

## ROLA FAUNY GLEBOWEJ W ZRÓŻNICOWANIU ROŚLINNOŚCI NA ZWAŁOWISKU KARBOŃSKIEJ SKAŁY PŁONNEJ

Łukasz Radosz<sup>1</sup>, Karolina Rys<sup>1</sup>, Damian Chmura<sup>2</sup>, Agnieszka Hutniczak<sup>1\*</sup>,  
Gabriela Woźniak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice

<sup>2</sup> Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała

\* Autor do korespondencji e-mail: [agnieszka.hutniczak@us.edu.pl](mailto:agnieszka.hutniczak@us.edu.pl)

### STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono relacje między ilością fauny glebowej w zróżnicowaniu roślinności na zwałach pogórnich. Dotychczas, badacze wiele uwagi poświęcali rozwojowi i zróżnicowaniu zespołów roślinnych na terenach przemysłowych uwzględniając m.in. hałdy skały płonnej. Znacznie słabiej poznano ilościowy i jakościowy udział wybranych grup mezo-fauny (niciansie i wazonkowce), w podłożu glebowym terenów poeksploatacyjnych. Poznanie tych zależności może mieć duże znaczenie praktyczne w planowaniu i realizowaniu prac zmierzających do odtwarzania siedlisk na terenach powstałych w związku z eksploatacją surowców mineralnych. Jednym z czynników warunkujących wzrost roślin oraz ich odporność na stres, jest aktywność organizmów glebowych. Stwierdzono marginalnie istotną zależność między różnorodnością gatunkową płatów roślinności, mierzoną wartością wskaźnika Shannona-Wiener'a a liczebnością wazonkowców ( $r_s = 0.31$ ,  $p = 0.05$ ). Procentowe pokrycie gatunku dominującego, jego obfitość, jak również, łączne procentowe pokrycie roślin i mszaków, wielkość suchej masy oraz pokrycie ogólne roślin zielnych istotnie wpływa na liczbę wazonkowców.

**Słowa kluczowe:** wazonkowce, niciansie, czynniki biotyczne, mezofauna, zwałowiska.

## THE ROLE OF SOIL FAUNA IN THE DIVERSITY OF VEGETATION ON THE CARBONIFEROUS WASTE DUMP

### ABSTRACT

The work analyzes the relationship between the amount of soil fauna in the diversity of vegetation on post-mining dumps. Until now, researchers have devoted a lot of attention to the development and diversity of plant communities in post-industrial areas, including heaps of gangue. The quantitative and qualitative participation of selected meso-fauna groups (Nematoda, Enchytraeidae) in the soil base of post-mining areas was much less known. Understanding these relationships can be of great practical importance in planning and implementing surveying works to restore habitats in areas created in connection with the exploitation of mineral resources. Activity of soil organisms is one of the factors conditioning plant growth and their resistance to stress. A marginally significant relationship was found between the species diversity of the patches of vegetation, measured by the value of the Shannon-Wiener index, and the abundance of vase vessels ( $r_s = 0.31$ ,  $p = 0.05$ ). The percentage coverage of the dominant species, its abundance, as well as the total percentage coverage of plants and bryophytes, dry matter volume and general coverage of herbaceous plants significantly affects the number of vassels.

