

## WPŁYW WEZBRAŃ NA FAUNĘ ZAMIESZKUJĄCĄ ALUWIA NA PRZYKŁADZIE DOLNEGO BIEGU DUNAJCA

### THE EFFECT OF WATER-LEVEL FLUCTUATIONS ON RIVER BANK FAUNA IN THE DUNAJEC RIVER

PAWEŁ MIKUŚ<sup>1</sup>, ALFRED UCHMAN<sup>2</sup>

**Abstrakt.** Wahania stanów wód są najważniejszym czynnikiem zaburzającym życie we współczesnych osadach aluwialnych, kontrolującym zróżnicowanie i rozmieszczenie fauny penetrującej aluwia. We współczesnych aluwiach Dunajca największy udział objętościowy mają nory kreta europejskiego (*Talpa europaea* Linnaeus), dżdżownicy ziemnej (*Lumbricus terrestris* Linnaeus), kilku gatunków chrząszczy z rodziny biegaczowatych (Carabidae Latreille) i błonkówek (*Ammophila* Kirby).

Zdecydowana większość fauny zamieszkującej osady aluwialne nie wykształciła odpowiednich cech umożliwiających przetrwanie dużych wezbrań, które mogą całkowicie przemodelować brzeg rzeki, czyniąc go nieodpowiednim do rekolonizacji przez kilka miesięcy. Z dużymi wezbrzeniami najlepiej radzą sobie krety, a ze średnimi – jaskółki brzegówki (*Riparia riparia* Linnaeus), których głębokie nory umożliwiają zamieszkiwanie przez dłuższy czas, nawet mimo postępującej niewielkiej erozji bocznej brzegów.

Dzięki prześledzeniu wywołanych wezbrzeniami zmian ekosystemu rzecznoego Dunajca, zanalizowano wpływ czynników środowiskowych na rozmieszczenie fauny w osadach aluwialnych rzek meandrujących. Ich oddziaływanie zmienia się w zależności od głębokości w profilu aluwii i odległości od współczesnego koryta rzeki. Na podstawie porównania dwóch profili wczesnoholoceńskich teras Dunajca z osadami deponowanymi na współczesnej równi zalewowej, oceniono przydatność współczesnych struktur bioturbacyjnych w analizie paleośrodowiska aluwialnego.

**Słowa kluczowe:** fauna penetrująca aluwia, wezbranie, Dunajec.

**Abstract.** Water-level fluctuations are the main factor disturbing channel-bank burrowing biota and controlling their diversity and abundance. The most frequently observed burrowers in recent alluvial sediments of the Dunajec River include European mole (*Talpa europaea* Linnaeus), common earthworm (*Lumbricus terrestris* Linnaeus), a few species of ground beetles (Carabidae Latreille) and solitary bees (*Ammophila* Kirby).

A large majority of the small organisms inhabiting the alluvial deposits have not developed the appropriate features to survive floods that can completely modify river banks, making them unsuitable to quick re-colonisation for a several months. Best adapted are European mole and bank swallow (*Riparia riparia* Linnaeus) building their terminal chambers beyond the range of large or medium flood and the progressive erosion of the banks.

Changes in the river bank ecosystem of the Dunajec River, caused by floods, were examined in 2010 and 2011. It resulted in an impact of environmental factors on the distribution of fauna in the alluvial sediments of meandering rivers. Their effect varies according to the depth in the alluvial profile and the distance from the recent river channel. Based on comparison of the two Early-Holocene alluvial profiles with the recent deposits of the Dunajec floodplain, an attempt to assess the usefulness of recent bioturbation structures for palaeoenvironmental analysis was made.

