

## **1. PRZEDMIOT I PODSTAWA OPRACOWANIA**

---

Przedmiotem opracowania jest przebudowa układu technologii uzdatniania wody ujmowanej na potrzeby Stacji Uzdatniania Wody Lubasz. Istniejący układ technologiczny oparty jest o przestarzałe urządzenia, wymagające napraw i modernizacji oraz o orurowanie i armaturę odcinającą w złym stanie technicznym, nadającym się do wymiany.

Celem modernizacji jest wymiana urządzeń, orurowania i armatury, prowadząca do odnowienia stanu technicznego i technologicznego budynku, a także zwiększenia wydajności SUW.

Podstawę opracowania stanowią:

- zlecenie Gminnego Zakładu Komunalny Sp. z o.o. w Lubaszu na opracowanie projektu przebudowy układu technologii SUW Lubasz,
- obowiązujące przepisy prawne dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi – Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi z dnia 13 listopada 2015 roku,
- pozwolenie wodno – prawne na szczególne korzystanie z wód z 31 grudnia 2012 r.
- wyniki badań wody,
- wizje lokalne,
- aktualna literatura przedmiotu.

Opracowanie wykonano w oparciu o istniejącą wiedzę technologiczną z zakresu uzdatniania wody, doświadczenia eksploatacyjne różnych Stacji Uzdatniania Wody w kraju, eksploatujące określone układy uzdatniania, informacje techniczne producentów urządzeń oraz konsultacje naukowo – techniczne.

---

## 2. UJĘCIE WODY

Ujęcie zlokalizowane jest w m. Lubasz, gmina Lubasz, na działkach o numerze ewidencyjnym:

- studnia nr 1: 201/1,
- studnia nr 2: 201/1,
- studnia nr 3: 201/2,

Zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym na szczególne korzystanie z wód z istniejących studni o zasobach eksploatacyjnych w ilości  $Q = 120 \text{ m}^3/\text{h}$  wynosi:

$$\begin{aligned} Q_{d\text{śr}} &= 969,33 \text{ m}^3/\text{d}, \\ Q_{h\text{max}} &= 81 \text{ m}^3/\text{h}, \\ Q_{r\text{max}} &= 353\,808,00 \text{ m}^3/\text{rok}. \end{aligned}$$

Studnia nr 1 i 2 znajdują się na terenie, których właścicielem jest Gmina Lubasz, a użytkownikiem Gminny Zakład Komunalny, natomiast studnia nr 3 zlokalizowana jest na gruncie należącym do ZR Lubasz. Stacja Uzdatniania Wody zlokalizowana jest na działce o numerze ewidencyjnym 201/1, miejscowość Lubasz, gmina Lubasz.

Obecnie woda z ujęcia poprzez Stację podawana jest do sieci wodociągowej do mieszkańców gminy Lubasz.

W skład ujęcia wchodzi trzy studnie głębinowe, które ujmują wodę z utworów trzeciorzędowych:

- studnia nr 1: studnia podstawowa, o głębokości 120,0 m i wydajności eksploatacyjnej:  $Q_e = 39,0 \text{ m}^3/\text{h}$  i depresji:  $s = 11,0 \text{ m}$ ,
- studnia nr 2: studnia awaryjna, o głębokości 112,0 m i wydajności eksploatacyjnej:  $Q_e = 39,0 \text{ m}^3/\text{h}$  i depresji:  $s = 9,5 \text{ m}$ ; filtr siatkowy o średnicy  $9^{5/8}$ ", długość robocza 8,5 m
- studnia nr 3: studnia podstawowa, o głębokości 124,0 m i wydajności eksploatacyjnej:  $Q_e = 42,0 \text{ m}^3/\text{h}$  i depresji:  $s = 9,25 \text{ m}$ ; filtr siatkowy o średnicy 6", długość robocza 20 m.

**Do obliczeń technologicznych i wymiarowania układu uzdatniania przyjęto wydajność na poziomie  $81 \text{ m}^3/\text{h}$  na podstawie maksymalnej ilości produkowanej wody, zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym.**

Dla istniejącej technologii przeprowadzono dodatkowo obliczenia technologiczne dla wydajności na poziomie  $Q_{h\text{max}}^{RZ} = 67 \text{ m}^3/\text{h}$ , zgodnie z rzeczywistą maksymalną ilością produkowanej wody w okresie letnim,

W tabeli poniżej zestawiono charakterystykę techniczną urządzeń zastosowanych do ujmowania wody z każdej studni głębinowej.

