

**EWA OGIOŁDA^{*}, IRENEUSZ NOWOGOŃSKI^{*},
DARIUSZ KLONOWSKI^{**}**

**SYSTEM ZAOPATRZENIA W WODĘ MIASTA
BYTOM ODRZAŃSKI**

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę systemu zaopatrzenia w wodę w Bytomiu Odrzańskim, który został zaprojektowany jako grawitacyjny, a następnie zmodernizowany i obecnie zasilany jest przez pompownię. Przy użyciu programu EPANET opracowano model symulacyjny, który umożliwił obliczenia parametrów systemu dla różnych wariantów zasilania i rozbiórów wody. Uzyskane wyniki były podstawą do sformułowania wniosków dotyczących eksploatacji.

Słowa kluczowe: zużycie wody, obliczenia hydrauliczne, system zaopatrzenia w wodę

WSTĘP

Podstawowe zadanie systemów wodociągowych to dostarczanie odbiorcom wody w wystarczającej ilości, spełniającej wymogi jakościowe i pod odpowiednim ciśnieniem. Projektowane są przy założeniu ich wieloletniej eksploatacji, podczas której następują zmiany dotyczące zarówno zużycia wody, jak i parametrów hydraulicznych. Istnieją narzędzia umożliwiające analizowanie układów projektowanych, eksploatowanych i modernizowanych [Kotowski i in. 2010; Nowogoński i Kuczyński 2011; Sowiński i Srogosz 2011; Trębicka 2011; Ogiółda i Dębicki 2014; Ogiółda i Hałupka 2014].

Model symulacyjny opracowano dla istniejącego w Bytomiu Odrzańskim systemu, a wyniki przeprowadzonych obliczeń pozwoliły na ocenę skuteczności wprowadzonych zmian modernizacyjnych.

^{*} Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Sieci i Instalacji Sanitarnych

^{**} Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska, absolwent kierunku Inżynieria Środowiska

SYSTEM ZAOPATRZENIA W WODĘ W BYTOMIU ODRZAŃSKIM

Bytom Odrzański jest miastem leżącym w województwie lubuskim, w powiecie nowosolskim, nad rzeką Odrą. Miasto zajmuje powierzchnię ok. 10 km², zamieszkuje je 4480 osób. W centrum miasta dominuje zabudowa zabytkowa z XVIII i XIX wieku, zaś obrzeża miasta zajmuje zabudowa jednorodzinna. W latach siedemdziesiątych XX w. na terenie miasta powstało kilka budynków wielorodzinnych, czterokondygnacyjnych.

Sieć wodociągowa w Bytomiu Odrzańskim zasilana jest z dwóch studni głębinowych, zlokalizowanych w miejscowości Wierzbica, z których każda ma maksymalną wydajność 90 m³·h⁻¹. Studnie pracują naprzemiennie, a w czasie występowania większych rozbiórów wody – równocześnie. W stacji uzdatniania usuwana jest nadmierna zawartość żelaza i manganu, woda przepływa m.in. przez trzy filtry ciśnieniowe do dwóch zbiorników o łącznej pojemności 500 m³.

Sieć wodociągowa Bytomia Odrzańskiego tworzy układ mieszany, którego podstawą jest 8 obwodów zamkniętych. Ze stacji uzdatniania woda przepływa rurociągiem tranzytowym $\phi 300$, a następnie dwoma rozprowadzającymi $\phi 200$.

Tab. 1. Średnice i długości odcinków sieci wodociągowej

Tab. 1. Diameters and lengths of water supply network

Średnica [mm]	$\phi 80$	$\phi 100$	$\phi 150$	$\phi 200$	$\phi 300$
Długość [m]	300	4670	1070	2940	650

Znaczna część rurociągów wybudowana była w okresie przedwojennym, dlatego w latach 2000-2010 wymieniono ok. 60% przewodów żeliwnych na rurociągi z PVC.

Rzędne terenu na obszarze miasta zróżnicowane są od 69 do 102 m n.p.m. – wobec tego zaprojektowano system grawitacyjny. Doświadczenia eksploatacyjne były podstawą zmiany sposobu zasilania – została zaprojektowana i zrealizowana pompownia II stopnia, w której zainstalowano trzy pompy typu PJM 200 produkcji Leszczyńskiej Fabryki Pomp.