**Key words:** river bank fauna, flood, Dunajec River.

<sup>1</sup> Polska Akademia Nauk, Instytut Ochrony Przyrody; al. Mickiewicza 33, 31-120 Kraków; e-mail: mikus@iop.krakow.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Jagielloński, Instytut Nauk Geologicznych; ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków; e-mail: alfred.uchman@uj.edu.pl

## WSTĘP

Środowisko rzeczne jest szczególnym miejscem oddziaływania biosfery na zdeponowany osad. Organizmy występujące powszechnie w aluwiach pełnią istotną rolę w transferze materii organicznej i energii troficznej w ekosystemach wód płynących. Środowisko rzeczne charakteryzuje się dużymi gradientami energii, zaznaczającymi się w stosunkowo krótkim czasie, co wymusza na organizmach specjalne przystosowanie. Można je analizować dzięki obserwacjom śladów życia pozostawionych przez te organizmy. W przypadku drapieżników są to najczęściej nory miesz-

kalne, a w przypadku saprofagów (głównie dżdżownic) – ślady żerowania (Buatois, Mángano, 2007). Wyżej zorganizowane zwierzęta, takie jak krety, tworzą w osadzie bardziej rozbudowane, wielofunkcyjne korytarze (Chamberlain, 1975). Wśród fauny zamieszkującej aluwialne brzegi Dunajca w dolnym biegu rzeki największy objętościowy udział w osadzie mają: kret europejski (*Talpa europaea* Linnaeus), dżdżownica ziemna (*Lumbricus terrestris* Linnaeus), kilka gatunków chrząszczy z rodziny biegaczowatych (Carabidae Latreille) i błonkówki (*Ammophila* Kirby).

## OBSZAR BADAŃ

Dunajec w swoim dolnym biegu przepływa przez Kotlinę Sandomierską wysoko obwałowanym korytem. Przedczwartorzędowe podłoże tworzą ility miocenne zalegające na głębokości kilkunastu metrów pod powierzchnią terenu. Na nich znajdują się utwory czwartorzędowe, do których należą piaski i żwiry plejstocenne, holocenne utwory ilasto-piaszczysto-żwirowe terasy zalewowej Dunajca oraz plejstocenne piaski wydmy (Klimaszewski, 1937).

Obszar badań stanowi międzywale Dunajca na odcinku od ujścia Białej Tarnowskiej w Tarnowie do ujścia do Wisły niedaleko Opatowca. Na tym terenie w aluwiach wykonano 15 profili o głębokości od 180 do 550 cm i szerokości pola obserwacji od 80 do ponad 200 cm. Wykonano 2 profile wczesnholocennych teras w miejscach wyznaczonych na podstawie mapy geomorfologicznej teras Dunajca (Sokołowski, 1985). Ich lokalizację przedstawia [figura 1](#).

