



Politechnika Wroclawska

Wydział Inżynierii Środowiska

INSTALACJE SANITARNE

„Dobór zestawu pompowego”

Ćwiczenie projektowe

Wrocław 30.03.2020



Wprowadzenie

Zestaw pompowy – układ urządzeń zapewniający utrzymywanie stałego ciśnienia wody w instalacji wodociągowej. Na ogół zbudowany z jednej lub większej liczby pomp, presostatu, elementów sterujących, urządzeń kontrolno-pomiarowych, rurociągów ssawnych i tłocznych. Całość uzupełniają zawory odcinające, zwrotne oraz zawór bezpieczeństwa.





Wprowadzenie

Zestaw hydroforowy – układ urządzeń zapewniający utrzymywanie stałego ciśnienia wody w instalacji wodociągowej. Na ogół zbudowany podobnie do zestawu pompowego, lecz wyposażony w zbiornik ciśnieniowy o dużej pojemności zapewniający utrzymywanie ciśnienia wody w instalacji.





Przepisy, normy i rozporządzenia

- **PN-82/M-74101**
Armatura przemysłowa. Zawory bezpieczeństwa. Wymagania i badania
- **PN-B-01706:1992/Az1:1999**
Instalacje wodociągowe w budynkach. Wymagania w projektowaniu
- *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie **wraz ze zmianami***
(Dz. U. nr 75 poz. 690 z 2002) – tekst jednolity
- *Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*
(Dz. U. 2019 poz. 1065) – tekst jednolity



Dobór zestawu pompowego

PN-92/B-01706

Wyznaczenie obliczeniowego punktu pracy urządzenia:

1. **Wydajności** / strumienia przepływu wody Q_o

$$\Sigma q_{nog} = (0,07 \div 20,00) \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$Q_{obl} = q = 0,682 \left(\Sigma q_{nog} \right)^{0,45} - 0,14; \text{ dm}^3/\text{s}, \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Sigma q_{nog} > 20,00 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$Q_{obl} = q = 1,700 \left(\Sigma q_{nog} \right)^{0,21} - 0,70; \text{ dm}^3/\text{s}, \text{ m}^3/\text{h}$$

2. **Wymaganego ciśnienia pracy** / wysokości podnoszenia zestawu p_p

$$p_p = p_{wym} + p_{ss}^{min}; \text{ kPa}$$



Dobór zestawu pompowego

PN-92/B-01706

$$\Delta p_{str\ tl} = \Sigma (\Delta p_l + \Delta p_m)_{ZH-n.u.p.cz.} + \Delta p_{wod\ m}; \text{ kPa}$$

- Δp_l – liniowe straty ciśnienia w przewodach od zestawu pompowego do najniekorzystniej usytuowanego punktu czerpalnego, kPa
- Δp_m – miejscowe straty ciśnienia w przewodach i urządzeniach od zestawu pompowego do najniekorzystniej usytuowanego punktu czerpalnego, kPa
- $\Delta p_{wod\ m}$ – strata ciśnienia na wodomierzu mieszkaniowym, kPa

Wymagane ciśnienie zasilania zestawu pompowego:

$$p_{wym} = h_{g\ tl} \cdot g + \Delta p_{str\ tl} + p_{wyp}; \text{ kPa}$$

- $h_{g\ tl}$ – różnica wysokości między osią kolektora tłoczego zestawu pompowego a najniekorzystniej usytuowanym punktem czerpalnym w instalacji, m
- g – przyspieszenie ziemskie, $g=9,81 \text{ m/s}^2$
- $\Delta p_{str\ tl}$ – suma strat ciśnienia liniowych i miejscowych po stronie tłocznej zestawu pompowego, kPa
- Δp_{wyp} – ciśnienie wypływu przed punktem czerpalnym (50 lub 100 kPa)



Dobór zestawu pompowego

PN-92/B-01706

$$\Delta p_{str\ ss} = \Sigma (\Delta p_l + \Delta p_m)_{W-ZH} + \Delta p_{wod} + \Delta p_F + \Delta p_{ZA}; \text{ kPa}$$

- Δp_l – liniowe straty ciśnienia w przewodach od wodociągu do zestawu pompowego, kPa
- Δp_m – miejscowe straty ciśnienia w przewodach od wodociągu do zestawu pompowego, kPa
- Δp_{wod} – strata ciśnienia na wodomierzu głównym, kPa
- Δp_F – strata ciśnienia na filtrze, kPa
- Δp_{ZA} – strata ciśnienia na zaworze antyskażeniowym, kPa

Minimalne ciśnienie zasilania zestawu pompowego:

$$p_{ss}^{min} = h_{g\ ss} \cdot g + \Delta p_{str\ ss} - H_{w gw} \cdot g; \text{ kPa}$$

