



Artur Niechwiej

**Kształtowanie się zoobentosu
w strefie występowania
małej zabudowy hydrotechnicznej,
w potokach zlewni Kamienicy Nawojowskiej
(Beskid Sądecki)**

Promotor:

dr hab. Izabela Czerniawska-Kusza

Opole 2015

Wstęp

Cieki są jednymi z najintensywniej eksploatowanych ekosystemów. Wykorzystanie gospodarcze cieków wiąże się niejednokrotnie z przekształceniami antropogenicznymi środowiska wodnego, które są wynikiem m.in. prowadzonych zabiegów regulacyjnych i wznoszenia konstrukcji hydrotechnicznych. Dotyczy to także cieków na obszarach górskich.

Zarówno ciek, jak i obszar zlewni podlegają różnorodnym procesom hydromorfologicznym. Materiał transportowany przez wodę z biegiem cieków nosi nazwę rumowiska. Źródłem rumowiska, oprócz procesów denudacyjnych w zlewni, jest erozja korytowa. Pojawia się ona w momencie, gdy rzeka transportuje mniej rumowiska, niż pozwala na to energia przepływającej wody. Energia ta jest wówczas kierowana na pogłębianie i poszerzanie koryta cieków. Wynikiem tego jest erozja boczna, denną i wglębna. Erozji takiej mają zapobiegać konstrukcje hydrotechniczne, m.in. progi i stopnie o zróżnicowanej wysokości oraz zapory przeciwrumowiskowe (Radecki-Pawlik 2012).

W Karpatach polskich, w XX w., zaobserwowano bardzo znaczne pogłębienie koryt cieków, wywołane intensywnymi procesami erozji wglębnej. Proces ten nasilił się szczególnie od lat 70-tych XX w. (Łapuszek 2011). Pociągnęło to za sobą konieczność regulacji cieków, by chronić obszary zasiedlone przed powodzią. Aby przeciwdziałać erozji wglębnej wzniesiono budowle hydrotechniczne, co nie zapobiegło jednak wystarczająco wzmożonemu odpływowi wód wezbraniowych, a stanowi przeszkodę w migracji organizmów wodnych oraz powoduje zubożenie istniejących biocenoz (Wyżga i in. 2008).

Jednym ze składowych biocenoz wodnych jest bentos. Bentosem nazywamy zespół organizmów zasiedlający dno zbiornika wodnego lub cieków. Mogą one zagrzebywać się w podłożu, poruszać po powierzchni dna, przytwierdzać do niego lub przebywać przydennej warstwie wody (Lampert i Sommer 2001). W potokach Karpat polskich makrozoobentos stanowią przedstawiciele takich grup bezkręgowców, jak: wirki Turbellaria, skąposzczety Oligochaeta, pijawki Hirudinea, ślimaki Gastropoda, małże Bivalvia, skorupiaki Crustacea, wodopójki Hydrachnidia i owady Insecta, w tym: chruściki Trichoptera, jętki Ephemeroptera, widelnice Plecoptera, dwuskrzydłe

(muchówki) Diptera, chrząszcze Coleoptera, pluskwiaki różnoskrzydłe Heteroptera, ważki Odonata, siatkoskrzydłe Neuroptera.

Na kształt zespołów bentosu w ciekach wywiera wpływ szereg czynników abiotycznych i biotycznych. Przepływ wody oddziałuje bezpośrednio zarówno na makrofaunę (np. dryf), jak i wpływa na strukturę podłoża, zróżnicowanie i jakość mikrosiedlisk (Lancaster 1999), temperaturę wody, warunki tlenowe (Olsen i Townsend 2003), dostępność pokarmu, itd. (Jowett i Duncan 1990, Merigoux i Doledec 2004, Baldigo i Smith 2011). Organizmy bentosowe mają różne preferencje, jeżeli chodzi o rodzaj i strukturę podłoża (Holomuzki i Biggs 2003), obecność i rodzaj osadów (Jones i in. 2011) oraz zasiedlanie różnych mikrosiedlisk (Zasępa i in. 2006). Także wzrost trofii wody odbija się niekorzystnie na zespołach bezkręgowców. Gwałtowne zubożenie tych zespołów obserwuje się m.in. przy zanieczyszczeniu cieków górskich i wzroście stężenia związków azotu (Imbert i Stanford 1996), jako że wiele taksonów tam występujących jest szczególnie na to wrażliwych. Także gospodarka leśna (Herlihy i in. 2005) i transport kołowy w obrębie koryt cieków niszczą mikrosiedliska bentofauny (Kukuła i Szczęsny 2000).

