

Monitoring środowiska wodnego i badania modelowe realizowane w obszarze zlewni zbiornika Kozłowa Góra.

Barbara Kożuch¹, Rafał Ulańczyk²

¹ Jars Sp z o.o.

² Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

1. Wstęp

Zbiornik Kozłowa Góra, zlokalizowany w województwie śląskim, stanowi źródło wody pitnej dla północnej części aglomeracji górnośląskiej, a także element ochrony przeciwpowodziowej w zlewni rzeki Brynica. Zbiornik administrowany jest przez Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów S.A. w Katowicach, które dostarcza wodę przeznaczoną do spożycia w obrębie 3.5 milionowej aglomeracji śląskiej. Zbiornik Kozłowa Góra stanowi jeden z dziesięciu obszarów pilotażowych w projekcie CE110 *PROLINE-CE: Efficient Practices of Land Use Management Integrating Water Resources Protection and Non-structural Flood Mitigation Experiences*, finansowanym w ramach programu Interreg Central Europe. Projekt ten ma na celu przygotowanie wytycznych dotyczących skutecznej ochrony zasobów wody pitnej poprzez wprowadzenie odpowiednich, dobrych praktyk w zakresie zarządzania gruntami czy też praktyk w ramach prowadzenia zrównoważonej gospodarki wodnej.

Niniejszy artykuł prezentuje zakres prac wykonanych przez konsorcjum Instytutu Ochrony Środowiska – Państwowego Instytutu Badawczego i firmy Jars Sp. Z o.o. w latach 2017 – 2019 w ramach realizacji tego projektu (IOŚ-PIB, Jars, 2017-2019).

2. Charakterystyka obszaru i identyfikacja potencjalnych źródeł zanieczyszczenia

Obszar pilotażowy usytuowany jest w centralnej części województwa śląskiego i zajmuje powierzchnię 193.93 km² w granicach powiatów: tarnogórskiego, będzińskiego, myszkowskiego i lublinieckiego. Największą część zlewni zajmują obszary leśne – 47.8% powierzchni terenu. Tereny rolne zajmują powierzchnię 82 km², co stanowi 42.3% powierzchni całej zlewni. Zalicza się do nich grunty orne, tereny zajmowane przez uprawy trwałe (sady i plantacje), łąki i pastwiska oraz obszary upraw mieszanych. Z uwagi na dominujący wiejski charakter gmin wchodzących w skład zlewni – tereny zurbanizowane stanowią niewielki udział w jej powierzchni – jedynie 7.4% (Corine Land Cover, 2012) (fig. 1).

