

WPLYW ŚREDNICY STUDNI NA JEJ WYDAJNOŚĆ

UKD 551.491.54/56:628.112/.113.2:531.717.1

W literaturze dotyczącej studzien przyjęła się od dawna opinia ustalona, że wpływ średnicy studni wierczonej na jej wydajność jest nieznaczny.

Wychodząc z podstawowego wzoru na wydajność studni doskonałej o swobodnym zwierciadle wody (ryc. 1):

$$Q = \frac{\pi \cdot k (H^2 - h^2)}{\ln \frac{R}{r}} \quad [1]$$

gdzie:

Q – wydajność studni w m³/sek,
 k – współczynnik filtracji w m/sek,
 H – miąższość warstwy wody przy studni w m,
 h – wysokość dynamicznego poziomu wody przy studni nad warstwą nieprzepuszczalną w m,
 R – promień zasięgu działania studni w m,
 r – promień studni w m;

który to wzór wyrazić można także w postaci:

$$Q = \frac{1,36 \cdot k \cdot s (2H - s)}{\lg \frac{R}{r}} \quad [2]$$

gdzie:

Q, k, H, R, r – jak wyżej,
 s – depresja zwierciadła wody w m;
 przyjmuje się, że wzrost wielkości średnicy studni wywiera niewielki wpływ na jej wydajność.

Pogląd ten ma duże znaczenie praktyczne dla projektowania, budowy i eksploatacji studzien wierconych, stanowiących podstawowe ujęcia wód podziemnych. Ponieważ w istocie pogląd ten nie jest słuszny, gdyż nie uwzględnia ważnej dla pracy studni wielkości, jaką stanowi prędkość napływu wody na filtr studzienny, w niniejszej pracy na konkretnym przykładzie studni wykazano jego błędność.

Zagadnienie wpływu średnicy studni na jej wydajność autor rozpatruje na przykładzie studni doskonałej, wykonanej w warstwie wodonosnej o swobodnym zwierciadle wody i miąższości warstwy wody przy studni $H = 10$ m oraz współczynniku filtracji $k = 0,0025$ m/sek. Korzystając z wzoru [2] obliczono wydajność studni dla różnych wartości depresji przy następujących rozmiarach promienia studni:

$$\begin{aligned} r_1 &= 0,05 \text{ m} \\ r_2 &= 0,10 \text{ m} \\ r_3 &= 0,25 \text{ m} \\ r_4 &= 0,50 \text{ m} \\ r_5 &= 1,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Kolejne wartości depresji s przy obliczaniu wydajności studni dla każdego wymienionego wyżej promienia r przyjęto takie, że stosunek depresji s do miąższości warstwy wodonosnej H wynosi:

$$\frac{s}{H} = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 \text{ i } 1,0.$$

Zakładam, że długość roboczej części filtru przy każdej przyjętej depresji odpowiada wysokości słupa wody w studni. Dla takiego założenia obliczono roboczą powierzchnię filtru A_r dla przyjętych rozmiarów promienia studni r i przyjętych stosunków $\frac{s}{H}$.

W oparciu o obliczone wartości Q i A_r wyznaczam prędkości napływu wody na filtr studni v_n z zależności:

$$v_n = \frac{Q}{A_r} \quad [3]$$

Wszystkie otrzymane wartości Q, A_r, v_n zostały zestawione w załączonej tabeli.

Na podstawie danych z tabeli sporządzono dla studzien o różnych promieniach wykresy wyrażające zależność między depresją s i wydajnością studni Q (ryc. 2) oraz depresją s i prędkością napływu wody na filtr v_n (ryc. 3).

Dla przyjętego gruntu warstwy wodonosnej obliczam ze wzoru Sichardta możliwą do osiągnięcia maksymalną prędkość napływu wody na filtr. Sichardt, na podstawie badań przeprowadzonych dla stwierdzenia możliwości maksymalnego obniżenia zwierciadła wód gruntowych za pomocą studzien, ustalił dla gruntów sypkich znaną zależność między współczynnikiem filtracji i maksymalną prędkością napływu wody na filtr. Zbadał on, że spadek zwierciadła wody w gruncie przy rurze studziennej nie może osiągnąć dowolnej wielkości i wobec tego prędkość napływu wody na filtr studzienny nie może przekroczyć określonej dla danego gruntu wartości maksymalnej.

