

Anna Krysztofiak, Antoni T. Miler

**STOSUNKI WODNE NA OBSZARACH
MOKRADŁOWYCH W LEŚNYM ZAKŁADZIE
DOŚWIADCZALNYM SIEMIANICE
W LATACH HYDROLOGICZNYCH 2005 I 2006**

***WATER RELATIONS IN SWAMPY AREAS
IN THE SIEMIANICE FOREST EXPERIMENTAL
STATION IN HYDROLOGICAL YEARS 2005 AND 2006***

Streszczenie

W ostatnich latach coraz częściej naukowcy zwracają uwagę na zachodzące w przyrodzie zmiany klimatyczne (wzrost temperatury powietrza, spadek sum opadów atmosferycznych). Implikują one zmiany składowych bilansów wodnych, a w praktyce zmiany stosunków wodnych, zarówno w skali globalnej, jak i lokalnej. Obecnie za największe zagrożenie uważa się przesuszenie siedlisk [Pierzgalski 2007].

Celem pracy było zaprezentowanie stosunków wodnych panujących na terenach leśnych obszarów mokradłowych jednego z Leśnictw (Leśnictwa Marianka) Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice w latach hydrologicznych 2005 i 2006.

Badania wykazały, iż analizowane zlewnie, pomimo lokalizacji na terenach mokradłowych, cechują okresy z brakiem wody w rowach. Na analizowanych ciekach odpływ występował od połowy listopada 2004 roku do początku czerwca 2005 roku, a w następnym roku hydrologicznym – ponownie od połowy listopada, ale nieco dłużej, bo do połowy czerwca 2006. W odniesieniu do wód gruntowych obszaru zlewni zauważono przewidywalny związek zalegania zwierciadła wody z miejscem lokalizacji studzienek. Studzienki położone w partiach szczytowych zlewni mają lustro wody najgłębiej pod powierzchnią terenu, studzienki z terenów dolinowych najpłycej. Zaobserwować także można, że studzienki położone na obszarach wyższych (wododziałowych) charakteryzuje nieznacznie większe zróżnicowanie położenia lustra wody gruntowej w ciągu roku niż położonych niżej (w partiach dolinowych). Oba analizowane lata hydrologiczne (2005 i 2006) cechuje podobny przebieg zalegania zwierciadła wody gruntowej w poszczególnych siedliskach. Wyraźna jest także cykliczność zmian położenia lustra wody, tzn. podniesienie poziomu wody na jesień, a w miesiącach letnich jego obniżenie

(wynik zmian w procesie transpiracji roślin). Związek zalegania zwierciadła wód gruntowych od różnych siedliska leśnych występujących na badanych zlewniach potwierdza zależność od wariantu uwigotnienia siedliska. Najpłycej zalegały wody w siedliskach olsu jesionowego – siedlisku bagiennym, natomiast wyraźnie najgłębiej w siedliskach boru mieszanego świeżego – siedlisku świeżym. Podczas analizowania zmian zalegania wód gruntowych w zależności od klas wieku drzewostanów wyraźnie rysuje się sezonowa zmienność oraz zbliżony przebieg zmian. Najpłycej zalegały wody w drzewostanach V i VI klasy wieku. Zdecydowanie najgłębiej w IV klasie wieku. Powyższe zależności dotyczą zarówno roku hydrologicznego 2005 jak i 2006.

Słowa kluczowe: Leśny Zakład Doświadczalny Siemianice, tereny mokradłowe, poziom wód gruntowych, poziom wód powierzchniowych

Summary

In recent years researchers have focused increasingly on climatic changes taking place in nature (increasing air temperature, decreasing precipitation totals). These imply changes in components of water balances and in practice changes in water relations both on the global and local scale. At present site over-drying is considered to be the biggest threat [Pierzgalski 2007].

The aim of the study was to present water relations found in forest swampy areas in a forest district (the Marianka Forest District) of the Siemianice Forest Experimental Station in hydrological years of 2005 and 2006.

Investigations showed that analyzed catchments, despite being located in swampy areas, are characterized by periods of water depletion in ditches. In analyzed watercourses runoff was recorded from mid-November 2004 to the beginning of June 2005, while in the next hydrological year it was again from mid-November, but this time longer - to mid-June 2006. In relation to ground water of the catchment area a predictable relationship was observed of the water table level on the location of observation wells. Wells located in the top sections of the catchment had a water table the deepest below the ground level, while wells in valleys had water tables at the most shallow levels. It may also be stated that wells situated in higher areas (watershed), are characterized by a slightly bigger variation in the ground water table during the year than it was the case with wells located at lower points (in valleys). Both analyzed hydrological years (2005 and 2006) showed a similar pattern of ground water table in individual sites. Moreover, a marked cyclicity was also recorded in the elevation of the water table, i.e. the water level rising in the autumn and lowering in summer months (as a result of changes in plant transpiration). The relationship of ground water levels with different forest sites found in analyzed catchments confirms the dependence on the site moisture level variant. Water was lying at the most shallow levels in the ash-alder swamp forest site – a marshy site, while it was markedly the deepest in fresh mixed coniferous forest sites – a fresh site type. When analyzing changes in the ground water levels in terms of stand age classes we may clearly observe the seasonal variation and similar patterns of changes. Water lay the most shallow in stands of age classes V and VI. The level was significantly deepest in age class IV. The above dependencies pertained both to the hydrological year 2005 and 2006.

