

Stefan Satora

STUDNIE WIERCONE I WODY ARTEZYJSKIE
WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO

DRILLED WELLS AND ARTESIAN WATERS
OF MAŁOPOLSKA PROVINCE

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono charakterystykę studni wierconych na terenie województwa małopolskiego oraz ujętych nimi wód artezyjskich występujących w utworach czwartorzędowych, mioceńskich, paleogeńskich, oligoceńskich, kredowych, jurajskich, triasowych oraz karbońskich. Wody artezyjskie ujęte są 162 studniami wierconymi o głębokości od 14,5 (czwartorzęd) do 5261,0 m (oligocen) i o wydajności jednostkowej od 0,001 (jura) do 375,0 (trias) $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. Charakteryzują się one ciśnieniami artezyjskimi od 2,0 do 3021,0 m słupa wody oraz użytecznymi od 0,1 do 245,0 m słupa wody. Najwyższe ciśnienia artezyjskie i użyteczne stwierdza się w studniach ujmujących klastyczne, fliszowe warstwy oligoceńskie Karpat wewnętrznych, a najniższe w studniach alimentowanych przez piaszczysto-żwirowe utwory czwartorzędowe. Na omawianym obszarze największa liczba studni wynosząca 20 (12,3% ogółu) charakteryzuje się ciśnieniem artezyjskim w przedziale 10,0–50,0 m H_2O , natomiast ciśnieniem użytecznym (29 studni – 17,9%) 1,0–10,0 m H_2O . W dalszej kolejności 16 studni (9,9% ogółu) ujmuje wody z ciśnieniem artezyjskim 50,0–100,0 m H_2O a 20 studnie (12,3%) wody z ciśnieniem użytecznym 1,0–10,0 m H_2O . Największa liczba studni wynosząca 20 (12,3 % ogółu) o ciśnieniu artezyjskim 10–50 m H_2O i 29 (17,9 % ogółu) o ciśnieniu użytecznym 1–10 m H_2O ujmuje wody podziemne z klastycznych piaszczysto-ilastych warstw mioceńskich. Największa liczba 69 studni artezyjskich (42,6% ogółu) na omawianym terenie jest zasilana przez węglanowe skały ery mezozoicznej.

Słowa kluczowe: studnie wiercone, wody artezyjskie, ciśnienie piezometryczne i użyteczne

Summary

In this study characteristics of drilled wells and artesian waters taken from them that occurred in the formations of Quaternary period, Miocene period, paleo-

gene, Oligocene, Cretaceous, Jurassic, Triassic and Carboniferous period of Małopolska province, was presented. The artesian waters taken from 116 drilled wells with depth from about 14,5 (Quaternary) to 5261,0 m (Oligocene) and unitary capacity from 0,001 (Jurassic) to 375,0 (Triassic) $m^3 \cdot h^{-1} \cdot m^{-1}$ were characterised by artesian pressure from 2,0 up to 3021,0 m H_2O and useful pressure from 0,1 up to 245,0 m H_2O . The highest artesian and useful pressures were found in wells taken from clastic, flysh Oligocene layers of Interior Carpathian, and the lowest – in wells the was recharged by sandy-gravel of formation Quaternary.

The highest amount of artesian wells on the studied area, 69 of artesian wells that constituted about 42,6% of all, is recharged by carbonate measures of Mesozoic era.

Key words: drilled wells, artesian waters, piezometr and useful pressure

WPROWADZENIE

Artezyjskie wody wgłębne są typem wód podziemnych występujących w obrębie skorupy ziemskiej charakteryzującym się przy całkowitym wypełnieniu wodą warstwy wodonośnej zwierciadłem naporowym oraz obszarem zasilania zlokalizowanym poza miejscem zalegania tych wód w obrębie tzw. wychodni [Bocheńska i in. 2002].

Nacinając wyrobiskiem górniczym artezyjską warstwę wodonośną, powodujemy wypływ wody podziemnej ponad powierzchnię terenu, który przy większych ciśnieniach złożowych może być wykorzystywany w różnego rodzaju systemach wodociągowych do zaopatrzenia ludności w wodę, bez potrzeby montażu urządzeń pompowych.

