

Wpływ użytkowania pastwisk górskich na stan jakościowy wód powierzchniowych¹

M. KOPACZ, S. TWARDY

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Małopolski Ośrodek Badawczy

Effect of utilization of mountain pastures on of surface water quality status

Abstract. The aim of the study was to evaluate of surface water quality on the background of changes in the permanent grassland use and stocking rate. The study was conducted in two Carpathian basins – the upper Dunajec in Kroscienko and the upper Raba in Dobczyce. The structure of grassland and stocking rate data was collected. The value of load of nitrogen and phosphorus was estimated. The surface water quality measured from its own monitoring carried out in several hydrometric sections, and also from data WIOŚ Krakow. We noticed an improvement of surface water quality in terms of concentration of the most important nutrient. In the upper Dunajec catchment average concentration of ammonia nitrogen decreased since the 80s from 0.4–0.6 to about 0.1 mg dm⁻³, while nitrate nitrogen – from 1.5–2.0 to 0.5–1.0 mg dm⁻³. Phosphate ions decreased by an average of 25%.

Keywords: Permanent grassland, stocking rate, load of nitrogen and phosphorus, Carpathian's catchments, quality of surface water.

1. Wstęp

W obszarach karpaccich już w latach 90. XX wieku rozpoczęły się dynamiczne przeobrażenia w zakresie użytkowania ziemi oraz poziomu i charakteru produkcji rolniczej. Nastąpiło znaczące ograniczenie pogłowia zwierząt gospodarskich, głównie owiec i bydła. To z kolei spowodowało zmiany w strukturze użytkowania ziemi, szczególnie w zakresie wykorzystania rolniczego. W stosunku do lat 80. i 90. istotnie zmniejszyła się powierzchnia gruntów ornych na rzecz ekstensywnie użytkowanych trwałych użytków zielonych, które obecnie coraz częściej pełnią funkcje także pozaprodukcyjną – estetyczną, czy ochronną (SMOROŃ i KOPEĆ, 1999; TWARDY i KOPACZ, 2015). Część terenów rolniczych została przekwalifikowana pod zabudowę mieszkalną i usługową. W wielu przypadkach nastąpiło niemal

¹ Badania finansowane w ramach Polsko-Norweskiej Współpracy Badawczej – Projekt FINE-GRASS (grant 203426/82/2013).

całkowite zaniechanie użytkowania rolniczego, czego efektem było samozadarnianie i w konsekwencji samozalesianie się do niedawna powierzchni rolniczych (KOPACZ i WSP., 2009; TWARDY, 2011; TWARDY i KOPACZ, 2014).

W pracy, oprócz danych historycznych – pozyskanych na podstawie badań własnych, a także zaczerpniętych z informacji statystycznych – wykorzystano również dane pozyskane w ramach realizowanego w Małopolskim Ośrodku Badawczym Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego projektu FINEGRASS pt: „Effect of Climatic Changes on Grassland Growth, its Water Conditions and Biomass”, którego krajowym koordynatorem była Pani prof. dr hab. Katarzyna Dąbrowska-Zielińska z Instytutu Geodezji i kartografii w Warszawie.

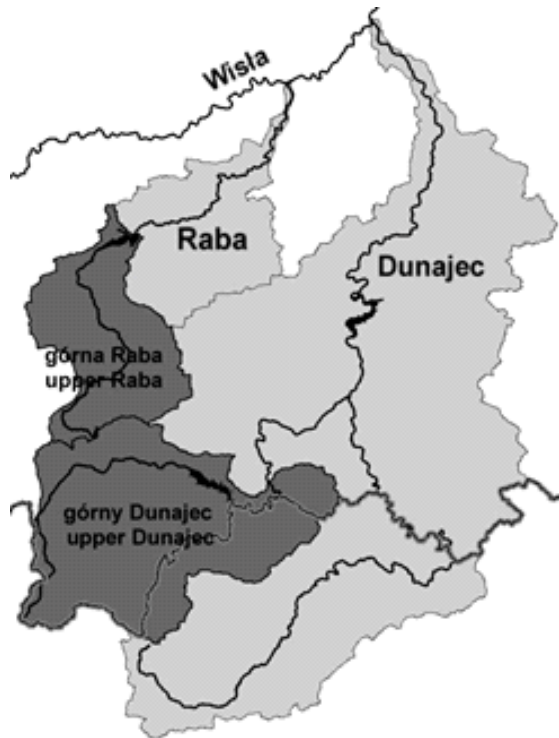
Celem pracy była ocena zmian w zakresie wnoszonego ładunku azotu i fosforu pochodzenia rolniczego oraz koncentracji wybranych składników biogennych w wodach powierzchniowych w zlewniach górskich z dominacją gospodarki pastwiskowej na tle zmian w obsadzie zwierząt gospodarskich i praktycznie całkowitego zaniechania nawożenia mineralnego. Chodziło o rozpoznanie zależności zachodzących między skutkami całodobowego przebywania dużych stad zwierząt na pastwisku i pozostawianych przez nie świeżych odchodów, a jakością wód w niżej przepływających potokach górskich. Do realizacji założonego celu badawczego wybrano zlewnie karpackie, w których wypasane są stada owiec, a równocześnie prowadzone były badania w wyżej wspomnianym projekcie. Stąd też niniejszą pracę należy traktować komplementarnie jako tło analityczne, rozszerzające uwarunkowania gospodarczo-społeczne oraz środowiskowe występujące na badanym obszarze Małych Pienin.

2. Obszar i metodyka badań

Zmiany strukturalne analizowano w dwóch zlewniach reprezentatywnych dla średnich wysokości obszarów karpackich. Były to zlewnie górnego Dunajca po przekrój w Krościenku oraz górnej Raby po przekrój w Dobczycach (ryc. 1).

Zlewnia górnego Dunajca zajmuje powierzchnię 1580 km², która stanowi około 23% obszaru całej zlewni (z uwzględnieniem zlewni prawobrzeżnego Popradu). W zlewni prowadzono monitoring oraz analizę strukturalną w 5 wyodrębnionych przekrojach badawczych, tj. 4 zlewniach cząstkowych: Czarnego Dunajca, Białego Dunajca, Białki i Grajcarka, a także w przekroju zamykającym całą zlewnię badawczą w Krościenku.

