

MAŁGORZATA ROY¹, GRAŻYNA KAMIŃSKA², LEOPOLD WINKLER²

EROZYJNE OBCIĄŻENIA FOSFORANAMI WÓD GOWIENICY MIEDWIAŃSKIEJ

EROSIONAL PHOSPHATE LOADING OF THE GOWIENICA MIEDWIAŃSKA WATERS

¹Zakład Erozji i Rekultywacji Gleb, ²Zakład Hydrologii i Melioracji,
Akademia Rolnicza w Szczecinie

Abstract: The studies on erosional phosphate loading focused on the Gowienica Miedwiańska River and the black earth of its catchment area. In the soils were determined P total content, phosphorus sorption capacities (PSC), degree of phosphorus saturation (DPS) and pH. In the Gowienica waters from March to September 2003, at two-week intervals the concentration of soluble phosphates was determined. It was high, especially the river upstream, exceeding the amounts permissible for surface waters of III purity class. The phosphorus sorption capacity of the soils reveals the current chemical changes in the four soils (of relatively new origin) and phosphorus saturation may indicate the intensity of the applied agricultural practices – phosphorus introduction with mineral fertilisers and its loss with crop yield.

Słowa kluczowe: erozja wodna, zanieczyszczenie rzek.

Key words: soil erosion, river pollution.

WSTĘP

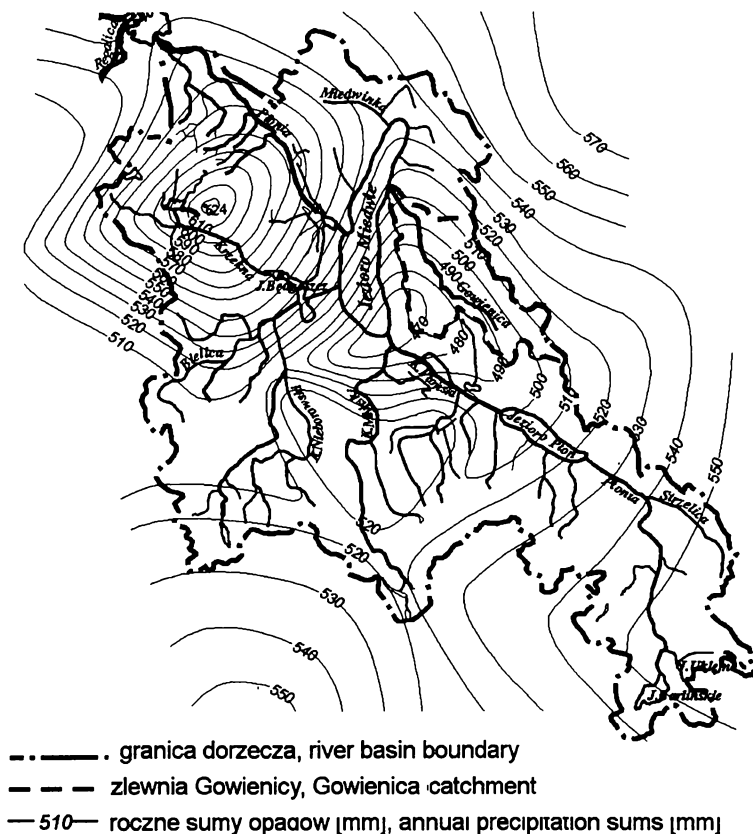
Zjawiska erozji wodnej na Pomorzu Zachodnim występują głównie na pojezierzach, których tereny ukształtowane zostały przez kolejne zlodowacenia w postaci wzgórz moreny czołowej, układających się w pasma o zasadniczym ukierunkowaniu z południowego zachodu na północny wschód. Większość rzek pomorskich rozpoczyna swój bieg z terenów tych wzgórz i dlatego górne partie ich zlewni ulegają najsilniej erozji wodnej, ze względu na duże spadki terenu. Czynnikiem ten, obok wielkości i intensywności opadów, wpływa decydująco na nasilenie erozji wodnej. Z drugiej strony na skutki erozji znacząco wpływa odporność terenu, która może wynikać z naturalnych właściwości terenu (rodzaj gleb, pokrycie itp.), ale duże znaczenie mają też czynniki antropogeniczne (agrotechniczne, melioracyjne i inne). Nawet na terenach płasko