Key words: the Siemianice Forest Experimental Station, swampy areas, ground water level, surface water level

WSTĘP

Zasoby wodne są jednym z ważniejszych czynników kształtujących środowisko leśne. Z tego to powodu racjonalne gospodarowanie nimi i ich ochrona stanowią troskę leśników, a także są przedmiotem zainteresowania biologów, ekologów oraz projektantów budowli regulujących stosunki wodne w lesie [Cepielowski, Pienkos 1995].

W ostatnich latach coraz częściej naukowcy zwracają uwagę na zachodzące w przyrodzie zmiany klimatyczne (wzrost temperatury powietrza, spadek sum opadów atmosferycznych). Implikują one zmiany składowych bilansów wodnych, a w praktyce zmiany stosunków wodnych zarówno w skali globalnej, jak i lokalnej. Obecnie za największe zagrożenie uważa się przesuszenie siedlisk [Pierzgalski 2007].

Warunki wodne należą do najważniejszych czynników kształtujących siedliska leśne. W zależności od stanu uwilgotnienia siedlisk (suche, świeże, wilgotne, bagienne i łęgowe) różna jest wrażliwość drzew na zmiany położenia wód gruntowych. Owe zmiany mogą być cykliczne lub trwałe, a w skrajnych przypadkach prowadzić do stepowienia lub zabagnienia [Tyszka 2004]. Pod znakiem zapytania stoi także przyszłość śródleśnych mokradeł, które w ostatnich latach „wróciły do łask” i obecnie uważa się je za szczególnie cenne w krajobrazie leśnym. „Coraz więcej osób rozumie konieczność [...] przeciwdziałania obniżaniu się poziomu wód gruntowych, ratowania najcenniejszych łąk i torfowisk” [Pawlaczyk i in. 2002].

CEL I METODY BADAŃ

Celem pracy było zaprezentowanie stosunków wodnych panujących na terenach leśnych obszarów mokradłowych jednego z Leśnictw (Leśnictwa Marianka) Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice w latach hydrologicznych 2005 i 2006.

Pod koniec roku 2004 na terenie Nadleśnictwa Doświadczalnego Siemianice rozpoczęto badania hydrologiczne. Pierwszy etap stanowiło rozpoznanie istniejącej infrastruktury przyrodniczo-technicznej tego obiektu. Przeprowadzono szczegółową analizę uzyskanych materiałów z nadleśnictw, wizje terenowe i wykonano badania glebo- i gruntoznawcze, analizę map wielkoskalowych *etc.* Po analizach zdecydowano się wybrać do badań szczegółowych dwie powierzchnie doświadczalne – mikrozelewnie. Wytypowane mikrozelewnie są tak usytuowane, iż leżą prawie w całości na terenach mokradłowych. Powierzchnie doświadczalne (mikrozelewnie) położone są w Leśnictwie Marianka, a ich powierzchnie wynoszą odpowiednio 34,23 i 30,61 ha. Następnie na terenie mikrozelewni wykonano 18 odwiertów. Prace przy każdym z nich były zakończone dowierceniem do zwierciadła wód gruntowych. Studzienki te reprezentowały

trzy warianty położenia: w rejonach wododziałowych, w partiach zboczowych oraz na terenach dolinowych zlewni. W odwiertach zainstalowano rury PCV o średnicy 50 mm, nacinając kilkakrotnie dolny fragment rury na odcinku 0,5 m w celu umożliwienia swobodnego napływu wody do rury. Studzienki zabezpieczono przed wnikaniem z góry możliwych zanieczyszczeń korkiem, wykonanym również z PCV. Pomiarów stanów wód gruntowych dokonywano raz w tygodniu, a wynik odczytywano z dokładnością $\pm 0,5$ cm. Obszar każdej z mikro-zlewni drenowany jest rowem zbierającym i odprowadzającym wody z badanych powierzchni. Na obu rowach w profilach zamykających zlewnie założono posterunki wodowskazowe. Pomiarzy głębokości wody w rowach dokonywane były raz na tydzień. Odczytów z łaty wodowskazowej dokonywano z dokładnością $\pm 0,5$ cm. Dodatkowo w profilach zamykających założono przelewy Thomsona. Dzięki nim istniała możliwość obliczenia przepływów wody na podstawie wzorów literaturowych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunkach 1, 2, 3 i 4 przedstawiono zmienność stanów wód dwóch cieków (rowów) odprowadzających wody z obszaru badanych mikro-zlewni na tle dobowych sum opadów atmosferycznych (sumy opadów rocznych wynosiły w latach hydrologicznych 2005 i 2006 odpowiednio 514,5 mm i 591,4 mm). Najwyższe stany zaobserwowane w roku hydrologicznym 2005 wynosiły 46,3 cm (23 kwietnia 2005 r.) w zlewni I oraz 56,7 cm (21 maja 2005r.) w zlewni II, natomiast w roku hydrologicznym 2006: 56 cm (zlewnia I dnia: 28 stycznia, 4 i 11 lutego oraz 4, 18 i 25 marca 2006 r.) i 51 cm (zlewnia II dnia 18 lutego 2006 r.).

Obie zlewnie, pomimo całościowej lokalizacji na terenach mokradłowych, cechują okresy z brakiem wody w rowach. W latach hydrologicznych 2005 i 2006 brak wody odnotowano w miesiącach lipiec–październik.

Stany wody w rowach są słabo skorelowane z sumami opadów.