Korzystne warunki występowania wód artezyjskich związane są najczęściej z nieckowatymi, synklinalnymi lub monoklinalnymi strukturami geologicznymi tworzącymi zbiorniki lub baseny artezyjskie [Pazdro, Kozerski 1990]. Sprzyjające warunki występowania tego typu wód występują na terenie środkowej Polski oraz na niewielkich obszarach zlokalizowanych w obrębie województwa małopolskiego. Obszary te zlokalizowane są w Karpatach fliszowych mających nie tylko charakter płaszczowinowy, ale także płytowy i monoklinalny (Karpaty wewnętrzne) oraz w pozakarpackiej części województwa obejmującej takie jednostki tektoniczne, jak Zapadlisko Przedkarpackie, Wyżynę Krakowsko-Wieluńską, Niecek Nidy oraz Zapadlisko Górnos Śląskie.

Przedstawione opracowanie ma na celu charakterystykę pionowych ujęć oraz ujętych nimi wód artezyjskich występujących na obszarze zróżnicowanym pod względem tektonicznym, litologicznym i stratygraficznym wchodzącym w skład województwa małopolskiego.

Województwo to położone jest w południowej części Polski. Zajmuje powierzchnię 15 188 km², stanowiącą 4,8 % terytorium kraju. Administracyjnie dzieli się na 19 powiatów ziemskich i 3 powiaty grodzkie oraz 182 gminy. W skład województwa wchodzi powiaty: olkuski, chrzanowski, oświęcimski,

miechowski, proszowicki, krakowski, m. Kraków, wadowicki, suski, myślenicki, wielicki, bocheński, brzeski, dąbrowski, tarnowski, m. Tarnów, limanowski, nowosądecki, m. Nowy Sącz, gorlicki, nowotarski i tatrzański.

W granicach omawianego terenu występują takie jednostki morfologiczne, jak: Wyżyna Śląsko-Krakowska, Wyżyna Miechowska (Nidy), Płaskowyż Proszowicki, Kotlina Oświęcimska, Brama Krakowska, Kotlina Sandomierska, Pogórze Wielickie, Pasma Beskidów, Pieniński Pas Skalkowy, Kotlina Podhalańska i Tatry.

W obrębie granic województwa małopolskiego pod względem geologicznym ok. 80 % z ponad 15 tys. km² zajmują struktury związane z łukiem karpackim i jego przedpołem. Poczynając od południa, w skład tych struktur wchodzi Karpaty zewnętrzne i wewnętrzne wypełnione skałami paleogeńskimi, kredy fliszowej i oligoceńskimi. W środkowej części województwa Karpaty sąsiadują z mioceńskim Zapadliskiem Przedkarpackim. W północnej i zachodniej części województwa natomiast występują struktury mezozoiczne: kredowe Niecki Nidziańskiej, jurajskie i triasowe Monokliny Śląsko-Krakowskiej oraz struktury paleozoiczne (karbon, dewon i perm) Zapadliska Górnośląskiego.

MATERIAŁY I METODY

Materiałami wyjściowymi poddanymi analizie były dane z Centralnego Banku Danych Hydrogeologicznych „Hydro” udostępnione przez Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie. Stanowiły je informacje techniczne, konstrukcyjne i geologiczne związane z pionowymi ujęciami wód podziemnych, którymi w tym przypadku były naporowe, wgłębne wody artezyjskie. Łącznie na omawianym terenie wykonano 162 studnie wiercone ujmujące wody artezyjskie.

Na obszarze obejmującym część Karpat zachodnich, wchodzącym w skład województwa małopolskiego, a zbudowanym z dwóch jednostek tektonicznych – Karpat zewnętrznych (Kz) i wewnętrznych (Kw) w latach 1952–2004 wykonano 44 studnie wiercone, ujmujące wody artezyjskie pochodzące z warstw czwartorzędowych, trzeciorzędowych kredowych, jurajskich oraz triasowych (w tym 33 studnie w Kz i 11 studni w Kw).

