

# ZMIANY JAKOŚCIOWE ODPLYWÓW WÓD GLEBOWYCH W WARUNKACH RECESJI GOSPODARKI NAWOZOWEJ (NA PRZYKŁADZIE GÓRSKICH UŻYTKÓW ZIELONYCH)

Andrzej Jaguś

**Jaguś A., 2008:** Zmiany jakościowe odpływów wód glebowych w warunkach recesji gospodarki nawozowej (na przykładzie górskich użytków zielonych). *Qualitative changes of soil water outflows in the conditions of reduced range of fertilizers (on an example of grasslands located in the mountainous area)*, Monitoring Środowiska Przyrodniczego nr 9, s. 63-69, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.

**Zarys treści:** W artykule przedstawiono jakość wód glebowych odpływających z terenów górskich użytków zielonych (w Karpatach Polskich) przy zróżnicowanych poziomach nawożenia. Na bazie wyników doświadczeń drenarskich i lizymetrycznych wykazano, że w warunkach współczesnej recesji gospodarki nawozowej, stężenia większości makroskładników w wodach odpływających z pokryw glebowych uległy obniżeniu. Kształtują się one na poziomie bezpiecznym dla środowiska.

**Słowa kluczowe:** górskie użytki zielone, odpływy wód glebowych, ograniczenie nawożenia, jakość wód.

**Key words:** *mountain grasslands, soil water outflows, reduced fertilization, chemistry of water.*

*Andrzej Jaguś, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, ajagus@ath.bielsko.pl.*

## 1. Wprowadzenie

Przemiany strukturalne w rolnictwie górskim, zachodzące w Polsce od początku lat 90. XX wieku w następstwie rozwoju gospodarki wolnorynkowej, polegały między innymi na ograniczaniu zabiegów agrotechnicznych, w tym zwłaszcza nawożenia upraw. Dotyczyło to również intensywnych użytków zielonych, a było związane ze spadkiem pogłowia zwierząt gospodarskich i przez to zmniejszeniem zapotrzebowania na naturalną paszę. Obecne zagospodarowanie łąkowo-pastwiskowe w Karpatach Polskich ma charakter ekstensywny, a część terenów trawiastych jest zupełnie niewykorzystywana. Tworzą one arealy odłogów, rosnące również w wyniku samozadarniania wyłączanych z produkcji rolniczej gleb ornych. Produkcyjne użytki zielone praktycznie nie są nawożone mineralnie. Tylko w niektórych gospodarstwach stosuje się ich zasilanie obornikiem.

Tak znacząca recesja gospodarowania w ekosystemach darniowych przyniosła z sobą modyfikacje zbiorowisk roślinnych, a także obiegu wody i składników mineralnych w obrębie pokryw glebowych (Jagła i Twardy, 1999; Jaguś i wsp., 2005; Jaguś, 2006).

Jednym z ważniejszych aspektów ekologicznych związanych z funkcjonowaniem górskich użytków zielonych w okresie transformacji zagospodarowania rolniczego są zmiany jakości wód glebowych. Podstawowym czynnikiem decydującym o tych zmianach jest gospodarka nawozowa. Świadczą o tym między innymi opracowania traktujące o zapotrzebowaniu pokarmowym roślin w agrocenozach darniowych, wyraźnie przekraczającym wielkość przychodu składników mineralnych z innych źródeł (Ruszkowska i wsp., 1979; Kopeć, 1980; Domagała, 1992; Misztal 2001). Relacja: gospodarka nawozowa – jakość wód powierzchniowych, nie jest już tak czytelna (Pawlik-Dobrowolski i Kurzbauer, 1990).

Celem pracy jest analiza zmian składu makrojonowego ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , Ca, Mg, Na, K,  $\text{SO}_4$ ) wód odpływających z pokryw glebowych użytków zielonych w Karpatach Polskich, spowodowanych recesją gospodarki nawozowej. Znamienita większość opracowań literaturowych z zakresu jakości wód glebowych zawiera bowiem wyniki prac badawczych prowadzonych w warunkach stymulowania plonotwórczego z wykorzystaniem różnorodnych dawek i komponentów nawozowych (Jaguś 2006).

