

## Wieloletnie zmiany ciśnień piezometrycznych wód podziemnych w wyżynnym subregionie środkowej Wisły

Jan Prazak<sup>1</sup>



**Long-term changes in groundwater piezometric pressures in the upland subregion of the middle Vistula River.** Prz. Geol., 71: 82–91; doi: 10.7306/2023.5

*Abstract.* This report provides insight into long-term changes in the position of groundwater table in the upland subregion of the middle Vistula River based on the research conducted in seven 1<sup>st</sup> order hydrogeological stations of the national groundwater monitoring network. These changes reveal a clear temporal relationship/trend noted in the vertical profile of aquifers even in conditions of their significant mutual isolation. They have been described as an effect of the phenomenon, but without establishing its measurable causes. The report indicates that the dynamic of groundwater pressure needs further studies and discussion of hydrogeologists dealing with this topic.

**Keywords:** groundwaters, piezometric pressure, long-term changes, upland of the middle Vistula

W punktach krajowej sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych są monitorowane wieloletnie wahania stanu swobodnych i napiętych zwierciadeł wód podziemnych. W niniejszej pracy analizie poddano długie ciągi obserwacyjne stanów średnich rocznych zwierciadła wód podziemnych w wyżynnym subregionie środkowej Wisły, rejestrowane od lat 80. XX w. do końca 2021 r. w punktach siedmiu stacji hydrogeologicznych I rzędu, które należą do sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych: Morusy, Podlesie, Białowieża, Sędów, Kaplica, Nałęczów i Łysaków (ryc. 1).

Problem wieloletnich zmian stanów zwierciadła wody był już wcześniej rozpatrywany na podstawie danych ze stacji hydrogeologicznych I rzędu Kaplica, Sędów, Nałęczów i Białowieża, lecz obejmujących krótsze ciągi obserwacyjne (Prazak, 2013, 2018, 2019). Stanami zwierciadła wód podziemnych w punktach obserwacyjno-badawczych sieci krajowej monitoringu wód podziemnych zajmowano się także pod kątem analizy sytuacji hydrogeologicznej (Kowalczyk i in., 2016). W miarę wydłużania się czasu obserwacji wiedza o długości i amplitudzie wieloletnich zmian stanów zwierciadła wody uległa znacznemu wzbogaceniu. Dotychczasowy materiał badawczy pozwala na ich bardziej szczegółową analizę i ustalenie zakresu dalszych badań.

Celem artykułu jest zaprezentowanie wieloletnich zmian stanów zwierciadła wody w kompleksach wodonośnych występujących w wyżynnym subregionie środkowej Wisły na różnych głębokościach p.p.t. Dotychczas nie wskazano jeszcze przyczyn wahań ciśnień piezometrycznych w tych głębokich kompleksach wodonośnych o napiętym zwierciadle wody, ponieważ uznano, że materiał badawczy jest niewystarczający do tego, aby je wiarygodnie ustalić. Praca ta jest zatem wstępem do dyskusji na temat śledzonych zmian.

### HISTORIA BADAŃ

Organizację sieci punktów pomiarowych zwierciadła wód podziemnych rozpoczął w Polsce w 1972 r. Instytut Geologiczny (obecnie Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, PIG-PIB). W granicach

terenu badań pierwsze pomiary stanów zwierciadła wody w otworach obserwacyjno-badawczych wykonano: w stacjach hydrogeologicznych I rzędu w Białowieży, Łysakowie i Nałęczowie w 1980 r.; w stacji w Morusach w 1981 r.; w Kaplicy i Sędowie w 1982 r.; a w Podlesiu w 1997 r. W 1991 r. w ramach państwowego monitoringu środowiska uruchomiono także monitoring jakości wód podziemnych w sieci krajowej. W 2005 r., w wyniku nowelizacji ustawy *Prawo wodne*, obie sieci zostały połączone i od 2007 r. funkcjonuje jedna sieć obserwacyjno-badawcza wód podziemnych. Początkowo badania prowadzono w ramach *Programu monitoringu jednolitych części wód podziemnych* i *Programu jednolitego systemu wód podziemnych*. Od 1.01.2016 r. są one realizowane na podstawie *Zweryfikowanego programu monitoringu wód podziemnych w układzie dorzeczy na lata 2016–2021* (Kazimierski, 2014).

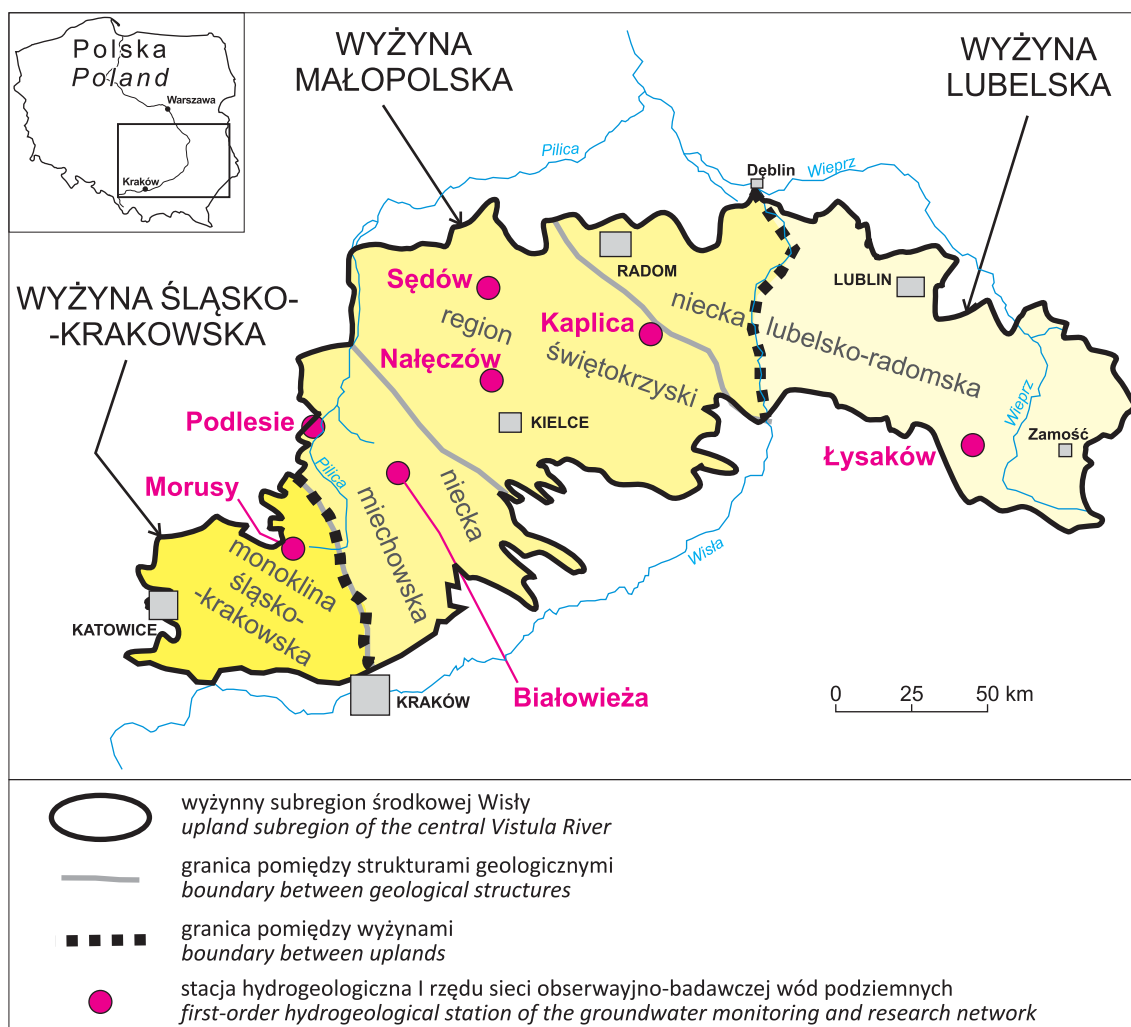
### OBSZAR BADAŃ

Wyżynny subregion środkowej Wisły (Paczyński, Sadurski, 2007; Prazak, 2007) obejmuje zachodni fragment Wyżyny Śląsko-Krakowskiej, Wyżynę Małopolską i Wyżynę Lubelską. W tektonicznym podziale kraju należą do niego, znajdujące się w granicach wymienionych wyżyn: monoklina śląsko-krakowska, niecka miechowska, region świętokrzyski i niecka lubelsko-radomska (ryc. 1). W subregionie tym funkcjonuje siedem stacji hydrogeologicznych I rzędu. Na terenie każdej z nich odwiercono od 2 do 5 otworów hydrogeologicznych, stanowiących punkty obserwacyjno-badawcze sieci krajowej monitoringu wód podziemnych. Główne, użytkowe poziomy wodonośne wykształciły się w tym subregionie in situ w skałach paleozoicznych i mezozoicznych, odsłaniających się w licznych wychodniach. Piętro czwartorzędowe tylko lokalnie (w dolinach rzecznych) spełnia tu kryteria poziomu głównego.