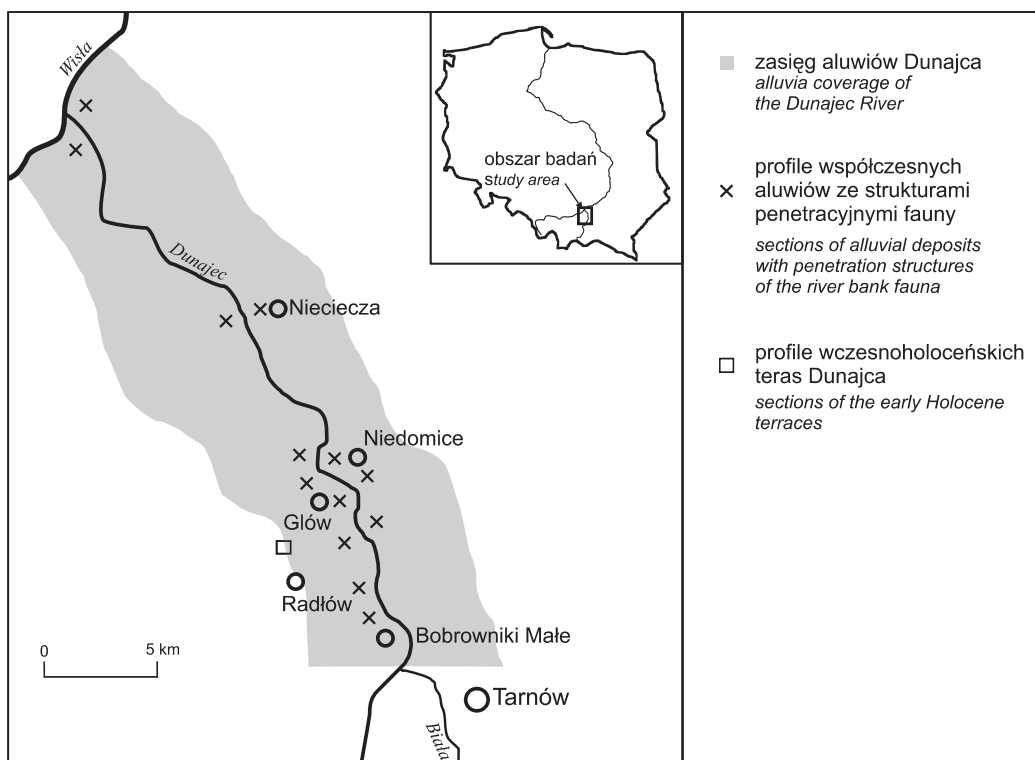


Fig. 1. Lokalizacja obszaru badań

Location map of the study area

## WEZBRANIA CZYNNIKIEM KONTROLUJĄCYM POPULACJĘ

Duże wahania stanów wody są najważniejszym czynnikiem zaburzającym życie w ekosystemach rzecznych i nadrzecznych (fig. 2). Zaburzenia powodowane przez wezbrania znacząco ograniczają w skali regionalnej zagęszczenie

i różnorodność fauny w środowisku aluwialnym. Występująca później rekolonizacja trwa od kilku do kilkunastu tygodni przy założeniu, że okres ten jest interwałem międzywezbraniowym (Rosenzweig, 1995).

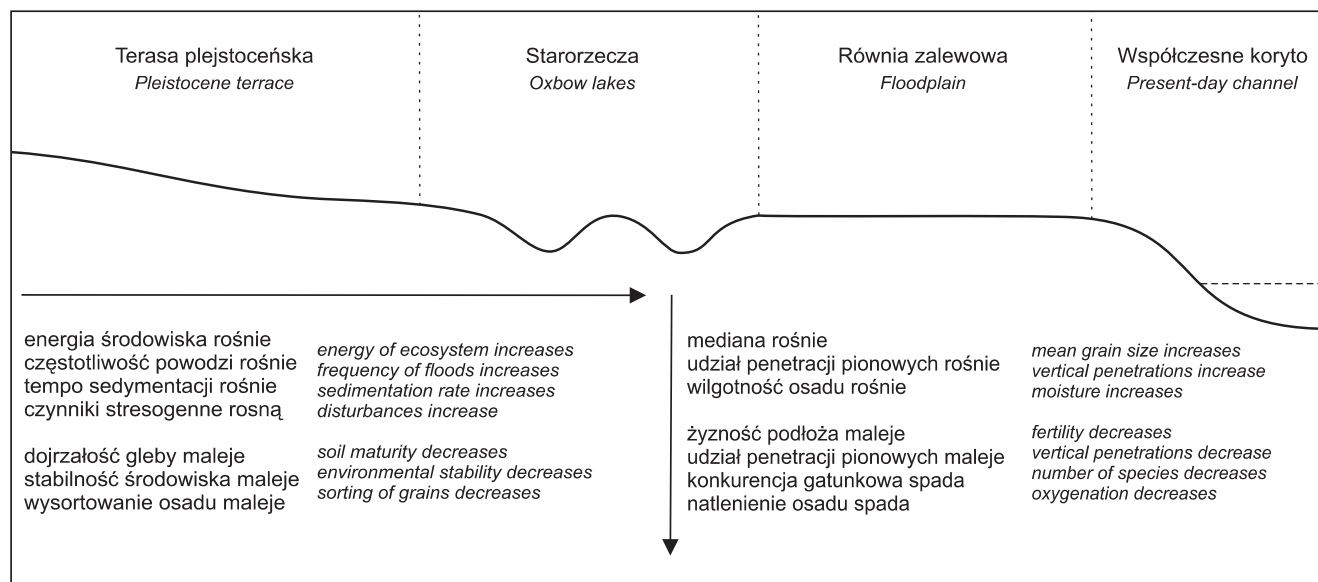


Fig. 2. Czynniki kontrolujące rozmieszczenie fauny w aluwialnych osadach Dunajca

Factors controlling the distribution of fauna in the alluvial deposits of the Dunajec River