Przy pompowaniu wody ze studzien doświadczalnych ilość dopływającej do studzien wody wzrastała w miarę zwiększania się depresji, aż do osiągnięcia maksymalnej wartości. Maksymalny dopływ wody do studni ustalał się jednocześnie z osiągnięciem najniższej rzędnej zwierciadła wody w gruncie przy rurze studziennej. Dalsze zwiększenie depresji przy studni w określonych warunkach gruntowych było niemożliwe.

Według ustaleń Sichardta osiągnięcie największego obniżenia zwierciadła wody przy studni w każdym przypadku jest uzależnione od maksymalnego spadku zwierciadła wody, jaki może być uzyskany w danym gruncie o określonym współczynniku filtracji, przy czym maksymalną wartość osiąga także prędkość napływu wody na filtr.

Dla szeregu gruntów o różnych wartościach współczynnika filtracji wyznaczone zostały maksymalne wartości spadku zwierciadła wody zaobserwowane przy studni. Pozwoliło to Sichardtowi na wyciągnięcie wniosków o prawidłowości przebiegu zależności między współczynnikiem filtracji k i maksymalnym spadkiem zwierciadła wody przy studni i_0 . Uzyskane dla szeregu wartości współczynnika filtracji k , wielkości maksymalnego spadku zwierciadła wody w gruncie przy studni i_0 Sichardt przedstawił na wykresie podanym na ryc. 4. Otrzymana krzywa, wyrażająca zależność między k i i_0 przyjmuje postać hiperboli i , stąd

$$i_0 = \frac{1}{15 \sqrt{k}} \quad [4]$$

Wstawiając zależność [4] do wzoru Darcy'ego:

$$v = k \cdot i \quad [5]$$

otrzymuje się wzór na maksymalną prędkość napływu wody do studni

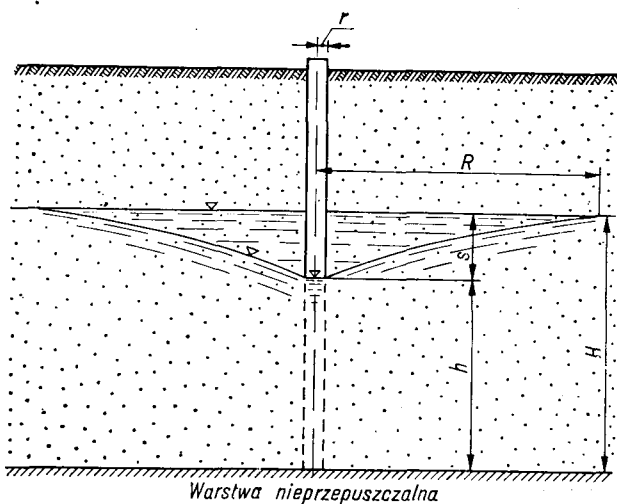
$$v_0 = k \cdot i_0 \quad [6]$$

$$v_0 = \frac{\sqrt{k}}{15} \quad [7]$$

w którym:

v_0 – maksymalna prędkość napływu wody do studni w m/sek.,

s		0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
$\frac{s}{H}$		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k}$		0	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500
$1,36 \cdot k \cdot s \cdot (2H - s)$		0	0,646	0,1224	0,1734	0,2176	0,2550	0,2856	0,3094	0,3264	0,3366	0,3400
$\lg \frac{R}{r}$	0,05 m	0	3,4771	3,7782	3,9542	4,0792	4,1761	4,2553	4,3222	4,3802	4,4314	4,4771
	0,10 m	0	3,1761	3,4771	3,6532	3,7782	3,8751	3,9542	4,0212	4,0792	4,1303	4,1761
	0,25 m	0	2,7782	3,0792	3,2553	3,3802	3,4771	3,5563	3,6232	3,6812	3,7324	3,7782
	0,50 m	0	2,4771	2,7782	2,9542	3,0792	3,1761	3,2553	3,3222	3,3802	3,4314	3,4771
	1,00 m	0	2,1761	2,4771	2,6532	2,7782	2,8751	2,9542	3,0212	3,0792	3,1303	3,1761
Q m ³ /sek	0,05 m	0	0,018	0,032	0,044	0,053	0,061	0,067	0,072	0,074	0,076	0,076
	0,10 m	0	0,020	0,035	0,048	0,058	0,064	0,072	0,077	0,080	0,081	0,081
	0,25 m	0	0,023	0,040	0,053	0,064	0,073	0,080	0,085	0,089	0,090	0,090
	0,50 m	0	0,026	0,044	0,059	0,071	0,080	0,088	0,093	0,097	0,098	0,098
	1,00 m	0	0,030	0,049	0,065	0,078	0,089	0,097	0,102	0,106	0,107	0,107
A _r m ²	0,05 m	0,0780	0,0702	0,0624	0,0546	0,0468	0,0390	0,0312	0,0234	0,0156	0,0078	0
	0,10 m	0,3141	0,2826	0,2512	0,2198	0,1884	0,1570	0,1256	0,0942	0,0628	0,0314	0
	0,25 m	1,9635	1,7667	1,5704	1,3741	1,1778	0,9815	0,7852	0,5889	0,3926	0,1963	0
	0,50 m	7,8540	7,0686	6,2832	5,4978	4,7124	3,9270	3,1416	2,3562	1,5708	0,7854	0
	1,00 m	31,416	28,274	25,132	21,991	18,849	15,708	12,566	9,4248	6,2832	3,1416	0
V _n m/sek	0,05 m	0	0,256	0,513	0,807	1,132	1,564	2,148	3,080	4,744	9,746	∞
	0,10 m	0	0,071	0,139	0,227	0,308	0,408	0,573	0,818	1,274	2,580	∞
	0,25 m	0	0,013	0,025	0,039	0,054	0,074	0,102	0,144	0,227	0,458	∞
	0,50 m	0	0,0037	0,0070	0,0108	0,015	0,020	0,028	0,039	0,062	0,125	∞
	1,00 m	0	0,0010	0,0020	0,0030	0,0041	0,0057	0,0077	0,0108	0,0169	0,0341	∞



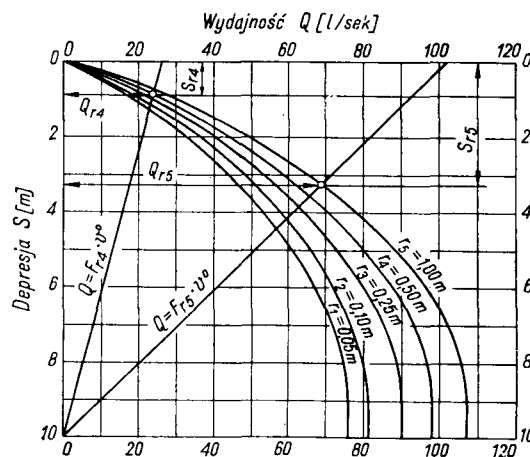
Ryc. 1.

Fig. 1.

k – współczynnik filtracji w m/sek.,
W rozpatrywanym przypadku, przy współczynniku filtracji $k = 0,0025$ m/sek, maksymalna prędkość napływu wody osiągnąć może wartość:

$$v_0 = \frac{\sqrt{0,0025}}{15} = 0,0033 \text{ m/sek}$$

Z przeprowadzonych obliczeń, których wyniki zestawione są w tabeli stwierdzono, iż dla studni o małej średnicy maksymalna prędkość napływu wody osiągnąć jest już przy niewielkich wartościach depresji zwierciadła wody w warstwie wodonośnej przy rurze studziennej, a ponieważ dalszy wzrost depresji zwierciadła wody w studni nie wpływa na jedno-



Ryc. 2.

Fig. 2.

czesne obniżanie się zwierciadła wody w gruncie przy studni, to i wydajność studni jest tym samym ograniczona. Dalszy wzrost wydajności związany jest ze zwiększaniem się wartości depresji zwierciadła wody w gruncie przy rurach studni i z przekroczeniem maksymalnej wartości prędkości napływu wody, co w świetle badań Sichardta nie jest możliwe.

Jak wynika z wykresu podanego na ryc. 3, przy określonej średnicy studni (promieniu studni) wzrost wydajności studni i depresji zwierciadła wody, w pewnych zakresach, powodować by musiał prędkość napływu osiągającą wartość kilkudziesięciu cm/sek, a nawet kilku m/sek, co nie jest możliwe przy przepływie wody w gruntach sypkich. Uzyskanie w przypadku gruntów sypkich z określonej warstwy wodonośnej zwiększenia wydajności studni możliwe jest przez powiększenie średnicy filtru, a więc przez zwiększenie średnicy studni.

