

# ZRÓŻNICOWANIE STĘŻENIA WĘGLA ORGANICZNEGO W WODZIE GRUNTOWEJ W RÓŻNIE UŻYTKOWANYCH GLEBACH TORFOWYCH

**Piotr NADANY, Andrzej SAPEK**

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Chemii Gleby i Wody

*Słowa kluczowe: mineralizacja, temperatura, torf, warunki wodne*

## Streszczenie

Degradacji torfów towarzyszy obniżanie powierzchni torfowiska w wyniku utraty masy organicznej. Wieloletnie obserwacje prowadzone przez ZDMUZ Biebrza na torfowisku Kuwasy dowodzą, że powierzchnia torfowiska może obniżyć się od 0,7 do ponad 1,5 cm rocznie. Zanikanie takiej ilości masy organicznej wiąże się z przenikaniem znacznych ładunków rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) do wody gruntowej, a następnie powierzchniowej, z którą może być on wynoszony z obiektu. Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu temperatury oraz poziomu wody gruntowej na obserwowane, zarówno w czasie, jak i przestrzeni, zróżnicowanie stężenia węgla organicznego w wodzie gruntowej na terenach torfowisk, które w różnym stopniu zostały przekształcone przez człowieka i warunki środowiskowe. Prace prowadzono na torfowiskach doliny Biebrzy gdzie wyodrębniono trzy, zróżnicowane pod względem warunków wodnych i glebowych, obiekty.

Z przeprowadzonych badań wynika, że stężenie węgla organicznego w wodzie gruntowej użytkowanych i nieużytkowanych torfowisk jest zróżnicowane, a także, że istnieje związek intensywności uwalniania rozpuszczalnych form węgla z torfu do wody z warunkami hydrotermicznymi.

## WSTĘP

Gleby torfowe, ze względu na swoją genezę, składają się głównie z substancji organicznych i są bardzo bogate w węgiel. Substancja organiczna w glebie stanowi dynamiczny układ ulegający ciągłym przemianom, których zarówno kierunki, jak i dynamika zależą od szaty roślinnej, działalności mikroorganizmów i zwierząt

---

Adres do korespondencji: mgr inż. P. Nadany, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Chemii Gleby i Wody, 05-090 Raszyn; tel.+48 (22) 720-05-31 w. 250, e-mail: chgw@imuz.edu.pl

glebowych oraz fizykochemicznych i chemicznych właściwości gleb. Te z kolei są silnie uzależnione od warunków hydrotermicznych [DOBRZAŃSKI, ZAWADZKI, 1995]. Odwodnienie i użytkowanie rolnicze obszarów torfowiskowych, w połączeniu z globalnym ociepleniem klimatu, spowodowało niekorzystne zmiany w procesach zachodzących w tych glebach. W procesie degradacji torfów, spowodowanym nadmiernym odwodnieniem, następuje obniżanie powierzchni torfowiska w wyniku utraty masy organicznej. Wieloletnie badania prowadzone na torfowisku Kuwasy przez Zakład Doświadczalny Melioracji i Użytków Zielonych w Biebrzy dowodzą, że na zmeliorowanych i użytkowanych rolniczo glebach torfowych powierzchnia torfowiska obniża się od 0,7 do ponad 1,5 cm rocznie. Zanikanie takiej ilości masy organicznej wiąże się ze wzmożoną emisją związków węgla do atmosfery, jak również z przenikaniem znacznych ładunków rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) w postaci substancji humusowych do wody gruntowej, a następnie powierzchniowej, z którą może być wynoszony z obiektu. Rozpuszczone w wodzie substancje humusowe, mimo że nie są szkodliwe dla organizmów wyższych, mają zdolność chelatowania, szczególnie metali ciężkich, oraz adsorpcji wielu szkodliwych związków organicznych, jak np. pestycydów czy dwufenyli wielochlorowanych, w połączeniu z którymi mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia oraz życia ludzi i zwierząt. W procesach uzdatniania wody do picia na filtrach węglowych, substancje te konkurują z centrami aktywnymi węgla aktywowanego, stwarzając zagrożenie zwiększenia stężenia metali ciężkich oraz innych szkodliwych substancji w wodzie. Rozpuszczone w wodzie związki węgla organicznego są również prekursorami silnie rakotwórczych trójchlorometanów, powstających w procesie chlorowania wody [DOJLIDO, 1995; FENNER, 2001; HAROLD, 2001]. Stwarza to konieczność prowadzenia badań nad związkami węgla organicznego nie tylko w aspekcie bilansu węgla w przyrodzie, ale również zdrowia ludzi i zwierząt.