**Keywords:** *Enchytraeidae*, *Nematoda*, biotic factors, mesofauna, coal mine spoil heaps.

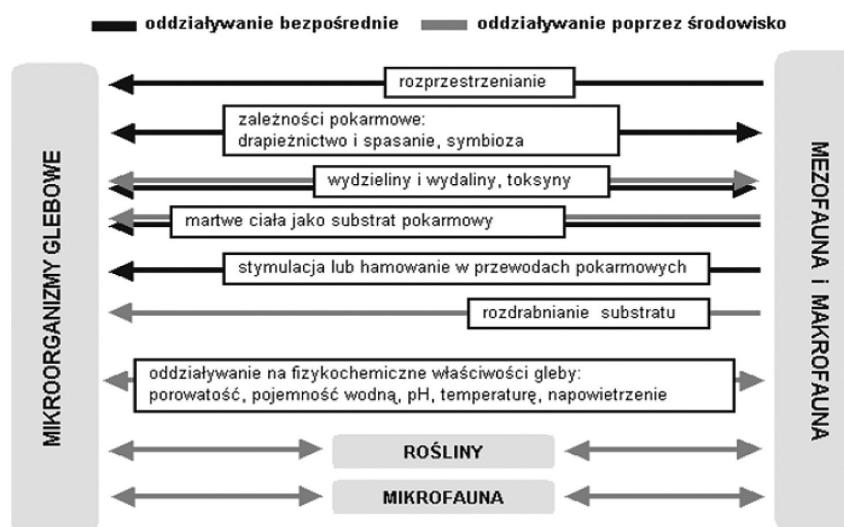
## WPROWADZENIE

Hałdy pogórnice, czyli zwały karbońskiej skały płonnej, są terenami o odmiennych niż naturalne warunkach środowiskowych. Zostały utworzone przez człowieka w wyniku eksploatacji paliw kopalnych, a usypywany materiał pochodzi z głębokości od 0,5 do 1 km. Nowe formy antropogeniczne są wyjątkowymi siedliskami, ponieważ stanowią oligotroficzne (bardzo ubogie w substancje odżywcze, takie jak m.in.: azot, węgiel, siarka, fosfor) mineralne podłoże, pozbawione początkowo materii organicznej [Bradshaw 1997]. Podłoże to nie ma wykształconego profilu glebowego, a właściwości fizyczne i chemiczne są znacząco odmiennie od otoczenia [Bradshaw 1997, Kompała i in. 2004, Woźniak 2010]. Ze względu na trudne warunki zwałowiska takie nazywano pustyniami biologicznymi, na których nie mogą rozwijać się organizmy żywe [Greszta, Morawski 1972, Bradshaw 1997, Rostański 2006]. Na przestrzeni wieloletnich badań wykazano, że pomimo niesprzyjających warunków są kolonizowane przez rośliny i zwierzęta [Woźniak 2010].

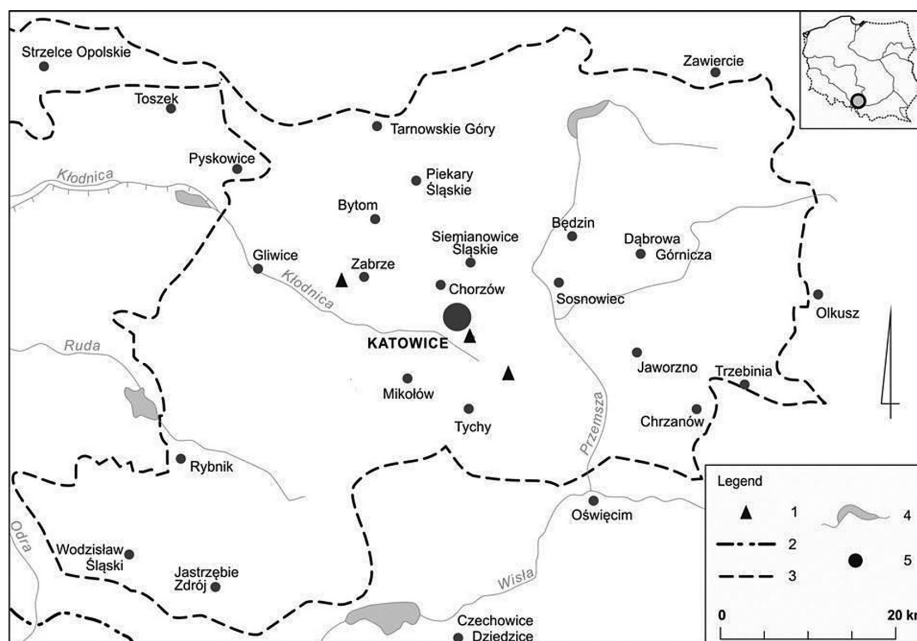
Dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin w stresowych warunkach konieczne jest rozpoznanie biotycznych warunków podłoża glebowego. Jednym z czynników warunkujących parametry biotyczne podłoża terenów poeksploatacyjnych, wzrost roślin oraz ich odporność na stres abiotyczny i biotyczny, jest liczebność oraz aktywność mezofauny glebowej [Hanus-Fajerska i in. 2015]. Kluczowe zadanie mezo-