METODYKA BADAŃ

Do przygotowania modelu symulacyjnego systemu zaopatrzenia w wodę Bytomia Odrzańskiego użyto programu EPANET opracowanego przez Dział Zaopatrzenia w Wodę i Gospodarki Wodnej Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska. EPANET ma szerokie zastosowanie przy ocenie systemów wodociągowych. Umożliwia analizowanie dowolnie dużej i skomplikowanej sieci,

zarówno pod względem parametrów hydraulicznych, jak i jakości wody [Rossman 2000].

Danymi wejściowym do obliczeń hydraulicznych w programie EPANET są:

- schemat obliczeniowy (graf) sieci wodociągowej,
- dla poszczególnych odcinków sieci: długości, średnice oraz chropowatości,
- dla poszczególnych węzłów: wielkości rozbioru wody oraz rzędne osi rurociągu,
- współrzędne charakterystyk pomp,
- rzędne zwierciadła wody w zbiornikach.

Wyniki obliczeń to:

- w poszczególnych odcinkach rurociągów: natężenie i prędkość przepływu, spadek hydrauliczny,
- w węzłach sieci: rzędne ciśnienia.

Prezentacja wyników odbywa się w formie tabelarycznej i graficznej (grafy sieci, profile, warstwy).

Obliczenia spadku ciśnienia wykonywane są przy użyciu jednej z formuł: Hazena-Williamsa, Chezy-Manninga lub Darcy-Weisbacha [Rossman 2000]. Do dalszych analiz wybrano wzór Darcy-Weisbacha [Mielcarzewicz 2000]:

$$\Delta h_l = \lambda \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{l}{d}$$

gdzie: Δh_l - straty ciśnienia na długości przewodu, m;

λ - współczynnik liniowych oporów tarcia;

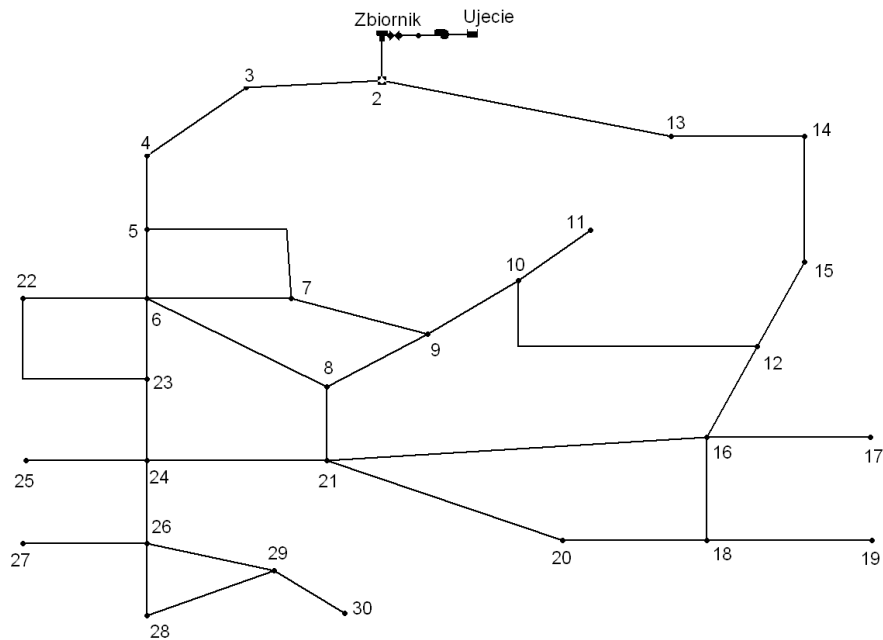
v - średnia prędkości przepływu wody, $m \cdot s^{-1}$;

g - przyspieszenie ziemskie, $m \cdot s^{-2}$;

l - długość przewodu, m;

d - średnica wewnętrzna przewodu, m.