### **CEL BADAŃ**

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu temperatury oraz poziomu wody gruntowej na obserwowane, zarówno w czasie jak i przestrzeni, zróżnicowanie stężenia RWO w wodzie gruntowej na terenach torfowisk, które w różnym stopniu zostały przekształcone przez człowieka i warunki środowiskowe.

### **METODY BADAŃ**

Badania prowadzono na torfowiskach doliny Biebrzy, gdzie wyodrębniono trzy różne pod względem warunków wodnych i glebowych obiekty, które umownie określono jako „Grobla Honczarowska”, „Gugny” i „Kuwasy”.

Obiekt Grobla Honczarowska znajduje się na terenie Biebrzańskiego Parku Narodowego (BPN) w strefie zalewowej Biebrzy i charakteryzuje się warunkami glebowymi i wodnymi najbardziej zbliżonymi do naturalnych.

Obiekt Gugny leży na granicy strefy zalewowej i do chwili obecnej na niewielkiej jego części jest prowadzona ekstensywna gospodarka łąkowo-pastwiskowa. W części gleb tego obszaru obserwuje się pierwsze stadium zmurszenia.

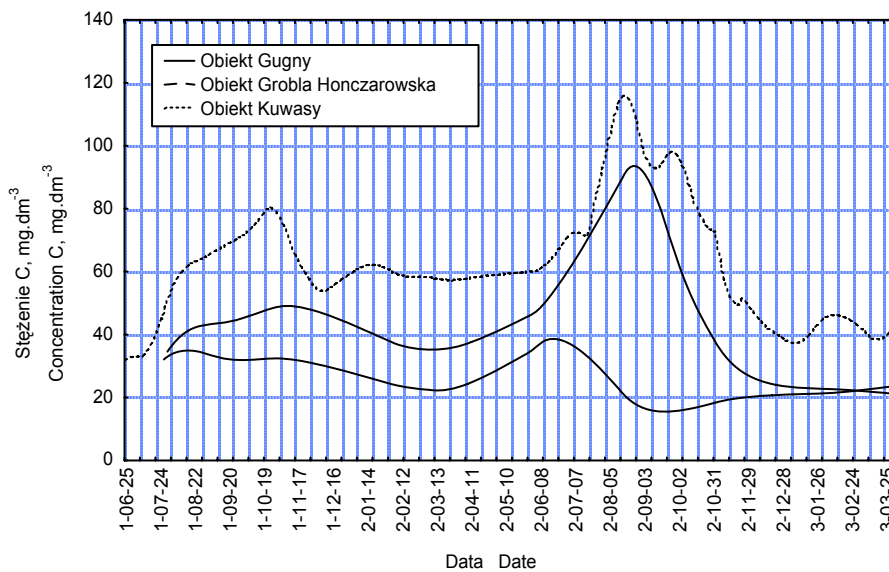
Obiekt Kuwasy jest położony w zlewni Kanału Kuwaskiego. Do chwili obecnej jest prowadzona na nim intensywna gospodarka łąkowo-pastwiskowa. Gleby na tym terenie są znacznie zdegradowane, co objawia się między innymi zaawansowanym procesem murszenia. Obecnie gospodaruje się tutaj w warunkach podwyższonego poziomu wody gruntowej.