Wartości natężenia przepływu obliczono za pomocą wzorów hydraulicznych. W przypadku rowu znajdującego się na zlewni I wzór na natężenie przepływu przybiera postać:

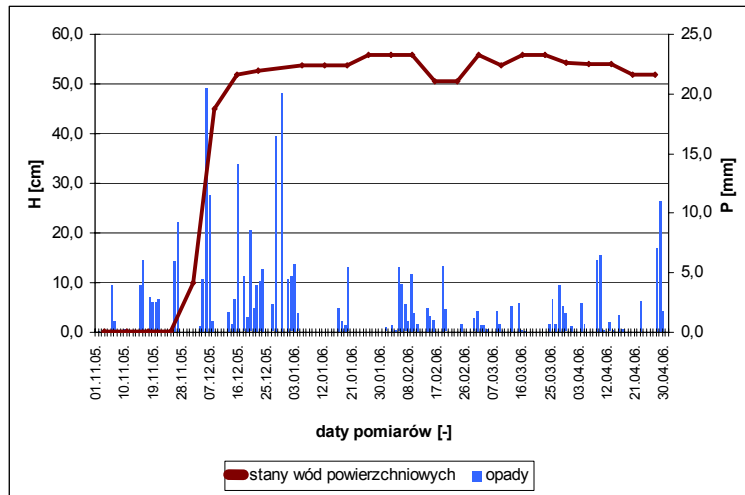
$$Q = 0,014 (H - 47,0)^{2,5} \text{ [l/s]} \quad (1)$$

natomiast dla rowu znajdującego się na terenie zlewni II:

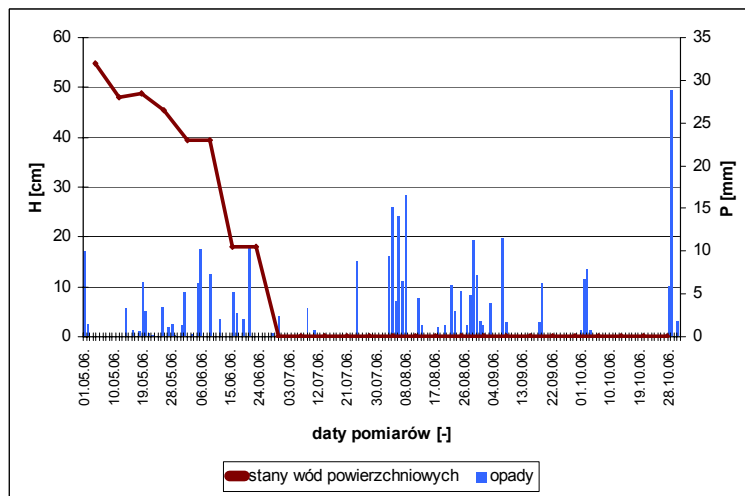
$$Q = 0,0144 (H - 19,8)^{2,5} \text{ [l/s]} \quad (2)$$

Powyższe formuły opracowane zostały na podstawie tarowań przelewów.

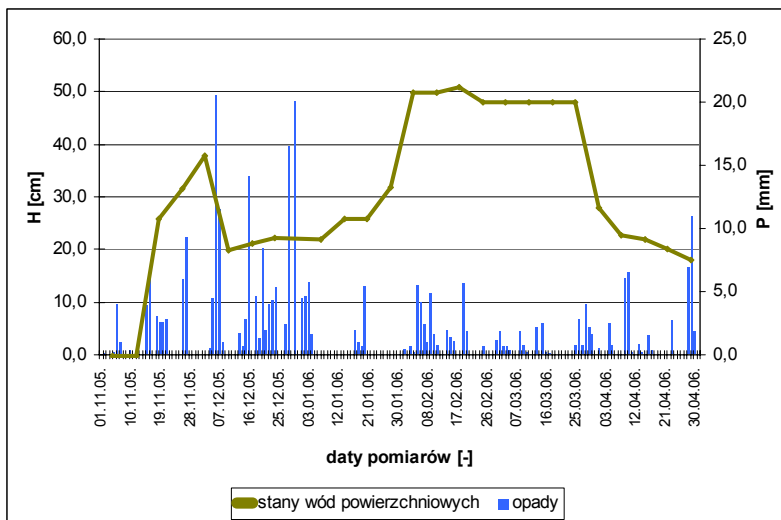
W pierwszym przelewie przy stanie 47,0 cm i niższym przepływ wody w rowie nie występuje. W przelewie drugim sytuacja ta ma miejsce dla stanu 19,8 cm i niższego.



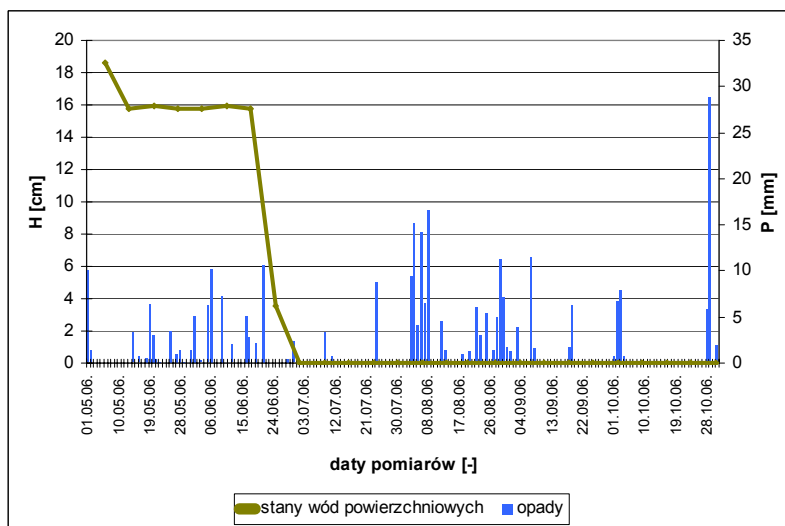
Rysunek 1. Stany wód w rowie odprowadzającym wody ze zlewni I na tle dobowych sum opadów w półroczu zimowym roku hydrologicznego 2006
Figure 1. Water levels in the ditch draining water from catchment I in relation to daily precipitation totals in the winter half-year in hydrological year of 2006



