

STĘŻENIE ROZPUSZCZALNEGO WĘGLA ORGANICZNEGO W WODZIE GRUNTOWEJ POD LASEM I ŁĄKĄ NA GLEBIE TORFOWEJ

Jacek JASZCZYŃSKI

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Doświadczalny Melioracji i Użytków Zielonych w Biebrzy

Słowa kluczowe: gleby torfowo-murszowe, rozpuszczalny węgiel organiczny (RWO/DOC), właściwości fizyczne gleby, woda gruntowa

Streszczenie

Badania dotyczyły zmian stężenia rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO, ang. DOC) w płytkich wodach gruntowych na terenie torfowiska Kuwasy, położonego w basenie środkowej Biebrzy. W pracy przedstawiono niekorzystne oddziaływanie lasu brzoźowego na właściwości fizyczne gleby torfowo-murszowej i uwalnianie się z niej rozpuszczalnego węgla organicznego. Stężenia RWO oznaczono w wodach gruntowych pod lasem i łąkami. Rozluźnienie masy glebowej w profilu pod lasem i silniejsze jej przesychnienie sprzyja przyspieszonej mineralizacji masy organicznej i uwalnianiu się rozpuszczalnych związków organicznych. Średnie stężenie RWO w wodzie pod lasem ($>100 \text{ mg C} \cdot \text{dm}^{-3}$) było istotnie większe niż w wodzie spod kwater użytkowanych łąkowo.

WSTĘP

Odwodnienie i rolnicze użytkowanie obszarów torfowiskowych powoduje nieodwracalne zmiany w glebach tych siedlisk. W procesie degradacji gleb torfowych obserwujemy utratę masy organicznej na skutek jej mineralizacji, co wyraźnie obrazuje obniżanie się powierzchni torfowiska [SZUNIEWICZ, CHRZANOWSKI,

Adres do korespondencji: mgr inż. J. Jaszczyński, Zakład Doświadczalny Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych w Biebrzy, 19-200 Grajewo, tel. +48 (86) 273-40-51, e-mail: zdmuz_biebrza@zetobi.com.pl

2001]. Nasilenie tych procesów zależy od stopnia odwodnienia, sposobu użytkowania i szaty roślinnej. Wyniki prac GOTKIEWICZA i in. [1983] oraz CHRZANOWSKIEGO [2002] dowodzą, iż tempo przemian substancji organicznej pod lasem brzoźowym jest większe niż pod łąką. W tych warunkach gleba jest bardziej rozluźniona i przesuszona. Zanikaniu dużej masy substancji organicznej w glebie torfowej towarzyszy uwalnianie się rozpuszczalnych w wodzie związków próchnicznych oznaczanych jako rozpuszczalny węgiel organiczny (RWO, ang. „DOC – dissolved organic carbon”). Związki te mogą się przemieszczać do wód gruntowych i powierzchniowych, pogarszając ich jakość [OKRUSZKO, KOZAKIEWICZ, 1973; NADANY, SAPEK, 2004].

Celem pracy było wykazanie, że formy roślinności występujące na glebie torfowo-murszowej MtIIcb mają wpływ na stężenie RWO w płytkich wodach gruntowych. Założono, że w wodzie pod powierzchnią porośniętą lasem brzoźowym, na skutek wzmożonych przemian chemicznych i biochemicznych w utworze torfowym, stężenie związków humusowych będzie większe niż pod terenami użytkowymi łąkowo.

Zebranie materiału badawczego umożliwiła realizacja projektu PROWATER [2000–2004].

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w latach 2001–2004 na terenach Zakładu Doświadczalnego IMUZ w Biebrzy, stanowiących fragment torfowiska Kuwasy w basenie środkowej Biebrzy. Studzienki kontrolne, w postaci perforowanych na całej długości rur plastikowych, zainstalowano w warstwie utworu organicznego gleb torfowo-murszowych na głębokość ok. 120–130 cm. Jeden z punktów poboru próbek wody usytuowano w lesie brzoźowym, gdzie występuje gleba torfowo-murszowa rodzaju MtIIcb. Pod warstwą ściółki (0–2 cm), do głębokości 26 cm znajduje się mursz drobnogruzelkowy. Poniżej (26–28 cm) występuje cienka warstwa torfu murszującego, a pod nią, do głębokości 120 cm – torf olesowy (łozowy) silnie rozłożony (R3), ze znacznym udziałem trzciny. Najgłębszą warstwę (120–140 cm) stanowi torf szuwarowy średnio rozłożony (R2). Dwie kolejne studzienki (K2 i K4) zainstalowano na powierzchniach użytkowanych łąkowo, również położonych na glebach MtIIcb. Warstwa murszu sięga do 25 cm, poniżej (do 70 cm) zalega torf olesowy silnie rozłożony, podścielony torfem szuwarowym bądź łozowym średnio rozłożonym. Całkowita miąższość złoża torfowego wynosi w tych miejscach 160–170 cm.