### Struktury wodonośne

W wyżynnym subregionie środkowej Wisły na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej strukturą wodonośną wysuniętą

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski, ul. Zgoda 21, 25–953 Kielce; [jan.prazak@pgi.gov.pl](mailto:jan.prazak@pgi.gov.pl); ORCID ID: 0000-0002-0784-149X



**Ryc. 1.** Rozmieszczenie stacji hydrogeologicznych I rzędu w wyżynnym subregionie środkowej Wisły  
**Fig. 1.** Distribution of first order hydrogeological stations in the upland subregion of the middle Vistula River

najbardziej na zachód jest monoklina śląsko-krakowska. Jednostka ta składa się z utworów triasu (wapień, dolomity) i jury (wapień, iłolupki, zlepieńce), które zapadają w kierunku północno-wschodnim.

Na Wyżynie Małopolskiej dużymi, regionalnymi strukturami wodonośnymi są: niecka miechowska, region świętokrzyski (składający się z trzonu paleozoicznego i obrzeżenia persko-mezozoicznego Gór Świętokrzyskich) oraz część niecki lubelsko-radomskiej znajdująca się na zachód od Wisły. W niecce miechowskiej występują dwa kompleksy warstw wodonośnych. Górny kompleks, o zwierciadle swobodnym, stanowią lokalnie zalegające osady czwartorzędowe i skały kredy górnej ( $Cr_3$  – margle opoki, piaskowce) ze szczelinami otwartymi do głębokości ok. 80–100 m. Głębiej szczeliny te są zaciśnięte i skały stają się półprzepuszczalne lub też nieprzepuszczalne. Pod nimi, na głębokości od kilkudziesięciu do kilkuset metrów, leżą wodonośne piaskowce i piaski kredy górnej ( $Cr_3$  – cenoman) i wapień jury górnej ( $J_3$ ), które stanowią dolny kompleks wodonośny o zwierciadle napiętym, stabilizującym się powyżej terenu. W regionie świętokrzyskim jest jeden kompleks warstw wodonośnych, wieku od kambru do czwartorzęd, o swobodnym zwierciadle wody, jednak lokalnie napiętym przez nieciągłe, półprzepuszczalne lub nieprzepuszczalne przewarstwienia ilów,

łupków i iłolupków w utworach karbonu, permu i triasu górnego. Tektonika regionu jest fałdowa. Przebieg fałdów o osiach w kierunkach ESE-WNW i SE-NW zaburzają podłużne i poprzeczne względem nich uskoki. Na starszym podłożu, pomiędzy jego licznymi wychodniami, zalega nieciągła pokrywa osadów czwartorzędowych (żwir, piaski, mułki, iły i gliny). Wodonośne są utwory czwartorzędowe ( $Q$  – piaski i żwir; lokalnie), jury górnej ( $J_3$  – wapień, margle), triasu środkowego ( $T_2$  – wapień, margle), triasu dolnego ( $T_1$  – piaskowce), permu górnego ( $P_3$  – piaskowce, zlepieńce) oraz dewonu środkowego i górnego ( $D_{2,3}$  – wapień, dolomity). Utwory famenu, tzn. najwyższej części dewonu górnego ( $D_3$  – wapień, margle), i triasu górnego ( $T_3$  – piaskowce, mułowce, iłowce i iły) są bardzo słabo wodonośne. Półprzepuszczalne lub też nieprzepuszczalne są natomiast skały karbonu dolnego ( $C_1$  – łupki, wapień), dewonu dolnego ( $D_1$  – piaskowce, mułowce), syluru, ordowiku i kambru ( $S, O, Cm$ ).

Na Wyżynie Lubelskiej system wodonośny jest rozwinięty w niecce lubelsko-radomskiej, którą wypełniają utwory kredowe, neogeńskie i czwartorzędowe. System krążenia wód podziemnych w piaszczystych warstwach neogenu jest często skomplikowany przez rozdzielające je gliny, mułki i iły. Dodatkową komplikację stanowią głębokie rowy tektoniczne, w których obok piasków i mułków

występują także warstwy węgla brunatnego. W sieci krajowej monitoringu wód podziemnych w niecce lubelsko-radomskiej są obserwowane tylko górna partia utworów górnokredowych (margle, opoki i gezy), do głębokości ok. 80–100 m, i nieciągłe piętro czwartorzędowe (piaski). Utwory górnokredowe charakteryzują się obecnością licznych stref uskokowych o podwyższonej wodonośności. Jednak poniżej 80–100 m p.p.t. szczeliny są w nich zaciśnięte, co powoduje, że skały te stają się półprzepuszczalne lub nieprzepuszczalne.

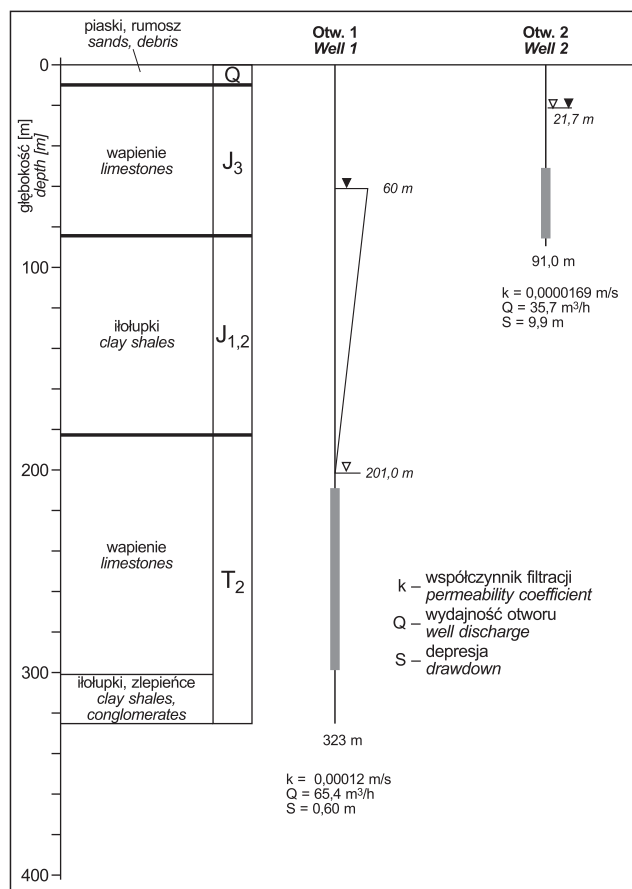
### Stacje hydrogeologiczne I rzędu

W rejonie badań znajduje się siedem stacji hydrogeologicznych I rzędu. Na obszarze każdej z nich funkcjonuje od dwóch do pięciu otworów hydrogeologiczno-badawczych.

Na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej znajduje się jedna stacja hydrogeologiczna I rzędu nr 476 Morusy (ryc. 2). W otworach hydrogeologicznych stacji są obserwowane jurajskie i triasowe piętra wodonośne:

- ❑ otwór Morusy 2, o głębokości 91,0 m, ujmując piętro jurajskie (wapienie), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Morusy 1, o głębokości 325 m, ujmując piętro triasowe (wapienie), zwierciadło wody napięte.

