17) w sezonie wegetacyjnym 2013 r. (tab. 1 i 2). Na stawach z podłożem wapna posodowego wykonano 25 zdjęć fitosocjologicznych, a 17 – na stawach dopełnionych popiołem, zdjęcia wykonywano na losowo wybranych poletkach o powierzchni 100 m². Łącznie, na zrekultywowanym obszarze wykonano 42 zdjęcia fitosocjologiczne, według metody Braun-Blanqueta [Braun-Blanquet 1964; Fukarek 1967]. Do oceny powierzchniowego udziału (pokrywania) gatunków zastosowano pięciostopniową skalę Braun-Blanqueta wg poniższego odstopniowania:

- 5 – rośliny pokrywają ponad 75% powierzchni zdjęcia fitosocjologicznego;
- 4 – pokrywanie 50–75%;
- 3 – pokrywanie 25–50%;
- 2 – pokrywanie 5–25%;
- 1 – pokrywanie nie przekracza 5%;
- + – pokrywanie znikome (kilka osobników)

Tabela 1. Zbiorowisko stulisza Loesela i bylicy pospolitej *Sisymbrium loeselii*-*Artemisia vulgaris* na złożu popiołowym**Table 1.** Community of Loesel mustard and common mugwort *Sisymbrium loeselii*-*Artemisia vulgaris* on ash substrate

| Nr kolejny zdjęcia | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Śr.l.gat. | Stażość S |
|--|---------------|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|----|----|-----|----|-----------|--------------|
| Nr zdjęcia w terenie | 1 | 2 | 3 | 4 | 33 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | | |
| Liczba gatunków w zdjęciu | 28 | 21 | 25 | 19 | 24 | 12 | 11 | 9 | 10 | 18 | 23 | 23 | 23 | 19 | 20 | 14 | 15 | 18 | |
| Nr stawu osadowego | Stawy 11 i 13 | | | Niecka 2B | | | | | | | | | Stawy 14 i 15 | | | Fr. | | | |
| Cl.: <i>Stellarietea mediae</i> , O.: <i>Sisymbrietalia</i> , <i>Polygono-Chenopodietalia</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sisymbrium loeselii</i> | + | + | + | + | 3 | + | + | + | + | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 17 | V |
| <i>Chenopodium album</i> | + | + | + | + | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | + | + | 3 | + | | | 15 | V |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> | + | | + | | + | + | 2 | + | 1 | + | + | + | | + | 1 | 1 | | 13 | IV |
| <i>Conyza canadensis</i> | + | | + | | + | | | | | | + | 1 | + | | 2 | | | 7 | III |
| <i>Matricaria maritima</i> ssp. <i>inodora</i> | | | | + | 1 | + | | | | + | 1 | + | + | | | | | 7 | III |
| <i>Lactuca serriola</i> | + | + | | | | | | | | | | + | + | | + | | | 5 | II |
| <i>Polygonum aviculare</i> var. <i>heterophyllum</i> | | | | | + | | | | | | + | + | + | | + | | | 5 | II |
| <i>Stellaria media</i> | | | | | + | | | | | + | + | + | | | + | | | 5 | II |
| <i>Bromus sterilis</i> | 1 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 4 | II |
| <i>Lolium multiflorum</i> | + | + | + | 2 | | | | | | | | | | | | | | 4 | II |
| <i>Aethusa cynapium</i> | | | | | | | | | | | + | + | | | + | | | 3 | I |
| <i>Chenopodium polyspermum</i> | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | 2 | I |
| <i>Myosotis arvensis</i> | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | 2 | I |
| <i>Corispermum leptopterum</i> | | | | | | | | | | | | | | + | | + | | 2 | I |
| <i>Diploxys muralis</i> | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | I |
| <i>Veronica hederifolia</i> | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | 2 | I |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | | | | | + | | | | | | + | | | | | | | 2 | I |
| <i>Arabidopsis thaliana</i> | | | | + | | | | | | | | | | | | | | 1 | I |
| <i>Sonchus asper</i> | | | | + | | | | | | | | | | | | | | 1 | I |
| <i>Amaranthus lividus</i> | + | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | I |
| <i>Echinochloa crus-galli</i> | | | | | | | | | | | | | | | + | | | 1 | I |
| <i>Geranium pusillum</i> | | | | + | | | | | | | | | | | | | | 1 | I |
| <i>Lamium purpureum</i> | | | | + | | | | | | | | | | | | | | 1 | I |
| <i>Solanum nigrum</i> | | | | | | + | | | | | | | | | | | | 1 | I |
| Cl.: <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> , O.: <i>Arrhenatheretalia</i> , <i>Molinietalia</i> , <i>Plantaginietalia majoris</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dactylis glomerata</i> | 1 | 2 | 1 | 2 | + | + | + | | + | + | + | + | + | 1 | + | 2 | 2 | 16 | V |
| <i>Taraxacum officinale</i> | + | + | + | | + | + | | + | | 1 | + | + | + | + | + | + | 1 | 14 | V |
| <i>Poa pratensis</i> | + | + | 1 | | 1 | + | + | + | + | 3 | 1 | + | + | + | | + | | 14 | V |
| <i>Lolium perenne</i> | 1 | 2 | 2 | + | 2 | | | | | | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 12 | IV |
| <i>Festulolium braunii</i> | 1 | + | 1 | + | 2 | | | | | | 2 | 2 | 1 | + | + | | | 10 | III |
| <i>Achillea millefolium</i> | + | | 1 | 2 | | | | | + | + | | + | + | + | + | + | | 10 | III |
| <i>Daucus carota</i> | + | + | + | | | | | | | | | + | + | | | + | | 6 | II |
| <i>Poa trivialis</i> | + | + | | | + | | + | | | | + | | + | | | | | 6 | II |
| <i>Festuca pratensis</i> | 2 | + | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | 4 | II |
| <i>Festuca arundinacea</i> | | | 1 | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | 3 | I |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> | | | | | | | | | | | | | | | + | + | | 2 | I |
| <i>Poa palustris</i> var. <i>xerotica</i> | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | I |

Tabela 2. Zbiorowisko wiechliny łąkowej i krwawnika *Poa pratensis*-*Achillea millefolium* na złożu wapniowym**Table 2.** Community of smooth meadow-grass and common yarrow *Poa pratensis*-*Achillea millefolium* on lime substrate

| Nr kolejny zdjęcia | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | Śr.l. | Stażość | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|-------|---------|---|
| Nr zdjęcia w terenie | 5 | 6 | 7 | 8 | 40 | 41 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 19 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 20 | gat. | | |
| Liczba gatunków w zdjęciu | 21 | 22 | 17 | 21 | 23 | 23 | 24 | 22 | 22 | 26 | 22 | 34 | 31 | 26 | 29 | 23 | 23 | 21 | 19 | 19 | 20 | 16 | 20 | 17 | 23 | 24 | S | |
| Nr stawu osadowego | 12 | | | | | 3 | | | 1 i 2 | | 3 | | | 6 | | | | | | 5 Fr. | | | | | | | | |
| Cl.: <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> , O.: <i>Arrhenatheretalia elatioris</i> , <i>Molinietalia</i> , <i>Plantaginetalia majoris</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dactylis glomerata</i> | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 24 | V |
| <i>Poa pratensis</i> | 1 | | 1 | + | 1 | + | | 1 | 1 | 1 | 2 | + | 1 | + | + | 1 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | + | + | 23 | V | |
| <i>Achillea millefolium</i> | + | 2 | 2 | 1 | 1 | + | 1 | 2 | 2 | | | + | + | + | + | 1 | 1 | + | + | | | | | + | + | 19 | IV | |
| <i>Taraxacum officinale</i> | + | + | + | + | | | + | 2 | + | | | + | | | 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 19 | IV | |
| <i>Daucus carota</i> | 1 | 1 | | 1 | + | + | 1 | + | 2 | | 1 | + | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | + | + | | | | | | + | 18 | IV | |
| <i>Festulolium braunii</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | + | + | + | 1 | | + | | | | | | + | 2 | 1 | 2 | + | 1 | 1 | 1 | 1 | | 18 | IV | |
| <i>Festuca pratensis</i> | + | 1 | + | | + | 3 | 1 | 2 | | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | + | + | | | | | 3 | 16 | IV | |
| <i>Festuca arundinacea</i> | | | | + | | | 1 | 3 | + | | 1 | + | 2 | 1 | 2 | + | | | | | | | | | 1 | 12 | III | |
| <i>Poa trivialis</i> | | | | | | + | | | + | + | | | + | | | | | + | | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | + | 11 | III | |
| <i>Lolium perenne</i> | | 1 | + | + | + | + | | | | + | | | | | + | | | + | | 1 | | | | + | | 10 | II | |
| <i>Rumex crispus</i> | | | | | | | | + | | + | + | | | | + | + | | | | | | | | | + | 6 | II | |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> | | | | + | + | + | + | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | 5 | II | |
| <i>Agrostis stolonifera</i> | + | + | | + | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | I | |
| <i>Trifolium repens</i> | | | | | | | + | + | | | | 1 | | + | | | | | | | | | | | | 4 | I | |
| <i>Trifolium pratense</i> | | | | | | | + | | | + | | | | + | + | | | | | | | | | | | 4 | I | |
| <i>Valeriana officinalis</i> | | | | | | | | | | | | + | | + | + | + | | | | | | | | | | 4 | I | |
| <i>Pastinaca sativa</i> | | | | | | | | | | | + | | | 1 | + | | | | | | | | | | | 3 | I | |
| <i>Leontodon autumnalis</i> | + | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | I | |
| <i>Galium mollugo</i> | | | | | | | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | 2 | I | |
| <i>Avenula pubescens</i> | | | | | + | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | I | |
| <i>Vicia cracca</i> | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | I | |
| <i>Inula britannica</i> | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | I | |
| <i>Tragopogon pratensis</i> | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | |
| <i>Phleum pratense</i> | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | |
| <i>Alopecurus pratensis</i> | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | |
| <i>Rumex acetosa</i> | | | | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | 1 | I | |
| <i>Deschampsia caespitosa</i> | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | |
| <i>Plantago lanceolata</i> | | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | |
| <i>Lotus corniculatus</i> | | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | |
| <i>Viola tricolor</i> | | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | 1 | I | |
| Cl.: <i>Stellarietea mediae</i> , O.: <i>Sisymbrietalia</i> , <i>Polygono-Chenopodietalia</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sisymbrium loeselii</i> | + | + | | | | | + | + | + | | + | + | + | + | 1 | 1 | + | + | + | + | 1 | 1 | 1 | + | + | 21 | V | |
| <i>Matricaria maritima</i> <i>ssp.inodora</i> | | | | | | | | + | + | + | + | + | + | + | 1 | + | + | | + | + | 1 | + | + | + | + | 16 | IV | |
| <i>Lactuca serriola</i> | + | + | | | | | | | + | 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | | | | | | | + | 13 | III | |
| <i>Sonchus arvensis</i> | | + | | + | + | + | + | | | | | | | + | + | 1 | | | | | + | + | + | + | + | 12 | III | |
| <i>Chenopodium album</i> | + | 1 | + | 1 | + | + | | | | | + | | | | | | | | | | + | + | 2 | 1 | | 11 | III | |
| <i>Polygonum aviculare</i> var. <i>heterophyllum</i> | | + | + | | | | | | | | + | | | | | | | + | + | + | + | + | + | + | + | 10 | II | |