Zlewnia ta położona jest w obszarze Tatr i Podhala. Jedyne jej północne fragmenty wchodzi w obszary Beskidu Sądeckiego. Dotyczy to przede wszystkim zlewni Grajcarka, której południowa część znajduje się w Małych Pieninach, a północna w Beskidzie Sądeckim (STARKEL i KUNDZEWICZ, 2008).



Rycina 1. Zlewnie górnego Dunajca i Raby na tle całych zlewni

Źródło: opracowanie własne na podstawie MPH

Figure 1. The upper Dunajec and Raba catchments in relation to the whole basins

Source: own elaboration based on MPH

Zlewnia górnej Raby do przekroju w Dobczycach zajmuje powierzchnię 768 km² (DYNOWSKA, 1995), co stanowi połowę powierzchni zlewni całkowitej. Ma ona wspólny wododział ze zlewnią górnego Dunajca od strony północno-zachodniej. Badania w tej zlewni prowadzono w 6 jej fragmentach wydzielonych przekrojami na Rabie, począwszy od części źródłiskowej tj. Raba Wyżna, Rabka, Kasinka Mała Stróża, Osieczany i Dobczyce. Ponadto analizowano i kontrolowano zlewnie dopływów – Trzemeśniankę, Bysinkę, Trzebuńską, Krzczonówkę i Mszankę (DRZEWIECKI i WSP. 2008; KOPACZ, 2014).

Charakterystyka zlewni górnej Raby jest nieco odmienna od zlewni górnego Dunajca. Obejmuje ona kilka regionów geomorfologicznych: Bramę Sieniawską, Beskidy: Sądecki, Wyspawy i Żywiecki oraz (w obrębie bezpośredniej zlewni zbiornika Dobczyckiego) Pogórze Wiśnickie. Część źródłowa zlewni górnej Raby, pod względem orograficznym, a także charakterystyki skłonów i spadków, jest podobna do zlewni górnego Dunajca. Jej niższe partie mają już charakter po-

górski, z mniejszymi spadkami oraz zróżnicowanymi skłonami zboczy (KONDRACKI, 2000).

Do analizy przyjęto trzydziestopięcioletni okres badań (lata 1980–2014). Zebrano i przeanalizowano dla obu zlewni badawczych dane o strukturze użytkowania trwałych użytków zielonych, w tym pastwisk górskich oraz wielkości obsady zwierząt gospodarskich (w DJP na hektar UR) oraz struktury pogłowia. Łącznie dotyczyło to 27 gmin, które w całości lub w części zlokalizowane są w obu omawianych zlewniach badawczych. Były to gminy: Biały Dunajec, Bukowina Tatrzańska, Czarny Dunajec, Czorsztyń, Kościelisko, Krościenko nad Dunajcem, Łapsze Niżne, Nowy Targ (część wiejska i miejska), Poronin, Szaflary, Szczawnica oraz Zakopane, a w zlewni górnej Raby: Dobczyce, Dobra, Jordanów, Lubień, Mszana Dolna, Myślenice, Niedźwiedź, Nowy Targ (część wiejska), Pcim, Raba Wyżna, Rabka-Zdrój, Siepraw, Tokarnia, Wieliczka oraz Wiśniowa.

Następnie obliczono wielkość wnoszonego ładunku azotu i fosforu na powierzchni rolnicze badanych zlewni górnego Dunajca i górnej Raby. Do tego celu wykorzystano autorski program MacroBil, zaprojektowany przez specjalistów z Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, który wyznacza najważniejsze parametry produkcji rolniczej w obrębie gospodarstwa. Dane wejściowe do programu zweryfikowano w taki sposób, aby wspomniany program mógł wyznaczyć parametry dla większego obszaru (KOPACZ, 2011). Określone fragmenty zlewni potraktowano jako modelowe „gospodarstwo”, co pozwoliło na obliczenie parametrów rolniczych w układzie zlewniowym.

Zebrane dane przeliczono z układu administracyjnego na układ zlewniowy za pomocą specjalnie zaprojektowanej matematycznej matrycy przeliczeniowej. Matryca ta uwzględnia udział powierzchni jednostek administracyjnych w powierzchni określonych fragmentów zlewni. Dzięki temu w wyniku przeliczeń za pomocą średniej ważonej uzyskano informację o wielkości udziału powierzchni gmin w poszczególnych zlewniach.

Po wprowadzeniu do matrycy danych w układzie gminnym – otrzymywano w wyniku uśrednienia ich wartości w odpowiednich fragmentach zlewni badawczych, na podstawie wzoru (KOPACZ, 2011):

$$\text{Az}_z = 0,01 \cdot [(a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_i \cdot x_i) / (a_1 + a_2 + \dots + a_i)]$$

gdzie:

Az_z – wartość parametru uśrednianego w zlewni „z”

a₁, a₂ ... a_i – procentowy udział powierzchni gmin w powierzchni zlewni „z”

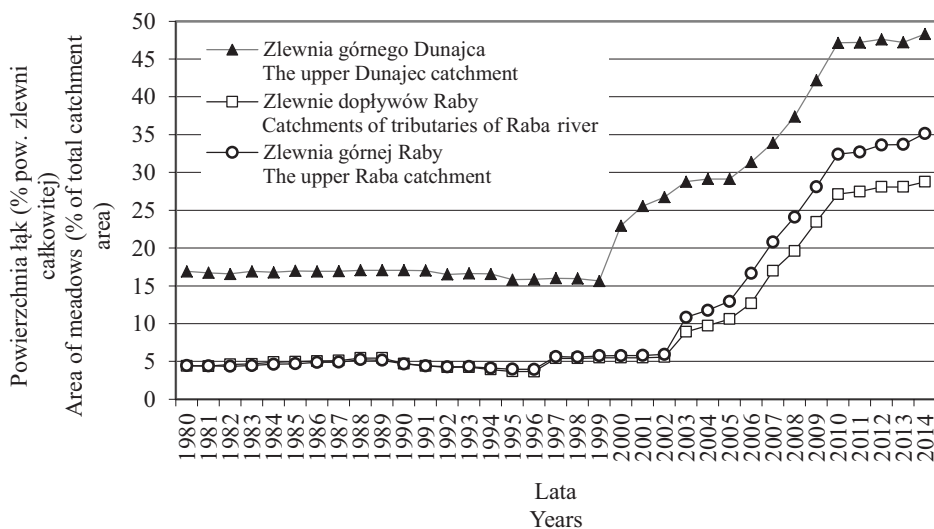
x₁, x₂ ... x_i – wartości parametru dla gmin położonych w obrębie danej zlewni „z”

Zebrano także szczegółowe informacje o jakości wód powierzchniowych w zakresie stężeń jonów amonowych ($N-NH_4$), azotanowych ($N-NO_3$) i fosforanów (PO_4). W tym celu pozyskano dane z monitoringu hydrochemicznego prowadzonego przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie dla lat 1980–2014.