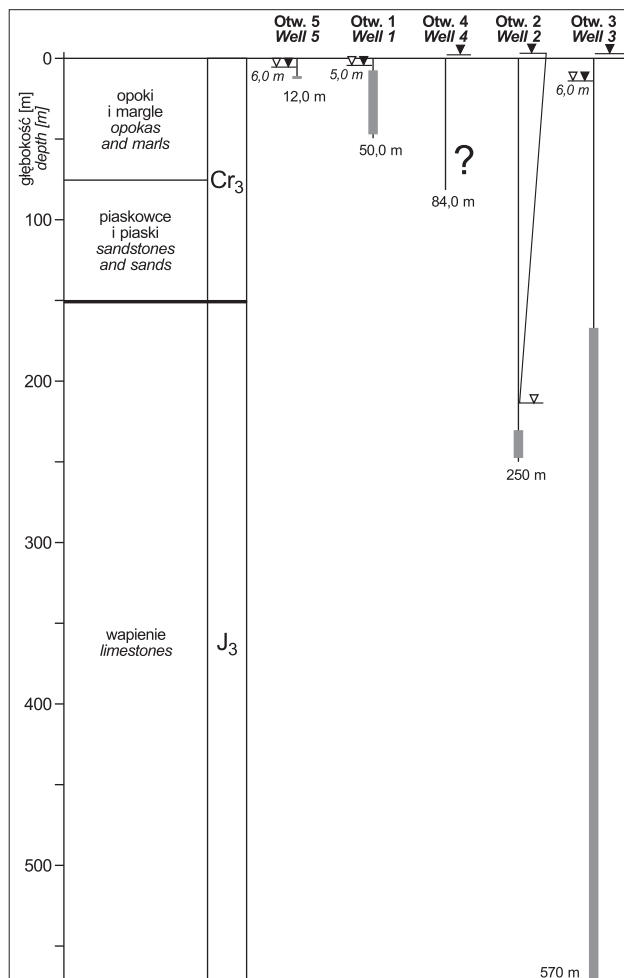
Na Wyżynie Małopolskiej działa pięć stacji hydrogeologicznych I rzędu – dwie w niecce miechowskiej i trzy w regionie świętokrzyskim. W niecce miechowskiej wody pięter czwartorzędowego, kredowego i jurajskiego są obserwowane w otworach dwóch stacji hydrogeologicznych: nr 470 – Podlesie i nr 336 – Białowieża.



Ryc. 2. Profil hydrogeologiczny stacji Morusy  
Fig. 2. Hydrogeological profile of the Morusy station

Stacja nr 470 Podlesie (ryc. 3):

- ❑ otwór Podlesie 5, o głębokości 12,5 m, ujmując piętro kredowe (opoki, margle), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Podlesie 1, o głębokości 50 m, ujmując piętro kredowe (opoki, margle), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Podlesie 4, o głębokości 84 m, ujmując piętro kredowe (opoki, margle), zwierciadło wody napięte (?);
- ❑ otwór Podlesie 2, o głębokości 250 m, ujmując piętro jurajskie (wapienie), zwierciadło wody napięte;
- ❑ otwór Podlesie 3, o głębokości 570 m, ujmując piętro jurajskie (wapienie), zwierciadło wody napięte (?).



Ryc. 3. Profil hydrogeologiczny stacji Podlesie  
Fig. 3. Hydrogeological profile of the Podlesie station

Stacja nr 336 Białowieża (ryc. 4):

- ❑ otwór Białowieża 7, o głębokości 12,8 m, ujmując piętro czwartorzędowe (piaski), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Białowieża 5, o głębokości 95 m, ujmując piętro kredowe (margle), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Białowieża 2, o głębokości 235 m, ujmując piętro kredowe (piaski, piaskowce), zwierciadło wody napięte;
- ❑ otwór Białowieża 4, o głębokości 285 m, ujmując piętro jurajskie (wapienie), zwierciadło wody napięte.

W regionie świętokrzyskim w stacjach hydrogeologicznych I rzędu nr 475 Sędów, 474 Kaplica i 390 Nałęczów



Ryc. 4. Profil hydrogeologiczny stacji Białowieża  
Fig. 4. Hydrogeological profile of the Białowieża station

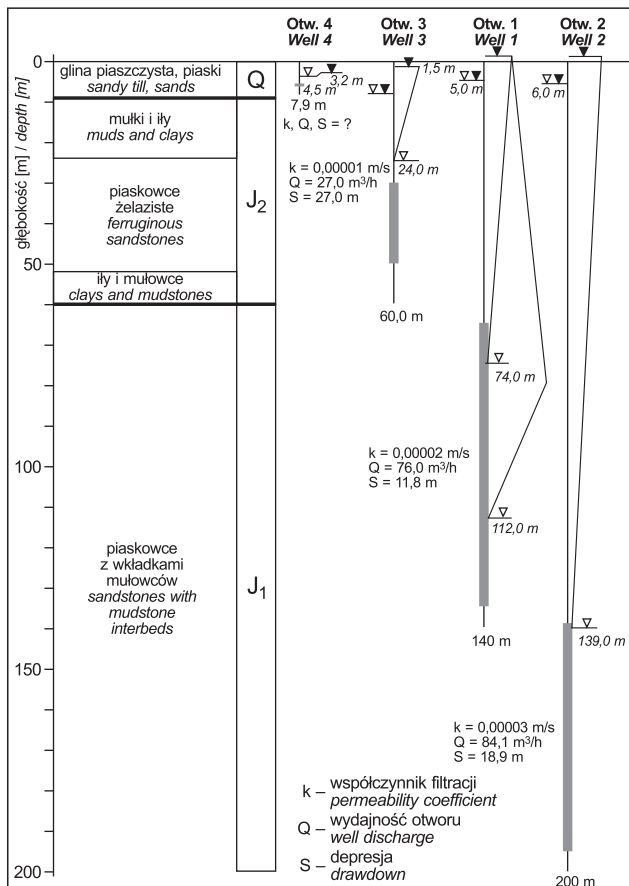
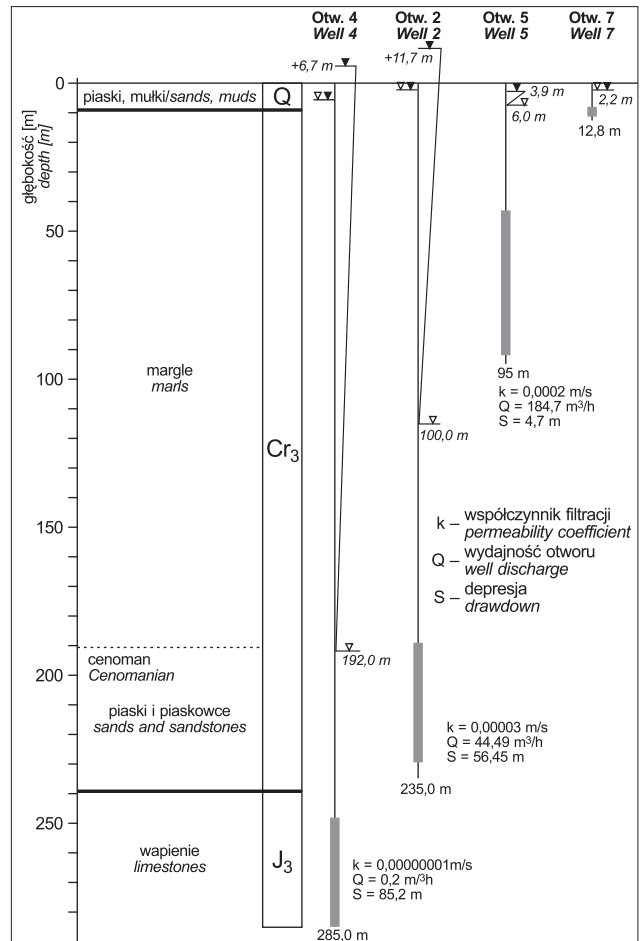
jest obserwowanych 5 pięter wodonośnych: czwartorzędowe, jurajskie, triasowe, permskie i dewońskie.