Na każdym z wymienionych obiektów są zainstalowane studzienki do pobierania wody gruntowej, jak również pomiaru jej poziomu. Na obiekcie Grobla Honczarowska zainstalowano 7 studzienek, Gugny – 8 studzienek i Kuwasy – 9 studzienek. Od czerwca 2001 r. do marca 2003 r. na terenie obiektów monitorowano stężenie RWO w wodzie gruntowej pobieranej ze studzienek z głębokości do 1,5 m. Na terenie BPN (Grobla Honczarowska i Gugny) próbki pobierano co sześć tygodni, natomiast na terenie obiektu Kuwasy – co trzy tygodnie. Stężenie RWO w próbkach wody oznaczano metodą kolorymetryczną autoanalyzerem przepływowym [SHEREUS, 1978].

## WYNIKI

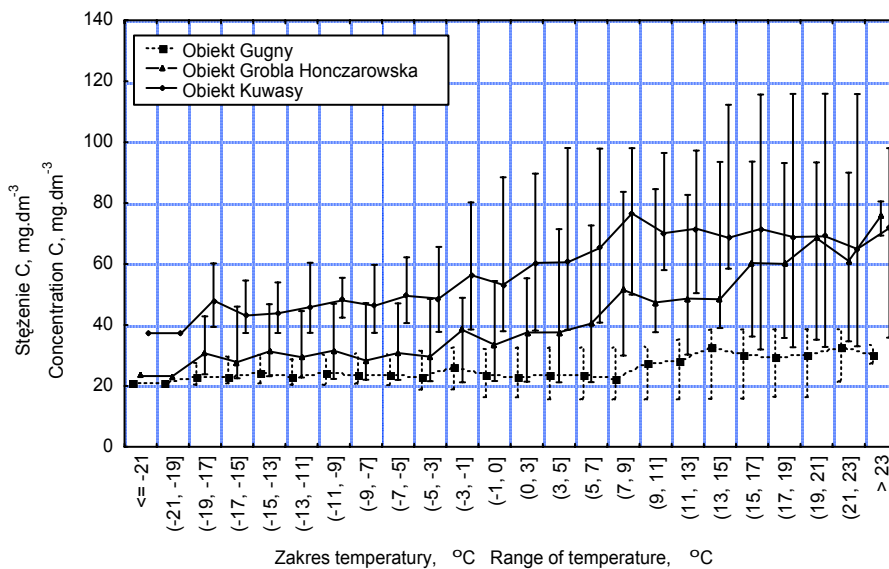
Z badań wynika, że stężenie RWO w wodzie zależy od stopnia odwodnienia i zaawansowania procesu murszenia na terenie badanego obiektu. Obserwacje prowadzone w latach 2001–2003 wskazują na to, iż stężenie RWO w wodzie gruntowej zmienia się w cyklu rocznym, osiągając wartości maksymalne na przełomie lata i jesieni. Podobne kierunki zmian w czasie, obserwowane na różnych pod względem warunków wodnych i glebowych obiektach, wskazują na ich istotny związek ze zmiennością warunków meteorologicznych w ciągu roku (rys. 1).

Istniejąca między poszczególnymi obiektami analogia zmian stężenia RWO w wodzie gruntowej była podstawą do przeanalizowania zależności tych zmian od temperatury. W tym celu wartości stężeń pogrupowano w zależności od średniej temperatury w okresie, w którym pobierano próbki wody gruntowej. Dla każdego z obiektów wyodrębniono ponad 20 grup próbek wody, które uszeregowano od minimum do maksimum w zależności od temperatury, uwzględniając zmiany temperatury co 3°C. W przypadku każdego z obiektów zaobserwowano, że średnie stężenie RWO w poszczególnych grupach rośnie wraz ze wzrostem temperatury (rys. 2).