Głębokości studni w Kz wahają się od 14,5 do 1833,3 m, natomiast w Kw od 50,0 do 5261,0 m. Z wyjątkiem studni nr 43, głębokości te nie są związane z wiekiem i rodzajem ujmowanych warstw wodonośnych, ponieważ w tych samych warstwach można spotkać studnie o małej i bardzo dużej głębokości. Jedną z głębszych (3073,2 m) studni na terenie Kw swoją dość znaczną głębokość zawdzięcza rodzajowi ujętej jurajskiej, węglanowej warstwy wodonośnej zalegającej na głębokości 1550 m ppt, wchodzącej w skład serii wierchowej. Zanurza się ona w głąb skorupy ziemskiej w kierunku północnym pod flisz podhalański, a wychodnie jej występują w Tatrach w obrębie Kopy Kondrackiej. Wydajność jednostkowa omawianych studni artezyjskich waha się w zakresie od

0,1 do 4,5 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ w Kz i od 0,07 do 4,0 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ w Kw. Jest ona więc nieco wyższa w Karpatach zewnętrznych niż w wewnętrznych. Zdecydowana większość studni (23 w Kz i 6 w Kw) charakteryzuje się wydajnością jednostkową do 0,3 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. Wydajnością w zakresie 0,3–0,7 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ odznacza się 6 studni (5 – Kz i 1 – Kw), a powyżej 0,7 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ – 4 studnie (po 2 w Kz i Kw). W przypadku 5 studni brak na ten temat danych [Frankiewicz 2006].

Bardzo ważną cechą charakteryzującą zarówno studnie, jak i wody artezyjskie jest wielkość ciśnienia piezometrycznego (złożowego w ujętej warstwie wodonośnej) i użytecznego (różnica między rzędną ustabilizowanego zwierciadła wody – wysokością artezyjskiego zwierciadła wody a rzędną terenu przy studni). W Karpatach zewnętrznych największa liczba studni charakteryzuje się ciśnieniem piezometrycznym w przedziale 10,0–50,0 m słupa wody, natomiast ciśnieniem użytecznym poniżej 1,0 m słupa wody. Z kolei w studniach Karpat wewnętrznych najczęściej występuje ciśnienie piezometryczne powyżej 100 m słupa wody, a ciśnienie użyteczne w przedziale 10,0–50,0 m słupa wody [Satora, Bergel 2006].

Porównując omówione wielkości, wyraźnie zaznaczają się w Karpatach wewnętrznych wyższe zarówno ciśnienia piezometryczne (artezyjskie) wód podziemnych jak i użyteczne w porównaniu z Karpatami wewnętrznymi (tab. 1).

Tabela 1. Parametry hydrogeologiczne karpackich studni artezyjskich
Table 1. The hydrogeological parameters of carpathian artesian wells

Nr studni Well number	Jednostka tektoniczna Tectonic unit	Wiek warstwy Water-bearing layer age	Głębokość studni/well depth [m]	Wydajność jednostkowa /unitary yield [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$]	Ciśnienie/pressure [m słupa wody/water column]		Rodzaj warstwy alimentującej /kind of alimentation layer	
					piezometryczne /piezometer	użyteczne /utilitarian		
1	Karpaty zewnętrzne/Carpathians outer	Czwartorzęd	15,0	0,15	5,80	0,80	aluwia	
2		Czwartorzęd	16,5	0,28	13,00	1,00	aluwia	
3		Trzeciorzęd/Tertiary	eocen	33,6	0,42	17,00	1,50	krośnieńskie
4			eocen	30,0	0,08	29,00	7,00	podmagurskie
5			oligocen	30,0	0,67	24,90	0,90	krośnieńskie
6			eocen	89,2	0,27	62,60	2,60	podmagurskie
7			eocen	150,0	0,03	73,20	10,70	hieroglifowe
8			eocen	120,0	0,02	144,10	25,00	hieroglifowe
9			eocen	39,2	0,01	30,00	5,00	hieroglifowe
10			eocen	1215,0	4,50	1194,30	0,10	hieroglifowe
11			eocen	967,1	0,01	184,20	3,20	hieroglifowe
12			oligocen	1833,3	bd	1610,10	0,10	krośnieńskie
13			eocen	50,0	0,59	42,80	6,80	magurskie
14			eocen	30,0	0,09	26,00	1,00	hieroglifowe
15			paleocen	44,0	0,18	27,40	0,40	istebniań.grn
16			paleocen	43,0	0,17	26,20	0,20	istebniań.grn
17			oligocen	30,0	0,24	14,20	0,20	krośnieńskie
18			oligocen	30,0	0,27	13,00	0,50	krośnieńskie

