

## Dynamika stanu wód podziemnych w strefie pogranicza Roztocza Zachodniego i Wyżyny Lubelskiej w 2014 r.

Łukasz Chabudziński<sup>1</sup>, Zdzisław Michalczyk<sup>2</sup>

**Dynamics of the groundwater levels in the border zone of Western Roztocze and the Lublin Upland in 2014.** Prz. Geol., 63: 639–644.

*Abstract.* The paper presents the dynamics of the groundwater levels characterised in 2014 for 12 dug wells located in the border zone of Western Roztocze and the Lublin Upland. Data showing groundwater level fluctuations were obtained using automated pressure water level recorders installed in wells dug in 2013. Data used for characterisation of the meteorological conditions were provided by the weather station in Janów Lubelski; they comprised daily precipitation values, mean daily values of air temperature at a height of 2.0 m above the ground level, and mean daily values of soil temperature at a 0 m level. The analysis was based on the characteristics of each well in terms of their location and groundwater level fluctuations. The collected material was used in an attempt at verification and completion of assumptions presented by Malinowski (1974) and Janiec (1984) concerning the types of dynamics of groundwater levels characteristic for this region.

**Keywords:** precipitation, recharge, groundwater level fluctuation, Roztocze, Lublin Upland

Obserwacje zmian wysokości położenia zwierciadła wód podziemnych stanowią istotny element badań hydrogeologicznych, których wyniki są wykorzystywane do określenia zależności zachodzących między opadem a zasileniem oraz stanowią podstawę szacowania zmian zasobów wód podziemnych, a pośrednio mogą również posłużyć do scharakteryzowania typu środowiska hydrogeologicznego. W Polsce w 2014 r. w ramach sieci obserwacyjno-badawczej Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego (PIG-PIB) działały 1104 punkty badawcze. Na Roztoczu Zachodnim i na Wyżynie Lubelskiej były to trzy stacje hydrogeologiczne pierwszego rzędu i kilkadziesiąt stacji drugiego rzędu, z których tylko jedną zlokalizowano w strefie pogranicza Roztocza Zachodniego i Wyżyny Lubelskiej (Kazimierski, 2014). Stacja ta jest nowym punktem obserwacyjnym, uruchomionym w marcu 2014 r., i znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie doliny Sanny (ryc. 1). Budowa geologiczna i tektonika obszaru badań są skomplikowane, co odzwierciedla się nie tylko w formach terenu (Buraczyński, 1999), ale także w warunkach występowania i krążenia wód podziemnych (Krajewski, 1970, 1984; Wilgat, 1970; Malinowski, 1974; Krajewski & Motyka, 1999; Woźnicka, 2005, 2007). W rejonie tym występują liczne źródła o zróżnicowanej wydajności (Michalczyk, 2001), zasilane z trzech poziomów wodonośnych: kredowego, neogeńskiego i czwartorzędowego, pozostających w łączności hydraulicznej (Wilgat, 1970; Malinowski, 1974).

Cele przeprowadzonych prac to charakterystyka dynamiki zwierciadła wód podziemnych w 2014 r., próba wydzielenia typów zmian stanu wód podziemnych oraz określenie czasu reakcji wód podziemnych na zasilenie. Badania prowadzono w wybranych studniach kopanych, ujmujących kredowy, neogeński i czwartorzędowy poziom wodonośny strefy pogranicza Roztocza Zachodniego i Wyżyny Lubelskiej.