- $h_{g\ ss}$ – różnica wysokości między osią wodociągu a osią kolektora ssawnego zestawu pompowego, m
- g – przyspieszenie ziemskie, $g=9,81 \text{ m/s}^2$
- $\Delta p_{str\ ss}$ – suma strat ciśnienia liniowych i miejscowych po stronie ssawnej zestawu pompowego, kPa
- $H_{w gw}$ – ciśnienie gwarantowane w wodociągu zewnętrznym, mH_2O



Dobór zestawu pompowego

PN-92/B-01706

Maksymalne ciśnienie zasilania zestawu pompowego

$$p_{max} \leq p_{dop}$$

p_{dop} – ciśnienie dopuszczalne w instalacji, $p_{dop}=600$ kPa

Parametry doboru zestawu pompowego

$$Q_o \geq Q_{obl}; \text{ dm}^3/\text{s}, \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_p \geq \frac{p_p}{g}; \text{ mH}_2\text{O}$$

Q_o – wydajność dobranego zestawu pompowego, dm^3/s , m^3/h

H_p – wysokość podnoszenia dobranego zestawu pompowego, mH_2O



Wykres pracy zestawu pompowego

Wartości potencjalnych wysokości podnoszenia pomp (przy zerowej wydajności) zestawu pompowego zbudowanego:

z dwóch pomp roboczych

• w momencie włączenia ostatniej pompy, czyli:

• pompy drugiej

$$H_{p(N)} = H_{p\ wl(2)} = h_{g\ ss} + p_{wym} - H_{w\ gw}$$

• w momencie włączenia przedostatniej pompy, czyli:

• pompy pierwszej

$$H_{p(N-1)} = H_{p\ wl(1)} = h_{g\ ss} + p_{wym} + \delta p - H_{w\ gw}$$

Różnice w kolejności włączania poszczególnych pomp będą więc uzależnione od przyrostu δp , którego wartość należy przyjmować w zakresie 10–25 kPa



Wykres pracy zestawu pompowego

Wartości potencjalnych wysokości podnoszenia pomp (przy zerowej wydajności) zestawu pompowego zbudowanego:

z dwóch pomp roboczych

- w momencie wyłączenia:

- pompy pierwszej

$$H_{p(N-1)} = H_{p \text{ wyl}(1)} = h_{gss} + h + p_{max} - H_{wggw}$$

$p_{max} > p_{wym}$
(min 150kPa)

- w momencie wyłączenia:

- pompy drugiej

$$H_{p(N)} = H_{p \text{ wyl}(2)} = h_{gss} + h + p_{max} - \delta p - H_{wggw}$$

h – różnica wysokości między kolektorami ssawnym i tłocznym dobranego zestawu pompowego, m

Punkty charakterystyki pracy pomp należy wyznaczyć za pomocą zamieszczonej obok zależności

$$\Delta h = \frac{\Delta p_{str ss}}{9,81} \cdot \left(\frac{Q}{Q_o} \right)^2 + H_p; \text{ m}$$