Próbki wody gruntowej pobierano ze studzienek kontrolnych co trzy tygodnie. Oznaczano w nich stężenie rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) metodą kolorymetryczną, za pomocą autoanalyzera przepływowego SKALAR [SKALAR, 2002].

W 2001 r. z każdej kwatery pobrano próbki gleby w celu określenia jej właściwości fizycznych. Próbki pobierano z warstwy 0–30 cm, w odstępach co 10 cm. Zgodnie z metodą przyjętą w IMUZ w Falentach [SAPEK, SAPEK, 1997] oznaczono: wilgotność w warunkach pF 2,0, zawartość części mineralnych (popielność), gęstość objętościową, porowatość ogólną i ilość makroporów.

WYNIKI

Wierzchnie warstwy gleby (0–20 cm) pod lasem brzoźowym charakteryzowały się większą porowatością ogólną oraz mniejszą gęstością objętościową niż gleby pod łąkami (tab. 1). Bardzo duża ilość makroporów w glebie pod lasem świadczy o znacznym rozluźnieniu masy glebowej. Sprzyja to wytwarzaniu się, obserwowanych w badanym profilu, stwardniałych agregatów luźnego murszu oraz licznych szczelin. To z kolei może prowadzić do częstego przesychnienia gleby oraz szybkiej wędrowki wody opadowej w głąb profilu i kontaktu z wodami gruntowymi.

Tabela 1. Właściwości fizyczno-wodne gleb MtlIcb pod lasem i łąką

Table 1. Physical-water features of soil MtlIcb under forest and meadow

Gleba Kind of soil	Warstwa Layer	Wilgotność (pF 2,0) Moisture content (pF 2,0) %	<i>M</i> % s.m. % d.m.	G_o $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	<i>P</i> % obj. % vol.	<i>MP</i> % obj. % vol.
MtlIcb pod lasem	5–10	45	15,2	0,22	87,4	42,7
MtlIcb under forest	15–20	49	12,0	0,21	87,8	38,6
	25–30	48	10,5	0,19	88,4	40,6
MtlIcb pod łąką (K2)	5–10	74	18,2	0,30	82,3	8,3
MtlIcb under meadow (K2)	15–20	74	16,0	0,26	84,4	10,9
	25–30	77	15,4	0,16	90,1	12,9
MtlIcb pod łąką (K4)	5–10	69	16,9	0,28	82,9	13,5
MtlIcb under meadow (K4)	15–20	69	13,9	0,25	84,6	16,1
	25–30	74	13,8	0,19	88,6	14,5

Objaśnienia: *M* – części mineralne (popielność), G_o – gęstość objętościowa, *P* – porowatość ogólna, *MP* – makropory.

Explanations: *M* – ash content, G_o – bulk density, *P* – total porosity, *MP* – macropores.

Średnie roczne stężenie RWO było większe w wodach gruntowych pod lasem niż pod łąkami (tab. 2). We wszystkich 52 próbkach wody pobranych spod drzewostanu stężenie rozpuszczalnego węgla organicznego przekraczało $20 \text{ mg C}\cdot\text{dm}^{-3}$, powyżej którego wodę zalicza się do najgorszej klasy jakości wód podziemnych

Tabela 2. Średnie stężenie RWO w wodzie gruntowej ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) w kolejnych latach**Table 2.** Mean DOC concentration in groundwater ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) in following years