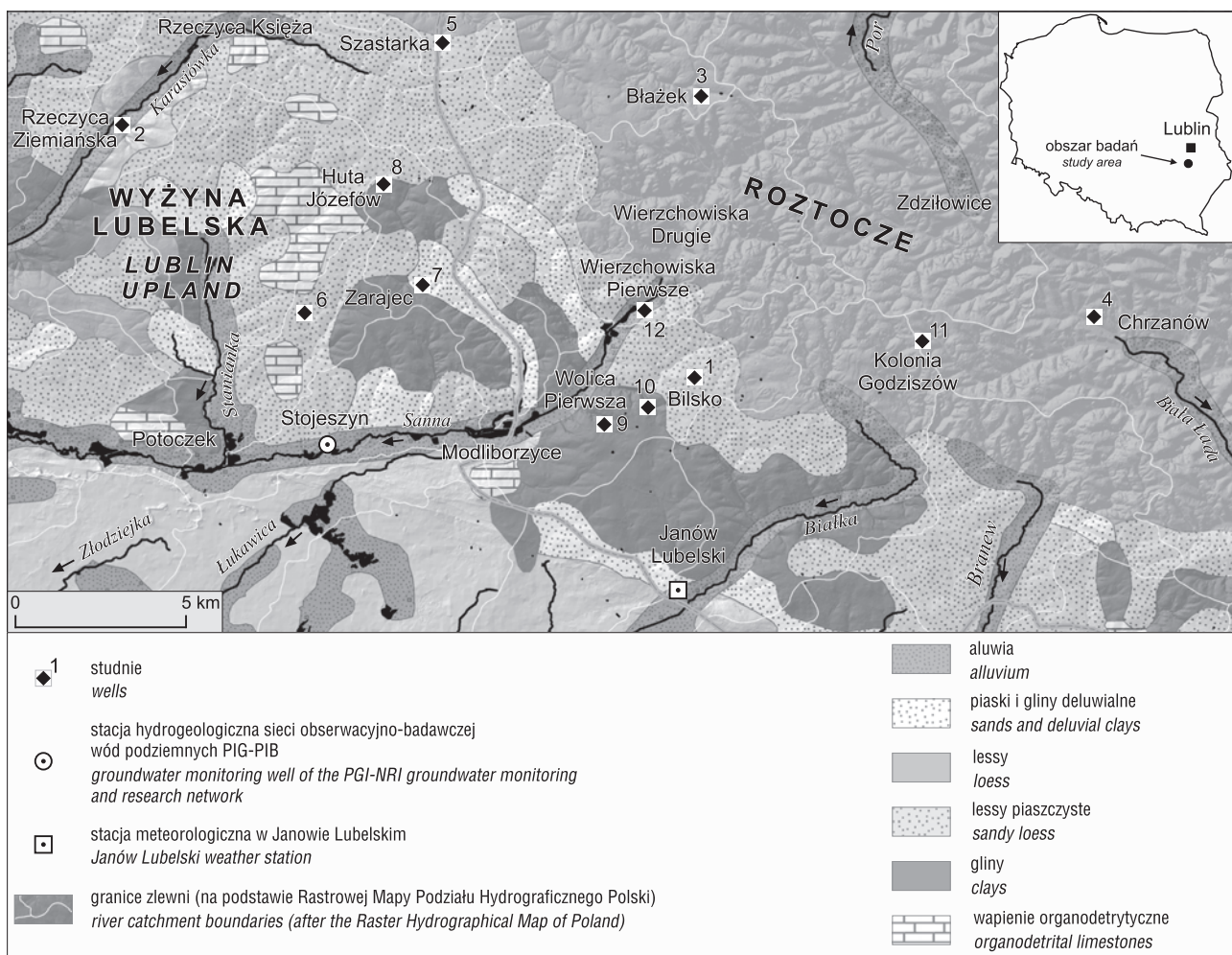
### CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Na pograniczu Roztocza Zachodniego i Wyżyny Lubelskiej przenikają się elementy charakterystyczne dla hydrogeologii obu tych regionów. Podłoże skalne budują utwory kredowe, wykształcone w postaci skał węglanowo-krzemionkowych santonu, kampanu i mastrychtu. Opoki santonu odsłaniają się w głęboko wciętych dolinach Karasiówki, Stanianki i Sanny (ryc. 1), między Rzeczycą Ziemiańską a Modliborzycami (Bielecka, 1965). Najwięcej jest wychodni utworów kampanu, odsłaniających się na linii Rzeczycy Księża–Wierzchowiska Drugie–Zdziłowice (Bielecka, 1965; Wągrowski, 1992, 1996), reprezentowanych przez opoki i opoki margliste. Skały te odznaczają się dużą zawartością glaukonitu, gąbek krzemionkowych i detrytusu oraz znaczną marglistością (Pożaryski, 1956). Najmniejszą powierzchnię zajmują skały mastrychtu (opoki i gezy, margle i opoki margliste; Wągrowski, 1996), odsłaniające się na północ od Chrzanowa. W miejscach wychodni skał kredy górnej występuje zwietrzelina gruzowa o miąższości 2–3 m, a głębiej – skała lita o zmiennej strukturze spękań pionowych i poziomych. Gruboławicowe (o miąższości do 0,5 m) gezy mastrychtu są lokalnie przewarstwione wkładkami ilastymi o miąższości ok. 0,1 m (Wyrwicka, 1977).

