
ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXII (1)

SECTIO E

2007

Zakład Meteorologii i Klimatologii, Instytut Nauk o Ziemi,
Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Al. Kraśnicka 2 c, d, 20-718 Lublin, Poland,
email: mdobek@biotop.umcs.lublin.pl

MATEUSZ DOBEK

**Reakcja zwierciadła wód podziemnych
na opad atmosferyczny w latach 1961–1981
w wybranych punktach Wyżyny Lubelskiej**

The reaction of groundwater levels to the rainfall in the years 1961–1981
in selected areas of the Lublin Upland

Streszczenie. Celem pracy było określenie zależności dynamiki zwierciadła wód podziemnych od opadów atmosferycznych. Materiałem wyjściowym były dane dotyczące stanów wód podziemnych i sum opadów atmosferycznych z lat 1961–1981 zamieszczone w Rocznikach Hydrogeologicznych Wód Podziemnych oraz w Rocznikach Opadowych. Przyjęcie lat granicznych wynikało z dostępności materiałów publikowanych przez IMiGW oraz ciągłość danych. Do analizy dynamiki stanów wody wybrano sześć stacji z obszaru Wyżyny Lubelskiej, dla których zebrano dwudziestoletni ciąg obserwacji. W wyniku analizy zebranych danych stwierdzono, iż w studniach największy wpływ na zwierciadło wód podziemnych mają opady szeszluszczne. Silniejsze związki wahań zwierciadła wód podziemnych oraz opadów atmosferycznych występują w półroczu letnim roku hydrologicznego, przy czym opady atmosferyczne półroczu zimowego mają największy wpływ na wahań zwierciadła wód podziemnych w następującym półroczu. W ciągu roku na dynamikę zwierciadła wód podziemnych najsilniejszy wpływ mają opady następujące z miesięcznym wyprzedzeniem w stosunku do pomiaru głębokości zwierciadła wody.

Słowa kluczowe: wody podziemne, wahań zwierciadła wód podziemnych, Wyżyna Lubelska

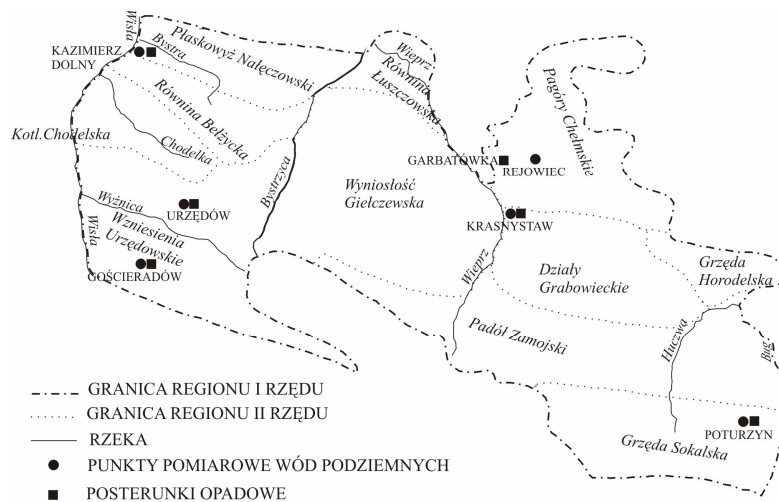
WSTĘP

Okresy wysokiego i niskiego zasilania atmosferycznego w dużym stopniu wpływają na dynamikę zwierciadła wód podziemnych. Poznanie związku między opadem atmosferycznym a wodami podziemnymi ma duże znaczenie dla ochrony ilościowej, racjonalnego gospodarowania oraz planowania wykorzystania w przyszłości zasobów tych wód gospodarczo i rolniczo.

Zagadnieniem wahań zwierciadła wód podziemnych na obszarze Wyżyny Lubelskiej zajmowali się różni autorzy. W swoich pracach uwzględniali oni szereg czynników wpływających na dynamikę zwierciadła wód podziemnych. Paszczyk [1973] za pomocą analizy statystycznej dokonał oceny wahań zwierciadła wód podziemnych oraz wyróżnił typy ich zmienności. Wody podziemne w regionie Lubelskiego Zagłębia Węglowego były przedmiotem analizy Wilgata i in. [1984]. Inny obszar Lubelszczyzny, południowo – zachodnia krawędź Wyżyny Lubelskiej analizowana była przez Jańca [1984] pod kątem krążenia i dynamiki wód podziemnych. Występowanie, krążenie oraz dynamikę wód podziemnych na obszarze całej Wyżyny Lubelskiej przedstawił Michalczyk [1986]. Zagadnienie wahań zwierciadła wód podziemnych Lubelszczyzny zamieścił w swoim opracowaniu dotyczącym obszaru całej Polski Chelmiński [1991].