c.d. tabeli 2

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|-----|-----|----|----|
| <i>Amaranthus retroflexus</i> | | | + | + | + | + | | | | | | | | | | | | | | + | + | + | 1 | | | 8 | II | | | | |
| <i>Conyza canadensis</i> | | | + | + | | | | | | + | + | + | + | + | + | | | | | | | | | | | 8 | II | | | | |
| <i>Sonchus asper</i> | | | | | | | | | | + | + | + | | + | + | | | | | | | | | | | 5 | II | | | | |
| <i>Lolium multiflorum</i> | 3 | 2 | | | | | | | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | 4 | I | | | | |
| <i>Arabidopsis thaliana</i> | | | | | + | | | | | | | | + | + | | | | | | | | | | | + | 4 | I | | | | |
| <i>Solanum nigrum</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | 2 | I | | | |
| <i>Bromus sterilis</i> | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | I | | | | |
| <i>Spergula arvensis</i> | | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | I | | | | |
| <i>Vicia tetrasperma</i> | | | | | | | | | | + | | | | + | | | | | | | | | | | | 2 | I | | | | |
| <i>Lappula squarrosa</i> | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | | | | |
| <i>Atriplex nitens</i> | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | | | | |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | | | | |
| Cl.: <i>Artemisieta vulgaris</i> , Sub. Cl.: <i>Artemisienea vulgaris</i> , O.: <i>Onopordetalia acanthi</i> , All.: <i>Onopordion acanthii</i> , O.: <i>Artemisietalia</i> , <i>Glechometalia hederaceae</i> , <i>Convolvuletalia sepium</i> , Sub. Cl.: <i>Galio-Urticenea</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cirsium arvense</i> | + | + | 1 | + | + | + | + | + | 1 | 1 | 2 | + | + | + | + | + | + | | | | | | | | + | 2 | 19 | IV | | | |
| <i>Artemisia vulgaris</i> | + | + | | 1 | + | + | | + | + | | + | | + | + | + | 1 | 2 | 1 | + | 2 | 1 | + | 2 | 1 | + | 18 | IV | | | | |
| <i>Medicago sativa</i> | + | 1 | | + | | 1 | + | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | + | | 15 | III | | | |
| <i>Carduus nutans</i> | | | | | + | | | + | + | | | + | + | 2 | + | + | + | | | | | | | | + | + | 1 | 14 | III | | |
| <i>Melandrium album</i> | + | + | + | | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | | | | | | | | | | | | + | 13 | III | | | |
| <i>Cirsium vulgare</i> | + | 1 | | | | + | | | | | 1 | + | + | | + | | | | | | | | | | | + | 8 | II | | | |
| <i>Urtica dioica</i> | | | | + | | | | + | + | 2 | | | | | 1 | | + | | + | | | | | | | | 7 | II | | | |
| <i>Galium aparine</i> | | | | | | | | | + | + | + | + | 1 | + | + | | | | | | | | | | | | 7 | II | | | |
| <i>Tanacetum vulgare</i> | | | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | I | | | |
| <i>Solidago gigantea</i> | | | | | | | | | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | + | 3 | I | | | |
| <i>Linaria vulgaris</i> | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | I | | | | |
| <i>Oenothera biennis</i> | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | I | | | | |
| <i>Echium vulgare</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | 2 | I | | | |
| <i>Picris hieracioides</i> | | | | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | + | 2 | I | | | |
| <i>Epilobium hirsutum</i> | | | | | | | | | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | 2 | I | | | | |
| <i>Eupatorium cannabinum</i> | | | | | | | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | 2 | I | | | | |
| <i>Anchusa officinalis</i> | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | | | | |
| <i>Melilotus alba</i> | | | | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | 1 | I | | | | |
| <i>Reseda lutea</i> | | | | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | 1 | I | | | | |
| <i>Cucubalus baccifer</i> | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | 1 | I | | | | |
| Cl.: <i>Festuco-Brometea</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Achillea pannonica</i> | + | + | 1 | + | + | + | + | + | 1 | | | | + | + | + | | | | | | | | | | | 12 | III | | | | |
| <i>Bromus erectus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | + | + | + | 7 | II |
| <i>Galium verum</i> | | | | | | | + | + | + | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 4 | I | | | | |
| <i>Euphorbia cyparissias</i> | | | | | | + | + | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | 4 | I | | | | |
| <i>Lavatera thuringiaca</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | + | 3 | I | | |
| <i>Bromus inermis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | 1 | I | | | |
| <i>Pimpinella saxifraga</i> | | | | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | 1 | I | | | | |
| <i>Senecio erucifolius</i> | | | | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | 1 | I | | | | |
| Cl.: <i>Agropyretea intermedio-repentis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Poa compressa</i> | | | | | | + | | | | + | | | | | + | 1 | + | 1 | + | + | + | 1 | | | | 11 | III | | | | |
| <i>Poa angustifolia</i> | + | + | + | | | | 1 | 2 | | | | | | | | + | 2 | | + | 1 | | | | | + | 10 | II | | | | |
| <i>Elymus repens</i> | | | | | | + | + | | | | 1 | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | 2 | + | 2 | + | 9 | II | |

nych: wilgotności gleby – W, trofizmu gleby, w tym głównie zasobności w azot – T, odczynu – O, dyspersji gleby (wskaźnik granulometryczny) – G, zawartości materii organicznej w glebie – H, oraz czynnika odporności na zawartość NaCl w glebie – S, a także odporności na zwiększoną zawartość metali ciężkich w glebie (tab. 7). Grupy ekologiczne gatunków przedstawiono zgodnie z sugestią Ellenberga i in. [1992].

Analizę geograficzno-historyczną flory przeprowadzono na podstawie prac Sudnik-Wójcikowskiej i Koźniewskiej [1988], Mirka i in. [2002] oraz Krawiecovej i Rostańskiego [1972].

Wyniki analizy florystyczno-fitosocjologicznej nie dają podstaw do zidentyfikowania badanych zbiorowisk roślinnych w randze opisanych dotychczas zespołów. W pokrywie roślinnej składowiska stwierdzono wielokierunkowość sukcesyjnych zmian roślinności, prowadzących do powstania spontanicznych, często przypadkowych kombinacji gatunków, co jest charakterystyczne dla inicjalnych faz rozwoju szaty roślinnej [Matuszkiewicz 2001]. Utrudnia to precyzyjną typologię zbiorowisk. W związku z tym diagnoza opiera się przede wszystkim o wyższe jednostki syntaksonomiczne, tj. związki, rzędy i klasy. Nomenklaturę syntaksonów fitosocjologicznych oraz podział syntaksonomiczny roślinności przyjęto za Matuszkiewiczem [2001], natomiast nazewnictwo roślin naczyniowych przyjęto według Mirka i in. [2002], a mchów za Ochyry i in. [2003].

WYNIKI BADAŃ

Struktura florystyczno-fitosocjologiczna roślinności

Po 13 latach od zapoczątkowania rekultywacji, składowisko pokrywa zwarta roślinność (fot. 1-2), na którą składają się przede wszystkim zbiorowiska murawowe i murawowo-ruderalne, a tylko na niewielkich fragmentach badanego obszaru, w miejscach składowania osadów ściekowych i kompostu, występują asocjacje zdecydowanie ruderalne, budowane przez jednoroczne rośliny nitrofilne. Bogactwo gatunkowe szaty roślinnej można ocenić jako znaczne, bowiem w ramach inwentaryzacji stwierdzono tu ponad 100 gatunków roślin (104 gatunki roślin naczyniowych i 4 gatunki mchów), co wobec kilku gatunków pionierskich wkraczających spontanicznie na osady wapna posodowego przed 13 laty oznacza ponad 15-krotny wzrost bioróżnorodności mierzonej liczbą gatunków (fot. 3 i 4).

Na przeważającej części składowiska obserwuje się mozaikowate układy zbiorowisk murawowych o fizjonomii łąki świeżej. Optycznie, są one lepiej wykształcone na złożu wapna posodowego niż na złożu popiołowym. Fitocenozy murawowe, wykazują miejscami charakter przejściowy do zbiorowisk zaroślowych, reprezentujących kolejne fazy sukcesji leśnej na badanym terenie (fot. 5 i 6). Wkraczanie roślinności drzewiastej obserwuje się głównie w lokalnych obniżeniach terenu; występują tam różnej wielkości skupienia krzewów i pionierskich gatunków drzew, takich jak: brzoza brodawkowata

Betula pendula, topola biała *Populus alba*, osika *Populus tremula*, a ponadto krzewy: bez czarna *Sambucus nigra*, berberys zwyczajny *Berberis vulgaris* i, rzadziej, wierzbą uszata *Salix aurita*. W takich zadrzewieniach, w stawie nr 2, zaobserwowano też rozwój roślinności nitrofilnej z rzędu *Convolvuletalia sepium*, z klasy *Artemisietea vulgaris*, tj. ze zbiorowisk na siedliskach przywodnych i ruderalnych. W tych płatach roślinności dominujący udział ma pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica*, trzcinnik piaskowy *Calamagrostis epigeios* i przytulia czepna *Galium aparine*, występuje tam także wyzpin jagodowy *Cucubalus baccifer*, sadziec konopiasty *Eupatorium cannabinum* i kozłek lekarski *Valeriana officinalis*. Występowanie tych gatunków wskazuje na zwiększoną lokalnie wilgotność siedliska w kępach zadrzewień.

W wyniku analizy florystyczno-fitosocjologicznej inwentaryzowanych płatów roślinności zidentyfikowano dwie główne funkcjonalne (socjologiczno-ekologiczne) grupy roślin, które reprezentują jednocześnie dwie syntaksonomiczne grupy gatunków: 1) gatunki rzędu *Sisymbrietalia* klasy *Stellarietea mediae* (gatunki zbiorowisk roślin jednorocznych i dwuletnich zasiedlające tereny ruderalne) oraz 2) gatunki rzędu *Arrhenatheretalia* klasy *Molinio-Arrhenathereteae* (gatunki zbiorowisk łąkowych) (tab. 1 i 2). Przyjęto, że podstawowym wyróżnikiem w identyfikacji zbiorowisk roślinnych są dominacja i proporcje udziałów gatunków należących do powyższych grup (tab. 3), przy czym wzięto pod uwagę przede wszystkim udziały gatunków spontanicznych. Przy identyfikacji zbiorowisk uwzględniono także zróżnicowane właściwości gruntów, gdyż wprowadzenie popiołu na podłoże wapniowe radykalnie zmieniło przebieg sukcesji spontanicznej, pojawiły się liczne gatunki ruderalne i powstały mozaikowate układy roślinne z agregacjami gatunków nitrofilnych. Na podłożu wapniowym natomiast, sukcesja prowadziła do rozwoju zadarnienia i powstania zbiorowiska o charakterze łąkowym. Dlatego też w wyniku inwentaryzacji florystyczno-fitosocjologicznej wyróżniono dwa zbiorowiska: 1) ruderalno-murawowe stulisza Loesela i bylicy pospolitej: *Sisymbrium loeselii-Artemisia vulgaris* na złożu z nadkładem popiołu (tab. 1) oraz 2) zbiorowisko darniowo-łąkowe wiechliny łąkowej i krwawnika pospolitego: *Poa pratensis-Achillea millefolium* na złożu wapniowym (tab. 2).

Struktura florystyczno-fitosocjologiczna roślinności ruderalno-murawowej na stawach dopełnionych popiołem, zbiorowisko stulisza Loesela i bylicy pospolitej *Sisymbrium loeselii-Artemisia vulgaris*

Fizjonomię mozaikowatych płatów tego zbiorowiska determinują gatunki jednoroczne związane z siedliskami ruderalnymi z klasy *Stellarietea mediae* i *Artemisietea vulgaris* oraz trawy, choć te ostatnie mają względnie mniejszy udział w budowie płatów roślinnych (tab. 1). Ogólnie, udział gatunków łąkowych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* oraz gatunków traworoślowych z trzcinnikiem piaskowym jest tu stosunkowo mniej widoczny w porównaniu ze zbiorowiskiem łąkowym wiechliny łąkowej i krwawnika *Poa pratensis-Achillea millefolium* (tab. 3). Udział gatunków należących do pozostałych wyróżnionych grup syntaksonomicznych w budowie

płatów zbiorowiska jest niewielki. Na stawach osadowych dopełnianych popiołem stwierdzono łącznie 65 gatunków roślin naczyniowych (tab. 1). Notowano od 9 do 28 gatunków, przy przeciętnej liczbie 18 gatunków w zdjęciu. W części badanych płatów stwierdzono rozluźnione zwarcie darni i substrat nie pokryty roślinnością, w części płatów występują agregacje roślin nitrofilnych, głównie komosy białej *Chenopodium album* i bylicy pospolitej *Artemisia vulgaris* (fot. 7) Z tego względu przyjęto, że w procesie utrwalania pokrywy roślinnej omawiane zbiorowisko reprezentuje wcześniejszą fazę sukcesji niż zbiorowiska murawowe o charakterze łąki świeżej na podłożu bez aplikacji popiołu. Pod względem bogactwa gatunkowego, zagęszczenia i frekwencji największy udział na tych powierzchniach składowiska mają, jak wspomniano, gatunki typowe dla antropogenicznych nitrofilnych zbiorowisk segetalnych z klasy *Stellarietea mediae*. W ramach tej klasy notowano 24 gatunki z dominującym udziałem roślin jedno- i dwuletich (rząd *Sisymbrietalia*, związek *Sisymbrium officinalis*), jako forpocząty dla dalszych stadiów sukcesji nitrofilnych roślin wieloletnich (bylin), głównie ruderalnych (klasa *Artemisietea vulgaris*). Na uwagę zasługuje miejscami łąkowe występowanie, z dość dużym pokrywaniem i stałością (V^{+3}) stulisza Loesela. Jest to gatunek z reguły notowany na suchych wysypiskach i przyzmach żwiru, a także na kolejowych nasypach i torowiskach. W badanych płatach gatunek ten występuje z ilościowością w stopniu: 2, 3 a nawet 4 w skali Braun-Blanqueta, tj. do 75% w pokrywie roślinnej (tab. 1, fot. 2). Duży udział mają także gatunki wchodzące w skład zbiorowisk chwastów upraw okopowych i ogrodowych (rząd *Polygono-Chenopodietalia*). Panującą formą życiową w tym zbiorowisku są letnio-jesienne rośliny jednoroczne (terofity). Największy udział, pokrywanie i stałość mają: komosa biała *Chenopodium album*, konyza kanadyjska *Coryza canadensis*, stokłosa płonna *Bromus sterilis*, szarłat szorstki *Amaranthus retroflexus*, życica wielokwiatowa *Lolium multiflorum* i maruna nadmorska bezwonna *Matricaria maritima* ssp. *inodora* (tab. 1). Spośród gatunków rzadkich należy wymienić wrzosowca cienkoskrzydłowego *Corispermum leptopterum*, wyróżniającego się miotlasto rozgałęzionym i czerwono-żółtym zabarwionym pędem (fot. 8). Jest to gatunek charakterystyczny dla zespołu roślinności ruderalnej *Corispermum-Brometum tectorum* z rzędu *Sisymbrietalia* zasiedlającego niestabilne podłoża w pierwszych fazach kolonizowania terenów [Matuszkiewicz 2001; Rekowska i Nowakowski 2011].