Po zestawieniu powyższych informacji zastosowano analizę relacyjną (STANLEY, 1976), opisującą zależności między zmianami w obsadzie zwierząt oraz wielkości ładunku azotu i fosforu, a średnimi stężeniami związków tych pierwiastków w poszczególnych fragmentach zlewni badawczych.

3. Wyniki badań

W 35-letnim okresie (1980–2014) na badanym obszarze nastąpiły istotne zmiany w strukturze użytków rolnych. W obu zlewniach, w obrębie użytków rolnych, najbardziej zmniejszyła się powierzchnia gruntów ornych, nawet do 30% na korzyść użytków zielonych, zwłaszcza łąk (ryc. 2).



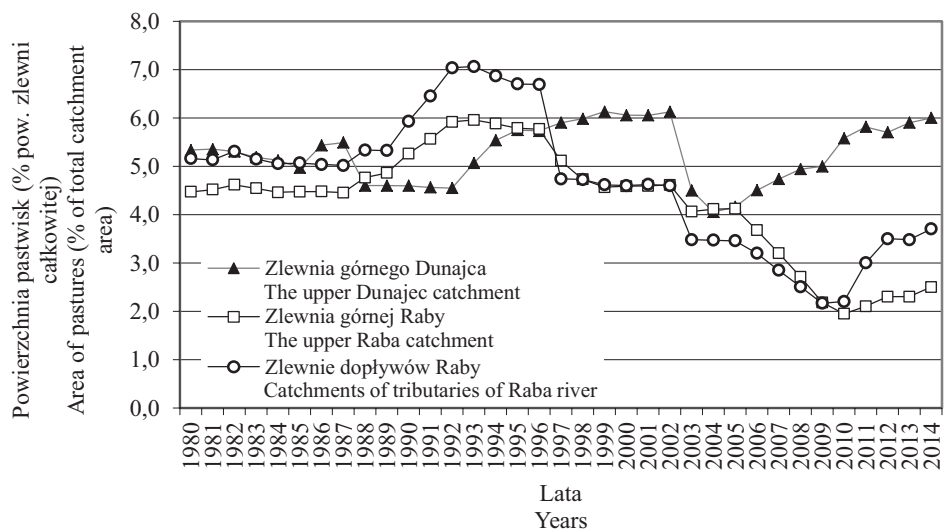
Rycina 2. Zmiany powierzchni łąk w latach 1980–2014 w zlewni górnego Dunajca i górnej Raby

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

Figure 2. Changes of meadows area in years 1980–2014 at the upper Dunajec and upper Raba catchments

Source: own elaboration based on GUS data

Powierzchnia pastwisk długo pozostawała niezmienna, aby na przełomie wieków ulec ograniczeniu. Dopiero po wejściu Polski w struktury Unii Europejskiej w 2004 roku w zlewni górnego Dunajca zauważa się stopniowe zwiększenie ich powierzchni, które trwa aż po dzień dzisiejszy. W zlewni górnej Raby natomiast trend spadkowy utrzymywał się aż do 2010 roku, choć w ostatnim czasie ponownie następuje restytucja powierzchni pastwiskowych (ryc. 3).



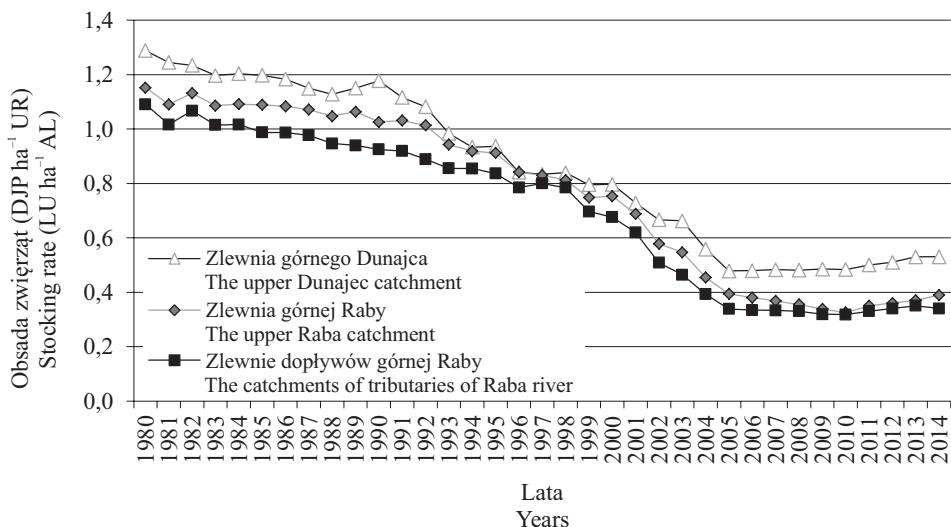
Rycina 3. Zmiany powierzchni pastwisk w latach 1980–2014 w zlewni górnego Dunajca i górnej Raby

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

Figure 3. Changes of pastures area in years 1980–2014 at the upper Dunajec and upper Raba catchments

Source: own elaboration based on GUS data

Przeobrażenia te częściowo wynikały ze świadomej zmiany przez rolników profilu produkcji, jednak w większości powstały samoistnie w wyniku zaniechania użytkowania płuznego. Równocześnie zmieniła się intensywność użytkowania pastwisk, gdyż średnia obsada zwierząt w omawianych zlewniach zmniejszyła się od 1980 roku z poziomu 1,3 do około 0,3 DJP ha⁻¹ UR. Pogłowie bydła stanowi aktualnie około 30% stanu z lat 80. W przypadku owiec sytuacja jest jeszcze bardziej niekorzystna. Pogłowie tych zwierząt zmniejszyło się w Polsce 20-krotnie, a na karpacczych pastwiskach wypasane jest aktualnie 4-krotnie mniej tych zwierząt. W ostatnich kilku latach zauważa się powolny wzrost pogłowia zwierząt trawożernych (BARSZCZEWSKI, 2015). Są to jednak ilości niewspółmiernie mniejsze w stosunku do lat 80., czy 90. ubiegłego wie-



