

Andrzej Pawlak, Andrzej Kotowski

Metoda wyboru optymalnego systemu zaopatrzenia w wodę na przykładzie Polkowic Dolnych

Polkowice są miastem młodym, dynamicznie rozwijającym się, liczącym około 23 tys. mieszkańców. W założeniach urbanistycznych [1] przyjęto, że kierunkowo, tj. do roku 2025, na obecnym obszarze administracyjnym Polkowic zamieszka około 25 tys. mieszkańców, a na obszarze kierunkowej rozbudowy miasta, tj. w Polkowicach Dolnych, około 10 tys. mieszkańców. Są to wartości wyższe niż oszacowania przeprowadzone na podstawie analiz dostępnych danych demograficznych, lecz wysoce prawdopodobne, biorąc pod uwagę perspektywę ekspansywnego rozwoju miasta. Polkowice są siedzibą powiatu, a w specjalnej strefie ekonomicznej w Polkowicach Dolnych zlokalizowano już duże zakłady produkcyjne (np. fabryka Volkswagen), przewiduje się też lokalizację mniejszych zakładów, w tym przetwórstwa spożywczego i usług.

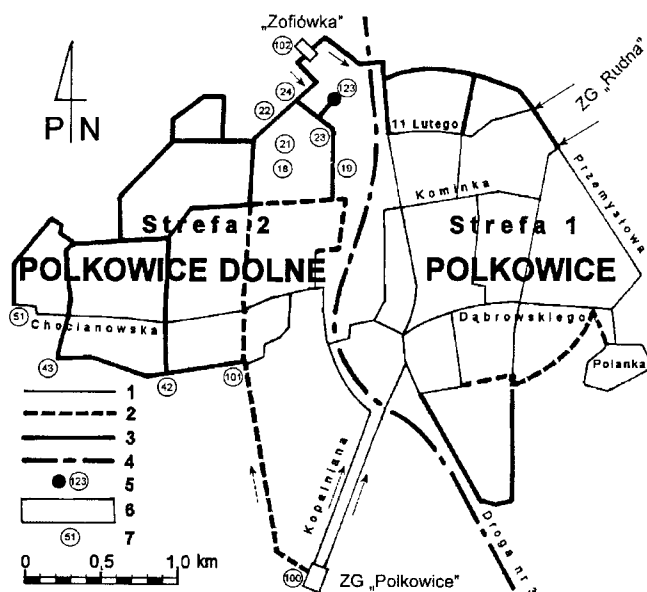
Z danych topograficznych terenu, a także z analiz przeprowadzonych w Instytucie Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej [4] wynika, że system wodociagowy Polkowic, jako całości, musi być podzielony na dwie strefy zasilania (ciśnienia): strefę 1 – na obecnym obszarze administracyjnym Polkowic oraz strefę 2 – na obszarze Polkowic Dolnych (rys.1), gdyż deniwelacja całkowita terenu wynosi około 50 m. Obszar Polkowic Dolnych charakteryzuje się również znaczną deniwelacją powierzchni terenu. W części północno-wschodniej teren wznosi się na wysokość około 182 m n.p.m., a w częściach południowej i zachodniej obniża się do 153,0 m n.p.m. Zatem deniwelacja terenu wynosi 29 m, z której wynika konieczność ograniczenia wysokości zabudowy w części północno-wschodniej Polkowic Dolnych do budynków o liczbie kondygnacji 2+3. Na pozostałym obszarze można zlokalizować budynki wielorodzinne, o tzw. wysokiej intensywności zaludnienia i liczbie kondygnacji 4+5. Ograniczenie wysokości zabudowy dotyczy niespełna 15% powierzchni Polkowic Dolnych, gdzie przyjęto ciśnienie gospodarcze (równe wymaganemu ze względów pożarowych) w wysokości 20 m n.p.t. Na pozostałym obszarze można przyjąć wartość ciśnienia 30 m n.p.t. Całkowita powierzchnia urbanistyczna zabudowy Polkowic Dolnych wyniesie w 2025 roku około 250 ha (rys.1).