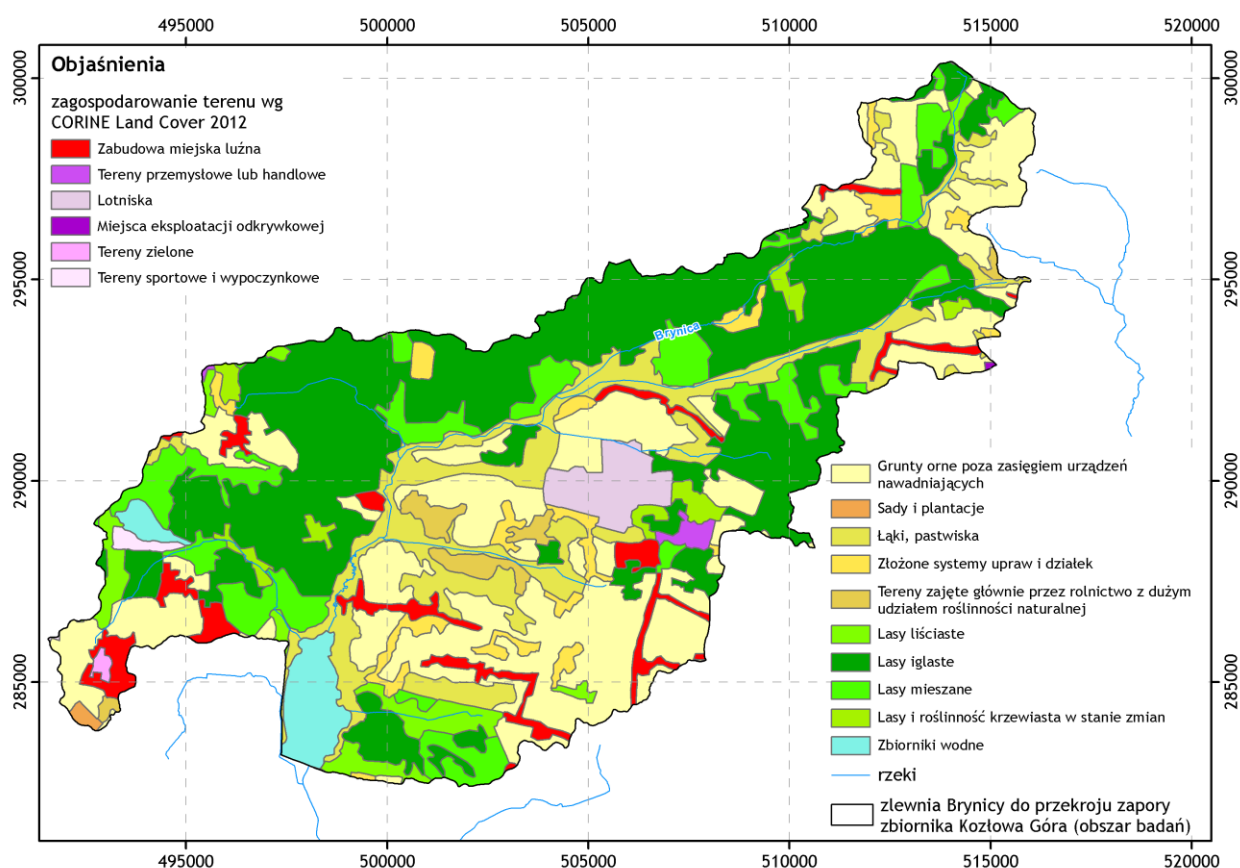


Figura 1. Formy użytkowania powierzchni ziemi w obszarze zlewni zbiornika Kozłowa Góra (na podstawie CORINE Land Cover, 2012).

Obszar analizowanej zlewni do przekroju zapory zbiornika Kozłowa Góra znajduje się w lewostronnym dorzeczu Wisły i odwadniany jest przez Brynicę (dopływ Przemszy) wraz z dopływami. W zdecydowanej większości działły wodne mają przebieg pewny, a jedynie na terenach zabudowanych i w obszarach o wyraźnych antropogenicznych przekształceniach powierzchni mają przebieg niepewny. Na terenie zlewni występują też obszary bezodpływowe obserwowane głównie w wyrobiskach po eksploatacji surowców budowlanych. Ponadto, w wielu miejscach znajdują się pojedyncze zgłębenia bezodpływowe chłonne oraz ewapotranspiracyjne.

Cieki powierzchniowe okolic zbiornika Kozłowa Góra – z wyjątkiem samej Brynicy – charakteryzują się niewielką długością i przepływami rzędu od kilku do kilkudziesięciu dm^3/s . W przekrojach ujściowych mogą one osiągać maksymalnie kilkaset dm^3/s (Budzyńska A. i in., 1999). Najwięcej niewielkich cieków dopływa bezpośrednio do zbiornika po jego wschodniej stronie. Wschodni brzeg zbiornika jest wyraźnie podmokły, zaś brzeg zachodni jest obwałowany. Częstokroć niewielkie cieki mają charakter okresowy lub epizodyczny. Prowadzą one wodę podczas roztopów i w okresach występowania większych opadów (Jaguś A., Rzętała M., 2003).

Zwierciadło wody pierwszego poziomu wodonośnego w obszarze zlewni zbiornika Kozłowa Góra występuje w utworach czwartorzędu, jury, triasu oraz lokalnie karbonu i dewonu. Na

podstawie analizy dostępnych materiałów uznano, że zwierciadło pierwszego poziomu wodonośnego ma charakter ciągły, bez względu na zróżnicowanie stratygraficzne utworów wodonośnych.