CEL PRACY I METODY

Celem pracy było określenie zależności dynamiki zwierciadła wód podziemnych od opadów atmosferycznych oraz czasu potrzebnego na reakcję zwierciadła wód na opad. Materiałem wyjściowym były dane zamieszczone w Rocznikach Hydrologicznych Wód Podziemnych z okresu 1961–1981. Przyjęcie tych lat granicznych wynikało z dostępności materiałów publikowanych przez IMGW oraz ciągłości danych. Do analizy dynamiki stanów wody wybrano sześć punktów obserwacyjnych, dla których zebrano dwudziestoletni ciąg obserwacji. Dane zawierające sumy opadów atmosferycznych pochodzą z Roczników Opadów za lata 1961–1981. Zebrane dane dotyczące miesięcznych stanów zwierciadła wód podziemnych i miesięcznych sum opadów poddano analizie za pomocą wybranych metod statystycznych. Istotność statystyczną sprawdzono za pomocą testu t-Studenta na poziomie istotności $t_{\alpha} = 0,05$.



Rys. 1. Położenie stacji pomiarowych wód podziemnych i posterunków opadowych na tle podziału fizjograficznego Wyżyny Lubelskiej wg A. Chałubińskiej, T. Wilgata [1954]

Fig. 1. Observation well and precipitation station compared to The Lublin Upland

W opracowaniu uwzględniono sześć studni zlokalizowanych na obszarze Wyżyny Lubelskiej. Są one umiejscowione w różnych częściach regionu (rys. 1). Studnie te różnią się znacznie położeniem morfologicznym, głębokością oraz budową geologiczną (tab. 1). Sytuacja ta utrudnia porównanie warunków zasilania wód podziemnych, pozwala jednak zaobserwować ten proces w poszczególnych punktach Wyżyny Lubelskiej.

Tabela 1. Charakterystyka studni pomiarowych
Table 1. Profile of observation wells

Miejscowość Place	φ φ	λ λ	Wys. m n.p.m. Altitude m a.s.l.	Położenie Location	Rodzaj skały Rock	Głęb., m Depth, m
Kazimierz Dolny	51°19'	21°58'	138,13	dolina valley	skały węglanowe carbonate rocks	20
Urzędów	50°00'	22°08'	188,68	dolina valley	skały węglanowe carbonate rocks	10
Gościeradów	50°52'	22°00'	176,31	dolina valley	piaski sands	9
Poturzyn	50°34'	23°57'	240,94	stok slope	skały węglanowe carbonate rocks	8
Krasnystaw	50°59'	23°11'	180,66	terasa terrace	piaski sands	3,5
Rejowiec	51°06'	23°17'	212,02	stok slope	skały węglanowe carbonate rocks	6

Sumy opadów atmosferycznych pochodzą ze stacji zlokalizowanych w najbliższym sąsiedztwie od badanych studni, w tej samej miejscowości. Tylko w przypadku studni Rejowiec najbliższy posterunek opadowy znajduje się w miejscowości Garbatówka.