## PRZYSTOSOWANIE FAUNY DO PRZETRWANIA WEZBRANIA

Na zachowanie się organizmów podczas wezbrań ma wpływ wiele czynników biologicznych, takich jak: kształt organizmu, sposób zdobywania pożywienia i poruszanie się. Można zauważyć zależność między wielkością organizmów a miejscem zajmowanym w profilu aluwialnym, determinującym energią wód płynących i częstotliwością zalewania przez wodę (Skalski i in., 2008). Im bliżej lustra wody, tym mniejsze rozmiary osobników. Wyjątek stanowią ssaki: bóbr europejski (*Castor fiber* Linnaeus), wydra europejska (*Lutra lutra* Linnaeus) i kret europejski (*Talpa europaea* Linnaeus), których nory mieszkalne sięgają lustra wody (w przypadku wydry, wejścia do korytarzy obserwowano często pod powierzchnią wody przy średnim stanie wody w rzece). Wszelkie struktury tworzone w osadzie przez duże ssaki mają szansę przetrwać małe i średnie wezbrania (stwierdzono zachowanie się nor lisa i wydry, a także ich ponowną kolonizację po opadnięciu wody do stanów średnich).

W przypowierzchniowych warstwach aluwialnych wału przykorytarzowego dominują poziomo przebiegające korytarze dżdżownicy ziemnej (*Lumbricus terrestris* Linnaeus). Pionowe korytarze dużych dżdżownic, formowane podczas dłuższego okresu międzywezbraniowego, sięgają ponad 2 m

w głąb profilu glebowego. Dżdżownice ziemne często wykorzystują korytarze kretów, a także martwe i żywe korzenie, schodząc nimi aż do poziomu zwierciadła wody.

Dżdżownice są dość wrażliwe na drastyczne zmiany stopnia wilgotności osadu i szybko na nie reagują. Obserwacje dowiodły, że w czasie zalewania wodą dżdżownice wychodzą na powierzchnię terenu jedynie przy niedoborze tlenu. W pozostałych przypadkach potrafią przeżyć w zalanych wodą norach przez długi czas. Podczas opadów, zwłaszcza na terenach zaludnionych, wychodzą na powierzchnię niemal natychmiast. Przyczynę takiego zachowania wyjaśniają badania Curry'ego (2004), wskazujące na działanie siarkowodoru wytwarzanego w ciągu dnia przez drobnoustroje glebowe, który przy niedoborze tlenu jest główną przyczyną pionowych migracji dżdżownic w osadach.

Na łacach meandrowych okres korzystnych warunków dla organizmów zasiedlających aluwia jest ograniczony i nagle przerywany przez wezbrania, dlatego żyją tam gatunki o mniejszych rozmiarach (Skalski i in., 2008). Wyżej w profilu, na równinach zalewowych i w osadach wypełnień starorzeczy, okres dostępności zasobów pokarmowych i energetycznych dla organizmów jest dłuższy i rzadziej zaburzany,

co przyczynia się do większego udziału osobników o większych rozmiarach (dotyczy to w szczególności chrząszczy z rodziny Carabidae Latreille). Im wyżej w profilu aluwiów, tym większa jest konkurencja międzygatunkowa, spowodowana mniejszą energią środowiska i większymi możliwościami zdobywania pokarmu i zakładania nor mieszkalnych nadających się przez dłuższy czas do użytku.