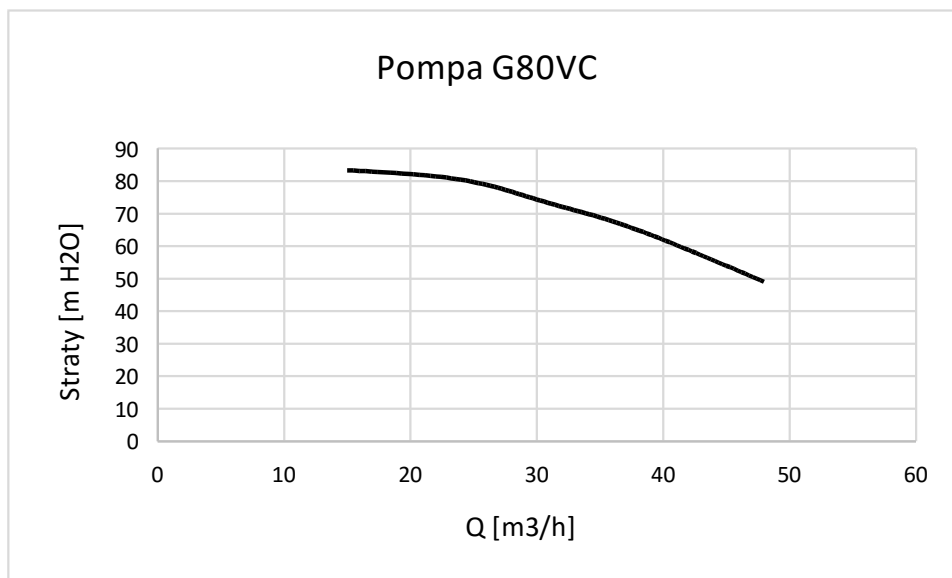
Tabela 1. Zestawienie parametrów studni głębinowych na SUW Lubasz

Nr studni	Typ pompy	Wysokość podwieszenia	Zwierciadło statyczne
		[m p.p.t.]	[m p.p.t.]
1	G80VC + SGMf 18d	43	30,5
2	G80VC + SGMf 18d	43	31,0

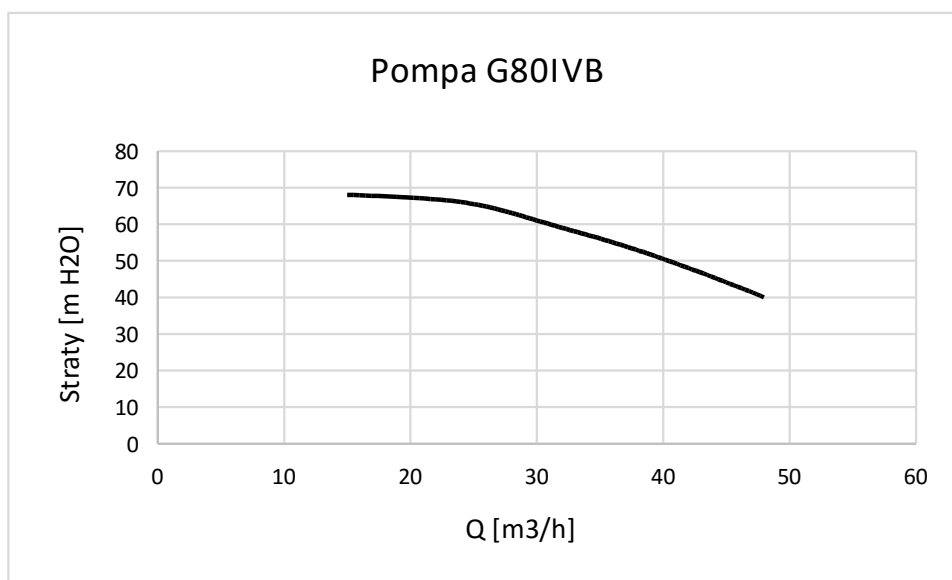
3	G80IVB + SGMd – 18c	42	31,4
---	---------------------	----	------

Poniżej zestawiono charakterystyki pomp głębinowych.

Wykres 1. Wykres charakterystyki pompy głębinowej G-80 V C



Wykres 2. Wykres charakterystyki pompy głębinowej G-80 IV B



W tabeli nr 2 zestawiono podstawowe parametry studni głębinowych.

*Tabela 2. Parametry studni głębinowych*

Studnia	Wysokość	Głębokość	Q <sub>e</sub>	Depresja	Zw. stat.	Zw. dynam.
[-]	[m n.p.m.]	[m]	[m <sup>3</sup> /h]	[m]	[m]	[m]
1	86,30	120	39	11,0	30,5	-
2	86,50	112	39	9,5	31,0	40,5
3	85,00	124	42	9,25	31,4	40,65

Ujęcie posiada zatwierdzoną strefę ochrony bezpośredniej obejmującej teren wokół studni 1, 2 i 3 o promieniu 10 m od osi studni.