WYNIKI

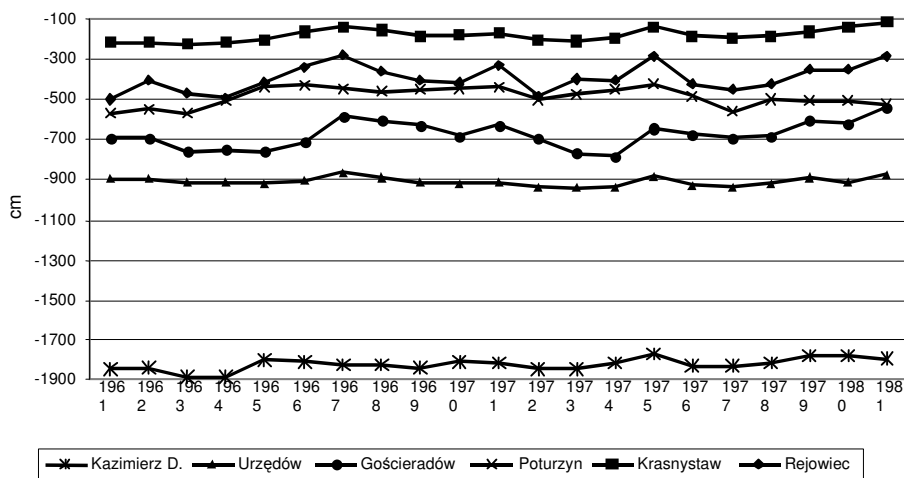
Średni opad atmosferyczny w analizowanych stacjach dla okresu 1961–1981 wynosił 600 mm (tab. 2). Na podstawie rocznych sum opadów atmosferycznych lata 1966, 1967, 1970, 1974 oraz 1980 zaliczyć można do wilgotnych, a 1969 i 1971 do suchych. W żadnej ze stacji nie stwierdzono istotnej statystycznie tendencji do wzrostu bądź spadku rocznych sum opadów atmosferycznych.

Tabela 2. Średnia wielkość opadu atmosferycznego w analizowanych stacjach (1961–1981)
Table 2. Mean rainfall in analyzed stations (1961–1981)

Posterunek – Station	mm
Krasnystaw	567
Poturzyn	620
Gościeradów	588
Urzędów	658
Kazimierz Dolny	628
Garbatówka	543
Średnia – Mean	600

Wahania stanów zwierciadła wód podziemnych Wyżyny Lubelskiej w latach 1961–1981 ulegały wyraźnym zmianom. W przebiegu średnich rocznych stanów wód podziemnych w każdej z analizowanych studni zaznaczały się lata o wysokich i niskich stanach wód (rys. 2).

Wyższe stany zwierciadła wód podziemnych w większości studni występowały w latach 1967, 1971, 1975 i 1981. Liczne czynniki wpływające na szybkość reakcji zwierciadła wód podziemnych na opad atmosferyczny powodują, iż wahania te mogą zachodzić ze znacznym opóźnieniem w stosunku do opadu. W tabeli 3 podano współczynniki korelacji średnich rocznych stanów wód podziemnych i rocznych sum opadów atmosferycznych w okresie 1961–1981. W przypadku, kiedy korelowano stan wód podziemnych z opadami z tego samego roku najsilniejszy związek otrzymano w stacji Poturzyn. Przyczyną reakcji zwierciadła wód podziemnych na opad z tego samego roku może być lokalizacja studni Poturzyn w silnie spękanych marglach kredowych przykrytych w stropie lessem. Zasoby wód podziemnych systemem spękań i szczelin mają możliwość szybkiego uzupełniania opadami atmosferycznymi. Niższe, ale istotne statystycznie, związki wahań stanów zwierciadła wód podziemnych i opadów atmosferycznych w tym samym roku występowały również w studniach w Kazimierzu Dolnym oraz Rejowcu. Pozostałe z analizowanych studni wykazywały wyraźną zależność wahań zwierciadła wód podziemnych od opadu występującego rok wcześniej. Potwierdza to wcześniejsze badania i wnioski Michalczyka [1986], który stwierdził, iż na Wyżynie Lubelskiej największy wpływ na zasilanie wód podziemnych mają wody opadowe z roku poprzedniego lub z dwóch lat wcześniej. W przypadku studni analizowanych w pracy wpływ opadów atmosferycznych sprzed dwóch lat na wahania wód podziemnych maleje.



Rys. 2. Średnie roczne stany wód podziemnych w analizowanych studniach w latach 1961–1981
Fig. 2. Mean annual groundwater levels in analyzed wells in 1961–1981

W dalszej części zanalizowano wpływ opadów atmosferycznych na dynamikę zwierciadła wód podziemnych w roku hydrologicznym. Dokonano podziału na półrocze zimowe (listopad – kwiecień) oraz półrocze letnie (maj – październik). Podobny podział roku

Tabela 3. Współczynniki korelacji między średnimi rocznymi stanami wód podziemnych i rocznymi sumami opadu w latach 1961–1981
 Table 3. Correlations between mean annual groundwater levels and annual sum rainfall in 1961–1981

