

Andrzej JAGUŚ

University of Bielsko-Biala, Department of Environmental Protection and Engineering, Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biala, Poland

ORCID / e-mail:

0000-0001-9364-1744 / ajagus@ath.bielsko.pl

Wybrane problemy zagospodarowania zlewni górskich w aspekcie ochrony zbiorników zaporowych w Karpatach Polskich

Słowa kluczowe:

retencja zlewni, spływ powierzchniowy, zagospodarowanie przeciwoerozyjne, ochrona jakości wód

Selected problems in the development of mountain catchments for the protection of dam reservoirs in the Polish Carpathians

Keywords:

catchment retention, surface runoff, anti-erosion management, water quality protection

Abstract

The current spatial development of the catchment area in the Polish Carpathians shows features that accelerate the water cycle and its erosive activity. The region is characterized, among others, by: insufficient forest cover, the presence of fallow land and abandoned land, scattering of buildings, disturbance of the course of agro-forest borders, excessive number of dirt roads and various hardened surfaces, degradation of forest ecosystems. This translates into siltation and pollution of Carpathian dam reservoirs important for the water and economic system of the country. The aim of the article is to present selected principles and methods of arranging the catchment area in the Polish Carpathians in terms of improving the catchment retention capacity and, at the same time, the quality of water. The result of proper management would be a stable supply of good quality water to the reservoirs.

Protective activity for water resources should focus on replacing surface runoff with ground runoff in order to increase the retention capacity of the area and protect against erosion. The key is to properly shape the plant cover, which at the same time protects the water quality. The watershed zones and steep slopes should be forested. Permanent grasslands for extensive animal breeding should be considered the optimal form of agricultural use of the Carpathian areas. Together with forest areas with a good health condition, they not only create favorable water conditions, but also ensure the preservation of biodiversity. The maintenance of arable land is permitted up to an altitude of 700 m a.s.l. and requires good agricultural practice to minimize soil erosion and nitrate migration. It is unacceptable to leave the soil without plant cover. River bed zones and watercourse beds require appropriate technical or biological support to prevent the development of bedside erosion and sediment displacement, as well as the ingestion of material from slopes. Plant communities near the river beds should be protected under landscape protection.

1. WSTĘP

Mimo, że wiele zbiorników zaporowych na całym świecie ma strategiczne znaczenie dla rolnictwa, zaopatrzenia w wodę przeznaczoną do spożycia, czy też bezpieczeństwa energetycznego, ich istnienie ciągle budzi wiele kontrowersji [Kornijów 2011, Jaguś 2014]. Przeciwnicy tworzenia zbiorników na tyle negatywnie oceniają wpływ środowiskowy takich obiektów, że lobbują na rzecz nie tylko zaprzestania budowy zapór, ale także ich likwidacji.

Jednym z głównych argumentów przedkładanych przeciwko spiętrzaniu rzek jest wskazywanie złego stanu jakościowego wód zgromadzonych w zbiornikach. Istotnie, wiele zbiorników funkcjonuje w zlewniach poddanych różnorodnej antropopresji, co przekłada się na zanieczyszczenie wód. Ważnym problemem w tym zakresie jest zwłaszcza eutrofizacja [Kasza 2009] Głosy krytyczne w stosunku do zbiorników zaporowych podnoszą także często problem ich zamulania i utraty zdolności retencyjnych, co z biegiem czasu czyni je coraz mniej użytecznymi, a dodatkowo gromadzącymi duże ilości osadów, nierzadko o znacznym stopniu zanieczyszczenia.

Tymczasem zbiorniki zaporowe są potrzebne dla rozwoju i zabezpieczenia potrzeb bytowo-gospodarczych ludności, zwłaszcza, gdy nie ma alternatywy (np. innego źródła wody). Dodatkowo są one cenionym i lubianym elementem środowiska geograficznego, szczególnie w obszarach, gdzie nie występują naturalne jeziora. Jeśli jakość wody w zbiornikach jest korzystna, ludzie traktują je jako miejsca dogodne dla wypoczynku, przyjeżdżając nawet z daleka, aby odpocząć nad wodą. Potrzeba ochrony tych obiektów staje się więc oczywista.

Teoretycznie najkorzystniejsze warunki dla funkcjonowania zbiorników zaporowych występują w obszarach górskich, gdzie tereny zlewniowe charakteryzuje niewielka powierzchnia zabudowy oraz mało intensywne użytkowane gruntów. Zagospodarowanie obszarów górskich południowej Polski (Karpát Polskich), z nielicznymi wyjątkami zlewni o charakterze quasi-naturalnym (Rys. 1), nie sprzyja jednak ani retencji zlewniowej, ani zachowaniu dobrej jakości wód – tereny te są znacznie przekształcone przez człowieka (Rys. 2). Negatywnych cech jest wiele: niewłaściwa struktura przestrzenna terenu (m.in. zbyt mała lesistość, rozproszenie zabudowy, zaburzenie przebiegu granic rolno-leśnych), nadmierna liczba dróg gospodarczych i różnorodnych powierzchni utwardzonych, niewłaściwe praktyki rolnicze, degradacja ekosystemów leśnych (zwłaszcza monokultur świerkowych) i inne. Na potrzebę zmian niekorzystnej dla zasobów wodnych sytuacji przestrzenno-gospodarskiej w Karpatach Polskich zwracano uwagę przez dziesięciolecia [Kurek i in. 1978, Starkel 1990]. W różnych aspektach, często dotyczących zagrożenia powodziowego, mówi się o tym także współcześnie [Wałęga i Młyński 2017, Wyżga i in. 2018]. Efektem problematycznej sytuacji jest znaczne zamulenie i ogólna degradacja lub zagrożenie degradacją większości zbiorników zaporowych w polskiej części Karpát [Twardy i in. 2003, Dmitruk i in. 2012].

W związku z powyższym celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wybranych zasad i sposobów współczesnego zarządzania przestrzeni zlewniowej w Karpatach Polskich w aspekcie poprawy zdolności retencyjnych zlewni i jednocześnie jakości wód. Potrzebę retencjonowania czystej wody na omawianym obszarze podkreśla fakt jego znaczenia w tworzeniu zasobów wodnych – to tutaj, w Karpatach Polskich, zajmujących 6,4% powierzchni Polski, powstaje około 13% krajowych zasobów wodnych [Starkel 1990]. Efektem właściwego zagospodarowania byłoby stabilne zasilanie zbiorników wodą dobrej jakości. Polskie zbiorniki karpackie (m.in. Wisła-Czarne, Wapienica, Tresna, Porąbka, Czaniec, Świnna Poręba, Dobczyce, Czorsztyński ze Sromowieckim, Rożnowski z Czchowskim, Klimkówka, Besko, Rzeszowski, Solina) są bardzo ważnym elementem nie tylko dla regionalnych systemów wodno-gospodarczych.