uksztalowanych i przy małych stosunkowo opadach, ale przy małej odporności terenu na erozję, obserwuje się występowanie znacznego wynoszenia różnych substancji glebowych z terenu zlewni do jej sieci rzecznej. Zjawiska erozji obserwowane są między innymi w dorzeczu Płoni (rys. 1). Jest ono obiektem wieloletnich badań, ze względu na jego wyjątkowe znaczenie, głównie dla gospodarki wodnej oraz rolnictwa regionu Pomorza Zachodniego [Winkler i wsp. 2001]. Przedmiotem szczególnego zainteresowania autorów jest w ostatnich latach wybrana w dorzeczu Płoni mała rzeka Gowienica (rys. 1), której zlewnia o powierzchni 68,2 km², w większości położona jest na terenie dawnego (plejstocenijskiego) zastoiska wodnego. Specyficzne warunki terenowe wokół jeziora Miedwie spowodowały, że w trakcie recesji lodowca, wypełniająca rynną tego jeziora martwa bryła lodu, okolona wzgórzami moreny czołowej, stanowiła zaporę dla spływających z południa wód opadowych i roztopowych. W wyniku tego powstało duże zastoisko wodne, którego lokalizacja przedstawiona jest na rysunku 2.

Zmiany klimatu, które zachodziły w okresie postglacjalnym, powodowały stopniowe ustępowanie lądolodu, obniżanie poziomu wód zastoiska i odsłonięcie kolejnych terasów, w większości zbudowanych z plejstocenijskich utworów pochodzenia wodnego [Karczewski, 1968]. Z utworów tych, w warunkach znacznego ocieplania się i osuszania klimatu, powstały bardzo żyzne gleby w większości zaliczane do czarnych ziem [Borowiec 1960]. W części tych utworów, położonych na wschód od jeziora Miedwie, biegnie dość głęboko wcięte koryto Gowienicy, która bezpośrednio uchodzi do tego jeziora (rys. 1). Tereny w środkowej części zlewni Gowienicy są najbardziej płasko ukształtowane i dlatego profil jej doliny ma specyficzny kształt (rys. 3) odbiegający od typowego dla rzek Pomorza.

Zlewnia tego cieku położona jest też w tej części dorzecza Płoni, w której opady są najniższe (średnie roczne 490 mm) na tle opadów w dorzeczu (rys. 1), a także średnich dla Polski. Opisane naturalne warunki fizjograficzne i meteorologiczno-hydrologiczne zlewni Gowienicy wskazywałyby na małe zagrożenie erozyjnym transportem zanieczyszczeń obszarowych do jej wód, jednak wyniki kolejnych serii badań hydrochemicznych wykazują znaczne w tych wodach stężenia substancji biogennych. Świadczy to o tym, że główną przyczyną tego stanu muszą być inne czynniki, sprzyjające wnoszeniu substancji ze zlewni do wód Gowienicy. Najbardziej prawdopodobną przyczyną jest mała odporność na erozję gleb, które pokrywają jej zlewnię. Układ czynników erozyjnych występujących w tej zlewni (małe spadki terenu, małe opady, żyzne gleby pyłowe pozbawione okrywy leśnej i od wieków intensywnie użytkowane rolniczo) zdecydował, że została ona wybrana jako dobry obiekt badań, których celem jest określenie, w jakim stopniu podatność terenu na erozję wpływa na obciążenia wód powierzchniowych fosforanami, stanowiącymi miarodajny wskaźnik eutrofizacji wód. Dodatkowym czynnikiem przemawiającym za przyjęciem tej zlewni jako obiektu badań jest to, że ujście Gowienicy znajduje się ok. 1 km od czerpni komunalnego ujęcia wody dla Szczecina i dlatego czystość tej rzeki ma szczególne znaczenie dla gospodarki wodnej aglomeracji szczecińsko-stargardzkiej

Głównym przedmiotem badań była analiza gleb zlewni Gowienicy Miedwiańskiej pod kątem zdolności sorpcyjnych wobec fosforu w powiązaniu z monitoringiem zawartości ortofosforanów w wodach rzeki. Oznaczone parametry pozwalają ocenić