Stacja 475 Sędów (ryc. 5):

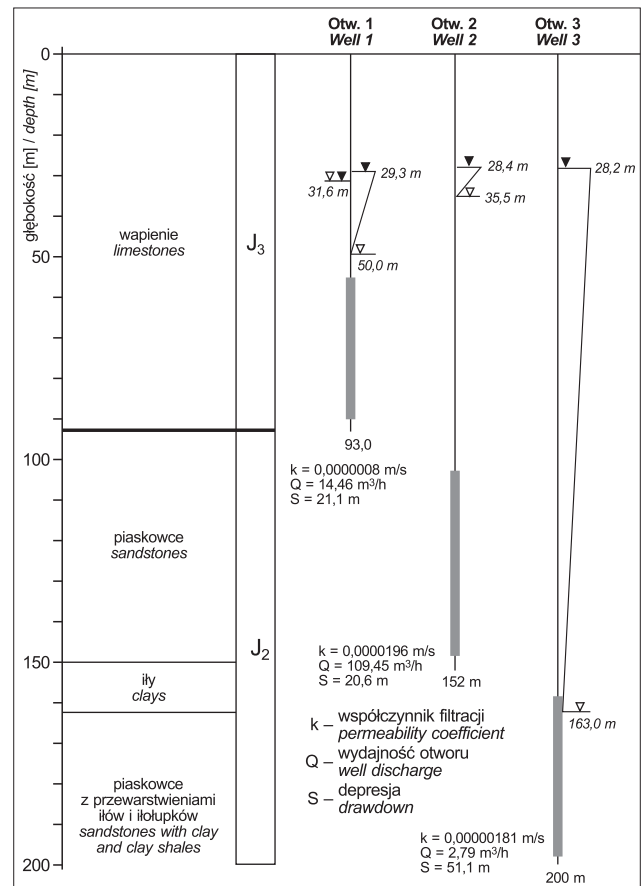
- ❑ otwór Sędów 4, o głębokości 7,9 m, ujmuje piętro czwartorzędowe (piaski), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Sędów 3, o głębokości 60 m, ujmuje poziom środkowojurajski (piaskowce), zwierciadło wody swobodne (lokalnie napięte w profilu otworu);
- ❑ otwór Sędów 1, o głębokości 140 m, ujmuje poziom dolnojurajski (piaskowce z wkładkami mułowców), zwierciadło wody napięte;
- ❑ otwór Sędów 2, o głębokości 200 m, ujmuje poziom dolnojurajski (piaskowce z wkładkami mułowców), zwierciadło wody napięte.

Stacja 474 Kaplica (ryc. 6):

- ❑ otwór Kaplica 1, o głębokości 93 m, ujmuje poziom górnójurajski (wapienie), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Kaplica 2, o głębokości 152 m, ujmuje poziom środkowojurajski (piaskowce), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Kaplica 3, o głębokości 200 m, ujmuje poziom środkowojurajski (piaskowce z przewarstwieniami iłów i iłolupków), zwierciadło wody lokalnie napięte.



Ryc. 5. Profil hydrogeologiczny stacji Sędów  
Fig. 5. Hydrogeological profile of the Sędów station



Ryc. 6. Profil hydrogeologiczny stacji Kaplica  
Fig. 6. Hydrogeological profile of the Kaplica station



Stacja 390 Nałęczów (ryc. 7):

- ❑ otwór Nałęczów 4, o głębokości 25 m, ujmuje piętro czwartorzędowe (piaski), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Nałęczów 3, o głębokości 87 m, ujmuje poziom dolnotriasowy (piaskowce), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Nałęczów 2, o głębokości 185,8 m, ujmuje poziom górnopermski (zlepieńce), zwierciadło wody napięte;
- ❑ otwór Nałęczów 1, o głębokości 250 m, ujmuje poziom środkowodeński (wapienie), zwierciadło połączonych poziomów wodonośnych – górnopermskiego i środkowodeńskiego – napięte.

Na Wyżynie Lubelskiej w stacji I rzędu nr 399 Łysaków w niecce lubelsko-radomskiej obserwacjami objęto warstwy wodonośne piętra czwartorzędowego (piaski, piaski ze żwirem) i poziomu górnokredowego (margle, opoki, gezy) o swobodnym zwierciadle wody (ryc. 8):

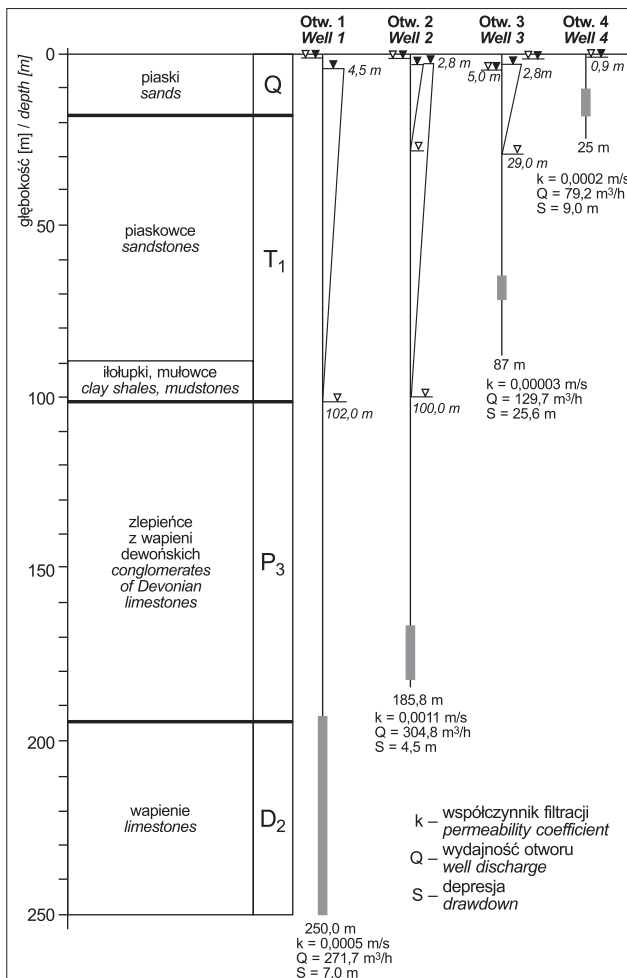
- ❑ otwór Łysaków 4 (otwór zastępczy za Łysaków 3), o głębokości 9,75 m, ujmuje piętro czwartorzędowe (piaski), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Łysaków 2, o głęb. 23 m, ujmuje piętro czwartorzędowe (piaski), zwierciadło wody swobodne;
- ❑ otwór Łysaków 1, o głębokości 100 m, ujmuje poziom górnokredowy (wapienie margliste, zlepieńce), zwierciadło wody swobodne.

### Kompleksy warstw wodonośnych w subregionie wyżynnym środkowej Wisły

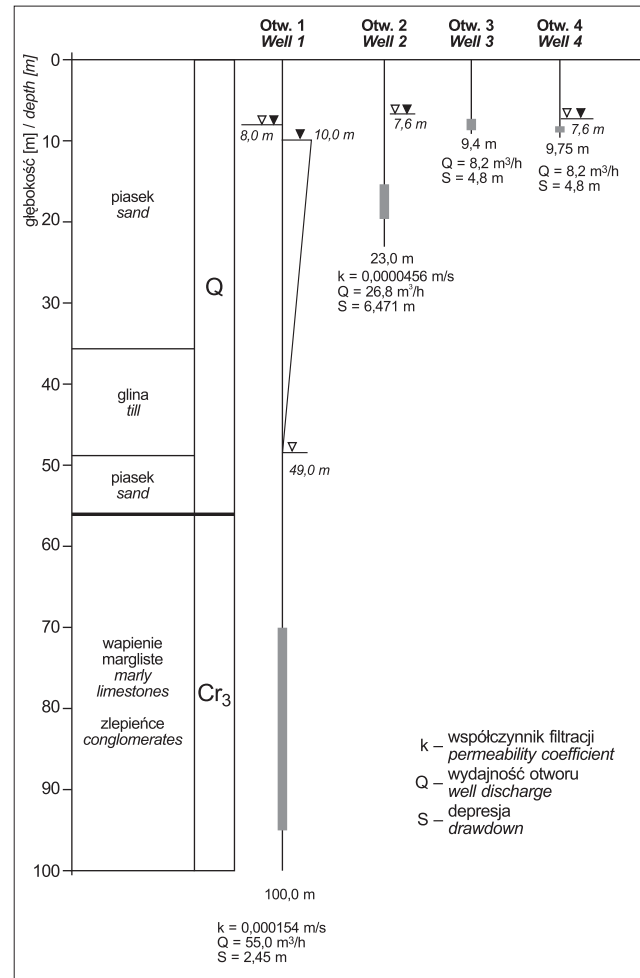
W subregionie wyżynnym środkowej Wisły występują trzy kompleksy warstw wodonośnych o różnych warunkach hydrodynamicznych:

- ❑ 1 kompleks – poziomy wodonośny o swobodnym zwierciadle wody i dobrym kontakcie hydraulicznym z wodami powierzchniowymi, które stanowią bazy drenażu, występujące w strefie aktywnej wymiany wód podziemnych;
- ❑ 2 kompleks – poziomy wodonośny i warstwy półprzepuszczalne, o swobodnym lub lokalnie napiętym zwierciadle wody i utrudnionym kontakcie hydraulicznym z wodami powierzchniowymi stanowiącymi bazy drenażu, o zmiennym ciśnieniu piezometrycznym w profilu pionowym, występujące w strefie aktywnej wymiany wód podziemnych;
- ❑ 3 kompleks – poziomy wodonośny o zwierciadle wody napiętym przez nadległe skały półprzepuszczalne i nieprzepuszczalne, często artezyjskim, o regionalnym rozprzestrzenieniu, wodach zwykłych, zasolonych lub termalnych, występujące przeważnie poniżej strefy aktywnej wymiany wód podziemnych.

Wymienione kompleksy warstw wodonośnych o podobnych warunkach krążenia wód podziemnych wyodręb-



Ryc. 7. Profil hydrogeologiczny stacji Nałęczów  
Fig. 7. Hydrogeological profile of the Nałęczów station



Ryc. 8. Profil hydrogeologiczny stacji Łysaków  
Fig. 8. Hydrogeological profile of the Łysaków station

niono schematycznie. Na małych obszarach mogą wystąpić sytuacje szczególne, wymagające poszerzonej charakterystyki. W pionowym profilu obserwowanego systemu wodonośnego mogą występować wszystkie trzy kompleksy, dwa (1 i 2), bądź tylko 1 lub 2, które są ujęte otworami hydrogeologiczno-badawczymi w poszczególnych stacjach (tab. 1).

## METODYKA BADAŃ

Przeprowadzono analizę dynamiki wieloletnich zmian ciśnień piezometrycznych w poziomach wodonośnych w wyżynnym subregionie środkowej Wisły. Zmiany te oceniono na podstawie średnich rocznych stanów zwierciadła wód podziemnych w otworach obserwacyjno-badawczych siedmiu stacji hydrogeologicznych I rzędu PIG-PIB (tab. 1).

**Tab. 1.** Punkty obserwacyjno-badawcze stacji hydrogeologicznych w wyżynnym subregionie środkowej Wisły  
**Tab. 1.** Observation and research points of hydrogeological stations in the upland subregion of the central Vistula River

Nr punktu w sieci SOBWP <i>Point number in the SOBWP network</i>	Nazwa stacji i nr otworu <i>Station name and well number</i>	Głębokość otworu <i>Well depth [m]</i>	Stratygrafia ujętej warstwy wodonośnej <i>Stratigraphy of the captured aquifer</i>	Litologia ujętej warstwy wodonośnej <i>Lithology of the captured aquifer</i>	Rok rozpoczęcia obserwacji <i>Year of start of observation</i>	Kompleks wodonośny <i>Aquifer complex</i>
<b>Wyżyna Śląsko-Krakowska / Silesian-Cracow Upland</b>						
<b>monoklina śląsko-krakowska / Silesian-Cracow Monocline</b>						
I/47/2	Morusy 2	91	J <sub>3</sub>	w	1982	1
I/47/1	Morusy 1	325	T <sub>1,2</sub>	w	1982	3
<b>Wyżyna Małopolska / Małopolska Upland</b>						
<b>niecka miechowska / Miechów Trough</b>						
I/470/5	Podlesie 5	12	Cr <sub>3</sub>	me	2000	1
I/470/1	Podlesie 1	50	Cr <sub>3</sub>	me+o	1987	1
I/470/4	Podlesie 4	84	Cr <sub>3</sub>	me+pc	2000	3
I/470/2	Podlesie 2	250	J <sub>3</sub>	w	2000	3
I/470/3	Podlesie 3	570	J <sub>3</sub>	w	2000	3
I/336/7	Białowieża 7	12,8	Q	p	1995	1
I/336/5	Białowieża 5	95	Cr <sub>3</sub>	me	1981	1
I/336/2	Białowieża 2	235	Cr <sub>3</sub>	pc	2000	3
I/336/4	Białowieża 4	285	J <sub>3</sub>	w	2000	3
<b>region świętokrzyski / Holy Cross Mountains Region</b>						
I/475/4	Sędów 4	7,9	Q	p	1995	1
I/475/3	Sędów 3	60	J	pc	1983	2
I/475/1	Sędów 1	140	J <sub>1</sub>	pc	1983	2
I/475/2	Sędów 2	200	J <sub>1</sub>	pc	1983	2
I/474/1	Kaplica 1	93	J <sub>3</sub>	w	1983	1
I/474/2	Kaplica 2	152	J <sub>2</sub>	pc	1983	1
I/474/3	Kaplica 3	200	J <sub>2</sub>	pc	1983	2
I/390/4	Nałęczów 4	25	Q	p	1981	1
I/390/3	Nałęczów 3	87	T <sub>1</sub>	pc	1981	1
I/390/2	Nałęczów 2	185,8	P <sub>3</sub>	ze	1981	2
I/390/1	Nałęczów 1	250	D <sub>2</sub>	w	1981	2
<b>Wyżyna Lubelska / Lublin Upland</b>						
<b>niecka lubelsko-radomska / Lublin-Radom Trough</b>						
I/470/5	Łysaków 3	9,4	Q	p	1985	1
I/470/1	Łysaków 4	9,75	Q	p	1985	1
I/470/4	Łysaków 2	23	Q	p	1981	1
I/470/2	Łysaków 1	100	Cr <sub>3</sub>	w	1981	2

### Objaśnienia / Explanations:

**SOBWP** – Sieć Obserwacyjno-Badawcza Wód Podziemnych / *Groundwater Observation and Research Network*;

**Stratygrafia / Stratigraphy:** Q – czwartorzęd / *Quaternary*, Cr<sub>3</sub> – kreda górna / *Upper Cretaceous*, J<sub>3</sub> – jura górna / *Upper Jurassic*, J<sub>2</sub> – jura środkowa / *Middle Jurassic*, J<sub>1</sub> – jura dolna / *Lower Jurassic*, T<sub>2</sub> – trias środkowy / *Middle Triassic*, T<sub>1</sub> – trias dolny / *Lower Triassic*, P<sub>3</sub> – perm górny / *Upper Permian*, D<sub>2</sub> – dewon środkowy / *Middle Devonian*;

**Litologia / Lithology:** me – margle / *marls*, o – opoki / *opokas*, p – piaski / *sands*, pc – piaskowce / *sandstones*, w – wapień / *limestones*, ze – zlepienie / *conglomerates*