Rys. 1. Zalesiona zlewnia zbiornika Wapienica (fot. A. Jaguś).

Fig. 1. The forested catchment area of the Wapienica reservoir (photo by A. Jaguś).



Rys. 2. Tereny otaczające zbiornik Tresna (fot. A. Jaguś).

Fig. 2. The areas surrounding the Tresna reservoir (photo by A. Jaguś).

2. CZYNNIKI DEGRADACJI ZBIORNIKÓW

Początkowo analiza przyczyn degradacji akwenów w Polsce była dedykowana jeziorom, a czynniki wpływające na degradację dzielono na dwie grupy – cechy jeziora, ujawniające jego naturalną podatność/odporność na wpływy z zewnątrz (np. średnia głębokość, objętość epilimnionu i hypolimnionu) oraz cechy zlewni jako dostawcy materii [Kudelska i in. 1981, 1994, Bajkiewicz-Grabowska 1987]. W przypadku zbiorników zaporowych, czyli akwe-

nów typowo przepływowych, grupa druga (cechy zlewni) ma znaczenie dominujące. Odzwierciedla to między innymi metodyka oceny podatności zbiorników zaporowych na eutrofizację przedstawiona przez Twardego i in. [2003], będąca modyfikacją systemu oceny jakości jezior. Ocena podatności na eutrofizację wymaga określenia 11 parametrów (Tab. 1) i w efekcie umożliwia zaklasyfikowanie zbiornika do jednej z trzech kategorii:

- kategoria I – zbiornik o niskim stopniu podatności na eutrofizację;
- kategoria II – zbiornik podatny na eutrofizację;
- kategoria III – zbiornik najbardziej podatny na eutrofizację.

Większość zaproponowanych parametrów dotyczy warunków zlewniowych, które jako pierwszy uwzględni współczynnik Schindlera. Jest to iloraz powierzchni zlewni (wraz z powierzchnią zbiornika) i objętości zbiornika, czyli relacja powierzchni przyjmującej zanieczyszczenia przestrzenne i ilości wody, w której ulegają rozcieńczeniu. Jego wartość (im wyższa, tym gorzej) zwykle dodatnio koreluje z zawartością substancji biogennych i chlorofilu w wodzie zbiornika oraz wielkością biomasy fitoplanktonu. Zlewniowe czynniki degradacji zbiorników są odzwierciedleniem głównie warunków opadowo-hydrologicznych, spadku terenu oraz zagospodarowania obszaru zlewniowego.

Tab. 1. Parametry decydujące o podatności zbiorników zaporowych na eutrofizację wg systemu oceny Twardego i in. [2003].

Tab. 1. Parameters determining the susceptibility of dam reservoirs to eutrophication according to the evaluation system by Twardy et al. [2003].

Parametr	Normatywy dla kategorii podatności na eutrofizację		
	I	II	III
Wiek zbiornika [liczba lat eksploatacji]	< 15	15–50	> 50
Głębokość średnia zbiornika [m]	> 10	5–10	< 5
Czas retencji wód w zbiorniku [liczba dni]	< 30	30–150	> 150
Współczynnik Schindlera [m^2/m^3]	< 2	2–10	> 10
Suma opadów w zlewni [mm]	< 1000	1–1,5 tys.	> 1500
Termin przepływów maksymalnych [W – wiosna, L – lato, J – jesień]	W	W, L	W, J
Spadek zlewni [%]	< 5	5–10	> 10
Zalesienie zlewni [%]	> 50	30–50	< 30
Grunty orne w zlewni [% użytków rolnych]	< 30	30–60	> 60
Użytki zielone w zlewni [% użytków rolnych]	> 50	25–50	< 25
Skupiska ludności powyżej 10 tys. mieszkańców w zlewni [liczba]	0	1–3	> 3

Rola zlewni w procesie degradacji zbiorników wodnych została podkreślona już kilkadziesiąt lat temu w przełomowym raporcie sygnowanym przez OECD (The Organisation for Economic Cooperation and Development), dotyczącym eutrofizacji wód stojących i płynących [Vollenweider 1968]. Jego autor określił między innymi graniczne dla rozwoju eutrofizacji ilości pierwiastków biogennych – azotu i fosforu – dostarczanych do zbiornika wodnego. Jest to tzw. zewnętrzne obciążenie, które rocznie nie powinno przekraczać:

- 1,5 g N oraz 0,1 g P na 1 m² maksymalnej powierzchni zbiornika dla zbiorników o średniej głębokości > 10 m;
- 1,0 g N oraz 0,07 g P na 1 m² maksymalnej powierzchni zbiornika dla zbiorników o średniej głębokości < 10 m.

Pochodzenie substancji migrujących z obszaru zlewni do zbiorników jest bardzo różnorodne (z depozycją atmosferyczną włącznie), a transport odbywa się za pośrednictwem

splywu powierzchniowego oraz dopływu podziemnego. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z erozją (spłukiwaniem, zmywaniem), natomiast w drugim z przesączaniem wody przez materiał glebowy i skalny, skutkującym transportem głównie substancji rozpuszczonych. Oczywiście spora porcja substancji trafia do wód powierzchniowych w wyniku bezpośrednich zrzutów zanieczyszczeń z terenów zabudowanych.

Obok terenów zabudowanych poważne zagrożenie dla zbiorników stanowią tereny rolnicze. Mogą one być źródłem nie tylko rumowiska zamulającego zbiorniki, ale także materii organicznej, biogenów, pestycydów i innych substancji transportowanych przez wodę. Problem zanieczyszczeń biogennych jest konsekwencją niewłaściwego bilansowania substancji pokarmowych (tj. niewłaściwej gospodarki nawozowej) i w efekcie rozpraszania do środowiska pierwiastków niewykorzystanych w produkcji roślinnej i zwierzęcej [Sapek 2010]. Liczne badania dowodzą [Szczykowska i in. 2015, Melland i in. 2018], że w zlewniach zagospodarowanych rolniczo wody rzek i zbiorników wodnych często charakteryzują się nadmierną żyznością.