W zbiorowisku łąkowym stwierdzono występowanie 19 gatunków z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, w tym 13 gatunków traw, przy czym największe udziały mają trzy gatunki: życica trwała *Lolium perenne*, kupkówka pospolita *Dactylis glomerata* i kostrzyca *Festulolium braunii*. Są to gatunki dosiewane, stąd mające przewagę konkurencyjną jako rośliny protegowane gospodarczo. Łączne pokrywanie, z dużym zwarciem kępowym lub łąkowym tych traw czasem przekracza 50%. Jednocześnie gatunki te występują z najwyższą stałością (V^{+1-2-3}). Z mniejszym niż poprzednie gatunki pokrywaniem, badane płaty zbiorowiska zasiedlają także wiechlina łąkowa *Poa pratensis* i kostrzewa łąkowa *Festuca pratensis* (tab. 1). Spośród nielicznych roślin dwuliściennych, z niewielkim pokrywaniem, ale z wysoką stałością występują: krwawnik pospolity *Achillea millefolium* i marchew zwyczajna *Daucus carota*. Za-

notowano 13 gatunków nitrofilnych bylin siedlisk ruderalnych z klasy *Artemisietea vulgaris*. Dominuje tu bylica pospolita *Artemisia vulgaris*, występująca zazwyczaj w agregacjach, dochodzących miejscami do 50% pokrywania powierzchni zdjęcia i ze stałością V^{+3} . Pozostałe gatunki, np. bniec biały *Melandrium album*, łoboda błyszcząca *Atriplex nitens*, pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica*, wiesiołek dwuletni *Oenothera biennis*, ostrożeń lancetowaty *Cirsium vulgare* i wrotycz pospolity *Tanacetum vulgare* występują sporadycznie. Ponadto, na powierzchniach składowiska ze złożem popiołowym notowano z niewielką frekwencją skupienia traw: trzcinnika piaskowego *Calamagrostis epigejos*, wiechliny wąskolistnej *Poa angustifolia* i perzu właściwego *Elymus repens*, rzadziej wiechliny spłaszczonej *Poa compressa* (tab. 1).

Struktura florystyczno-fitosocjologiczna roślinności murawowej na złożu wapniowym, zbiorowisko wiechliny łąkowej i krowawnika pospolitego *Poa pratensis*-*Achillea millefolium*

Roślinność na złożu wapniowym ma charakter łąkowy i jest bardziej urozmaicona niż zbiorowiska na gruncie popiołowym, zarówno pod względem bogactwa gatunkowego, jak i zróżnicowania aspektów roślinności w zależności od warunków troficzno-wilgotnościowych związanych z ukształtowaniem podłoża. Odnotowano tu 91 gatunków roślin naczyniowych i 4 gatunki mchów, a przeciętna liczba gatunków w zdjęciu wynosi 24, przy rozpiętości od 19 do 34 gatunków w zdjęciach. Na roślinność złoża wapniowego składają się gatunki z sześciu grup syntaksonomicznych w randze klas (tab. 2). Dominującą rolę w budowie płatów łąkowych odgrywają gatunki z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*. Na złożach wapniowych gatunki te dominują w tworzeniu pokrywy roślinnej tak liczbowo (31 gatunków), jak i pod względem udziału powierzchniowego. Znaczny udział w budowie płatów roślinnych tego zbiorowiska ma trzcinnik piaskowy zajmując czasem ponad 50% powierzchni zdjęcia. Trzcinnik piaskowy występuje w płatach omawianego zbiorowiska z dużą stałością i ilościowością (IV^{+3}) (tab. 2). Jest to ekspansywny gatunek pionierski, który rozprzestrzenia się za pomocą rozłogów podziemnych i nadziemnych. Na badanym składowisku obserwuje się łąkowe występowanie trzcinnika, który tworzy zwartą darń z domieszką innych gatunków traw oraz roślin dwuliściennych.

Stosunkowo mniejszy udział w budowie płatów tego zbiorowiska mają gatunki siedlisk ruderalnych (*Artemisietea vulgaris*, *Artemisienea vulgaris*, *Onopordetalia acanthi*, *Onopordion acanthii*, *Artemisietalia*, *Glechometalia hederaceae*, *Convolvuletalia sepium*, *Galio-Urticenea*) i segetalnych (*Stellarietea mediae*, *Sisymbrietalia*, *Polygono-Chenopodietalia*). Niewielki udział mają natomiast gatunki zbiorowisk kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea* oraz kserotermiczno-ruderalnych (*Agropyreteae intermedio-repentis*). Roślinność łąkową tworzą gatunki charakterystyczne dla: antropogenicznych darniowych zbiorowisk łąkowych i pastwiskowych (*Molinio-Arrhenatheretea*), użytków zielonych na świeżych glebach mineralnych (*Arrhenatheretalia elatioris*), użytków zielonych mezo- i eutroficznych (*Molinietales caeruleae*),

zbiorowisk dywanowych i wydepczyskowych (*Plantaginetalia majoris*). Najwyższą stałość i pokrywanie w tym zbiorowisku osiągają gatunki wieloletnie - trawy: wiechlina łąkowa *Poa pratensis* - V⁺⁴, kupkówka pospolita *Dactylis glomerata* - V⁺³, kostrzewa łąkowa *Festuca pratensis* - III⁺³, kostrzewa trzcinowata *Festuca arundinacea* - II⁺³ i kostrzycza Brauna *Festulolium braunii*, której stałość i pokrywanie oceniono na III⁺². Spośród pozostałych traw odnotowano jeszcze wiechlinę zwyczajną *Poa trivialis* i życię trwałą *Lolium perenne*, ale z nieco mniejszym udziałem (II⁺¹⁻²). Należy specjalnie podkreślić, że duży wpływ na fizjonomię zbiorowisk łąkowych wywierają gatunki roślin dwuliściennych dwu- i wieloletnich bylin (spontanicznego pochodzenia), m. in. marchew zwyczajna *Daucus carota* i krwawnik pospolity *Achillea millefolium*. W aspekcie letnim, białe kwiatostany tych roślin, występujących w płatach ze stosunkowo dużym pokrywaniem, składają się na specyficzną mozaikę tego zbiorowiska. Ponadto, mozaikę roślinności łąkowej ożywiają różnobarwne skupienia gatunków bylin, np. omanu łąkowego *Inula britannica* (fot. 9) przytulii pospolitej *Galium mollugo* (fot. 10) i wyki ptasiej *Vicia cracca* (fot. 11). Należy podkreślić występowanie z wysoką stałością, aczkolwiek z niewielkim pokrywaniem (IV⁺²), mniszka pospolitego *Taraxacum officinale*. Gatunek ten zazwyczaj występuje na żyznej, mineralnej i świeżej glebie. Obecność powyżej wymienionych gatunków świadczy o znacznym stopniu zaawansowania procesów tworzenia się darni łąkowej na lokalnych podłożach. Omawiane zbiorowisko wyraźnie nawiązuje składem gatunkowym do zbiorowisk użytkowanych intensywnie łąk świeżych ze związku *Arrhenatherion elatioris*. Na badanym obszarze, zbiorowisko wiechliny łąkowej i krwawnika pospolitego *Poa pratensis*-*Achillea millefolium* reprezentuje etap roślinnej sukcesji bardziej zaawansowanej niż zbiorowisko ruderalno-murawowe na podłożach z dodatkiem popiołów paleniskowych.

Jak wspomniano powyżej, wśród roślinności łąkowej obserwuje się kępy i remizy drzew i krzewów, a także skupienia podrostów i siewek drzew z udziałem topoli osiki *Populus tremula*, topoli białej *Populus alba*, brzozy brodawkowatej *Betula pendula*, bzu czarnego *Sambucus nigra*, berberysu pospolitego *Berberis vulgaris* i wierzby szarej *Salix cinerea*, a miejscami klonu jesionolistnego *Acer negundo*. Obecność gatunków drzewiastych świadczy o postępach sukcesji zbiorowisk leśnych w tych lokalizacjach, w których warunki mikroreliefu składowiska oraz właściwości fizyko-chemiczne podłoża pozwalają na utrzymywanie się roślin wieloletnich o rozległych systemach korzeniowych.

W badanych płatach fitocenoz łąkowych obecna jest także grupa gatunków jednorocznych związanych z siedliskami ruderalnymi z klasy *Stellarietea mediae*. Zanotowano tam 18 gatunków jednorocznych i dwuletних chwastów upraw okopowych (*Polygono-Chenopodietalia*, *Sisymbrietalia*). Na badanych powierzchniach z najwyższą stałością i znacznym pokrywaniem (III-V⁺⁴) występują: stulisz Loesela *Sisymbrium loeselii*, komosa biała *Chenopodium album*, maruna nadmorska bezwonna *Matricaria maritima* subsp. *inodora*, szarłat szorstki *Amaranthus retroflexus* i sałata kompasowa *Lactuca serriola*. Udział pozostałych gatunków w tym zbiorowisku jest



Fot. 1. Łany trzcinnika piaskowego *Calamagrostis epigejos*



Fot. 2. Łanowe występowanie stulisza Loesela *Sisymbrium loeseli*.
Na drugim planie składowana biomasa z ubiegłorocznego koszenia roślin



Fot. 3. Mozaika roślinności na składowisku odpadów posodowych.
W głębi Janikowskie Zakłady Sodowe Janikosoda



Fot. 4. Bogactwo florystyczne z roślinnością zielną i drzewiasto-krzewiastą na składowisku



Fot. 5. Zbiorowisko murawowe o fizjonomii łąki świeżej



Fot. 6. Roślinność krzewiasto-drzewiasta w lokalnych obniżeniach terenu

Fot. 7. Agregacje roślin nitrofilnych, głównie komosy białej *Chenopodium album* i bylicy pospolitej *Artemisia vulgaris*



Fot. 8. Wrzosowiec cienkoskrzydłkowy *Corispermum leptopterum*

Fot. 9. Skupienie omanu łąkowego *Inula britannica* wśród roślinności łąkowej





Fot. 10. Przytulnia pospolita *Galium mollugo* wśród roślinności łąkowej składowiska



Fot. 11. Łan wyki ptasiej *Vicia cracca* w zbiorowisku łąkowym

sporadyczny (tab. 2). Z reguły rośliny te w dalszych stadiach sukcesji opuszczają swoje tereny ustępując miejsca roślinności bylin siedlisk ruderalnych (*Artemisietea vulgaris*). Na złożu wapniowym stwierdzono 20 gatunków roślin z tej grupy, w tym głównie wysokie, światłożadne byliny ruderalne odporne na suszę (rząd *Onopordetalia*), np. oset zwisły *Carduus nutans*, bylica piołun *Artemisia absinthium*, nostryk biały *Melilotus alba*, wiesiołek dwuletni *Oenothera biennis*, a ponadto, wybitnie nitrofilne, umiarkowanie światłożadne rośliny ruderalne, występujące na świeżych i zasobniejszych w próchnicę glebach (*Artemisietalia*), m. in.: przytulia czepna *Galium aparine*, pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica* i łopian większy *Arctium lappa*. Wśród roślin tej grupy cztery gatunki odnotowano z dość wysoką stałością występowania, chociaż z umiarkowanym pokrywaniem w zakresie III–IV⁺¹⁻². Są to: bylica pospolita *Artemisia vulgaris*, bniec biały *Melandrium album*, lucerna siewna *Medicago sativa*, ostrożeń polny *Cirsium arvense* i oset zwisły *Carduus nutans*. Udział większości gatunków tej grupy jest niewielki, występują rzadko i z niską frekwencją (tab. 2).