Otwory uporządkowano według głębokości / *The wells are ordered by depth*

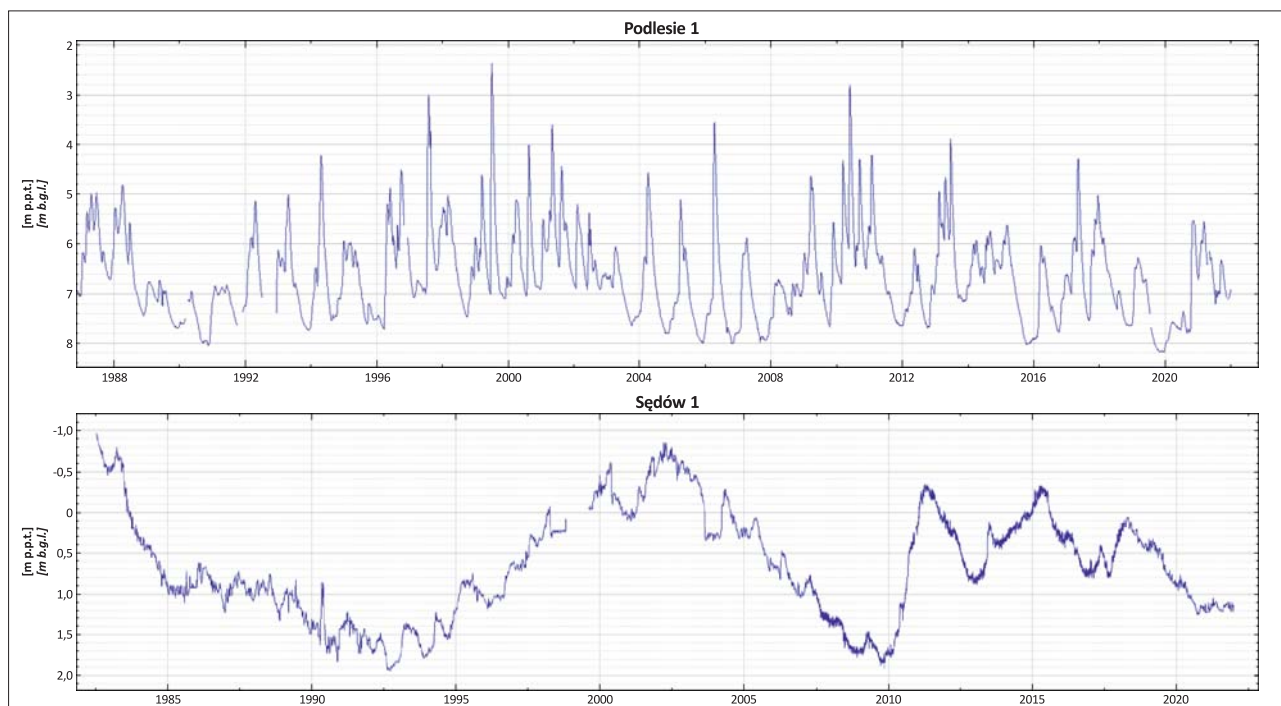
Średnie roczne obliczono z cotygodniowych i codziennych wyników pomiarów prowadzonych w ramach ilościowego monitoringu wód podziemnych w sieci krajowej (udostępnionych na Platformie Integracyjnej Państwowej Służby Hydrogeologicznej).

### WYNIKI BADAŃ

Ciśnienie piezometryczne wód podziemnych ulega stałym wahaniom zarówno w warstwach wodonośnych o zwierciadle swobodnym, jak i napiętym. Amplituda i cykliczność tych zmian są zróżnicowane. Zależą między innymi od ilości infiltrującego opadu atmosferycznego, przepuszczalności warstw wodonośnych, ich miąższości i pojemności wodnej oraz pozycji hydrodynamicznej ujętej

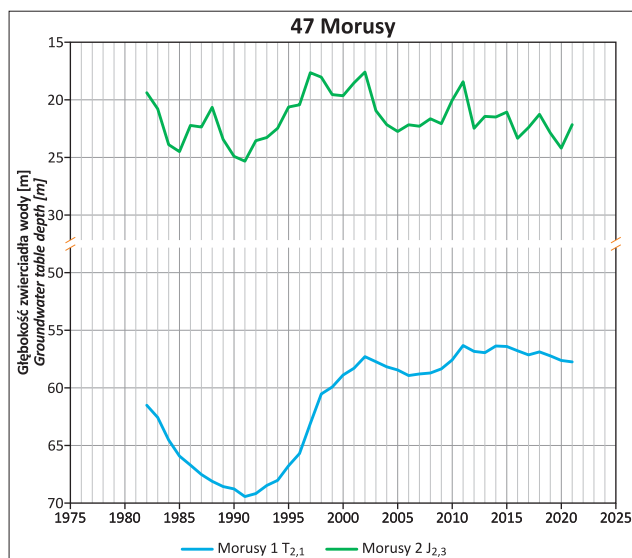
warstwy wodonośnej. W długich ciągach obserwacyjnych, niezależnie od wahań krótkookresowych (sezonowych), zaznaczają się także wieloletnie zmiany poziomu zwierciadła wody, zarówno swobodnego, jak i napiętego. W zależności od warunków hydrogeologicznych zmiany wieloletnie mogą być bardzo wyraźne, np. otwór Sędów 1, lub mniej wyraźne, zamaskowane przez zmiany sezonowe, które są większe od zmian wieloletnich, np. otwór Podlesie 1 (ryc. 9).

Amplitudy wieloletnich zmian ciśnień piezometrycznych w otworach hydrogeologiczno-badawczych siedmiu stacji hydrogeologicznych I rzędu w subregionie wyżynnym środkowej Wisły wynoszą od ok. 1,5 do 5 m, a stany wód podziemnych wykazują bardzo dużą współzależność zmian w profilach pionowych stacji, niezależnie od straty-



**Ryc. 9.** Zmiany położenia zwierciadła wody w otworze hydrogeologiczno-badawczym Sędów 1 i w otworze Podlesie 1 (na podstawie danych Platformy Integracyjnej PSH – Państwowej Służby Hydrogeologicznej)

**Fig. 9.** Changes in the position of groundwater table in the Sędów 1 hydrogeological-research well and in the Podlesie 1 well (data after the Polish Hydrogeological Survey Integration Platform)



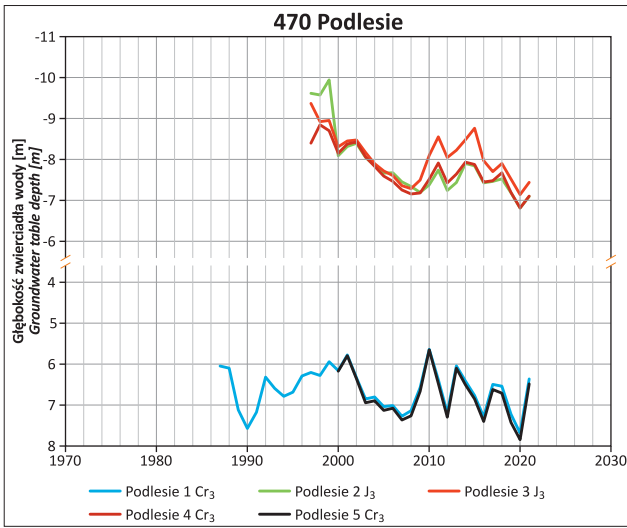
←

**Ryc. 10.** Wieloletnie zmiany ciśnień piezometrycznych w otworach hydrogeologiczno-badawczych stacji Morusy

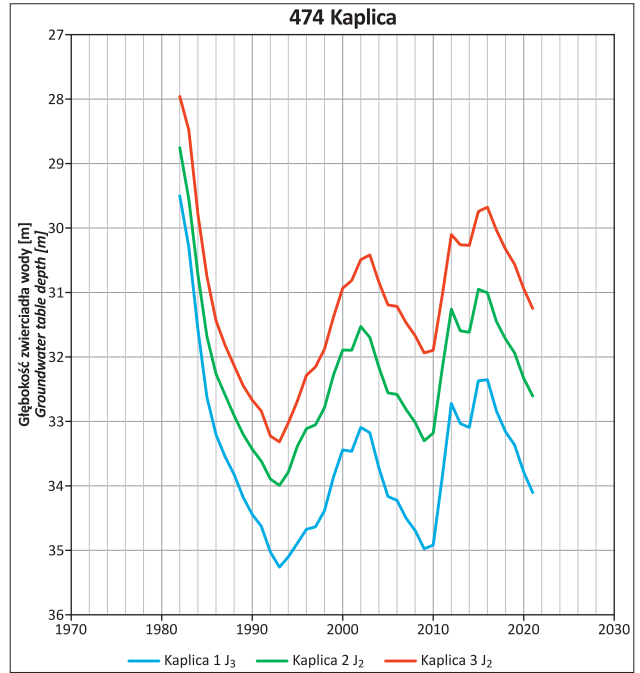
**Fig. 10.** Long-term changes in piezometric pressure in piezometric pressure in the hydrogeological and research wells of the Morusy station

grafii, litologii i głębokości ujmowanych warstw wodonośnych (ryc. 10–16).