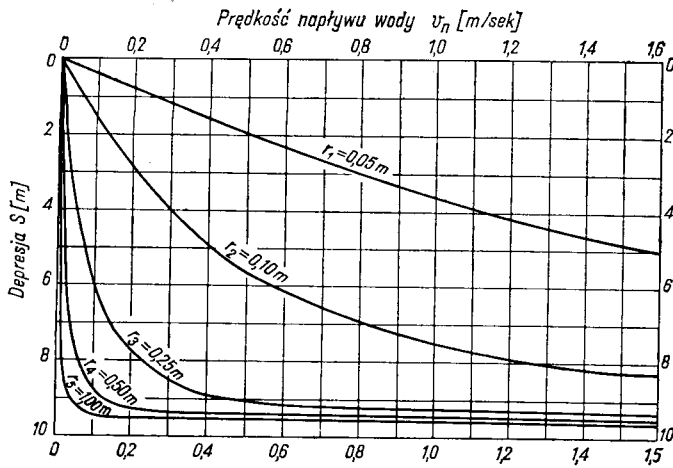


Fig. 3.

Ryc. 3.

W przypadku rozpatrywanej studni, dla różnych wielkości promienia r , maksymalna prędkość napływu $v_o = 0,0033$ m/sec osiągnięta jest przy następujących wartościach depresji s i wydajności Q :

$r_1 = 0,05$ m, przy $s = \text{ok. } 0,00$ m i $Q_{r_1} = \text{ok. } 0,00$ m³/sek;
 $r_2 = 0,10$ m, przy $s = 0,02$ m i $Q_{r_2} = 0,0009$ m³/sek;
 $r_3 = 0,25$ m, przy $s = 0,20$ m i $Q_{r_3} = 0,0065$ m³/sek;
 $r_4 = 0,50$ m, przy $s = 0,91$ m i $Q_{r_4} = 0,0242$ m³/sek;
 $r_5 = 1,00$ m, przy $s = 3,30$ m i $Q_{r_5} = 0,0695$ m³/sek.

Gdy podane wyżej wartości maksymalnej wydajności studni dla wartości promienia studni r wynoszących:

$r_1 = 0,05$ m
 $r_2 = 0,10$ m
 $r_3 = 0,25$ m
 $r_4 = 0,50$ m

wyrazimy w stosunku do maksymalnej wydajności studni o promieniu $r_5 = 1,00$ m, przyjmując tę ostatnią za 1, to otrzymamy co następuje:

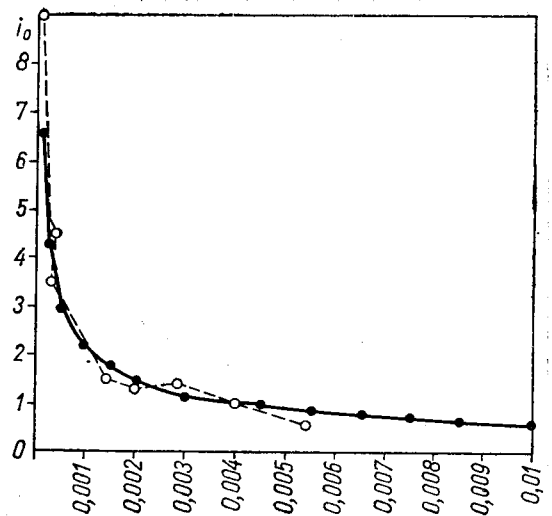
dla studni o $r_1 = 0,05$ m	$Q_{r_1} = 0,0$	Q_{r_5}
dla studni o $r_2 = 0,10$ m	$Q_{r_2} = 0,013$	Q_{r_5}
dla studni o $r_3 = 0,25$ m	$Q_{r_3} = 0,093$	Q_{r_5}
dla studni o $r_4 = 0,50$ m	$Q_{r_4} = 0,348$	Q_{r_5}

Na ryc. 5 sporządzony został wykres stosunku maksymalnych wydajności studni o promieniu $r = 0,05; 0,10; 0,25; 0,50$ m do maksymalnej wydajności studni o promieniu $r = 1,0$ m. Z wykresu tego widać jak istotny wpływ na wydajność studni wierzonej ma średnica studni (promień studni) w świetle prędkości napływu wody na filtr studzienny.

Należy tu podkreślić, że wydajności studni obliczone zostały przy długości filtru odpowiadającej wysokości słupa wody w warstwie wodonośnej, a więc wartości maksymalnej wydajności dla studzien o mniejszych średnicach zostały określone przy większej długości filtru niż dla studzien o stosunkowo większych średnicach. Zatem maksymalna wydajność studzien o mniejszych średnicach ustalona została przy korzystniejszych warunkach, niż studzien o średnicy większej. Otrzymane wyniki tym bardziej potwierdzają ważne znaczenie wpływu średnicy studni na jej wydajność.