RYSUNEK 1. Lokalizacja zlewni Gowienicy w dorzeczu Płoni oraz średnie roczne opady w tym dorzeczu

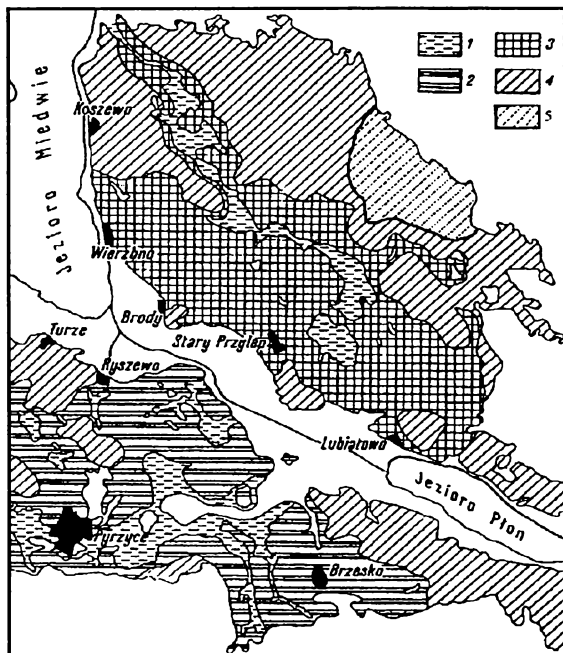
FIGURE 1. The localization of Gowienica catchment in Płonia basin and medium annual precipitation in this basin

gleby w zakresie mobilności w nich fosforu i w wyniku tego określić rolę tych gleb w krajobrazie geochemicznym, to znaczy, czy są one źródłem fosforu zasilającym wody rzeki, czy też pełnią rolę filtra i sorbenta tego biogenu w krajobrazie.

METODY BADAŃ

Realizacja założonego celu badań wymagała przeprowadzenia ich w dwóch zasadniczych kierunkach badawczych, a mianowicie:

- szczegółowych badań glebowych na terenie zlewni (w aspekcie występowania związków fosforu w glebach) oraz rozpoznanie zanieczyszczeń obszarowych i punktowych, emitujących fosfor do wód gruntowych i powierzchniowych;
- badań hydrochemicznych i hydrometrycznych dla określenia stężenia i ładunku fosforanów wnoszonych siecią rzeczną Gowienicy do jeziora Miedwie.



RYSUNEK 2. Genetyczne zróżnicowanie gleb na terenie byłego zastoiska wodnego w okolicy Pyrzyce [wg Borowca 1961 – zmienione]: 1 – czarne ziemie najmłodsze, 2 – czarne ziemie starsze, 3 – czarne ziemie najstarsze, 4 – gleby brunatne, 5 – gleby płowe
 FIGURE 2. The genetic soil differentiation on the area of post-glacial lake basin in beside of Pyrzyce [acc. Borowiec 1961]: 1 – youngest black earths, 2 – older black earths, 3 – oldest black earths, 4 – brown soils, 5 – lessivé soils