W pierwszej fazie realizacji badań prowadzonych w zlewni zbiornika Kozłowa Góra rozpoznano szereg potencjalnych źródeł zanieczyszczenia zlokalizowanych w zlewni i mogących negatywnie wpływać na jakość wody w zbiorniku. Rozpoznano poniższe typy źródeł zanieczyszczeń:

- zakłady produkcyjne,
- hodowle,
- stacje paliw oraz urządzenia do przechowywania paliw,
- wysypiska śmieci, w tym dzikie wysypiska,
- oczyszczalnie ścieków oraz zrzuty ścieków, złej jakości lub brak sieci kanalizacyjnej,
- drogi oraz porty komunikacyjne,
- obszary użytkowane rolniczo (poprzez nadużywanie nawozów sztucznych i naturalnych),
- obszary zabudowane,
- depozycja zanieczyszczeń z atmosfery

W obszarze zlewni istotne znaczenie mają źródła obszarowe związane z formami zagospodarowania terenu, np. obszary użytkowane rolniczo i obszary zabudowane. Zanieczyszczenia z tych obszarów docierają wraz ze spływem powierzchniowym do cieków, pogarszając istotnie ich stan oraz wpływając na jakość wody w zbiorniku Kozłowa Góra.

3. Monitoring środowiska wodnego w obszarze zlewni zbiornika Kozłowa Góra

W ramach realizacji projektu PROLINE-CE prowadzono kompleksowy monitoring środowiska wodnego, obejmujący badania zarówno wód powierzchniowych jak i podziemnych, w ujęciu ilościowym i jakościowym.

W ramach monitoringu ilościowego prowadzono pomiary hydrometryczne na wszystkich ciekach zlokalizowanych w obszarze zlewni zbiornika Kozłowa Góra, a także pomiary wysokości zwierciadła wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego.

Pomiary hydrometryczne wykonano w dwóch kampaniach pomiarowych, w dziesięciu przekrojach hydrometrycznych, zlokalizowanych na wszystkich głównych ciekach w obrębie zlewni – na rzece Brynica i jej dopływach (fig. 2). Wyniki pierwszego terminu pomiarowego (listopad 2017) charakteryzują okres mokry, gdzie suma opadów w 10-dniowym okresie poprzedzającym pomiary wyniosła 14.9 mm. Drugi termin pomiarowy (marzec 2018) określić można jako suchy – suma opadów w 10-dniowym okresie poprzedzającym pomiary wyniosła zaledwie 1.7 mm. Brynica powyżej zbiornika w okresie pomiarów prowadziła $0.519 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ w okresie suchym i $1.47 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, czyli prawie 3-krotnie więcej w okresie mokrym. Przepływ w przekroju powyżej zbiornika jest od 35% (okres mokry) do 67% (okres suchy) większy od przepływu w analogicznym okresie w przekroju wodowskazowym. Analizowany okres był zatem nietypowy w stosunku do średnich warunków obserwowanych w wieloleciu. Zazwyczaj

w zlewni występuje marcowe wezbranie wiosenne, a listopad należy do miesięcy o obniżonych przepływach.