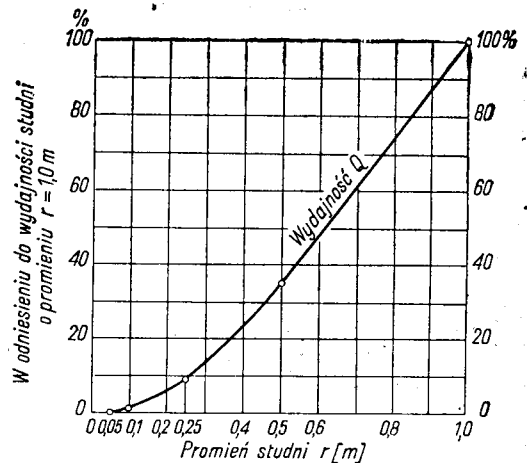
W wyniku podanych wyżej obliczeń i rozważań autor dochodzi do następujących stwierdzeń:

1. Niesłuszny jest pogląd, że wpływ średnicy studni (promienia studni) na wydajność studni jest niewielki.
2. Wpływ średnicy studni na jej wydajność, jak również na długotrwałą pracę studni ma zasadnicze znaczenie.



Ryc. 4. Współczynnik k m/sec.

Fig. 4. Coefficient k m/sec.



Ryc. 5.

Fig. 5.

3. W ostatnich latach obserwuje się w prężnych, zagranicznych ośrodkach wiertnictwa studziennego wyraźną dążność do wykonywania studzien wierconych o możliwie dużych średnicach filtru, co związane jest z wyczuwaniem przez praktykę znaczenia średnicy studni dla wydajności i długotrwałej pracy studni.

LITERATURA

1. Abramow N.W., Geniew N.N., Pawłow W.I. — Wodosnabżeniye, 1958.
2. Gołąb J. — Jak zdobywamy wodę dla gospodarki narodowej. Wyd. Geol. 1954.
3. Bieske E. — Bohrbrunnen, 1953.
4. Kępiński A. — Sposoby wiercenia stosowane w hydrowiertnictwie. Gosp. wod. 1957, nr 8.
5. Kępiński A. — Hydrogeologische Untersuchungen für Wasserversorgungszwecke auf Grund der in Polen angewandten Planungspraxis. Wasser und Boden 1959, nr 5.
6. Kępiński A. — Zagadnienie wiertnictwa studziennego. Gaz, woda i technika sanitarna, 1959, nr 7.
7. Kępiński A. — Zaszczitnyje sanitarnyje zony istocznikow wodosnabżeniya w Polsce. Wodosnabżeniye i sanitarnaja technika, 1961, nr 9.

8. Kępiński A. — Wyznaczanie średnicy studni wierconej w oparciu o badania Sichardta. Gaz, woda i technika sanitarna, 1962, nr 8.
9. Kępiński A. — Wassereintrittsgeschwindigkeit zum Brunnenfilter in bezug auf die Berechnung der Filterdurchmesser. Schweizerische Zeit. für Hydrologie, 1962.

SUMMARY

In the literature dealing with the wells an opinion is widespread that the influence of the diameter of a drilled well is insignificant only. However, the author basing on the computations presented in the paper comes to the following conclusions:

1 — an opinion that the influence of the well diameter (well radius) is insignificant appears to be wrong,

2 — the influence of a well upon its yield and upon long-lasting work is of considerable importance.

10. Kępiński A. — Working Indices of Water Well Screens. Water and Water Engineering 1963, No. 814.
11. Prinz E. — Handbuch der Hydrologie, 1919.
12. Przewłocki O., Tkaczenko A., Czarnocki K. — Studnie, 1961.
13. Wóycicki K. — Wodociągi, 1954.

РЕЗЮМЕ

В литературе по колодцам господствует мнение, что диаметр бурового колодца в незначительной степени влияет на его дебит. Исходя из представленных в статье расчетов и рассуждений, автор делает следующие заключения.

1. Принятое мнение, что диаметр (радиус колодца оказывает небольшое влияние на дебит является неправильным.

2. Диаметр колодца решающим образом влияет на его дебит и продолжительность работы.