Miejsce Location	Rok Year	Średnie stężenie RWO Mean DOC concentration	Liczba próbek Number of samples
Las Forest	2001	97	9
	2002	112	14
	2003	112	15
	2004	97	14
Łąka (K2) Meadow (K2)	2001	65	9
	2002	62	14
	2003	57	15
	2004	72	13
Łąka (K4) Meadow (K4)	2001	68	9
	2002	87	14
	2003	60	14
	2004	63	13

[Rozporządzenie..., 2004]. W 34 próbkach wody spod lasu zanotowano stężenia RWO w zakresie $100\text{--}180\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. W przypadku kwater łąkowych w 95% próbek wody stężenie RWO również było większe od wartości dopuszczalnej przez normy. W kilku próbkach z obu powierzchni łąkowych obserwowano stężenia RWO o wartości przekraczającej $150\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Średni roczny poziom wody gruntowej pod łąkami w kolejnych latach wynosił od 37 do 47 cm. Pod lasem poziom wody gruntowej był niższy, co wynikało m.in. z większego zapotrzebowania na wodę roślinności drzewiastej. Średnia roczna głębokość lustra wody pod lasem wynosiła $61\text{--}77\text{ cm}$, co powodowało zmniejszenie poniżej 40% obj. wilgotności gleby na głębokości 20 cm.

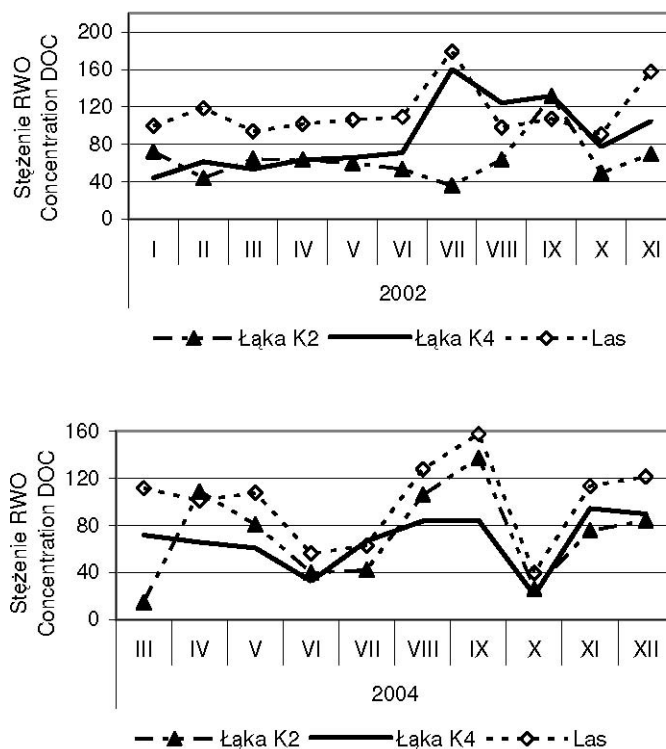
Stężenie RWO w wodzie spod łąk, w obu studzienkach nie zależało od poziomu wody gruntowej (rys. 1). W pierwszych miesiącach roku (styczeń–maj), mimo dużych wahań poziomu wody, stężenia na obu powierzchniach były zbliżone – ok. $56\text{ mg C}\cdot\text{dm}^{-3}$ (rys. 2). Niższe stany wody gruntowej latem powodowały mniejsze stężenie RWO w czerwcu, jednak już od lipca do października było ono większe. Największe stężenia RWO obserwowano późną jesienią, co zbiegało się na tych kwaterach z wysokim poziomem wody gruntowej.

W próbkach wody spod lasu także nie zauważono zależności między stężeniem rozpuszczalnego węgla organicznego a poziomem wody gruntowej (rys. 1). Nie obserwowano istotnych zmian stężenia RWO podczas systematycznego spadku poziomu wody gruntowej w drugiej połowie roku, a także po podniesieniu się wody w lutym (rys. 2).

Bardzo duże stężenie RWO pod lasem obserwowano nie tylko w okresach letnich i jesiennych, sprzyjających mineralizacji materii organicznej, ale także w miesiącach zimowych (rys. 2).

Przeanalizowano rozkład stężeń w zależności od temperatury powietrza (rys. 3). W tym celu wartości stężeń pogrupowano w zależności od średniej temperatury w okresie poprzedzającym pobranie każdej partii próbek. Nie obserwowano jednak większego stężenia w warunkach wyższych temperatur, występujących w miesiącach letnich, co świadczy o oddziaływaniu innych czynników sprzyjających uwalnianiu RWO.