Rycina 4. Zmiany w obsadzie zwierząt w latach 1980–2014 w zlewni górnego Dunajca i górnej Raby

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

Figure 4. Changes of stocking rate in years 1980–2014 at the upper Dunajec and upper Raba catchments

Source: own elaboration based on GUS data

ku (ryc. 4). Nieco w mniejszym stopniu, choć równie dotkliwie zmniejszyło się pogłowie koni, a także innych zwierząt gospodarskich (TWARDY, 2001, 2009).

Na tym tle w stosunku do lat 80. znacząco ograniczony został ładunek azotu i fosforu dostarczany na powierzchnię użytków rolnych wraz z odchodami zwierząt. Średnie wnoszenie azotu w obu zlewniach jeszcze w latach 1980–1984 wynosiło około 129 kg ha^{-1} . Aktualnie są to wartości, które w zlewni górnego Dunajca oscylują w granicach 60 kg ha^{-1} , a w obszarach zlewni górnej Raby i jej dopływów 63 kg ha^{-1} (tab. 1).

Również ładunek fosforu wprowadzany na powierzchnie rolnicze uległ ograniczeniu w tym okresie z poziomu $26,4\text{--}27,3$ do wartości $7,5\text{--}8,6 \text{ kg ha}^{-1}$ (tab. 1). Z badań KOPACZA (2011) wynika, że poprawiła się także efektywność wykorzystania obu składników nawozowych, która jeszcze w latach 80. wynosiła średnio 55% dla azotu oraz 48% dla fosforu, podczas, gdy aktualnie poziom wykorzystania jest bardzo wysoki i wynosi blisko 95% dla obu omawianych biogenów.

Na podstawie monitoringu hydrochemicznego stwierdzono zmniejszenie koncentracji najważniejszych składników biogenych w wodach powierzchniowych w obu zlewniach badawczych. Do lat 90. ubiegłego wieku stężenie związków biogenych pochodzących z produkcji rolniczej, głównie azotu i fosforu wzrastało,

natomiast po tym okresie zauważa się permanentną poprawę jakości wód, z wyjątkiem ostatnich lat w zlewni Raby.

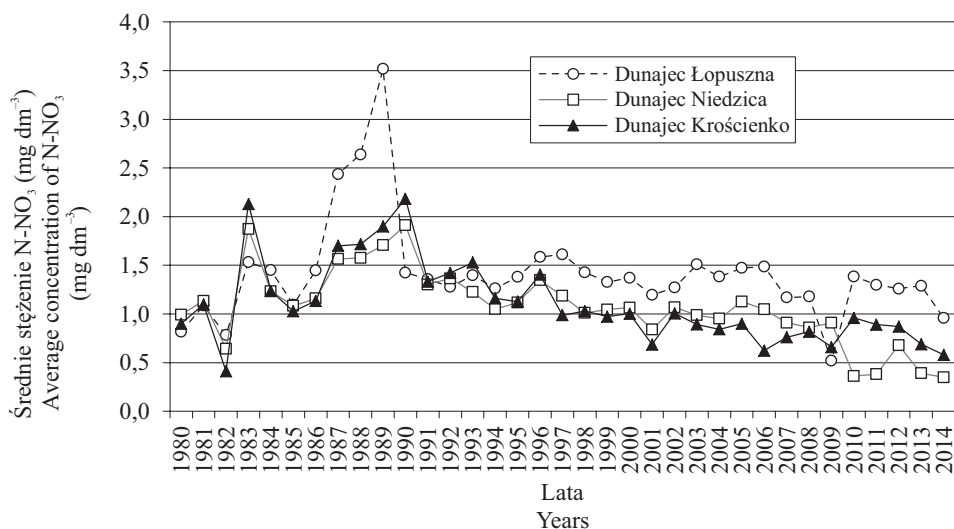
Tabela 1. Zmiany w ładunku azotu i fosforu na powierzchnię użytków rolnych wraz z odchodami zwierząt w latach 1980–2014 w zlewni górnego Dunajca i górnej Raby
Table 1. Changes of load of nitrogen and phosphorus in years 1980–2014 at the upper Dunajec and upper Raba catchments

5-lecia 5 years period	Zlewnia górnego Dunajca The upper Dunajec catchment		Zlewnia górnej Raby The upper Raba catchment		Zlewnie dopływów górnej Raby The catchments of tributaries of Raba river	
	Ładunek N Load of N kg ha ⁻¹	Ładunek P Load of P kg ha ⁻¹	Ładunek N Load of N kg ha ⁻¹	Ładunek P Load of P kg ha ⁻¹	Ładunek N Load of N kg ha ⁻¹	Ładunek P Load of P kg ha ⁻¹
1980–1984	129,2	26,6	134,7	27,3	128,7	26,4
1985–1989	132,5	23,9	128,8	21,0	118,4	19,6
1990–1994	108,4	15,9	118,0	15,7	107,7	14,6
1995–1999	94,9	13,7	106,2	14,3	100,1	13,6
2000–2004	74,2	9,9	84,1	11,0	78,3	10,3
2005–2009	58,9	7,5	64,0	8,7	65,0	8,7
2010–2014	59,7	7,5	62,7	8,6	63,2	8,3

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.
Source: own elaboration based on GUS data.

W zlewni górnego Dunajca średnioroczne stężenie azotu amonowego (N-NH₄) zmniejszyło się od lat 80. z poziomu 0,4–0,6 do wartości około 0,1 mg dm⁻³, natomiast azotu azotanowego (N-NO₃) – z średnich wartości 1,5–2,0 do stężeń na poziomie około 0,5–1,0 mg dm⁻³. W mniejszym stopniu ograniczone zostało zanieczyszczenie wód powierzchniowych jonami fosforanowymi (PO₄) z wartości średnich około 0,09 do 0,07 mg dm⁻³. Wynika to głównie z faktu, iż fosfor identyfikowany jest bardziej z zanieczyszczeniami bytowymi aniżeli pochodzenia rolniczego. Na rycinach 5 i 6 przedstawiono przykładową zmienność wartości stężeń azotu azotanowego oznaczonych w poszczególnych przekrojach hydrometrycznych zlewni badawczych.