3. ZAGOSPODAROWANIE TERENU

Ochrona zbiorników wodnych przed zamuleniem i zanieczyszczeniem w obszarach górskich, ze względu na ukształt terenu oraz zwiększoną ilość opadów atmosferycznych, powinna polegać zwłaszcza na zapobieganiu splywowi powierzchniowemu oraz erozyjnemu działaniu cieków. W warunkach niewłaściwego zagospodarowania terenu (grunty pozbawione trwałej okrywy roślinnej, w tym utwardzone), wody płynące (począwszy od drobnych strug, a skończywszy na rzekach) mogą być znacznie obciążone rumowiskiem oraz różnorodnymi substancjami chemicznymi [Łajczak 2006, Molenda 2006, Rossa i Sikorski 2006]. W ten sposób migrują m.in. związki fosforu (związane z cząstkami glebowymi), a w obszarach zurbanizowanych niebezpieczne toksykologicznie mikrozanieczyszczenia, np. ropopochodne, metale ciężkie. Zamiana splywu powierzchniowego na odpływ gruntowy jest jednak niewystarczająca – należy także zadbać o jakość wody infiltrującej w głąb profilu glebowego.

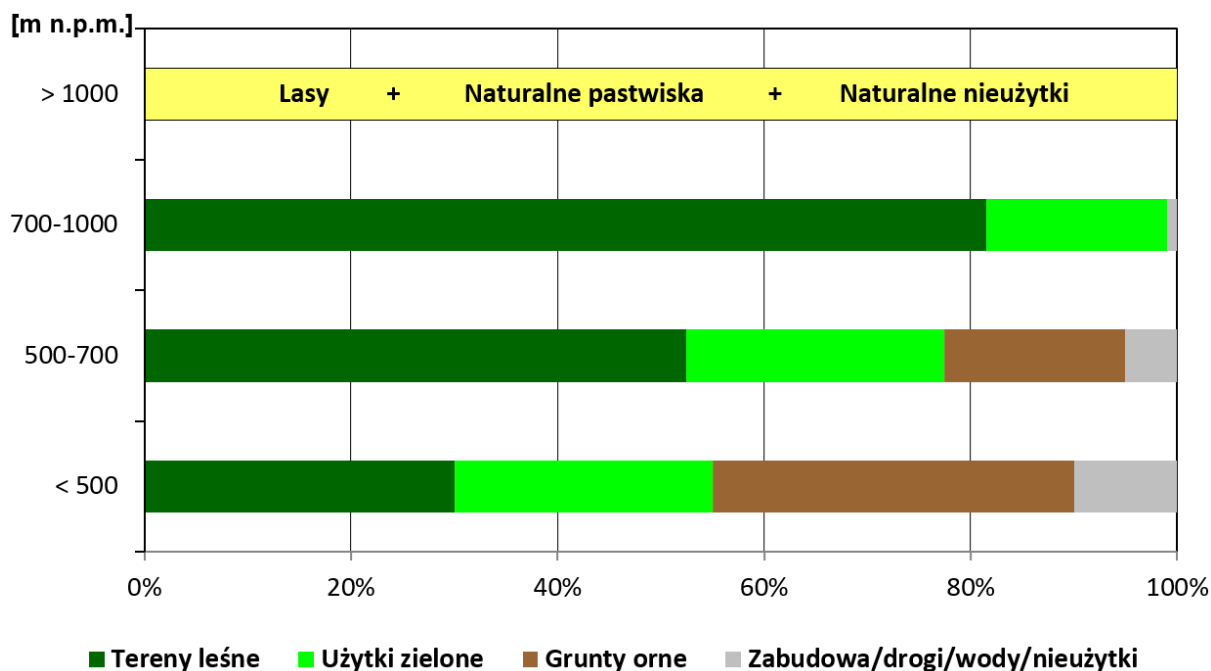
Podstawą podanych kierunków działań jest odpowiednie rozmieszczenie przestrzenne form użytkowania ziemi, tj. pól ornych, użytków zielonych, lasów i powierzchni utwardzonych (zabudowy, dróg). W Karpatach, wraz ze wzrostem wysokości, nie tylko zmienia się klimat, ale także zazwyczaj wzrasta nachylenie terenu, stąd też ogólne zasady zagospodarowania są następujące:

- strefy wododziałowe oraz strome stoki powinny być zalesione (lasy stref wododziałowych stanowią swego rodzaju retencyjną czapkę);
- poniżej lasów należy prowadzić gospodarkę łąkowo-pastwiskową;
- poniżej łąk i pastwisk możliwa jest gospodarka orna, związana ze strefą zabudowy;
- strefę zabudowy od strefy przykorytowej cieków powinny oddzielać użytki łąkowe.

W uszczegółowieniu, na podstawie przeglądu wieloletnich badań środowiskowych w Karpatach Polskich, Kurek [1990] podaje optymalną strukturę użytkowania terenu w czterech strefach wysokościowych (Rys. 3) – poniżej 500 m n.p.m., od 500 do 700 m n.p.m., od 700 do 1000 m n.p.m. oraz powyżej 1000 m n.p.m.

W Karpatach Polskich niestety zarówno optymalna struktura zagospodarowania terenu w poszczególnych strefach wysokościowych, jak i zasady ogólne, nie są zachowane [Ciołkosz i in. 2011, Jaguś 2019]. We wszystkich strefach zamieszkałych przez człowieka (do 1000 m n.p.m.) widoczny jest zbyt mały areał terenów leśnych, a zwłaszcza użytków zielonych (będących często odłogami), a także zbyt duży stopień rozproszonego zurbanizowania, co skutkuje nadmierną liczbą dróg oraz zatarciem granic rolno-leśnych. Ponieważ prze-

budowa struktury przestrzennej byłaby trudna, działania ochronne dla zasobów wodnych należy prowadzić dla poszczególnych elementów krajobrazu.



Rys. 3. Optymalna struktura zagospodarowania terenu w Karpatach Polskich wg zaleceń podanych przez Kurka [1990].

Fig. 3. Optimal land development structure in the Polish Carpathians according to the recommendations given by Kurek [1990].

3.1. Tereny leśne

Parametry retencyjne lasu (np. intercepcja, infiltracja, zużycie wody) zależą od czynników naturalnych oraz gospodarki leśnej, w tym od wieku, składu gatunkowego i kondycji drzewostanów, a nawet sposobu prowadzenia prac urządzeniowych [Pierzgalski 2008]. Znaczenie przeciwpowodziowe lasu jest dyskutowane, zwłaszcza w warunkach obfitych i długotrwałych opadów, jednak nie zmienia to faktu pełnienia przez las, w mniejszym lub większym stopniu, funkcji retencyjnej. Potwierdzają to wyniki badań nad odpływem ze zlewni sudeckich poddanych wielkoobszarowemu wylesianiu w latach 80. XX wieku. Dubicki i Woźniak [1993] stwierdzili, że usunięcie drzewostanów niemal od razu spowodowało wzrost odpływów, dochodzący do 35%. Dyskutowany jest również wpływ lesistości na łagodzenie susz, gdyż las w długim okresie bezopadowym może wpływać na zmniejszenie odpływu gruntowego, ponieważ ewapotranspiracja lasu jest większa niż innych terenów zielonych [Mioduszeński 1999].