Zauważono, że w pewnych terminach stężenia RWO w wodzie z badanych punktów malały bądź rosły jednocześnie. Świadczy to o oddziaływaniu na obu typach powierzchni tego samego czynnika, sprzyjającego przedostawaniu się RWO do wody gruntowej. W lipcu 2002 r. wyraźnie większe stężenie RWO obserwowano zarówno pod łąką K4, jak i lasem (rys. 4). Następnie, po stosunkowo dużych stężeniach we wszystkich punktach we wrześniu, zaznacza się ich spadek w paź-



Rys. 4. Stężenia RWO ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) w wodzie z badanych punktów

Fig. 4. DOC concentration ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) in water from sampling

dzienniku. Również w okresie od sierpnia do września 2004 r. obserwowano zwiększanie się stężeń tego składnika, po czym w październiku – ponowne ich zmniejszanie (rys. 4). W kolejnych miesiącach stężenia RWO we wszystkich trzech punktach zwiększyły się do wartości większych niż $80 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

DYSKUSJA

Na podstawie badań wykazano, że stężenie rozpuszczalnego węgla organicznego w płytkich wodach gruntowych gleb pod lasem brzozowym jest wyraźnie większe niż pod łąkami. KALBITZ i in. [2002] oraz KALBITZ i GEYER [2002] zaobserwowali, że stężenie RWO w wodzie spod lasu olszowego było większe niż spod łąki nieużytkowanej (podlegającej naturalnej sukcesji roślinnej), a także łąki użytkowanej ekstensywnie. Średnie stężenie RWO, jakie otrzymali w wodzie gruntowej pod lasem wynosiło $76 \text{ mg C} \cdot \text{dm}^{-3}$. W prezentowanych badaniach wody spod lasu brzozowego stężenie średnie z całego okresu badań określono na $105 \text{ mg C} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Duże stężenie RWO w wodzie gruntowej pod lasem utrzymywało się przez cały, 4-letni okres badań. Stężenia RWO w wodach pod łąkami były mniejsze, jednak w większości próbek również przekraczały dopuszczone normami stężenie $20 \text{ mg C} \cdot \text{dm}^{-3}$, co klasyfikowało je do V klasy jakości wód podziemnych [Rozporządzenie..., 2004].

Wyższe poziomy wody gruntowej pod łąkami i związana z tym duża wilgotność gleby powoduje, że warunki nasilające przebieg mineralizacji materii organicznej występują tylko w górnych warstwach profilu. Zwarta darni łąkowej dodatkowo ogranicza przesychnanie powierzchni gleby, co łącznie ogranicza degradację masy torfowej użytków zielonych [CHRZANOWSKI, 2002]. W warunkach przeciętnie niższych poziomów wody gruntowej pod lasem procesami mineralizacji objęta jest znacznie rozleglejsza część profilu. Intensyfikacja zachodzących wówczas zmian chemicznych i biochemicznych może prowadzić do uwalniania większej masy RWO.

SAPEK i SAPEK [2004] wykazali, że stężenia RWO w próbkach roztworu glebowego pod łąką z głębokości 30 cm były większe niż z głębokości 60 i 90 cm. Na tej głębokości obserwowano też większe stężenie badanego składnika w miesiącach letnich i jesiennych, co potwierdza zauważone w niniejszej pracy sezonowe zmiany jego stężenia w płytkich wodach gruntowych pod łąkami. Wyjaśnienia wymaga opisane jednoczesne zmniejszanie się lub zwiększanie stężenia RWO w wodzie ze wszystkich badanych punktów. Ponieważ zmiany poziomu wody gruntowej i temperatury powietrza nie miały istotnego wpływu na stężenie RWO, niezbędne są dalsze badania, obejmujące szerszy wachlarz analizowanych czynników, jak wilgotność i temperatura gleby, wielkość opadu czy przesiąku przez profil.

WNIOSKI

1. Stężenia rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) w płytkich wodach gruntowych pod lasem brzoźowym, występującym na glebie torfowo-murszowej rodzaju MtIIcb, były większe niż pod kwaterami użytkowymi łąkowo, położonymi na glebach tego samego rodzaju.