W wodach zlewni górnego Dunajca od początku lat 90. odnotowuje się zmniejszenie koncentracji stężeń N-NO₃ (ryc. 5). Z kolei w zlewni górnej Raby oraz jej dopływów zmienność stężeń tego składnika jest mniej wyrazista niż w wodach górnego Dunajca. Pewien trend spadkowy dla stężeń azotu azotanowego zaobserwowano w latach 1990–2008. Po tym okresie, szczególnie w dolnych partiach zlewni jego koncentracja była zmienna, a nawet nastąpił wzrost jego stężeń w niektórych profilach (ryc. 6).

Rycina 5. Średnie stężenie N-NO₃ w wodzie rzeki Dunajec w latach 1980–2014

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Kraków i MOB ITP

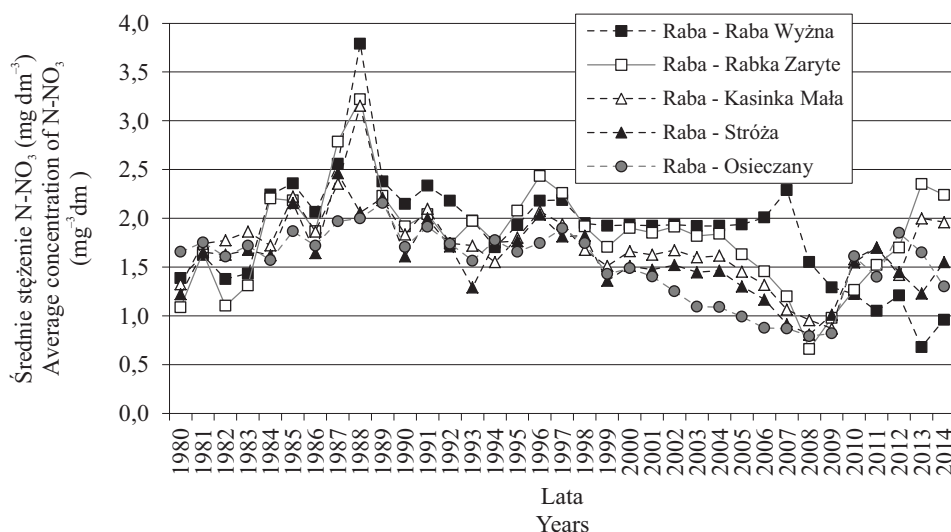
Figure 5. Average concentration of N-NO₃ in water of Dunajec River in years 1980–2014

Source: own elaboration based on WIOŚ Krakow and MOB ITP data

Analiza statystyczna wykazała, że istnieją istotne statystycznie relacje pomiędzy zmianami w obsadzie zwierząt gospodarskich a ładunkiem azotu oraz fosforu wprowadzanym na powierzchnię zlewni ze źródeł rolniczych. Ograniczenie pogłowia zwierząt gospodarskich w istotny sposób wpłynęło na zmniejszenie wartości tych ładunków wprowadzanych na powierzchnię zlewni (ryc. 7 i 8).

Zmniejszenie wartości ładunku azotu miało korzystny wpływ na jakość wód, na co wykazują zależności relacyjne między wielkością tego ładunku a średnimi stężeniami związków jonowych azotu w wodach powierzchniowych w obu analizowanych zlewniach (ryc. 9 i 10). Natomiast w przypadku koncentracji jonów fosforanowych w wodach powierzchniowych – ich zależności od ładunku fosforu pochodzenia rolniczego nie były już istotne statystycznie. Wskazuje to na pozarolniczy (prawdopodobnie komunalny) charakter źródła tego pierwiastka w wodach powierzchniowych.

Podobne, korzystne z punktu widzenia ochrony wód, zależności zachodzą między zmieniającą się strukturą użytkowania rolniczego a jakością wód, co potwierdzają również inne wcześniejsze badania w podobnych orograficznie obszarach (GÓRA-DROŹDŹ i DROŹDŹ, 1999). Wykazano, że zwiększająca się powierzchnia trwałych użytków zielonych, przy ograniczeniu na przestrzeni lat pogłowia zwierząt gospodarskich w obu zlewniach badawczych wpłynęła w pew-

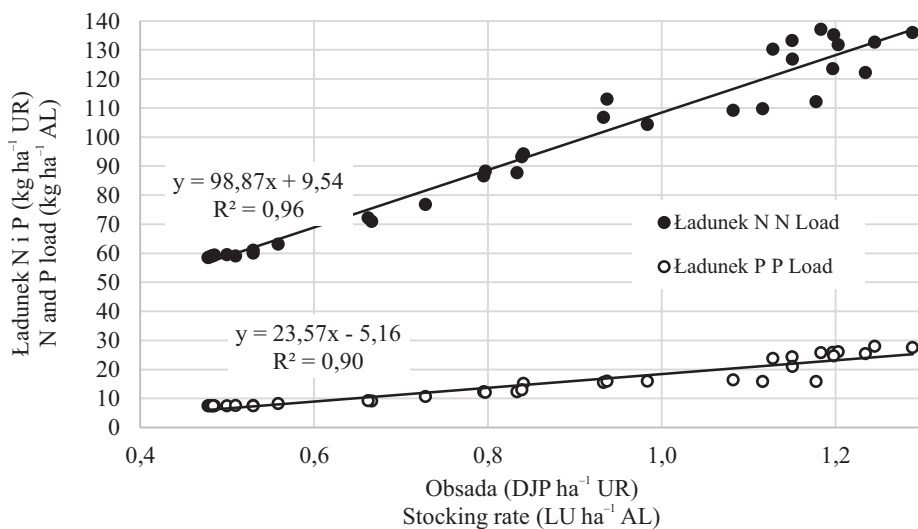


Rycina 6. Średnie stężenie N-NO₃ w wodzie rzeki Raby w latach 1980–2014

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Kraków i MOB ITP

Figure 6. Average concentration of N-NO₃ in water of Raba River in years 1980–2014