## 2. Materiały źródłowe

Naświetlenie problemu zmian jakości wód odpływających z pokryw glebowych w sytuacji recesji gospodarki nawozowej wymagało przeglądu literatury naukowej obejmującej okres od lat 70. XX wieku (intensyfikacji nawożenia) do czasów współczesnych (zaniechania nawożenia). W doświadczalnictwie rolniczym nawiązywano bowiem do warunków gospodarowania w praktyce. Zgromadzono szereg prac z zakresu chemii roztworu glebowego (m.in. Wiklander i Andersson, 1974; Ruszkowska i wsp., 1979; Kabata-Pendias, 1984; Ruszkowska, 1984; Paluch, 1990; Szymańska, 1990), a w szczególności dotyczących obiegu wody i składników mineralnych w profilach glebowych górskich użytków zielonych (m.in. Kopeć i wsp., 1984; Domagała, 1992; Kopeć, 1980, 1992; Krzemień i Kurzbauer, 1992; Smoroń i Kopeć, 1999; Kopeć i Misztal, 2001; Misztal, 2001; Jaguś i Twardy, 2004; Jaguś, 2006; Jaguś i Twardy, 2006). Opisywane w nich badania prowadzono na obszarach fliszowych Karpat Polskich, a metodyka była oparta na doświadczeniach drenarskich i lizymetrycznych. Materiałem analitycznym były wody drenarskie (wypływające z działów drenarskich) oraz wody odciekające z lizymetrów. Obiekty doświadczalne imitowały łąki górskie o zróżnicowanym poziomie nawożenia, a także łąki nienawożone.

Materiał liczbowy odzwierciedlający stan jakościowy wód glebowych w warunkach zupełnego zaniechania nawożenia zaczerpnięto z opracowań A. Jagusia i S. Twardego (2004, 2006). Wymienieni autorzy prowadzili prace badawcze w Małych Pieninach, w oparciu o doświadczenie lizymetryczne. Wykorzystywali sześciennie, metalowe lizymetry o głębokości profilu glebowego 1 m. Nie stosując zasilania nawozowego, określali ilości odcieków, ich chemizm oraz wielkości wymywania składników mineralnych. Pomiarzy realizowali w latach 2001-2005, a formy zagospodarowania lizymetrów (w czterech powtórzeniach) imitowały łąki koszone jednorazowo, dwukrotnie, trzykrotnie i czterokrotnie w sezonie wegetacyjnym, odzwierciedlając

aktualny sposób użytkowania łąkowego w obszarach karpackich. Różnice w składzie chemicznym odcieków z wymienionych kombinacji nie były istotne statystycznie (Jaguś, 2006). Stąd też w dalszej części niniejszego opracowania przytoczono średnie wartości ich parametrów jakościowych.

Zgromadzony materiał liczbowy, parametryzujący jakość odpływów wód glebowych, zestawiono pod kątem zróżnicowania dawek nawozowych. Analizowano stężenia podstawowych makroskładników. Były one oznaczane przez różnych autorów, jednak na ogół standardowymi metodami laboratoryjnymi (Hermanowicz i wsp., 1976, 1999) – nessleryzacji (amoniak), kolorymetryczną z kwasem fenolodwusulfonowym (azotany), molibdenową (fosforany), miareczkowo-kompleksometryczną (wapń i magnez), fotometrii płomieniowej (sód i potas), nefelometryczną (siarczany). Ze względu na zróżnicowane warunki badań (zwłaszcza klimatyczno-glebowe), materiału nie traktowano jako jednorodnego w analizie porównawczej, lecz pogładowy, naświetlający cechy chemizmu wód glebowych. Konkluzje poprzedzono analizą procesów zachodzących w środowisku glebowym, związanych z hydrochemią roztworów glebowych.

## 3. Cechy jakościowe wód

Stężenia podstawowych składników mineralnych w wodach odpływających z pokryw glebowych górskich użytków zielonych były w dużym stopniu zróżnicowane wielkością stosowanych dawek nawozowych (tab. 1). Jednakże ograniczenie zasilania nawozowego nie zawsze przesądzało o obniżeniu obciążenia mineralnego wód (tab. 1). Wynika to, między innymi, z określonych warunków edaficzno-klimatycznych oraz zachowania poszczególnych substancji w środowisku glebowym, podlegających licznym procesom fizycznym oraz przemianom chemicznym i biochemicznym.