Zaburzenia spowodowane okresowymi zalewami brzegów Dunajca mogą przyczyniać się do znacznego zmniejszenia dostępu do zasobów środowiska dla organizmów. Wezbrania są naturalnym regulatorem liczebności danych populacji. Jedną z hipotez (Hershey, Lamberti, 2001) głosi, że największe zróżnicowanie biologiczne występuje przy średnim poziomie zaburzeń. Gdy poziom jest niski, środowisko jest zdominowane przez duże, długo żyjące osobniki. Przy wysokim poziomie zaburzeń dominują osobniki małe, krótko żyjące, zaś same populacje są słabiej rozwinięte.

Pomimo występowania w środowisku aluwialnym znacznych gradientów energii, które negatywnie oddziałują na liczebność populacji fauny, środowisko to jest nieustannie kolonizowane przez bogate zespoły faunistyczne o dużym potencjale rekolonizacyjnym. Podczas maksymalnych wezbrań, osobniki starają się ograniczyć do minimum kon-

takt z wysoką wodą, aby ponieść jak najmniejsze straty w populacji, a po opadnięciu wody jak najszybciej zacząć ją odbudowywać.

Dwuletnie obserwacje zmian nadszczynego ekosystemu Dunajca wskazują, że większość populacji owadów zamieszkujących aluwia (zwłaszcza chrząszczy i błonkówek), ponosi podczas dużego wezbrania znaczne straty ilościowe w populacji.

Wśród ssaków wyjątkowo dobrze przystosowany do przetrwania nawet dużych wezbrań jest kret europejski (*Talpa europaea* Linnaeus). Buduje on w całym profilu aluwiów rozległe korytarze z komorami mieszkalnymi, czasem usytuowanymi w osadach nieprzepuszczalnych, dającymi schronienie przed wodą. Jaskółka brzegówka (*Riparia riparia* Linnaeus) jest przystosowana do przetrwania średniej wielkości wezbrań, które na ogół nie są połączone z poważną erozją boczną brzegów. Gatunek ten kopie w piaszczysto-pyłastych osadach wału przykorytowego proste, równoległe do podłoża nory o zmierzonej głębokości do 115 cm, które dają szansę przetrwania niewielkiej erozji brzegu rzeki. Poziom wody w rzece rzadko osiąga tak wysoki stan, by zagrażać gniazdom jaskółek brzegówek, stąd wnioskuje się o ich dobrym przystosowaniu do życia w środowisku aluwialnym.

## CZAS REKOLONIZACJI

Zdarza się, że po wezbraniu brzeg zostaje całkowicie przebudowany, co uniemożliwia odbudowę populacji danego gatunku w tym miejscu. Po wezbraniu Dunajca z końca czerwca 2009 roku w miejscach wykonanych profili całkowicie znikła fauna budująca nory blisko zwierciadła wody. Chrząszcze z rodziny biegaczowatych potrzebowały dużo czasu na odtworzenie populacji, w przeciwieństwie do błonkówek, które budują nory mieszkalne, gdy tylko świeżo zdeponowany osad lub nowa, erozyjnie ukształtowana powierzchnia brzegu ulegnie wysuszeniu. Duże wezbranie potrafi zniszczyć nawet 99% osobników. Odbudowa takiego ekosystemu trwa około roku (Andersen, Hanssen, 2005), natomiast w drugim roku po wezbraniu gęstość zasiedlenia

przez organizmy jest nawet większa niż w miejscach niedotkniętych wezbraniem (Magurran, 1988), ze względu na zasobność nowego osadu w składniki pokarmowe. W trakcie długotrwałego wezbrania Dunajca wiosną 2010 roku doszło do głębokiego cofnięcia aluwialnych brzegów na zakolach rzeki, a poza przerwany wałami przykorytowymi powstały liczne glyfy krewasowe. Odbudowa żyjącej przed wezbraniem fauny miała miejsce jedynie w czasie późnego lata i jesieni i do końca 2010 r. nie została zakończona. Przeprowadzone obserwacje w lecie 2011 r. wykazały całkowitą odbudowę fauny brzegów rzeki oraz wzrost jej różnorodności do poziomu większego niż przed momentem wezbrania.

## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WSPÓŁCZESNYCH PENETRACJI OSADÓW ALUWIALNYCH W BADANIACH PALEOŚRODOWISKA

Przez cały czas działalności wód płynących osady aluwialne były penetrowane w różnym stopniu. Analizując ich parametry morfometryczne i fizykochemiczne oraz zespoły penetracji, można odtworzyć warunki panujące w osadzie w czasie jego depozycji, a także porównać ślady współcześnie tworzone ze śladami kopalnymi. Można tego dokonać na podstawie obserwacji starszych teras Dunajca, których osady zostały zdeponowane we wczesnym holocenie. Żyzne osady starszych teras, w czasie formowania których dochodziło do długotrwałych przerw w sedymentacji, mają dobrze

rozwinęte poziomy glebowe, bardziej podatne na penetrację niż współcześnie zdeponowane osady. Ponadto osady starszych teras mają granice warstw całkowicie zaburzone przez faunę i cechują się znacznym wymieszaniem w poszczególnych warstwach. Jest to efektem wnoszenia i znoszenia żyznego osadu przez organizmy, a także mechanicznego wplukiwania osadu do leżących niżej warstw w czasie późniejszych wezbrań. Takie wplukiwanie może zachodzić na większą skalę poprzez nory dżdżownic i kretów.

Osady wypełnień starorzeczy w geologicznej skali czasu są bardzo szybko penetrowane przez organizmy, co powoduje szybkie zacieranie starszych penetracji przez młodsze. W skali kilku tysięcy lat końcowym efektem jest całkowicie wymieszany osad, z widocznymi strukturami penetracyjnymi nie starszymi niż kilkadziesiąt lat. Lepsze efekty można uzyskać, porównując współcześnie deponowane osady Du-

najca z osadami formującymi plejstocенską Równinę Radłowską. W miejscu badania starszych teras są to piaski eoliczne, lokalnie z konkrecjami żelazistymi (Sokołowski, 1981). Występują w nich również ślady po korzeniach, a w zachodniej części, w piaskach wydmowych okolic Wał-Rudy – stare struktury penetracyjne zwierząt wypełnione piaskiem.

## DOLINA DUNAJCA WAŻNYM I CENNYM EKOSYSTEMEM

Dunajec przecina wiele jednostek krajobrazowych i tworzy złożony ekosystem, który funkcjonując naturalnie, umożliwił wielokierunkową łączność między swoimi składnikami. Obecny system rzeczny Dunajca ulegał i nadal ulega zmianom, zarówno powodowanym przez klimat, jak i ingerencją człowieka. Doprowadziło to nie tylko do przyspieszenia odpływu i zmian w natężeniu transportu rumowiska, lecz przede wszystkim zachwiało równowagę ekosystemu funkcjonującego dotychczas jako nieprzerwana całość (Kalicki, 2006). Budowa wałów przeciwpowodziowych rozdzieliła naturalny związek koryt i równi zalewowych, a zbiorniki retencyjne w Czorsztynie, Rożnowie i Czchowie dzielią system rzeki na kilka części, którym jedynie katastrofalna powódź przywraca namiastkę naturalności.

Wydaje się, że dolina Dunajca jest warta podjęcia dalszych badań mających na celu lepsze rozpoznanie jej budowy geologicznej, procesów działających przez cały holocen i przemian środowiska, jakie dokonały się w tym czasie. Należy zwrócić szczególną uwagę na gatunki fauny i flory zasiedlające dno doliny i ich rolę w kształtowaniu nadrzecznego ekosystemu na współczesnych równinach zalewowych oraz w strefach paleomeandrów datowanych na wczesny holocen.