Model symulacyjny sieci wodociągowej dla Bytomia Odrzańskiego składa się z 29 węzłów i 38 odcinków, zbiornika i pomp. Wartości chropowatości rurociągów przyjęto następująco: dla starych odcinków sieci $k = 1,5$ mm, dla nowych $k = 0,4$ mm. Graf układu grawitacyjnego zamieszczono na rysunku 1, a układu pompowego na rysunku 2.



Rys.1. Graf systemu grawitacyjnego w Bytomiu Odrzańskim
 Fig. 1. Graph of gravitational water supply system in Bytom Odrzański

OBLICZENIA HYDRAULICZNE SYSTEMU ZAOPATRZENIA W WODĘ

Obliczenia przeprowadzono dla wariantów systemu zróżnicowanych pod względem sposobu zasilania i przepływów wody. Wartości rozbiorów węzłowych obliczono na podstawie wielkości zużycia wody.

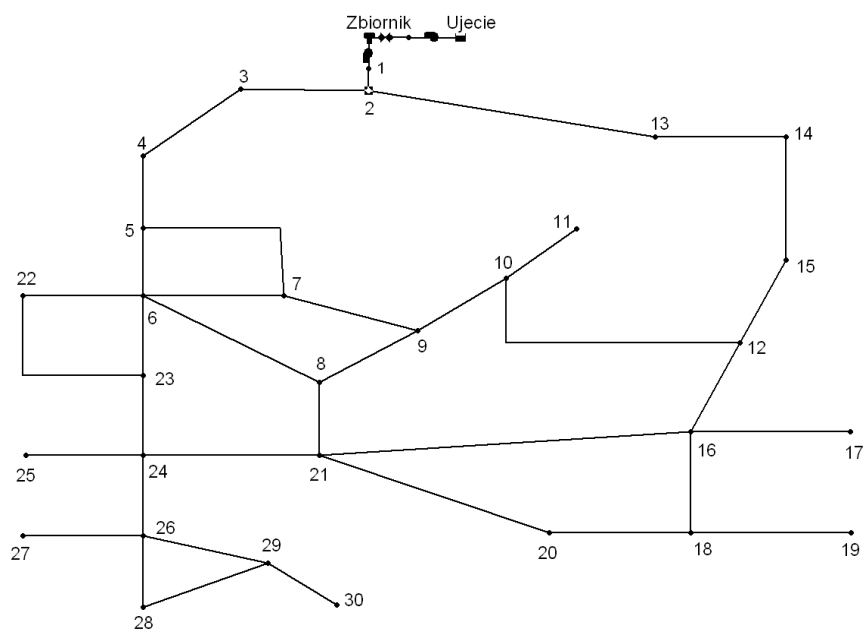
Na wstępie analizowano wariant systemu grawitacyjnego, potem zasilanego przy użyciu pomp. Każdorazowo zakładano skrajne wartości rozbiorów wody – minimalny, maksymalny i maksymalny z pożarem. Przyjęto:

$$Q_{\min} = 6,12 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1},$$

$$Q_{\max} = 30,58 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1},$$

$$Q_{\max+\text{poż}} = 40,58 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

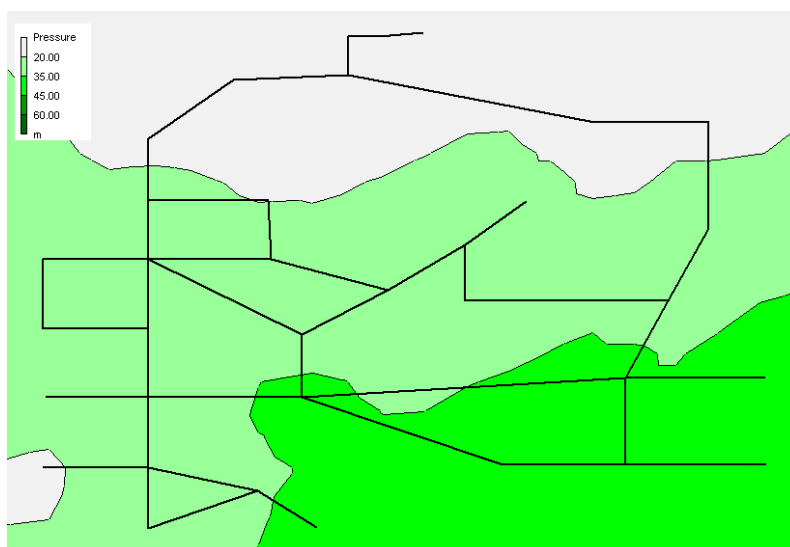
Wyniki obliczonych zakresów ciśnienia zamieszczono w tab. 1, a w postaci graficznej – warstwic wysokości ciśnienia – przedstawiono na rysunkach 3-7.