fauny polega na rozdrabnianiu, humifikowaniu i mineralizacji martwej materii organicznej. Wpływa ona na przestrzenne przemieszczanie się substancji glebowej, zarówno mineralnej, jak i organicznej, tym samym przyczyniając się do rozprzestrzeniania się mikroorganizmów, bakterii i grzybów [Kasprzak 1971]. Jedną z koncepcji wyjaśniającej rozwój roślinności zakłada, że sukcesja roślinna jest determinowana głównie przez czynniki abiotyczne i konkurencję gatunkową [Glenn-Levin i in. 1992]. Jednak inne poziomy troficzne mogą również wpływać na sukcesję roślinną [Bach 1994, Brown, Gange 1989, Brown, Gange 1989, Fagan, Bishop 2000, Gange i in. 1991]. Do tej pory mniej uwagi poświęcano wpływowi mezofauny glebowej na kształtowanie się zbiorowisk roślinnych [De Deyn i in. 2003]. Fauna i flora glebowa może mieć znaczący udział w zmianach sukcesyjnych roślinności, m.in. poprzez wpływ na dostępność, obieg składników pokarmowych (rys. 1) [Alphei i in. 1996, Harinikumar, Bagyaraj 1994, Lopez i in. 2003].

Badania prezentowane w niniejszej pracy miały na celu określenie relacji pomiędzy bezkręgowcami glebowymi (mezofauną glebową) obecnymi w podłożu płatów roślinności, a charakterystyką i różnorodnością roślinności spontanicznie rozwijającej się na zwałach skały płonnej oraz określenie ich związków funkcjonalnych. W przyszłości wyniki prezentowanych badań mogłyby przyczynić się do bardziej efektywnego planowania procesu zarządzania terenów poprzemysłowych.



Rys. 1. Interakcje między makro- i mezofauną glebową i epigeiczną, a mikroorganizmami glebowymi [Wojewoda i in. 2002]



Rys. 2. Lokalizacja badanych obiektów: 1 – badane hałdy, 2 – granice państwa, 3 – granice Wyżyny Śląskiej, 4 – rzeki jeziora, 5 – miasta (na podstawie [Woźniak 2010])

## MATERIAŁY I METODY

Pierwszy etap obejmował prace terenowe prowadzone w jednym sezonie wegetacyjnym (4-16 lipiec, 2016 r.). Terenem badań były 3 zwałowiska karbońskiej skały płonnej. Zwały objęte badaniami znajdowały się na obszarze Wyżyny Śląskiej (KWK „Gliwice”, KWK „Wesoła”, KWK „Kostuchna”) – mapa (rys. 2). Podczas prac terenowych wyznaczono poletka badawcze o promieniu 3 metrów, zdominowane przez dany gatunek dominanta. Poletka wyznaczano na hałdach i w warunkach jednorodnych, co było konieczne w związku z różnym wiekiem zwałów, wielkością, sposobem zwałowania, charakterem otoczenia i dużą zmiennością czynników abiotycznych. Dla przedstawienia możliwie pełnego zakresu zróżnicowania, posłużono się siecią systematycznie wyznaczanych poletek badawczych (Woźniak 2010). Na poligonie badawczym pobrano po trzy próby gleby (około 1,5 kg). Pobierając glebę z różnych miejsc uzyskano właściwy obraz liczebności gatunków fauny glebowej, czyli np. średnią ilość występujących wazonkowców na badanym poligonie. Materiał przechowywano w workach strunowych w niskiej temperaturze (6°C).

Procedurę wypłaszania nicieni i wazonkowców przeprowadzono przy użyciu Aparatu Tullgre-na<sup>1</sup> (rys. 3). Analizę ilościową otrzymanego materiału biologicznego prowadzono z wykorzystaniem mikroskopu stereoskopowego Delta Optical SZH-650T. Materiał wylewano na szalkę Petriego i dodatkowo przepłukiwano falkonem z wodą.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W przeszłości różnorodność biologiczna bezkręgowców oraz drobnoustrojów gleb była słabo znana, głównie z powodu jej złożoności, a narzędzia badawcze do poszukiwania różnorodności i funkcji gatunkowych były niedostępne. Dzisiaj widzimy znaczne postępy w badaniach, które powinny wspierać zarządzanie środowiskiem terenów przekształconych przez człowieka i ochronę bioróżnorodności zwierząt i innych organizmów glebowych skupiając się na zagadnieniach takich jak: (1) różnorodność i obfitość gatunków w glebach i ich oddziaływanie; (2) wzorce biogeograficzne dla zwierząt i drobnoustrojów w glebach; (3) określenie, jak wiele gatunków zwierząt glebowych jest zaangażowanych w procesy bioge-

<sup>1</sup> Działanie urządzenia jest oparte na skłonności badanych organizmów glebowych do miejsc o większej wilgotności i zacienieniu. Zwierzęta unikając wysokiej temperatury przemieszczają się w dół i wpadają przedostając się przez gazę do wody. Zgromadzone przy wylocie gumowego wężyka okazy dostają się do probówek (rys. 3). Surowe próby, tzn. bezpośrednio po wypłaszaniu, przechowywano w otwartych probówkach z wodą w chłodni w temperaturze 6°C (maksymalny czas przechowywania w takiej formie 7 dni).