*Badania częściowo wykonano w ramach projektu badawczego N N305 097239 finansowanego ze środków na naukę w latach 2010–2013.*

**Podziękowania.** Autorzy dziękują pani dr hab. Jolancie Pacześnej za życzliwe uwagi do niniejszego tekstu.

## LITERATURA

- ANDERSEN J., HANSEN O.R., 2005 — Riparian beetles, a unique, but vulnerable element in the fauna of Fennoscandia. *Biodiversity and Conservation*, **14**: 3497–3524.
- BUATOIS L.A., MÁNGANO M.G., 2007 — Invertebrate ichnology of continental freshwater environments. *W: Trace fossils. concepts, problems, prospects* (red. W. Miller): 285–316. Elsevier, Oxford.
- CHAMBERLAIN C.K., 1975 — Recent Lebensspuren in nonmarine aquatic environments. *W: The study of trace fossils. A synthesis of problems and procedures in ichnology* (red. R.W. Frey): 431–458. Springer-Verlag, New York.
- CURRY J., 2004 — Factors affecting the abundance of earthworms in soils. *W: Earthworm ecology* (red. C.A. Edwards): 91–115. CRC Press, New York.
- HERSHEY A., LAMBERTI G., 2001 — Stream macroinvertebrate communities. *W: River ecology and management* (red. R.J. Naiman i in.): 169–192. Springer-Verlag, New York.
- KALICKI T., 2006 — Zapis zmian klimatu oraz działalności człowieka i ich rola w holoceńskiej ewolucji dolin środkowo-europejskich. *Pr. Geogr.*, **204**: 247–301.
- KLIMASZEWSKI M., 1937 — Morfologia i dyluwium doliny Dunajca od Pienin po ujście. *Pr. Inst. Geogr. UJ*, **18**: 1–54.
- MAGURRAN A.E., 1988 — Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton.
- ROSENZWEIG M.L., 1995 — Species diversity in space and time. Cambridge University Press, Cambridge.
- SKALSKI T., KĘDZIOR R., RADECKI-PAWLIK A., 2008 — Czynniki kształtujące strukturę zgrupowań biegaczowatych (*Coleoptera: Carabidae*) na terenach zalewowych rzek górskich. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, **3**: 13–21.
- SOKOŁOWSKI T., 1981 — Development of the lower reach of the Dunajec river in the Vistulian and Holocene. *W: Evolution of the Vistula river valley during the last 15 000 years, part V* (red. L. Starkeł). *Geogr. Stud., Sp. Issue*, **8**: 51–71.
- SOKOŁOWSKI T., 1985 — Uwagi o terasach doliny Dunajca koło Tarnowa. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **51**: 579–594.

## SUMMARY

The study concerns the distribution of burrowing fauna in Holocene alluvial deposits in the lower reach of the Dunajec River, Carpathian Foredeep, SE Poland. The most frequently observed bioturbation structures in the recent alluvial deposits are made by European mole (*Talpa europaea* Linnaeus), common earthworm (*Lumbricus terrestris* Linnaeus), a few species of ground beetles (Carabidae Latreille) and solitary bees (*Ammophila* Kirby). The spatial layout of bioturbation structures in older and younger alluvial deposits is affected by a variety of environmental factors that change depending on the distance from the water table.

Changes in river ecosystem caused by summer and winter floods observed during the last two years showed that the small organisms inhabiting the alluvial deposits are not adapted to survive large floods. On the other hand, they have a very high recolonisation potential allowing them quickly to restore their burrows in place of the destroyed ones. In case

of larger organisms, another dependency occurs. European mole and bank swallow constructs their terminal chambers out of the reach of medium floods, which makes them well adapted to live in such a high-energy environment.

To estimate the usefulness of recent bioturbation structures in palaeoenvironmental analysis, two sections were excavated in the early Holocene terraces. Evidences of burrowing activity of fauna in these terraces have been compared to those from recently deposited sediments. Intense organic upwelling and downwelling of alluvial material may result in blurring of the layer boundaries in the entire alluvial profile making it illegible after several tens of years. Future palaeoenvironmental studies should pay particular attention to many burrowing species of fauna inhabiting early Holocene palaeomeander zones that are more difficult for ichnological description.