Zmiany hydromorfologiczne w cieku uregulowanym powodują zwykle zubożenie gatunkowe biocenoz (Dukowska i Grzybkowska 2007, Kukuła i Bylak 2011). Wpływ czynników antropogenicznych na biocenozę wód płynących jest wielokierunkowy, co wynika z oddziaływania m.in. wielkości i prędkości przepływu wody (Poff i Zimmerman 2010), transportu rumowiska oraz ukształtowania dna i koryta (Wyźga i in. 2011), obecności przeszkód naturalnych i sztucznych (Kajak 1992). Zmiany czynników abiotycznych i antropogenicznych, wywołane obecnością zabudowy hydrotechnicznej wpływają w sposób zróżnicowany na poszczególne zespoły hydrobiontów.

Budowa zapór i zbiorników zaporowych wywiera też istotny wpływ na makrofaunę bezkręgową cieków. Wzrost szybkości prądu i naruszenie struktury dna, np. poniżej zapór, powoduje zwiększony dryf i spadek liczebności oraz różnorodności bezkręgowców (Armitage 2006). Ubożeje różnorodność gatunkowa - dominują muchówki Chironomidae, skąposzczety i mięczaki, wykształcając liczne populacje (Grzybkowska i in. 2001). Obecność poprzecznej zabudowy hydrotechnicznej, nawet stosunkowo niewielkich konstrukcji jest istotna w kontekście podejmowania przez niektóre bezkręgowce bentosowe wędrówek w górę cieków (Błachuta i in. 2011).

Wędrówki takie podejmują zwłaszcza bezkręgowce o większych rozmiarach. Dotyczy to m.in. niektórych larwy owadów (np. chruścików), a związane jest z ich cyklami życiowymi (Mazurkiewicz-Boroń i Starmach 2009). Obecność zabudowy hydrotechnicznej, zmieniającej objętość i prędkość przepływu, wpływa też na zjawisko dryfu bekregowców (Brittain i Eikeland 1988).

Cele pracy

- poznanie składu taksonomicznego i struktury zespołów fauny dennej, zasiedlającej potoki w zlewni Kamienicy Nawojowskiej;
- zobrazowanie zmienności w zgrupowaniach fauny dennej w ujęciu przestrzennym i czasowym;
- określenie czy i w jakim stopniu mała poprzeczna zabudowa hydrotechniczna wpływa na makrobentos badanych potoków górskich.

Obszar badań i metodyka

Badania prowadzono na obszarze zlewni rzeki Kamienicy Nawojowskiej. Zlewnia, mieści się w regionie karpackim, który cechują znaczna ilość opadów i duże spływy powierzchniowe. Kamienica Nawojowska stanowi prawobrzeżny dopływ Dunajca. Długość rzeki wynosi 33,079 km (RZGW Kraków 2012). Jest ciekim trzeciego rzędu. Kamienica Nawojowska ma swoje źródła na płn.-wsch. zboczu Przysłópu (ok. 840mn.p.m.), w miejscowości Roztoka Wielka, a uchodzi do Dunajca w Nowym Sączu.

Zlewnia Kamienicy Nawojowskiej to przykład średniej wielkości zlewni beskidzkiej. W zlewni można wyróżnić 21 cieków, od czwartego do siódmego rzędu (wg RZGW w Krakowie). Badaniami objęto trzy cieki: Kryściów, Łabowczański Potok i Homerkę. Są to lewobrzeżne dopływy Kamienicy Nawojowskiej, czwartego rzędu. Posiadają one głęboko wcięte doliny, charakterystyczne dla obszaru Beskidu Sądeckiego.