W mozaikowaty układ roślinności na składowisku wkomponowana jest miejscami także roślinność kserotermiczna – ciepłolubnych i wapieniolubnych muraw *Festuco-Brometea*. Spośród stwierdzonych ośmiu gatunków, dwa występują dość często: stokłosa prosta *Bromus erectus* i krwawnik pannoński *Achillea pannonica*. Znaleziono tam też pięć gatunków roślin z grupy semiruderalnej roślinności kserotermicznej (*Agropyreteae intermedio-repentis*). Są to rośliny kłączowe i rozłogowe z dominującym udziałem traw: perzu właściwego *Elymus repens*, wiechliny wąskolistnej *Poa angustifolia* i wiechliny spłaszczonej *Poa compressa* (tab. 2). Rośliny te zajmują na ogół siedliska suche i w danych warunkach najcieplejsze na podłożu zasobnym w związki mineralne, o odczynie obojętnym lub lekko zasadowym. Zawartość azotu ma w tym przypadku mniejsze znaczenie niż w typowych zbiorowiskach ruderalnych.

Bioróżnorodność szaty roślinnej - udział grup systematycznych, grup syntaksonomicznych i form życiowych roślin, pochodzenie geograficzne gatunków

Na zreultywowanym terenie składowiska stwierdzono gatunki należące do 13 syntaksonomicznych grup roślinności w randze klasy, z tym że dominują gatunki z trzech grup syntaksonomicznych: *Stellarietea mediae* (zbiorowiska chwastów pól uprawnych i terenów ruderalnych), *Molinio-Arrhenatheretea* (zbiorowiska łąkowe) oraz *Artemisietea vulgaris* (nitrofilne zbiorowiska bylin na siedliskach ruderalnych) (tab. 3). 83% gatunków roślin zinwentaryzowanych na składowisku należy do trzech powyższych grup syntaksonomicznych. Pozostałe gatunki przypadają na 10 pozostałych klas. Na powierzchniach na złożu popiołowym dominują gatunki z klasy *Stellarietea mediae*, a na złożu wapniowym – gatunki z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z dominacją roślin jednorocznych i dwuletnich, które stanowią początkową fazę zasiedlenia terenów ruderalnych; przypadek drugi świadczy o zapoczątkowanym procesie utrwalania i zadarniania pokrywy roślinnej (tab. 3).

Tabela 3. Udział grup syntaksonomicznych w randze klasy**Table 3.** Participation of syntaxonomic groups ranked as Classes

| Grupa syntaksonomiczna (klasa) | Całkowita flora | | Złoza dopełniane popiołem | | Złoza bez popiołu | |
|--------------------------------|-----------------|-------|---------------------------|-------|-------------------|-------|
| | Liczba | % | Liczba | % | Liczba | % |
| <i>Stellarietea mediae</i> | 32 | 31,1 | 31 | 40,8 | 23 | 25,0 |
| <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> | 29 | 28,2 | 18 | 23,7 | 28 | 30,4 |
| <i>Artemisietea vulgaris</i> | 24 | 23,3 | 16 | 21,0 | 23 | 25,0 |
| <i>Festuco-Brometea</i> | 9 | 8,7 | 6 | 7,9 | 9 | 9,8 |
| Pozostałe grupy (klasy) | 9 | 8,7 | 5 | 6,6 | 9 | 9,8 |
| Razem | 103 | 100,0 | 76 | 100,0 | 92 | 100,0 |

Powyższe stwierdzenie znajduje poparcie w wynikach analizy składu lokalnej flory pod kątem udziału form życiowych. Hemikryptofity (naziemnopączkowe), czyli rośliny dwu- i wieloletnie z pąkami zwykle ukrytymi w przyziemnej różyczce liści, zimującymi na powierzchni gleby stanowią ponad połowę (54,8%) składu zinwentaryzowanej flory (tabela 4). Roślin jednorocznych (terofitów) jest prawie o połowę mniej (27,9%), co jest dowodem na zaawansowanie sukcesji roślinnej na zreultywowanym składowisku, gdyż jak wynika z dotychczasowych badań, to pierwsze fazy sukcesji charakteryzują się przewagą roślin jedorocznych nad wieloletnimi, a w miarę upływu czasu przybywa hemikryptofitów, chamefitów i fanerofitów [Cabała i Jarząbek 1999; Dyguś 2004; Rostański 2006]. Dominujący udział roślin wieloletnich w pokrywie roślinnej świadczy o jej dużej trwałości.

Florę zreultywowanego terenu reprezentuje 31 taksonów w randze rodzin (tab. 5), przy czym dwie rodziny, tj. *Poaceae* (trawy) i *Asteraceae* (złożone) skupiają prawie 50% całej flory. Największą liczbą gatunków odznaczają się trawy *Poaceae* – 23,1%

Tabela 4. Udział form życiowych roślin naczyniowych według Raunkiaera**Table 4.** Participation of life forms of vascular plants according to Raunkiaer

| Forma życiowa | Całkowita flora | | Złoza dopełniane popiołem | | Złoza bez popiołu | |
|---------------------------|-----------------|-------|---------------------------|-------|-------------------|-------|
| | Liczba | % | Liczba | % | Liczba | % |
| Hemikryptofity (H) | 57 | 54,8 | 41 | 58,6 | 56 | 58,9 |
| Terofity (T) | 29 | 27,9 | 22 | 31,4 | 21 | 22,1 |
| Geofity (G) | 9 | 8,7 | 5 | 7,1 | 9 | 9,5 |
| Megafanerofity (M) | 3 | 2,9 | – | – | 3 | 3,2 |
| Nanofanerofity (N) | 2 | 1,9 | 1 | 1,4 | 2 | 2,1 |
| Chamefity zielne (C) | 2 | 1,9 | 1 | 1,4 | 2 | 2,1 |
| Chamefity drzewiaste (Ch) | 2 | 1,9 | – | – | 2 | 2,1 |
| Razem | 104 | 100,0 | 70 | 100,0 | 95 | 100,0 |

Tabela 5. Udział rodzin we florze na składowisku odpadów posodowych**Table 5.** Participation of Families in the flora on soda waste disposal site

| Rodziny | Całkowita flora na składowisku | | Złoza dopełniane popiołem | | Złoza bez popiołu | | |
|---|--------------------------------|-------|---------------------------|-------|-------------------|-------|------|
| | Liczba | % | Liczba | % | Liczba | % | |
| <i>Poaceae</i> – trawy | 25 | 23,1 | 22 | 35,5 | 23 | 23,7 | |
| <i>Asteraceae</i> – złożone | 22 | 20,4 | 11 | 17,7 | 22 | 22,7 | |
| <i>Fabaceae</i> – motylkowate | 7 | 6,5 | 2 | 3,2 | 7 | 7,2 | |
| <i>Caryophyllaceae</i> – goździkowate | 5 | 4,6 | 3 | 4,8 | 5 | 5,1 | |
| <i>Brassicaceae</i> – krzyżowe | 4 | 3,7 | 4 | 6,5 | 3 | 3,1 | |
| <i>Chenopodiaceae</i> – komosowate | 4 | 3,7 | 4 | 6,5 | 2 | 2,1 | |
| <i>Apiaceae</i> – baldaszkowate | 4 | 3,7 | 2 | 3,2 | 3 | 3,1 | |
| <i>Boraginaceae</i> – szorstkolistne | 4 | 3,7 | 3 | 4,8 | 3 | 3,1 | |
| <i>Polygonaceae</i> – rdestowate | 3 | 2,8 | 3 | 4,8 | 3 | 3,1 | |
| <i>Scrophulariaceae</i> – trędownikowate | 3 | 2,8 | 3 | 4,8 | 3 | 3,1 | |
| <i>Rubiaceae</i> – marzanowate | 3 | 2,8 | 3 | 4,8 | 3 | 3,1 | |
| Pozostałe 20 rodzin z udziałem 1–2 gatunków | Rośliny naczyniowe | 20 | 18,5 | 2 | 3,2 | 16 | 16,5 |
| | Mchy | 4 | 3,7 | – | – | 4 | 4,1 |
| Razem | 108 | 100,0 | 62 | 100,0 | 97 | 100,0 | |

i złożone *Asteraceae* – 20,4%, a mniej liczne są motylkowe *Fabaceae*, goździkowate *Caryophyllaceae*, krzyżowe *Brassicaceae*, komosowate *Chenopodiaceae*, baldaszkowate *Apiaceae* i szorstkolistne *Boraginaceae*. Pozostałe 23 rodziny reprezentowane są zaledwie przez pojedyncze gatunki. We florze zidentyfikowano także 4 gatunki mchów należących do dwóch rodzin (*Bryaceae* i *Brachytheciaceae*), których przedstawiciele należą do grupy roślin pionierskich.

Jak wynika z analizy geograficzno-historycznej badanej flory, w jej składzie dominują apofity, czyli gatunki synantropijne rodzimego pochodzenia (74,8%), trwale zadomowione na siedliskach antropogenicznych (tab. 6). Do tej grupy należą m.in. perz właściwy *Elymus repens*, komosa biała (lebioda) *Chenopodium album*, łopian większy *Atctium lappa*, gwiazdnica pospolita *Stellaria media*, trzcinnik piaskowy *Calamagrostis epigejos*, przytulica czepna *Galium aparine* i podbiał pospolity *Tussilago farfara*, który nie występuje w badanych płatach muraw, lecz jest dość często spotykany przy lokalnych drogach na składowisku. Pozostałe 25% przypadają na gatunki obcego pochodzenia (antropofity). Spośród nich większy udział miały archeofity (15,5%) aniżeli kenofity (9,7%). Przewagę apofitów na całej powierzchni zreultywowanej można przypisać dużemu udziałowi gatunków traw (w zdecydowanej większości rodzimych) i ich strategii hamowania rozwoju roślin dwuliściennych, spośród których wywodzi się najwięcej gatunków obcych (tab. 6).

Tabela 6. Analiza geograficzno-historyczna roślin**Table 6.** Geographic-historical analysis of flora

| Grupy geograficzno-historyczne | | Całkowita flora na składowisku | | Złoże dopełniane popiołem | | Złoże bez popiołu | |
|--------------------------------|------------|--------------------------------|-------|---------------------------|-------|-------------------|-------|
| | | Liczba | % | Liczba | % | Liczba | % |
| Apofity | | 77 | 74,8 | 51 | 71,8 | 74 | 78,7 |
| Antropofity | Archeofity | 16 | 15,5 | 14 | 19,7 | 11 | 11,7 |
| | Kenofity | 10 | 9,7 | 6 | 8,5 | 9 | 9,6 |
| Razem | | 103 | 100,0 | 71 | 100,0 | 94 | 100,0 |

Ocena wymagań zbiorowiska pod względem warunków środowiska – wskaźniki ekologiczne

Warunki siedliskowe roślinności (wymagania zbiorowiska pod względem warunków środowiska) oceniono metodą fitoindykacji ekologicznej (tab. 7). Ocenę tę wykonano wykorzystując następujące skale ekologiczne określające właściwości podłoża: wilgotność, trofizm, odczyn, dyspersję (wskaźnik granulometryczny), zawartość materii organicznej oraz skale odporności na zawartość NaCl i odporności na nadmierną zawartość metali ciężkich (tab. 7, kol. 5).

Stosunki wilgotnościowe (W). Siedliska na złożu wapiennym mają wyraźnie heterogeniczny charakter pod względem warunków uwilgotnienia, w zależności od mikroreliefu i właściwości fizyko-chemicznych podłoża. Przeważają tam (ok. 60%) rośliny wskaźnikowe siedlisk świeżych ($W_{3, 2-4, 3-4}$), np. trzcinnik piaskowy *Calamagrostis epigejos*, komosa biała *Chenopodium album*, szarłat szorstki *Amaranthus retroflexus*, mniszek pospolity *Taraxacum officinale*, bylica pospolita *Artemisia vulgaris*, kupkówka pospolita *Dactylis glomerata*, marchew zwyczajna *Daucus carota*, perz właściwy *Elymus repens*, życica trwała *Lolium perenne* czy też blekot pospolity *Aethusa cynapium*. Niecałe 25% zinventaryzowanej flory stanowią gatunki wskaźnikowe siedlisk suchych ($W_{2, 2-3}$), np. stulisz Loesela *Sisymbrium loeselii*, wrzosowiec cienkoskrzydłkowy *Corispermum leptopterum*, stokłosa prosta *Bromus erectus*, przytulia właściwa *Galium verum*, krwawnik pannoński *Achillea pannonica*, łoboda błyszcząca *Atriplex nitens* i biedrzynek mniejszy *Pimpinella saxifraga*. Stwierdzono także niewielką liczbę (ok. 15%) gatunków wskaźnikowych siedlisk wilgotnych a nawet mokrych ($W_{4, 4-5}$), w tym gatunki takie, jak np.: oman łąkowy *Inula britannica*, wyczyniec łąkowy *Alopecurus pratensis*, oset zwisty *Carduus nutans*, wiechlina zwyczajna *Poa trivialis*, psianka słodkogórz *Solanum dulcamara* i kozłek lekarski *Valeriana officinalis*.