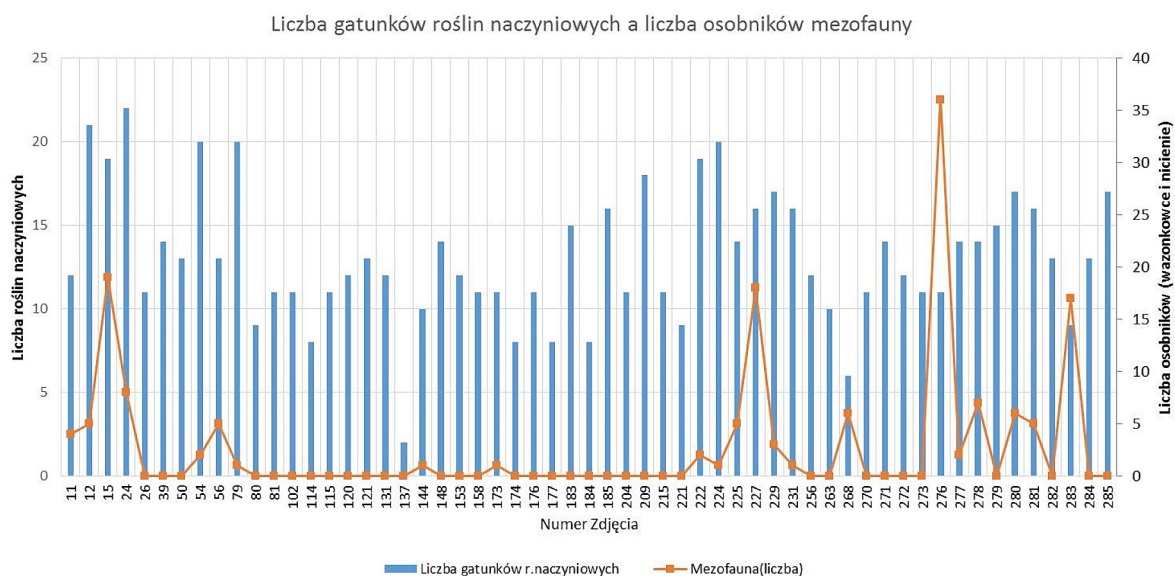


**Rys. 3.** Aparat Tullgrena użyty do badań: A – metalowy stelaż, B – źródło ciepła (żarówka grzejna o mocy 60 W), C – próba gleby, D – gaza jałowa 17 nitkowa, E – lejek, F – gumowy przewód, G – falkon z wodą o pojemności 15 ml (fot. Łukasz Radosz)

ochemiczne i ekologiczne funkcjonowanie ekosystemów lądowych.

Jak przedstawiono na wykresie (rys. 1) nie ma prostej zależności między liczbą gatunków roślin naczyniowych, a liczbą osobników wazonkowców i nicieni stwierdzonych w badanych płatach roślinności. Stwierdzono pojedyncze poletka, w których liczba gatunków oraz liczba osobników wazonkowców i nicieni była prawie jednakowa (poletko 15, 227).

Przeprowadzone porównanie różnorodności gatunkowej badanych płatów roślinności (mierzonej wartością wskaźnika równomierności Eveness (E) i liczby osobników mezofauny), nie wykazało istotnych różnic statystycznych. Podobne porównanie przeprowadzone dla różnorodności gatunkowej obliczonej na podstawie wartości wskaźnika dominacji, również nie wykazało różnic statystycznych. Stwierdzono jedynie niewielki wpływ wartości wskaźnika różno-