Rys. 1. Zmiany średniego stężenia RWO w wodzie gruntowej na badanych obiektach, lata 2001–2003

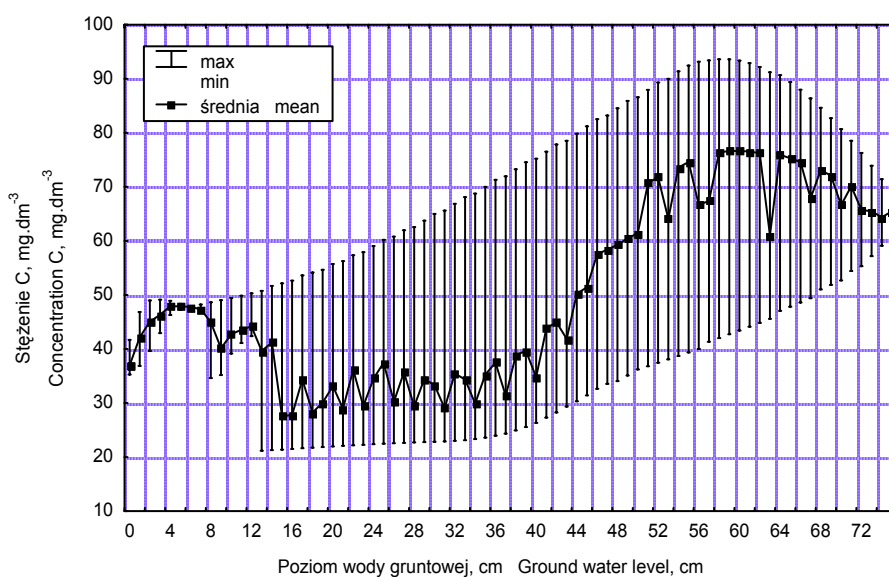
Fig. 1. Changes of DOC mean concentrations in ground water of studied objects, years 2001–2003



Rys. 2. Zmiany średniego stężenia RWO w wodzie gruntowej na badanych obiektach w zależności od temperatury, lata 2001–2003

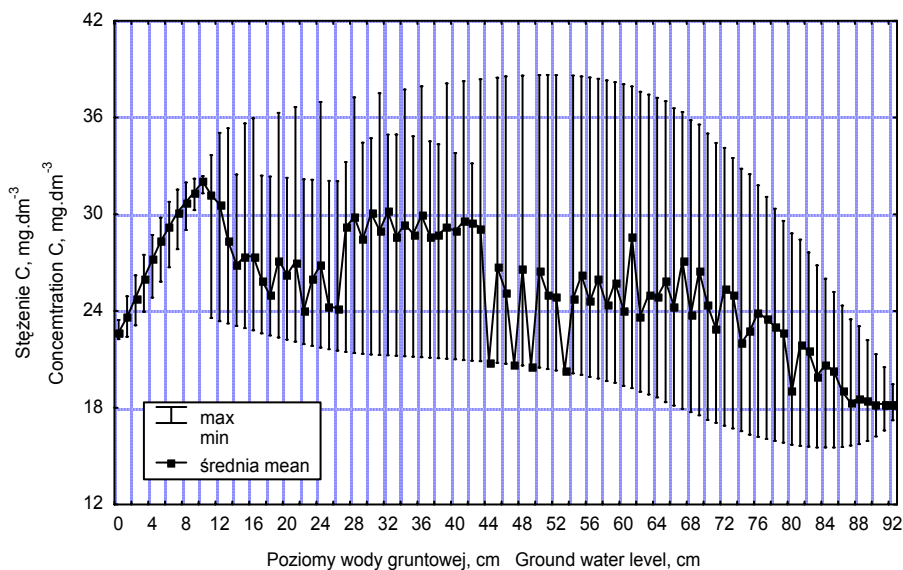
Fig. 2. Changes of DOC mean concentrations in ground water of studied objects in relation to temperature, years 2001–2003