Wykres pracy zestawu pompowego



H , m

70

60

50

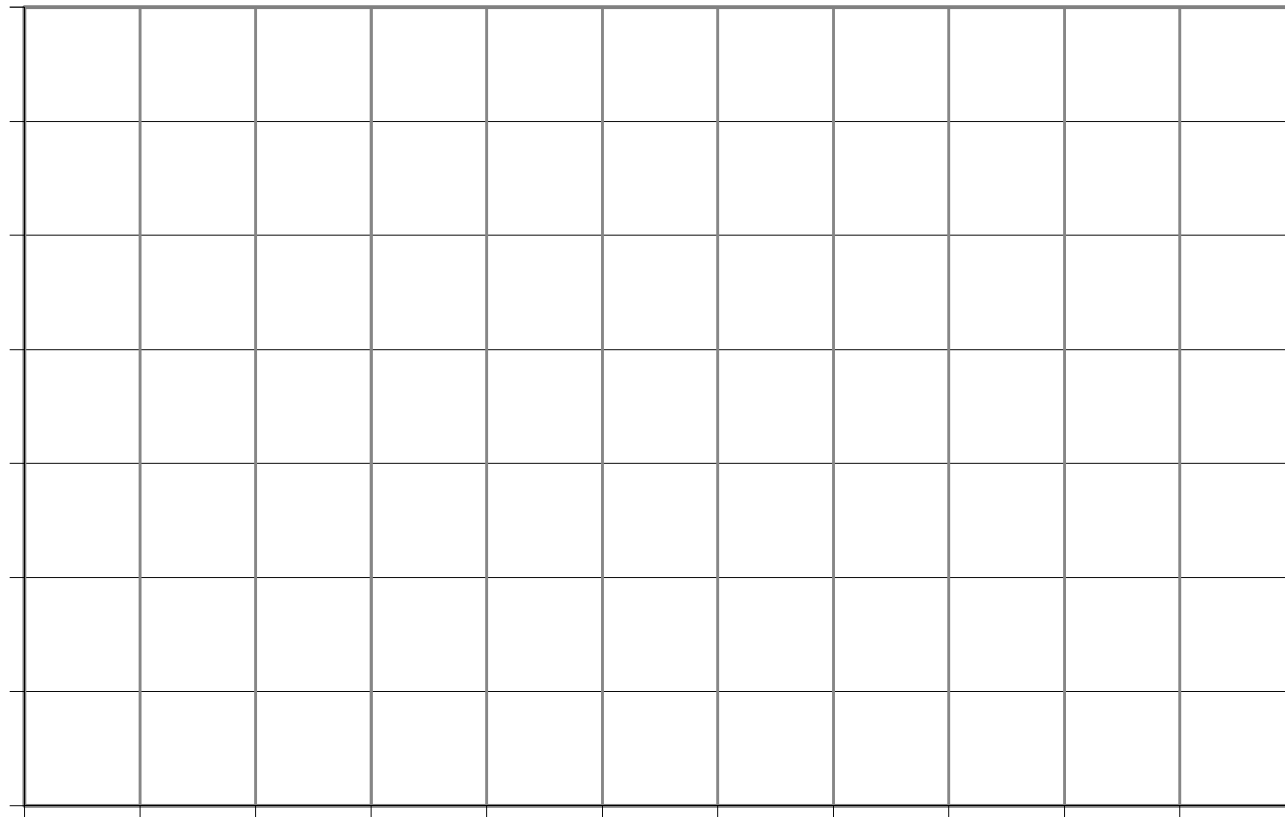
40

30

20

10

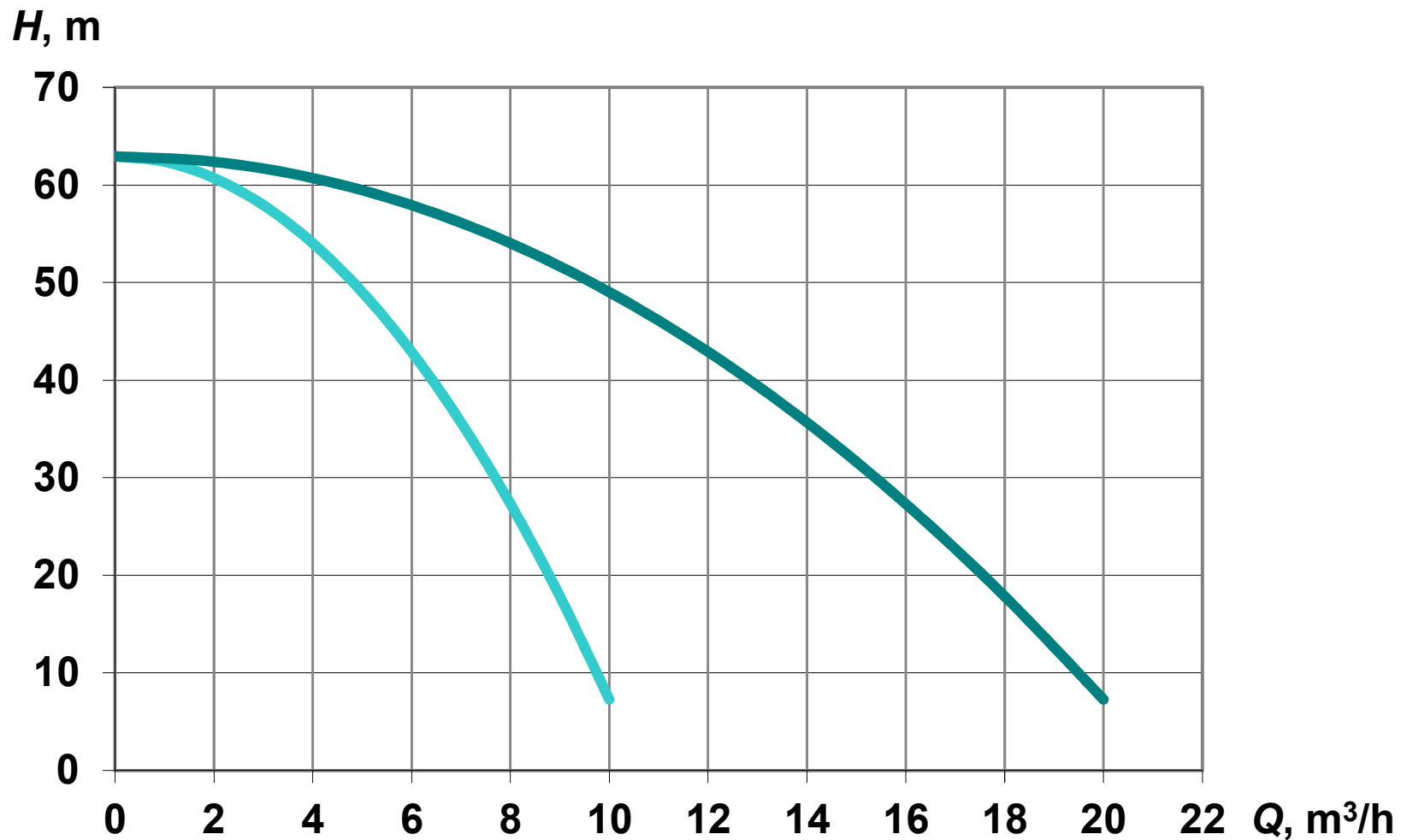
0



0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 **Q , m³/h**



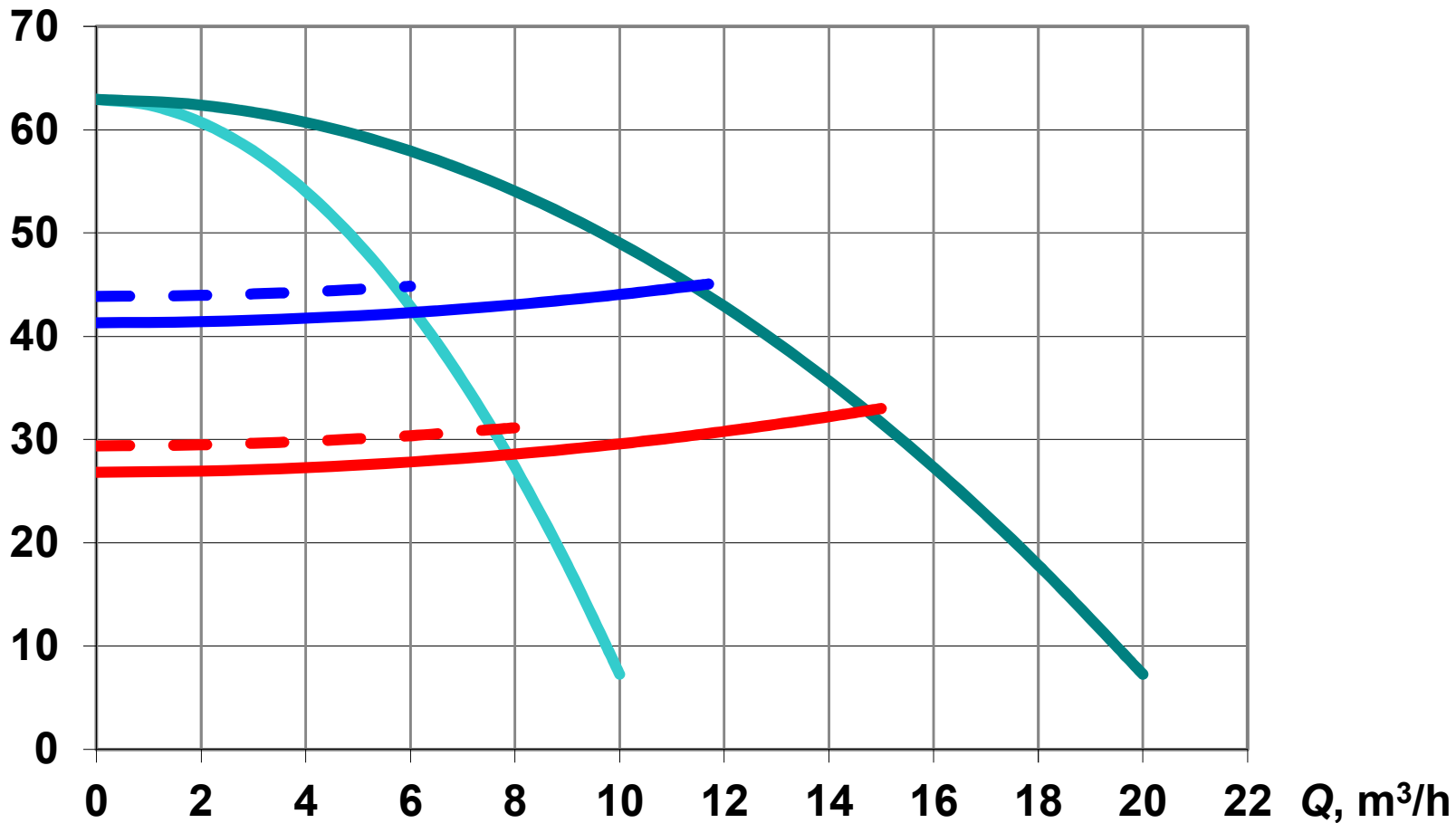
Wykres pracy zestawu pompowego





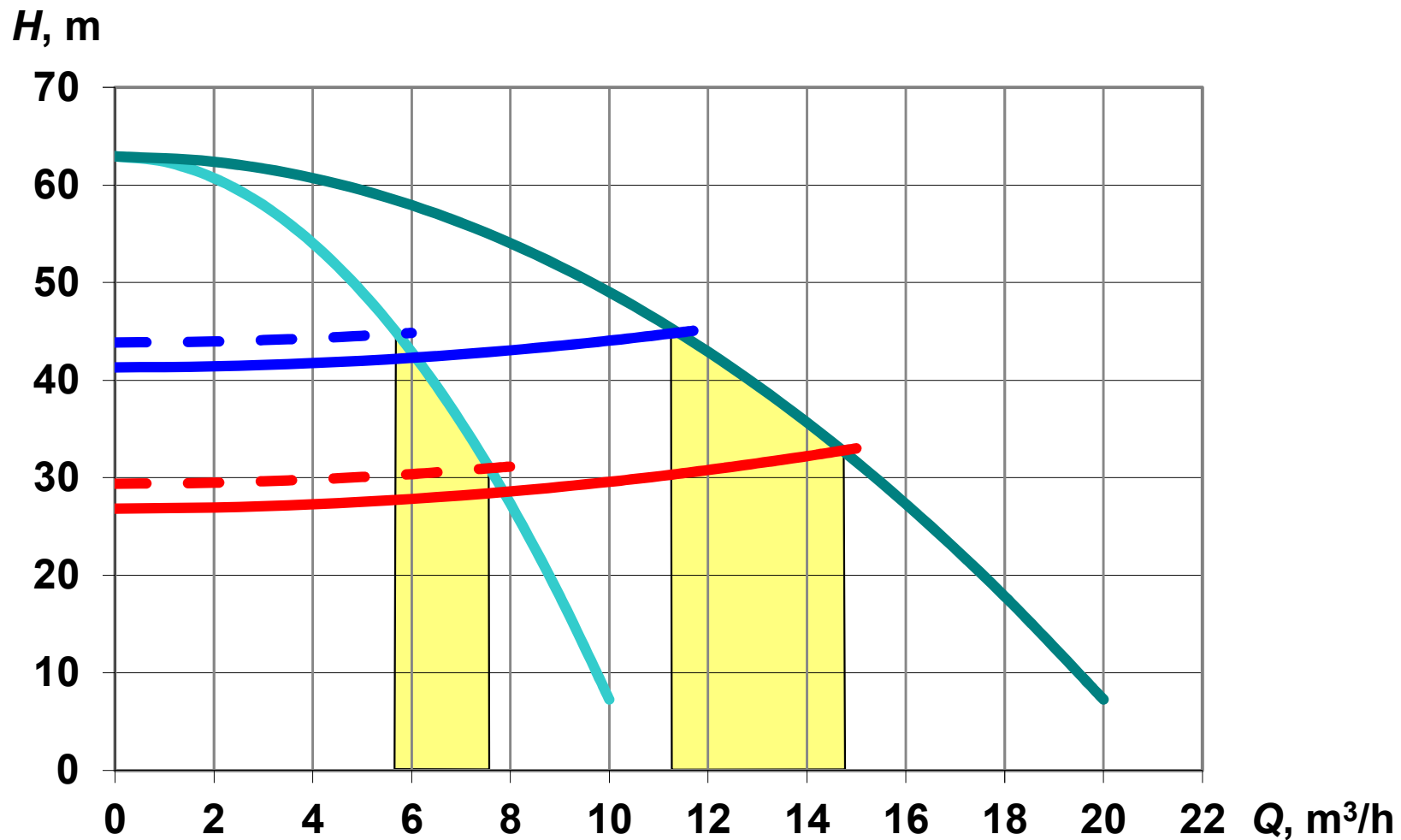
Wykres pracy zestawu pompowego

H, m



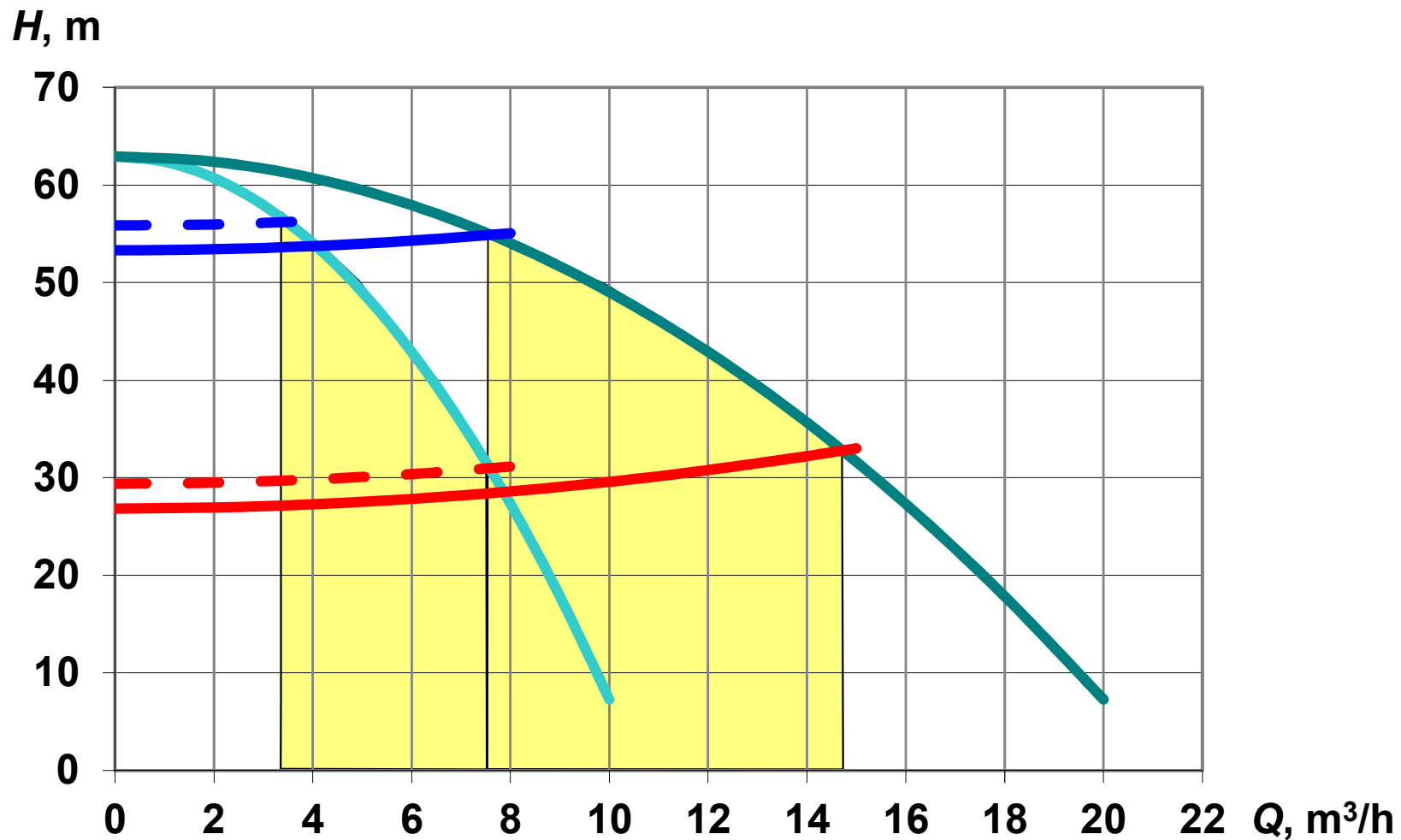


Wykres pracy zestawu pompowego





Wykres pracy zestawu pompowego





Wykres pracy zestawu pompowego

H, m

70

60

50

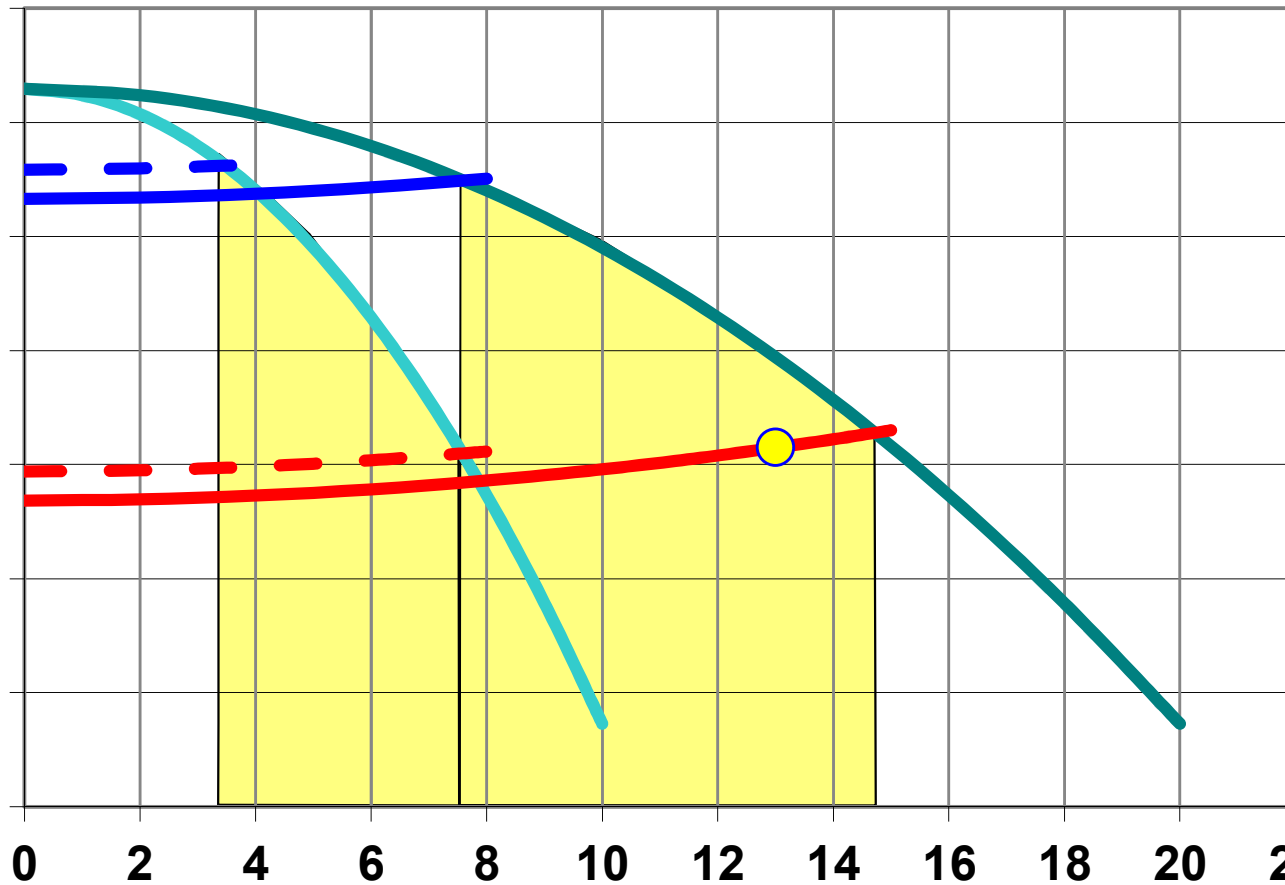
40

30

20

10

0



- $H_p(1)$