2. Niemal wszystkie próbki wody, zarówno spod lasu, jak i spod łąk, zawierały RWO w ilościach zaliczających je do najgorszej, V klasy jakości wód podziemnych.

3. Stężenia RWO w wodzie gruntowej pod lasem i łąkami nie zależały od zmieniającego się poziomu wody gruntowej i temperatury powietrza.

LITERATURA

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu wód. Dz. U. 2004 nr 32 poz. 284.
- CHRZANOWSKI S., 2002. Oddziaływanie lasu na właściwości fizyczno-wodne gleb torfowo-murszowych na przykładzie Torfowiska Łokieć. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* t. 2 z. 1(4) s. 115–127.
- GOTKIEWICZ J., SZUNIEWICZ J., KOWALCZYK Z., SZYMANOWSKI M., 1983. Przeobrażanie się odwodnionych gleb torfowych w lasach brzoźowych basenu środkowej Biebrzy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 255 s. 153–170.
- KALBITZ K., RUPP H., MEISSNER R., 2002. N-, P and DOC-dynamics in soil and groundwater after restoration of intensively cultivated fens. *Wetlands in Central Europe*. Wydaw. Springer s. 99–116.
- KABLITZ K., GEYER S., 2002. Different effects of peat degradation on dissolved organic carbon and nitrogen. *Org. Geochem.* 33 s. 319–326.
- NADANY P., SAPEK A., 2004. Zróżnicowanie stężenia węgla organicznego w wodzie gruntowej w różnie użytkowanych glebach torfowych. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* t. 4 z. 2b(12) s. 281–289.
- OKRUSZKO H., KOZAKIEWICZ A., 1973. Humifikacja i mineralizacja jako elementy składowe procesu murszenia gleb torfowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 146 s. 63–76.
- PROWATER (2000–2004). Program zapobiegania obszarowym zanieczyszczeniom wody fosforem ze zdegradowanych i renaturyzowanych gleb torfowych. Contract Nr EVK1-CT-1999-00036. Falenty: IMUZ maszyn.
- SAPEK A., SAPEK B., 2004. Procesy związane z uwalnianiem azotu i fosforu ze zdegradowanych gleb torfowych i ich wpływ na jakość wody gruntowej i cieków na obiektach torfowych. Falenty: IMUZ maszyn.
- SAPEK A., SAPEK B., 1997. Metody analizy chemicznej gleb organicznych. Mater. Instr. nr 115. Falenty: Wydaw. IMUZ.
- SKALAR Flow Access, 2002. User manual. Skalar Analytical BV.
- SZUNIEWICZ J., CHRZANOWSKI S., 2001. Spływanie i przeobrażanie się zmeliorowanych gleb torfowo-murszowych w rejonie ZD Biebrza. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* t. 1 z. 2(2) s. 77–89.

Jacek JASZCZYŃSKI

**DISSOLVED ORGANIC CARBON CONCENTRATION IN GROUNDWATER
UNDER FOREST AND MEADOW ON PEAT SOIL**

Key words: dissolved organic carbon (DOC), groundwater, peat-moorsh soils, physical features of soil