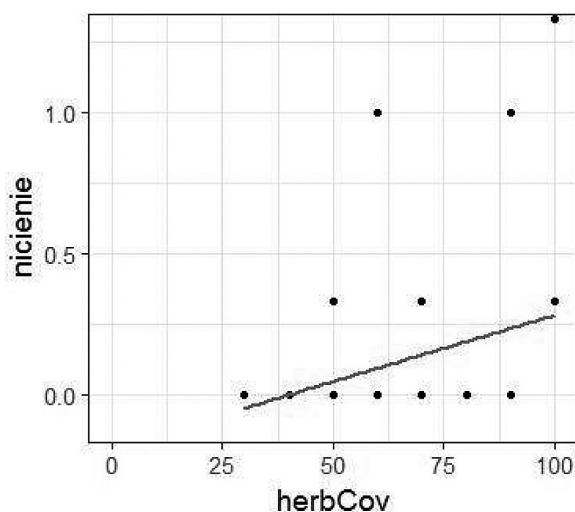


**Rys. 4.** Liczba roślin naczyniowych oraz liczba osobników mezofauny (wazonkowców i nicieni) w badanych poletkach; na wykresie przedstawiono wyniki z 57 poletek badawczych

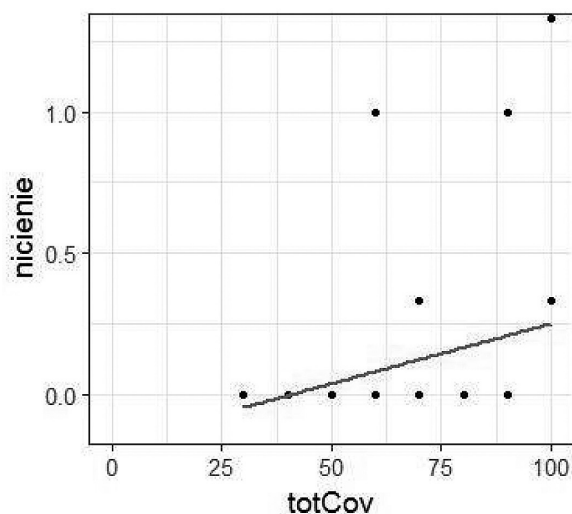
rodności Shannona-Wienera na liczbę osobników wazonkowców.

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki z 57 poletek badawczych. Na badanych powierzchniach dominowały następujące gatunki roślin: podbiał pospolity (*Tussilago farfara*); wierzbówka nadrzeczna (*Chamaenerion palustre*); marchew zwyczajna (*Daucus carota*); wiechlina spłaszczona (*Poa compressa*); trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos*). W wyniku analizy stwierdzono pozytywną korelację między liczebnością nicieni na badanych powierzchniach, a obecnością roślin zielnych ( $r_s = 0.49, p < 0.05$ ).

Wyniki badań pokrycia roślinności (rys. 5) wykazały pozytywną korelację między liczbą osobników nicieni, a całkowitym pokryciem



Rys. 5. Pozytywna korelacja między liczbą nicieni, a pokryciem roślin zielnych



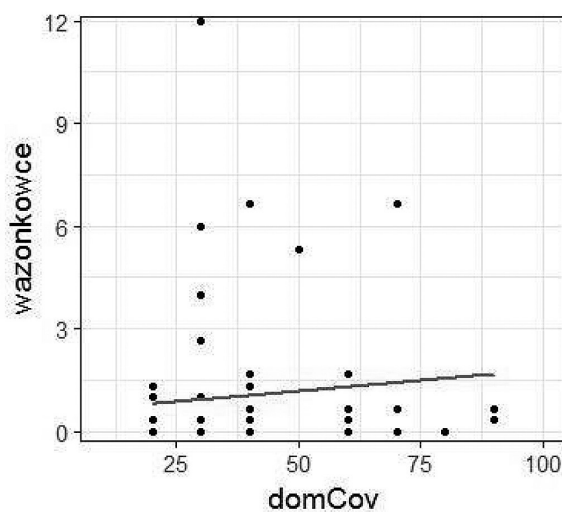
Rys. 6. Pozytywna, istotna statystycznie korelacja między łącznym pokryciem roślin i mchów, a liczbą nicieni

roślin zielnych (herb Cov) ( $r_s = 0.49, p < 0.05$ ), a także między łącznym pokryciem roślin i mchów ( $r_s = 0.55, p < 0.05$ ) (rys. 6).