System zaopatrzenia w wodę Polkowic jest obecnie zasilany z ujęcia wody podziemnej „Sobin-Jędrzychów”, eksploatowanego dawniej przez Zakłady Górnicze „Polkowice”, a od 1996 roku przez spółkę „AQUAKONRAD” oraz z Zakładu Górniczego „Rudna”. Jedynym niezależnym źródłem wody dla miasta mogą być rozpoznane zasoby wód podziemnych występujących na obszarze pomiędzy wsią Potoczek i wsią Jabłonów, na północny zachód od Polkowic. Zasoby te szacowane

są na około 24 tys. m³/d (1000 m³/h). Część tych zasobów w ilości 14,4 tys. m³/d (600 m³/h) jest w dyspozycji Zakładów Górniczych „Sieroszowice”, które wykorzystują je w niewielkim stopniu. Pozostała część rozpoznanych zasobów w ilości 9,6 tys. m³/d (400 m³/h) może zostać wykorzystana do zaopatrzenia Polkowic w wodę.

Według koncepcji opracowanej przez Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej [5], a także zgodnie z opracowaniami planistycznymi [1,3] Polkowice, w tym Polkowice Dolne, mogą być kierunkowo (2025 r.) zasilane w wodę z własnych ujęć wodociagowych, zlokalizowanych w rejonie Zofiówka–Drogomin–Helenówka. Nie wyklucza się też w wariantach kierunkowym częściowego poboru wody z własnych ujęć, przy częściowym poborze wody z ujęcia „Sobin-Jędrzychów”. Takie rozwiązanie kierunkowe zasilania w wodę całości Polkowic jest również uzasadnione z punktu widzenia niezawodności dostawy wody do miasta (dwa niezależne źródła). Przyjęto zatem kierunkowo trzy warianty zasilania w wodę Polkowic Dolnych:

- wariant 1: w całości z własnego ujęcia wody „Zofiówka”,
- wariant 2: w 50% z ujęcia „Zofiówka” i w 50% z ujęcia „Sobin-Jędrzychów”,
- wariant 3: w całości z ujęcia „Sobin-Jędrzychów” (jak obecnie).



Rys. 1. Schemat magistral wodociagowych Polkowic i Polkowic Dolnych (1 – istniejące rurociągi magistralne, 2 – projektowane rurociągi magistralne na 2005 r., 3 – projektowane rurociągi magistralne na 2025 r., 4 – granica stref ciśnienia, 5 – wieżowy zbiornik wyrównawczy; numer węzła, 6 – obszar I etapu modernizacji i rozbudowy wodociagu do 2005 r., 7 – węzeł obliczeniowy rozbioru pożarowego)

Założono przy tym, że w każdym wariancie sieć wodociągowa może być dodatkowo zasilana przez wieżowy zbiornik wyrównawczy (przy nieciągłej dostawie wody do systemu), bądź pracować bez zbiornika (przy ciągłej, 24-godzinnej dostawie wody).

Średnice przewodów sieci wodociągowej Polkowic Dolnych powinny być więc tak zoptymalizowane, aby sprostać poborowi i dostawie wody w trzech wyżej wymienionych wariantach działania wodociągu do 2025 roku. Znajomość docelowych średnic rurociągów stała się już obecnie niezbędna do racjonalnej modernizacji i rozbudowy istniejącego wodociągu w Polkowicach Dolnych (I etap 2005 r.).

Celem niniejszej pracy był wybór optymalnego systemu zaopatrzenia Polkowic Dolnych w wodę, a także sposobu eksploatacji systemu wodociągowego w okresie kierunkowym do 2025 roku.

Parametry wieżowego zbiornika wyrównawczego

Niezależnie od przyjętego wariantu zasilania w wodę rozważono celowość zastosowania w systemie wodociągowym wieżowego zbiornika wyrównawczego, zlokalizowanego w najwyższym geodezyjnie punkcie Polkowic Dolnych (węzeł nr 123 – rys.1) na rzędnej terenu 185,0 m n.p.m.

Modele symulacyjne procentowych poborów godzinowych wody przez poszczególne elementy zagospodarowania przestrzennego zaczerpnięto z pracy [6]. Jak wynika z symulacji podanej w tabeli 1 (kolumna 3), szczytowy (pod względem wartości) jest rozbiór wody w godzinach 20.00÷21.00, wynoszący 6,52% Q_{maxd} , czyli $Q_{maxh}=213,4 \text{ m}^3/\text{h}$ ($59,3 \text{ dm}^3/\text{s}$) [3]. Stąd ogólny współczynnik nierównomierności godzinowej wyniesie $N_{hog}=1,56$. Ekstremalnym rozbiorem wody przy

Tabela 1. Obliczenie procentowej objętości użytecznej wody w zbiorniku wyrównawczym dla $T_p=20 \text{ h}$