Biocenozy leśne w Karpatach Polskich w dużej części wymagają przebudowy drzewostanów. Wynika to z dawnego (już w XIX wieku) prowadzenia wycinki pierwotnych lasów bukowych i bukowo-jodłowych (z domieszką jawora *Acer pseudoplatanus*, grabu *Carpinus betulus*, wiązu *Ulmus* sp, dębu *Quercus robur*, klona *Acer platanoides*, świerka *Picea abies*, sosny *Pinus sylvestris*). Często dokonywano zrębów zupełnych, a nawet spasanowano podszyt i zgrabiano ściółkę, odsłaniając podłoże. Zdegradowane siedliska zajmował świerk pospolity, pochodzący z nasadzeń oraz samosiewek [Sikorska i Lasota 2006]. Nasadzenia realizowano z myślą o dużej wydajności gospodarczej tego gatunku. Kondycja drzewostanów świerkowych była i jest jednak słaba ze względu na funkcjonowanie w niekorzystnych dla nich warunkach siedliskowych regła dolnego – niedostatek wody w tej strefie potęgują zmiany czyn-

ników klimatycznych, w tym występowanie susz [Dyderski i in. 2018]. Osłabione drzewostany świerkowe są atakowane zwłaszcza przez opieńkę miodową *Armillaria mellea* oraz kornika drukarza *Ips typographus* i usychają. Są też powalane przez wiatr. Lasy z dużym udziałem świerka są więc przeredzone i mają niewielkie zdolności zatrzymywania wody. W obecnej sytuacji w Karpatach Polskich konieczne jest zwiększanie areału terenów leśnych o właściwym składzie gatunkowym.

Zalesianie musi być dobrze zaplanowane i powinno dotyczyć głównie terenów nieprzydatnych rolniczo – stref wododziałowych, stromych stoków, terenów z glebami płytkimi lub o małej przepuszczalności wodnej. W Karpatach Polskich, obok typowych zalesień realizowanych na wolnej przestrzeni (np. sosnowych), powszechne są prace o charakterze doleśniającego – młode sadzonki (np. buka, jodły) wypełniają luki w drzewostanie (Rys. 4).



Rys. 4. Nasadzenia bukowe i jodłowe w usychającym lesie świerkowym (fot. A. Jaguś).

Fig. 4. Beech and fir plantings in a withering spruce forest (photo by A. Jaguś).

3.2. Użytki zielone

Podstawą ochrony środowiska glebowo-wodnego w obrębie łąk i pastwisk terenów górskich jest zachowanie ich użytkowania. Jako biocenozy użytkowane mają duże znaczenie dla zwiększania retencji glebowej, zamiany spływu powierzchniowego na odpływ podziemny i co za tym idzie ochrony gleb przed erozją [Kostuch i Kopeć 1980]. System korzeniowy szaty darniowej ma w stosunku do gleb silne działanie strukturotwórcze, stąd według Kostucha i Kocicia [1980] pojemność wodna gleb karpaccich użytków zielonych sięga nawet 500 mm w profilu o głębokości 1 m. Poprawia to niekorzystne ogólnie warunki dla infiltracji i retencji wód opadowych w całym regionie. Badania nad spływem powierzchniowym w Karpatach Polskich autorstwa Kocicia [1990] wykazały, że średnioroczna wielkość spływu w obrębie użytków zielonych wynosiła zaledwie od 2,2 do 2,4% sumy opadów. W pracach innych autorów, np. Gila [1990], współczynniki spływu sięgają kilku lub nawet kilkunastu % sumy opadów, przy czym większość przypada na sezon zimowy (dużo wody spływa podczas wiosennych roztopów na przemarzniętym gruncie).

Obok ograniczania spływu powierzchniowego użytki zielone mają bardzo duże znaczenie ochronne dla jakości wód podziemnych, zapobiegając wymywaniu substancji chemicznych z gleb podczas infiltracji wód opadowych. Szczególnie ważna jest ochrona przed zanieczyszczeniem azotanami. Przekonuje o tym wiele doświadczeń lizymetrycznych, prowadzonych także w warunkach karpaccich. Przykładowo Misztal [2000] podaje następujące średnioroczne stężenia azotu azotanowego (w mg N-NO₃/dm³) w odciekach z użytków zielonych:

- użytek zielony nienawożony – 2,09;
- użytek zielony PK – 2,75;
- użytek zielony PKN₁₂₀ – 2,98;
- użytek zielony PKN₂₄₀ – 2,44;
- użytek zielony PKN₃₆₀ – 4,99.

Wyniki te dowodzą ochrony przed zanieczyszczeniem azotanami nawet w warunkach wysokich dawek nawozowych. Efektywne wykorzystywanie azotu przez roślinność użytków zielonych jeszcze lepiej widać w doświadczeniu z innymi formami zagospodarowania ziemi – stężenia azotu azotanowego (w mg N-NO₃/dm³) w odciekach były następujące [Misztal 2000]:

- użytek zielony nienawożony – 1,31;
- użytek zielony PKN – 1,31;
- użytek zielony 2 x PKN – 1,60;
- koniczyna łąkowa PK – 3,80;
- jęczmień jary PKN – 7,80;
- pszenica ozima PKN – 9,28;
- ziemniaki PKN – 10,75;
- czarny ugór nienawożony – 17,91.

W obrębie użytków zielonych, aby właściwie spełniały funkcję retencyjno-ochronną, potrzebna jest dbałość o zwartą okrywą darniową. Konieczne jest zwłaszcza nawożenie (najlepiej obornikiem lub organiczne) i podsiewanie miejsc odsłoniętej gleby (np. zniszczonych racicami zwierząt), które są zaczątkiem do powstawania bruzd erozyjnych. Odsłonięciom zapobiega użytkowanie przemienne – kośne i pastwiskowe, a gospodarska pasterska powinna się opierać na wypasie kwaterowym, ponieważ dłuższa przerwa w zgryzaniu runi pozwala na jej równomierny odrost.