- $H_p(1+2)$
- $H_p(wł N=2)$
- $H_p(wł N-1=1)$
- $H_p(wył N=2)$
- $H_p(wył N-1=1)$
- $Q_o H_o$

$Q, m^3/h$



Zawór bezpieczeństwa

PN-82/M-74101

Średnice zaworu bezpieczeństwa określa się według wzorów uwzględniających parametry przetłaczanego czynnika, układ ciśnień pomiędzy stroną pierwotną i wtórną oraz typ stosowanego zaworu:

1. Przepustowość zaworu bezpieczeństwa

- ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa należy określić z poniższej zależności:

$$p_{ZB} = 1,1 \cdot p_{dop}; \text{ kPa}$$

p_{dop} – ciśnienie dopuszczalne w instalacji, kPa,

- wartość G_{ZB} odczytywana z wykresu pracy zestawu pompowego w miejscu przecięcia charakterystyki pracy pompy 1 z charakterystyką rurociągu współpracującego z pompą 1 w momencie otwarcia zaworu bezpieczeństwa,
- potencjalna wysokość podnoszenia pompy (przy zerowej wydajności): w momencie otwarcia zaworu bezpieczeństwa,

$$H_{pZB} = h_{gss} + h + p_{ZB} - H_{w gw}; \text{ m}$$



Zawór bezpieczeństwa

PN-82/M-74101

$$H_{pZB} = h_{gss} + h + p_{ZB} - H_{wggw}; \text{ m}$$

$h_{g,ss}$ – różnica wysokości między osią wodociągu a osią kolektora ssawnego zestawu pompowego, m,

h – różnica wysokości między osią kolektora ssawnego i tłocznego zestawu pompowego, m,