Dla potrzeb niniejszej pracy wprowadzono termin „obiekt” na określenie poprzecznej zabudowy hydrotechnicznej w biegu cieku, w obrębie którego prowadzono badania terenowe. Na badanych ciekach wyznaczono pięć obiektów: jeden na potoku Kryściów (Nowa Wieś – obiekt N), dwa na Łabowczańskim Potoku (Łabowiec – obiekt L i Łabowa – obiekt B), dwa na Homerce (Homrzyska – obiekt H i Frycowa – obiekt F). Na

każdym z obiektów wyznaczono trzy stanowiska w profilu podłużnym ciek, o następującej lokalizacji:

- stanowisko typu **1** w odległości ok. 20 m powyżej zabudowy hydrotechnicznej;
- stanowisko typu **2** w odległości ok. 2-3 m poniżej zabudowy, zależnie od wielkości konstrukcji i obecności oraz wielkości istniejących kotłów eworsyjnych;
- stanowisko typu **3** w odległości ok. 20 m poniżej stanowiska typu 2.

Badania prowadzono w latach 2010 i 2011, pobierając próby fauny dennej sześciokrotnie, w następujących miesiącach: marzec, maj, czerwiec, sierpień, wrzesień i listopad. Terminy dostosowano zarówno do zmiennego reżimu hydrologicznego badanych cieków, jak i do cyklu życiowego organizmów, tak by wykazać obecność przedstawicieli możliwie największej liczby taksonów bezkręgowców. W terenie każdorazowo prowadzono pomiar podstawowych parametrów hydrologiczno-morfologicznych cieków wraz z opisem cech siedliskowych oraz pomiarem temperatury i wybranych parametrów fizyczno-chemicznych. Zmierzono szerokość i głębokość ciek na badanych odcinkach. Pomiar prędkości przepływu wykonano metodą pływakową (Bajkiewicz-Grabowska i in. 1993). Stopień zacienienia określono na podstawie wizualnej analizy lusta wody, o powierzchni ok. 2m² (Plotnikoff i Wiseman 2001). Dokonano też wizualnej oceny stopnia pokrycia podłoża przez peryfiton. Każdorazowo dokonywano pomiaru parametrów fizycznych wody: temperatury, przewodności elektrolitycznej, stopnia nasycenia tlenem i pH.

Do poboru prób fauny dennej wykorzystano metodykę reprezentatywnego poboru prób siedliskowych MHS (ang. Multi-Habitat Sampling), co pozwoliło zachować standardowe procedury analityczne, zgodne z Ramową Dyrektywą Wodną. W laboratorium przebierano próby, a organizmy konserwowano z 70% etanolu. Organizmy oznaczano do możliwie jak najniższej rangi taksonomicznej, tzn. rodzaju i gatunku, z wyjątkiem Diptera i Oligochaeta (do rodziny) oraz Hydrachnidia (rzędu).

Charakterystykę zespołów fauny dennej przeprowadzono w oparciu o podstawowe parametry biocenotyczne, takie jak: liczba taksonów, różnorodność gatunkowa (wskaźnik Shannona-Wiennera), struktura dominacji, stałość występowania (formuła Szujeckiego), udział grup wrażliwych na zanieczyszczenia wód oraz udział

troficznych grup funkcyjnych i organizmów z grupy EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera). Podobieństwo faunistyczne analizowano przy pomocy formuły Jaccard'a, a ponadto wykonano analizę statystyczną testem Studenta i kanoniczną analizę korespondencji (CCA).

Wyniki

Charakterystyka właściwości fizyczno-chemicznych wód w badanych potokach

Badane potoki nie różniły się znacząco pod względem podstawowych parametrów fizyczno-chemicznych wód. Wartości analizowanych parametrów (temperatura, odczyn, przewodnictwo elektrolityczne, zawartość tlenu) były zbliżone na wszystkich odcinkach cieków z obiektami hydrotechnicznymi. Wykazywały one jedynie niewielkie wahania w cyklu rocznym, z wyjątkiem temperatury. Były to wody chłodne i dobrze natlenione. Wszystkie wartości analizowanych związków azotu i fosforu mieściły się w zakresie odpowiadającym wodom pierwszej klasy czystości, wg *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych* (Dz.U. nr 257 poz. 1545).