Obecnie dużym problemem jest odłogowanie górskich użytków zielonych, które w ten sposób tracą funkcje produkcyjne i środowiskowe. Odłogi podlegają sukcesji wtórnej, tj. samozalesianiu [Bodziarczyk i in. 1992] – w takich biocenozach łatwo można zaobserwować degradację roślinności trawiasto-motylikowatej, wkraczanie pionierskich ziół i krzewinek (np. dziurawca czterobocznego *Hypericum maculatum*, borówki czarnej *Vaccinium myrtillus*), a następnie ekspansywnych gatunków krzewiastych i drzewiastych (np. maliny właściwej *Rubus idaeus*, jałowca pospolitego *Juniperus communis*, olszy szarej *Alnus incana*, leszczyzny pospolitej *Corylus avellana*, brzozy brodawkowatej *Betula pendula*). W efekcie rozwijają się biocenozy o małej bioróżnorodności z niekorzystnym gatunkowo drzewostanem.

Utrzymywanie trwałych użytków zielonych (TUZ) jest jednym z elementów wspólnej polityki rolnej UE. Współczynnik referencyjny TUZ (stosunek areалу trwałych użytków zielonych do całkowitej powierzchni użytków rolnych) został określony dla Polski w 2018 roku na 18,34% [Obwieszczenie 2018]. Odsetek ten w skali kraju nie może ulec zmniejszeniu o więcej niż 5%. Tym bardziej należy docenić górskie użytki zielone, które posiadają ogromny potencjał jako źródło taniej i wartościowej paszy dla zwierząt gospodarskich, i w przeciwieństwie do upraw ornych mogą być utrzymywane niemal na każdym stanowisku przestrzennym.

Zachowaniu użytków zielonych w Karpatach Polskich sprzyjają szczególne programy wsparcia rolnictwa. W skali krajowej, obok Działania rolno-środowiskowo-klimatycznego

(uczestniczący w nim beneficjent-rolnik nie może przekształcać TUZ), wsparcie rolnictwa na terenach górskich to jedno z założeń tzw. Planu dla wsi ogłoszonego w 2018 roku. Wskazuje się m.in. na potrzebę zintensyfikowania hodowli bydła mięsnego (rasa polska czerwona), przywrócenia hodowli owiec i kóz w rasach typowych dla obszarów górskich, a także zapewnienia minimalnej (ekstensywnej) obsady zwierząt na trwałych użytkach zielonych. W założenia Planu dla wsi dobrze wpisują się działania samorządów wojewódzkich, realizujących programy aktywizacyjno-pomocowe, np. „Małopolska na wypasie” lub w województwie śląskim „Owca Plus”. Promowana gospodarka pasterska (Rys. 5) ma utrzymywać różnorodność biologiczną łąk i pastwisk górskich, jednocześnie powstrzymując niekontrolowane sukcesje lasu.



Rys. 5. Pasterskie wykorzystanie użytków zielonych (fot. A. Jaguś).

Fig. 5. Shepherd use of grassland (photo by A. Jaguś).

3.3. Grunty orne

Ochrona przed erozją

Występowanie erozji na polach uprawnych, gdzie gleba przynajmniej częściowo jest odsłonięta, jest ściśle związane z nachyleniem terenu i wymaga poprzecznego kierunku prac agrotechnicznych (orki, siewu, nawożenia), tzn. zgodnie z przebiegiem warstwic (nigdy z góry na dół). Według zasad dobrej praktyki rolniczej gospodarka orna jest stosunkowo bezpieczna przy nachyleniu nieprzekraczającym 6° . Już w warunkach nachylenia od 6° do 12° konieczne jest stosowanie płodozmianu przeciwoerozyjnego, natomiast teren o nachyleniu ponad 12° powinien być zagospodarowany jako trwały użytek zielony, a w razie braku zainteresowania użytkowaniem rolniczym powinien zostać zalesiony. W sytuacji konieczności wykorzystania gruntów ornym na terenach o znacznym nachyleniu mogą one być zajęte pod uprawę roślin wieloletnich (np. krzewów jagodowych) z okrywą roślinną lub ściółką w międzyrzędziach, a także użytkowane w formie tarasowej.

W użytkowaniu ornym nachylonych pól najważniejsza jest dbałość o ciągłe osłonięcie gleby roślinnością (gleba nie może pozostawać w formie czarnego ugoru). Służy temu m.in. stosowanie wspomnianego płodozmianu przeciwoerozyjnego. W obszarach karpackich we-

dług Klimy [1997] zmianowanie przeciwoerozyjne może tworzyć: burak pastewny, owies z wsiewką koniczyny łąkowej *Trifolium pratense*, koniczyna łąkowa oraz pszenżyto ozime. W przypadku uprawy ozimej Fatyga [2001] wspomina potrzebę zastosowania nawożenia przedsiewnego w dawce około 20 kg N/ha, co zapewni szybszy wzrost roślin i osłonięcie gleby. Niezależnie od przyjętego zmianowania warto pamiętać o celowości stosowania zielonych poplonów i międzyplonów.

Wyniki wielu prac doświadczalnych w Karpatach Polskich dowodzą skutecznej funkcji ochronnej roślinności dla pokryw glebowych przed zmywaniem erozyjnym. Przykładowo, w badaniach Kopcia i Misztala [1990], średnioroczne wielkości zmywu materiału glebowego (w kg s.m. z 1 ha) z różnych pól o nachyleniu 10° były następujące:

- czarny ugór – 49,0;
- ziemniaki – 25,4;
- jęczmień jary – 18,3;
- pszenica ozima – 15,8;
- koniczyna czerwona z trawami – 6,0;
- użytek zielony – 4,5.

W warunkach dwukrotnie większego nachylenia stoku (20°) wartości te wynosiły:

- czarny ugór – 202,3;
- ziemniaki – 108,0;
- jęczmień jary – 86,5;
- pszenica ozima – 73,4;
- koniczyna czerwona z trawami – 34,3;
- użytek zielony – 21,8.

Z danych wyraźnie wynika, że najgorsza sytuacja występuje przy braku jakiegokolwiek roślinności (czarny ugór), a wielkość ubytku gleby wiąże się ze stopniem zagęszczenia roślinności. Stąd też istotnym jest odpowiedni układ przestrzenny pól na stoku – pola z roślinami dobrze chroniącymi glebę powinny występować na przemian z polami chronionymi słabo, np. pola z okopowymi powinny graniczyć w dolnej części ze zbożami ozimymi lub wieloletnimi motylkowatymi. Zasadne jest formowanie dolnych granic pól jako barier dla przemieszczającego się w dół materiału i wody, np. w postaci małych wałów ziemnych umocnionych kamieniami.