Analizy danych wskazują, że zmniejszanie dawek nawozów mineralnych nie stanowi istotnego czynnika dla zmian zawartości jonów amonowych w odpływach glebowych (Kopeć i wsp., 1984; Smoroń i Kopeć, 1999), a wynika z ich – korespondującego z dostępnością – wykorzystywania przez roślinność oraz przez bakterie nitryfikacyjne. Obniżenia stężeń należy spodziewać się bardziej w sytuacji ograniczenia stosowania płynnych nawozów naturalnych (np. gnojowicy), co ujawniają wyniki J. Koca i Z. Wróbla (1984) lub T. Mazura (1990), dokumentujące wyraźny spadek zawartości  $\text{NH}_4$ , postępujący wraz ze zmniejszaniem dawki nawozowej. Nawozy naturalne są bowiem zasobnym źródłem związków amonowych, podatnych na przemiany

Tabela 1. Średnie stężenia substancji chemicznych w odpływach drenarskich i lizymetrycznych z gleb górskich użytków zielonych (według danych różnych autorów)

Table 1. An average level of chemical compounds recorded in the lysimetric and draining outflows from grassland located in the mountainous area (based on results of several authors)

Okres Period	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na	K	SO <sub>4</sub>
Nawożenie Fertilization	[mg·dm <sup>-3</sup> ]							
<sup>1)</sup> 1977-1979 PKN	0,58	43,8	0,07	53,0	18,0	8,3	2,3	56,0
<sup>2)</sup> 1978 PKN <sub>360</sub>	0,39	52,8	0,31	44,2	5,8	7,2	1,2	7,5
<sup>2)</sup> 1978 PKN <sub>120</sub>	0,40	35,1	0,29	41,3	4,8	7,6	1,1	6,9
<sup>3)</sup> 1978-1980 PKN <sub>360</sub>	0,24	22,6	0,13	–	–	–	–	–
<sup>3)</sup> 1978-1980 PKN <sub>120</sub>	0,22	13,3	0,12	–	–	–	–	–
<sup>4)</sup> 1982-1985 PKN <sub>200</sub>	0,09	7,1	0,01	41,9	3,3	5,4	0,6	25,5
<sup>5)</sup> 1987-1990 PKN <sub>100</sub>	0,17	5,1	0,01	39,3	2,2	–	0,4	–
<sup>6)</sup> 1988-1989 PKN	0,23	6,3	0,26	29,3	–	–	0,9	–
<sup>7)</sup> 1988-1989 PKN	0,14	1,6	0,05	56,7	14,3	4,4	1,4	12,7
<sup>8)</sup> 2001-2002 –	0,06	6,8	0,11	45,4	7,2	0,3	0,6	5,1
<sup>9)</sup> 2003-2005 –	0,06	5,8	0,14	30,6	2,2	0,2	0,4	6,2

Według/After: <sup>1)</sup> Pawlik-Dobrowolski i Kurzbauer, 1990; <sup>2)</sup> Kopeć i wsp., 1984; <sup>3)</sup> Smoroń i Kopeć, 1999; <sup>4)</sup> Kopeć, 1992; <sup>5)</sup> Kopeć i Misztal, 2001; <sup>6)</sup> Domagała, 1992; <sup>7)</sup> Krzemień i Kurzbauer, 1992; <sup>8)</sup> Jaguś i Twardy, 2004; <sup>9)</sup> Jaguś i Twardy, 2006.

wanie, skutkujące przenikaniem amoniaku z wodami w głąb profili glebowych. Według danych A. Jagusia i S. Twardego (2006), dopiero z zupełną eliminacją nawożenia wiąże się wyraźne zmniejszenie stężenia amoniaku w odpływach wód z gleb górskich użytków zielonych – do setnych części mg·dm<sup>-3</sup> (tab. 1). Najpewniej jest to skutkiem zachodzącego w takich warunkach osłabienia vegetacji i spowolnienia mineralizacji substancji organicznych.