W tabeli nr 3 przedstawiono wyniki badań wody surowej z 2012 r. wykonane przez PSSE w Pile.

*Tabela 3. Jakość wody surowej ujmowanej na SUW Lubasz, badania z 2012r.*

Studnie nr 1 i 2; 2012 r.				
L.p.	Parametr	Wynik	Jednostka	Dopuszczalne wartości wskaźników
1	Mętność	26	FNU	1
2	Barwa	10	mgPt/L	-
3	pH	7,6	pH	6,5 - 9,5
4	Przewodność elektryczna właściwa w 25°C	679	μS/cm	2500
5	Amonowy jon	0,97	mg/L	0,5
6	Azotyny	<0,010	mg/L	0,5
7	Azotany	<0,44	mg/L	50
8	Żelazo	6160	μg/L	200
9	Mangan	172	μg/L	50

W tabeli nr 4 przedstawiono wyniki badań wody surowej z 2016 r. wykonanych przez PWIK Września.

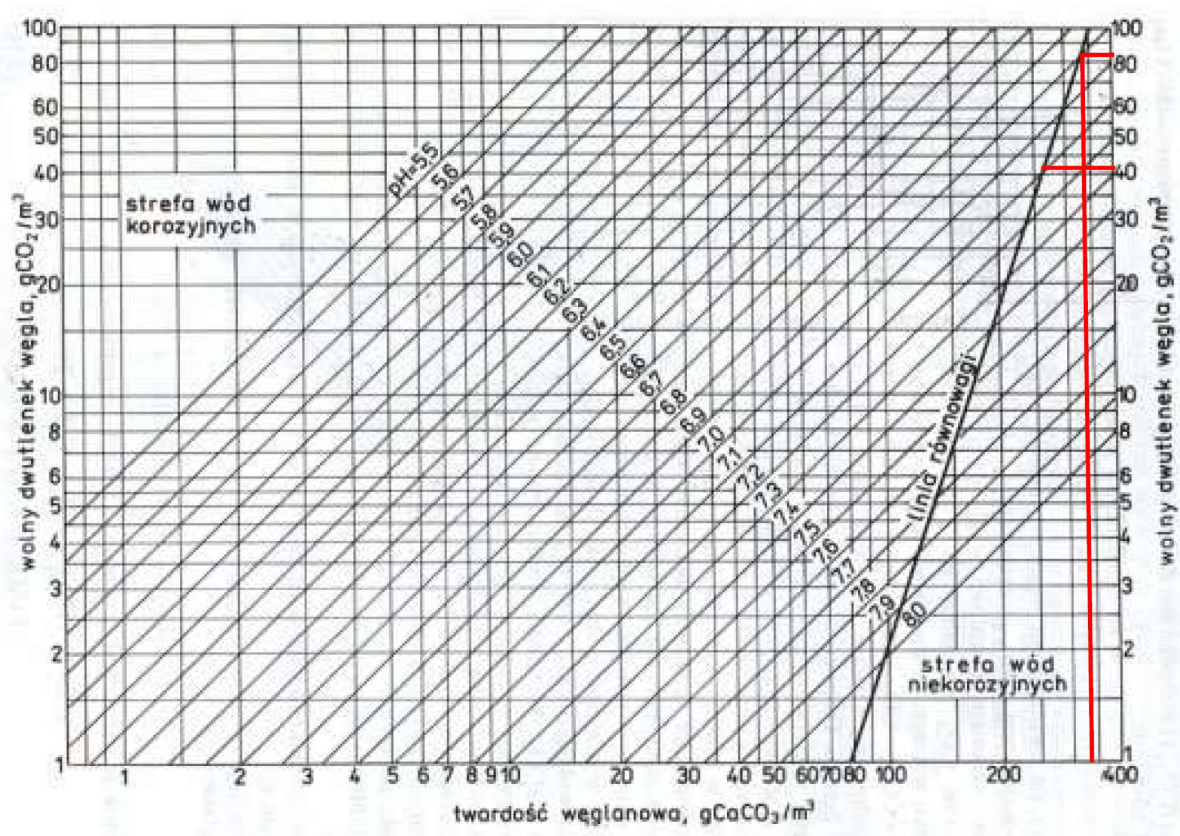
*Tabela 4. Jakość wody surowej ujmowanej na SUW Lubasz, badania z 2016r.*