Godzina	Wydajność pompowni	Rozbiór wody	Bilans		Zgromadzono w zbiorniku
			przybyło	ubyło	
	%	%	%	%	%
0–1	0	1,39	–	1,39	3,86
1–2	0	1,28	–	1,28	2,58
2–3	0	1,29	–	1,29	1,29
3–4	0	1,29	–	1,29	0,00
4–5	5,0	3,13	1,87	–	1,87
5–6	5,0	3,23	1,77	–	3,64
6–7	5,0	5,35	–	0,35	3,29
7–8	5,0	5,64	–	0,64	2,65
8–9	5,0	4,17	0,83	–	3,48
9–10	5,0	4,68	0,32	–	3,80
10–11	5,0	5,18	–	0,18	3,62
11–12	5,0	5,33	–	0,33	3,29
12–13	5,0	5,25	–	0,25	3,04
13–14	5,0	5,41	–	0,41	2,63
14–15	5,0	4,30	0,70	–	3,33
15–16	5,0	4,14	0,86	–	4,19
16–17	5,0	4,16	0,84	–	5,03
17–18	5,0	5,11	–	0,11	4,92
18–19	5,0	5,55	–	0,55	4,37
19–20	5,0	5,92	–	0,92	3,45
20–21	5,0	6,52	–	1,52	1,93
21–22	5,0	5,49	–	0,49	1,44
22–23	5,0	3,72	1,28	–	2,72
23–24	5,0	2,47	2,53	–	5,25
Razem	100,0	100,0	11,00	11,00	–

wymiarowaniu średnic rurociągów będzie rozbiór maksymalny godzinowy, powiększony o zapotrzebowanie wody do gaszenia pożaru, tj. $79,3 \text{ dm}^3/\text{s}$. Rozbiór minimalny w dobie o zużyciu średnim wyniesie 1,28% i wystąpi w godzinach 1.00÷2.00 (tab.1). Zatem $Q_{minh}=29,15 \text{ m}^3/\text{h}$ ($8,1 \text{ dm}^3/\text{s}$). Ogólny współczynnik nierównomierności dobowej wyniesie $N_{dog}=1,44$.

Według pracy [3], dla 20-godzinnej dostawy wody do sieci wodociągowej Polkowic Dolnych pojemność użyteczna zbiornika będzie najmniejsza (optymalna). Obliczenia procentowej objętości wyrównawczej zbiornika podano w tabeli 1. Rzeczywista objętość użyteczna zbiornika wyniesie więc $V_u=172 \text{ m}^3$. Zakładając wysokość użyteczną wody w zbiorniku równą $h_u=2,0 \text{ m}$, jego średnica wewnętrzna wyniesie $D_u=10,5 \text{ m}$. Przyjmując objętość pożarową $V_{poz}=200 \text{ m}^3$ [6], wysokość warstwy wody pożarowej w zbiorniku wyniesie $h_{poz}=2,3 \text{ m}$. Przyjęte poziomy wody w zbiorniku będą następujące:

- dolny użyteczny przy Q_{maxh} : 202,0 m n.p.m.,
- dolny pożarowy przy $Q_{maxh+poz}$: 199,7 m n.p.m.,
- górny użyteczny przy Q_{minh} : 204,0 m n.p.m.

Racjonalność nieciągłej (20-godzinnej) dostawy wody do systemu wodociągowego Polkowic Dolnych w 2025 r. potwierdzono wynikami symulacji ciągłej (24-godzinnej) dostawy wody, zestawionymi w tabeli 2. Wówczas pojemność użyteczna zbiornika wyniosłaby 15,53% Q_{maxd} , czyli ok. 500 m^3 , a więc 3-krotnie więcej niż przy dostawie 20-godzinnej. Celowość budowy zbiornika wyrównawczego o założonych parametrach pracy zostanie zweryfikowana w obliczeniach hydraulicznych i na podstawie analizy kosztów eksploatacyjnych systemu przy rozbiorach Q_{maxh} , Q_{minh} i $Q_{maxh+poz}$.