W przeciwieństwie do amoniaku, stężenia azotanów w odpływach wód glebowych pozostają pod wyraźnym wpływem gospodarki nawozowej. Prace licznych autorów – tak w warunkach Niżu Polskiego (Czerwiński i Praczyński, 1976; Wesolowski i Durkowski, 2004), Karpat Polskich (tab. 1), jak i w badaniach zagranicznych (Hill i McCague, 1975; Hood, 1976; Mrkvička i Velich, 1989) – potwierdzają, że nawożenie użytków zielonych na ogół niesie z sobą wzrost stężenia azotanów w wodach odpływających z pokryw glebowych. Zazwyczaj

jest ono tym wyższe, im większą stosuje się dawkę nawozową. Przykładowo J. Mrkvička i J. Velich (1989), stosując nawożenie użytków zielonych w wielkości N<sub>100</sub>PK, N<sub>200</sub>PK, N<sub>300</sub>PK oraz N<sub>400</sub>PK uzyskali w odciekach lizymetrycznych odpowiadające średnie stężenia azotanów: 6,38 mg·dm<sup>-3</sup>, 8,86 mg·dm<sup>-3</sup>, 23,60 mg·dm<sup>-3</sup> i 50,58 mg·dm<sup>-3</sup>. W warunkach eliminacji czynnika nawozowego stężenie azotanów w odpływach wód glebowych z górskich użytków zielonych kształtuje się na poziomie kilku mg·dm<sup>-3</sup> (tab. 1), a więc bezpiecznym dla środowiska (Rozporządzenie..., 2002), w przeciwieństwie do zawartości rejestrowanych w odpływach z gleb ugorowanych (Jaguś i Twardy, 2006). Podkreśla to rolę terenów darniowych w ochronie zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem azotanami, nie podlegającymi sorpcji glebowej. Warto dodać, że w rozkładzie miesięcznym w ciągu roku najwyższe stężenia NO<sub>3</sub> w odpływach wód glebowych pojawiają się wczesną wiosną, kiedy to vegetacja roślinności znajduje się

w fazie początkowej i pobieranie azotanów jest mało intensywne, a dodatkowo w glebie znajdują się zapasy azotu mineralnego z okresu zimowego (Sapek, 1985).

Przegląd doniesień literaturowych dowodzi (Czerwiński i Prac, 1978, 1984; Kopeć, 1999), że modyfikacja dawek nawożenia (zarówno PK jak i NPK) nie ma wyraźnego wpływu na zawartości fosforanów w wodach odpływających z pokryw glebowych (tab. 1). Wynika to z działania procesów wiążących fosforany w glebie oraz dużych możliwości akumulacji tego składnika w profilu glebowym. Zdaniem A. Sapka (1985) tworzenie dużego potencjału fosforowego w glebie ma niejako charakter inwestycyjny, gdyż umożliwia łatwe pobieranie fosforu przez rośliny oraz zapewnia jego obfitość w paszy. W świetle rozważań A. Misztala (2001) oraz A. Jagusia i S. Twardego (2006), występowanie podwyższonych stężeń  $PO_4$  jest związane głównie z małym rozcieńczeniem tego składnika w roztworze glebowym w warunkach niskich odpływów wód z gleb. W sytuacji zaniechania nawożenia, stężenia  $PO_4$  kształtują się na poziomie kilku-kilkunastu setnych części  $mg \cdot dm^{-3}$ , przy wyraźnym spadku w okresie od kwietnia do maja (Jaguś i Twardy, 2006). Przyczyn tego można upatrywać w intensywnym wykorzystywaniu fosforanów przez roślinność, pomimo wiosennego uwalniania dużych ich ilości ze związków organicznych (Sapek, 1985).