Mimo dbałości o okrywą roślinną należy mieć świadomość, że woda wykorzysta każdą możliwość w ukształtowaniu terenu, aby utworzyć linię spływu, przechodzącą w bruzdę erozyjną. Gdy całkowita likwidacja bruzd jest niemożliwa, warto je przegradzać różnymi barierami, co zmniejszy prędkość spływania wody oraz spowoduje akumulowanie materiału glebowego przy barierach (Rys. 6).



Rys. 6. Umocnienie bruzdy erozyjnej poprzez zastosowanie płotków faszynowych (fot. M. Madzia).

Fig. 6. Strengthening the erosive furrow by using natural barrier (photo by M. Madzia).

Ochrona przed zanieczyszczeniem azotanami

Grunty orne mogą być dla środowiska wodnego poważnym źródłem azotanów, migrujących w głąb profilu glebowego wraz z infiltrującą wodą. Według wyników badań cytowanych w podrozdziale 3.2. największe zagrożenie stanowią ugory bez roślinności, nawet te nienawożone. Zatem grunty orne muszą być użytkowane, a jeśli nie mogą być przekształcone w użytki zielone, konieczne jest właściwe nawożenie upraw, zapewniające efektywne wykorzystanie azotu przez rośliny. Gospodarka nawozowa musi być dostosowana do wytycznych „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” [Rozporządzenie 2020], zwanego potocznie „Programem azotanowym”. Dokument ten podaje szereg zasad gospodarowania nawozami, w tym sposób obliczania dawki nawozów azotowych mineralnych na podstawie bilansowania azotu. Spośród wielu wytycznych warto przytoczyć choć kilka:

- roczna dawka nawozów naturalnych nie może przekraczać 170 kg N w czystym składniku;
- nawozy naturalne po zastosowaniu powinny być niezwłocznie przyorane lub wymieszane z glebą (najpóźniej następnego dnia);
- sumaryczną dawkę nawozów azotowych mineralnych należy rozdzielić, aby jednorazowo nie przekroczyć 100 kg N/ha;
- korzystne jest wykorzystanie urządzeń aplikujących nawozy bezpośrednio do gleby;
- nawozy stosuje się w odpowiednich odległościach od brzegów wód, pozostawiając pas nienawożony;
- nawozy powinny być stosowane w okresach największego zapotrzebowania roślin na azot;

- nawozy naturalne powinny być przechowywane w sposób zapobiegający przedostawaniu się odcieków do gruntu i wód (na uszczelnionym podłożu) – dopuszcza się jedynie czasowe (nie dłużej niż przez 6 miesięcy) przyzwanie obornika na gruntach rolnych.

3.4. Koryta cieków

Cieki Karpat Polskich są znacznie obciążone rumowiskiem, a problem zdaniem Froehlich [1990] stanowi głównie materiał dostarczany do koryt ze stoków, zwłaszcza w wyniku przyspieszania obiegu wody w obrębie dróg i pól uprawnych. Krocak i Soja [2011] stwierdzają, że gęstość dróg polnych w Karpatach jest ewenementem na skalę światową – wynosi ona zwykle aż kilka km/km² w poszczególnych regionach i jest znacznie większa od gęstości naturalnych rozcięć. Potrzebne jest zatem postulowane wcześniej kompleksowe zabezpieczenie przeciwerozyjne terenów zlewniowych (z likwidacją dróg na czele), natomiast w skali koryt cieków pomocna jest ich właściwa obudowa. O ile zabiegi regulacyjne koryt z wykorzystaniem materiałów kamienno-betonowych, czyli obudowę techniczną, należy kojarzyć z sąsiedztwem infrastruktury osadniczej i komunikacyjnej, o tyle koryta w rejonach niezabudowanych powinny posiadać obudowę biologiczną (roślinność przypotokową).

W naturalnej obudowie biologicznej potoków karpaccich (jeśli nie jest zniszczona w wyniku prac gospodarskich) dominują drzewa i krzewy. Głównym, przykorytowym zbiorowiskiem roślinnym jest zespół olszy szarej – tzw. olszynka karpacka *Alnetum incanae* (kod siedliska: 91E0 NATURA 2000. typ cennego siedliska przyrodniczego). W zespole tym, wśród gatunków drzewiastych, można wymienić wierzbę kruchą *Salix fragilis*, świerk pospolity *Picea abies*, bądź jesion wyniosły *Fraxinus excelsior*, a w niższych położeniach występują także: dąb bezszypułkowy *Quercus robur*, buk zwyczajny *Fagus sylvatica* i klon jawor *Acer pseudoplatanus*. W bezpośrednim sąsiedztwie koryta rozwijają się zarośla wierzbowe z wierzbą purpurową, kruchą, siwą, wiciową (*Salix* spp). Miejscami towarzyszy im czeremcha zwyczajna *Padus avium*, róża dzika *Rosa canina*, głóg dwuszyjkowy *Crataegus laevigata*, wiciokrzew pospolity *Lonicera xylosteum*. Wśród gatunków zielnych widoczne są m.in.: podagrycznik pospolity *Aegopodium podagraria*, bluszcz kurdybanek *Glechoma hederacea*, tojeść rozestana *Lysimachia nimmularia*. Obudowa biologiczna powinna być utrzymana, a w razie jej braku wprowadzana, gdyż stanowi barierę dla przemieszczającego się w kierunku koryta materiału ziemnego oraz swego rodzaju filtr biologiczny dla wód zasilania gruntowego.