11.05.2016 r.						
L.p.	Parametr	Studnia nr 1	Studnia nr 2	Studnia nr 3	Jednostka	Dopuszczalne wartości wskaźników
1	Amoniak	0,91	0,88	0,86	mg/dm <sup>3</sup> NH <sub>4</sub>	0,5
2	Barwa	14,5	10,4	17,5	mg/dm <sup>3</sup> Pt	akcept.
3	Mętność	24,7	25,9	27,3	NTU	1
4	Żelazo ogólne	1,75	2,05	1,85	mg/dm <sup>3</sup>	0,2
5	Mangan	0,34	0,35	0,39	mg/dm <sup>3</sup>	0,05
6	Chlorki	12,5	9,5	20,1	mg/dm <sup>3</sup>	250
7	Siarczany	<20	<20	<20	mg/dm <sup>3</sup>	250
8	Odczyn	7,2	7,3	7,2	pH	6,5 ÷ 9,5

9	Zasadowość ogólna	6,9	6,7	7,2	mval/dm <sup>3</sup>	1,2-10,0
---	-------------------	-----	-----	-----	----------------------	----------

Analizę jakości wody surowej przeprowadzono w oparciu o wyniki badań z 2016 r. wykonane przez PWIK WRZESNIA.

Wykres 3. Analiza równowagi węglanowo – wapniowej wody surowej ujmowanej na SUW Lubasz.



Zgodnie z przedstawioną charakterystyką jakościową surowca można stwierdzić, że woda wymaga usunięcia:

- średnich ilości żelaza,
- średnich ilości manganu,
- jonu amonowego.

Należy również zwrócić uwagę, że podwyższona mętność oraz barwa są najprawdopodobniej spowodowane ponadnormatywną zawartością żelaza w wodzie surowej. Usuwanie z wody żelazo, obniżona zostanie również jej mętność, jak i barwa. Średnie stężenie żelaza w wodzie surowej wynosi ok. 1,88 mgFe/L.

Ujmowany surowiec charakteryzuje się ilością manganu na poziomie umożliwiającym naturalne wpracowanie złoża do usuwania tego wskaźnika z wody w warunkach optymalnych w czasie ok. 2 ÷ 3 miesięcy. Proponuje się jednak zastosowanie złoża katalicznego, pozwalającego na przyspieszenie procesu usuwania manganu z wody surowej.

Jednym z ważnych czynników jest stężenie jonu amonowego poniżej dopuszczalnej wartości. Jest to istotne dla eksploatorów SUW ze względu na efektywność procesów napowietrzania wody pod kątem wymaganego jej natlenienia.

Zawartość jonu amonowego znajduje się na średnim poziomie ok. 0,88 mgNH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L, taka ilość

jest niezgodna z obowiązującymi przepisami, a także będzie miała negatywne konsekwencje w przypadku chlorowania wody (tworząc np. chloraminy).

Zasadowość wody wynosi  $335 \div 360 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ . Parametr ten zgodnie z literaturą determinuje wybór metody napowietrzania wody, co zostanie poddane analizie w dalszej części opracowania.

Z wykresu równowagi węglanowo – wapniowej można odczytać, że zawartość wolnego dwutlenku węgla wynosi  $41 \text{ CO}_2/\text{dm}^3$ .

Zgodnie z przybliżoną metodą pozwalającą określić stan równowagi węglanowo – wapniowej, ujmowany surowiec przesycony jest węglanami i może mieć tendencję do ich wytrącania, ponieważ linia równowagi przecina się z linią zasadowości na wysokości odpowiadającej zawartości dwutlenku węgla wolnego równej  $81 \text{ CO}_2/\text{dm}^3$ , Indeks Langeliera wynosi  $I_L=0,3$ , natomiast Indeks Ryznera  $I_R=6,7$ .

### 3. ANALIZA STANU ISTNIEJĄCEGO

---

Stacja wodociągowa pracuje w układzie dwustopniowego pompowania wody. Woda ujmowana jest za pomocą dwóch studzien wierconych nr 1 i nr 3 za pomocą pomp głębinowych. Woda tłoczona jest do stacji wodociągowej, gdzie poddana jest procesowi uzdatniania.

Obecnie układ uzdatniania wody na SUW Lubasz opiera się o następujące procesy technologiczne:

- ujęcie wody podziemnej,
- ciśnieniowe napowietrzanie wody,
- filtracja ciśnieniowa,
- gromadzenie wody w zbiorniku retencyjnym.

Poniżej przedstawiono charakterystykę technologiczną każdego z wymienionych etapów uzdatniania.

#### Napowietrzanie

Napowietrzanie realizowane jest w małych, przyfiltrowych aeratorach ciśnieniowych. Woda surowa, doprowadzana jest do dolnej części aeratora, skąd dalej trafia na filtr.

Do tego celu wykorzystano cztery mieszacze, po jednym przy każdym filtrze.

Do każdego z mieszaczy zostało podłączone powietrze, tłoczone instalacją przewodów ze zbiornika akumulacyjnego.