Nr studni Well number	Jednostka tektoniczna Tectonic unit	Wiek warstwy Water-bearing layer age	Głębokość studni/well depth [m]	Wydajność jednostkowa /unitary yield [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$]	Ciśnienie/pressure [m słupa wody/water column]		Rodzaj warstwy alimentującej /kind of alimentation layer	
					piezometryczne /piezometer	użyteczne /utilitarian		
19		eocen	32,5	1,78	8,30	0,30	p-ce ciężkow.	
20		eocen	35,0	0,72	11,50	0,50	hieroglifowe	
21		eocen	32,0	0,23	16,10	0,10	hieroglifowe	
22		eocen	123,2	0,03	107,00	1,00	podmagurskie	
23		paleocen	177,5	0,15	130,50	0,50	istebniańskie	
24		eocen	120,0	0,20	47,20	1,20	magurskie	
25		eocen	150,0	bd	78,00	15,00	magurskie	
26		eocen	103,0	bd	54,00	10,00	magurskie	
27		eocen	153,0	0,01	48,80	4,80	magurskie	
28		eocen	153,0	0,25	55,70	5,70	magurskie	
29		eocen	253,4	0,40	107,80	6,30	łąckie	
30		eocen	142,0	0,02	43,20	1,20	magurskie	
31		eocen	14,5	0,12	5,10	0,10	magurskie	
32		kreda-cenoman	30,0	0,20	26,40	0,40	sromowieckie	
33		kreda/cretaceous	40,0	0,11	13,90	0,50	istebniańskie	
34	Karpaty wewnętrzne/Carpathians inner	Trzeciorzęd/Tertiary	oligocen	856,0	bd	700,80	55,00	chochołów.grn
35			oligocen	50,0	0,07	7,30	0,30	zakopian.dln
36			oligocen	60,0	0,08	60,60	14,60	zakopian.dln
37			oligocen	418,0	1,29	312,50	4,50	zakopian.dln
38			oligocen	50,0	0,16	17,50	10,50	chochołów.dln
39			oligocen	60,0	0,09	46,20	8,20	zakopian.dln
40			oligocen	1113,0	4,00	1140,50	50,00	zakopian.dln
41			oligocen	5261,0	0,24	3021,00	245,00	zakopian.dln
42			oligocen	680,0	0,56	745,00	90,00	chochołów.dln
43			jura/jurassic górna	3073,2	bd	1600,00	50,00	wap. kimerydy
44			trias/triassic środkowy	700,0	0,28	586,00	32,00	dolom. i wap.

Największa liczba studni artezyjskich (10 studni) ujmujących w Kz wody z trzeciorzędowych warstw eoceńskich ma ciśnienia piezometryczne w wysokości 10–50 m słupa wody, natomiast w 12 studniach ujmujących wody z trzeciorzędowych warstw eoceńskich występują ciśnienia użyteczne w wysokości 1–10 m słupa wody. W Karpatach wewnętrznych największa liczba 5 i 3 studni ujmujących wody z trzeciorzędowych warstw oligoceńskich ma ciśnienia artezyjskie odpowiednio powyżej 100 m słupa wody i użyteczne 10–50 m słupa wody (tab. 2).