Trofizm siedliska (T). Na zmienność warunków żyzności podłoża na badanym obszarze wskazuje obecność gatunków o zróżnicowanych wymaganiach pokarmowych, z przewagą roślin wymagających siedlisk żyznych, mezo- i eutroficznych. Rosną

Tabela 7. Analiza ekologiczna i florystyczno-fitosocjologiczna gatunków roślin na złożu popiołowym (A) i na złożu wapniowym (B)**Table 7.** Ecologic and floristic-phytosociological analysis of plant species on ash (A) and lime (B) substrates

| Lp. | Gatunek | Fz | Wskaźniki ekologiczne | | | | | | | | Gg-h | Ge | Gs | SP | |
|-----|--------------------------------|--------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|------|-----|-------------------|-------------------|--|
| | | | W | T | O | G | H | S | M | A | | | | B | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| 1 | <i>Achillea millefolium</i> | H | 2-3 | 3-4 | 3-4 | 4 | 1-2 | 1 | - | Ap | Ł | M-A | IV ⁺² | III ⁺² | |
| 2 | <i>Achillea pannonica</i> | H | 2 | 3 | 5 | 3-5 | 1-2 | - | - | Ap | Mks | F-B | I ⁺ | III ⁺¹ | |
| 3 | <i>Aethusa cynapium</i> | T | 3 | 4 | 4-5 | 4-5 | 2 | - | - | Ar | Sg | Sm | I ⁺ | | |
| 4 | <i>Agrostis stolonifera</i> | H | 4 | 3-4 | 3-5 | 2-4 | 1-2 | 1 | 1 | Ap | R | M-A | I ⁺ | I ⁺ | |
| 5 | <i>Alopecurus pratensis</i> | H | 4 | 4 | 4 | 4-5 | 2 | - | - | Ap | Ł | M-A | - | I ⁺ | |
| 6 | <i>Amaranthus lividus</i> | T | 3 | 5 | 4-5 | 4 | 2 | - | - | Kn | Sg | Sm | I ⁺ | II ² | |
| 7 | <i>Amaranthus retroflexus</i> | T | 3 | 5 | 4 | 3-4 | 2 | - | - | Kn | Sg | Sm | IV ⁺¹ | III ⁺² | |
| 8 | <i>Anchusa officinalis</i> | H | 3 | 3-4 | 4 | 3-4 | 2 | - | - | A | R | Av | II ² | I ⁺ | |
| 9 | <i>Arabidopsis thaliana</i> | T | 2-3 | 2-3 | 3-4 | 2-3 | 2 | - | - | Ap | Mp | Sm | I ⁺ | I ⁺ | |
| 10 | <i>Arctium lappa</i> | H | 3 | 5 | 4 | 4 | 2 | - | - | Ap | R | Av | - | I ⁺ | |
| 11 | <i>Arrhenatherum elatius</i> | H | 3 | 4 | 4-5 | 4 | 2 | - | - | Ap | Ł | M-A | I ⁺ | I ⁺ | |
| 12 | <i>Artemisia abrotanum</i> | Ch/N | 2-3 | 3 | 3-4 | 3 | 2 | - | - | K | Sg | Av | - | I ⁺ | |
| 13 | <i>Artemisia absinthium</i> | Ch | 2-3 | 3 | 3-4 | 3 | 2 | - | - | Ar | Sg | Av | - | I ⁺ | |
| 14 | <i>Artemisia vulgaris</i> | H | 3 | 4 | 4-5 | 4 | 2 | - | - | Ap | R | Av | V ⁺³ | IV ⁺² | |
| 15 | <i>Atriplex nitens</i> | T | 2 | 3 | 4-5 | 3 | 1-2 | - | - | Ar | Sg | Sm | II ² | I ⁺ | |
| 16 | <i>Avenula pubescens</i> | H | 4 | 2 | 2-3 | 2 | 1 | 1 | 1 | Ap | Ł | M-A | I ⁺ | I ⁺ | |
| 17 | <i>Betula pendula</i> | b/c | M | 3 | 2-3 | 3-4 | 3-4 | 1-2 | - | Ap | LI | Q-F | - | I ¹ | |
| 18 | <i>Brachythecium rutabulum</i> | d | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | I ⁺ | |
| 19 | <i>Bromus erectus</i> | H | 2 | 3 | 5 | 4-5 | 2 | 1 | - | Ap | Ł | M-A | I ⁺ | III ⁺² | |
| 20 | <i>Bromus inermis</i> | H | 2-3 | 3 | 4-5 | 3-5 | 1-2 | - | - | Ap | Sg | F-B | II ⁺² | I ⁺ | |
| 21 | <i>Bromus sterilis</i> | T | 2 | 3 | 4 | 3 | 1 | - | - | Ar | Sg | Sm | II ¹⁻² | I ¹⁻² | |
| 22 | <i>Bryum argenteum</i> | d | - | - | - | - | - | - | - | - | Sg | Sm | I ⁺ | v | |
| 23 | <i>Bryum caespitium</i> | d | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | I ⁺ | |
| 24 | <i>Calamagrostis epigejos</i> | G/H | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | Ap | R, O | Ea | II ⁺² | V ⁺³ | |
| 25 | <i>Capsella bursa-pastoris</i> | H/T | 3 | 4 | 4 | 4 | 1-3 | - | - | Ar | Sg | Av | I ⁺ | I ⁺ | |
| 26 | <i>Carduus nutans</i> | H | 4 | 4 | 5 | 4-5 | 2 | - | - | Ap | R | Av | II ⁺ | IV ⁺² | |
| 27 | <i>Cerastium holosteoides</i> | C | 2 | 2 | 3-5 | 3-4 | 2 | - | - | Ap | Ł | M-A | - | I ⁺ | |
| 28 | <i>Ceratodon purpureus</i> | d | - | - | - | - | - | - | - | - | - | K-C | I ⁺¹ | | |
| 29 | <i>Chenopodium album</i> | T | 3 | 4-5 | 4 | 3-5 | 2 | - | - | Ap | Sg | Sm | V ⁺³ | II ⁺⁴ | |
| 30 | <i>Chenopodium polyspermum</i> | T | 3 | 3-5 | 3-4 | 4-5 | 2-3 | - | - | Ap | Sg | Sm | I ⁺ | - | |
| 31 | <i>Cirsium arvense</i> | G | 2-3 | 3-4 | 3-5 | 3-5 | 2 | - | - | Ap | Sg | Av | II ⁺ | IV ⁺² | |
| 32 | <i>Cirsium vulgare</i> | H | 3 | 3 | 3-4 | 3-5 | 1-2 | - | - | Ap | R | Av | I ⁺ | II ⁺¹ | |
| 33 | <i>Convolvulus arvensis</i> | G/H/li | 2-3 | 3 | 3-5 | 4-5 | 2 | - | 1 | Ap | R | Sm | II ² | I ⁺ | |
| 34 | <i>Conyza canadensis</i> | T/H | 2-3 | 3 | 3-4 | 3-4 | 2 | - | - | Kn | R | Sm | III ⁺² | II ⁺ | |
| 35 | <i>Corispermum leptopterum</i> | T | 2 | 2 | 3-5 | 2-3 | 1 | - | - | Ap | R | Sm | I ⁺ | - | |
| 36 | <i>Dactylis glomerata</i> | H | 3 | 4-5 | 4-5 | 4 | 2 | 1 | - | Ap | Ł | M-A | I ⁺ | V ⁺³ | |
| 37 | <i>Daucus carota</i> | H | 3 | 4 | 4-5 | 4 | 2 | 1 | - | Ap | R | M-A | III ⁺ | IV ⁺³ | |
| 38 | <i>Deschampsia caespitosa</i> | H | 4 | 3-4 | 3-4 | 4 | 2-3 | 1 | - | Ap | Ł | M-A | I ⁺ | I ⁺ | |
| 39 | <i>Diplotaxis muralis</i> | T/H | 2 | 3 | 4-5 | 2-4 | 2 | - | - | Kn | Sg | Av | I ⁺ | - | |
| 40 | <i>Echinochloa crus-galli</i> | T | 3-4 | 4-5 | 3-4 | 2-4 | 2 | - | - | Ar | Sg | Sm | I ⁺ | - | |

c.d. tabeli 7

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-----|-----|-----|-----|---|---|------|-----|---------------|-------------------|-------------------|------------------|
| <i>Echium vulgare</i> | H | 2 | 3 | 4-5 | 2-3 | 2 | - | - | Ap | R | Av | II ⁺² | II ⁺² | |
| <i>Elymus repens</i> | G | 3 | 3-4 | 3-5 | 4 | 1-2 | 1 | - | Ap | R | Sm | II ² | II ² | |
| <i>Epilobium montanum</i> | H | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | - | - | Ap | R | Av | - | I ⁺ | |
| <i>Eupatorium cannabinum</i> | G | 3-4 | 3-4 | 3-4 | 2-5 | 2 | 1 | 1 | Ap | Ł | Sm | - | I ⁺ | |
| <i>Euphorbia cyparissias</i> | G/H | 2 | 3 | 3-5 | 2-4 | 2 | - | - | Ap | Mks | F-B | - | I ⁺ | |
| <i>Festuca arundinacea</i> | H | 3-4 | 4 | 4 | 4-5 | 2 | 2 | - | Ap | R | M-A | I ¹ | III ⁺³ | |
| <i>Festuca ovina</i> | H | 2 | 2 | 3-5 | 3 | 2 | 1 | 1 | Ap | R | K-C | - | I ⁺ | |
| <i>Festuca pratensis</i> | H | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | Ap | Ł | M-A | II ⁺² | IV ⁺³ | |
| <i>Festulolium brauni</i> | Brak danych | | | | | | | | | | | Gu | V ⁺² | IV ⁺² |
| <i>Galium aparine</i> | T/H | 3-4 | 4-5 | 4 | 2-5 | 2 | - | - | Ap | R | Sm | II ² | II ⁺¹ | |
| <i>Galium mollugo</i> | H | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | - | - | Ap | Ł | M-A | I ⁺ | I ⁺ | |
| <i>Galium verum</i> | H | 2 | 3 | 4-5 | 3-4 | 2 | - | - | Ap | O | F-B | II ² | I ⁺¹ | |
| <i>Geranium pusillum</i> | T | 3 | 4 | 3-4 | 3-5 | 2-3 | - | - | Ap | Sg | Sm | I ⁺ | - | |
| <i>Inula britannica</i> | H | 4 | 4 | 4-5 | 4-5 | 3 | 1 | - | Ap | Ł | M-A | - | I ¹ | |
| <i>Lamium purpureum</i> | T/H | 3 | 4 | 4-5 | 2-5 | 2 | - | - | Ar | Sg | Sm | I ⁺ | | |
| <i>Lappula squarrosa</i> | T/H | 2-3 | 4 | 4 | 5-4 | 4-3 | - | - | Ar/K | R | Sm | - | I ⁺ | |
| <i>Lavatera thuringiaca</i> | H | 2 | 3 | 5 | 4 | 2 | 1 | - | K | Mks | F-B | - | II ⁺ | |
| <i>Leontodon autumnalis</i> | H | 3-4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | Ap | Ł | M-A | - | II ⁺ | |
| <i>Linaria vulgaris</i> | G | 2-3 | 3-4 | 3-5 | 2-4 | 2 | - | - | Ap | R | Av | III ⁺ | I ⁺ | |
| <i>Lolium multiflorum</i> | H/T | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | - | - | K | Ł | Gu/Sm/ M-A | II ⁺² | II ⁺³ | |
| <i>Lolium perenne</i> | H | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | Ap | Ł | M-A | V ⁺² | III ⁺¹ | |
| <i>Lotus corniculatus</i> | H | 3-4 | 3-4 | 3-5 | 4 | 2 | 1 | 1 | Ap | Ł | M-A | - | I ⁺ | |
| <i>Matricaria maritima</i> <i>ssp. inodora</i> | H/T | 3 | 4 | 4 | 3-4 | 2 | - | - | Ar | Sg | Sm | II ⁺¹ | III ⁺¹ | |
| <i>Medicago sativa</i> | H | 3 | 4 | 3-4 | 2-4 | 2 | - | - | Kn | Ł | Av | IV ⁺¹ | III ⁺¹ | |
| <i>Melandrium album</i> | T/H | 3 | 4 | 4 | 3-4 | 2-3 | 1 | - | Ap | R | Av | IV ⁺ | III ⁺ | |
| <i>Melilotus alba</i> | T/H | 2-3 | 3 | 4 | 2-4 | 1-2 | - | - | Ap | R | Av | - | I ⁺ | |
| <i>Minuartia viscosa</i> | H/T | 2 | 2 | 3 | 3-4 | 1 | - | - | Ap | Mp | K-C | - | I ⁺ | |
| <i>Myosotis arvensis</i> | T/H | 3 | 3-4 | 3-5 | 2-5 | 2 | - | - | Ar | Sg | Sm | I ⁺ | - | |
| <i>Oenothera biennis</i> | H | 2-3 | 3-4 | 3-4 | 2-3 | 2 | - | - | Ap | R | Av | II ⁺ | I ⁺ | |
| <i>Pastinaca sativa</i> | H | 3 | 4 | 4 | 3-4 | 2 | - | - | Ap | Sg | M-A | - | I ⁺¹ | |
| <i>Phleum pratense</i> | H | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 1-3 | 2 | - | - | Ap | Ł | M-A | I ⁺ | I ⁺ | |
| <i>Picris hieracioides</i> | H | 2-3 | 3 | 5-4 | 4-2 | 2 | - | - | Ap | Mks | F-B | v | I ⁺ | |
| <i>Pimpinella saxifraga</i> | H | 2 | 3 | 4-5 | 2-4 | 2 | - | - | Ap | Mks | F-B | II ² | I ⁺ | |
| <i>Plantago lanceolata</i> | H | 2-4 | 3-4 | 4 | 4 | 3 | 1 | - | Ap | Ł | M-A | - | I ⁺ | |
| <i>Poa angustifolia</i> | H | 2-3 | 3 | 4-5 | 3-5 | 2-3 | - | - | Ap | Mks | F-B | III ⁺² | II ⁺² | |
| <i>Poa compressa</i> | H | 2 | 3 | 5 | 2-5 | 2 | - | - | Ap | R | F-B | II ⁺ | II ⁺¹ | |
| <i>Poa palustris ssp. xeritica</i> | H | Brak danych | | | | | | | | | | | I ⁺ | - |
| <i>Poa pratensis</i> | H | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | - | Ap | Ł | M-A | IV ⁺¹ | V ⁺⁴ | |
| <i>Poa trivialis</i> | H | 4 | 4 | 4 | 4-5 | 2 | - | - | Ap | Ł/U | M-A | II ⁺ | II ⁺² | |
| <i>Polygonum aviculare</i> <i>var. heterophyllum</i> | T | 3 | 3-4 | 4-5 | 2-5 | 1-2 | - | - | Ap | R | Sm | II ⁺ | II ⁺ | |
| <i>Populus alba</i> b/c | M | 3-4 | 4 | 5 | 3-5 | 2 | - | - | Ap | Li | Sp | - | I ² | |
| <i>Populus tremula</i> b/c | M | 3 | 3 | 3 | 3-4 | 2 | - | - | Ap | Li | Q-F | - | I ⁺³ | |
| <i>Reseda lutea</i> | H | 2-3 | 3-4 | 4 | 2-4 | 1-2 | - | - | Ap | R | Av | - | I ⁺ | |
| <i>Rumex acetosa</i> | H | 3-4 | 4 | 4 | 4 | 2 | - | - | Ap | Ł | M-A | I ⁺ | I ⁺ | |
| <i>Rumex crispus</i> | H | 3-4 | 4 | 4 | 3-4 | 2 | 1 | - | Ap | R | Sm | I ⁺ | I ⁺ | |