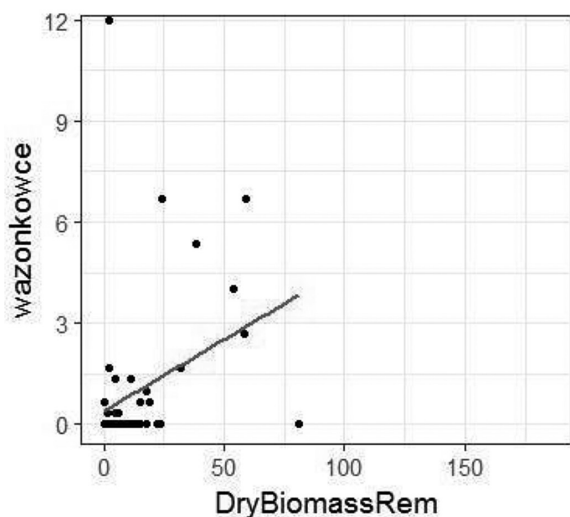
Na rysunku 7 przedstawiono wyniki z 57 poletek badawczych. Na badanych powierzchniach dominowały następujące gatunki roślin: podbiał pospolity (*Tussilago farfara*); wierzbówka nadrzeczna (*Chamaenerion palustre*); marchew zwyczajna (*Daucus carota*); wiechlina spłaszczona (*Poa compressa*); trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos*). Stwierdzono, że pokrycie gatunku dominującego ma korzystny pozytywny wpływ na liczebność wazonkowców na badanych powierzchniach ( $r_s = 0.54, p < 0.01$ ).

Stwierdzono ponadto pozytywną korelację między suchą masą pozostałych roślin zebranych na poletku badawczym, a liczebnością wazonkowców ( $r_s = 0.45, p < 0.05$ ) (rys. 8). Na rysunku 9 przedstawiono natomiast pozytywną korelację między pokryciem roślin zielnych, a liczebnością wazonkowców ( $r_s = 0.59, p < 0.01$ ).

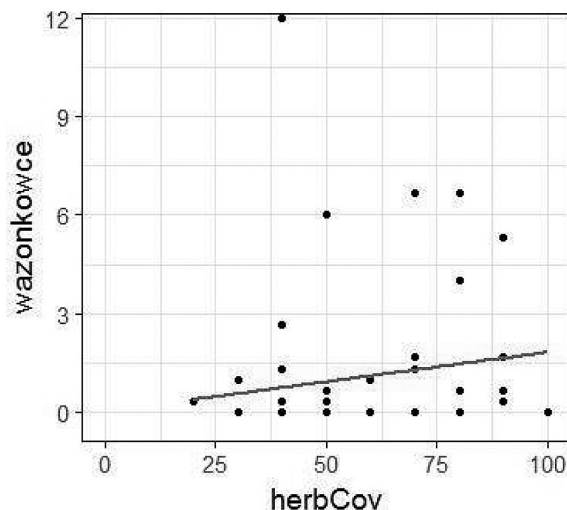
Zebrane dane dotyczące składu gatunkowego, liczebności mezofauny, biomasy pozwoliły na poszukiwanie relacji między biotycznymi elementami tworzącymi się ekosystemów. Stosunkowo silne interakcje wykryto między biomasa, a liczebnością badanych organizmów glebowych. Liczebność wazonkowców i nicieni na stanowiskach porośniętych roślinnością jest stosunkowo niewielka w porównaniu z ekosystemami naturalnymi. Kształtowanie się pierwszych ogniw sukcesji na podłożu niemal zupełnie pozbawionym życia lub na takim, gdzie kształtuje się ono od nie-



Rys. 7. Pozytywna, istotna statystycznie korelacja między pokryciem gatunków dominujących, a liczebnością wazonkowców



**Rys. 8.** Pozytywna, istotna statystycznie korelacja między suchą masą pozostałych roślin, a liczebnością wazonkowców



**Rys. 9.** Pozytywna korelacja między pokryciem roślin zielnych, a liczebnością wazonkowców

dawna, należy do najciekawszych zagadnień biologicznych aspektów funkcjonowania środowiska.