W eksploatacji tego typu urządzeń należy zwrócić uwagę na następujące elementy:

- konieczność indywidualnej nastawy każdego z aeratorów oddzielnie,
- trudności z konserwacją tego typu urządzeń – brak możliwości skutecznego wyczyszczenia wnętrza aeratora, co skutkuje w dalszej kolejności jego intensywnym zapychaniem i stopniowym spadkiem skuteczności technologicznej,
- bardzo krótki czas przetrzymania wody z powietrzem przed filtracją, uniemożliwiający skuteczne utlenienie żelaza przed złożem filtracyjnym, mające swoje konsekwencje w procesie usuwania tego wskaźnika z wody.

*Zdjęcie 1. Mieszacze przyfiltrowe*



Na SUW Lubasz zamontowana jest sprężarka o następujących parametrach:

- typ: WAN - CE,
- wydajność: 20 m<sup>3</sup>/h,
- moc 3kW

Sprężarka wykorzystywana jest do napowietrzania wody surowej w aeratorach, płukania odżelaziaczy oraz do uzupełnienia poduszki powietrznej w hydroforach.

*Zdjęcie 2. Sprężarka do płukania filtrów i napowietrzania wody na SUW Lubasz*



Ilość doprowadzonego sprężonego powietrza:

$$Q_{p_{\max}} = 81 \cdot 0,1 = 8,1 \text{ m}^3/\text{h}$$
$$Q_{p_{\text{śr}}} = 67 \cdot 0,1 = 6,7$$

*Tabela 5. Zapotrzebowanie wody na tlen do procesów utleniania żelaza, manganu oraz jonu amonowego przy pokryciu całkowitego zużycia tlenu*

Wskaźnik	Stechiometryczne zapotrzebowanie na tlen [mg O <sub>2</sub> ]	Średnia zawartość wskaźnika	Zapotrzebowanie na tlen
jon amonowy	4,57	0,88	4,02
mangan	0,29	0,36	0,10
żelazo	0,14	1,88	0,26
Suma			<b>4,39</b>

Zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami technologicznymi, maksymalne zapotrzebowanie wody na tlen znajduje się na poziomie wynoszącym 4,39 mg/L.



## Filtracja

Do procesu filtracji na SUW Lubasz służą 3 filtry ciśnieniowe o średnicy DN 1500 i (powierzchnia filtracyjna 1,77m<sup>2</sup>) oraz jeden filtr ciśnieniowy o średnicy DN 1400 (powierzchnia filtracyjna 1,54m<sup>2</sup>)

Wypełnienie filtrów stanowi złożo kwarcowe o następującej charakterystyce:

- warstwa czynna: 700 mm –  $\Phi 0,8 - 1,2$  mm,
- warstwa podtrzymująca: 400 mm –  $\Phi 2,0 - 7,0$  mm,  
200 mm –  $\Phi 2,0 - 3,0$  mm,  
100 mm –  $\Phi 3,5 - 5,0$  mm,  
100 mm –  $\Phi 5,5 - 7,0$  mm,

Złożo filtracyjne płukane jest wodą uzdatnioną przez 6 min. z intensywnością  $Q = 39,0 \text{ m}^3/\text{h}$   
– płukanie odbywa się dla każdego filtra 1 raz na tydzień – 4 cykle w miesiącu.

Parametry technologiczne filtrów:

- całkowita powierzchnia filtracyjna:

$$A_f = (3 * 1,77) + 1,54 = 6,85 \text{ m}^2,$$

- prędkość filtracji:

$$v_{\max} = 81/6,85 = 11,8 \text{ m/h},$$

$$v_{\max}^{\text{RZ}} = 67/6,85 = 9,8 \text{ m/h}$$

Wartość tego wskaźnika mieści się w dopuszczalnych i zalecanych wartościach technologicznych. Prędkość filtracji jest czynnikiem bezpośrednio decydującym o wysokości strefy odżelaziania wody. I to właśnie ten parametr jest decydujący jeśli chodzi o efektywność procesu odżelaziania wody.

- pojemność masowa w cyklu 24 – godzinnym:

- dla stanów maksymalnych rozborów zgodnie z pozwoleniem wodno - prawnym

$$PM = 11,8 * 1,88 * 24 * 1,9 = 1011 \text{ g/m}^2,$$

- dla stanów maksymalnych rozborów zgodnie z rzeczywistą maksymalną ilością produkowanej wody w okresie letnim

$$PM = 9,8 * 1,88 * 24 * 1,9 = 840 \text{ g/m}^2,$$

Dla wszystkich przedstawionych rozborów, pojemność masowa uzyskiwana w układzie filtracji znajduje się w dopuszczalnym przedziale, w stosunku do rekomendowanej (podawanej w literaturze) wynoszącej ok 1.500 - 2.000 g/m<sup>2</sup> z możliwością wydłużenia cyklu filtracyjnego, co korzystnie wpłynie na koszty eksploatacji SUW oraz potencjalne straty wody w procesie płukania filtrów.