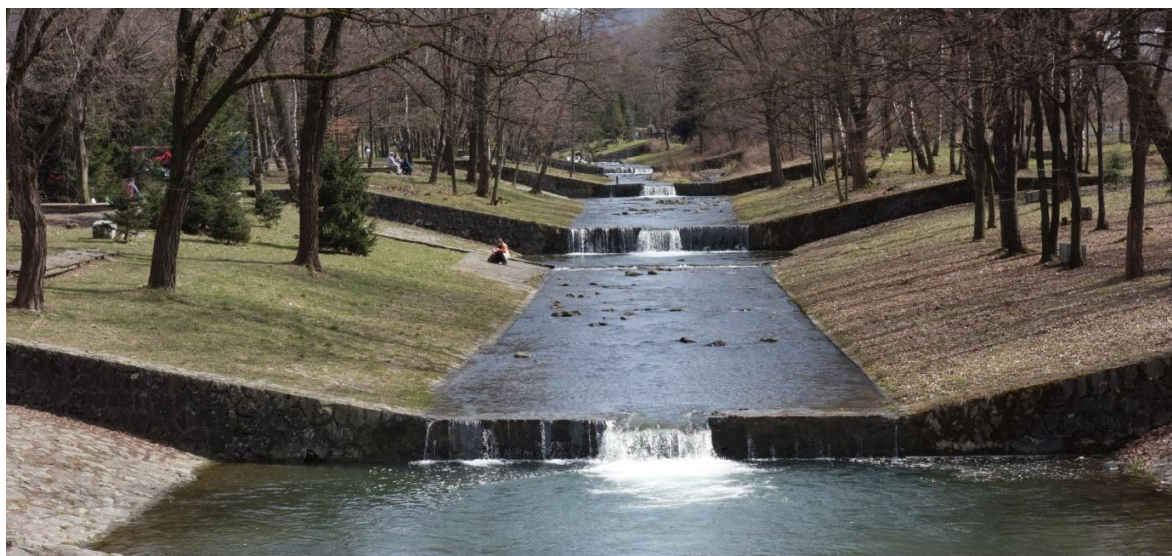
Obudowa techniczna koryt dotyczy dolnych odcinków cieków i jest bardzo ważna nie tylko dla zabezpieczenia infrastruktury, ale też przechwytywania rumowiska, które nie powinno trafiać do cieku głównego zasilającego zbiorniki zaporowe. Bardzo cennym elementem obudowy technicznej są zapory przeciwrumowskie budowane w dolnych odcinkach potoków wpływających do cieku głównego bądź bezpośrednio do zbiornika. Mowa tu o odcinkach aluwialnych, gdzie w warunkach naturalnych występuje silna erozja wgłębna, prowadząca do rozcinania aluwii i podłoża skalnego. Dlatego koryta potoków poniżej zapór przeciwrumowskich są uregulowane. Dużym problemem jest szybkie zamulanie basenów sedymentacyjnych powstałych przy zaporach przeciwrumowskich i powinny one być czyszczone po przechodzeniu wezbrań. Najczęściej są jednak wypełnione materiałem piaszczysto-pylasto-ilastym z materią organiczną. Materiał zwirowo-głazowy stanowi do 30% objętości zgromadzonego rumowiska [Froehlich, 1990]. Baseny sedymentacyjne często porasta roślinność (Rys. 7). Poniżej zapór przeciwrumowskich (i nie tylko) obudowę techniczną koryt stanowią często systemy progów korekcyjnych ze stopniami, zmniejszające odcinkowo spadek koryta (Rys. 8). Ich celem jest rozproszenie energii płynącej wody. Wraz ze żłobami kamiennymi/betonowymi i umocnieniami brzegów ograniczają procesy erozji.



Rys. 7. Zapora przeciwrumowiskowa na potoku Żarnówka Duża – ochrona zbiornika Porąbka (fot. A. Jaguś).

Fig. 7. Rubble stopping dam on the Żarnówka Duża stream – protection of the Porąbka reservoir (photo by A. Jaguś).

Froehlich [1990] zaznacza, że budowle regulacyjne w korytach cieków muszą mieć właściwie dobrane parametry (np. spadki pomiędzy progami), określone z uwzględnieniem całego łóżyska powodziowego. W przeciwnym razie będą podlegać niszczeniu. Przekroje koryt uregulowanych powinny naśladować cechy hydrauliczne stabilnych koryt naturalnych charakterystycznych dla danego odcinka ciek. Przy projektowaniu regulacji problemy sprawia określenie bardzo ważnych parametrów transportu ładunku dennego, w tym średnicy miarodajnej aluwiiów korytowych. Należy pamiętać, że już samo wybudowanie zapory przeciwrumowiskowej powoduje zmianę składu mechanicznego aluwiiów. W związku z powyższym, gdy nie ma uzasadnienia dla zastosowania obudowy technicznej, ochronę cieków przed rumowiskiem i erozją należy realizować poprzez obudowę biologiczną.



Rys. 8. System progów korekcyjnych w korycie potoku Wielka Puszcza – ochrona zbiornika Czaniec (fot. A. Jaguś).

Fig. 8. Correction bars system in the Wielka Puszcza stream bed – protection of the Czaniec reservoir (photo by A. Jaguś).

4. WNIOSKI

1. Zagospodarowanie przestrzenne zlewni w Karpatach Polskich wykazuje cechy przyspieszające obieg wody i jej obciążenie rumowiskiem, zawiesiną i substancjami rozpuszczonymi. Przekłada się to na zamulenie i zanieczyszczenie karpackich zbiorników zaporowych.
2. Działania ochronne dla zasobów wodnych, nie licząc terenów zurbanizowanych, powinny koncentrować się na zamianie spływu powierzchniowego na odpływ gruntowy w celu zwiększenia retencyjności terenu oraz zabezpieczenia przeciwerozyjnego. Kluczowe jest właściwe kształtowanie szaty roślinnej, która jednocześnie pełni funkcję ochronną dla jakości wód. Strefy wododziałowe i stoki o dużym nachyleniu powinny być zalesione.
3. Za optymalną formę wykorzystania rolniczego terenów karpackich należy uznać trwałe użytki zielone, służące ekstensywnej hodowli zwierząt. Wraz z terenami leśnymi o dobrej kondycji zdrowotnej drzewostanu nie tylko kształtują korzystne stosunki wodne, ale także zapewniają zachowanie bioróżnorodności. Utrzymywanie gruntów ornych wymaga dobrych praktyk rolniczych w zakresie minimalizującym erozję gleb i migrację azotanów. Niedopuszczalne jest pozostawianie gleby bez okrywy roślinnej.
4. Strefy przykorytowe i koryta cieków wymagają odpowiedniej obudowy technicznej lub biologicznej, aby zapobiec rozwojowi erozji korytowej i przemieszczaniu rumowiska, a także przyjmowaniu materiału pochodzącego ze stoków. Roślinne zbiorowiska przykorytowe powinny podlegać ochronie krajobrazowej.