Rys.2. Graf systemu pompowego w Bytomiu Odrzańskim
 Fig. 2. Graph of pump water supply system in Bytom Odrzanski

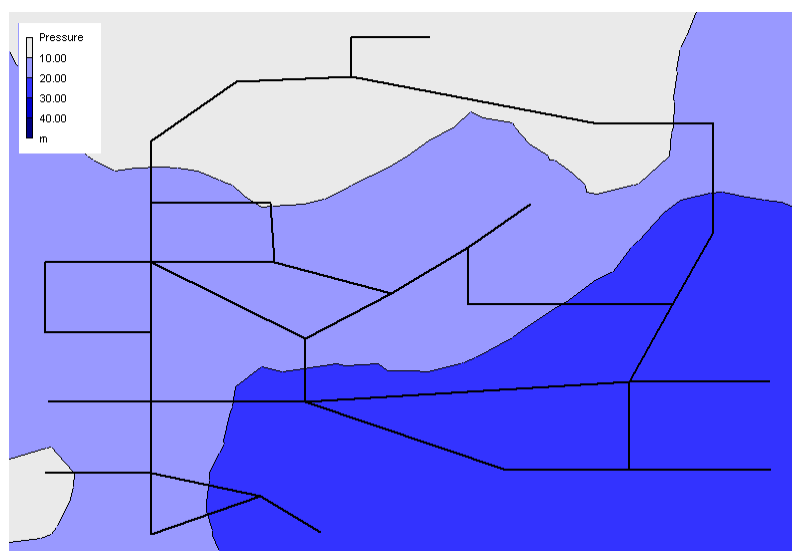
Tab. 1. Zakresy ciśnienia wody w systemie wodociągowym
 Tab. 1 Ranges of pressure in water supply system

Wariant zasilania systemu	Wariant rozbioru wody	Zakresy ciśnienia [m]
grawitacyjny	minimalny	7,88-39,67
	maksymalny	0,53-28,23
pompowy	minimalny	31,77-65,45
	maksymalny	12,18-44,17
	maksymalny z pożarem	3,08-35,07



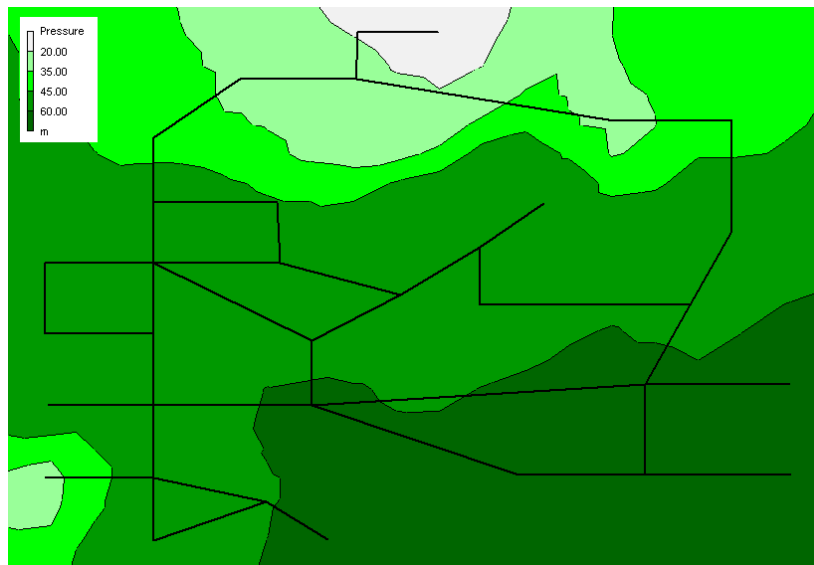
Rys. 3. Warstwice wysokości ciśnienia w systemie wodociągowym grawitacyjnym podczas rozbioru minimalnego