Zmienność w bogactwie taksonomicznym zespołów w ujęciu sezonowym i przestrzennym

Fauna denna, zasiedlająca poszczególne odcinki potoków, charakteryzowała się dużą zmiennością w liczbie reprezentujących ją taksonów w sezonie badań. We wszystkich zespołach wystąpiła podobna tendencja – największe bogactwo taksonomiczne stwierdzono wiosną, po czym w okresie letnim odnotowano wyraźny jego spadek. Początek jesieni to z reguły czas ponownego wzrostu liczby taksonów reprezentowanych w zespołach. Szczególne bogactwo taksonomiczne makrobentosu wykazano w miesiącach wiosennych. W tym terminie przypadało największe bogactwo owadów z grupy EPT, przede wszystkim chruścików z rodzin Limnephilidae i Rhyacophilidae, widelnic z rodziny Taeniopterygidae i Nemouridae oraz jętek z rodziny Heptageniidae. Latem wykazano dwu-czterokrotną redukcję bogactwa taksonomicznego, a liczba reprezentowanych w faunie taksonów była najniższa w ciągu całego roku. Bentofaunę w sezonie letnim reprezentowały głównie chruściki *Rhyacophila* sp. i *Hydropsyche* sp. (Hydropsychidae), widelnice *Protonemoura* sp. (Nemouridae) i *Leuctra*

sp. (Leuctridae), jętki *Epeorus assimilis*, *Ecdyonurus* sp. (Heptageniidae) i *Baetis* sp. (Baetidae). Przełom lata i jesieni to z reguły ponowny wzrost bogactwa taksonomicznego zoobentosu, które utrzymywało się aż do listopada w większości badanych obiektów. Zmiany odnotowane jesienią w istotny sposób związane były ze wzrostem liczby gatunków chruścików z rodziny Limnephilidae, a także widelnic z rodziny Nemouridae i jętek z rodziny Heptageniidae.

Zmienność w zagęszczeniu organizmów w ujęciu sezonowym i przestrzennym

Liczebność organizmów bentosowych ulegała znacznym wahaniom w skali roku na wszystkich odcinkach badanych potoków, prowadząc do dużych zmian w zagęszczeniu osobników na m² powierzchni dna. Pierwszy szczyt zanotowano wiosną i był on efektem wzrostu liczebności widelnic i jętek w marcu, a chruścików w maju, przy czym maju, w porównaniu z marcem, odnotowano mniejszą liczebność bezkręgowców tworzących zoobentos w badanych potokach. W okresie lata odnotowano duże wahania w zagęszczeniu fauny dennej. Zapoczątkowane one zostały przez gwałtowny spadek liczebności organizmów w czerwcu (głównie z grupy EPT), zaś w sierpniu ponownie odnotowano gwałtowny wzrost liczebności organizmów, przede wszystkim za sprawą dużych liczebności muchówek Simuliidae i Chironomidae. W sezonie jesiennym wykazano kolejne wahania w zagęszczeniu fauny dennej, wynikające przede wszystkim ze znacznej redukcji liczebności larw Simuliidae we wrześniu, a następnie ponownego wzrostu ilości larw owadów z grupy EPT. Jednocześnie jesienią odnotowano stale wzrastającą liczebność widelnic i jętek. W efekcie w listopadzie zagęszczenie fauny dennej wzrosło kilku- kilkunastokrotnie w porównaniu z wrześniem.

Stażność występowania organizmów i struktura zespołów fauny dennej

Struktura taksonomiczna makrobentosu na badanym obszarze była zróżnicowana. Status eudominanta (powyżej 10% udziału w ogólnej liczebności makrobezkręgowców) lub dominanta (5-10% udziału) osiągnęli w różnych miesiącach roku przedstawiciele 38 taksonów. Wśród nich 17 taksonów było reprezentowanych w zoobentosie w każdym z analizowanych miesięcy, choć na różnej liczbie stanowisk. W zależności od miesiąca, stuprocentową stażnością występowania w faunie dennej na badanych stanowiskach odznaczały się z widelnic *Nemoura* sp. i *Brachyptera risi*, z jętek *Rhithrogena semicolorata* i *Rh. iridina*, z chruścików *Hydropsyche instabilis* oraz muchówki z rodziny

Simuliidae. Ponadto w całym okresie badań na większości stanowisk w zespołach obecne były widelnice z rodzaju *Leuctra*, jętki *Baetis rhodani*, a także kielże *Gammarus* sp. i larwy ochotkowatych (Chironomidae).