S u m m a r y

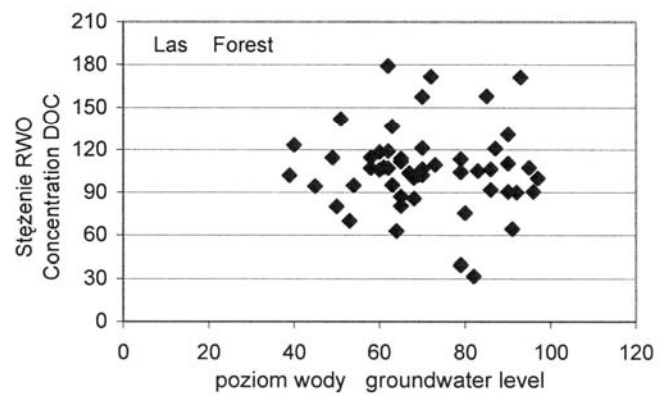
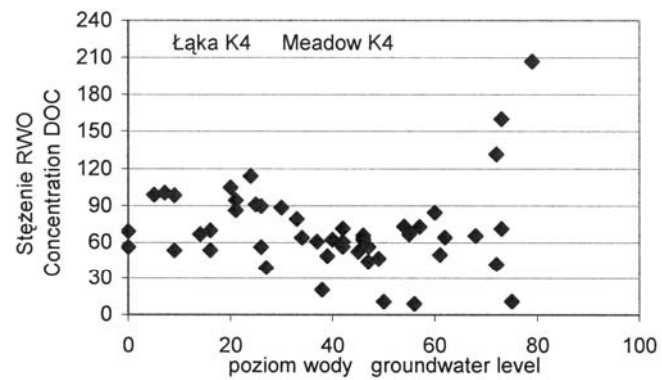
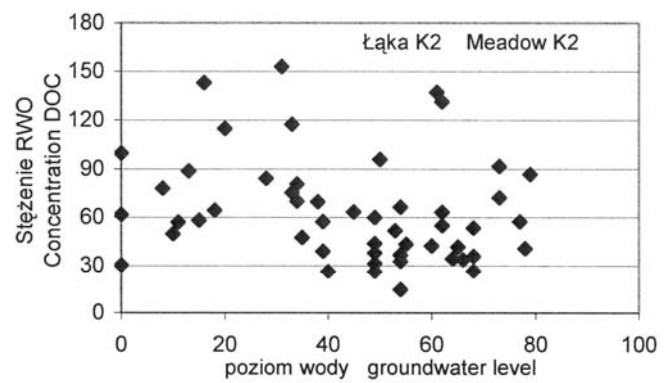
The studies concerned changes of dissolved organic carbon (DOC) in shallow groundwater in Kuwasy Bog, localized in the middle basin of the Biebrza River. Disadvantageous influence of birch forest on physical features of peat-moorsh soil and on the release of dissolved organic carbon is presented in this paper. DOC concentration was determined in groundwater from under forest and meadows. Considerable porosity of soil matter under forest and more intensive drying up of soil were observed. These factors favoured mineralization and the release of dissolved organic compounds. In groundwater under forest mean DOC concentrations exceeded $100 \text{ mg C} \cdot \text{dm}^{-3}$ and were significantly higher than those in groundwater from under meadows.

Recenzenci:

prof. dr hab. Waldemar Mioduszewski

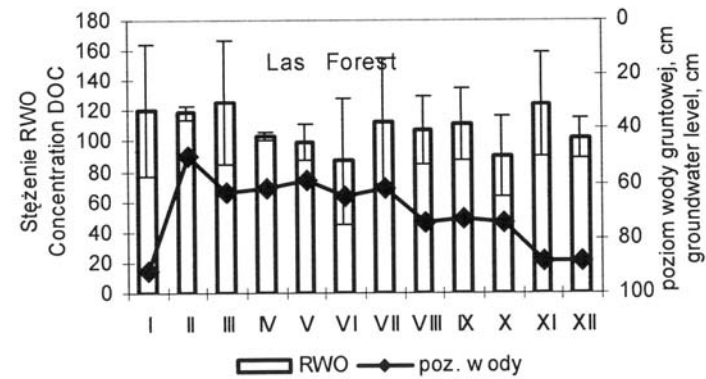
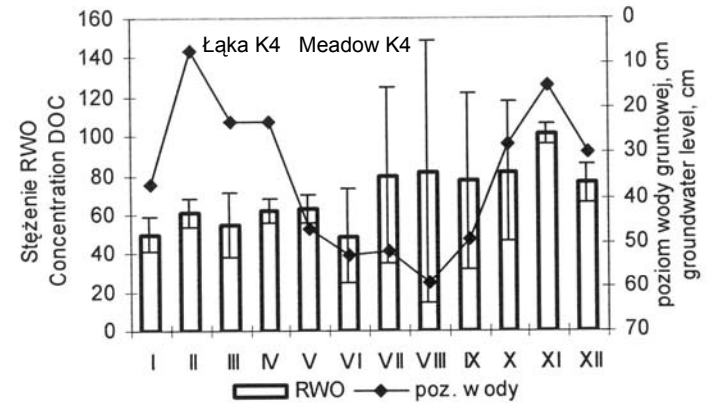
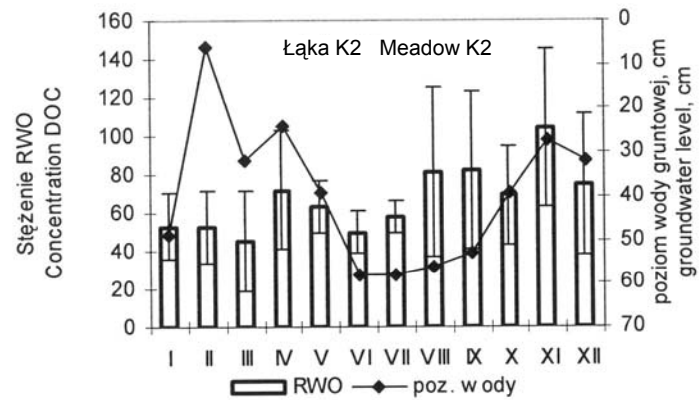
doc. dr hab. Lech Szajdak