Fig. 3. Contour plot of pressure in gravitational water supply system during minimum demand



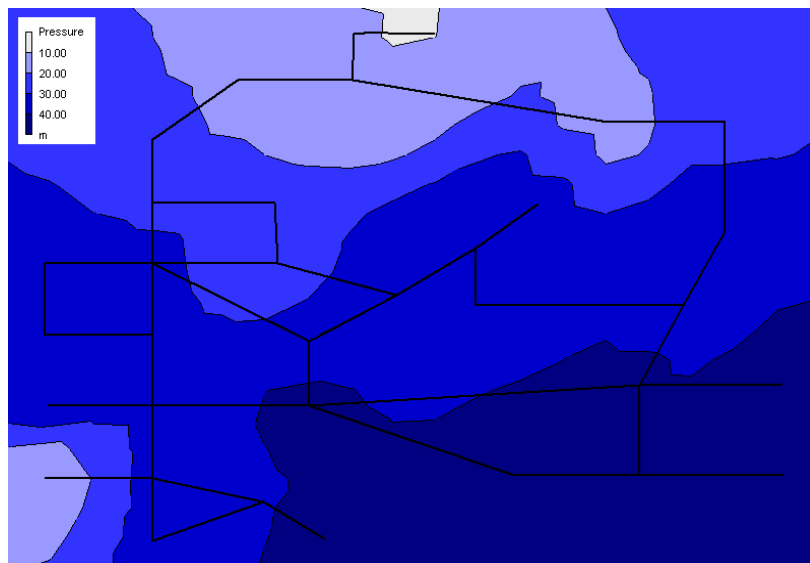
Rys. 4. Warstwice wysokości ciśnienia w systemie wodociągowym grawitacyjnym podczas rozbioru maksymalnego

Fig. 4. Contour plot of pressure in gravitational system during maximum demand



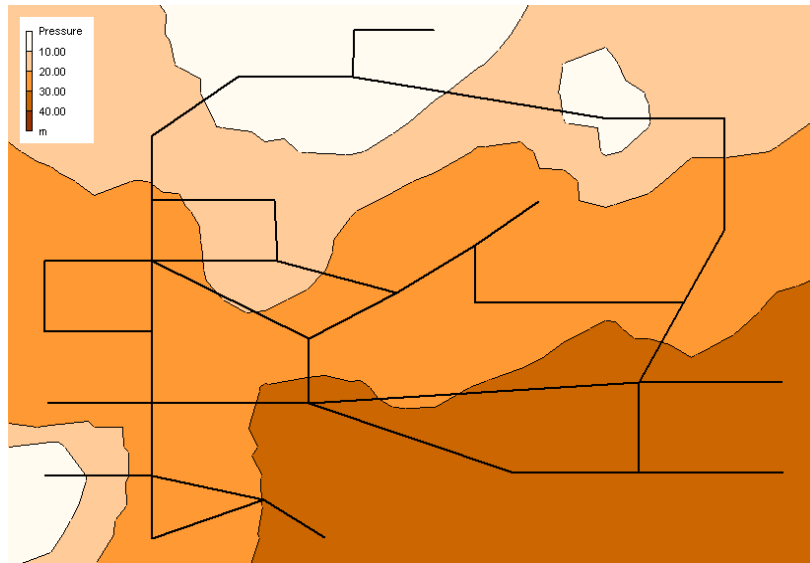
Rys. 5. Warstwie wysokości ciśnienia w systemie wodociągowym pompowym podczas rozbioru minimalnego

Fig. 5. Contour plot of pressure in pump water supply system during minimum demand



Rys. 6. Warstwie wysokości ciśnienia w systemie wodociągowym pompowym podczas rozbioru maksymalnego

Fig. 6. Contour plot of pressure in pump system during maximum demand



Rys.7. Warstwice wysokości ciśnienia w systemie wodociągowym pompowym podczas rozbioru maksymalnego z pożarem