Rysunek. 2. Stany wód w rowie odprowadzającym wody ze zlewni I na tle dobowych sum opadów w półroczu letnim roku hydrologicznego 2006
Figure 2. Water levels in the ditch draining water from catchment I in relation to daily precipitation totals in the summer half-year in hydrological year of 2006



Rysunek 3. Stany wód w rowie odprowadzającym wody ze zlewni II na tle dobowych sum opadów w półroczu zimowym roku hydrologicznego 2006
Figure 3. Water levels in the ditch draining water from catchment II in relation to daily precipitation totals in the winter half-year in hydrological year of 2006



Rysunek 4. Stany wód w rowie odprowadzającym wody ze zlewni II na tle dobowych sum opadów w półroczu letnim roku hydrologicznego 2006
Figure 4. Water levels in the ditch draining water from catchment II in relation to daily precipitation totals in the summer half-year in hydrological year of 2006

Średni odpływ jednostkowy w roku hydrologicznym 2006 wynosił 1,24 [$l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$] (tab. 1) i był niższy o około 70 % od średniego odpływu dla Wielkopolski (tab. 2).

Tabela 1. Średnie, maksymalne oraz minimalne odpływy jednostkowe ze zlewni w roku hydrologicznym 2006

Table 1. Mean, maximum and minimum specific runoffs from the catchments in hydrological year of 2006

Analizowany okres	Odpływ [$l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$]		
	średni	maksymalny	minimalny
półrocze zimowe	2,41	11,22	0,00
półrocze letnie	0,08	1,33	0,00
okres wegetacyjny	0,59	11,22	0,00
rok hydrologiczny	1,24	11,22	0,00

Tabela 2. Maksymalne, minimalne i średnie odpływy jednostkowe dla Wielkopolski [Miler 1994]

Table 2. Maximum, minimum and mean specific runoffs for the Wielkopolska region [Miler 1994]

Analizowana wielkość	Odpływ [$l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$]
odpływ średni maksymalny	21,75
odpływ średni minimalny	0,93
odpływ średni średni	4,24

W tabelach (3 i 4) zestawiono średnie wartości oraz inne statystyki pomiarów stanów wód gruntowych na terenie dwóch zlewni należących do Leśnictwa Marianka, Nadleśnictwa Doświadczalnego Siemianice w okresie wegetacyjnym roku 2005 i 2006 oraz w roku hydrologicznym 2005 i 2006.

Rysunek 5 obrazuje, iż krzywe przebiegu stanów wód gruntowych sporządzone dla najpłytszych, średnich i najgłębszych studzienek nie wykazują widocznych różnic pomiędzy sobą. Nie występuje również zjawisko przesunięcia w czasie momentu odbudowania zapasu wody gruntowej pomiędzy wydzielonymi grupami studzienek. Regularność przebiegu wszystkich badanych krzywych wskazuje na zasilanie tych wód głównie opadami.

Tabela 3. Parametry stanów wód gruntowych na terenie dwóch zlewni należących do Leśnictwa Marianka, Nadleśnictwa Doświadczalnego Siemianice w okresie wegetacyjnym i w całym roku hydrologicznym 2005

Table 3. Mean values and other statistics of ground water levels in two catchments in the Marianka Forest District, the Siemianice Experimental Forest Division in the vegetation season and the entire hydrological year of 2005

Nr	Okres wegetacyjny*					Rok hydrologiczny 2005				
	\bar{h} [cm p.p.t.]	h_{\min} [cm p.p.t.]	h_{\max} [cm p.p.t.]	Δh [cm]	σ [cm]	\bar{h} [cm p.p.t.]	h_{\min} [cm p.p.t.]	h_{\max} [cm p.p.t.]	Δh [cm]	σ [cm]
1	90,0	127,0	28,0	99,0	28,9	74,5	127,0	20,0	107,0	35,0
2	118,6	161,0	58,0	103,0	32,0	102,0	161,0	46,0	115,0	38,0
3	72,1	104,0	18,5	85,5	26,3	57,3	104,0	10,0	94,0	32,1
4	138,0	175,5	48,0	127,5	43,0	122,6	175,5	34,0	141,5	50,9
5	184,9	225,0	114,0	111,0	37,3	166,4	225,0	99,0	126,0	43,0
6	68,1	106,0	8,0	98,0	31,1	50,9	106,0	6,0	100,0	37,8
7	138,4	179,5	67,0	112,5	36,3	119,4	179,5	54,0	125,5	43,0
8	158,2	196,0	92,0	104,0	34,6	140,6	196,0	75,5	120,5	40,4
9	152,5	191,0	80,5	110,5	37,7	134,4	191,0	63,5	127,5	43,0
10	47,3	87,5	2,0	85,5	26,4	35,3	87,5	-1,0	88,5	29,5
11	134,6	183,0	55,0	128,0	42,8	114,3	183,0	26,0	157,0	48,6
12	119,8	160,0	41,0	119,0	39,5	101,3	160,0	27,5	132,5	44,2
13	126,3	170,0	28,0	142,0	42,2	107,2	170,0	22,0	148,0	47,0
14	179,0	232,5	98,0	134,5	43,4	161,6	232,5	92,0	140,5	46,2
15	237,8	276,5	187,0	89,5	35,6	229,1	276,5	187,0	89,5	32,5
16	186,2	229,0	106,5	122,5	45,6	175,0	229,0	106,5	122,5	42,4
17	114,6	163,5	33,0	130,5	46,2	95,9	163,5	32,0	131,5	48,8
18	180,2	232,0	102,0	130,0	44,2	163,4	232,0	90,0	142,0	45,9

- studzienki położone na terenach dolinowych,
- studzienki położone na terenach zboczowych,
- studzienki położone na terenach wododziałowych.