W południowej części obszaru badań utwory kredy górnej są przykryte utworami miocenu, wykształconymi głównie jako lite skały węglanowe i miejscami piaski. Utwory miocenu występują na południe od linii Rzeczycy Księża–Wierzchowiska Drugie–Zdziłowice–Chrzanów (ryc. 1). Najstarszymi i najczęściej odsłaniającymi się skałami są badeńskie wapienie margliste i detrytyczne litotamniowe z warstwą erwiliową w stropie (Bielecka, 1967). W zależności od położenia morfologicznego zalegają na nich wapienie organodetrytyczne albo rafowe badenu. Najwyżej w profilu występują wapienie rafowe i serpulowe sarmatu, które często tworzą ostańce. Na południe od strefy Poto-

<sup>1</sup> Pracownia Geoinformacji, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Marii-Curie Skłodowskiej, ul. Kraśnicka 2C, D, 20-718 Lublin; lchabudzinski@gmail.com.

<sup>2</sup> Zakład Hydrologii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Marii-Curie Skłodowskiej, ul. Kraśnicka 2C, D, 20-718 Lublin; zdzislaw.michalczyk@umcs.lublin.pl.



Ryc. 1. Położenie obszaru badań na tle utworów powierzchniowych (Malinowski & Mojski, 1978)

Fig. 1. Location of the wells in relation to the surficial formations (Malinowski & Mojski, 1978)

czek–Modliborzyce–Janów Lubelski występują sarmackie iły margliste, mułowce i margle, tzw. iły krakowieckie (Wągrowski, 1992).

Skały kredy górnej i miocenu są przykryte osadami czwartorzędowymi, powstałymi w wyniku depozycji glacialnej w czasie zlodowaceń sanu 2 i odry, a także sedimentacji peryglacialnej podczas zlodowacenia wisły (Wągrowski, 1992, 1996; Buraczyński, 1999). Miąższość tych osadów jest zróżnicowana nie tylko w skali regionalnej, lecz także w obrębie głównych form rzeźby terenu. Osady czwartorzędowe osiągają największą miąższość – często do kilkudziesięciu metrów – w dnach dolin, natomiast na wierzchołkach ich miąższość zwykle ogranicza się do kilku metrów.

### METODY BADAŃ

Na pograniczu Roztocza Zachodniego i Wyżyny Lubelskiej w 2013 r. w 12 studniach kopanych zainstalowano automatyczne ciśnieniowe rejestratory stanu wody firmy Odyssey. Rejestrowały one zmiany wysokości położenia zwierciadła wód podziemnych w odstępach godzinowych. Wybrano studnie zlokalizowane w miejscach, w których w przeszłości prowadzono obserwacje dynamiki zwierciadła wód podziemnych w ramach dawnej sieci Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej oraz wytypowano nowe w celu jej uzupełnienia na potrzeby regionalnej oceny dynamiki zmian poziomu wód podziemnych (ryc. 1). Osiem

rejestratorów zainstalowano w studniach zlokalizowanych na wierzchołkach, a cztery – w studniach na zboczach dolin. Głębokość dwóch naj płytszych studni wynosi ok. 9,0 m, jednej – 21,2 m, a pozostałych 34,2–54,1 m. Podstawowe informacje dotyczące studni zestawiono w tabeli 1.

W każdej studni, przy użyciu gwizdka hydrogeologicznego, wykonywano patrolowe pomiary wysokości zwierciadła wody. Ich wyniki posłużyły do weryfikacji danych z rejestratorów automatycznych oraz do obliczenia głębokości występowania zwierciadła wody i miąższości warstwy wody w studniach. Do charakterystyki strefy aeracji i saturacji wykorzystano karty profili geologicznych i hydrogeologicznych otworów wiertniczych oraz wybrane arkusze Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000 (Bielecka, 1965; Wągrowski, 1992, 1996; Cieśliński, 1993).

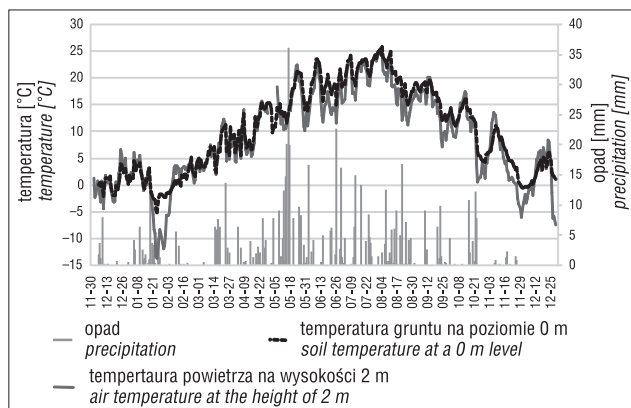
Charakterystyki meteorologiczne opracowano na podstawie danych obserwacyjnych ze stacji meteorologicznej znajdującej się w Janowie Lubelskim (ryc. 1). Wykorzystano dane na temat dobowej wartości opadu, średniej dobowej temperatury powietrza na wysokości 2,0 m oraz temperatury gruntu na poziomie 0 m (ryc. 2).