Zmienne – Variables	Kazimierz	Urzędów	Gościeradów	Poturzyn	Krasnystaw	Rejowiec
Stany zwierciadła wód podziemnych i opad atmosferyczne z tego samego roku Groundwater levels states and rainfall in the same year	0,391	0,259	0,133	0,576	0,285	0,391
Stany zwierciadła wód podziemnych i opad z roku poprzedniego Groundwater levels states and rainfall from the previous year	0,063	0,614	0,525	0,535	0,662	0,615

Wyróżniono współczynniki korelacji istotne statystycznie ($t_{\alpha} = 0,05$)

Tabela 4. Współczynniki korelacji między średnimi stanami wód podziemnych i sumami opadu w półroczach wieloletnia 1961–1981
 (na podstawie średnich miesięcznych)

Table 4. Correlations between sum rainfall and mean groundwater level in half – years period (based on monthly mean)

Zmienne – Variables	Kazimierz		Urzędów		Gościeradów		Poturzyn		Krasnystaw		Rejowiec	
	zima winter	lato summer	zima winter	lato summer	zima winter	lato summer	zima winter	lato summer	zima winter	lato summer	zima winter	lato summer
P i H z tych samych półroczy P and H from the same half – years	0,366	0,662	0,309	0,228	0,230	0,0006	0,409	0,592	0,069	0,586	0,005	0,617
P pół roku wcześniej niż H P half year earlier than H	0,434		0,527		0,300		0,559		0,496		0,223	

Wyróżniono współczynniki korelacji istotne statystycznie ($t_{\alpha} = 0,05$).

H – stan zwierciadła wód podziemnych, w cm

P – opad atmosferyczny, mm

hydrologicznego wykorzystano m.in. we Wrocławiu do zbadania wpływu opadów na stany zwierciadła wód podziemnych, lecz do analizy uwzględniono tylko półrocza letnie [Bac, i in. 2004].

Współczynniki korelacji między średnimi miesięcznymi stanami wód podziemnych a średnimi miesięcznymi sumami opadów w półroczach zimowym i letnim okresu 1961–1981 zamieszczono w tabeli 4. Korelując opad atmosferyczny i stan wód podziemnych dla półroczy (np. P_{zima}/H_{zima} 1961) stwierdzono, iż w Kazimierzu Dolnym, Poturzynie, Krasnymstawie oraz Rejowcu istotne statystycznie korelacje występowały w półroczach letnich. W półroczu zimowym w wyniku zamarzania gruntu opad miał utrudnioną infiltrację, stąd mniejsza zależność między opadem atmosferycznym a wahaniami zwierciadła wód podziemnych.

Dzieląc okres 1961–1981 na półrocza zimowe i letnie w układzie roku hydrologicznego i korelując stany wód podziemnych z opadami z tych samych półroczy zauważono bardzo słabe zależności tych dwóch elementów. Zależność ta znacznie wzrosła, kiedy stany wód podziemnych skorelowano z opadami występującymi pół roku wcześniej (tab. 4). Wskazuje to, iż na zasilanie zbiornika wód podziemnych wpływ miały opady zimowe zmagazynowane w postaci pokrywy śnieżnej w półroczu zimowym. Uwolnione w procesie topnienia, po ustąpieniu zmarzliny, z opóźnieniem wywołanym czasem potrzebnym na infiltrację mogły zasilić wody podziemne w półroczu letnim [Chełmicki 1989].

W celu prześledzenia wpływu opadów atmosferycznych na zmiany zwierciadła wód podziemnych obliczono współczynniki korelacji między średnimi miesięcznymi stanami wód podziemnych a miesięcznymi sumami opadów atmosferycznych. Reakcja zwierciadła wód podziemnych na opad w tym samym miesiącu wystąpiła w niewielkiej liczbie przypadków. Istotne statystycznie korelacje miały miejsce w Kazimierzu Dolnym (marzec, październik), Urzędowie (marzec, październik), Gościeradowie (marzec), Poturzynie (wrzesień, październik), Krasnymstawie (październik, grudzień) oraz Rejowcu (kwiecień, lipiec, październik). Charakterystyczne jest powtarzanie się w większości studni współzależności stanów wód podziemnych i opadów atmosferycznych w październiku. W miesiącach półrocza chłodnego (grudzień, styczeń, luty) bardzo wyraźny był spadek korelacji pomiędzy opadami a wahaniami zwierciadła wód podziemnych. Było to spowodowane brakiem możliwości uzupełniania zasobów wód podziemnych infiltrującymi wodami opadowymi w wyniku zamarznięcia gruntu.