LITERATURA

- Bajkiewicz-Grabowska E. 1987. Ocena naturalnej podatności jezior na degradację i rola zlewni w tym procesie. *Wiadomości Ekologiczne*, XXXIII, 3, 279–289.
- Bodziarczyk J., Kucharzyk S., Różański W. 1992. Wtórna sukcesja roślinności leśnej na opuszczonych polanach kośnych w PPN. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, 2, 25–41.
- Ciołkosz A., Guzik C., Luc M., Trzepacz P. 2011. Zmiany użytkowania ziemi w Karpatach Polskich w okresie 1988-2006. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.
- Dmitruk U., Kloze J., Sieński E. 2012. Zamulenie polskich zbiorników retencyjnych – diagnoza stanu i proponowane przeciwdziałania. [W:] *Zrównoważone gospodarowanie zasobami wodnymi oraz infrastrukturą hydrotechniczną w świetle prognozowanych zmian klimatycznych* (red. W. Majewski, T. Walczykiwicz). IMGW PIB, Warszawa, 161–229.
- Dubicki A., Woźniak Z. 1993. Wpływ degradacji leśnego środowiska w Sudetach zachodnich na zmianę odpływu rzek górskich. *Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu 232 – Inżynieria Środowiska III*, 77–85.
- Dyderski M.K., Paź S., Frelich L.E., Jagodziński A.M. 2018. How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global Change Biology*, 24, 3, 1150–1163.
- Fatyga J. 2001. Zapobieganie erozji na gruntach ornych w terenach górskich – zalecenia praktyczne. *Materiały Informacyjne IMUZ*, 36, 1–26.
- Froehlich W. 1990. Racjonalna zabudowa koryt potoków pod kątem zabezpieczenia przeciwpowodziowego i przeciwerozyjnego. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 30, 49–70.
- Gil E. 1990. Racjonalne użytkowanie ziemi na stokach pod kątem ochrony przeciwpowodziowej i przeciwerozyjnej. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 30, 31–48.
- Jaguś A. 2014. Zapory wodne w USA – budowa, eksploatacja, usuwanie. *Gospodarka Wodna*, 9, 334–339.
- Jaguś A. 2019. Water retention problem in the mountain areas: a case of Sola river flows, Polish Carpathians. *Journal of Ecological Engineering*, 20, 11, 167–177.
- Kasza H. 2009. Zbiorniki zaporowe: znaczenie – eutrofizacja – ochrona. Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała.
- Klima K. 1997. Glebochronny aspekt płodozmianów górskich. *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis – Agricultura*, 64, 261–266.

- Kopeć S. 1990. Wpływ sposobu użytkowania gruntu na wielkość spływu powierzchniowego po stoku i stężenia unoszonych składników nawozowych. *Materiały Seminaryjne IMUZ*, 26, 61–68.
- Kopeć S., Misztal M. 1990. Wpływ różnej okrywy roślinnej na ochronę przed erozją gleb użytkowanych rolniczo w warunkach górskich. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 30, 127–138.
- Kornijów R. 2011. Kontrowersje wokół zbiorników zaporowych w Polsce i na świecie. *Gospodarka Wodna*, 12, 489–495.
- Kostuch R., Kopeć S. 1980. Znaczenie trwałych użytków zielonych w gospodarce wodnej gór. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 235, 165–175.
- Krocak R., Soja R. 2011. Przestrzenne zróżnicowanie gęstości dróg polnych na Pogórzu Ciężkowickim na tle regionów południowej Polski. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 58, 41–52.
- Kudelska D., Cydzik D., Soszka H. 1981. Propozycja systemu oceny jakości jezior. *Wiadomości Ekologiczne*, 27, 149–173.
- Kudelska D., Cydzik D., Soszka H. 1994. Wytyczne monitoringu podstawowego jezior. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Kurek S. 1990. Użytkowanie ziemi a ochrona wód. *Materiały Seminaryjne IMUZ*, 27, 83–94.
- Kurek S., Głuszecki K., Jagła S., Kostuch R., Pawlik-Dobrowolski J. 1978. Przyrodnicze podstawy użytkowania ziemi w Karpatach. *Materiały Instrukcyjne IMUZ*, 25, 1–44.
- Łajczak A. 2006. Deltas in dam-retained lakes in the Carpathian part of the Vistula drainage basin. *Prace Geograficzne UJ*, 116, 99–109.
- Melland A.R., Fenton O., Jordan P. 2018. Effects of agricultural land management changes on surface water quality: A review of meso-scale catchment research. *Environmental Science & Policy*, 84, 19–25.
- Mioduszewski W. 1999. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty.
- Misztal A. 2000. Produkcyjne wykorzystanie wody oraz odpływ wgłębny w zależności od sposobu użytkowania gleby w warunkach górskich. Wydawnictwo IMUZ, Falenty – Kraków.
- Molenda T. 2006. Dynamika zmian wybranych zanieczyszczeń w spływach powierzchniowych zlewni zurbanizowanej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4/3, 117–124.
- Obwieszczenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 28 listopada 2018 r. w sprawie zmiany wskaźnika referencyjnego stosunku powierzchni trwałych użytków zielonych do całkowitej powierzchni użytków rolnych. *Monitor Polski* 2018, poz. 1173.
- Pierzgalski E. 2008. Relacje między lasem a wodą – przegląd problemów. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, R. 10, z. 2(18), 13–23.
- Rossa L., Sikorski M. 2006. Ocena stopnia zanieczyszczenia wód deszczowych odprowadzanych z zabudowanych obszarów wiejskich. *Ochrona Środowiska*, 28, 2, 47–52.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu. Dz.U. 2020, poz. 243.
- Sapek A. 2010. Rolnictwo polskie i ochrona jakości wody, zwłaszcza wody Bałtyku. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 10, 1, 175–200.
- Sikorska E., Lasota J. 2006. Siedliska lasów jodłowych Beskidów Zachodnich. *Sylwan*, 4, 3–13.
- Starkel L. 1990. Zróżnicowanie przestrzenne środowiska Karpat i potrzeby zmian w użytkowaniu ziemi. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 30, 11–29.
- Szczykowska J., Siemieniuk A., Wiater J. 2015. Agricultural pollution and water quality in small retention reservoir in Korycin. *Journal of Ecological Engineering*, 16, 1, 141–146.
- Twardy S., Kopacz M., Kostuch M., Kuźniar A., Smoroń S., Mazurkiewicz-Boroń G., Szarek-Gwiazda E., Jarząbek A., Kowalik A., Książczyński W.K., Sarna S., Twaróg B. 2003. Kryteria wyznaczania wód i obszarów wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu pochodzącymi ze źródeł rolniczych (na terenie RZGW w Krakowie). Instytut Melioracji i Użytków Zielonych – Małopolski Ośrodek Badawczy, Kraków.
- Vollenweider R.A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular references to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. OECD Technical Report DAS/CSI/68.27. OECD, Paris.
- Wałęga A., Młyński D. 2017. Seasonality of median monthly discharge in selected Carpathian rivers of the Upper Vistula basin. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 12, 617–628.
- Wyżga B., Kundzewicz Z., Konieczny R., Piniewski M., Zawiejska J., Radecki-Pawlik A. 2018. Comprehensive approach to the reduction of river flood risk: Case study of the Upper Vistula Basin. *Science of the Total Environment*, 631–632, 1251–1267.