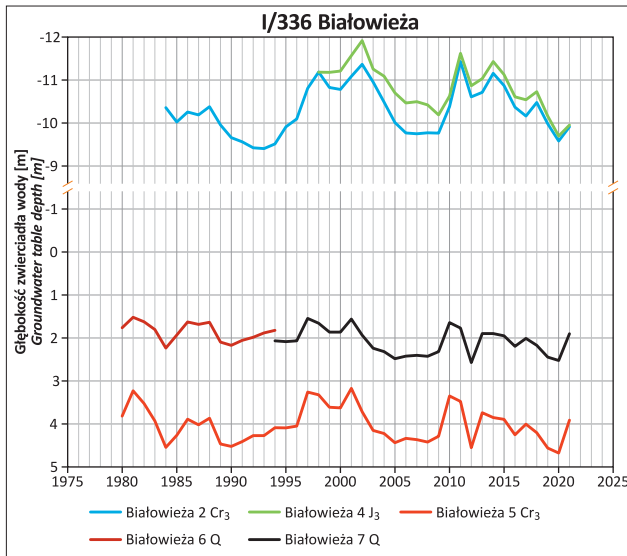
Charakterystyczną cechą poziomów wód podziemnych obserwowanych w otworach hydrogeologiczno-badawczych stacji Podlesie, Białowieża, Sędów i Kaplica (o zwierciadle swobodnym i napiętym), jest wzrost ciśnień piezometrycznych wraz z głębokością. Nie zauważa się takiego trendu w wodach podziemnych badanych w stacjach Morusy, Nałęczów i Łysaków. W otworach stacji Morusy (ryc. 10) ciśnienie piezometryczne w wapieniach triasowych jest niższe niż w wapieniach jurajskich.



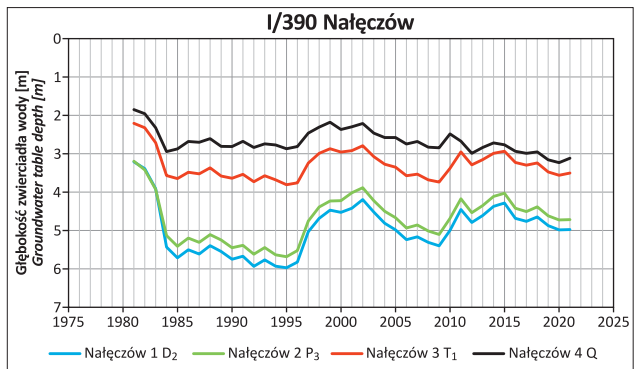
**Ryc. 11.** Wieloletnie zmiany ciśnień piezometrycznych w otworach hydrogeologiczno-badawczych stacji Podlesie  
**Fig. 11.** Long-term changes in piezometric pressure in the hydrogeological and research wells of the Podlesie station



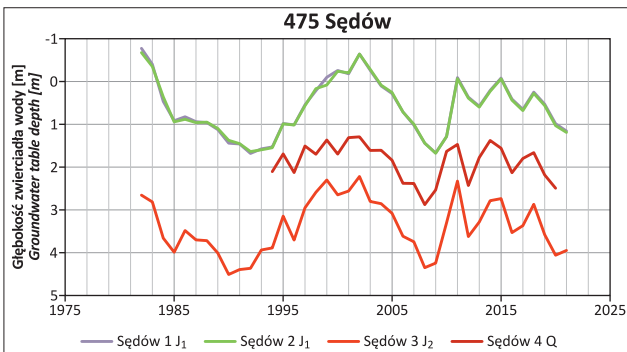
**Ryc. 14.** Wieloletnie zmiany ciśnień piezometrycznych w otworach hydrogeologiczno-badawczych stacji Kaplica  
**Fig. 14.** Long-term changes in piezometric pressure in the hydrogeological and research wells of the Kaplica station



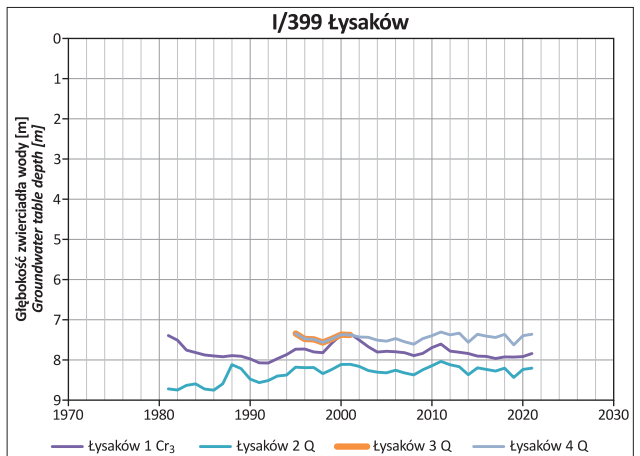
**Ryc. 12.** Wieloletnie zmiany ciśnień piezometrycznych w otworach hydrogeologiczno-badawczych stacji Białowieża  
**Fig. 12.** Long-term changes in piezometric pressure in the hydrogeological and research wells of the Białowieża station



**Ryc. 15.** Wieloletnie zmiany ciśnień piezometrycznych w otworach hydrogeologiczno-badawczych stacji Nałęczów  
**Fig. 15.** Long-term changes in piezometric pressure in the hydrogeological and research wells of the Nałęczów station



**Ryc. 13.** Wieloletnie zmiany ciśnień piezometrycznych w otworach hydrogeologiczno-badawczych stacji Sędów  
**Fig. 13.** Long-term changes in piezometric pressure in the hydrogeological and research wells of the Sędów station



**Ryc. 16.** Wieloletnie zmiany ciśnień piezometrycznych w otworach hydrogeologiczno-badawczych stacji Łysaków  
**Fig. 16.** Long-term changes in piezometric pressure in the hydrogeological and research wells of the Łysaków station



Na terenie stacji Podlesie (ryc. 11) i Białowieża (ryc. 12) ciśnienie piezometryczne w najniższych poziomach wodonośnych, górnokredowym (piaskowce cenomanu) i górnopaleozoicznym (wapienie), kształtuje się w granicach od 7 do 12 m powyżej terenu (samowypływy). Regionalną warstwą napinającą zwierciadło wody są tam margliste utwory kredy górnej, z zaciśniętymi szczelinami poniżej 80–100 m.

W stacji Nałęczów (ryc. 15) najniższe poziomy wodonośne – górnopermski i środkowodeński – znajdują się w leju depresji pobliskiego ujęcia komunalnego Kielce-Białogon, natomiast w otworach na terenie stacji Łysaków (ryc. 16) ciśnienia piezometryczne w warstwach wodonośnych na różnych głębokościach są do siebie zbliżone.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