### WARUNKI METEOROLOGICZNE

Suma opadu w 2014 r. w stacji meteorologicznej w Janowie Lubelskim wyniosła 677,0 mm, z czego 70% stanowił opad z półrocza letniego. Najwięcej (157,0 mm) deszczu

**Tab. 1.** Charakterystyka studni pomiarowych  
**Table 1.** Description of observation wells

Nr studni Well no.	Miejscowość Location	Zlewnia Catchment	Położenie na tle form rzeźby terenu Location on the landforms	Ujmowany poziom wodonośny Water-bearing horizon	Wysokość [m n.p.m.] Altitude [m a.s.l.]	Głębokość do dna [m] Depth to the bottom [m]	Średnia wysokość zwierc. wody [m n.p.m.] Average groundwater level [m a.s.l.]	Amplituda [m] Amplitude [m]
1	Bilsko	Sanna	wierzchowina flat-topped hil	czwartorzędowy Quaternary	281,2	9,0	277,8	5,4
2	Rzeczyca Ziemiańska	Karasiówka	zbocze doliny valley slope	kredowo-czwartorzędowy Cretaceous-Quaternary	218,7	9,1	210,9	0,9
3	Błazek	Bystrzyca	wierzchowina flat-topped hil	kredowy Cretaceous	298,0	51,8	248,9	1,8
4	Chrzanów	Biała Łada	wierzchowina flat-topped hil	kredowy Cretaceous	273,0	21,2	254,9	1,2
5	Szastarka	Wyźnica	wierzchowina flat-topped hil	kredowy Cretaceous	278,7	48,6	232,2	0,7
6	Potok Wielki	Stanianka	wierzchowina flat-topped hil	neogeński Neogene	242,5	35,7	209,6	0,9
7	Zarajec	Sanna	wierzchowina flat-topped hil	kredowy Cretaceous	256,5	40,8	218,2	0,8
8	Huta Józefów	Sanna	wierzchowina flat-topped hil	neogeński Neogene	272,5	34,2	240,2	0,7
9	Wolica Pierwsza	Sanna	zbocze doliny valley slope	neogeński Neogene	250,0	35,3	215,8	0,4
10	Wolica Pierwsza	Sanna	zbocze doliny valley slope	kredowy Cretaceous	253,7	37,2	222,1	0,3
11	Godziszów Kolonia	Biała Łada	wierzchowina flat-topped hil	neogeński Neogene	311,0	54,1	260,0	0,3
12	Wierchowiska Pierwsze	Sanna	zbocze doliny valley slope	kredowy Cretaceous	270,0	49,7	221,2	0,3



**Ryc. 2.** Średnie dobowe wartości opadu, temperatury powietrza oraz temperatury gruntu w stacji w Janowie Lubelskim  
**Fig. 2.** Mean daily values of precipitation and air and soil temperature recorded at the Janów Lubelski weather station

spadło w maju, natomiast najmniej (7,3 mm) w listopadzie. Najcieplejszym miesiącem (średnia temperatura 20,7°C) był lipiec, najchłodniejszym – styczeń (średnia temperatura –2,1°C; ryc. 2). Grunt był zamrożony przez 21 dni, w tym najdłużej w okresie od 20 stycznia do 7 lutego.