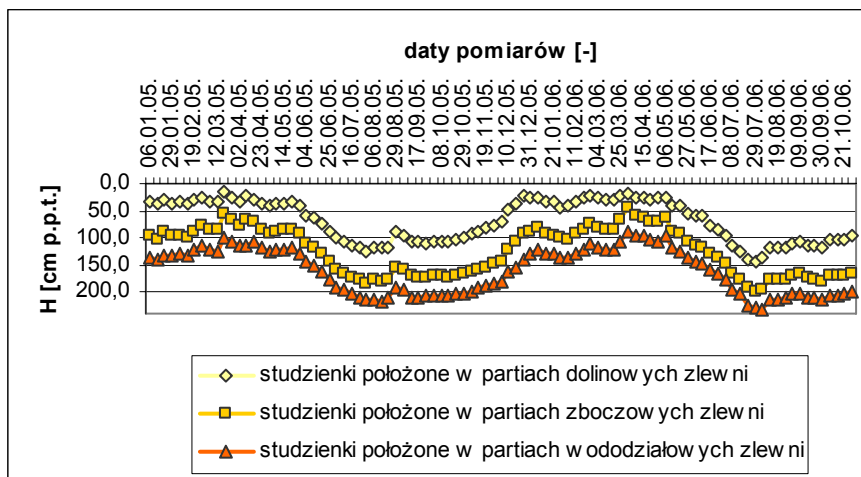
* – okres wegetacyjny przyjęto jako część roku, w której średnia dekadowa temperatura powietrza utrzymuje się powyżej 5°C. W roku hydrologicznym 2005 okres wegetacyjny trwał od 1 kwietnia do 10 listopada (224 dni)

Tabela 4. Średnie wartości i inne statystyki stanów wód gruntowych na terenie dwóch zlewni należących do Leśnictwa Marianka, Nadleśnictwa Doświadczalnego Siemianice w okresie wegetacyjnym i w całym roku hydrologicznym 2006

Table 4. Mean values and other statistics of ground water levels in two catchments in the Marianka Forest District, the Siemianice Experimental Forest Division in the vegetation season and the entire hydrological year of 2006

Nr	Okres wegetacyjny*					Rok hydrologiczny 2006				
	\bar{h} [cm p.p.t.]	h_{\min} [cm p.p.t.]	h_{\max} [cm p.p.t.]	Δh [cm]	σ [cm]	\bar{h} [cm p.p.t.]	h_{\min} [cm p.p.t.]	h_{\max} [cm p.p.t.]	Δh [cm]	σ [cm]
1	84,9	147,0	18,0	129,0	38,9	69,2	147,0	18,0	129,0	38,1
2	117,1	198,0	48,0	150,0	40,4	99,6	198,0	48,0	150,0	40,1
3	78,1	154,0	23,0	131,0	36,7	61,6	154,0	15,0	139,0	36,8
4	130,2	182,0	24,0	158,0	48,3	121,3	182,0	24,0	158,0	46,9
5	184,7	253,0	102,0	151,0	45,4	168,3	253,0	102,0	151,0	43,4
6	68,8	127,0	9,5	117,5	35,9	52,3	127,0	6,0	121,0	36,7
7	132,2	210,0	51,0	159,0	43,3	116,1	210,0	51,0	159,0	42,5
8	156,4	211,0	79,0	132,0	41,2	140,9	211,0	79,0	132,0	40,2
9	151,0	217,0	64,0	153,0	46,2	137,3	217,0	64,0	153,0	43,3
10	50,3	112,0	1,0	111,0	34,0	35,3	112,0	0,0	112,0	33,4
11	126,8	196,0	31,5	164,5	50,8	110,7	196,0	31,5	164,5	48,8
12	116,9	183,0	31,0	152,0	48,4	100,5	183,0	31,0	152,0	47,0
13	121,5	188,0	10,0	178,0	53,3	106,9	188,0	10,0	178,0	49,8
14	172,0	236,0	77,0	159,0	52,5	160,3	236,0	77,0	159,0	47,5
15	216,2	275,5	135,0	140,5	51,5	218,8	275,5	135,0	140,5	43,7
16	175,0	235,0	71,0	164,0	58,1	172,1	235,0	71,0	164,0	48,6
17	106,6	162,0	29,0	133,0	51,4	91,7	162,0	29,0	133,0	49,5
18	171,9	231,0	75,0	156,0	52,9	161,1	231,0	75,0	156,0	48,2

* – okres wegetacyjny przyjęto jako część roku, w której średnia dekadowa temperatura powietrza utrzymuje się powyżej 5°C. W roku hydrologicznym 2006 okres wegetacyjny trwał od 1 kwietnia do 31 października (214 dni).