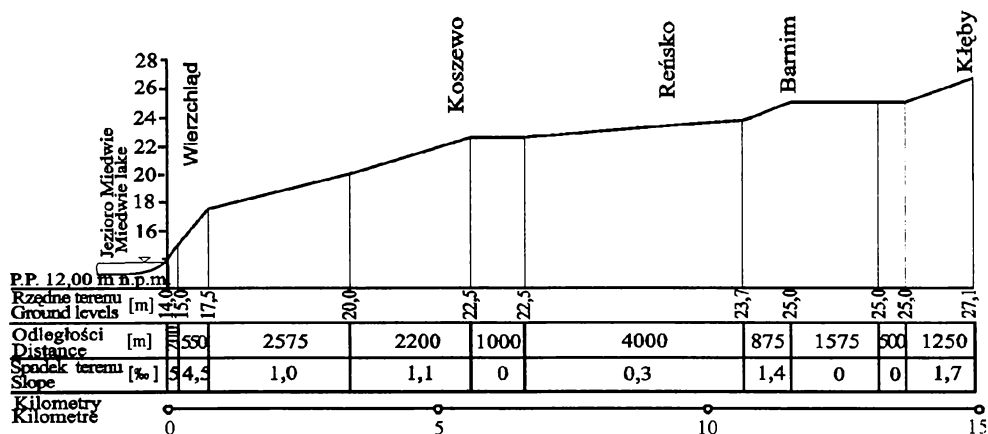
W zakresie badań glebowych wykonano dotychczas 13 odkrywek i kilkadziesiąt wierceń w zlewni Gowienicy, usytuowanych na gruntach ornych Spółdzielczej Agrofirmy Witkowo (obiekt Obryta) oraz prywatnego farmera (objekty Koszewo i Koszewko). Na polach tych gospodarstw, z uwagi na ich naturalną żyzność, uprawiane są intensywne odmiany pszenicy, buraka cukrowego i rzepaku. Na obiektach Koszewo i Koszewko odkrywki glebowe zlokalizowano w pobliżu rzeki Gowienica, a w Obrytej przy rowie melioracyjnym, który łączy się z Gowienicą w pobliżu Reńska.

W pobranym z odkrywek i wierceń materiale glebowym oznaczono:

- zawartość fosforu ogółem, po mineralizacji w mieszaninie kwasów azotowego i nadchlorowego;
- zawartość aktywnych tlenków żelaza i glinu przez ekstrakcję szczawianem amonu, po której oznaczono Fe i Al na AAS oraz P metodą molibdenowo-wanadową [Schwertmann 1964];
- pH w jednomolarnym KCl.

Z oznaczeń Fe, Al i P po ekstrakcji szczawianowej obliczono potencjalną pojemność sorpcyjną gleb względem fosforu (PSC) oraz stopień jej wysycenia – DPS [Schoumans 1995 za Leinweberem i Eckhardtem 1999].

Do badań hydrochemicznych i hydrometrycznych wyznaczono na Gowienicy cztery przekroje pomiarowe, w których pobierane są próby wody do analiz chemicznych dla określenia stężenia składników oraz prowadzone są pomiary przepływu. Zmierzone przepływy w połączeniu z oznaczonym stężeniem związków fosforu pozwoliły określić ich ładunek wnoszony przez Gowienicę do wód jeziora Miedwie. Przekroje pomiarowe zlokalizowane są w pobliżu miejscowości Barnim, Reńsko, Koszewo i Wierzchląd (rys. 3).



RYSUNEK 3. Profil podłużny doliny Gowienicy
 FIGURE 3. The longitudinal profile of Gowienica valley