W procesie uwalniania węgla organicznego do wody gruntowej istotną rolę odgrywa zmiana jej poziomu. W celu ukazania wpływu zmiany poziomu wody gruntowej na stężenia RWO wyniki pogrupowano analogicznie jak w przypadku temperatury, przyjmując jako zmienną grupującą poziom wody gruntowej. Związek między stężeniem RWO w wodzie gruntowej a jej poziomem jest zauważalny, jest jednak bardziej skomplikowany i nie pierwszorzędowy. Na obiektach Gugny i Grobla Honczarowska podczas występowania wysokiego poziomu wody gruntowej, nawet niewielkie obniżenie jej lustra pociąga za sobą zauważalne zwiększenie w niej stężenia RWO. Poza opisywanym podobieństwem między poszczególnymi obiektami trudno doszukać się analogii wpływu warunków wodnych na zachowanie węgla organicznego w środowisku gleba – woda (rys. 3, 4, 5).



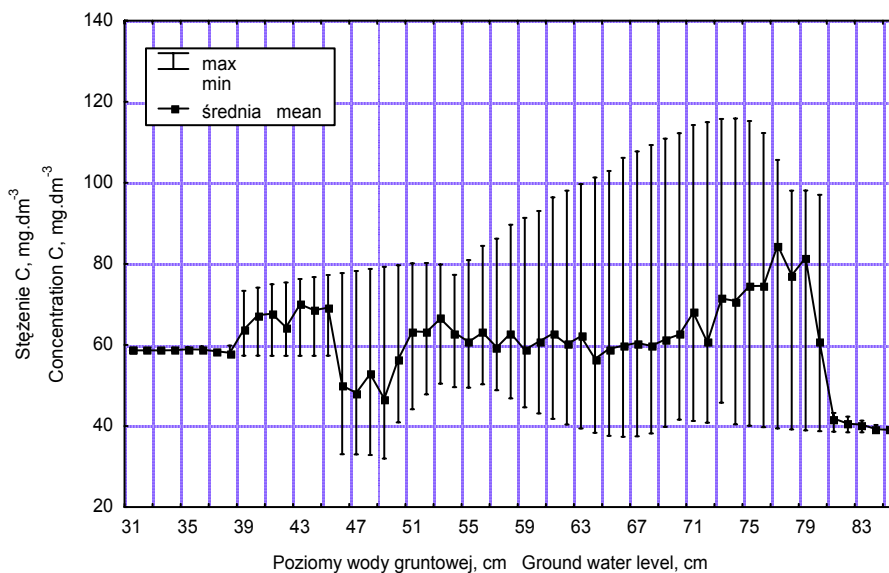
Rys. 3. Zmiany średniego stężenia RWO w wodzie gruntowej na obiekcie Grobla Honczarowska w zależności od poziomu wody gruntowej

Fig. 3. Changes of DOC mean concentrations in ground water at Grobla Honczarowska in relation to the ground water table depth



Rys. 4. Zmiany średniego stężenia RWO w wodzie gruntowej na obiekcie Gugny w zależności od poziomu wody gruntowej, lata 2001–2003

Fig. 4. Changes of DOC mean concentrations in ground water at Gugny in relation to the ground water table depth, years 2002–2003



Rys. 5. Zmiany średniego stężenia RWO w wodzie gruntowej na obiekcie Kuwasy w zależności od poziomu wody gruntowej, lata 2001–2003

Fig. 5. Changes of DOC mean concentrations in ground water at Kuwasy in relation to the ground water table depth, years 2001–2003