Rysunek 5. Średnie tygodniowe głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej dla trzech grup studzienek (najpłytszych, średnich i najgłębszych) w okresie od 06.01.2005 roku do 28.10.2006 roku

Figure 5. Mean weekly ground water tables for three groups of wells (the most shallow, medium and the deepest) from 06.01.2005 to 28.10.2006

Podstawowe charakterystyki analizowanych trzech grup studzienek przedstawione zostały w tabeli 5, z której wynika, iż studzienki położone w partiach dolinowych zlewni cechuje średnie zaleganie lustra wody gruntowej najpłycej pod powierzchnią terenu, natomiast studzienki położone w partiach wododziałowych zlewni wyróżnia najgłębsze średnie zaleganie lustra wody gruntowej. Zaobserwować także można, że studzienki położone na obszarach wyższych (wododziałowych), określa nieznacznie większe zróżnicowanie położenia lustra wody gruntowej w ciągu roku, niż położonych niżej (w partiach dolinowych).

Tabela 5. Podstawowe charakterystyki wybranych pod względem wysokościowym trzech grup studzienek

Table 5. Basic characteristics of three groups of wells differentiated by altitude

Grupa głębokościowa	Stan wody gruntowej [cm p.p.t.]			Odchylenie standardowe
	średni	minimalny	maksymalny	
tereny dolinowe	68,8	-1	183	45,5
tereny zboczowe	126,1	10	235	51,3
terene wododziałowe	161,2	51	276,5	54,4

Silne skorelowanie stanów wód gruntowych pomiędzy wydzielonymi trzema grupami studzienek ilustruje macierz korelacyjna (tab. 6).

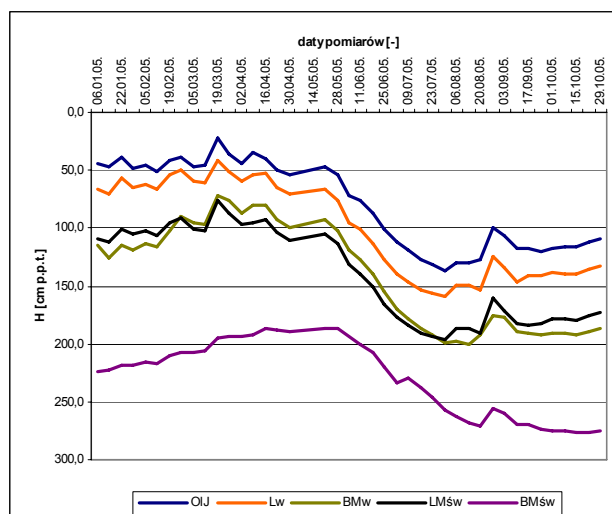
Tabela 6. Macierz korelacyjna dla trzech grup studzienek
Table 6. The correlation matrix for the three groups of wells, distinguished on the basis of their location in the catchment

Grupa studzienek	Płytkie	średnie	głębokie
płytkie	1,00	0,98	0,97
średnie	0,98	1,00	1,00
głębokie	0,97	1,00	1,00

Oznaczone wsp. korelacji są istotne statystycznie ($\alpha < 0,05$)

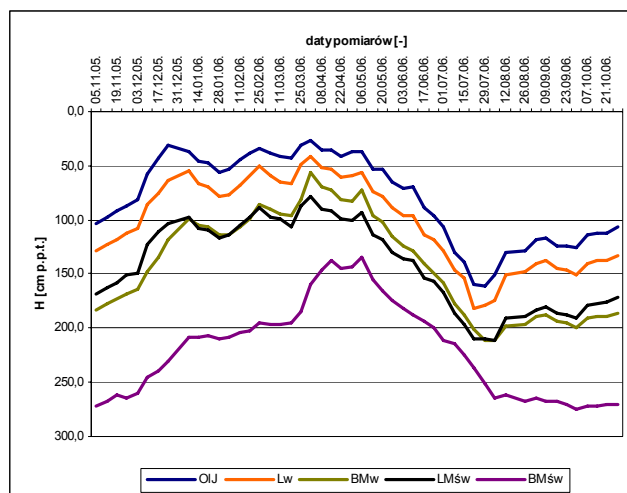
Oba analizowane lata hydrologiczne (2005 i 2006) cechuje podobny przebieg zalegania zwierciadła wody gruntowej w poszczególnych siedliskach (rys. 6, 7). Wyraźna jest także cykliczność zmian położenia lustra wody. Potwierdza ona fakt znany i powszechnie występujący w literaturze, mówiący, że w miesiącach letnich następuje obniżenie zwierciadła wód gruntowych. Proces ten to wynik wzmożonej w tym okresie transpiracji roślin.

Wspomniane wyżej rysunki 6 oraz 7 obrazują zaleganie wód gruntowych w różnych siedliskach leśnych występujących na badanych zlewniach. Najpłycej zalegały wody w siedliskach olsu jesionowego i lasu wilgotnego, natomiast wyraźnie najgłębiej w siedliskach boru mieszanego świeżego. Wyżej opisane zależności sprawdzają się w obu analizowanych latach hydrologicznych (2005 i 2006).



Rysunek 6. Stany wody gruntowej na siedliskach leśnych, Leśnictwo Marianka, rok hydrologiczny 2005

Figure 6. Ground water levels in different forest sites, the Marianka Forest Division, hydrological year 2005



Rysunek 7. Stany wody gruntowej na różnych siedliskach leśnych, Leśnictwo Marianka, rok hydrologiczny 2006

Figure 7. Ground water levels in different forest sites, the Marianka Forest Division, hydrological year 2006

Tabela 7. zawiera podstawowe parametry położenia zwierciadła wód gruntowych ze względu na usytuowanie punktów pomiarowych (studzienek) w różnych typach siedliskowych lasu.