---

Wysokość strefy odżelaziania ustalono w oparciu o następujące parametry:

- prędkość filtracji dla układu: 9,8 – 11,8 m/h
- zawartość żelaza w wodzie surowej: średnio 1,88 mgFe/L
- stopień utlenienia żelaza przed filtracją; rozpatrzono 4 przypadki:
  - dla 100 % udziału Fe(II):  $a = 0,53$ ,  $p = 0,50$
  - dla 75 % udziału Fe(II):  $a = 0,48$ ,  $p = 0,47$
  - dla 50 % udziału Fe(II):  $a = 0,43$ ,  $p = 0,44$
  - dla 25 % udziału Fe(II):  $a = 0,38$ ,  $p = 0,41$
- uziarnienie złoża filtracyjnego: 0,8 – 1,2 mm (średnio 1,0 mm)
  - dla 100 % udziału Fe(II):

$$H_{Fe}^{MAX} = 1,14 - 1,27 \text{ m}$$

- dla 75 % udziału Fe(II):

$$H_{Fe}^{MAX} = 1,01 - 1,13 \text{ m}$$

- dla 50 % udziału Fe(II):

$$H_{Fe}^{MAX} = 0,89 - 0,99 \text{ m}$$

- dla 25 % udziału Fe(II):

$$H_{Fe}^{MAX} = 0,77 - 0,86 \text{ m}$$

Częstotliwość płukania filtrów winna być wyznaczana ze wzoru na pojemność masową filtrów. Częstotliwość jest uzależniona od:

- zawartości żelaza w wodzie surowej,
- przyjmowanej pojemności masowej filtrów – dla układów jednoczesnego odżelaziania i odmanganiania ok 1.500 - 2.000 g/m<sup>2</sup> powierzchni filtracji.

Długość cyklu filtracyjnego jest odniesiona do ilości m<sup>3</sup> przefiltrowanych przez cały układ. Zakłada się, że filtry winny być płukane jeden za drugim po przefiltrowaniu przez cały układ filtracji wyznaczonej ilości m<sup>3</sup> uzdatnionej wody.

Dla przyjętej pojemności masowej filtrów na poziomie 2000 g/m<sup>2</sup>, oraz średniego stężenia żelaza w wodzie dopływającej na filtry, w wysokości 1,88 mgFe/L, ilość przefiltrowanej wody wyniesie:

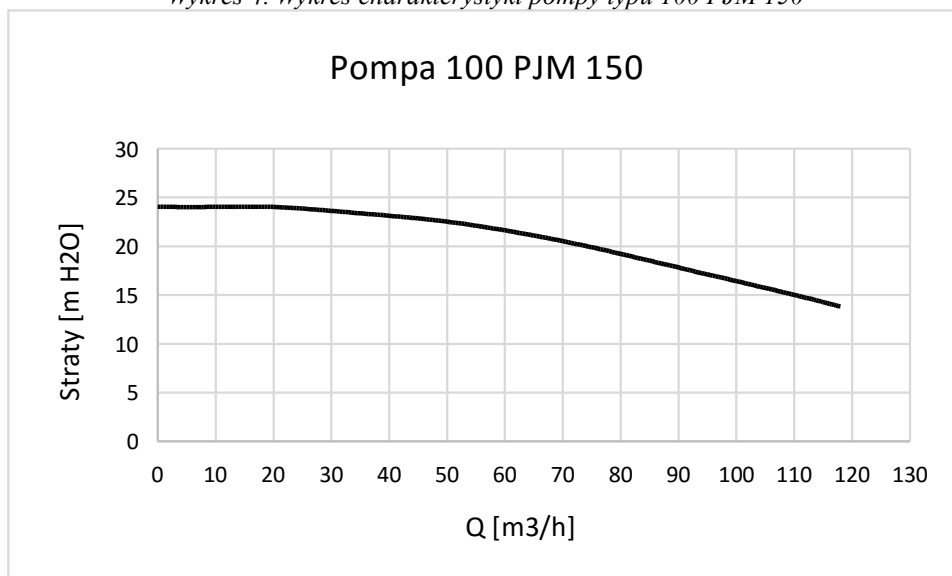
$$V = (2000 * 6,85) / (1,88 * 1,9) = 3835 \text{ [m}^3\text{]} \text{ na wszystkie filtry}$$

Popłuczyny z płukania filtrów kierowane są ze stacji kanałem, a następnie rurą żeliwną o średnicy  $\Phi 300$  grawitacyjnie do odstojnika. Odstojnik wykonany jest w formie zbiornika betonowego, prostokątnego o pojemności 30 m<sup>3</sup>.