Source: own elaboration based on WIOŚ Krakow and MOB ITP data

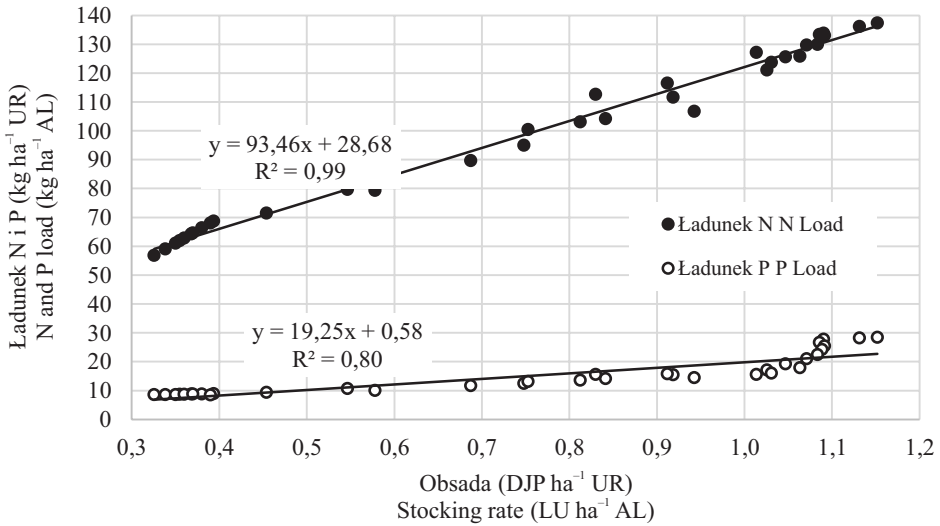


Rycina 7. Zależność ładunku N i P od obsady zwierząt gospodarskich (DJP ha⁻¹ UR) w zlewni górnego Dunajca

Źródło: opracowanie własne

Figure 7. N and P balance in relation to stocking rate (LU ha⁻¹ AL) in the upper Dunajec catchment

Source: own elaboration

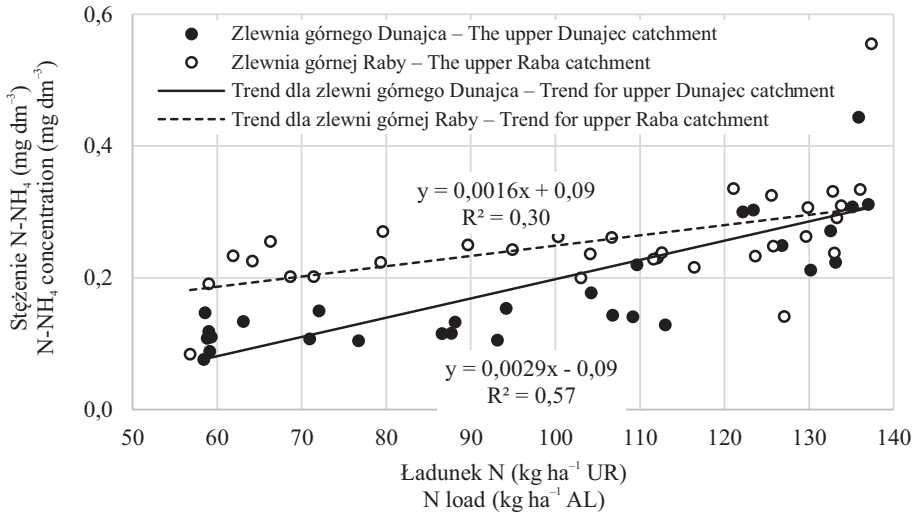


Rycina 8. Zależność ładunku N i P od obsady zwierząt gospodarskich (DJP ha⁻¹ UR) w zlewni górnej Raby

Źródło: opracowanie własne

Figure 8. N and P load in relation to stocking rate (LU ha⁻¹ AL) in the upper Raba catchment

Source: own elaboration

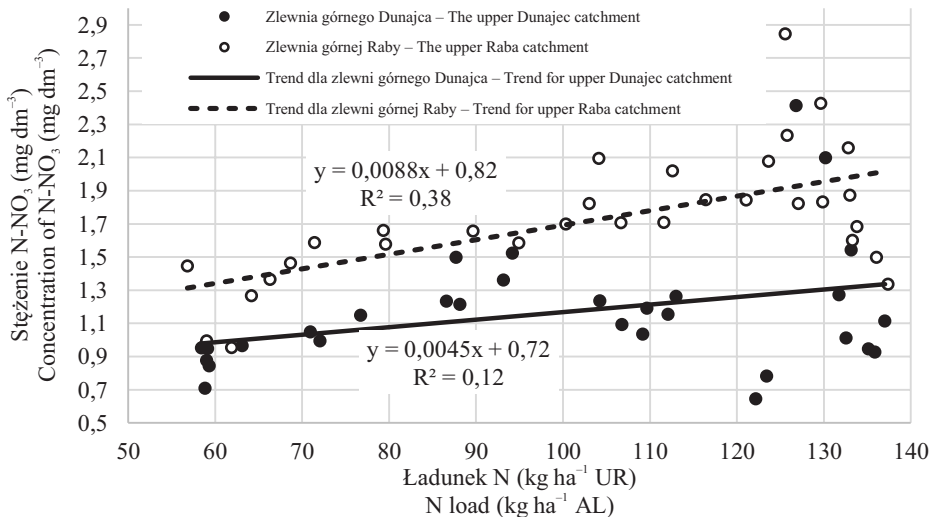


Rycina 9. Zależność stężeń N-NH₄ od ładunku N (kg ha⁻¹ UR) w zlewniach górnego Dunajca i górnej Raby

Źródło: opracowanie własne

Figure 9. Relation between N-NH₄ concentration and N load (kg ha⁻¹ AL) in the upper Dunajec and upper Raba catchments