Tabela 7. Średnie wartości i statystyki stanów wód gruntowych w studzienkach położonych na terenie określonego typu siedliskowego lasu w roku hydrologicznym 2005 i 2006

Table 7. Mean values and statistics of ground waters in wells located in a specific forest site type in hydrological years 2005 and 2006

ŚTL	OIJ	Lw	BMw	LMśw	BMśw
h_{max} [cm p.p.t.]	198 22.07.06.	217 22.07.06.	253 05.08.06.	211 05.08.06.	276,5 15.10.05.
h_{min} [cm p.p.t.]	-1 19.03.05.	6 22.01.05. 24.12.05.	10 01.04.06.	75,5 19.03.05.	135 06.05.06.
\bar{h} [cm p.p.t.]	80,1	101,7	141,1	140,8	223,5
Δh [cm]	199	211	243	135,5	141,5
Σ	47,9	54,5	55,6	40,1	39,2

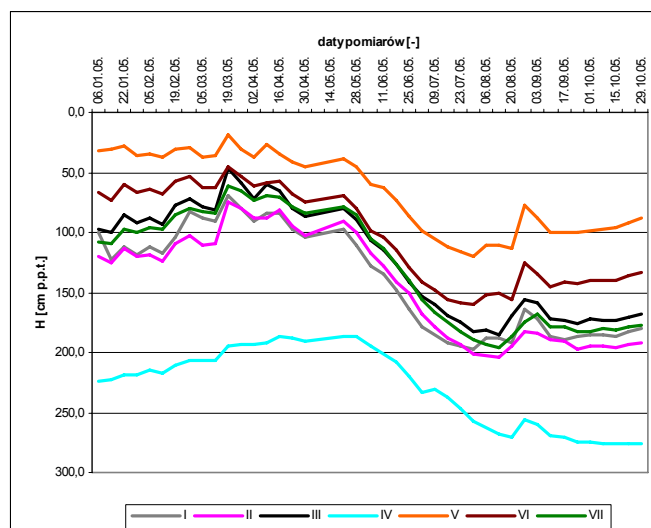
Zależności głębokości zalegania wód gruntowych pomiędzy wydzielonymi siedliskami ilustruje macierz korelacyjna w tabeli 8. Korelacje te są silne, a nawet bardzo silne (Lw, LMśw), około 1.

Tabela 8. Macierz korelacyjna stanów wód gruntowych na badanych siedliskach
Table 8. Correlation matrix for ground water levels in analyzed sites

ŚTL	OIJ	Lw	BMw	LMśw	BMśw
OIJ	1,00	0,99	0,96	0,99	0,75
Lw	0,99	1,00	0,97	1,00	0,77
BMw	0,96	0,97	1,00	0,97	0,89
LMśw	0,99	1,00	0,97	1,00	0,78
BMśw	0,75	0,77	0,89	0,78	1,00

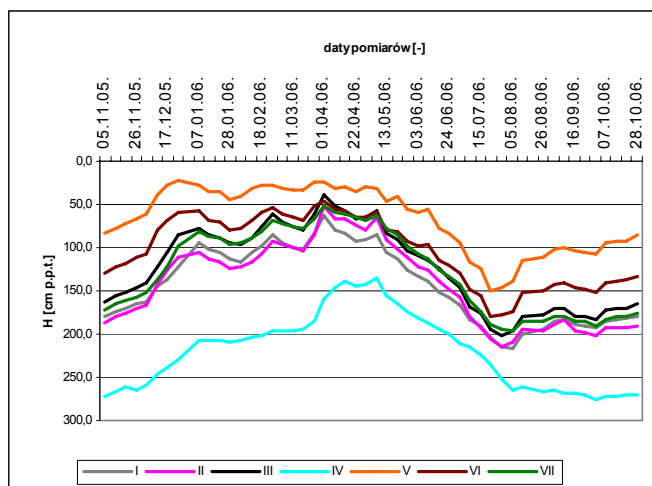
Oznaczone wsp. korelacji są istotne statystycznie ($\alpha < 0,05$)

Podczas analizowania zmian zalegania wód gruntowych w zależności od klas wieku drzewostanów wyraźnie rysuje się sezonowa zmienność oraz zbliżony przebieg krzywych. Rysunki 8 oraz 9 obrazują zaleganie wód gruntowych w różnych klasach wieku występujących na badanych zlewniach. Najpłycej zalegały wody w V i VI klasie. Zdecydowanie najgłębiej w IV klasie wieku. Powyższe zależności dotyczą zarówno roku hydrologicznego 2005 jak i 2006. Trudno tu o jednoznaczny komentarz.



Rysunek 8. Stany wody gruntowej w drzewostanach różnych klas wieku, Leśnictwo Marianka, rok hydrologiczny 2005

Figure 8. Ground water levels in stands of different age classes, the Marianka Forest Division, hydrological year 2005



Rysunek 9. Stany wody gruntowej w drzewostanach różnych klas wieku, Leśnictwo Marianka, rok hydrologiczny 2006

Figure 9. Ground water levels in stands of different age classes, the Marianka Forest Division, hydrological year 2006

W tabeli 9 przedstawiono podstawowe parametry położenia zwierciadła wód gruntowych ze względu na usytuowanie punktów pomiarowych (studzienek) w różnych klasach wieku drzewostanu.