p_{ZB} – ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa, m,

H_{wggw} – ciśnienie gwarantowane w wodociągu, m,

$$\Delta h = \frac{\Delta p_{str ss}}{9,81} \cdot \left(\frac{Q}{Q_o} \right)^2 + H_{pZB}; \text{ m}$$

$\Delta p_{str ss}$ – suma liniowych i miejscowych strat ciśnienia w przewodach i urządzeniach na drodze od wodociągu do zestawu pompowego, kPa

Q – dowolna wartość wydajności z zakresu od 0 do Q_o , m³/h,

Q_o – obliczeniowa wartość wydajności, m³/h,



Zawór bezpieczeństwa

PN-82/M-74101

Uwaga! W przypadku gdy charakterystyki zaworu oraz rurociągu współpracującego z pompą nie będą się przecinały, wówczas zgodnie z wymaganiami Urzędu Dozoru Technicznego, należy dobrać zawór bezpieczeństwa o najmniejszej wymaganej średnicy!

2. Pole wypływu zaworu bezpieczeństwa

$$F_{ZB} = \frac{G_{ZB}}{1414,5 \cdot \alpha \cdot \sqrt{p_{ZB} \cdot \rho}}; \text{ m}^2$$

- G_{ZB} – przepustowość zaworu bezpieczeństwa, kg/s,
- p_{ZB} – ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa, MPa,
- α – współczynnik wypływu zaworu bezpieczeństwa, $\alpha=0,9 \cdot \alpha_{rz}$,
- α_{rz} – współczynnik odczytywany z karty katalogowej danego typu zaworu bezpieczeństwa,
- ρ – gęstość wody w temperaturze 10°C, $\rho=998 \text{ kg/m}^3$