Source: own elaboration

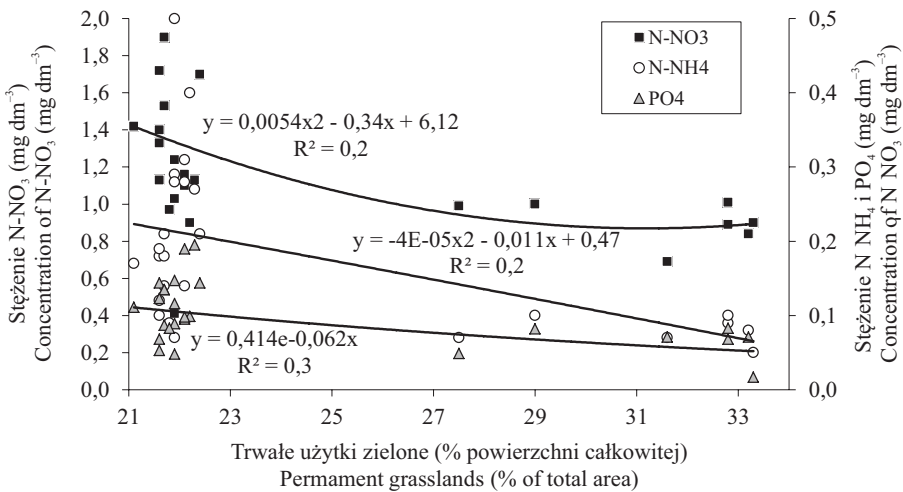


Rycina 10. Zależność stężeń N-NO₃ od ładunku N (kg ha⁻¹ UR) w zlewniach górnego Dunajca i górnej Raby

Źródło: opracowanie własne

Figure 10. Relation between N-NO₃ concentration and N load (kg ha⁻¹ AL) in the upper Dunajec and upper Raba catchments

Source: own elaboration

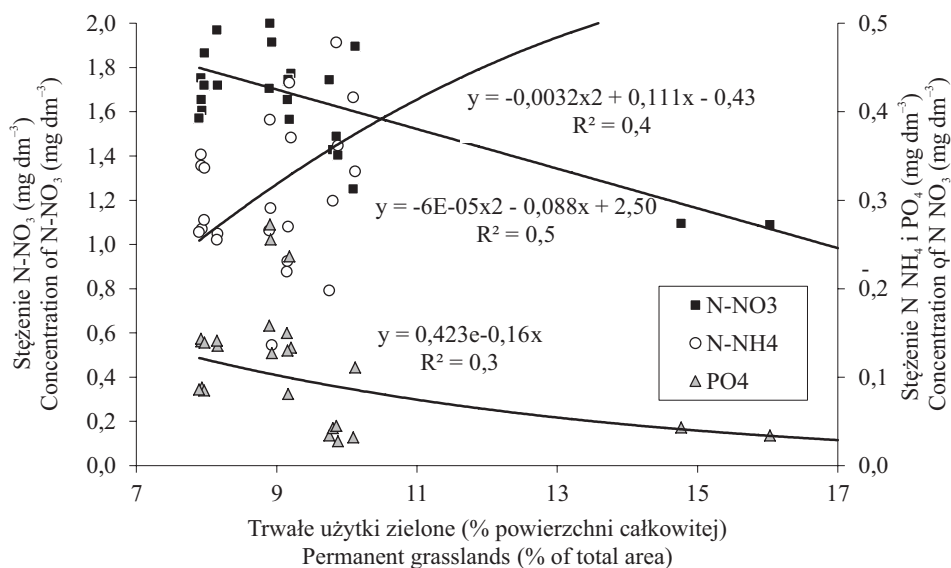


Rycina 11. Relacja między powierzchnią TUZ a średnimi stężeniami N-NO₃, N-NH₄ i PO₄ (mg dm⁻³) w zlewni górnego Dunajca

Źródło: opracowanie własne

Figure 11. Relation between use of permanent grassland and N-NO₃, N-NH₄ and PO₄ concentration (mg dm⁻³) in the upper Dunajec catchment

Source: own elaboration



Rycina 12. Relacja między powierzchnią TUZ a średnimi stężeniami N-NO₃, N-NH₄ i PO₄ (mg dm⁻³) w wodach górnej Raby

Zródło: opracowanie własne

Figure 12. Relation between use of permanent grassland and N-NO₃, N-NH₄ and PO₄ concentration (mg dm⁻³) in the upper Raba catchment

Source: own elaboration

nym stopniu na ograniczenie koncentracji związków azotu i fosforu w wodach powierzchniowych (ryc. 11 i 12).

W omawianym przedziale czasowym (1980–2014) w zlewniach górnego Dunajca i Raby nastąpiły znaczące przeobrażenia strukturalno-przestrzenne. Zmniejszył się udział powierzchni gruntów ornych, których spora część została zastąpiona trwałymi użytkami zielonymi. Pola orne w wyniku zaniechania użytkowania, ulegały samozadarnieniu. W obrębie użytków zielonych nastąpił wzrost powierzchni łąk, natomiast powierzchnia pastwisk utrzymuje się na podobnym poziomie aż do dnia dzisiejszego.

Wyraźnie zmniejszyło się obciążenie terenów rolnych, w tym użytków zielonych ładunkiem biogenów. Zaobserwowano bowiem wyraźne ograniczenie pogłowia zwierząt gospodarskich. W związku z tym wielkość średniego ładunku biogenów pochodzenia rolniczego zmniejszyła się odpowiednio: azotu o około 57% oraz fosforu o 70%.

Ma to swoje odzwierciedlenie w poprawie jakości wód powierzchniowych, szczególnie w zakresie koncentracji związków azotu, zarówno w jego formie amonowej, jak i azotanowej. Poprawa ta wyraźnie koreluje ze zmianami w wielkości bilansu azotu, będącego efektem ograniczenia pogłowia zwierząt i zmniejszenia

szeniem obsady zwierząt, a także ze zwiększeniem powierzchni zadarnionych. Potwierdzają to istotne statystycznie współczynniki determinacji dla wspomnianych w pracy zależności.

4. Wnioski

- Zmiany strukturalne w rolnictwie spowodowały zwiększenie powierzchni łąk kosztem gruntów ornych, przy równoczesnym zmniejszeniu powierzchni pastwisk ze względu na znaczny spadek pogłowia zwierząt gospodarskich.
- Obniżył się potencjał produkcyjny trwałych użytków zielonych, choć ciągle występuje nadprodukcja biomasy trawiastej.
- Obsada zwierząt gospodarskich ściśle koresponduje z wielkością ładunku azotu i fosforu wprowadzanego na powierzchnie pastwiskowe w zlewniach karpackich, a także jakością wód. Wpływa też na wartość ładunku tych składników.
- Przeobrażenia strukturalno-użytkowe i produkcyjne korzystnie wpłynęły na środowisko, w tym poprawę jakości wód powierzchniowych w analizowanych zlewniach górskich.