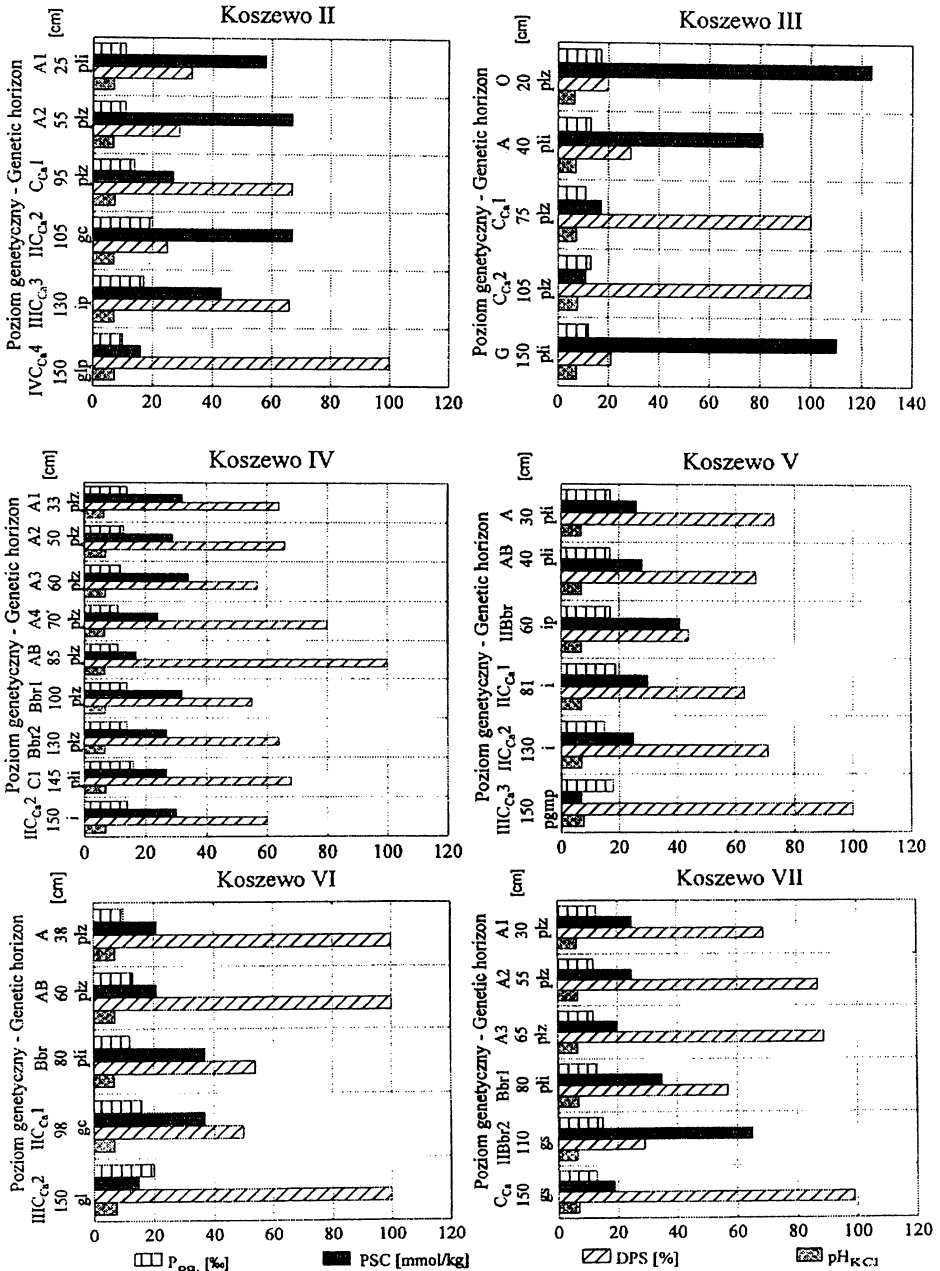
Stężenie jonów PO_4^{3-} w wodach Gowienicy oznaczono kolorymetrycznie, metodą molibdenianową z metalem jako reduktorem.

Badania rozpoczęto w marcu 2003 i planowane jest ich kontynuowanie przez dwa kolejne sezony wegetacyjne.