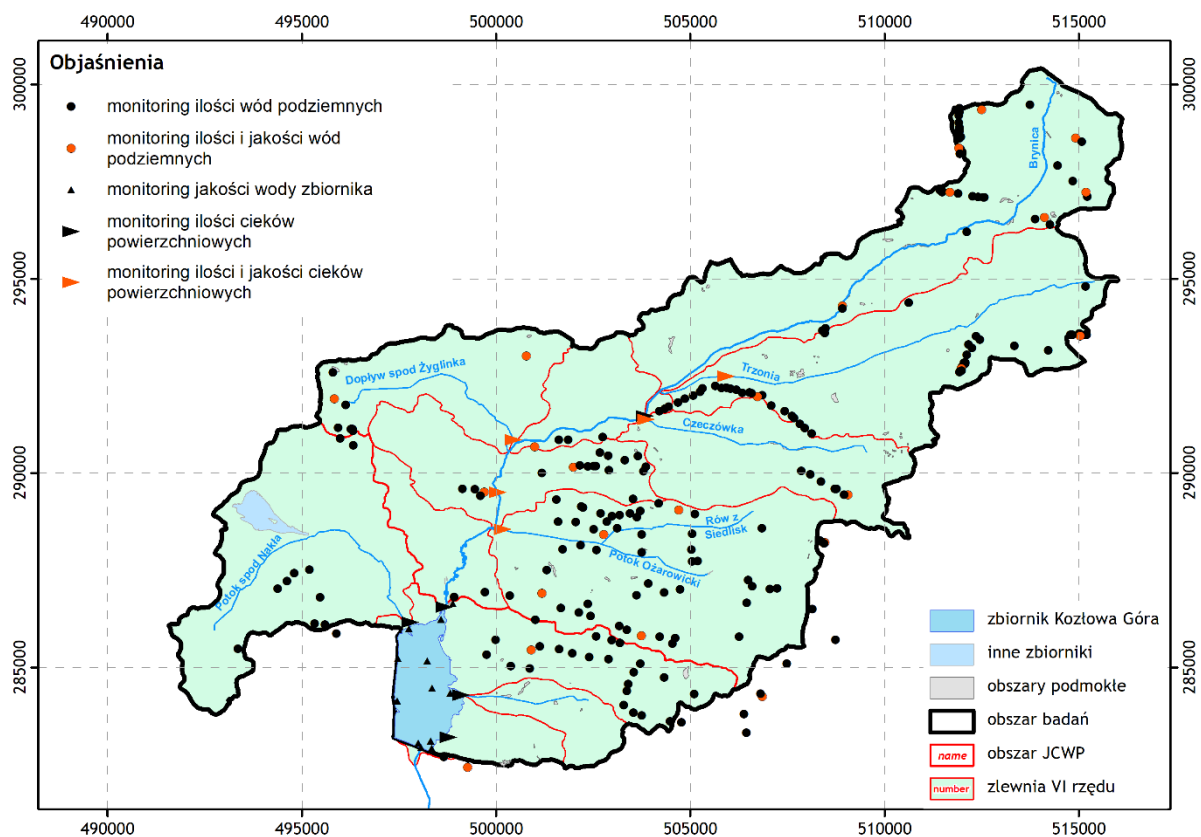


Figura 2. Lokalizacja punktów monitoringu wód prowadzonego w obszarze zlewni zbiornika Kozłowa Góra.

Badania prowadzące do oceny stanu ilościowego wód pierwszego poziomu wodonośnego na obszarze objętym opracowaniem wykonywane były w okresie od czerwca 2017 roku do marca 2018 roku. Prace zostały podzielone na cztery serie badań wykonanych w różnych porach roku w celu oceny stanu wód pierwszego poziomu wodonośnego z uwzględnieniem reakcji zwierciadła wody na wielkość zasilania infiltracyjnego przy zmiennej wielkości opadów atmosferycznych. Do badań położenia zwierciadła wytypowano blisko 200 studni gospodarczych zlokalizowanych w obszarze zlewni. Wyniki prowadzonych badań wskazały, iż na większości obszaru badań zwierciadło wody pierwszego poziomu wodonośnego kształtuje się na poziomie 290–310 m n.p.m. Przepływ wód podziemnych generalnie odbywa się od obszarów położonych najwyżej do doliny Brynicy. Podstawę lokalnego drenażu stanowi rzeka Brynica, a także sam zbiornik Kozłowa Góra.

W ramach monitoringu jakości wody prowadzono badania w obrębie zbiornika Kozłowa Góra, cieków powierzchniowych i wód podziemnych w obszarze zlewni zbiornika.

W celu określenia rozkładu przestrzennego zanieczyszczeń w wodach zbiornika Kozłowa Góra przeprowadzono pomiary właściwości fizyczno-chemicznych wody za pomocą sondy wieloparametrycznej w blisko 300 punktach pomiarowych. Badania te wykonano dwukrotnie:

w maju i w październiku 2017 roku. Pomiary objęły badania stężenia tlenu w wodzie, wartości odczynu pH, stopnia zasolenia wody, przewodności, mętności, temperatury wody, potencjału redoks, stężenia NO_3^- , Cl^- oraz substancji rozpuszczonych w wodzie. Wyniki pomiarów poddano analizie geostatystycznej przy zastosowaniu metody szacowania błędu (Kriging).