Literatura

- BARSZCZEWSKI J., 2015. Stan trwałych użytków zielonych i ich wykorzystanie w kraju. W: Racjonalne wykorzystanie potencjału produkcyjnego trwałych użytków zielonych w Polsce w różnych warunkach glebowych i systemach gospodarowania. Wydawnictwo ITP Falenty, 16–35.
- DRZEWIECKI W., MULARZ S., TWARDY S., KOPACZ M., 2008. Próba kalibracji modelu RUSLE/SDR dla oceny ładunku zawiesiny wprowadzonego do Zbiornika Dobczyckiego ze zlewni bezpośredniej. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*. Vol. 18.
- DYNOWSKA I., 1995. Wody. W: Karpaty Polskie, przyroda, człowiek i jego działalność. Red. J. Warszńska. Kraków. Wydawnictwo UJ, 49–67.
- GÓRA-DROŹDŹ E., DROŹDŹ A., 1999. Wpływ użytkowania pastwiska górskiego przez owce na jakość wody w przepływającym poniżej potoku. *Materiały Seminaryjne*, 42, Wydawnictwo IMUZ Falenty, 85–90.
- KONDRACKI J., 2000. *Geografia regionalna Polski*. Warszawa. Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., 441.
- KOPACZ M., 2011. Zmienność obciążenia składnikami nawozowymi rolniczych obszarów karpackich w kontekście przeobrażeń strukturalno-przestrzennych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe i Monografie*. Nr 31. Falenty. Wydawnictwo ITP, 122.

- KOPACZ M., 2014. Określenie ładunku zawiesiny wprowadzanego do zbiornika – metodyka, pomiary i obliczenia. W: Modelowanie ładunków zawiesiny ogólnej w zlewni zbiornika dobczyckiego. Red. W. Drzewiecki. Kraków. Wydawnictwo AGH, 44–56.
- KOPACZ M., TWARDY S., KOWALCZYK A., KUŹNIAR A., 2009. The structural changes of the Raba catchment area in the aspect of selected surface water quality parameters. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18, 3A, 155–160.
- SMOROŃ S., KOPEĆ S., 1999. Oddziaływanie trwałych użytków zielonych na wody odciekające. *Materiały Seminaryjne*, 42, Wydawnictwo IMUZ Falenty, 195–204.
- STANLEY G., 1976. *Metody statystyki w geografii*. PWN Warszawa, 163–171.
- STARKEŁ L., KUNDZEWICZ Z.W., 2008. Konsekwencje zmian klimatu dla zagospodarowania przestrzennego kraju. *Nauka*, 1, 85–101.
- TWARDY S., 2001. Zwierzęta gospodarskie i produkcja mięsa w Karpatach Polskich. W: Ni-skonakładowa produkcja rolnicza z wykorzystaniem pasz z użytków zielonych w Karpatach Polskich. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty, 107–124.
- TWARDY S., 2009. Tendencje zmian użytkowania przestrzeni rolniczej obszarów karpaccich. W: Stan i kierunki zmian w produkcji rolniczej (wybrane zagadnienia). Wydawnictwo IUNG – PIB Studia i Raporty, Puławy 2009, 49–58.
- TWARDY S., 2011. Efekty wieloletniego mineralno-organicznego nawożenia pastwisk górskich użytkowanych owcami. W: Długotrwałe doświadczenia nawozowe na użytkach zielonych. UR. Kraków, 121–133.
- TWARDY S., KOPACZ M., 2014. Comparison of concentrations and loads of macronutrients brought with precipitation and leaching from the soil profile. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23, 3A, 132–136.
- TWARDY S., KOPACZ M., 2015. Funkcje trwałych użytków zielonych w obszarach górskich. Studium nad rolnośrodowiskowym znaczeniem TUZ – na podstawie badań w zlewni górnego Dunajca oraz potoku Grajcarek. Wydawnictwo ITP Falenty, 158.

Effect of utilization of mountain pastures on of surface water quality status

M. KOPACZ, S. TWARDY

Małopolska Research Centre in Krakow, Institute of Technology and Life Science

Summary

The aim of the study was to evaluate of surface water quality on the background of changes in the permanent grassland use and stocking rate. The study was conducted in two Carpathian basins – the upper Dunajec in Kroscienko and the upper Raba in Dobczyce. The structure of grassland and stocking rate data was collected. The value of load of nitrogen and phosphorus was estimated. The surface water quality measured from its own monitoring carried out in several hydrometric sections, and also from data WIOŚ Krakow.

It has increased grassland area in the last 25 years, mainly as a result of the abandonment of the crop plow. Average stocking rate decreased since 1980 from 1.3 to about 0.3 DJP ha⁻¹ AL. Thereby significantly was limited load of nitrogen and phosphorus delivered to the area of agriculture. The average nitrogen load in both catchments still in the 80s was about 136 kg ha⁻¹. Currently, the values are in the catchment area of the upper Dunajec 57 and the upper Raba 63 kg ha⁻¹. Also phosphorus load was reduced during the period from an average of 28 to 8 kg ha⁻¹. We noticed an improvement of surface water quality in terms of concentration of the most important nutrient. In the upper Dunajec catchment average concentration of ammonia nitrogen decreased since the 80s from 0.4–0.6 to about 0.1 mg dm⁻³, while nitrate nitrogen – from 1.5–2.0 to 0.5–1.0 mg dm⁻³. Phosphate ions decreased by an average of 25%. Statistical analysis showed that the reduction of stocking and increasing the surface area of grassland positive effect on surface water quality.

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Dr hab. inż. Marek Kopacz, prof. nadzw., Prof. dr hab. Stanisław Twardy

Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie – MOB

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy

ul. Ulanów 21B

31-450 Kraków

tel. 12 412 84 59

e-mail: m.kopacz@itp.edu.pl; s.twardy@itp.edu.pl