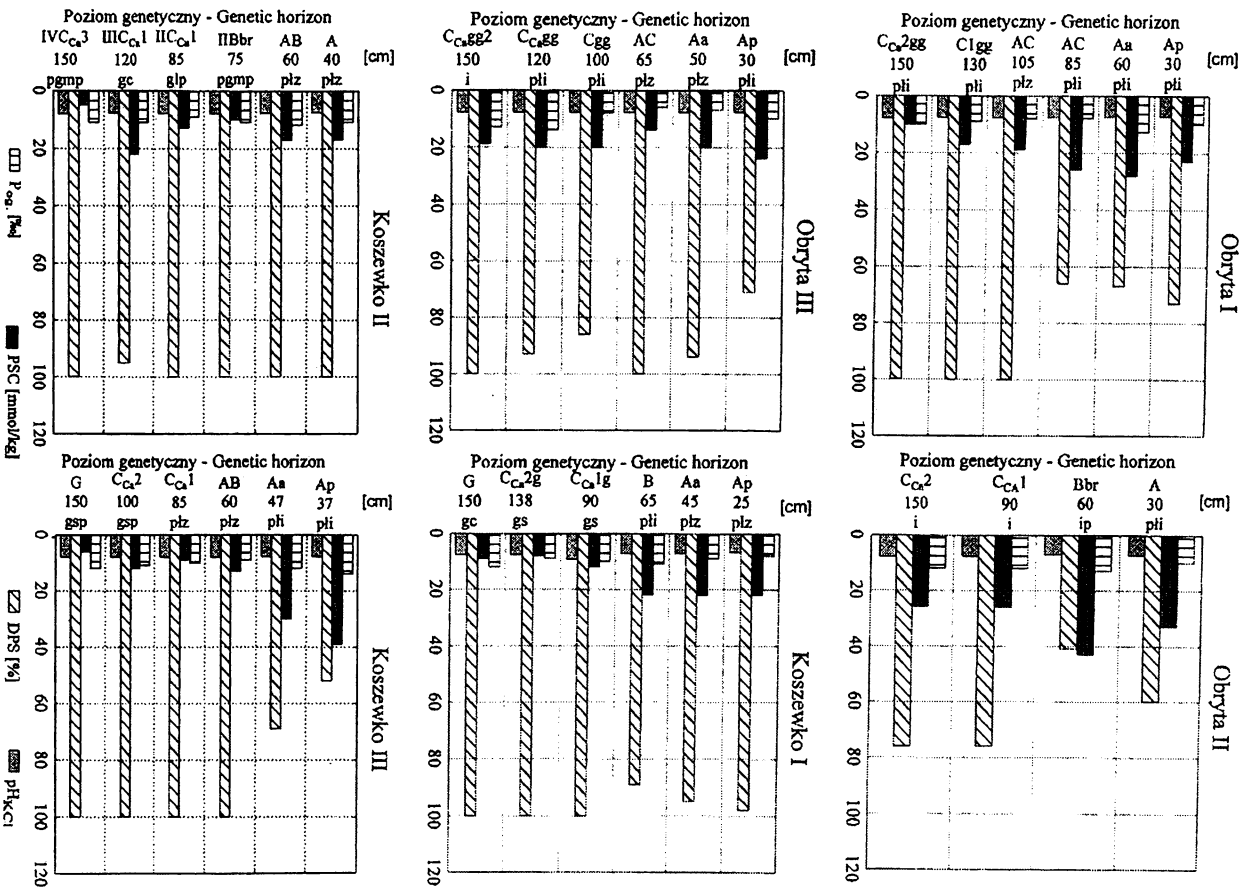
WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Opracowane według opisanych metod właściwości sorpcyjne wybranych gleb w zlewni Gowienicy (rys. 4 i 5) pozwoliły na wstępne rozpoznanie ich zróżnicowania pod tym względem w krajobrazie doliny tej rzeki. Geochemiczna rola gleb w krajobrazie związana jest z ich wiekiem, od którego zależne jest tempo procesów glebotwórczych, w tym wietrzenia.

Gleba względnie najstarsza, tj. najwyżej położona w obrębie plejstoceniowego zastoiska (obiekt Koszewo VI), o wykształconym już poziomie brunatnym i przez to objęta procesami wietrzenia względnie najgłębiej (do około 80 cm) wykazuje większą potencjalną zdolność sorbowania fosforu, zgodnie z procesami uruchamiania aktywnych tlenków Fe i Al w tym poziomie gleby. Jej funkcjonowanie zmienia się jednak pod wpływem stosowanej agrotechniki. W wyniku systematycznego nawożenia względnie dużymi dawkami fosforu, gleba ta jest do około 40 cm w pełni wysycona fosforem. Oznacza to, że erozyjnie znoszony materiał glebowy, dostając się do wód rzeki Gowienicy, wzbogaca ją w ten pierwiastek. Ta część krajobrazu geochemicznego będzie zatem pełniła rolę źródła fosforu. Wody opadowe, filtrujące głębiej profil glebowy, transportują ten składnik do poziomów Bbr – Cca1, gdzie może on zostać zasorbowany, zgodnie ze zwiększoną i tylko w połowie wysyconą pojemnością sorpcyjną w tej części gleby.