Dwukrotnie przeprowadzono także badania jakości wody zbiornika Kozłowa Góra oraz wód powierzchniowych i podziemnych obserwowanych w zlewni zbiornika w zakresie oceny własności fizycznych wody, stężenia biogenów, jonów głównych, metali ciężkich oraz węgla organicznego jako potencjalnie istotny wskaźnik zanieczyszczenia wód zbiornika Kozłowa Góra. Wody zbiornika badano w sześciu punktach pomiarowych zlokalizowanych na wysokości cieków dopływających do zbiornika, ujęcia Stacji Uzdatniania Wody (SUW) Kozłowa Góra oraz na linii przepływu wody w zbiorniku. W celu scharakteryzowania jakości cieków powierzchniowych wytypowano sześć reprezentatywnych punktów pomiarowo-kontrolnych zlokalizowanych na: Brynicy (wodowskaz w Brynicy), Brynicy do ujścia Trzoni, na Trzoni, Czeczówce, Dopływie spod Żyglinka oraz Potoku Ożarówickim (fig. 2). Badania parametrów fizykochemicznych wód podziemnych wykonano opróbowując 24 studnie gospodarskie, zlokalizowane w obszarze omawianej zlewni.

Analizując wyniki tej szeroko zakrojonej kampanii pomiarowej stwierdzono, że pod względem fizykochemicznych wskaźników jakości wody powierzchniowej stan ekologiczny cieków w obszarze zlewni zbiornika Kozłowa Góra należy określić jako poniżej dobrego. Ocena stanu ekologicznego samego zbiornika Kozłowa Góra, uwzględniając dobry stan zarówno parametrów biologicznych jak i hydromorfologicznych, wskazuje na klasyfikację do stanu umiarkowanego. W punktach pomiarowych, zlokalizowanych na Brynicy (do ujścia Trzoni), na Trzoni i Potoku Ożarówickiego stan chemiczny wód oceniono jako dobry. W pozostałych punktach pomiarowych, zlokalizowanych na Czeczówce, Dopływie spod Żyglinka, a także na Brynicy w Brynicy, określa się jako poniżej stanu dobrego. Stan chemiczny zbiornika Kozłowa Góra należy określić jako dobry, biorąc pod uwagę fakt, iż jest to typ wód silnie zmienionych (typ abiotyczny „0”). Niemniej jednak stwierdzone w ramach badań wartości stężeń związków azotu i fosforu wskazują na duży potencjał zbiornika do zakwitów fitoplanktonowych.

Ocena stanu chemicznego wód pierwszego poziomu wodonośnego w obszarze zainteresowania wykazała, iż badane wody podziemne charakteryzują się różnym stopniem zanieczyszczenia antropogenicznego, najczęściej jednak są to wody o słabym stanie chemicznym (klasa IV i V). Główną przyczyną złego stanu tych wód są wysokie stężenia azotanów i potasu, których podstawowym źródłem jest rolnictwo i nieuregulowana gospodarka wodno-ściekowa.

4. Zintegrowane modelowanie środowiska wodnego

W ramach realizacji projektu przygotowano oraz prowadzono symulacje na zintegrowanym modelu matematycznym obejmującym model zlewni zbiornika oraz model zbiornika Kozłowa Góra.

Model zlewni został wykonany w celu m.in. określenia wpływu zagospodarowania terenu na jakość wód w zlewni. Model ten, zbudowany przy użyciu oprogramowania SWAT (Soil and Water Assessment Tool), pozwala m.in. na symulacje wielkości dopływu wód do zbiornika wraz z określeniem ładunku związków azotu i fosforu, temperatury wody a także wielkości