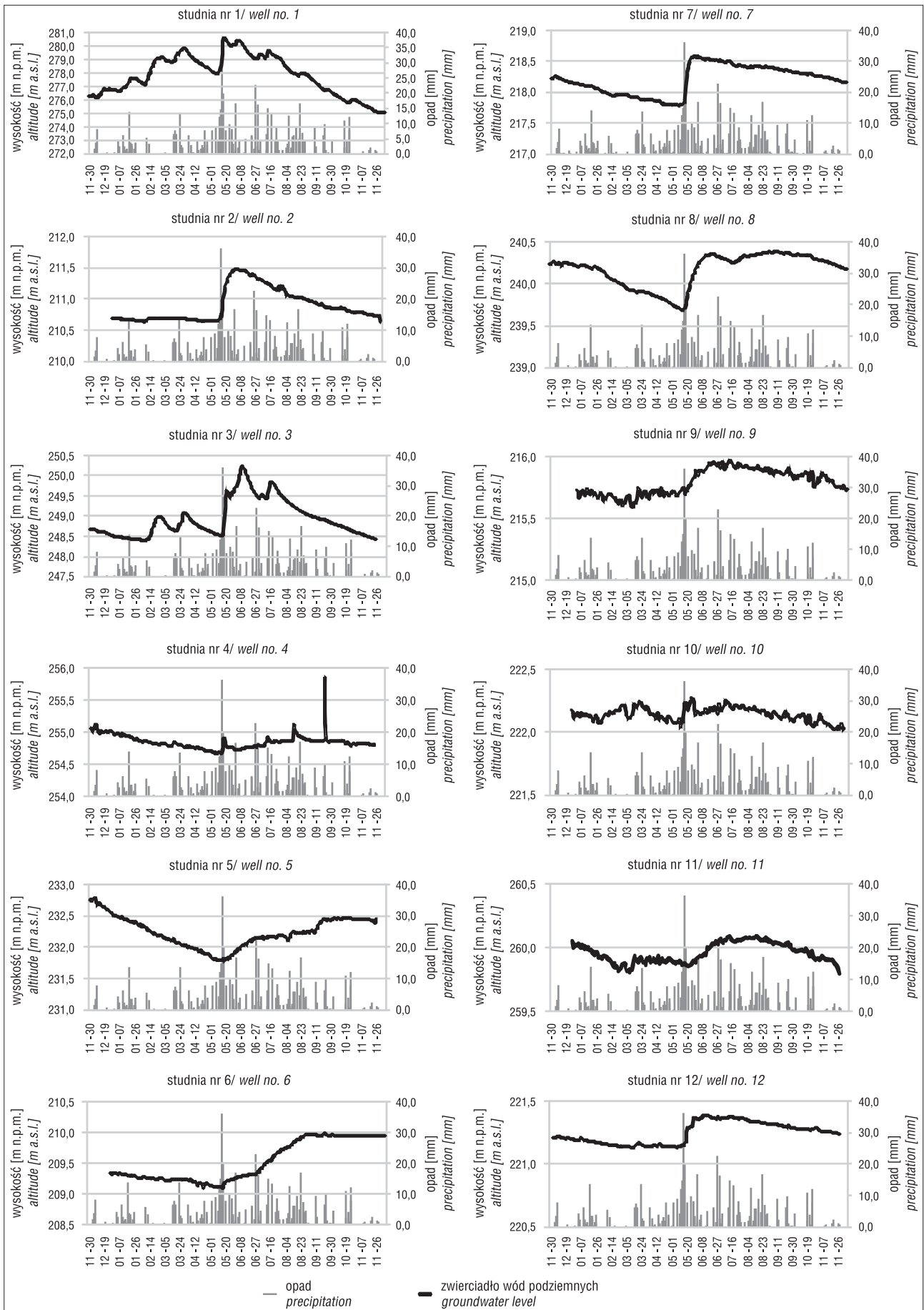
## WAHANIA ZWIERCIADŁA WÓD PODZIEMNYCH

W przeważającej liczbie monitorowanych studni zwierciadła wód podziemnych występuje na dużej głębokości. Większość studni ujmuje główny kredowy lub neogeński poziom wodonośny, a tylko jedna – zawieszony poziom

czwartorzędowy. Dynamikę zmian zwierciadła wód podziemnych w badanych studniach, wraz z dobowymi sumami opadu, przedstawiono na rycinie 3.

Największe zmiany poziomu zwierciadła wód podziemnych zaobserwowano w studni nr 1 (o głębokości 9,0 m), ujmującej czwartorzędowy poziom zawieszony, w której amplituda wahań wyniosła 5,4 m. Dopływ wody następował z płytkiego poziomu wodonośnego występującego w plejstocenijskich piaszczysto-pyłastych utworach zalegających na glinach zwałowych w strefie wododziału Sanny i Białki. Poziom ten utrzymuje się na różnej wysokości i dopasowuje się do głównych form ukształtowania terenu. W okresie badań wzrost stanu wody w studni był wywołany dopływem wody infiltracyjnej pochodzącej z opadów oraz wody uwolnionej w wyniku rozmarznięcia gruntu, przy czym zjawisko to wystąpiło tylko raz, po 7 lutego 2014 r. (w tym dniu po raz ostatni odnotowano temperaturę gruntu niższą niż 0°C; ryc. 2).