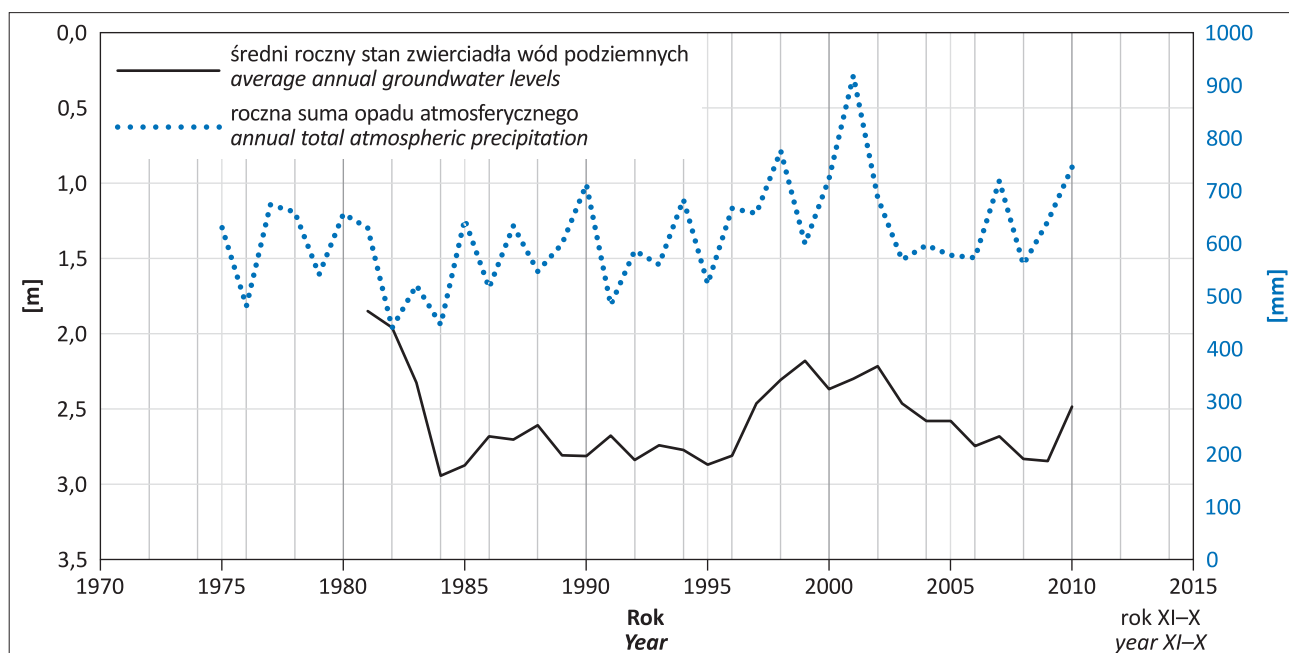
Wieloletnie obserwacje stanu zwierciadła wód podziemnych, prowadzone przez PIG-PIB w krajowych stacjach hydrogeologicznych I rzędu, umożliwiają poznanie zakresu zmian stanów zwierciadła wód podziemnych w różnych warunkach hydrogeologicznych. Szczegółowa analiza wyników wieloletnich pomiarów ustabilizowanego zwierciadła wody w otworach siedmiu stacji hydrogeologicznych I rzędu, odwierconych na obszarze wyżynnego subregionu środkowej Wisły, które ujmują warstwy wodonośne w różnych warunkach hydrodynamicznych, zmieniających się w profilu pionowym, ma duże znaczenie dla poznania systemów wodonośnych kraju. Obserwacje tych zmian należy kontynuować w celu poznania procesów hydrogeologicznych decydujących o kierunkach krążenia, stanie retencji i jakości wód podziemnych.

W 1 kompleksie warstw wodonośnych, o zwierciadło swobodnym, impulsem do zmiany ciśnienia piezometrycznych jest niewątpliwie zasilanie przez opady atmosferyczne, uzupełniające odpływ podziemny. Zmienność średnich rocznych stanów zwierciadła wody jest w nim współzależna do rocznych sum opadów. Przykładem mogą

być otwór hydrogeologiczno-badawczy Nałęczów 4 w Kielcach (ryc. 15), ujmujący piaski czwartorzędowe, i usytuowany w jego pobliżu posterunek opadowy Kielce-Suków (ryc. 17). Współzależność ta w wielu przypadkach jest nieco przesunięta w czasie (Jamorska i in., 2019). Należy też pamiętać, że mimo takiej samej rocznej sumy opadów ich infiltracja do warstw wodonośnych bywa różna, w zależności od rozkładu opadów w czasie i innych czynników, np. parowania terenowego.

Przyczyną wieloletnich zmian ciśnienia piezometrycznych w górnych warstwach wodonośnych o swobodnym zwierciadle wody jest niewątpliwie infiltracja wód opadowych. Poznanie mechanizmu i przyczyn zmian ciśnienia piezometrycznych w głębokich i izolowanych warstwach wodonośnych wymaga jednak dalszych badań, ponieważ proces przenoszenia impulsu do zmiany ciśnienia piezometrycznego z 1 kompleksu do niższych kompleksów warstw wodonośnych (2 i 3), w których często panuje wyższe ciśnienie piezometryczne, nie został jeszcze rozpoznany. Wieloletnie zmiany ciśnienia są w nich na ogół współzależne czasowo, niezależnie od głębokości i izolacji warstw wodonośnych. Dotyczy to szczególnie 3 kompleksu w niecce miechowskiej (stacje Podlesie i Białowieża – ryc. 11 i 12), odizolowanego od 1 kompleksu warstwami półprzepuszczalnymi i nieprzepuszczalnymi o regionalnym rozpręśtrzeniu. Dotychczas, pomimo prób, nie zdefiniowano procesów i impulsów prowadzących do takiej geometrii zmian. Mamy tu bowiem do czynienia z sytuacją, w której jest udokumentowany efekt zjawiska, lecz nie można w jednoznaczny sposób określić i zmierzyć jego przyczyn.

Współcześnie użytkitarne znaczenie mają tylko rezultaty badań nad zmiennością stanów zwierciadła słodkich wód użytkowych poziomów wodonośnych. Jednak wyniki badań i spostrzeżenia dotyczące głębokich kompleksów wodonośnych, mimo że obecnie mają znaczenie głównie naukowe, przyczynią się do wzbogacenia metodyki ustalania zasobów wód podziemnych słodkich i mineralnych.



**Ryc. 17.** Średnie roczne stany wód podziemnych w piętrze czwartorzędowym w otworze badawczym na terenie stacji hydrogeologicznej Nałęczów w Kielcach na tle rocznych sum opadu atmosferycznego na posterunku opadowym Kielce-Suków

**Fig. 17.** Average annual groundwater levels in the Quaternary aquifer at the Nałęczów hydrogeological station in Kielce against the background of the annual total atmospheric precipitation at the Kielce-Suków rainfall station

Przyszłe badania zmian położenia zwierciadeł wód podziemnych w pionowych profilach kompleksów wodonośnych powinny objąć także pozostałe hydrogeologiczne regiony kraju i ściśle nawiązywać do lokalnych i regionalnych systemów krążenia wód podziemnych. W badaniach tych należy uwzględnić zarówno wody słodkie, jak i zmineralizowane oraz ich pozycję hydrodynamiczną. Dodatkowych informacji mogą dostarczyć także wyniki badań paleohydrogeologicznych, które ostatnio niezbyt często są podejmowane.

Składam podziękowania Recenzentom za poświęcony czas oraz cenne uwagi dotyczące artykułu.

#### LITERATURA

CABALSKA J., GALCZAK M., GIDZIŃSKI T., MIKOŁAJCZYK A. 2020 – Kwartalny Biuletyn Informacyjny Wód Podziemnych państwowej służby hydrogeologicznej, listopad 2019 – styczeń 2020, 18 (66).

JAMORSKA I., KUBIAK-WÓJCICKA K., KRAWIEC A. 2019 – Dynamics of the status of groundwater in the Polish Lowland: the River Gwda catchment example. *Geologos*, 25 (3): 193–204.

KAZIMIERSKI B. (red.) 2014 – Zweryfikowany program monitoringu wód podziemnych w układzie dorzeczy na lata 2016–2021. Państw. Inst. Geol. KOWALCZYK A., WESOŁOWSKI P., WOŹNICKA M. 2016 – Od powodzi do suszy analiza zmian sytuacji hydrogeologicznej w Polsce w latach 2010–2015. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 466: 123–136.

PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.) 2007 – Hydrogeologia Polski, t. I, Wody zwykłe. Państw. Inst. Geol.

PRAŻAK J. 2007 – Subregion środkowej Wisły – wyżynny, część centralna. [W:] Paczyński B., Sadurski A. (red.), *Hydrogeologia regionalna Polski*. Państw. Inst. Geol.: 174–187.

PRAŻAK J. 2013 – Changes in groundwater storage Kamienna drainage basin, Southeastern Poland. *Ann. Soc. Geol. Polon.*, 83: 149–159.

PRAŻAK J. 2018 – Stacja hydrogeologiczna monitoringu wód podziemnych I rzędu Sędów w południowo-wschodniej Polsce – wyniki i kierunki dalszych badań. *Hydrogeologia*, 1: 59–69.

PRAŻAK J. 2019 – Hydrogeologia zlewni Nidy oraz problemy zagospodarowania i ochrony zasobów wód podziemnych. *Informator PSH*. Państw. Inst. Geol.

Praca wpłynęła do redakcji 21.12.2022 r.  
Akceptowano do druku 7.02.2023 r.