RYSUNEK 4. Właściwości sorpcyjne wobec fosforu wybranych gleb w zlewni Gowienicy
 FIGURE 4. The sorption properties of chosen soils in relation to phosphorus in Gowienica catchment



RYСУNEK 5. Właściwości sorpcyjne wobec fosforu wybranych gleb w zlewni Gowienicy
 FIGURE 5. The sorption properties of chosen soils in relation to phosphorus in Gowienica catchment

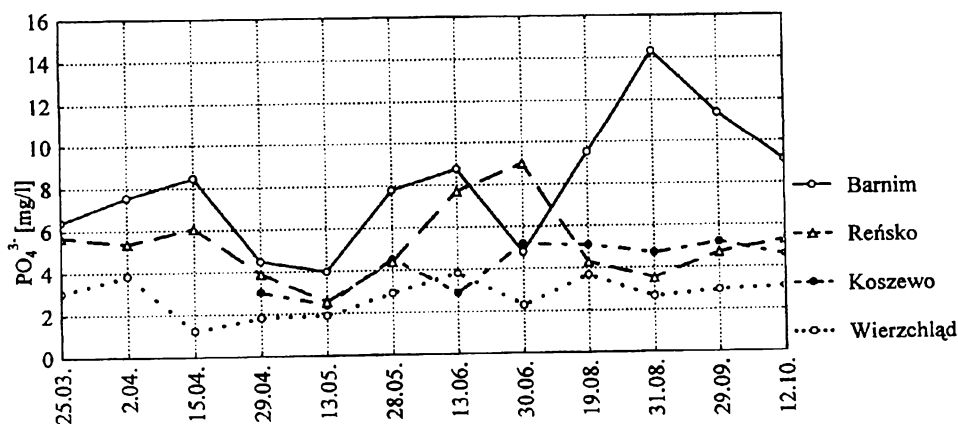
Gleby względnie starsze, w Obrytej, nie są w powierzchniowej części (do ok. 70 cm) nasycone fosforem, co może być wynikiem braku nawożenia tym składnikiem w ostatnich latach. Te gleby przejmują w krajobrazie geochemicznym rolę depozytu fosforu, hamując jego migrację, jednak w mniejszym stopniu niż gleba z Koszewka III, ponieważ wysycenie fosforem (DPS) gleb w Obrytej jest większe i wynosi około 70%.

Gleby względnie najmłodsze, zajmujące obniżenie terenowe (Koszewko III) konserwowane wysokim stanem wód gruntowych, wykazują w powierzchniowej, namytej warstwie względnie dużą zawartość aktywnych tlenków żelaza i glinu, a zatem i dużą pojemność sorpcyjną wobec fosforu. Ta erozyjnie powstała warstwa może hamować migrację tego biogenu, szczególnie gdy wysycenie fosforem wynosi tylko 50–70%.

Podobnie do gleby z obniżenia terenowego w Koszewku III, dużą pojemność sorpcyjną i małe jej wysycenie ma gleba deluwialna w Koszewie IV. Tutaj również naniiesiony erozyjnie materiał glebowy pełni rolę depozytu, mogącego zatrzymywać kolejne ilości wnoszonego z nawozami fosforu, hamując jego dalszą migrację.

Ponad połowa badanych gleb (Koszewo III, VI, VII, Obryta III, Koszewko I i II) charakteryzuje się jednak znacznym lub pełnym wysyceniem fosforem, co może stanowić przyczynę zanieczyszczeń obszarowych tym biogenem wód rzeki Gowienicy. Szczególnie sprzyja temu kontynuowana intensywna agrotechnika i nawożenie fosforem oraz brak pokrywy roślinnej – głównego sorbenta fosforu w krajobrazie geochemicznym, przez okres jesienno-zimowy do wczesnej wiosny. Czynnikiem łagodzącym erozyjne zmywy powierzchniowe są niewielkie spadki terenu i stosunkowo małe opady.

Wyniki analiz chemicznych, dotyczących stężenia fosforu w próbkach wody pobieranych w okresie od marca do października 2003 roku, z czterech przekrojów Gowienicy (przekrój Koszewo od kwietnia), przedstawiono łącznie na rysunku 6.