W roztworach i odpływach glebowych wapń występuje z reguły w największym stężeniu spośród wszystkich makroskładników (Ruszkowska i wsp., 1979; Szymańska, 1990), co przekłada się na znaczne jego wynoszenie z jednostek zlewniowych (Wróbel i Żeglin 1990). Stężenia wapnia są w dużej mierze uzależnione od typów genetycznych gleb (Ruszkowska, 1984). Z badań S. Kopia (1999) oraz Z. Czerwińskiego i J. Pracza (1984) wynika, że ograniczenie nawożenia mineralnego NPK wpływa na spadek zawartości wapnia w wodach odpływających z profilów glebowych użytków zielonych, choć spadek ten może być stosunkowo nieznaczny (tab. 1). Zależność taką potwierdzają badania składu chemicznego roztworów glebowych L. Wiklandera i A. Anderssona (1974). Jak podają T. Lityński i H. Jurkowska (1982), dotyczy ona również nawozów naturalnych, co daje się także zauważyć w analizie wyników badań zamieszczonych w publikacji J. Koca i Z. Wróbla (1984). Całkowita eliminacja zasilania nawozowego przynosi sukcesywne obniżanie stężeń wapnia w odpływach wód glebowych na skutek wyczerpywania jego zasobów (Czerwiński i Prac, 1984; Jaguś i Twardy, 2006).

Wyczerpywanie zasobów pokarmowych gleb nienawożonych przejawia się również sukcesywnym zmniejszaniem stężeń magnezu w wodach odpływają-

cych z profilów glebowych (Czerwiński i Prac, 1984; Jaguś i Twardy, 2006). Jednocześnie wzrost dawki nawozów mineralnych, tak na użytkach zielonych jak i uprawach ornym, powoduje niewielkie zwiększenie zawartości magnezu w odpływach (tab. 1), pomimo częstego braku tego składnika w preparatach nawozowych (Czerwiński i Prac, 1976; Kopeć i wsp., 1984; Szymańska, 1990). Wzrost stężeń Mg występuje także w sytuacji podwyższania dawek nawozów naturalnych (Małysowa i wsp., 1990).

Jak wykazali L. Wiklander i A. Andersson (1974), w następstwie zmniejszania dawek nawożenia należy spodziewać się spadku zawartości sodu w roztworach glebowych. Dotyczy to również wód odciekających z profilów glebowych (Mrkvička i Velich, 1989). Z. Czerwiński i J. Prac (1984) tłumaczą tę zależność uszczupleniem przychodu sodu stosowanego jako komponent nawozów potasowych. W warunkach intensyfikacji produkcji, odpływające wody glebowe z użytków zielonych zawierają najczęściej od kilku do kilkunastu  $mg \cdot dm^{-3}$  sodu (Czerwiński i Prac, 1984; Kopeć i wsp., 1984; Mrkvička i Velich, 1989). Z kolei rezygnacja z zasilania nawozowego gleb powoduje znaczne obniżenie stężeń Na w odpływających wodach (tab. 1) – do dziesiątych części  $mg \cdot dm^{-3}$  (Jaguś i Twardy, 2006), co wynika z łatwego wymywania tego pierwiastka i w efekcie zubożenia gleb.

Stężenia potasu zarejestrowane przez A. Jagusia i S. Twardego (2006) w odpływach z gleb nienawożonych użytków zielonych nie odbiegały od wyników w literaturze tematu dla terenów nawożonych (Domała, 1992; Kopeć, 1992, 1999). Stężenia te były niskie, pozwalające utożsamiać odpływy z wodami nie zanieczyszczonymi tym składnikiem. Wynika to z faktu, że potas w przeważającej ilości jest unieruchamiany w drobnych cząstkach spławialnych. Jak piszą Z. Czerwiński i J. Prac (1984), kationy potasu wprowadzane z nawozami oraz uwalniane podczas rozkładu substancji organicznej, są prawie całkowicie sorbowane wymiennie i biologicznie.