Praca wpłynęła do Redakcji 24.03.2006 r.



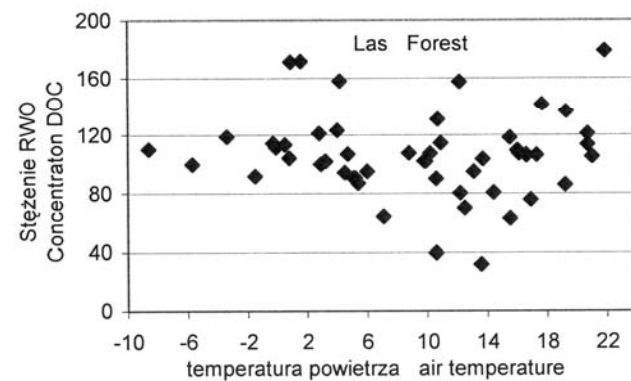
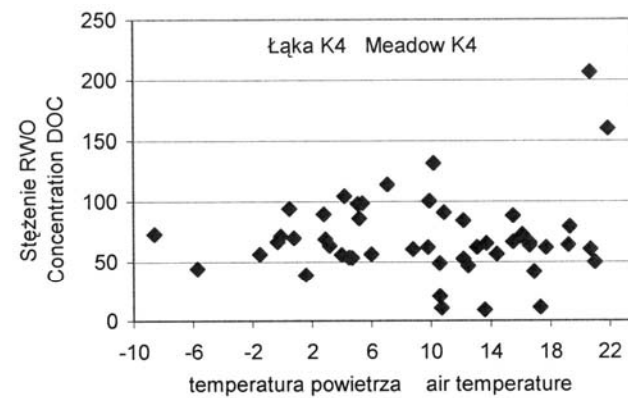
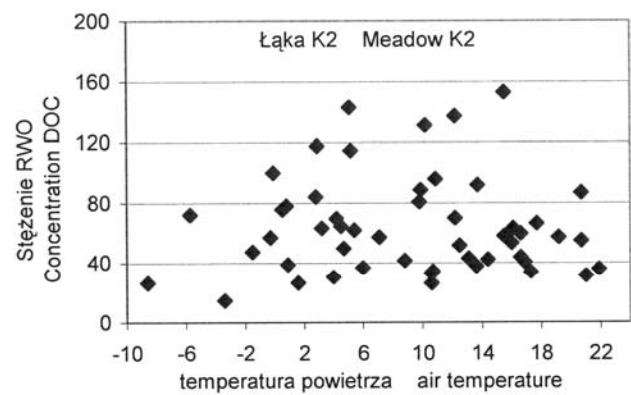
Rys. 1. Stężenie RWO ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) w zależności od poziomu wody gruntowej (cm)

Fig. 1. DOC concentration ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) in relation to the water level depth (cm)



Rys. 2. Średnie miesięczne stężenie RWO (mg·dm⁻³) na tle średniego poziomu wody gruntowej (cm) w kolejnych miesiącach (dane z lat 2001–2004)

Fig. 2. Monthly mean DOC concentration (mg·dm⁻³) against groundwater level (cm) in successive months (data from 2001–2004)



Rys. 3. Średnie stężenie RWO ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) w zależności od temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$) (dane z lat 2001–2004)

Fig. 3. Mean DOC concentration ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) in relation to air temperature ($^{\circ}\text{C}$) (data from 2001–2004)