Tabela 2. Obliczenie procentowej objętości użytecznej wody w zbiorniku wyrównawczym dla $T_p=24 \text{ h}$

Godzina	Wydajność pompowni	Rozbiór wody	Bilans		Zgromadzono w zbiorniku
			przybyło	ubyło	
	%	%	%	%	%
0–1	4,17	1,39	2,78	–	4,92
1–2	4,17	1,28	2,89	–	7,81
2–3	4,16	1,29	2,87	–	10,68
3–4	4,17	1,29	2,88	–	13,56
4–5	4,17	3,13	1,04	–	14,60
5–6	4,16	3,23	0,93	–	15,53
6–7	4,17	5,35	–	1,18	14,35
7–8	4,17	5,64	–	1,47	12,88
8–9	4,16	4,17	–	0,01	12,87
9–10	4,17	4,68	–	0,51	12,36
10–11	4,17	5,18	–	1,01	11,35
11–12	4,16	5,33	–	1,17	10,18
12–13	4,17	5,25	–	1,08	9,10
13–14	4,17	5,41	–	1,24	7,86
14–15	4,16	4,30	–	0,14	7,72
15–16	4,17	4,14	0,03	–	7,75
16–17	4,17	4,16	0,01	–	7,76
17–18	4,16	5,11	–	0,95	6,81
18–19	4,17	5,55	–	1,38	5,43
19–20	4,17	5,92	–	1,75	3,68
20–21	4,16	6,52	–	2,36	1,32
21–22	4,17	5,49	–	1,32	0,00
22–23	4,17	3,72	0,45	–	0,45
23–24	4,16	2,47	1,69	–	2,14
Razem	100,0	100,0	15,57	15,57	–

Analiza działania sieci wodociągowej w 2025 r.

Strukturę systemu wodociągowego Polkowic Dolnych narzucają w dużej mierze warunki miejscowe, takie jak:

- rzeźba terenu, a zwłaszcza duża różnica wysokości położenia terenu na południu i na północy obszaru Polkowic Dolnych,
- lokalizacja istniejących punktów zasilania w wodę i potencjalny kierunek dostawy wody z ujęcia „Zofiówka”, przy lokalizacji kontenerowej stacji uzdatniania wody „Zofiówka” na obrzeżach miasta (węzeł 102, na rzędnej terenu 171,0 m n.p.m.),
- istniejąca zabudowa i istniejąca sieć wodociągowa obecnie obniżonego ciśnienia,
- projektowany rodzaj zagospodarowania przestrzennego rejonów miasta,
- gwarancja dostawy wody wszystkim odbiorcom w żądanej ilości i pod odpowiednim ciśnieniem, co wiąże się z niezawodnością działania systemu i poboru wody ze źródeł zasilania.

Zaproponowany układ dystrybucji wody powinien wykonywać w maksymalnym stopniu istniejącą sieć wodociągową, a jednocześnie musi być dostosowany do planowanej rozbudowy miasta (rys.1) i tak rozwiązany, aby nawet wprowadzenie zmian do planu zagospodarowania przestrzennego Polkowic Dolnych nie spowodowało istotnych zmian w jego funkcjonowaniu. Charakteryzować go powinna duża stabilność ciśnień w sieci, niezależnie od warunków rozbiórki wody.

Projektowana na 2025 r. sieć wodociągowa Polkowic Dolnych zbudowana będzie z 64 węzłów, 101 odcinków i 38 obwodów. Całkowita długość istniejących i projektowanych przewodów rozdzielczych i magistralnych wyniesie 25115 m. Rzędna terenu najniższego punktu sieci w węzłach 42 i 43 wynosi 153,0 m n.p.m., a rzędna najwyższego punktu sieci w węźle 23 wynosi 181,9 m n.p.m. (rys.1). Obliczone zapotrzebowania na wodę dla rozbiórki:

- maksymalnego godzinowego: $Q_{\max h}=59,3 \text{ dm}^3/\text{s}$,
 - minimalnego godzinowego przy 24-godzinnej pracy pomp: $Q_{\min h}=8,1 \text{ dm}^3/\text{s}$,
 - minimalnego godzinowego przy 20-godzinnej pracy pomp: $Q_{\min h}=15,6 \text{ dm}^3/\text{s}$,
- zostały rozłożone proporcjonalnie do długości przewodów sieci ($L_c=25115 \text{ m}$). Rozbiorem pożarowym o wartości $20 \text{ dm}^3/\text{s}$ obciążono węzeł nr 51 przy założeniu maksymalnych godzinowych rozbiórki wody w pozostałych punktach sieci (rys.1). W ten sposób uzyskano zbiory danych opisujących węzły sieci oraz odcinki dla trzech wymienionych wartości rozbiórki. Dane te wykorzystane zostały do przeprowadzenia osiemnastu serii obliczeń hydraulicznych sieci, powstałych w wyniku nałożenia:
- trzech podstawowych wariantów zasilania sieci z uwzględnieniem zbiornika wieżowego (usytuowanego w węźle nr 123), oznaczonych jako W1A, W2A i W3A; dostawa wody 20-godzinna,
 - trzech podstawowych wariantów zasilania sieci pracującej bez zbiornika, oznaczonych jako W1B, W2B i W3B; dostawa wody 24-godzinna,
 - trzech wariantów rozbiórki wody (maks. godz, min. godz, maks. godz + pożar) dla każdego z sześciu wariantów zasilania bądź eksploatacji systemu.

Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej ze zbiornikiem, zasilanej z ujęcia i stacji uzdatniania wody „Zofiówka” (wariant W1A), składają się z trzech serii, wynikających z trzech zbiorów wartości charakterystycznego zapotrzebowania na wodę. Z obliczeń tych wynika, że punktem miarodajnym (najmniejsza wysokość ciśnienia) przy rozbiórce maksymalnym godzinowym jest węzeł nr 23, w którym rzędna linii ciśnień wynosi 201,96 m n.p.m., zapewniając wymaganą (założoną) wysokość ciśnienia gospodarczego w tym węźle wynoszącą $20 \text{ mH}_2\text{O}$ (rys.1). W węzłach nr 18, 19, 21, 22 i 24 ciśnienia dyspozycyjne zawierają się w przedziale $20,67+26,33 \text{ mH}_2\text{O}$, a w pozostałych węzłach sieci w przedziale $29,9+46,0 \text{ mH}_2\text{O}$, spełniając wymagania techniczne minimalnych ciśnień gospodarczych ($20 \text{ mH}_2\text{O}$ lub $30 \text{ mH}_2\text{O}$) oraz dopuszczalnych maksymalnych ciśnień w sieci przy rozbiórce maksymalnym godzinowym ($<50 \text{ mH}_2\text{O}$). Wysokość podnoszenia pomp przy rozbiórce maksymalnym godzinowym w stacji uzdatniania wody „Zofiówka” (zlokalizowanej w węźle 102) wyniesie $32,8 \text{ mH}_2\text{O}$ n.p.t.

Analiza omawianego wariantu (W1A) sieci przy rozbiórce minimalnym godzinowym wykazała, że najwyższe ciśnienie wystąpi w węźle nr 42 i wyniesie $52,2 \text{ mH}_2\text{O}$ n.p.t., czyli nie przekroczy maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia w sieci przy rozbiórce minimalnym, wynoszącego $60 \text{ mH}_2\text{O}$. Wysokość podnoszenia pomp przy rozbiórce minimalnym w węźle 102 wyniesie $36,6 \text{ mH}_2\text{O}$ n.p.t.

Obliczenia omawianego wariantu zasilania przy rozbiórce maksymalnym wraz z pożarem ($20 \text{ dm}^3/\text{s}$) w węźle nr 51 wykazały, że jedynie w węzłach 19 i 23 ciśnienie obniża się odpowiednio do wartości $16,77 \text{ mH}_2\text{O}$ i $17,34 \text{ mH}_2\text{O}$, a w pozostałych węzłach sieci przekracza $20 \text{ mH}_2\text{O}$. Biorąc pod uwagę małe prawdopodobieństwo wystąpienia pożaru w godzinie i dobie o zapotrzebowaniu maksymalnym, a także czas trwania tzw. normatywnego pożaru 2,8 godz. ($V_{\text{poż}}=200 \text{ m}^3$, $q_{\text{poż}}=20 \text{ dm}^3/\text{s}$) w stosunku do np. 8760 godzin w roku, nieekonomiczne byłoby podniesienie wysokości tłoczenia pomp i poziomów wody w zbiorniku o 3,0 m, tak aby w węzłach 19 i 23 wysokość pożarowa wynosiła $20 \text{ mH}_2\text{O}$. Bardziej wskazane w związku z powyższym byłoby zlokalizowanie w tym rejonie sieci terenów rekreacyjnych. Punkt pracy pomp w węźle 102 wyniesie $30,7 \text{ mH}_2\text{O}$. Analizę pozostałych wariantów zasilania i eksploatacji sieci przeprowadzono analogicznie do wyżej opisanej, a jej wyniki zestawiono w tabeli 3.