Fig.7. Contour plot of pressure in pump system during fire demand

W analizie zakresów wysokości ciśnienia systemu zasilanego grawitacyjnie wykazano wartości, przy których czerpanie wody przez odbiorców jest niemożliwe, a szczególnie widoczne jest to w przypadku wariantu rozbioru maksymalnego z pożarem. Po modernizacji systemu i podłączeniu pompowni, ciśnienia w części sieci podczas rozbioru minimalnego okazały się zbyt wysokie, a uzyskane wyniki obliczeń symulacyjnych znalazły potwierdzenie w doświadczeniach eksploatacyjnych.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono charakterystykę systemu wodociągowego w Bytomiu Odrzańskim w województwie lubuskim. Sieć charakteryzuje się układem mieszanym, co jest korzystne z punktu widzenia niezawodności dostawy wody. Z uwagi na sprzyjające ukształtowanie terenu system zaprojektowany został jako grawitacyjny, a po doświadczeniach eksploatacyjnych zmodernizowany na zasilany przez pompy.

Przy pomocy programu EPANET opracowano model hydrauliczny, który umożliwił wykonanie obliczeń symulacyjnych parametrów systemu zasilanego grawitacyjnie i pompowego dla różnych wartości rozbiorów wody. Wyniki obliczeń potwierdziły problemy związane ze zbyt niskimi wartościami ciśnienia

w części miasta przy zasilaniu grawitacyjnym. Zastosowanie pomp skutkuje jednak zbyt wysokim ciśnieniem w godzinach rozbioru minimalnego, ale w warunkach rozbioru maksymalnego z pożarem nie zapewnia ciśnienia na odpowiednim poziomie. Ze względu na to, że niedobory ciśnienia dotyczą niewielkiej części zabudowy i odbiorców, przy uwzględnieniu aspektów ekonomicznych, zasadne wydaje się rozważenie lokalnego podwyższenia ciśnienia w poszczególnych budynkach.

Opracowany model symulacyjny jest podstawą do dalszych analiz innych parametrów systemu eksploatowanego i modernizowanego.

LITERATURA

1. KOTOWSKI, A.; PAWLAK, A.; WÓJTOWICZ, P.; 2010. Modelowanie miejskiego systemu zaopatrzenia w wodę na przykładzie osiedla mieszkaniowego Baranówka w Rzeszowie. *Ochrona Środowiska* vol. 32 nr 2, s. 43-48.
2. MIELCARZEWICZ, E.; 2000. *Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę*. Arkady, Warszawa.
3. NOWOGOŃSKI, I.; KUCZYŃSKI, D.; 2011. Weryfikacja rozwiązań eksploatacyjnych istniejącej sieci wodociągowej miasta i gminy Cybinka przy wykorzystaniu modelu hydraulicznego. *Instal – teoria i praktyka w instalacjach* nr 1, s. 52-55.
4. OGIÓŁDA, E.; DĘBICKI, B.; 2014. Analiza warunków pracy zmodernizowanego systemu zaopatrzenia w wodę w Nowej Soli woj. lubuskie. *Instal – teoria i praktyka w instalacjach* nr 5, s. 32-34.
5. OGIÓŁDA, E.; HALUPKA, D.; 2014. Charakterystyka systemu zaopatrzenia w wodę wsi Boszkowo województwo wielkopolskie. *Rynek Instalacyjny* nr 6, s. 73-75.
6. ROSSMANN, L.; 2000. *EPANET 2, Users Manual*. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268.
7. SOWIŃSKI, J.; SROGOSZ, M.; 2011. Analiza skutków łączenia lokalnych sieci wodociągowych. *Inżynieria Ekologiczna* nr 26, s. 237-246.
8. TRĘBICKA, A.; 2011. Modelowanie funkcjonowania elementów podsystemu dystrybucji wody w warunkach dynamicznych. *Civil and Environmental Engineering* nr 2, s.169-174.

WATER SUPPLY SYSTEM IN BYTOM ODRZAŃSKI

S u m m a r y

In this article characteristic of water supply system in Bytom Odrzański which was designed as gravitational and modernized to be supplied by pumps was presented. Simulation model by means of EPANET was prepared and it makes possible to carry out calculation of parameters for different variants of system supply and water demands. Results make possible to come to conclusions concerning exploitation.

Key words: water consumption, hydraulic calculations, water supply system