## DYSKUSJA

Stężenie RWO w wodzie gruntowej na obiekcie Kuwasy znacznie przewyższa stężenie na obiektach z terenu BPN. Na podstawie zebranych danych trudno ostatecznie wyjaśnić to zagadnienie, jednak obserwowane zjawisko niewątpliwie należy łączyć zarówno z warunkami glebowymi jak i wodnymi. Torfy torfowiska Kuwasy w ciągu ostatniego pięćdziesięciolecia uległy znacznemu zdegradowaniu w wyniku nasilenia procesu mineralizacji spowodowanego nadmiernym odwodnieniem. W celu zahamowania tego procesu w ostatnich latach podjęto tam próbę przywrócenia pierwotnie panujących warunków wodnych polegającą na gospodarowaniu w warunkach możliwie najwyższego poziomu wody gruntowej. Zmiana sposobu gospodarowania znacznie spowolniła proces mineralizacji materii organicznej, jednak w wyniku zwiększonego uwilgotnienia zmurszałej warstwy torfu, nastąpiła mobilizacja łatwo rozpuszczalnych substancji organicznych, objawiająca się podwyższonym stężeniem RWO w wodzie gruntowej na tym obiekcie. Duże prawdopodobieństwo takiego procesu jest związane z wystąpieniem warunków beztlenowych sprzyjających powstawaniu łatwo rozpuszczalnych w wodzie związków organicznych. Brak danych z okresu sprzed podniesienia poziomu wody gruntowej, na obecnym stopniu zaawansowania badań, uniemożliwia ostateczne przyjęcie tej hipotezy. Jest ona jednak bardzo prawdopodobna, gdyż badania prowadzone przez Centrum Badań Środowiskowych – UFZ Lipzig – Halle na wtórnie nawodnionych zdegradowanych i użytkowanych rolniczo torfowiskach w Parku Krajobrazowym Droemling w Niemczech dały zbliżone wyniki [MEISNER, RUPP, LEINWEBER, 2003].

Zmiany, jakim ulegało stężenie RWO w wodzie gruntowej mają ścisły związek z okresem roku. Począwszy od późnej jesieni do wczesnej wiosny stężenie utrzymywało się na względnie stałym i relatywnie niskim poziomie. Stopniowe zwiększanie stężenia rozpoczyna się z nadejściem wiosny i kończy się na przełomie lata i jesieni, w którym to okresie osiąga maksimum. Zaskakujący jest fakt, że na skrajnie różniących się obiektach Grobla Honczarowska i Kuwasy obserwowane stężenia w okresach swojego maksimum są bardzo do siebie zbliżone. Wyjaśnienie tego zjawiska wymaga niewątpliwie uwzględnienia czynników decydujących o uwalnianiu się węgla do wody, które nie są analizowane w niniejszej pracy.

Mimo różnych zakresów zmienności, minimalne stężenia RWO w przypadku wszystkich obiektów są obserwowane w okresie występowania minimalnych w roku średnich dziennych temperatur i zwiększają się wraz z ich wzrostem osiągając wartości maksymalne w okresach, kiedy średnie dzienne temperatury również osiągają maksimum. Wskazuje to na silny związek aktywności mikrobiolo-

gicznej z procesami przemiany substancji organicznych w glebie [FENNER, 2001]. Niskie temperatury w okresie zimowym powodują znaczne osłabienie aktywności mikroorganizmów odpowiedzialnych za przemianę substancji organicznej, powodując jednocześnie zmniejszenie uwalniania się RWO do wody. Wraz z ze wzrostem średnich dziennych temperatur tworzą się coraz lepsze warunki dla rozwoju mikroorganizmów powodujących nasilenie mineralizacji w warunkach tlenowych, a w beztlenowych – rozkładu substancji organicznej. Tak więc, w warunkach dużego uwilgotnienia i występowania maksymalnych średnich dziennych temperatur, nasilają się procesy uwalniania węgla organicznego, co powoduje, że jego stężenie w wodzie gruntowej osiąga maksimum.

Zależność stężenia RWO w wodzie gruntowej od temperatury daje możliwość przewidywania jego wysokich stężeń w okresach występowania wysokich temperatur. Prawidłowość ta może okazać się przydatna dla stacji zajmujących się uzdatnianiem wody do picia narażonej na oddziaływanie terenów torfowiskowych [DOJLIDO, 1995; FENNER, 2001; HAROLD, 2001].