Wyniki licznych badań nad składem chemicznym wód odpływających z profilów glebowych w zróżnicowanych warunkach nawozowych wskazują, że zabieg ten intensyfikuje wymywanie siarczanów (Ruszkowska i wsp., 1979; Kopeć, 1992). W pierwszej kolejności należy to przypisać znacznemu wzbogacaniu gleby w siarkę, której zawartość w wielu nawozach mineralnych sięga kilkunastu procent. Jednakże wzrastająca zawartość siarczanów w odciekach z gleb, na których podwyższano dawki nawozowe, pojawia się także wtedy, gdy siarka nie jest jednym z komponentów nawozowych. Z. Czerwiński i J. Prac (1984) tłumaczą to wzrostem ilości wolnych siarczanów w glebie na sku-

tek przyspieszonej mineralizacji materii organicznej. Wydaje się, że można to także wiązać z oddziaływaniem wprowadzanego fosforu, bowiem jony fosforanowe nie tylko ograniczają wiązanie jonów siarczanych w kompleksie sorpcyjnym, ale również mogą je z niego wypierać (Lityński i Jurkowska, 1982). Z powyższego wynika, że recesja gospodarki nawozowej jest czynnikiem powodującym obniżenie stężeń  $\text{SO}_4$  w odpływach wód glebowych, czego dowodzą małe zawartości tego składnika zmierzone przez A. Jagusia i S. Twardego (2006) – na poziomie kilku  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (tab. 1).

#### 4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono problematykę zmian jakości odpływów wód glebowych z terenów użytków zielonych Karpat Polskich. Wody te biorą udział w bezpośrednim zasilaniu cieków powierzchniowych (poprzez odpływy drenarskie, spływy śródpokrywowe) oraz płytkich wód podziemnych. Mają zatem znaczenie w kształtowaniu parametrów zasobów wodnych zlewni górskich.

Prowadzenie intensywnej gospodarki paszowej w obrębie karpackich użytków zielonych, wyrażone niejednokrotnie stosowaniem dawek nawozowych na poziomie kilkuset  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  PKN, uległo od początku lat 90. XX wieku znacznej recesji, skutkującej często zupełną rezygnacją z nawożenia. Spowodowało to zmiany jakościowe odpływów wód glebowych, charakteryzujące się obniżeniem stężeń większości makroskładników (zwłaszcza  $\text{NO}_3$ ). Jedynie stężenia składników wydatnie podlegających sorpcji glebowej ( $\text{PO}_4$ , K) pozostały zbliżone do rejestrowanych w warunkach intensywnej gospodarki łakowej, kiedy to ich ewentualny nadmiar stanowił okresowo zakumulowany potencjał pokarmowy. W sytuacji obecnej ekstensyfikacji rolnictwa górskiego, wartości stężeń wszystkich substancji ukształtowały się na poziomach charakterystycznych dla niezanieczyszczonego środowiska glebowo-wodnego. Potwierdza to opisywaną w literaturze znaczącą rolę ekosystemów darniowych w ograniczaniu migracji zanieczyszczeń (Kopeć, 1992, 1999; Kostuch, 2000). Niemniej jednak należy zwrócić uwagę na postępujący w takich warunkach proces ubożenia gleb. Stąd też racjonalne nawożenie, oparte na zasadach potrzeb pokarmowych roślin i stanu zasobności gleb, jest zabiegiem niezbędnym dla zapewnienia odpowiedniej wartości paszowej górskich użytków zielonych. Jego właściwa organizacja, wynikająca z respektowania dobrych praktyk rolniczych, gwarantuje wystarczającą ochronę dla jakości zasobów wodnych.