c.d. tabeli 7

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|-------------|-----|-------------|-----|---|---|----|----|-----|--------------|------------------|------------------|
| <i>Sambucus nigra</i> b/c | N | 3-4 | 4-5 | 4 | 3-4 | 2 | - | - | Ap | O | Av | II ² | I ¹ |
| <i>Senecio erucifolius</i> | H | Brak danych | | | | | | | Ap | Mks | F-B/ (Av) | - | I ⁺ |
| <i>Sisymbrium loeselii</i> | H/T | 2 | 3 | 4-5 | 3-4 | 2 | - | - | K | Sg | Sm | V ⁺⁴ | V ⁺¹ |
| <i>Solanum dulcamara</i> | N/li | 4-5 | 3-4 | 3-5 | 4 | 3 | 1 | - | Ap | Li | Ag | - | I ⁺ |
| <i>Solanum nigrum</i> | T | 3 | 4-5 | 4 | 3-5 | 3 | - | - | Ar | Sg | Sm | - | I ⁺ |
| <i>Solidago gigantea</i> | G/H | 3-4 | 4 | Brak danych | | | | Kn | R | Av | - | I ⁺ | |
| <i>Sonchus arvensis</i> | G/H | 3-4 | 3-4 | 3-5 | 3-5 | 2 | - | - | Ap | Sg | Sm | - | II ⁺¹ |
| <i>Sonchus asper</i> | T | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | - | - | Ap | Sg | Sm | I ⁺ | I ⁺ |
| <i>Spergula arvensis</i> | T | 3 | 2-3 | 2-3 | 2-4 | 2 | - | - | Ar | Sg | Sm | - | I ⁺ |
| <i>Stellaria media</i> | T/H | 3-4 | 4-5 | 4 | 3-5 | 2 | - | - | Ap | Sg | Sm | II ⁺ | I ⁺ |
| <i>Tanacetum vulgare</i> | H | 3-4 | 4 | 4 | 2-4 | 2 | - | - | Ap | R | Av | I ⁺ | I ⁺ |
| <i>Taraxacum officinale</i> | H | 3 | 4 | 4-5 | 4-5 | 2 | 1 | - | Ap | Ł | M-A | V ⁺¹ | IV ⁺² |
| <i>Tragopogon pratensis</i> | H | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | - | - | Ap | Ł | M-A | - | I ⁺ |
| <i>Trifolium pratense</i> | H | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | - | Ap | Ł | M-A | - | I ⁺ |
| <i>Trifolium repens</i> | C/H | 3-4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | - | Ap | Ł | M-A | - | I ⁺¹ |
| <i>Urtica dioica</i> | H | 3-4 | 4-5 | 4 | 3-4 | 2 | - | - | Ap | R | Av | II ⁺¹ | II ⁺² |
| <i>Valeriana officinalis</i> | T | 2-3 | 4-5 | 4 | 3-4 | 2 | - | - | Ar | Sg | Av | - | I ⁺ |
| <i>Verbascum nigrum</i> | H | 3 | 3 | 3-5 | 2 | 2 | - | - | Ap | R | Av | I ⁺ | I ⁺ |
| <i>Vicia cracca</i> | H | 3 | 4 | 4-5 | 4 | 2 | - | - | Ap | Ł | M-A | II ² | I ¹ |
| <i>Vicia tetrasperma</i> | T | 3 | 4-3 | 3-4 | 2-4 | 2 | - | - | Ar | Sg | Sm | - | I ⁺ |
| <i>Viola tricolor</i> | T | 3 | 3-2 | 3 | 3-4 | 2 | - | - | Ap | Mp | K-C | II ² | II ² |

Objaśnienia skrótów:

Lp. – liczba porządkowa; Gatunek – łacińska nazwa gatunku [Mirek i in., 2002]; Fz – formy życiowe Raunkiaera gatunków (Ellenberg & all., 1992; Zarzycki i in. 2002): M – megafanerofity (drzewa ponad 5 m wysokości), N – nanofanerofity (krzewy i niskie drzewa do 5 m wysokości), Ch – chamefity drzewiaste, C – chamefity zielne (krzewinki zielne), H – hemikryptofity (wieloletnie rośliny trwałe), G – geofity (trwałe rośliny kłączowe lub cebulowe), T – terofity (rośliny jednoroczne zimujące w postaci nasion); li – liany (rośliny wymagające podpór), pp – półpasazyty; Wskaźniki ekologiczne [Zarzycki i in. 2002]: W – wskaźnik wilgotności gleby, T – wskaźnik trofizmu, O – wskaźnik odczynu złoża, G – wskaźnik granulometryczny gleby, H – wskaźnik zawartości materii organicznej, S – wskaźnik odporności na zawartość NaCl w glebie, M – wskaźnik odporności na zwiększoną zawartość metali ciężkich w glebie, – – brak danych; Gg-h – grupy geograficzno-historyczne gatunków (Sudnik-Wójcikowska i Koźniewska, 1988); Krawiecowa i Rostański, 1972): Ap – apofity (gatunki rodzime), Ar – archeofit (starzy przybysze), Kn – kenofit (nowi przybysze zamowieni na trwałe), Ef – efemerofit (nowi przybysze niezamowieni na trwałe), A – przypuszczalnie antropofit;

Ge – grupy ekologiczne gatunków (Ellenberg & all., 1992): R – ruderalne, Sg – segetalne, Ł – łąkowe, LI – lasów liściastych, O – okrajkowe, Mp – muraw piaszczyskowych, Mks – muraw kserotermicznych, Mk – muraw kwaśnych; U – gatunek uprawiany;

Gs – grupa syntaksonomiczna: Av – *Artemisietea vulgaris*, Sm – *Stellarietea mediae*, M-A – *Molinio-Arrhenatheretea*, F-B – *Festuco-Brometea*, Ea – *Epilobietea angustifolii*, Ai-r – *Agropyretea intermedio-repentis*, Gu – gatunek uprawiany;

SP – stopień stałości i średnie pokrycie roślin na obiektach: A – składowisko odpadów posodowych w stawach osadowych ze złożem dopełnionym popiołem, B – składowisko ze złożem bez popiołu, b – podrost drzewiasty/krzewiasty, c – siewka drzewiasta/krzewiasta, d – mchy.

tu zarówno gatunki wskaźnikowe siedlisk oligotroficznych ($T_{2, 2-3}$), np. kostrzewa owcza *Festuca ovina*, wrzosowiec cienkoskrzydłowy *Corispermum leptopterum*, mokrzyca lepka *Minuartia viscosa* i mezotroficznych ($T_{3, 2-4, 3-4}$), w tym: bylica piołun *Artemisia absinthium*, przytulia właściwa *Galium verum*, konyza kanadyjska *Conyza canadensis*, ale także eutroficznych ($T_{4, 4-5, 5}$), m. in.: łopian większy *Arctium lappa*, pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica*, komosa biała *Chenopodium album*, szarłat szorstki *Amaranthus retroflexus*, chwastnica jednostronna *Echinochloa crus-galli*, przytulia czepna *Galium aparine*, szczaw zwyczajny *Rumex acetosa* i gwiazdnica pospolita *Stellaria media*.

Wskaźnik odczynu (O). Z analizy liczb wskaźnikowych wynika, że flora pokrywy roślinnej składowiska może być dobrym wskaźnikiem zmienności odczynu podłoża w zakresie od umiarkowanie kwaśnego (pH 5-6), poprzez obojętny (pH 6-7) do zasadowego (pH powyżej 7). Większość występujących tu roślin, bo prawie 70%, to gatunki wskaźnikowe odczynu obojętnego (O_4) i zasadowego ($O_{4-5, 5}$). Gatunki te spotyka się głównie na złożach wapniowych, w tym są to takie, jak: marchew zwyczajna *Daucus carota*, kupkówka pospolita *Dactylis glomerata*, wiechlina łąkowa *Poa pratensis*, ostrożeń polny *Cirsium arvense*, krwawnik pannoński *Achillea pannonica*, mniszek pospolity *Taraxacum officinale*, stokłosa prosta *Bromus erectus*, bniec biały *Melandrium album*, oset zwisły *Carduus nutans*, kostrzewa łąkowa *Festuca pratensis*, szlázówka turyngska *Lavatera thuringiaca*, wiechlina spłaszczona *Poa compressa* i stulisz Loesela *Sisymbrium loeselii*. Jednocześnie stwierdzono zaledwie dwa sporadycznie występujące gatunki wskaźnikowe siedlisk kwaśnych (O_{2-3}): owsicę omszoną *Avenula pubescens* i sporka polnego *Spergula arvensis*. Do grupy gatunków preferujących umiarkowanie kwaśny odczyn podłoża ($O_{3, 3-4}$) należy ok. 20% roślin, w tym np. dominujący na podłożach bez popiołów – trzcinnik piaszkowy *Calamagrostis epigejos*, krwawnik pospolity *Achillea millefolium*, ostrożeń lancetowaty *Cirsium vulgare*, lucerna siewna *Medicago sativa* i fiołek trójbarwny *Viola tricolor*. Niektóre spotykane tu gatunki, jak m.in.: mietlica rozłogowa *Agrostis stolonifera*, ostrożeń polny *Cirsium arvense*, powój polny *Convolvulus arvensis*, perz właściwy *Elymus repens*, mleczyk polny *Sonchus arvensis*, kostrzewa owcza *Festuca ovina* i wrzosowiec cienkoskrzydłowy *Corispermum leptopterum* odznaczają się szerokim zakresem tolerancji wobec odczynu podłoża (O_{3-5}).