We wszystkich analizowanych wariantach obliczenia sieci przy rozbiórce maksymalnym godzinowym wykazały, że punktem miarodajnym sieci jest węzeł nr 23, z wymaganą wysokością ciśnienia gospodarczego wynoszącą $20 \text{ mH}_2\text{O}$. Maksymalne ciśnienie przy tym rozbiórce występowało w węźle nr 42 i wynosiło od $46,02 \text{ mH}_2\text{O}$ dla wariantu W1A do $49,67 \text{ mH}_2\text{O}$ dla wariantu W3B (węzeł nr 101). Wysokość podnoszenia pomp w stacji uzdatniania wody „Zofiówka” (węzeł nr 102) wynosiła od $31,8 \text{ mH}_2\text{O}$ nad poziom terenu dla wariantu W2B do $34,3 \text{ mH}_2\text{O}$ dla wariantu W2A, a w stacji wodociągowej „Polkowice” (węzeł nr 100) – od $42,3 \text{ mH}_2\text{O}$ dla wariantu W2A do $51,0 \text{ mH}_2\text{O}$ dla wariantu W3B. Przy rozbiórce minimalnym godzinowym najwyższe ciśnienia występowały w węźle nr 42 i wynosiły od $52,12 \text{ mH}_2\text{O}$ dla wariantu W1A do $62,48 \text{ mH}_2\text{O}$ dla wariantu W3B. Wysokość podnoszenia pomp w stacji „Zofiówka” wynosiła od $35,06 \text{ mH}_2\text{O}$ dla wariantu W2A do $39,0 \text{ mH}_2\text{O}$ dla wariantu W1B. W stacji „Polkowice” wysokość podnoszenia pomp wynosiła od $47,0 \text{ mH}_2\text{O}$ (W2B) do $55,7 \text{ mH}_2\text{O}$ (W3B). Przy rozbiórce

Tabela 3. Wyniki obliczeń hydraulicznych sześciu wariantów zasilania i eksploatacji sieci wodociągowej w Polkowicach Dolnych (2025 r.)

Wariant	Rozbór wody	Ciśnienie najniższe		Ciśnienie najwyższe		Wysokość podnoszenia pomp	
		nr węzła	wartość	nr węzła	wartość	„Zofiówka” węzeł nr 102	„Polkowice” węzeł nr 100
		–	mH ₂ O	–	mH ₂ O	mH ₂ O	mH ₂ O
W1A	Q _{maxh}	23	20,00	42	46,02	32,80	–
	Q _{minh}	23	23,32	42	52,19	36,60	–
	Q _{poż}	19	16,77	42	40,60	30,70	–
W1B	Q _{maxh}	23	20,00	42	46,21	34,24	–
	Q _{minh}	23	28,02	42	56,84	39,00	–
	Q _{poż}	19	16,07	42	40,10	33,00	–
W2A	Q _{maxh}	23	20,06	42	47,81	34,40	42,30
	Q _{minh}	23	23,32	42	52,75	35,06	47,20
	Q _{poż}	23	17,34	42	43,63	28,80	39,10
W2B	Q _{maxh}	23	20,00	42	48,27	31,80	43,70
	Q _{minh}	23	25,08	42	53,96	36,00	47,00
	Q _{poż}	19	17,56	42	45,04	30,00	42,40
W3A	Q _{maxh}	23	20,06	42	49,00	–	47,20
	Q _{minh}	23	23,32	42	53,84	–	52,00
	Q _{poż}	23	17,34	42	45,68	–	46,50
W3B*	Q _{maxh}	23	20,00	101	49,67	–	51,00
	Q _{minh}	23	33,57	42	62,48	–	55,70
	Q _{poż}	23	11,95	42	41,67	–	49,70

WA – wariant ze zbiornikiem; WB – wariant bez zbiornika; 1 – zasilanie z ujęcia „Zofiówka”; 2 – zasilanie z ujęcia „Zofiówka” (50%) i z ujęcia „Sobin–Jędrzychów” (50%);

3 – zasilanie z ujęcia „Sobin–Jędrzychów”

*Wariant W3B nie spełniał kryteriów eksploatacyjnych (H>60 mH₂O) i został pominięty w dalszych analizach

maksymalnym godzinowym z pożarem w węźle nr 51 najniższe ciśnienie występowało w węźle nr 19 lub 23 i wynosiło od 17,07 mH₂O (W1B) do 17,56 mH₂O (W2B), aby obniżyć się aż do 11,95 mH₂O w wariantcie W3B.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że wszystkie warianty obliczeń oprócz W3B spełniają wymagania techniczne minimalnych ciśnień gospodarczych oraz dopuszczalnych maksymalnych ciśnień w sieci.