Ogółem 16 rodzin bezkręgowców było najliczniej reprezentowanych w faunie dennej na badanym obszarze. Były to głównie owady z grupy EPT i muchówki oraz sporadycznie kielże i chrząszcze z rodziny Dytiscidae. Odnotowano przy tym pewną prawidłowość. Wiosną i jesienią wyraźnie zaznaczyła się dominacja owadów z grupy EPT, przy czym w najchłodniejszych miesiącach, tj. marcu i listopadzie w zoobentosie najliczniejsze były widelnice, którym współtowarzyszyły w maju chruściki, a we wrześniu jętki. Natomiast latem zdecydowanie dominowały muchówki *Simuliidae* i Chironomidae.

W strukturze dominacji odnotowano pewne różnice pomiędzy zespołami makrobezkręgowców zasiedlającymi poszczególne ciek, obiekty i typy stanowisk. W potokach Łabowczańskim i Homerce dominacja widelnic silniej zaznaczała się w zespołach zasiedlających środkowy bieg ciek (stanowiska obiektów L i H) oraz na stanowiskach typu 1. Natomiast w dolnym biegu cieków większy udział w zespołach miały jętki (zwłaszcza na stanowiskach obiektu B) i na stanowiskach typu 3. Chruściki były licznie reprezentowane w maju na wszystkich stanowiskach. W marcu w faunie dennej najliczniejsze były widelnice z rodzin Nemouridae, Leuctridae, Taeniopterygidae, w maju były to dodatkowo chruściki Limephilidae i Glossosomatidae. Latem dominowały larwy muchówek *Simuliidae* i Chironomidae. We wrześniu z kolei przeważały jętki: Heptageniidae, Baetidae, Leptophlebiidae, a w listopadzie ponownie widelnice Leuctridae i Nemouridae.

Większość taksonów, których przedstawiciele osiągnęli status eudominanta, stanowiły owady z grupy EPT. Grupa ta charakteryzowała się zarówno dużym bogactwem gatunkowym, jak i znacznym zróżnicowaniem liczebności poszczególnych populacji. Ogółem reprezentowana była przez przedstawicieli 88 taksonów, w tym 30 gatunków jętek, 38 chruścików i 20 taksonów widelnic. Spośród nich 34 taksony należały do najliczniej reprezentowanych na badanym obszarze.

W skali całego roku udział organizmów reprezentujących w faunie dennej poszczególne grupy troficzne był zbliżony na wszystkich odcinkach potoków, obejmujących poszczególne obiekty małej poprzecznej zabudowy hydrotechnicznej.

Odnotowano przy tym typową zmienność sezonową. Udział rozdrabniaczy w ogólnej liczbie organizmów wyniósł na każdym z typów stanowisk ok. 30%. Zdrapywacze również stanowiły ok. 30% organizmów na każdym z typów stanowisk, a filtratory 20 - 25% fauny dennej. Niższy w skali roku był udział w poszczególnych zespołach zbieraczy, wynoszący ok. 10% ogólnej liczebności makrobezkręgowców. Drapieżcy stanowili poniżej 5% ogółu osobników na każdym z typów stanowisk.

Różnorodność taksonomiczna fauny dennej

Różnorodność taksonomiczna fauny bezkręgowej na badanych stanowiskach była duża. Jednocześnie różnorodność poszczególnych zespołów cechowała się znaczną zmiennością w ciągu roku. Różnice w wartościach wskaźnika Shannona-Wiennera (min.-max.) wynosiły od 1,90 do 2,55. Najniższe wartości wskaźnika, mieszczące się w zakresie od 0,14 do 1,47 uzyskano w sezonie letnim, gdy w faunie dennej ponad 80% zespołów stanowiły larwy Simuliidae. Najwyższe natomiast, wynoszące od 2,53 do 3,14 uzyskano wiosną i jesienią.