Spośród pozostałych punktów pomiarowych wysoką amplitudą zmian położenia zwierciadła wód gruntowych odznaczała się studnia nr 3, znajdująca się w strefie wododziałowej Sanny i Bystrzycy (ryc. 1), gdzie głębokość występowania zwierciadła wód podziemnych przekracza 50,0 m. O ile w pozostałych studniach, znajdujących się w podobnym położeniu morfologicznym, amplituda nie była wyższa od 1,2 m, to w przypadku studni nr 3 wyniosła 1,8 m, a rytm wahań zwierciadła był podobny jak w studni nr 1. Prawdopodobnie zdecydowało o tym zasilanie z poziomów zawieszonych, powszechnie występujących w strefie działu wodnego Sanny, Bystrzycy i Poru. Obliczony wskaźnik korelacji Pearsona między stanami wód pod-



Ryc. 3. Stan wód podziemnych w studniach na tle wysokości opadów atmosferycznych ze stacji w Janowie Lubelskim  
 Fig. 3. Groundwater level fluctuations in wells in relation to amount of precipitation recorded at Janów Lubelski weather station

ziemnych w studniach nr 3 i 1 wyniósł 0,69. Wzrost poziomu wody w studni nr 3 wykazał wyraźny związek nie tylko z opadem, ale także z temperaturą gruntu. Górną część strefy aeracji w najbliższym sąsiedztwie studni nr 3 tworzą lessy, gliny zwałowe i pokrywa zwietrzelinowa opok marglistych kredy górnej.

Studnie nr 2, 4, 5, 6, 7 i 8 (ryc. 3) odznaczały się umiarkowaną amplitudą zmian stanu wód podziemnych (0,7–1,2 m). Znajdują się one na obszarze wierzchołków i obejmują kredowy lub neogeński poziom wodonośny. Na powierzchni terenu w pobliżu tych studni występują lessy i utwory lessopodobne (Wągrowski, 1992, 1996). W studniach nr 9, 10, 11 i 12 wahania zwierciadła wód podziemnych były niewielkie (poniżej 0,4 m). Trzy spośród tych studni (nr 9, 11 i 12) są usytuowane najbliżej studni nr 1, w której amplituda zmian poziomu wody była największa (ryc. 3, tab. 1). Studnie nr 9, 10 i 12 znajdują się na słabo nachylonym zboczu doliny Sanny. Ujmują one wody poziomów kredowego i neogeńskiego, występujących na tym obszarze odpowiednio w opokach i wapieniach organodetrytycznych. Na powierzchni w pobliżu tych studni zalegają gliny zwałowe i lessy piaszczyste.

Jeśli chodzi o wysokość zwierciadła wód podziemnych na początku i na końcu okresu obserwacji, to w pięciu studniach (nr 3, 4, 5, 10 i 11) stwierdzono jego nieznaczne obniżenie, o 0,1–0,3 m, a tylko w studni nr 1 spadek wyniósł 1,2 m. W pięciu studniach (nr 2, 7, 8, 9 i 12) początkowa i końcowa wysokość zwierciadła wód podziemnych prawie się nie zmieniła, a tylko w jednej (nr 6) zaobserwowano wyraźny wzrost (o 0,6 m).

Rozpatrywane studnie różnią się pod względem przebiegu zmian wysokości zwierciadła wód podziemnych. Wyróżniono cztery grupy studni odznaczających się zbliżonym przebiegiem zmian stanu wód podziemnych i jedną studnię typu mieszanego. Pierwsza grupa, do której zaliczono studnie nr 1 i 3, charakteryzuje się wysoką amplitudą zmian stanu wody (1,8–5,4 m) i występowaniem kilku okresów, podczas których następował gwałtowny wzrost poziomu wody, a następnie powolny i wyrównany spadek. Druga grupa obejmuje studnie nr 9, 10 i 11, o małej amplitudzie wahań poziomu wody (0,3–0,4 m) w ciągu roku. Przebieg zmian stanu wód podziemnych w tych studniach wskazuje, że reakcja na zasilanie nastąpiła tylko raz, w maju 2014 r. Tendencja wzrostu, jak i spadku poziomu wody w tych obiektach zmieniała się powoli, natomiast amplituda ulegała gwałtownym zmianom – do 0,1 m w ciągu kilku dni. Do trzeciej grupy należą studnie nr 5 i 6, o przebiegu zmian poziomu wody podobnym do studni z drugiej grupy, ale odznaczające się większą amplitudą zmian (0,7–0,9 m). Czwarta grupa obejmuje studnie nr 2, 7, 8 i 12, o amplitudzie zmian poziomu wody wynoszącej 0,3–0,9 m. Zaobserwowano w nich jednorazowy gwałtowny wzrost poziomu wody, natomiast zarówno przed nim, jak i po nim stan wody powoli opadał lub utrzymywał się na stałym poziomie. Obiektem o mieszanym typie zmian poziomu wody jest studnia nr 4. Pod względem ogólnego przebiegu wahań poziomu wody studnia ta odpowiada grupie trzeciej, jednak odróżnia się od niej gwałtownymi wzrostami stanu wody, po których w ciągu kilku–kilkunastu dni następował powrót do poziomu zgodnego z trendem charakterystycznym dla całego okresu. Gwałtowne wzrosty poziomu wody oraz jego szybkie spadki wskazywałyby na cechy studni należącej do pierwszej grupy.