#### 5. Literatura

- Czerwiński Z., Praczk J., 1976: *Wpływ mineralnego nawożenia łąk na chemizm wód gruntowych*. Roczniki Nauk Rolniczych. Seria A, t. 101, z. 4: 91-107.
- Czerwiński Z., Praczk J., 1978: *Influence of mineral fertilization on the chemistry of ground waters*. Polish Ecological Studies. T. 4, z. 1: 7-20.
- Czerwiński Z., Praczk J., 1984: *Skład chemiczny wód gruntowych w warunkach intensywnego nawożenia łąk*. W: Kukurenda H. (red.). *Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej (część I)*. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy, 79-88.
- Domagała R., 1992: *Odpyływanie związków nawozowych z obszarów zmeliorowanych na tle dopływu tych związków z atmosfery*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. 260. Sesja naukowa. 32 (część II): 123-132.
- Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Koziorowski B., 1976: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Arkady, Warszawa, 847 s.
- Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziorowski B., Zerbe J., 1999: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Arkady, Warszawa, 556 s.
- Hill A. R., Mccague W. P., 1975: *Nitrate concentrations in streams near Alliston, Ontario, as influenced by nitrogen fertilization of adjacent fields*. Journal Soil and Water Conservation. 5: 46-54.
- Hood A. E. M., 1976: *Nitrogen grassland and water quality in the United Kingdom*. Outlook on Agriculture. T. 8, z. 6: 320-327.
- Jagła S., Twardy S., 1999: *Gospodarka łąkowo-pastwiskowa w terenach górskich i jej wpływ na środowisko przyrodnicze*. W: Rola użytków zielonych i zadrzewień w ochronie środowiska rolniczego. Materiały konferencyjne. Katedra Ekologicznych Podstaw Inżynierii Środowiska AR w Krakowie, Małopolski Ośrodek Badawczy IMUZ, Kraków – Jaworki, 117-128.
- Jaguś A., 2006: *Wpływ zaniechania nawożenia różnie użytkowanej łąki górskiej na odciek wody i składników mineralnych w świetle badań lizymetrycznych*. Maszynopis pracy doktorskiej. Małopolski Ośrodek Badawczy Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych, Kraków, 111 s.
- Jaguś A., Twardy S., 2004: *Wpływ częstości koszenia łąki górskiej na plon i skład chemiczny wód odciekowych (w warunkach badań lizymetrycznych)*. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie. T. 4, z. 1: 125-137.
- Jaguś A., Twardy S., 2006: *Wpływ zróżnicowanego użytkowania łąki górskiej na plonowanie runi i cechy jakościowe odpływających wód*. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych – Małopolski Ośrodek Badawczy, Falenty – Kraków, 88 s.