RYSUNEK 6. Stężenia PO_4^{3-} w wodach Gowienicy Miedwiańskiej w roku 2003
 FIGURE 6. The PO_4^{3-} concentrations in water of Gowienica in 2003 year

Zestawienie to wskazuje na stosunkowo duże stężenia (powyżej 2 mg/l) PO_4^{3-} we wszystkich przekrojach pomiarowych. Najwyższe stężenia i największe ich zróżnicowanie stwierdzono w przekrojach górnego biegu Gowienicy (Barnim i Reńsko). W środkowym biegu (przekrój Koszewo) oraz w przekroju Wierzchład powyżej oczyszczalni rzecznej na ujściu Gowienicy do jeziora Miedwie, stężenia PO_4^{3-} w okresie badań kształtowały się na niższym poziomie i były mniej zmienne na tle przekrojów górnego biegu.

Stosunkowo krótki jeszcze okres badań oraz wyjątkowy układ warunków hydrologiczno-meteorologicznych w okresie badań (rok 2003) ograniczają możliwość sformułowania wniosków końcowych, określających przyczyny występowania tak dużego obciążenia wód Gowienicy związkami fosforu. W efekcie tego występuje stałe zagrożenie czystości wód jeziora Miedwie. Dotychczasowe badania potwierdzają, że konieczna jest bardziej skuteczna ochrona czystości wód jeziora Miedwie, a jednym z ważniejszych elementów tej ochrony jest rozwiązanie problemu czystości wód Gowienicy. Uzyskane dotychczas wyniki i wypływające z nich wnioski wskazują na prawidłowo przyjęty kierunek badań. Niezbędne będą jedynie pewne korekty w lokalizacji punktów pomiarowych oraz zwiększenie ilości obiektów badań gleboznawczych.

WNIOSKI

1. Badania hydrochemiczne wód Gowienicy wykazują utrzymywanie się dużych stężeń fosforanów, mimo znacznego ograniczenia punktowych i częściowo obszarowych źródeł zanieczyszczenia tych wód.
2. Najbardziej prawdopodobną przyczyną dużego stężenia fosforanów w wodach Gowienicy jest znaczne wysycenie nimi gleb pyłowych, pokrywających większą część tej zlewni.
3. W glebach o najmłodszej genezie i o największej aktywności aktualnych przemian chemicznych, zdolność sorpcyjna wobec fosforu jest relatywnie największa.
4. Na duże wysycenia gleb fosforem znacząco wpływa jeszcze intensywna agrotechnika. Ponieważ zlewnia Gowienicy położona jest w strefie ochrony pośredniej ujęcia wody, ograniczenia wynikające z utrzymania rygorów tej strefy będą wpływać między innymi na zmniejszenie obciążenia jej wód fosforanami.

LITERATURA

- BOROWIEC S. 1960: Zagadnienie genezy gleb wytworzonych z utworów pyrzyckiego plejstocenijskiego zastoiska wodnego w świetle dotychczasowych danych. *Zesz. Nauk. WSR Szczecin* 4.
- BOROWIEC S. 1961: Zróżnicowania warunków glebowo-rolniczych obszaru plejstocenijskiego zastoiska wodnego na tle powiatu pyrzyckiego. *Roczn. Nauk Rol. PAN* 84, A-4.
- KARCZEWSKI A. 1968: Wpływ recesji lodu Odry na powstanie i rozwój sieci dolinnej Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej. *Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk* 8, 3.
- LEINWEBER P., ECKHARDT K. 1999: Welche P-Fraktionen sind zur Vorhersage von P-Austrägen geeignet? *VDLUFA – Schriftenreihe* 50: 49–61.

- SCHWERTMANN U. 1964: Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammonium oxalatlösung. *Zeitsch. Pfl. und Bodenk.* **105**: 194–202.
- WINKLER L., ROY M., KAMIŃSKA G. 2001: Przybliżone ładunki niektórych form azotu, fosforu oraz zawiesin wnoszonych do jeziora Miedwie ze zlewni Płoni w latach 1998–2000. *Mat. Konf. Nauk. „Unieszkodliwianie i utylizacja odpadów płynnych i stałych w środowisku naturalnym z uwzględnieniem ochrony wód obszarów wiejskich”*. Wrocław-Kudowa Zdrój, 19–21 września 2001.

dr inż. Małgorzata Roy
Instytut Inżynierii Rolniczej, Zakład Erozji i Rekultywacji Gleb AR
ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-442 Szczecin
e-mail: erozja@agro.ar.szczecin.pl