Bogactwo taksonów wrażliwych na poziom zanieczyszczenia wód

Do wskaźników charakteryzujących w zoobentosie bogactwo taksonów wrażliwych na poziom zanieczyszczenia wód należą $\%EPT_{tax}$ (udział taksonów reprezentujących owady z grupy EPT) oraz $\%EPT$ (udział osobników należących do grupy EPT w danym zespole).

Duże bogactwo taksonów reprezentujących widelnice jętki i chruściki zobrazowane zostało poprzez wysokie wartości wskaźnika EPT_{tax} , uzyskane na badanym obszarze. Z reguły w każdym analizowanym okresie ponad połowę składu taksonomicznego fauny dennej stanowiły owady z grupy EPT. Ogółem w skali całego roku, wartości średnie wskaźnika EPT_{tax} były zbliżone, utrzymując się w zakresie od 67% do 86% dla poszczególnych stanowisk. Jednocześnie w składzie taksonomicznym fauny dennej zasiedlającej poszczególne stanowiska podobny udział miały zarówno jętki (22-38%), jak chruściki (20-35%), a tylko nieznacznie mniejszy widelnice (14-29%).

Pomimo dużego zróżnicowania liczebności owadów z grupy EPT pomiędzy sezonem letnim a wiosennym i jesiennym, wartości średnioroczne wskaźnika $\%EPT$ są wysokie. Wynika to z faktu, iż niewielka liczebność populacji owadów należących do grupy EPT latem była bilansowana ich dużą liczebnością w pozostałych okresach roku.

Porównując ze sobą faunę denną w badanych ciekach można zauważyć, że liczebność populacji reprezentujących widelnice był wyższa w potokach Kryściów i Łabowczańskim, natomiast w potoku Homerka większa była liczebność chruścików. Ponadto z biegiem cieków zmniejszał się w zespołach udział widelnic, a wzrastał jętek.

Podobieństwo faunistyczne badanych potoków w rejonie obiektów hydrotechnicznych

Fauna denna, zasiedlająca badane potoki na odcinkach obejmujących małą poprzeczną zabudowę hydrotechniczną cechowała się dużym podobieństwem pod względem składu i struktury zespołów. W dużym stopniu może to wynikać z niewielkiego obszaru zlewni Kamienicy Nawojowskiej, a tym samym zbliżonymi pod wieloma względami cechami abiotycznymi środowiska, takimi jak: charakter podłoża, prędkość przepływu wód, właściwości fizyczno-chemiczne wody. Analiza skupień wykazała pewną odrębność zespołów fauny dennej, rozwijających się bezpośrednio poniżej konstrukcji hydrotechnicznych (stanowiska typu 2) od pozostałych, tj. występujących powyżej zabudowy (typu 1) oraz poniżej, lecz w większej odległości (typu 3).

Porównując faunę denną zasiedlającą poszczególne typy stanowisk uzyskano istotne statystycznie wartości t-Studenta dla zestawienia: typ 1 – typ 2. Wynosiły one 0,017 dla ogółu fauny dennej oraz 0,021 dla grupy EPT.

Kanoniczną analizę korespondencji (CCA) przeprowadzono z wykorzystaniem tylko tych zmiennych statystycznych, które były istotne dla rozmieszczenia taksonów oraz dla tych taksonów, których frekwencja wyniosła nie mniej niż 15%. Analiza CCA, wykonana dla istotnych zmiennych środowiskowych oraz taksonów o frekwencji przynajmniej 15% (Rys. 30), wyjaśniła ponad 60% zmienności w tejsze relacji, co stanowi wartość dość znaczną. Jednakże wyjaśnienie przyczyn zmienności na poziomie poszczególnych taksonów jest stosunkowo niewielkie – zaledwie 22%. Powodem małego gradientu zmian może być wielkość badanego obszaru oraz zbliżony charakter wielu cech środowiskowych pomiędzy poszczególnymi ciekami i obiektami. Niemniej jednak można wyróżnić pewne prawidłowości w odniesieniu do poszczególnych organizmów i czynników na nie oddziałujących.