Tabela 2. Zależność liczby karpackich studni artezyjskich o różnym ciśnieniu wody i wydajności od rodzaju warstw alimentujących
Table 2. The dependence of number of carpathian artesian wells with different water pressure and capacity on the kind of alimentation layers

Jednostka tektoniczna /Tectonic unit		Rodzaj warstw alimentujących /Kind of alimentation layer	Liczba Studni/Wells number	Ekstremalne wartości/Extremal values	
				ciśnienia [m słupa wody]/pressure	wydajności/capacity [m ³ ·h ⁻¹ /m ³ ·h ⁻¹ ·m ⁻¹]
				<u>artezyjskiego/artesian</u> użytecznego/utilitarian	<u>eksploatacyjnej/exploitation</u> jednostkowej/unitary
Karpaty/Carpathian	Zewnętrzne/outer	czwartorzęd-aluwia	2	$\frac{5,8-13,0}{0,8-1,0}$	$\frac{1,0-2,1}{0,15-0,28}$
		hieroglifowe	8	$\frac{11,5-1194,3}{0,1-25,0}$	$\frac{0,03-6,0}{0,01-4,5}$
		podmagurskie	3	$\frac{62,6-130,5}{1,0-7,0}$	$\frac{1,2-5,7}{0,03-0,27}$
		magurskie	8	$\frac{5,1-78,0}{0,1-15,0}$	$\frac{0,48-6,9}{0,01-0,59}$
		krośnieńskie	5	$\frac{13,0-1610,1}{0,1-1,5}$	$\frac{1,2-5,2}{0,24-0,67}$
		p-ce ciężkowickie	1	$\frac{8,3}{0,3}$	$\frac{8,0}{1,78}$
		łąckie	1	$\frac{107,8}{6,3}$	$\frac{18,5}{0,4}$
		istebniańskie	4	$\frac{13,9-130,5}{0,2-0,5}$	$\frac{2,0-4,4}{0,11-0,18}$
		sromowieckie	1	$\frac{26,4}{0,4}$	$\frac{3,0}{0,2}$
	Wewnętrzne/inner	chochołowskie	3	$\frac{17,5-745,0}{10,5-90,0}$	$\frac{2,4-25,1}{0,16-0,56}$
		zakopiańskie	6	$\frac{7,3-3021,0}{0,3-245,0}$	$\frac{1,0-80,0}{0,07-4,0}$
		jura górna	1	$\frac{1600,0}{50,0}$	$\frac{1200,0}{bd}$
		trias środkowy	1	$\frac{586,0}{32,0}$	$\frac{22,7}{0,28}$

Największa liczba studni artezyjskich zlokalizowanych w Karpatach zewnętrznych jest alimentowana przez warstwy hieroglifowe oraz magurskie (po 8 studni), przy czym warstwy hieroglifowe dają wody artezyjskie o zdecydowanie większych ciśnieniach tak piezometrycznych, jak i użytkowych, przy mniejszej eksploatacyjnej i większej jednostkowej wydajności studni. W Karpatach wewnętrznych największa liczba, tj. 6 studni jest alimentowana przez warstwy zakopiańskie, z których uzyskuje się najwyższe (3021,0 m słupa wody) ciśnienie artezyjskie oraz dochodzące do 245,0 m słupa wody ciśnienie użyteczne, przy średniej wielkości wydajności eksploatacyjnej i dość wysokiej jednostkowej (tab. 3).

Przeprowadzona analiza zależności głębokości studni od wielkości ciśnienia artezyjskiego wód stwierdzonego w każdej ze studni wskazuje na to, że wraz ze zwiększającą się głębokością studni wierconych rośnie proporcjonalnie w zależności liniowej ciśnienie artezyjskie ujmowanych wód. Ustalone wielkości współczynników korelacji pomiędzy analizowanymi parametrami wskazują przy artezyjskich wodach Karpat zewnętrznych (paleogeńskich) oraz Karpat wewnętrznych (oligocen) na występowanie bardzo silnej korelacji dodatniej wynoszącej odpowiednio 0,94 i 0,98.