Procesy sukcesyjne można zaobserwować m.in. na różnego typu terenach przemysłowych. Badania nad sukcesją prowadzone są od wielu dziesięcioleci. Prace te dotyczą jednak głównie roślin. Studia nad zgrupowaniami zwierząt glebowych w różnych stadiach sukcesji są rzadkie [Skubała 2002, Porazińska i in. 2003]. Jak wskazuje Skubała [2002] w początkowym etapie sukcesji, hałdy w pierwszej kolejności zasiedlane są przez roztocza. Autor ten w swoich badaniach analizuje m.in. zagęszczenie mechowców. Stwierdza on, że zagęszczenie osobników gatunków z grupy mechowców *Oribatida* na stanowiskach z roślinnością inicjalną jest bardzo niskie, ale już po kilku latach spotyka się tutaj zwykle kilka tysięcy osobników na pow. 1 m<sup>2</sup>. Badania na podobnych terenach prowadził Frouz i in. [2008]. Brał on pod uwagę 50 parametrów flory i fauny glebowej na 27 terenach przemysłowych związanych z wydobyciem węgla o różnym wieku (1–41 lat), położonych w pobliżu miasta Sokolov (Republika Czeska). Badane podłoże zostało usypane w tzw. hałdy i miało charakter alkaliczny (pH 8,5). Całkowita zawartość węgla i azotu, jak również dostępnego fosforu i potasu, wzrosły z wiekiem zwałów. Analiza struktury mikroskopowej podłoża starszych hałd (wiek od 24 lata) wykazała znaczną aktywność dżdżownic, która przejawiała się często odnotowywanym w badanym podłożu, zmieszaniem warstwy organicznej i mineralnej. Fakt ten, skutkowało pozytywnym zjawiskiem polegającym na formowaniu się war-

stwy humusu. Autorzy ci stwierdzili również, że żadna z odnotowanych w badanym podłożu grup fauny glebowej nie preferowała w istotny sposób wczesnych etapów sukcesyjnych. Makrosaprofagiczne cechy fauny glebowej, najważniejsze dla rozkładu ściółki i mieszania gleby, wynikające z liczebności tych organizmów w badanym podłożu, osiągnęły najwyższą gęstość w najstarszych hałdach. Wyróżniono wyraźnie klastry miejsc w oparciu o klasyfikację TWINSPAN roślinności. Wszystkie rozważane elementy ekosystemu: parametry gleby, fauna glebowa i roślinność, przeżyły znaczne zmiany po 25 latach od usypania.

Prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów naturalnych, jak i silnie przekształconych, zależy od udziału organizmów glebowych. Wiedza dotycząca usług ekosystemowych jest ciągle rozwijana. Obecnie przyjmuje się, że usługi ekosystemowe powinny być uporządkowane i podzielone na grupy związane z: 1) dostarczaniem towarów; 2) regulacją procesów ekosystemowych oraz 3) utrzymywaniem kluczowych dla życia na ziemi procesów (essential to life on earth). Im lepiej poznawane są mechanizmy dostarczania i świadczenia usług ekosystemowych, tym pilniejsza istnieje potrzeba dalszej ich identyfikacji [Barrios 2007].

Szczególnie istotne są badania nad różnorodnością jakościową i ilościową organizmów glebowych, w tym fauny glebowej. Pojawianie się nowych ujęć metodologicznych i narzędzi badawczych tylko potwierdza tę potrzebę [Barrios 2007].

Prace koncepcyjne i eksperymentalne bardzo często skupiają się wokół aktywności biologicznej podłoża/gleby ekosystemu. Podejście to wy-

daje się być bardzo słuszne, jeśli celem jest znalezienie centralnego punktu w hierarchicznym układzie ekosystemu, pozwalające na skuteczne zarządzanie i wspieranie funkcjonowania tworzącego się ekosystemu. Znajomość powiązań hierarchicznych jest również użyteczna w celu wskazania potencjalnych działań w zakresie zarządzania ekosystemami, mających na celu ochronę lub poprawę świadczenia usług ekosystemowych [Barrios 2007].

## WNIOSKI

1. Na podstawie miary różnorodności jaką jest liczba gatunków roślin naczyniowych stwierdzono, że nie ma prostej zależności między liczbą osobników wazonkowców i nicieni, a liczbą gatunków roślin naczyniowych.
2. Porównanie różnorodności gatunkowej badanych powierzchni mierzonej wartością wskaźnika równomierności, różnorodności oraz dominacji i liczby osobników mezofauny (wazonkowce i nicienie) nie wykazało istotnych różnic statystycznych. Stwierdzono jedynie niewielki wpływ wartości wskaźnika Shannona-Wienera na liczebność wazonkowców.
3. Sumaryczne pokrycie terenu przez mchy i rośliny jest pozytywnie skorelowane z liczebnością nicieni.
4. Procentowe pokrycie gatunku dominującego na danej powierzchni ma pozytywny wpływ na liczebność osobników wazonkowców.
5. Pokrycie roślin zielnych pozytywnie wpływa na liczebność osobników wazonkowców oraz nicieni.

Analiza wyników uzyskanych w prezentowanej pracy wskazuje, że na badanych terenach przemysłowych, podobnie jak w ekosystemach naturalnych i półnaturalnych, niezwykle ważna jest rola organizmów glebowych występujących w substracie glebowym terenów przemysłowych (mimo, że gleba na tych obszarach jest jeszcze nie wykształcona).