Do płukania filtrów wodą wykorzystywana jest pompa typu 100 PJM 150. Charakterystykę pompy przedstawiono na poniższym wykresie.

---

Wykres 4. Wykres charakterystyki pompy typu 100 PJM 150



Zdjęcie 3. Widok ogólny filtra na SUW Lubasz



### Retencja

Woda przefiltrowana kierowana jest do dwóch zbiorników wyrównawczych stalowych, pionowych o następujących parametrach:

- Pojemność użytkowa zbiorników: 251,3 m<sup>3</sup>
- Pojemność na przetrzymanie zachlorowanej wody: 59,5 m<sup>3</sup>
- Pojemność sterowania: 31,8 m<sup>3</sup>
- Pojemność martwa: 41,33 m<sup>3</sup>
- Całkowita pojemność zbiornika: 383,93 m<sup>3</sup>

*Zdjęcie 4. Widok ogólny zbiorników retencyjnych*



### Jakość wody uzdatnionej

*Tabela 6. Wyniki badań wody uzdatnionej w 2015 r.*

07.07.2015 r.				
L.p.	Parametr	Wynik	Jednostka	Dopuszczalne wartości wskaźników
1	Mętność	<0,2	FNU	1
2	Barwa	10	mgPt/L	-
3	Zapach	akcept.	-	-
4	Smak	akcept.	-	-
5	pH	7,5	pH	6,5 - 9,5
6	Przewodność elektryczna właściwa w 25°C	653	µS/cm	2500
7	Amonowy jon	0,1	mg/L	0,5
8	Żelazo	101	µg/L	200
9	Mangan	26	µg/L	50

*Tabela 7. Wyniki badań wody uzdatnionej w 2016 r.*

26.01.2016 r.				
L.p.	Parametr	Wynik	Jednostka	Dopuszczalne wartości wskaźników
1	Mętność	0,32	FNU	1
2	Barwa	10	mgPt/L	-
3	Zapach	akcept.	-	-
4	Smak	akcept.	-	-
5	pH	7,4	pH	6,5 - 9,5
6	Przewodność elektryczna właściwa w 25°C	686	μS/cm	2500
7	Amonowy jon	0,09	mg/L	0,5

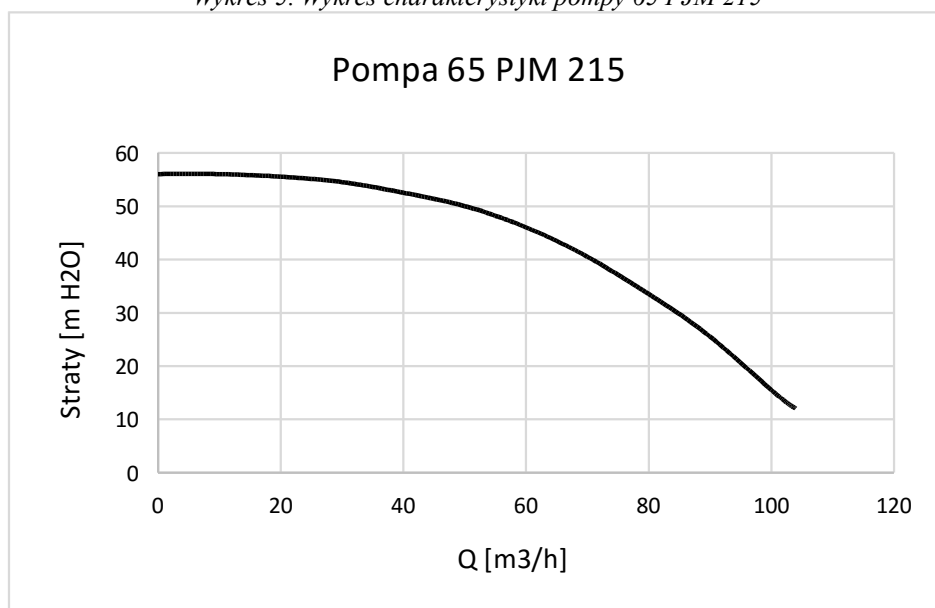
Na podstawie przedstawionych wyników badań można stwierdzić, że istniejący układ technologiczny stacji pozwala na obniżenie najistotniejszych parametrów fizyko – chemicznych do poziomu zgodnego z obowiązującymi przepisami, jednak ze względu na zły stan techniczny urządzeń, armatury i orurowania oraz zastosowanie technologii, która nie odpowiada w pełni w zakresie szczegółów technologicznych wymaganiom i wytycznym eksploatacyjnym, konieczna jest modernizacja układu uzdatniania wody, co będzie przedmiotem dalszej części opracowania. Brak automatyzacji układu również wymaga zmian, powodujących dostosowanie systemu uzdatniania w Lubaszu do aktualnych standardów obowiązujących przy projektowaniu (i budowie nowych SUW).