Na obszarze obejmującym część pozakarpacką wchodzącą w skład województwa małopolskiego, a zbudowaną z czterech jednostek tektonicznych zapadliska przedkarpackiego, niecki nidziańskiej, monokliny krakowsko-częstochowskiej oraz zapadliska górnośląskiego w latach 1952–2004 wykonano 118 studni wierconych ujmujących wody artezyjskie pochodzące z warstw czwartorzędowych, mioceńskich, kredowych, jurajskich, triasowych i karbońskich.

Głębokości studni czwartorzędowych wahają się od 14,5 do 15,7 m, mioceńskich od 19,5 do 1923,5 m, kredowych od 30,0 do 118,0 m, jurajskich od 25,0 do 3073,2 m, triasowych od 50,0 do 700,0 m, a karbońskich do 180,0 m (tab. 3).

Wydajność jednostkowa studni czwartorzędowych waha się w zakresie od 0,54 do 7,06 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, mioceńskich 0,01–10,38 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, kredowych 0,03–52,94 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, jurajskich 0,001–14,81 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, triasowych 0,28–375,0 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, a karbońskich 2,99 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. Najwyższe wydajności jednostkowe związane są z utworami triasowymi, a najniższe z czwartorzędowymi.

Największa liczba studni artezyjskich wynosząca 32 (19,74% ogółu) na omawianym obszarze charakteryzuje się wydajnością jednostkową 1,0–5,0 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, w dalszej kolejności 14 (8,6%) wydajnością 0,3–0,7 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ i 9 studni (5,6%) wydajnością 5,0–10,0 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

Na omawianym obszarze największa liczba studni wynosząca 43 (26,5% ogółu) charakteryzuje się ciśnieniem artezyjskim w przedziale 10,0–50,0 m słupa wody, natomiast ciśnieniem użytecznym (47 studni – 29,0%) 1,0–5,0 m słupa wody. W dalszej kolejności 40 studni (24,7% ogółu) ujmuje wody z ciśnieniem artezyjskim 50,0–100,0 m słupa wody, a 34 studnie (21,0%) wody z ciśnieniem użytecznym poniżej 1,0 m słupa wody.

Tabela 3. Parametry hydrogeologiczne wszystkich studni artezyjskich województwa małopolskiego
Table 3. The hydrogeological parameters of all artesian wells of Małopolska province

Jednostka tektoniczna Tectonic unit	Era	Wiek warstwy bearing layer	Liczba studni Wells number	Głębokość depth			Wydajność capacity			Ciśnienie pressure [m słupa wody water column]			Litologia Lithology of water-bearing layer
				min.	średn.	maks.	min.	średn.	maks.	min.	średn.	maks.	
Koryta rzeczne River-bed	Kenozoiczna Cainozoic	czwartorzęd	5	14,5	15,1	15,7	0,15	3,85	7,06	5,8	8,3	13,0	żwiry, otoczaki
				5,6	7,8	9,9	1,0	24,6	54,4	0,1	0,53	1,0	
Zapadlisko przedkarpackie Karpaty	Kenozoiczna Cainozoic	miocen	46	19,5	209,8	1923,5	0,01	2,31	10,4	12,4	115,85	702,1	piaski, piaskowce, iły
				11,0	110,5	702,0	0,36	37,4	218,0	0,1	5,31	18,5	
				30,0	208,8	1833,3	0,01	0,45	4,5	5,1	136,7	1610,1	
Karpaty	Kenozoiczna Cainozoic	paleogen	29	5,0	180,9	1610,0	0,03	3,33	18,5	0,1	2,9	25,0	flisz piaskowcowo-lupkowy
				50	949,8	5261	0,07	0,81	4,0	7,3	717,4	3021,0	
Karpaty	Kenozoiczna Cainozoic	oligocen	9	7	619,2	2776	1,0	26,2	80,0	0,3	59,2	245,0	flisz piaskowcowo-lupkowy
				700	1886,6	3073,2	0,11	0,16	0,2	13,9	20,2	26,4	
Karpaty	Kenozoiczna Cainozoic	kreda flisz.	2	554	1052,0	1550,0	2,0	2,5	3,0	0,4	0,45	0,5	wapienie, margle
				30,0	53,5	118,0	0,03	11,09	52,9	4,5	32,9	102,0	
Niecka Nidy	Kenozoiczna Cainozoic	kreda	12	4,0	30,3	99,5	2,1	30,62	90,0	0,3	2,6	14,0	wapienie, margle
				3073,2	1550,0	Bd	1200,0	1600,0	50,0				
Karpaty wewnętrzne	Mezozoiczna mesozoic	jura górna	1	25,0	246,7	3073,2	0,001	2,02	14,8	14,6	128,7	1600,0	Wapienie i dolomity
				14,0	122,8	1550,0	0,1	70,09	1200,0	0,1	5,96	50,0	
Monoklina krakowsko-częstochowska	Mezozoiczna mesozoic	jura	24	50,0	185,8	700,0	0,28	86,2	375,0	2,0	80,5	586,0	wapienie
				1,6	76,9	554,0	0,9	108,5	535,0	0,4	3,55	32,0	
Karpaty wewnętrzne	Mezozoiczna mesozoic	trias środkowy	1	700	554	0,28	22,7	586,0	32,0	586,0	32,0	Dolomity i wapienie	
				180,0	63,0	2,99	67,0						
Zapadlisko górnośląskie	Paleozoiczna Paleozoic	karbon	1	63,0	67,0	4,0	67,0	4,0	67,0	4,0	67,0	Piaskowice	