Wskaźnik granulometryczny odzwierciedlający strukturę granulometryczną (dyspersję) złoża (G). W składzie badanej flory stwierdzono prawie 50% roślin przywiązanych do siedlisk piaszczystych ($G_{3, 2-4, 3-4}$) oraz ponad 50% preferujących siedliska glin piaszczystych i utworów pylastych ($G_{4, 3-5, 4-5}$). Przykładem gatunków z grupy pierwszej są: trzcinnik piaszkowy *Calamagrostis epigejos*, lucerna siewna *Medicago sativa*, biedrzynek mniejszy *Pimpinella saxifraga*, Inica pospolita *Linaria vulgaris*, stulisz Loesela *Sisymbrium loeselii* i kozłek lekarski *Valeriana officinalis*. Do roślin z grupy drugiej należą m. in.: krwawnik pospolity *Achillea millefolium*, bylica pospolita *Artemisia vulgaris*, stokłosa prosta *Bromus erectus*, oset zwisły *Carduus nutans*, komosa biała *Chenopodium album*, marchew zwyczajna *Daucus carota*,

życica trwała *Lolium perenne*, wiechlina zwyczajna *Poa trivialis* i mniszek pospolity *Taraxacum officinale*. Występują tam także gatunki z szeroką amplitudą ekologiczną, tolerujące zarówno złoża żwirowe, piaszczyste, gliniaste jak i ilaste (G_{2-5}): przytulia czepna *Galium aparine*, wiechlina spłaszczona *Poa compressa*, rdest ptasi *Polygonum aviculare* var. *heterophyllum*, sadziec konopiasty *Eupatorium cannabinum*, jasnota purpurowa *Lamium purpureum*, niezapominajka polna *Myosotis arvensis* i inne.

Wskaźnik zawartości materii organicznej w złożu (H). O przewadze dobrych warunków wzrostu roślin na terenie zrehabilitowanego składowiska świadczy fakt, że zdecydowana większość gatunków składowiska (ponad 70%) to gatunki wskaźnikowe gleb mineralno-próchnicznych (H_2). Wśród nich są m.in.: szarłat zwisły *Amaranthus caudatus*, bylica pospolita *Artemisia vulgaris*, komosa biała *Chenopodium album*, konyza kanadyjska *Conyza canadensis*, kupkówka pospolita *Dactylis glomerata*, kostrzewa łąkowa *Festuca pratensis*, wiechlina łąkowa *Poa pratensis* i stuliz Loesela *Sisymbrium loeselii*. Stwierdzono także kilka gatunków będącymi dobrymi indykatorami gleb organogenicznych ($H_{3, 2-3}$), np. takie rośliny, jak: psianka słodkogórz *Solanum dulcamara*, psianka czarna *Solanum nigrum*, babka lancetowata *Plantago lanceolata*, bniec biały *Melandrium album*, przetacznik bluszczykowy *Veronica hederifolia* i śmiałek darniowy *Deschampsia caespitosa*. Charakterystyczne jest, że tylko około 15% roślin zalicza się do wskaźników podłoża uboższego w humus (wyjątkowo w trójstopniowej skali) ($H_{1, 1-2}$), są to m.in. takie gatunki, jak np.: krwawnik pospolity *Achillea millefolium*, trzcinnik piaszkowy *Calamagrostis epigejos*, perz właściwy *Elymus repens* i rdest ptasi *Polygonum aviculare*.

Wskaźnik odporności na zasolenie środowiska, głównie NaCl (S). Spośród 108 gatunków stwierdzonych na terenie składowiska odpadów posodowych w Janikowie, 26 zalicza się do wskaźników zawartości NaCl w podłożu. 25 gatunków toleruje zwiększoną zawartość NaCl (fakultatywne halofity – S_1), w tym, np.: trzcinnik piaszkowy *Calamagrostis epigejos*, marchew zwyczajna *Daucus carota*, krwawnik pospolity *Achillea millefolium*, mniszek pospolity *Taraxacum officinale*, kupkówka pospolita *Dactylis glomerata*, perz właściwy *Elymus repens*, kostrzewa owcza *Festuca ovina*, życica trwała *Lolium perenne*, stokłosa prosta *Bromus erectus* i szczaw kędzierzawy *Rumex crispus*. Stwierdzono także jeden gatunek wymagający podłoża o zwiększonej zawartości NaCl (obligatoryjny halofit – S_2), tj. kostrzewę trcinowatą *Festuca arundinacea*.

Wskaźnik odporności na znaczną zawartość metali ciężkich (M). Analiza flory pod kątem odporności na zwiększoną zawartość metali ciężkich miała na celu ocenę wpływu zastosowanych osadów ściekowych na lokalny biotop. Wyniki analizy wskazują, że flora na terenie zrehabilitowanego składowiska nie zawiera gatunków wskaźnikowych podłoża zawierających zwiększone zawartości metali ciężkich. Na składowisku zidentyfikowano tylko 9 gatunków tolerujących zwiększoną zawartość metali ciężkich (M_1). Spośród nich największe pokrywanie mają: trzcinnik piaszkowy *Calamagrostis epigejos*, życica trwała *Lolium perenne* i powój polny *Convolvulus arvensis*. Nie stwierdzono gatunków roślin tolerujących wybitnie zwiększone zawartości metali ciężkich (M_2).

DYSKUSJA WYNIKÓW I PODSUMOWANIE

Wyniki badań fitosocjologicznych na zrekułtywowanym terenie składowiska wapna posodowego w Janikowie pozwalają na ocenę stanu zaawansowania lokalnej sukcesji zbiorowisk roślinnych oraz roli funkcjonalnych grup gatunków w rozwoju szaty roślinnej na badanych powierzchniach, a także na ocenę zmian lokalnej bioróżnorodności.

Jak wynika z wcześniejszych obserwacji, przed rozpoczęciem rekułtywacji na wyschniętych podłożach składowiska wapna posodowego w Janikowie obserwowano wkraczanie nielicznych gatunków pionierskich, w tym halofilnych: solidród zielny *Salicornia europaea* i mannica odstająca *Puccinellia distans*, a także goryczel jastrzębcowaty *Picris hieracioides*, trzcinnik piaskowy *Calamagrostis epigeios*, podbiał pospolity *Tussilago farfara* i rezeda żółta *Reseda lutea*. Na silnie zasolonym i alkalicznym podłożu gatunki te wykorzystywały różne nisze (spękania, szczeliny), w których gromadziła się woda umożliwiając roślinom vegetację [Siuta 2007; Dyguś i in. 2012]. Po 13 latach od rozpoczęcia prac rekułtywacyjnych, lokalna flora znacznie zyskała na różnorodności, ponieważ podczas inwentaryzacji na składowisku stwierdzono 108 gatunków roślin należących do 31 rodzin, przy czym 50% całej flory przypada na dwie rodziny *Poaceae* (trawy) i *Asteraceae* (złożone). Największą liczbą gatunków odznaczają się trawy *Poaceae* – 23,1%, a następnie złożone *Asteraceae* – 20,4%, podczas gdy pozostałe 29 rodzin ma tylko kilkuprocentowe udziały. Bogactwo flory traw jest zjawiskiem typowym dla pierwszych faz tworzenia się zbiorowisk roślinnych opanowujących nowe podłoża. Trawy jako grupa wykazują duże zdolności przystosowawcze do różnych warunków życia i mogą się osiedlać na wszystkich możliwych siedliskach [Linder 1987], a ponadto rozprzestrzeniają się vegetatywnie, co daje im przewagę w warunkach konkurencji międzygatunkowej, w kolejnych fazy sukcesji [Falińska 1997]. Przedstawiciele rodziny *Asteraceae* z kolei, stanowią jedną z najliczniejszych grup roślin na kuli ziemskiej i również wykazują szerokie przystowania do warunków środowiska. Na swoistą nadreprezentację flory *Asteraceae* w roślinności składowiska odpadów po produkcji sody, w porównaniu z jej udziałem w ogólnej florze kraju, zwróciła wcześniej uwagę Trzcńska-Tacik [1966], badając sukcesję na osadnikach Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay”. Tę nadreprezentację gatunków z rodziny złożonych wiąże autorka przede wszystkim z anemochorycznością powszechną wśród gatunków tej rodziny, co sprzyja szerokiemu rozprzestrzenianiu się diaspor.

Takie właściwości biologiczne roślin należących do *Poaceae* i *Asteraceae*, jak ich długowieczność, wiatrosiewność i zdolność do vegetatywnego rozmnażania się sprzyjają opanowywaniu nowych siedlisk. Trawy to w większości byliny, natomiast wśród złożonych są zrówno byliny, jak i gatunki dwuletnie, które mają konkurencyjną przewagę nad gatunkami jednorocznymi [Falińska 1997]. Obecność licznych wieloletnich gatunków jedno- i dwuliściennych świadczy o tym, że powstała na składowisku w Janikowie roślinność charakteryzuje się już znacznym stopniem trwałości.

Spontaniczne zazielenienie składowisk wapna posodowego w drodze sukcesji pierwotnej trwa wiele dziesięcioleci, o czym świadczą przykłady z Niemiec i Czech opisywane m.in. przez Urbańską i Urbańskiego [2012]. Na osadnikach (stawach) płynnych odpadów posodowych w byłych Zakładach „Solvay“, skąpa roślinność halofilna zaczęła wkraczać dopiero po trzech- czterech latach po odwodnieniu podłoża [Krzak 2005]. Wkraczanie roślinności halofilnej uważane jest za pierwszy etap kolonizacji silnie zasolonych wapniowych podłoża. Rekultywacja składowiska po Zakładach „Solvay“ polegała na wprowadzeniu gleby na powierzchnię osadnika oraz nawożeniu i wysianiu traw, bez stosowania dalszych zabiegów gospodarczych. Inwentaryzacja fitosocjologiczna wykonana na tym terenie po 15 latach od zainicjowania rekultywacji wykazała, że pokrywa roślinna podłoża była nadal niepełna, a 70% zbędnych powierzchni obserwacyjnych nie miało pełnego pokrywania roślinności [Zajac i Zarzycki 2012]. Składowisko to porasta mozaikowata roślinność spontanicznego pochodzenia, przy czym wśród 133 znalezionych gatunków, 47 to rośliny łąkowe, z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, a 40 – ruderalne, z klas *Artemisietea*, *Stellarietea* i *Agropyretea* [Zajac i Zarzycki 2012]. Podobnie, na powierzchniach zrekultywowanych w Janikowie, wśród 108 znalezionych gatunków dominują (83%) gatunki z trzech grup syntaksonomicznych: *Stellarietea mediae* (zbiorowiska chwastów pól uprawnych i terenów ruderalnych), *Molinio-Arrhenatheretea* (zbiorowiska łąkowe) oraz *Artemisietea vulgaris* (nitrofilne zbiorowiska bylin na siedliskach ruderalnych). Potwierdza się więc, że obecność zwiększonej reprezentacji powyższych grup gatunków w lokalnej florze jest zjawiskiem typowym dla sukcesji na podłożach antropogenicznych.