Gatunki zagrożone

W zespołach makrobentosu w badanych odcinkach cieków odnotowano występowanie organizmów umieszczonych na *Czerwonej liście zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce* (2002). Ogółem było to 7 gatunków należących do owadów z grupy EPT, w tym po trzy gatunki reprezentujące chruściki i jętki oraz jeden widelnice. Gatunkiem najbardziej zagrożonym, spośród odnotowanych na badanych stanowiskach, była jętka *Ephemera lineata*. Pozostałe zaliczone zostały do kategorii niższego ryzyka.

Wnioski

W oparciu o uzyskane wyniki badań, zestawione z dostępnymi danymi literaturowymi można sformułować następujące wnioski:

- na badanych odcinkach potoków zlewni Kamienicy Nawojowskiej stwierdzono duże bogactwo taksonomiczne i znaczną różnorodność w zespołach makrobentosu;

- nie wykazano znaczących różnic w bogactwie taksonomicznym i liczebności organizmów tworzących zespół zoobentosu pomiędzy stanowiskami położonymi powyżej i poniżej małej poprzecznej zabudowy hydrotechnicznej. Jednakże obecność małej poprzecznej zabudowy hydrotechnicznej może mieć pewien wpływ na strukturę taksonomiczną poszczególnych zgrupowań organizmów bentosowych (np. chruścików);

- na kształt zespołów fauny dennej w badanych ciekach i na poszczególnych ich odcinkach większy wpływ niż obecność małej poprzecznej zabudowy hydrotechnicznej miały: sezonowość występowania taksonów, podobny rodzaj i struktura substratu dennego, charakter zagospodarowania terenu zlewni, położenie danego stanowiska na określonym odcinku w biegu cieku, antropopresja (np. gospodarka leśna);

- zgrupowania makrobezkręgowców nie uległy znaczącemu zubożeniu po wykonaniu prac regulacyjnych, za czym przemawia porównanie z wynikami badań z lat wcześniejszych;

- zagadnienie kształtowania się zespołów makrobentosu w rejonie małej poprzecznej zabudowy hydrotechnicznej wymaga prowadzenia dalszych badań, przede wszystkim w innych zlewniach beskidzkich.

Piśmiennictwo

- Armitage P. D. 2006. Long-term faunal changes in a regulated and an unregulated stream – Cow Green thirty years on. *River Res. Applic.* 22: 947–966.
- Bajkiewicz-Grabowska E., Magnuszewski A., Mikulski Z. 1993. *Hydrometria*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Baldigo B. P., Smith A., J. 2011. Effects of flow releases of macroinvertebrate assemblages in the Indian and Hudson Rivers in the Adirondack Mountains of Northern New York. *River Res. Applic.* 28: 858-871.
- Błachuta J., Wiśniewolski W., Zgrabczyński J., Domagała J. 2011. Ocena potrzeb i priorytetów udrażniania ciągłości morfologicznej rzek na obszarach dorzeczy w kontekście osiągnięcia dobrego stanu i potencjału ekologicznego JCWP. RZWP. Poznań.
- Brittain J. E., Eikeland T. J. 1988. Interbrate drift – a review. *Hydrobiologia* 166: 77-93.
- Dukowska M., Grzybkowska M. 2007. Reakcja bentofauny na pietrzenie. *Nauka Przyroda Technologie* 1 (2), #16.
- Grzybkowska M., Dukowska M., Szczerkowska E., Majecki J., Kucharski L. 2001. Siedliskowa mozaikowość rzek: reakcja bentofauny na silny stres hydrauliczny. [w:] Gwoździński K. (red.). IV Konferencja "Bory Tucholskie - ochrona biosfery": streszczenia. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2001.
- Herlihy A. T., Gerth W. J., Li J., Banks J. 2005. Macroinvertebrate community response to natural and forest harvest gradients in western Oregon headwater streams. *Freshwater Biology* 50: 905–919.
- Holomuzki J. R., Biggs B. J. F. 2003. Sediment texture mediates high-flow effects on lotic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society* 22: 542-553.
- Imbert J., B., Stanford J., A. 1996. An ecological study of a regulated prairie stream in Western Montana. *Regulated Rivers: Research and Management* 12: 597-615.
- Jones N., E. 2011. Spatial patterns of benthic invertebrates in regulated and natural rivers. *River Research and Applications* 29 (3): 343-351.
- Jowett I., G., Duncan M., J. 1990. Flow variability in New Zealand rivers and its relationship to in-stream habitat and biota. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 24: 305-317.
- Kajak Z. 1992. Ekologiczne skutki zabudowy hydrotechnicznej i wykorzystania wód śródlądowych, [w:] Majewski W. (red.). XII Ogólnopolska Szkoła Hydrauliki. Współczesne Problemy Hydrauliki Wód Śródlądowych, Instytut Budownictwa Wodnego PAN w Gdańsku: 17-36.
- Kukuła K., Szczęsny B. 2000. Ecological characteristics and conservation of aquatic ecosystems in Western Bieszczady Mountains. [w:] Michalik S., Pawłowski J. (red.). *Monografie Bieszczadzkie* 10: 79–114.