Najwyższe ciśnienia artezyjskie wynoszące 1600,0 m słupa wody i użyteczne 50,0 m słupa wody są związane z wodami jurajskimi, nieco mniejsze artezyjskie 702,0 i użyteczne 18,2 m słupa wody z wodami mioceńskimi i triasowymi (586,0 m słupa wody artezyjskie i 32,0 m słupa wody użyteczne). Najniższe ciśnienia artezyjskie 10,4 m słupa wody i użyteczne 1,0 m słupa wody występują w czwartorzędowym poziomie wodonośnym (tab. 3).

Tabela 4. Liczba studni artezyjskich różnego wieku w zależności od wielkości ciśnienia artezyjskiego i użytecznego
Table 4. The number of artesian wells of different age depending on piezometer and utility pressure

Jednostka tektoniczna Tectonic unit	Era i wiek ujętej warstwy wodonośnej Era and age of water-bearing layer		Ciśnienie/pressure [m słupa wody/water column]									
			artezyjskie/artesian użyteczne/utilitarian									
			0,1-1	1-10	10-50	50-100	100-200	200-500	500-1000	1000-2000	2000-3200	
Koryta rzeczne	kenozoiczna /cainozoic	czwartorzęd	$\frac{0}{5}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	
Zapadlisko przedkarpackie		miocen	$\frac{0}{9}$	$\frac{0}{29}$	$\frac{20}{8}$	$\frac{10}{0}$	$\frac{12}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	
Karpaty		zewn.	paleogen	$\frac{0}{14}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{15}{3}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{0}{0}$
		wewn.	oligocen	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$
		zewn.	kreda flisz.	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Niecka Nidy		Mezozoiczna /Mesozoic	kreda	$\frac{0}{5}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Monoklina Krakowska			jura	$\frac{0}{7}$	$\frac{0}{14}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{11}{0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$
Karpaty wewn.			jura górna	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$
			trias środkowy	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Monoklina krakowska			trias	$\frac{0}{10}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{8}{1}$	$\frac{16}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$
Zapadlisko górnośląskie	paleozoiczna /paleozoic	karbon	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	

Największa liczba studni ujmujące wody czwartorzędowe o ciśnieniu artezyjskim 5-10 m słupa wody i użytecznym poniżej 1,0 m słupa wody, wody mioceńskie i kredowe o ciśnieniu artezyjskim 10-50 m słupa wody i użytecznym 1-5 m słupa wody, oraz wody jurajskie, triasowe i karbońskie o ciśnieniu artezyjskim 50-100 m słupa wody i użytecznym 1-5 m słupa wody.