- Jaguś A., Machowski R., Rahmonov O., Rzętała M., Rzętała M. A., 2005:** *Transformations in landscape in Polish Carpathians (selected issues from Pieniny Mts. region)*. W: Szabó J., Morkūnaitė R. (red.). *Landscapes – nature and man*. University of Debrecen, Lithuanian Institute of Geology and Geography, Debrecen – Vilnius, 51-71.
- Kabata-Pendias A., 1984:** *Chemizm roztworu glebowego*. W: Kukurenda H. (red.). *Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej (część I)*. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy, 7-16.
- Koc J., Wróbel Z., 1984:** *Wpływ nawożenia gnojowicą na skład chemiczny wód lizymetrycznych*. W: Kukurenda H. (red.). *Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej (część I)*. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy, 26-34.
- Kopeć S., 1980:** *Ograniczające działanie użytków zielonych na wypłukiwanie składników mineralnych z gleby*. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*. 11: 311-312.
- Kopeć S., 1992:** *Ochronne działanie użytków zielonych przed utratą składników nawozowych wymywanych do wód w warunkach górskich*. *Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*. T. XVII, z. 2: 383-399.
- Kopeć S., 1999:** *Rola użytków zielonych w ochronie wód*. W: *Rola użytków zielonych i zadrzewień w ochronie środowiska rolniczego*. Materiały konferencyjne. Katedra Ekologicznych Podstaw Inżynierii Środowiska AR w Krakowie, Małopolski Ośrodek Badawczy IMUZ, Kraków – Jaworki, 141-149.
- Kopeć S., Misztal A., 2001:** *Wymywanie składników chemicznych z rolniczo użytkowanych gleb górskich*. W: Misztal A. *Produkcyjne wykorzystanie wody oraz opływ wglębny w zależności od sposobu użytkowania gleby w warunkach górskich*. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych – Małopolski Ośrodek Badawczy, Falenty – Kraków, 64-77.
- Kopeć S., Misztal A., Smoroń S., 1984:** *Badanie strat niektórych składników mineralnych w glebach górskich intensywnie nawożonych*. W: Kukurenda H. (red.). *Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej (część I)*. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy, 148-157.
- Kostuch R., 2000:** *Znaczenie użytków zielonych w regionie wyżynno-górskim*. *Aura*. 5: 11-12.
- Krzemień E., Kurzbauer A., 1992:** *Skład chemiczny wód drenarskich w Łazach i w Jaworkach*. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*. 260. Sesja naukowa. 32 (część II): 205-216.
- Lityński T., Jurkowska H., 1982:** *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*. PWN, Warszawa, 643 s.
- Małysowa E., Kozłowski T., Patorczyk-Pytlik B., 1990:** *Ocena strat niektórych składników pokarmowych z gleb nawożonych gnojowicą bydłą*. *Materiały seminaryjne Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*. 26: 79-89.
- Mazur T., 1990:** *Stosowanie gnojowicy a ochrona wód*. *Materiały seminaryjne Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*. 27: 61-69.
- Misztal A., 2001:** *Produkcyjne wykorzystanie wody oraz opływ wglębny w zależności od sposobu użytkowania gleby w warunkach górskich*. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych – Małopolski Ośrodek Badawczy, Falenty – Kraków, 86 s.
- Mrkvička J., Velich J., 1989:** *Leaching of nitrogen and of other nutrients at different levels of long-term fertilization of grassland*. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*. 229. Sesja naukowa. 22: 245-259.
- Paluch J., 1990:** *Niektóre problemy badań zachowania się związków nawozowych w środowisku glebowym*. *Materiały seminaryjne Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*. 26: 69-78.
- Pawlik-Dobrowolski J., Kurzbauer A., 1990:** *Nawożenie użytków rolnych jako źródło substancji chemicznych w wodach powierzchniowych*. *Roczniki Nauk Rolniczych*. Seria F, t. 82, z. 1/2: 101-112.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych*. *Dziennik Ustaw nr 241 z 2002 roku*, poz. 2093.
- Ruszkowska M., 1984:** *Wymywanie składników z gleby w świetle badań lizymetrycznych*. W: Kukurenda H. (red.). *Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej (część I)*. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy, 17-25.
- Ruszkowska M., Rębowska Z., Gliński J., Baran S., Chmielewski J., Chojnacki A., Flis-Bujak M., Kusio M., Malińska H., Mroczkowski W., Stępniewski W., Szember A., Szreniawska M., Sykut S., Warchołowa M., 1979:** *Dynamika i bilans składników pokarmowych w doświadczeniu lizymetrycznym (1971-1975)*. *Roczniki Nauk Rolniczych*. Seria D, t. 173: 1-104.
- Sapek A., 1985:** *Gleba – roślina – nawożenie w gospodarce na użytkach zielonych*. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*. 3: 78-80.
- Smoroń S., Kopeć S., 1999:** *Oddziaływanie trwałych użytków zielonych na wody odciekające*. *Materiały seminaryjne Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*. 42: 195-203.
- Szymańska H., 1990:** *Badania zawartości związków chemicznych w odpływach glebowo-gruntowych*. *Materiały seminaryjne Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*. 26: 107-115.

**Wesołowski P., Durkowski T., 2004:** *Stężenie składników mineralnych w wodach gruntowych na łąkach torfowych nawożonych gnojowicą i obornikiem.* Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie. T. 4, z. 1: 139-145.

**Wiklander L., Andersson A., 1974:** *The composition of the soil solution as influenced by fertilization and nutrient uptake.* Geoderma. 11: 157-166.

**Wróbel S., Żeglin M., 1990:** *Ługowanie wapnia i magnezu a degradacja gleb i wód.* Materiały seminaryjne Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych. 26: 159-168.

## QUALITATIVE CHANGES OF SOIL WATER OUTFLOWS IN THE CONDITIONS OF REDUCED RANGE OF FERTILIZERS (ON AN EXAMPLE OF GRASSLANDS LOCATED IN THE MOUNTAINOUS AREA)

### *Summary*

The article presents the qualitative assessment of soil water outflows leaving the grasslands located in the mountainous area (Polish Carpathians). The area taken into consideration was enriched by varied amounts of fertilizers. The research project was based on lysimetric and draining water analyses. It was established that reduced amounts of fertilizers caused a subsequent decrease in most soil macro-compounds. However, their concentrations remain in safe levels, which do not pose a threat to the environment.