- Kukuła K., Bylak A. 2011. Wpływ czynników antropogenicznych na faunę karpackich dopływów Wisły. *Roczniki Bieszczadzkie* 19: 207–222.
- Lampert W., Sommer U. 2001. *Ekologia wód śródlądowych*, tłum. Pijanowska J. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Lancaster J. 1999. Small-scale movements of lotic macroinvertebrates with variations in flow. *Freshwater Biology* 41: 605-619.
- Łapuszek M. 2011. Zmiany erozyjne dna koryta Sanu z uwzględnieniem czynników antropogenicznych. *Gospodarka Wodna* 1: 22-26.
- Mazurkiewicz-Boroń G., Starmach J. 2009. Konsekwencje przyrodnicze przegradzania rzek. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 65 (2): 83–92.
- Merigoux S., Doledec S. 2004. Hydraulic requirements of stream communities: a case study on invertebrates. *Freshwater Biology* 49: 600–613.
- Olsen D., A., Townsend C., R. 2003. Hyporheic community composition in a gravel-bed stream: influence of vertical hydrological exchange, sediment structure and physiochemistry. *Freshwater Biology* 48: 1363-1378.
- Plotnikoff, R., W., C. Wiseman C. 2001. *Benthic Macroinvertebrate Biological Monitoring Protocols for Rivers and Streams*. Washington Department of Ecology, Publication No. 01-03-028, Olympia, WA.
- Poff N., L., Zimmerman J., K., H. 2010. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology* 55: 194–205.
- Radecki-Pawlik A. 2012. Budowle hydrotechniczne w korytach rzek górskich. [w:] Krzemień K. (red.). *Struktura koryt rzek i potoków (studium metodyczne)*. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków: 55-77.
- Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. nr 257 poz. 1545).
- Wykaz cieków w zlewni rzeki Kamienicy Nawojowskiej wg MPHP v. 09-2010, RZGW Kraków.
- Wyźga B., Bojarski A., Jeleński J., Zalewski J. 2008. Zagrożenia dla zrównoważonego stanu środowiska cieków karpackich i proponowane działania zaradcze. [w:] Wyźga B. (red.). *Stan środowiska rzek południowej Polski i możliwości jego poprawy – wybrane aspekty*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków: 121-133.
- Wyźga B., Oglęcki P., Radecki-Pawlik A., Zawiejska J. 2011. Diversity of Macroinvertebrate Communities as a Reflection of Habitat Heterogeneity in a Mountain River Subjected to Variable Human Impacts. [w:] Simmon A., Bennet S., J., Castro J., M. (eds.) *Stream Restoration in Dynamic Fluvial Systems: Scientific Approaches, Analyses, and Tools*. American Geophysical Union, Washington: 189-207.

Zasępa P., Kłonowska-Olejek M., Radecki-Pawlik A. 2006. Wpływ wybranych zmian abiotycznych w rejonie łąki żwirowej potoku górskiego na mikrosiedliska makrobezkręgowców dennych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 4 (2): 221–232.