Wody mioceńskie w największej liczbie przypadków 12,3% ogółu (w stosunku do ogólnej liczby studni) mają ciśnienie artezyjskie 10–50 m H₂O, w dalszej kolejności 9,9% wody triasowe o ciśnieniu artezyjskim 50–100 m H₂O.

Największa liczba studni artezyjskich wynosząca 46 (28,4% ogółu) alimentowana jest przez piaszczysto-iłowe warstwy mioceńskie, w dalszej kolejności węglanowe utwory triasowe (19,1%) i paleogeńskie (17,9%).

Przeprowadzona analiza zależności głębokości studni od wielkości ciśnienia artezyjskiego wód wskazuje na to, że wraz ze zwiększającą się głębokością studni wierconych rośnie proporcjonalnie w zależności liniowej ciśnienie artezyjskie ujmowanych wód. Ustalone wielkości współczynników korelacji pomiędzy analizowanymi parametrami wskazują przy artezyjskich wodach czwartorzędowych, mioceńskich, kredowych, jurajskich i triasowych na występowanie bardzo silnej korelacji dodatniej wynoszącej odpowiednio 0,87; 0,93; 0,81; 0,94 i 0,81.

WNIOSKI I STWIERDZENIA

1. Na terenie województwa małopolskiego zlokalizowane są 162 studnie wiercone ujmujące naporowe, artezyjskie wody podziemne pochodzące ze skał ery kenozoicznej, mezozoicznej i paleozoicznej.

2. Wiercone studnie artezyjskie mają głębokości w zakresie od 14,5 (czwartorzęd) do 5261, m (oligocen) oraz jednostkowe wydajności wynoszące od 0,001 (jura) do 375,0 (trias) m³·h⁻¹·m⁻¹.

3. Najwyższe ciśnienia artezyjskie dochodzące do 3021,0 m słupa wody, a użyteczne do 245,0 m słupa wody stwierdzono w studniach ujmujących klastyczne fliszowe warstwy Karpat wewnętrznych, a najniższe odpowiednio 5,0 i 0,1 m słupa wody w studniach alimentowanych przez piaszczysto-żwirowe utwory czwartorzędowe.

4. Na omawianym obszarze największa liczba studni wynosząca 20 (12,3% ogółu) charakteryzuje się ciśnieniem artezyjskim w przedziale 10,0–50,0 m słupa wody, natomiast ciśnieniem użytecznym (29 studni – 17,9%) 1,0–10,0 m słupa wody. W dalszej kolejności 16 studni (9,9% ogółu) ujmuje wody z ciśnieniem artezyjskim 50,0–100,0 m słupa wody, a 20 studni (12,3%) wody z ciśnieniem użytecznym 1,0–10,0 m słupa wody.

5. Największa liczba studni wynosząca 20 (12,3 % ogółu) o ciśnieniu artezyjskim 10–50 m słupa wody i 29 (17,9 % ogółu) o ciśnieniu użytecznym 1–10 m słupa wody ujmuje wody podziemne z klastycznych piaszczysto-ilastych warstw mioceńskich.

6. Największa liczba 69 studni artezyjskich (42,6% ogółu) jest alimentowana przez węglanowe wapienno-dolomitowe skały ery mezozoicznej.

BIBLIOGRAFIA

- Bocheńska T., Dowgiałło J., Kleczkowski A. S. i in. *Słownik hydrogeologiczny*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2002.
- Pazdro Z., Kozerski B. *Hydrogeologia ogólna*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1990.
- Frankiewicz M. *Wody artezyjskie województwa małopolskiego*. Maszynopis AR w Krakowie, 2006.
- Satora S., Bergel T. *Karpackie wody artezyjskie województwa małopolskiego*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 11 Warszawa 2006.

Dr inż. Stefan Satora
Katedra Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji
Akademia Rolnicza w Krakowie
al. Mickiewicza 24/28
30-059 Kraków
e-mail: rmsatora@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Parzonka*