Tabela 9. Średnie wartości i statystyki stanów wód gruntowych w studzienkach położonych na terenie określonej klasy wieku drzewostanu w roku hydrologicznym 2005 i 2006

Table 9. Mean values and statistics of ground water levels in wells located in a specific age class of the stand in hydrological years 2005 and 2006

Klasa wieku	I	II	III	IV	V	VI	VII
h_{\max} [cm p.p.t.]	253 05.08.06.	235 29.07.06.	236 22.07.06.	276,5 15.10.05.	198 22.07.06.	211 05.08.06.	232 13.08.05.
h_{\min} [cm p.p.t.]	24 01.04.06.	26 19.03.05.	10 01.04.06.	135 06.05.06.	-1 19.03.05.	6 24.12.05. 22.01.05.	29 01.04.06. 06.05.06.
\bar{h} [cm p.p.t.]	142,2	142,9	122,9	223,5	66,8	103,3	127,9
Δh [cm]	229	209	226	141,5	199	205	203
Σ	48,5	56,1	53,9	39,2	42,5	54,9	58,8

Analizując położenia zwierciadła wód gruntowych związane z klasą wieku drzewostanu (tab. 10) stwierdzić można, iż nieco słabszy związek występuje w powiązaniach dla IV klasy wieku z pozostałymi klasami wieku.

Tabela 10. Macierz korelacyjna stanów wód gruntowych dla badanych klas wieku drzewostanów

Table 10. Correlation matrix for ground water levels in analyzed age classes of stands

Klasa wieku	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	1,00	0,98	0,99	0,83	0,95	0,98	0,98
II	0,98	1,00	0,99	0,91	0,92	0,95	0,99
III	0,99	0,99	1,00	0,85	0,95	0,98	0,99
IV	0,83	0,91	0,85	1,00	0,70	0,75	0,89
V	0,95	0,92	0,95	0,70	1,00	0,99	0,93
VI	0,98	0,95	0,98	0,75	0,99	1,00	0,96
VII	0,98	0,99	0,99	0,89	0,93	0,96	1,00

Oznaczone wsp. korelacji są istotne statystycznie ($\alpha < 0,05$)

WNIOSKI

1. Zlewnie objęte badaniami, pomimo lokalizacji na terenach mokradłowych, cechują okresy z brakiem wody w rowach. Na analizowanych ciekach odpływ występował od połowy listopada 2004 roku do początku czerwca 2005 roku, a w następnym roku hydrologicznym – ponownie od połowy listopada, ale nieco dłużej, bo do połowy czerwca 2006.

2. Najwyższe stany zaobserwowane w roku hydrologicznym 2005 wynosiły 46,3 cm (w zlewni I) oraz 56,7 cm (w zlewni II), natomiast w roku hydrologicznym 2006 odpowiednio 56 cm i 51 cm. W pierwszym z analizowanych lat maksymalny odpływ jednostkowy (obliczony jako średni z wartości obliczonych dla obydwu zlewni) wynosił $15,6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. W kolejnym roku maksymalny odpływ jednostkowy wynosił $11,2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$.

3. W odniesieniu do wód gruntowych obszaru zlewni zauważono przewidywalny związek zalegania zwierciadła wody z miejscem lokalizacji studzienek. Studzienki położone w partiach szczytowych zlewni mają lustro wody najgłębiej pod powierzchnią terenu, studzienki z terenów dolinowych najpłycej. Zaobserwować także można, że studzienki położone na obszarach wyższych (wododziałowych) charakteryzuje nieznacznie większe zróżnicowanie położenia lustra wody gruntowej w ciągu roku, niż położonych niżej (w partiach dolinowych).

4. Oba analizowane lata hydrologiczne (2005 i 2006) cechuje podobny przebieg zalegania zwierciadła wody gruntowej w poszczególnych siedliskach. Wyraźna jest także cykliczność zmian położenia lustra wody tzn. podniesienie poziomu wody na jesień, a w miesiącach letnich jego obniżenie (wynik zmian

w procesie transpiracji roślin). Zalegania wód gruntowych dość ściśle zależy od siedliska. Najpłycej zalegały wody w siedliskach olsu jesionowego -siedlisku bagiennym, natomiast wyraźnie najgłębiej w siedliskach boru mieszanego świeżego – siedlisku świeżym.

5. Podczas analizowania zmian zalegania wód gruntowych w zależności od klas wieku drzewostanów wyraźnie rysuje się sezonowa zmienność oraz zbliżony przebieg zmian. Najpłycej zalegały wody w drzewostanach V i VI klasy wieku. Zdecydowanie najgłębiej w IV klasie wieku. Powyższe zależności dotyczą zarówno roku hydrologicznego 2005 jak i 2006.

BIBLIOGRAFIA

- Ciepielowski A., Pienkos K. *Od Komitetu Organizacyjnego Seminarium pt.: „Problemy gospodarowania wodą w lasach”*. Sylwan ROK CXXXIX Nr11. Warszawa 1995.
- Pawlaczyk P., Wołejko L., Jermaczek A., Stańko R. *Poradnik ochrony mokradel*. Wydawnictwo Lubuskiego Klubu Przyrodników. Świebodzin 2002.
- Pierzgalski E. *Specyfika obiektów małej retencji w lasach*. Wiadomości melioracyjne i łąkarskie. Zagadnienia Inżynierii Środowiska Wiejskiego. Nr 3. 2007 s. 120–124.
- Tyszka J. *Przyczyny zakłóceń warunków wodnych i metody łagodzenia ich skutków w ekosystemach leśnych*. Post. Tech. Leś. Nr 86. 2004 str. 49–53.

Mgr inż. Anna Krysztofiak
Katedra Inżynierii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Mazowiecka 41, 60-623 Poznań,
e-mail: annakrysztofiak@wp.pl

Prof. dr hab. inż. Antoni T. Miler
Katedra Inżynierii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Mazowiecka 41, 60-623 Poznań,
e-mail: amiler@au.poznan.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Pałys*