Optymalny wariant systemu dystrybucji wody

Z uwagi na to, że pięć wariantów zasilania sieci (z wyjątkiem wariantu W3B, w którym wysokość ciśnienia przekracza 60 mH₂O) spełnia przyjęte kryteria eksploatacyjne (tab.3), wprowadzono kolejne kryterium optymalizacji, jakim jest kryterium zużycia energii na tłoczenie wody.

Dla potrzeb przeprowadzenia analizy porównawczej zużycia energii na tłoczenie wody w analizowanych wariantach zasilania i eksploatacji sieci uwzględniono asymetryczne rozkłady pracy pomp, zarówno przy 24-godzinnej pracy pomp w wariantach bez zbiornika na sieci, jak i przy 20-godzinnej pracy pomp w wariantach ze zbiornikiem na sieci. Współczynnik asymetrii rozkładu pracy pomp wyznaczono analizując pracę pomp w cyklu 24-godzinny (tab.2). Z analizy tej wynika, że pompy w godzinie maksymalnego zapotrzebowania na wodę pracują z wydajnością 59,3 dm³/s, a w godzinie minimalnego zapotrzebowania w dobie średniej z wydajnością 8,1 dm³/s [3]. Przy symetrycznym rozkładzie pracy pomp ich średnia wydajność wyniosłaby 33,7 dm³/s. Ponieważ średnie zapotrzebowanie na wodę w ciągu doby o zapotrzebowaniu maksymalnym wynosi Q_{śrd}=136,4 m³/h (37,9 dm³/s), współczynnik asymetrii rozkładu pracy pomp wyniesie A=1,125 i przesunie średnią wydajność pracy pomp w ciągu doby w kierunku większych wydajności oraz mniejszych wysokości tłoczenia. W związku z powyższym, wskaźnik zużycia energii na tłoczenie wody do sieci (W_{et}) zdefiniowano jako

iloczyn średnich wydajności pomp, czasu ich pracy i średnich wysokości podnoszenia podzielony przez współczynnik asymetrii rozkładu pracy pomp w czasie, tj. $W_{et}=Q_{\text{śr}}H_{\text{śr}}T_p/A$. Obliczone w ten sposób wskaźniki dla pięciu wariantów zasilania sieci przedstawiono w tabeli 4. W tabeli tej wprowadzono dodatkowo kolumnę, w której wyliczono względną wartość wskaźników zużycia energii na tłoczenie wody w stosunku do wariantu W1A (W_{et}=100%), który charakteryzuje się najmniejszą wartością tego wskaźnika.

Z porównania przedstawionego w tabeli 4 wynika, że najkorzystniejszymi rozwiązaniami, z punktu widzenia zużycia energii na tłoczenie wody, są warianty zasilania sieci z ujęcia i stacji „Zofiówka” i to zarówno ze zbiornikiem, jak i bez zbiornika sieciowego (W1A=100%, W1B=102,6%). Warianty zasilania sieci w wodę po 50% z ujęcia „Zofiówka” i „Sobin–Jędrzychów” (W2A i W2B) są mniej korzystne, tj. droższe w eksploatacji w stosunku do zasilanych z ujęcia „Zofiówka” (W1A i W1B) o około 15%. Najbardziej energoochłonnym wariantem zasilania sieci jest wariant W3A (zasilanie tylko z ujęcia „Sobin–Jędrzychów”). Jest on o około 43% bardziej energoochłonny, w porównaniu do wariantu W1A (zasilanie z ujęcia „Zofiówka”) oraz o około 30% w stosunku do wariantów W2A i W2B, i powinien zostać wyeliminowany z dalszych rozważań.

Śród rozważanych sześciu wariantów kierunkowego (2025 r.) układu dystrybucji wody Polkowic Dolnych, z punktu widzenia kosztów tłoczenia i niezawodności pracy sieci wodociągowej, najkorzystniejszym jest wariant W1A, tj. ujęcie i stacja uzdatniania „Zofiówka” oraz zbiornik wieżowy, przy 20-godzinnej dostawie wody. Zalety wariantu W1A, w porównaniu z innymi rozważanymi w pracy wariantami, są następujące:

- najniższe koszty tłoczenia wody do systemu,
- najniższe ciśnienie wody w systemie (H<52,2 mH₂O n.p.t.), co skutkuje niższą awaryjnością sieci i niższymi stratami wody,
- rezerwa wody w systemie zgromadzona w zbiorniku wieżowym, wystarczająca na kilkugodzinne pokrycie potrzeb miasta w wypadku awarii, np. stacji „Zofiówka”, bądź pożaru,