## BIBLIOGRAFIA

1. Alpei J., Bonkowski M., Scheu S. 1996. Protozoa, Nematoda and Lumbricidae in the rhizosphere of *Hordelymuseuropaeus* (Poaceae): faunal interactions, response of microorganisms and effects on plant growth, *Oecologia* 106, 111–126.

2. Bach C.E. 1994. Effects of a specialist herbivore (*Alticasuplicata*) on *Salix cordata* and sand dune succession, *Ecol. Monog.* 64, 423–445.
3. Barrios E. 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *SinceDirect*, Tropical Soil Biology and Fertility Institute of Centro Internacional de Agricultura Tropical (TSBF-CIAT), Cali, Colombia.
4. Brown V.K., Gange A.C. 1989. Differential effects of above and below ground herbivory during early plant succession, *Oikos* 54, 67–76.
5. De Deyn G.B., Raaijmakers C.E., Zoomer H.R. 2003. Soil invertebrate fauna enhance grassland succession and diversity, *Nature* 422, 711–713.
6. Fagan W.F., Bishop J.G. 2000. Trophic interactions during primary succession: herbivores slow a plant reinvasion at Mount St. Helens, *Am. Nat.* 155, 238–251.
7. Frouza J., Prach K., Pižla V., Háněla L., Starý J., Tajovská K., Materná J., Balík J., Kalčíka J., Řehounek K. 2008. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology* 44, 109–121.
8. Gange A.C., Brown V.K., Farmer L.M. 1991. Mechanisms of seedling mortality by subterranean insect herbivores, *Oecologia* 88, 228–232.
9. Glenn-Lewin D.C., Peet R.K., Veblen T.T. 1992. *Plant Succession, Theory and Prediction*, Chapman & Hall, London.
10. Greszta J., Morawski S. 1972. Rekultywacja nieużytków przemysłowych. PWRiL, Warszawa.
11. Hanus-Fajerska E., Muszyńska E., Giezik A. 2015. *Archives of Waste Management and Environmental Protection*, *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*.
12. Harinikumar K.M., Bagyaraj D.J. 1994. Potential of earthworms, ants, millipedes and termites for dissemination of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soil, *Biol. Fert. Soils* 18, 115–118.
13. Kasprzak K. 1971. *Wazonkowce (Oligochaeta, Enchytraeidae)*, Warszawa.
14. Kasprzak K. 1971. *Wazonkowce (Oligochaeta, Enchytraeidae)*, Warszawa.
15. Kompała A., Błońska A., Woźniak G. 2004. Vegetation of the „Żabie Doły” area (Bytom) covering the wastelands of zinc-lead industry. *Archiwum Ochrony Środowiska* 30(3), 59–76.
16. Lavergne S., Mouquet N., Thuiller W., Ronce O. 2010. Evolutionary and Ecological Responses of Species and Communities. *Annual Review of Ecology and Evolution*.
17. Lopez M.G., Matesanz M.R., Lidon J.B.J., Cosin D.J.D. 2003. The effect of Hormogasterelisiae (Hormogastridae) on the abundance of soil Collembola

- and Acari in laboratory cultures, *Biol. Fertil. Soils* 37, 231–236.
18. Porazinska D.L., Bardgett R.D., Blaauw M.B., Hunt H.W., Parsons A.N., Seastedt T.R., Wall D.H. 2003. Relationships at the aboveground-belowground interface: Plants, soil biota, and soil processes. *Ecological Monographs* 73, 377–395.
19. Rostański A. 2006. Spontaniczne kształtowanie się pokrywy roślinnej na zwałowiskach po górnictwie węgla kamiennego na Górnym Śląsku. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
20. Skubała P. 2002. Rozwój fauny roztoczy na hałdach, czyli jak przyroda walczy z przemysłem. *Kosmos*, 2(51), 195-204.
21. Uggla H. *Gleboznawstwo rolnicze* PWN. Warszawa 1981.
22. Wikipedia, Wolna encyklopedia: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Gleba> (dostęp: 20.06.2019)
23. Wojewoda D., Kajak A., Szanser M. 2002. Rola mezo- i makrofauny w funkcjonowaniu gleby. *Instytut ekologii PAN*, 105-114.
24. Woźniak G. 2010. Diversity of vegetation on coal-mine heaps of the Upper Silesia (Poland), Kraków.