ewapotranspiracji i infiltracji na obszarze zlewni, wraz z oszacowaniem ładunku związków azotu infiltrujących do gleby i wód podziemnych (Arnold, J. G., in., 1998; Fohrer, N i in., 2001). Model zbiornika Kozłowa Góra, przygotowany w programie AEM3D (Aquatic Ecosystem Model), pozwala natomiast na symulację m.in. prędkości przepływu wody i rozkładu temperatury wody w czaszy zbiornika, stężenia związków azotu i fosforu, tlenu rozpuszczonego, a także biomasy, w tym biomasy fito- i zooplanktonu w zbiorniku (Hodges B., Dallimore C., 2016). Za pomocą tego modelu przeprowadzono także symulację przepływu zanieczyszczenia (symulacja wirtualnego znacznika) oraz czasu retencji wody w zbiorniku. Oba modele zostały ze sobą zintegrowane, co oznacza, że wyniki modelu zlewni wykorzystywane są przez model zbiornika jako dane wejściowe. Za pomocą modelu zintegrowanego przeprowadzono symulacje m.in. wpływu prognozowanych zmian klimatu na zasoby wód przeznaczonych do spożycia z uwzględnieniem wyników modelu EUROCORDEX (WCRP). Zastosowano trzy scenariusze: brak zmian (dane analogiczne jak dla roku 2012), zmiany umiarkowane (oparte o scenariusz zmian klimatu RCP 4.5 dla roku 2030) oraz zmiany znaczne (oparte o scenariusz zmian klimatu RCP 8.5 dla roku 2050) (Durka P. i in., 2017). Na podstawie wyników tego zintegrowanego modelu, w symulacji wpływu zmian klimatu na bilans wodny i jakość wód zbiornika, pomiędzy scenariuszem „0” – brak zmian, i scenariuszem obejmującym zmiany znaczne zaobserwowano pewne kierunki zmian, które zestawiono w poniższej tabeli (tabela 1).

Tabela 1. Wyniki modelowania zintegrowanego dla zbiornika Kozłowa Góra obejmujące kierunki reakcji składowych bilansu wodnego i jakości wody na zmiany klimatyczne wg zadanych scenariuszy.

	Efekty zmian klimatu	
	Zmiany umiarkowane (RCP4.5-2030)	Zmiany znaczne (RCP8.5-2050)
Temperatura wody	Wzrost ++	Wzrost +++
Parowanie	Wzrost +	Wzrost +
Maksymalny czas zatrzymania wody	Spadek --	Wzrost ++
Stężenie azotu w odpływie ze zbiornika	Wzrost +	Spadek -
Stężenie fosforu w odpływie ze zbiornika	Wzrost +	Spadek --
Stężenie chlorofilu w odpływie ze zbiornika	Wzrost ++	Wzrost +++

+ lub - oznacza zmianę poniżej 1%

++ lub -- oznacza zmianę w zakresie 1-5%

+++ lub --- oznacza zmianę powyżej 5%

5. Działania miękkie

W ramach projektu prowadzono również działania miękkie, których zadaniem było zaangażowanie interesariuszy w realizację projektu PROLINE-CE oraz podnoszenie świadomości i zwiększanie wiedzy społeczeństwa dotyczącej ochrony zasobów wód pitnych. W tych kameralnych spotkaniach uczestniczyło w sumie blisko 150 osób. Zorganizowane zostały dwie serie warsztatów dla interesariuszy projektu, w których udział wzięli przedstawiciele organów decyzyjnych, przedsiębiorstw wodociągowych, instytucji badawczych oraz przedstawiciele samorządów. Uczestnicy zostali zapoznani z celem projektu oraz stanem realizacji. Mogli także nakreślić swoje oczekiwania względem wyników projektu,

co stanowi wartość dodaną dla jego realizacji. Ponadto w trakcie realizacji projektu rozpoznano problem niewielkiej lub braku świadomości społecznej dotyczącej wpływu działalności człowieka na środowisko wodne. Zorganizowanych zostało kilka spotkań z lokalną społecznością w celu przedstawienia wyników projektu oraz wskazania prawidłowych praktyk zarządzania gruntami w kontekście ochrony zasobów wód przeznaczonych do spożycia. Wskazano, iż niektóre powszechnie stosowane praktyki mogą wywierać negatywny skutek na jakość środowiska wodnego, co zostało poparte wynikami badań.