Wyniki analizy zmian wysokości zwierciadła wód podziemnych w badanych studniach w odniesieniu do warunków meteorologicznych wskazują, że we wszystkich obiektach zaobserwowano wzrost stanu wody wywołany opadem w dniach 14–17 maja 2014 r., który łącznie wyniósł 90 mm. Reakcję na zasilanie z 14 maja, kiedy spadło 15 mm deszczu, odnotowano już po jednym dniu (studnia nr 1).

## DYSKUSJA

Badaniem dynamiki zwierciadła wód podziemnych na pograniczu Wyżyny Lubelskiej i Roztocza w ujęciu regionalnym zajmowali się Malinowski (1974) i Janiec (1984). Najbardziej kompleksowe prace, obejmujące cotygodniowe pomiary w 25 studniach, przeprowadził Malinowski (1974) w latach 1964–1968. Na podstawie uzyskanych wyników wyróżnił on trzy typy przebiegu zmian stanu zwierciadła wód podziemnych. Podobne typy wydzielono także w 2014 r. (druga, trzecia i czwarta grupa studni). Arbitralnie przyjęto, że są to te same typy, które wyróżnił Malinowski (1974), chociaż przedstawiony przez tego autora opis budzi pewne wątpliwości. Wynikają one ze zbyt ogólnej charakterystyki przebiegu zmian zwierciadła wód podziemnych oraz z podania wielkości amplitudy tylko z jednego roku. Zaobserwowany w 2014 r. przebieg wahań stanu zwierciadła wód podziemnych charakterystyczny dla studni z grupy pierwszej nie został wyróżniony przez Malinowskiego (1974), co stanowi podstawę do wydzielenia nowego typu. Tego rodzaju przebieg zmian poziomu wody może być zbliżony do przebiegu odnotowanego w studni w Stożeszynie, będącej elementem sieci obserwacyjno-badawczej PIG-PIB, jednak z uwagi na krótki czas jej działania nie jest możliwe wykonanie analizy porównawczej.

Typy zmian przebiegu zwierciadła wód podziemnych przedstawił także Janiec (1984), ale tylko w ujęciu sezonowym, co nie pozwala na bezpośrednie odniesienie ich do wyników badań z 2014 r. Autor ten jedynie zasygnalizował zjawisko gwałtownego wzrostu stanu wody w niektórych studniach, ale nie analizował szczegółowych zmian stanu wody w ciągu całego roku.

Z analizy uzyskanych danych wynika, że wszystkie studnie zareagowały na zasilanie opadowe lub rozmarznięcie gruntu. Czas reakcji był uzależniony od wielkości i intensywności opadu oraz od warunków termicznych podłoża i wyniósł od 1 dnia do 4 miesięcy, co potwierdza wyniki wcześniejszych badań (Malinowski, 1974; Janiec, 1984).