Zawór bezpieczeństwa

PN-82/M-74101

3. Określenie średnicy gniazda zaworu bezpieczeństwa

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ZB}}{\pi}}; \text{ m}$$

F_{ZB} – pole wypływu zaworu bezpieczeństwa, m²

Dla obliczonej wartości d_0 należy dobrać zawór bezpieczeństwa, a następnie zamontować go po stronie tłocznej zestawu pompowego

Ze względu na to, że punkt rzeczywisty pracy zestawu pompowego (oznaczony na zielono, widoczny na kolejnym wykresie) różni się od punktu obliczeniowego konieczne jest sprawdzenie warunków pracy wodomierza dla zwiększonego przepływu. Jeśli wodomierz przekracza wartość maksymalną wymagany jest dobór wodomierza o wyższych parametrach pracy.



Wykres pracy zestawu pompowego

Gotowy wykres zestawu pompowego

H, m

70

60

50

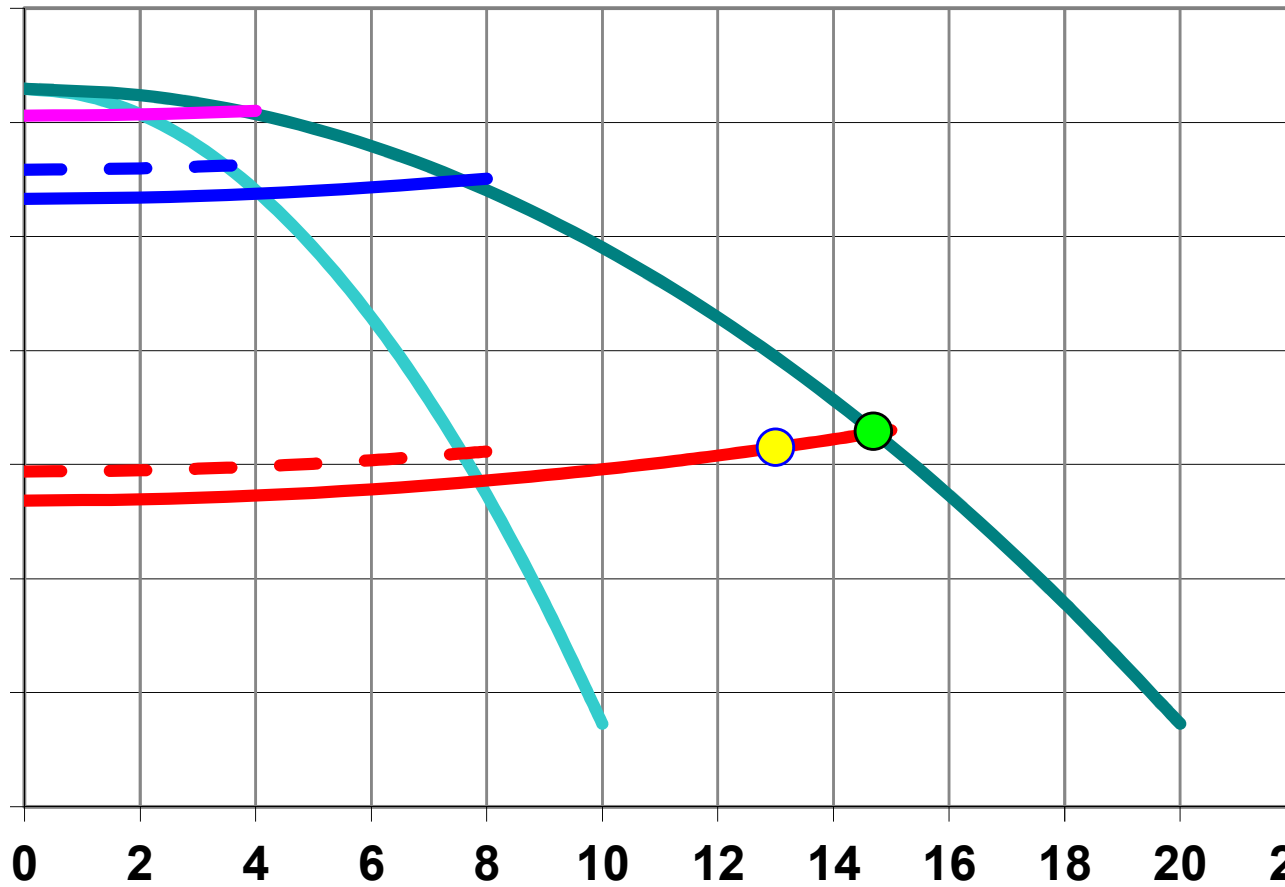
40

30

20

10

0



- $H_p (1)$
- $H_p (1+2)$
- $H_p (wł N=2)$
- $H_p (wł N-1=1)$
- $H_p (wył N=2)$
- $H_p (wył N-1=1)$
- H_{zb}
- $Q_o H_o$
- $Q_r H_r$

$Q, m^3/h$