Wpływ opadów atmosferycznych na stany wód podziemnych w okresach miesięcznych prześledzono, wyliczając współczynniki korelacji między średnimi miesięcznymi stanami zwierciadła wód podziemnych a miesięcznymi sumami opadów atmosferycznych. Najsilniejsze związki (na poziomie istotności $t_{\alpha} = 0,05$) otrzymano uwzględniając opad występujący miesiąc wcześniej w stosunku do stanów zwierciadła wód podziemnych. W Kazimierzu Dolnym współzależność ta (wartość współczynnika korelacji $\geq 0,5$) występowała 6 razy w roku, w Poturzynie i Rejowcu 5 razy, w Krasnymstawie 4 razy, Urzędowie 3 razy oraz Gościeradowie 2 razy. Zależności te w poszczególnych studniach występowały w różnych miesiącach roku.

WNIOSKI

W pracy prześledzono wpływ opadów atmosferycznych na dynamikę zwierciadła wód podziemnych w wybranych punktach Wyżyny Lubelskiej. Stwierdzono, iż w latach 1961–1981 na wysokość zwierciadła wód podziemnych analizowanego obszaru

większy wpływ wywierały opady roku poprzedniego, mniejszy – z roku bieżącego. Silniejsze związki wahań zwierciadła wód podziemnych oraz opadów atmosferycznych występowały w półroczach letnich roku hydrologicznego, słabsze w zimowych. Największy wpływ na wahania wód podziemnych w półroczu letnim miały opady atmosferyczne półrocza zimowego. W przebiegu rocznym najsilniejsze związki opadu atmosferycznego z wahaniami zwierciadła wód podziemnych występowały w marcu i październiku. Istotny wpływ na dynamikę zwierciadła wód podziemnych miały opady miesiąca poprzedniego.

PIŚMIENNICTWO

- Bac S., Biniak M., Pasiński Z., Żyromski A., 2004. Stany wód podziemnych w wybranych punktach Wrocławia w okresie wieloletnim [w:] Bilanse wodne ekosystemów rolniczych. 3, Rójek M. (red.), Wyd. AR we Wrocławiu.
- Chałubińska A., Wilgat T., 1954. Podział fizjograficzny województwa lubelskiego. [w:] Przewodnik 5 Ogólnopolskiego Zjazdu PTG, Lublin, 3–34.
- Chelmiński W., 1991. Reżim płytkich wód podziemnych w Polsce. Rozpr. hab. 218, UJ Kraków. 68–72, 104.
- Janiec B., 1984. Wody podziemne w strefie południowo-zachodniej krawędzi Wyżyny Lubelskiej. LTN, Wyd. Geologiczne, Warszawa. 52–63.
- Michałczyk Z., 1986: Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Roztocza., Wyd. UMCS, Lublin, 67–68.
- Paszczyk J., 1973. Analiza wahań zwierciadła wód podziemnych w obszarze wschodnim Polski. [w:] Przegląd Geograficzny. 45, 3, 559–607.
- Roczniki Hydrologiczne Wód Podziemnych. Wyd. IMGW, Warszawa, lata 1960–1981.
- Roczniki Opadowe. Wyd. IMGW, Warszawa, lata 1961–1981.
- Wilgat T., Michałczyk Z., Paszczyk J., 1984: Płytkie wody podziemne w obszarze związanym z centralnym rejonem Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Wyd. UMCS, Lublin, 16–25.

Summary. The aim of the project was to define relations between the dynamics of groundwater levels and rainfall. The point of departure for this study was the data concerning groundwater levels and sum of atmospheric rainfall in the years 1961–1981 published in *Roczniki Hydrogeologiczne Wód Podziemnych* and in *Roczniki Opadowe*. The selection of this time period was determined by the availability of materials published by IMGW and continuity of studies. The analysis of the dynamics of water levels was carried out at six stations in The Lublin Upland. The research revealed that it is the previous year rainfall that has a major influence on underground water surface. A closer connection between the fluctuation of groundwater levels and atmospheric rainfall has been observed in the summer half – year of hydrologic year the rainfall of the winter – half year have the greatest impact on the fluctuation of groundwater levels in the following half – year. It has been observed that it is the rainfall occurring a month before the measurement of water levels that has strongest influence on the dynamics of groundwater levels.

Key words: groundwaters, groundwater level fluctuation, Lublin Upland