Wyniki badań Zajac i Zarzyckiego [2012] dostarczają informacji na temat skuteczności spontanicznego zarastania podłoża antropogenicznych i formowania się układów roślinności (fitocenozy). Stwierdzają oni m.in., że flora łąkowa na składowisku Zakładów „Solvay“ nie wykazuje tendencji do tworzenia się zbiorowisk, a raczej występuje w agregacjach z gatunkami ruderalnymi. Tymczasem, z naszych badań wynika, że na poddawanych zabiegom powierzchniach stawów osadowych w Janikowie utworzyły się zbiorowiska nawiązujące do fitocenozy łąk świeżych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* oraz zbiorowiska murawowo-ruderalne. Jest to w dużej mierze związane z zastosowaną na tych powierzchniach agrotechniką. Coroczne koszenie runi i wprowadzanie skompostowanej biomasy na złoża osadowe oraz dosiewanie traw, sprawia, że badane powierzchnie, szczególnie te, na podłożu wapniowym, pokrywa obecnie zwarta roślinność murawowa o fizjonomii łąki świeżej. Wyróżnione tam zbiorowisko wiechliny łąkowej i krwawnika pospolitego *Poa pratensis-Achillea millefolium* odznacza się większym bogactwem gatunkowym (95 gatunków), niż murawy na złożach, na których zastosowano popioły (65 gatunków). Przeciętna liczba taksonów w zdjęciu wynosi 24, przy rozrzucie od 16 do 34 gatunków w badanych płatach roślinności. Na kombinację gatunków reprezentatywnych lokalnie dla tego zbiorowiska składa się 9 spontanicznych gatunków łąkowych i murawowych, tj. *Poa pratensis*, *Achillea millefolium*, *Taraxacum officinale*, *Daucus carota*, *Festuca pratensis*, *Poa trivialis*, *Achillea pannonica*, *Poa compressa* i *Ca-*

lamagrostis epigeios, które występują z III i wyższym stopniem stałości. Natomiast płaty roślinności rozwijającej się w wyniku rekultywacji na podłożu popiołowym tworzą mniej stabilne zbiorowisko murawowo-ruderalne (zbiorowisko stulisza Loesela i bylicy pospolitej *Sisymbrium loeselii-Artemisia vulgaris*) z niewielkimi fragmentami typowo ruderalnych agregacji nitrofilnych roślin jednorocznych. Obecność licznej grupy gatunków ruderalnych, które wykazują duże zdolności przystosowawcze do różnych warunków wzrostu, wskazuje, że zbiorowisko powstające na podłożu z dodatkiem popiołów nawiązuje do asocjacji spotykanych w początkowych etapach kolonizacji terenów zaburzonych w efekcie działań gospodarczych [Matuszkiewicz 2001]. Płaty tego zbiorowiska są ogólnie uboższe gatunkowo od badanych zbiorowisk łąkowych, dominują w nich gatunki ruderalne z klas *Stellarietea mediae* i *Artemisietea*, a przeciętna liczba taksonów w zdjęciu wynosi 18, przy czym skład gatunkowy był zmienny, w różnych płatach spotykano od 9 do 28 gatunków. Rozrzut liczby gatunków w płatach roślinności świadczy o jej heterogeniczności i niestabilnym składzie gatunkowym. Z powyższego wynika, że zbiorowisko łąkowe wiechliny i krwawnika *Poa pratensis-Achillea millefolium* na podłożu wapiennym przedstawia sobą bardziej zaawansowany etap roślinnej sukcesji niż zbiorowisko murawowo-ruderalno. Skład gatunkowy zbiorowiska łąkowego niewiele odbiega od składu antropogenicznych darniowych zbiorowisk łąkowych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* występujących na mezo- i eutroficznych siedliskach, opisywanych przez różnych autorów [Kucharski 1999; Kutyna i Nieczkowska 2009; Kutyna i in. 2010; Młynkowiak i Kutyna 2011]. Na przykład, płaty fitocenozy wiechliny łąkowej i krwawnika pospolitego z trzcinnikiem piaskowym w Janikowie wykazują znaczne podobieństwo do płatów zespołu *Arrhenatheretum elatioris*, facji z wiechliną łąkową *Poa pratensis* i kostrzewą łąkową *Festuca pratensis* opisywanych przez Kutynę i Nieczkowską [2009] z terenów miejskich w Szczecinie.

Ocena warunków środowiska wzrostu roślinności metodą wskaźników geobotanicznych wg Ellenberga i in. [1992], wskazuje, że na całym terenie zrekultywowanym powstały siedliska heterogeniczne, lecz ogólnie korzystne dla rozwoju roślinności. Są to głównie siedliska świeże, z przewagą siedlisk żyznych, mezo- i eutroficznych. O przewadze dobrych warunków wzrostu roślin na zrekultywowanym składowisku świadczy fakt, że zdecydowana większość flory składowiska (ponad 70%) to gatunki wskaźnikowe gleb mineralno-próchnicznych (H_2). Jest przy tym charakterystyczne, że tylko około 15% spotykanych tu gatunków zalicza się do grupy wskaźników podłoża ubożego w humus.

Jednocześnie, z oceny odporności na zasolenie na podstawie ekologicznych liczb wskaźnikowych roślin wynika, że siedliska składowiska odznaczają się podwyższonymi zawartościami soli, głównie NaCl. Ponad połowa lokalnej flory zalicza się do wskaźników zawartości NaCl w podłożu, w tym 25 gatunków toleruje zwiększoną zawartość NaCl (fakultatywne halofity - S_1), a 26% flory zalicza się do wskaźników zawartości NaCl w podłożu. Jeden gatunek - kostrzewa trzciniowata jest obligatoryjnym halofitem (S_2) wymagającym podłoża o zwiększonej zawartości

NaCl. Natomiast analiza flory pod kątem odporności na zwiększoną zawartość metali ciężkich gatunków roślin nie wykazała gatunków tolerujących wybitnie podwyższone zawartości metali ciężkich (M_2), a tylko 9 gatunków toleruje zwiększoną zawartość metali ciężkich (M_1), stąd można wnioskować, że wpływ osadów ściekowych na roślinność i jej siedlisko nie jest znaczący. Wyniki oceny warunków środowiska przy pomocy liczb wskaźnikowych Ellenberga mają przede wszystkim znaczenie informacyjne, natomiast zagadnienia wpływu metali ciężkich z osadów ściekowych na roślinność i grunty składowiska przedstawiono szerzej w innych opracowaniach [Siuta i in. 2008; Siuta i Dyguś 2013].

Wyniki badań florystyczno-fitoscjologicznych na zrehabilitowanym terenie składowiska wskazują na dużą skuteczność zasiedlenia przez roślinność nowych podłoży po 13 latach od zapoczątkowania rekultywacji oraz na znaczne zaawansowanie lokalnych procesów sukcesji roślinnej, do utworzenia zbiorowisk murawowych o charakterze łąki świeżej. Wśród muraw spotyka się kępy krzewów i drzew w płatach wykazujących charakter przejściowy do zbiorowisk zaroślowych, reprezentujących kolejne fazy sukcesji leśnej na badanym terenie. Lokalna bioróżnorodność mierzona bogactwem gatunkowym zwiększyła się ponad 15-krotnie, gdyż w ramach inwentaryzacji stwierdzono tu ponad 100 gatunków roślin, podczas gdy w pierwszej fazie zarastania składowiska było ich zaledwie kilka. Doświadczenia zebrane w badaniach skuteczności sukcesji na rekultywowanych obszarach składowisk osadów po produkcji sody są bardzo istotne dla podejmowania i prowadzenia prac rekultywacyjnych na różnych podłożach, w tym skrajnie niekorzystnych dla rozwoju roślinności. Doświadczenia wynikające z takich badań mają też teoretyczny walor poznawczy – przyczyniają się do lepszego poznania przebiegu sukcesji na podłożach trudnych do kolonizacji roślinnej, szczególnie zaś do poznania sposobu skupiania się gatunków w zbiorowiska i roli poszczególnych grup funkcjonalnych gatunków w tym procesie.

LITERATURA

1. Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde 3. Aufl. Springer, Vienna-Nev York, s. 865.
2. Boroń K., Zając E., Klatka Sł. 2000: Rekultywacja terenu składowania odpadów KZS „Solvay” w Krakowie. Inż. Ekol. 1: 58–64.
3. Cabała S., Jarząbek Z. 1999. Szata roślinna zwałowisk przemysłowych Chorzowa. Cz.1. Analiza flory. Archiwum Ochrony Środowiska, 25(1): 133–153.
4. Dyguś K. 2004. Invasion of synanthropic plants to a forest phytocoenosis disturbed by an exogenic factor. Ecological Questions, 4/2004:59–64.
5. Dyguś K., Siuta J. Wasiak G., Madej M. 2012. Roślinność składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych. Monografia. Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania, Warszawa.
6. Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Göttingen, Scripta Geobotanica, 18: 1–258.
7. Falińska K. 1997. Ekologia roślin. Wydawnictwo naukowe PWN. Warszawa p. 368–370.

8. Faliński J.B. 1969. Neofity i neofityzm. Dyskusje fitosocjologiczne. Ekol. Pol. 15(4): 337–355.
9. Fukarek F. 1967. Fitosocjologia. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
10. Krawiecowa A., Rostański K. 1972. Projekt usprawnienia klasyfikacji roślin synantropijnych. Phytocoenosis, 1, 3: 217–222.
11. Krzak I. 2005. Zagospodarowanie terenów przemysłowych Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay”. (W:) Szponar A., Horska-Schwarz S. (red.), Problemy Ekologii Krajobrazu, Vol. 17, Struktura przestrzenno-funkcjonalna krajobrazu, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław 2005, s. 283–287.
12. Kucharski L., 1999. Szata roślinna łąk Polski Środkowej i jej zmiany w XX stuleciu. Wydaw. Uniw. Łódź., Łódź, 1–165.
13. Kutyna I., Nieczkowska M. 2009. Zbiorowiska seminaturalne z rzędu Arrhenatheretalia klasy Molinio-Arrhenatheretea występujące na terenie byłej Akademii Rolniczej w Szczecinie przy ulicach J. Słowackiego i Papieża Pawła VI. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. 2009, Agric., Aliment. Pisc., Zootech. 271(10): 87–96.
14. Kutyna I., Czerwiński Z., Młynkowiak E. 2010. Zbiorowiska roślinne na obszarze zrehabilitowanego wyrobiska Szczecin-Żydowce Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. 2010, Agric., Aliment., Pisc., Zootech. 281(16): 31–62.
15. Linder H. P. 1987. The evolutionary history of the *Poales/Restionales* a hypothesis. *Kew Bulletin* 42: 297–318.
16. Matuszkiewicz W. 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski.. Wyd.3. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s.537.
17. Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A. & Zając M., 2002. Flowering Plants and pteridophytes of Poland a checklist. Krytyczna lista roślin naczyniowych Polski. Wyd. W. Szafer Institute of Botany, PAS, Kraków.
18. Młynkowiak E., Kutyna I. 2011. Zróżnicowanie zbiorowisk łąkowych klasy *Molinio-Arrhenatheretea* w krajobrazie rolniczym zachodniej części Pojezierza Drawskiego. Łąkarstwo w Polsce (Grassland Science in Poland), Poznań, 14, 85–103.
19. Ochyra R., Żarnowiec J., Bednarek-Ochyra H. 2003. Census catalogue of Polish mosses. Instytut Botaniki im. W. Szafera, PAN, Kraków.
20. Rekowski M., Nowakowski S. 2011. *Corispermum leptopterum* (Asch.) Iljin (*Chenopodiaceae*) w Schodnie (Bory Tucholskie). *Acta Bot. Cassub.* 10: 147–151.
21. Rostański A. 2006. Spontaniczne kształtowanie się pokrywy roślinnej na zwałowiskach po górnictwie węgla kamiennego na Górnym Śląsku. *Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego. Ser. Biologia*, Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, s. 230.
22. Siuta J. 2007. System uprawy i kompostowania roślin na składowisku odpadów posodowych w Janikowie z zastosowaniem osadów ściekowych. *Inż. Ekol.* 19: 38–58 + 6 fot.
23. Siuta J., Sienkiewicz R. 2001: Rekultywacja terenu składowania odpadów posodowych w Janikowie. *Inż. Ekol.* 3: 43–59.
24. Siuta J., Dyguś K. H. 2013. Plony i chemizm roślin wielowariantowego doświadczenia na modelowym złożu odpadów paleniskowych energetyki węglowej. *Inżynieria Ekologiczna*, 2013, 35: 7–31.
25. Siuta J., Jońca M. 1997. Rekultywacyjne działanie osadu ściekowego na wapnie poflotacyjnym w kopalni siarki Jeziórko. II konf. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. Puławy-Lublin-Jeziórko: 39–45.

26. Siuta J., Wasiak G., Chłopecki K., Mamełka D. 1997. Rekultywacja efektywności osadu ściekowego na bezglebowych podłożach w doświadczeniu lizymetrycznym. II konf. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. Puławy-Lublin-Jeziórko: 135–154.
27. Siuta J., Wasiak G., Madej M. 2008. Rekultywacyjna efektywność kompostów i osadu ściekowego na złożu odpadów paleniskowych w doświadczeniu modelowym. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 34: 145–172.
28. Sudnik-Wójcikowska B., Koźniewska B. 1988. Słownik z zakresu synantropizacji szaty roślinnej. Warszawa, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego.
29. Trzcńska-Tacik H. 1966: Flora i roślinność zwałów Krakowskich Zakładów Sodowych. *Fragm. Flor. Geobot.* 12(3): 243–319.
30. Urbańska J., Urbański K. 2012. Selected aspects of reclamation of soda waste landfill sites. *Geomatics and Environmental Engineering*, Vol. 6, No 4: 83–90
31. Wysocki C., Sikorski P. 2002. *Fitosocjologia stosowana*. Wyd. SGGW, Warszawa s.1–451.
32. Zarzycki K., Trzcńska-Tacik H., Różański W., Szelań Z., Wołek J., Korzeniak U. 2002. Ecological indicator values of vascular plants of Poland. W. Szafer Institute of Botany, PAS, Kraków.
33. Zając E., Zarzycki J. 2012. Revegetation of reclaimed soda waste dumps: effects of topsoil parameters. *J. Elem.* 17(3): 525–536.