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Udokumentowano zróżnicowaną dynamikę i różny czas reakcji zwierciadła wód podziemnych na zasilanie. W każdej studni, niezależnie od głębokości, zaobserwowano od jednego do kilku okresów wzrostu wysokości poziomu wody wywołanego opadem lub dopływem wody z rozmarznietego gruntu. We wszystkich studniach stwierdzono wzrost wysokości zwierciadła wód podziemnych wywołany opadem z maja 2014 r. Wielkość przyrostu stanu wody była bardzo zróżnicowana, podobnie jak i czas reakcji na zasilanie, który wyniósł od 1 dnia do 4 miesięcy. Spośród wszystkich badanych studni tylko w dwóch odnotowano zmianę stanu wody po rozmarznięciu gruntu: w studni nr 1, ujmującej lokalny czwartorzędowy poziom wodonośny, i w studni nr 3, ujmującej poziom kredowy strefy wodo-

działowej Sanny i Bystrzycy. Największą amplitudę zmian zaobserwowano w przypadku studni nr 1, natomiast najmniejszą w przypadku studni nr 10, 11 i 12, drenujących poziomy wodonośne kredowy i neogeński w zlewni górnej Sanny i Białej Łady. Badane studnie przyporządkowano do czterech grup charakteryzujących się zbliżoną dynamiką zmian stanu zwierciadła wód podziemnych w ciągu roku. Potwierdzono występowanie trzech typów przebiegu zmian stanu wód podziemnych wyróżnionych przez Malinowskiego (1974) i wyróżniono jeden nowy, dotychczas nieudokumentowany. Wykazano też występowanie typu mieszanego.

Badania przeprowadzono w ramach projektu pt. „Zasilanie i drenaż w strefie pogranicza Wyżyny Lubelskiej i Rostocza” sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji 2012/05/N/ST10/03963.

## LITERATURA

- BIELECKA M. 1965 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Zaklików (857). Inst. Geol., Warszawa.
- BIELECKA M. 1967 – Trzeciorzęd południowo-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Biul. Inst. Geol., 206: 115–188.
- BURACZYŃSKI J. 1999 – Rostocze. Budowa, rzeźba, krajobraz. Wyd. UMCS, Lublin.
- CIEŚLIŃSKI S. 1993 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Zakrzówek (822). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- JANIEC B. 1984 – Wody podziemne w strefie południowo-zachodniej krawędzi Wyżyny Lubelskiej. Wyd. Geol., Warszawa.
- KAZIMIERSKI B. (red.) 2014 – Kwartalny Biuletyn Informacyjny Wód Podziemnych Państwowej Służby Hydrogeologicznej. T. 12. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KRAJEWSKI S. 1970 – Charakter dróg krążenia wód podziemnych w utworach szczelinowych górnej kredy na Wyżynie Lubelskiej. Pr. Geol., 18 (7/8): 367–369.
- KRAJEWSKI S. 1984 – Wody szczelinowe kredy lubelskiej. Pr. Geol., 32 (6): 359–364.
- KRAJEWSKI S. & MOTYKA J. 1999 – Model sieci hydraulicznej w skałach węglanowych w Polsce. Biul. Państw. Inst. Geol., 388: 115–138.
- MALINOWSKI J. 1974 – Hydrogeologia Rostocza Zachodniego. Pr. Hydrogeol., 6: 1–91.
- MALINOWSKI J. & MOSKI J.E. 1978 – Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 200 000, ark. Lublin (M-34-XI). A – mapa utworów powierzchniowych, B – mapa bez utworów czwartorzędowych. Wyd. Geol., Warszawa.
- RASTROWA Mapa Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1 : 50 000, ark. M-34-45-A, M-34-45-B, M-34-45-C, M-34-45-D, M-34-46-A i M-34-46-D [<http://mapa.kzgw.gov.pl>].
- MICHALCZYK Z. 2001 – Źródła Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. Wyd. UMCS, Lublin.
- POŻARYSKI W. 1956 – Regionalna Geologia Polski. T. 2. Region lubelski. Wyd. PTGeol., Kraków.
- WĄGROWSKI A. 1992 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Janów Lubelski (858). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WĄGROWSKI A. 1996 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Turobin (859). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WILGAT T. 1970 – Kontrowersje na temat sposobu występowania wód w kredzie lubelskiej. Pr. Geogr., 42: 57–68.
- WOŹNICKA M. 2005 – Rola stref dyslokacyjnych w kształtowaniu warunków hydrogeologicznych niecki lubelskiej. [W:] XII Sympozjum Współczesne Problemy Hydrogeologii. Wyd. UMK, Toruń: 723–729.
- WOŹNICKA M. 2007 – Sieć hydrauliczna w węglanowych utworach kredy górnej niecki lubelskiej. [W:] XIII Sympozjum Współczesne Problemy Hydrogeologii. Wyd. AGH, Kraków: 371–380.
- WYRWICKA K. 1977 – Wykształcenie litologiczne i węglanowe surowce skalne masyfytu lubelskiego. Biul. Inst. Geol., 299: 5–98.