Wpływ poziomu wody gruntowej na uwalnianie węgla organicznego jest różny w przypadku każdego z obiektów. Na podstawie obecnego stanu zaawansowania badań trudno określić przyczyny tak dużego zróżnicowania. Główną przyczyną tak dużych różnic między poszczególnymi obiektami jest prawdopodobnie istotne zróżnicowanie warunków wodnych w glebie zarówno w poszczególnych obiektach jak i między nimi. Wyjaśnienie zależności między warunkami wodnymi a zachowaniem się węgla organicznego w środowisku glebowo-wodnym w skali badanych obiektów jest zagadnieniem skomplikowanym i wymaga szczegółowego, indywidualnego przeanalizowania poszczególnych punktów monitoringowych pod kątem specyfiki panujących w nich warunków.

Przeprowadzone badania mają charakter wstępny i stanowią punkt wyjścia do ich dalszego rozwoju w kierunku dokładnego poznania mechanizmów zachowania się węgla jak również cyklu jego przemian w ekosystemach torfowiskowych.

## WNIOSKI

Stężenie RWO w wodzie gruntowej ma ścisły związek z temperaturą, dzięki czemu zmienia się cyklicznie, osiągając wartości maksymalne w okresach występowania maksymalnych temperatur w roku.

Związek między stężeniem RWO w wodzie gruntowej a poziomem wody gruntowej jest zauważalny, jednak skomplikowany i nie pierwszorzędowy oraz różny w poszczególnych obiektach.



## LITERATURA

- DOBZAŃSKI B., ZAWADZKI S., 1995. Gleboznawstwo. Warszawa: PWRiL ss. 222.
- DOJLIDO R., 1995. Chemia wód powierzchniowych. Białystok: Wydaw. Ekon. Środ. ss. 342.
- FENNER M., FREEMAN C., HUGHES S., REYNOLDS B., 2001. Molecular weight spectra of dissolved organic carbon in a rewetted Welsh peatland and possible implications for water quality. *Soil Use Manag.* s. 106–112.
- HAROLD W., EUNG KYOUNG KIM, 2001. Influence of flocculant acids and NOM characteristics on the removal DBP precursors during enhanced coagulation. *Am. Water Works Assoc., WQTC Proc.* s. 1–14. (czy na pewno te strony ??? od 1)
- MEISNER R., RUPP H., LEINWEBER P., 2003. Re-wetting of fen soils and changes in water quality – experimental results and further research needs. *J. Water Land Develop.* no. 7 s. 75–91.
- SHEREUS W., 1978. Automated colorimetric method for determination of dissolved organic carbon in seawater by UV destruction. *Hydrobiol. Bull.* vol. 12 s. 137–142.

*Piotr NADANY, Andrzej SAPEK*

### VARIABILITY OF ORGANIC CARBON CONCENTRATIONS IN GROUND WATER OF DIFFERENTLY USED PEAT SOILS

*Key words: mineralisation, temperature, peat, water regime*

#### S u m m a r y

Peat degradation is accompanied by the subsidence of peat surface due to the loss of organic matter. Long-term observations carried out in the Experimental Station of Reclamation and Grassland Farming in Biebrza (the Kuwasy peatland) showed that the subsidence might vary from 0.7 to 1.5 cm annually. Disappearance of that amount of organic matter is followed by the transport of large loads of dissolved organic carbon to ground and then to surface waters through which it is removed from the object in question. This work was aimed at studying the effect of temperature and ground water table depth on observed (both spatial and temporal) differentiation of organic carbon concentration in ground waters of peatlands which had been transformed by various human activity and natural processes. The study was carried out in peats of the Biebrza Valley in three objects of distinctly different water and soil properties.

The study revealed different concentration of organic carbon in ground water of used peatlands as compared with that in unused peatlands and a relationship between the intensity of dissolved organic carbon release from peat and hydrothermal conditions.

---

Recenzenci:

*doc. dr hab. Jan Gawlik*

*prof. dr hab. Janusz Gotkiewicz*

Praca wpłynęła do Redakcji 11.02.2004 r.