Tabela 4. Zestawienie wskaźników zużycia energii na tłoczenie wody do sieci wodociągowej Polkowic Dolnych

Wariant	Wydajność pomp (Q _p)				Wysokość podnoszenia pomp (H _p)			Czas pracy pomp (T _p)	Wskaźnik kosztów tłoczenia wody (W _{et})	Porównanie wskaźnika W _{et} względem wariantu najtańszego (W1A)
	Q _{maxh}	Q _{minh}	wsp. asym. (A)	Q _{śr}	H _{min} przy Q _{maxh}	H _{max} przy Q _{minh}	H _{śr}			
	dm ³ /s		–	m ³ /h	mH ₂ O					
W1A	45,5	45,5	1,125	163,8	32,80	36,60	34,70	20	101046	100,0
W1B	59,3	8,1	1,125	136,4	32,24	39,00	35,62	24	103649	102,6
W2A	22,75	22,75	1,125	81,9	34,40	35,06	34,73	20	115723**	114,5
	22,75	22,75	1,125	81,9	42,30	47,20	44,75	20		
W2B	29,65	4,05	1,125	68,2	31,80	36,00	33,90	24	115304**	114,1
	29,65	4,05	1,125	68,2	43,70	47,00	45,35	24		
W3A*	45,5	45,5	1,125	163,8	47,20	52,00	49,60	20	144435	142,9

*Wariant W3A wyeliminowano ze względu na wysoką wartość wskaźnika kosztów tłoczenia wody

**Wartość łączna dla obu pompowni

– prawdopodobnie najniższe koszty produkcji, a więc i sprzedaży wody dla mieszkańców (z własnego ujęcia i kon-tenerowej stacji uzdatniania wody).

Dojście do wariantu kierunkowego dystrybucji wody w Polkowicach Dolnych W1A będzie możliwe poprzez perspektywiczne przejście w najbliższych latach przez wariant W2B, a następnie wariant W2A, po wybudowaniu wieżowego zbiornika wyrównawczego. W związku ze spostrzeżeniem, że zarówno warianty ze zbiornikiem, jak i bez niego, przy danym sposobie zasilania sieci, są podobnie energochłonne (np. W1A i W1B, a zwłaszcza W2A i W2B), należałoby wskazać zdecydowanie na rozwiązania ze zbiornikiem wieżowym, ze względów pożarowych i niezawodnościowych oraz z uwagi na zgromadzony zapas wody w systemie.

LITERATURA

1. G. GRAJEK i inni: Miejscowy plan zagospodarowania przestrzenne-go Polkowic. Biuro Urbanistyki i Architektury, Jelenia Góra 1999.

2. H. HOTŁOŚ, A. KOTOWSKI, E. MIELCARZEWICZ: Bilans wodny m. Polkowic. Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1993, raport SPR nr 27 (praca nie publiko-wana).

3. A. KOTOWSKI, A. PAWLAK: Koncepcja programowo-przestrzenna sieci wodociągowej Polkowic Dolnych do roku 2025. BRZOŚ, Wrocław 2000 (praca nie publikowana).

4. E. MIELCARZEWICZ, A. PAWLAK, A. KOTOWSKI: Koncepcja rozplanowania sieci wodociągowej m. Polkowic i dobór średnic przewodów. Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1993, raport SPR nr 30 (praca nie publiko-wana).

5. E. MIELCARZEWICZ, J. ŁOMOTOWSKI: Koncepcja zaopatrzenia w wodę miasta Polkowic z własnych ujęć wody podziemnej. Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1994, raport SPR nr 2 (praca nie publikowana).

6. Praca zbiorowa: Wytyczne do programowania zapotrzebowania wody i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych. Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa 1978.

On the Choice of an Optimum Variant of Water Supply for the Municipality of Polkowice Dolne

The main objective of the study was to establish the optimum variant of water distribution and the management of the water supply system for the period of up to 2005. The choice criterion included the following parameters: hydraulics, reliability, and pumping costs. Considered were three methods of water supply from two independent sources and two variants of water supply management (non-continuous water distribution from the pum-

ping station with the involvement of an equalizing tank; continuous discharge from the pumping station with no equalizing tank). In terms of cost-effectiveness, the optimum pumping costs were those obtained with the variant involving an equalizing tank and 20-hour water distribution from the pumping station of the "Zofiówka" Water Treatment Plant.