6. Wnioski

W latach 2017 – 2019 prowadzono prace nad realizacją zadania: *Wykonanie rozpoznania aktualnego stanu zbiornika Kozłowa Góra, zagospodarowania jego zlewni oraz przeprowadzenie w rejonie zbiornika i jego zlewni badań monitoringowych*. W ramach tego zadania przeprowadzono m.in. szeroko zakrojone badania monitoringowe wód w obszarze zlewni zbiornika Kozłowa Góra. Badania wykazały, że głównym problemem w obszarze zlewni jest zanieczyszczenie wód biogenami, w szczególności związkami azotu i fosforu, które mogą powodować sezonowe zakwity glonów sinicowych, tym samym znacząco obniżając jakość wód. Wykonano także prace w ramach zintegrowanego modelowania środowiska wodnego, obejmujące modelowanie zlewni i samego zbiornika Kozłowa Góra. Za pomocą modeli przeprowadzono m.in. symulacje wpływu zmian klimatu na zasoby wodne i ich jakość w obszarze badań. Wyniki symulacji dla znaczących zmian klimatycznych wykazały tendencję do spadku wielkości ładunku biogenów w odpływie ze zbiornika, co może mieć związek ze zintensyfikowaniem zakwitów w warunkach przewidywanego wzrostu temperatury lub ze zmniejszeniem wielkości odpływu wody ze zbiornika. W ramach realizacji zadania prowadzono także spotkania ze społecznością lokalną i interesariuszami w celu podnoszenia świadomości i zwiększania wiedzy na temat ochrony zasobów wód pitnych.

Podziękowania

Badania, podsumowane w powyższym artykule, zostały wykonane w ramach umowy pomiędzy konsorcjum w składzie Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy i firmą JARS Sp z.o.o. z Górnośląskim Przedsiębiorstwem Wodociągów S.A. Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów S.A. pełni rolę partnera projektu PROLINE-CE, w ramach którego przeprowadzono badania. Projekt PROLINE-CE realizowany w latach 2016 – 2019, w ramach programu Interreg Central Europe, dofinansowany jest z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Autorzy artykułu pragną podziękować współpracownikom i autorom Raportów 1-11 za ich pracę.

Literatura

Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., and Williams, J. R., 1998: Large area hydrologic modeling and assessment – Part 1: Model development, J. Am. Water Resour. As., 34, 73–89.

Budzyńska A, Rozlał K., Rzętała M., 1999: Park w Świerklańcu oraz zbiornik Kozłowa Góra jako zespół przyrodniczo-krajobrazowy, [w:] Rzętała M., Interakcja człowiek-środowisko w badaniach geograficznych, SKNG WNoZ UŚ, Sosnowiec, 115-123.

CORINE Land Cover, 2012: Version 18.5.1. Europejska Agencja Środowiska w ramach programu ramowego Copernicus

Durka P., Kamiński J.W., Strużewska J., Jefimow M. 2017. Ocena zmian klimatu i narażenia na czynniki klimatyczne dla horyzontu 2030 i 2050, na podstawie EURO-CORDEX dla Tomaszowa Mazowieckiego na potrzeby projektu ClimCities. Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Modelowania Atmosfery i Klimatu

Fohrer, N., Haverkamp, S., Eckhardt, K., and Frede, H.-G., 2001: Hydrologic response to land use changes on the catchment scale, Phys. Chem. Earth Pt. B, 26, 577–582.

IOŚ-PIB, Jars (Konsorcjum Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy – Jars Sp. Z o.o.), 2017 – 2019: Raporty 1 - 11 wykonane w ramach zadania *Wykonanie rozpoznania aktualnego stanu zbiornika Kozłowa Góra, zagospodarowania jego zlewni oraz przeprowadzenie w rejonie zbiornika i jego zlewni badań monitoringowych*. Archiwum Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów S.A.

Hodges B., Dallimore C., 2016: Aquatic Ecosystem Model: AEM3D v1.0 User Manual. HydroNumerics, October 7, 2016

Jaguś A., Rzętała M., 2003: Zbiornik Kozłowa Góra,. Funkcjonowanie i ochrona na tle charakterystyki geograficznej i limnologicznej. Polskie Towarzystwo Geograficzne, Komisja Hydrologiczna, Warszawa, 156 s.