### Pompownia II stopnia

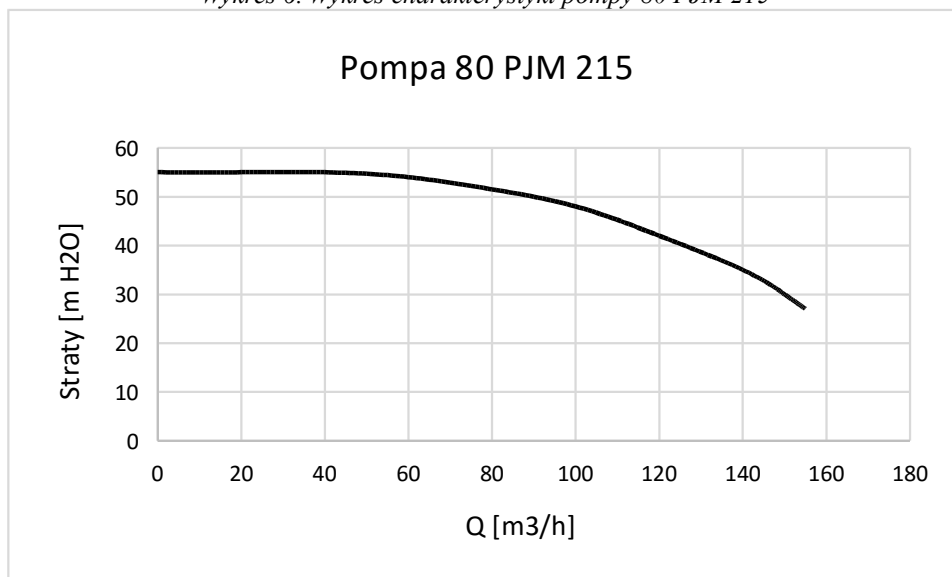
Na SUW w Lubaszu zainstalowane są obecnie trzy pompy II<sup>o</sup>. Jedna pompa typu 65 PJM 215 oraz dwie pompy typu 80 PJM 215.

Poniżej zestawiono charakterystykę pomp II stopnia pracujących obecnie na SUW w Lubaszu.

*Wykres 5. Wykres charakterystyki pompy 65 PJM 215*



Wykres 6. Wykres charakterystyki pompy 80 PJM 215



Zdjęcie 5. Widok ogólny pomp II<sup>o</sup> oraz pompy do płukania filtrów.



#### 4. PROJEKT TECHNOLOGII SUW W LUBASZU

Nową technologię uzdatniania wody na SUW Lubasz osadzono w podstawach naukowo – technicznych, uwzględniając doświadczenia praktyczne stosowania jej na podobnych obiektach wodociągowych. Na podstawie przeprowadzonych analiz technologicznych i technicznych, bazując również na efektywności obecnie eksploatowanego układu uzdatniania, przyjęto następujący układ technologiczny:

- ujęcie wody złożone z obecnie eksploatowanych studni głębinowych,
- napowietrzanie ciśnieniowe w aeratorze statycznym,
- filtracja: proces usuwania żelaza i manganu podczas filtracji ciśnieniowej na złożu dwuwarstwowym składającym się z następujących warstw: kwarcowa warstwa podtrzymująca, warstwa złoża katalitycznego oraz chalcedonit,
- retencja wody uzdatnionej w dwóch istniejących zbiornikach wody czystej oraz w trzech dodatkowych, nowo projektowanych zbiornikach o poj. 100 m<sup>3</sup> każdy,
- dezynfekcja wody podchlorynem sodu,
- tłoczenie wody do sieci wodociągowej,
- płukanie filtrów wodą uzdatnioną ze zbiornika retencyjnego i powietrzem,
- popłuczyny z płukania filtrów odprowadzane bezpośrednio do kanalizacji sanitarnej.

Uwagi ogólne:

- instalacje wewnętrzne należy wykonać ze stali nierdzewnej o gatunku AISI 316/316 L,
- owiercenie kołnierzy armatury i kołnierzy orurowania wg jednej normy i na jednakowe ciśnienie – przyjęto PN 16 zarówno dla armatury jak i orurowania,
- ilość spawów na obiekcie należy ograniczyć do minimum; miejsca połączeń rurociągów na obiekcie wykonywać jako skręcane (kołnierzowe),
- wszystkie elementy należy spawać maszynowo, zaś na obiekcie przewiduje się jedynie montaż całości (dopuszcza się jedynie wykonywanie na obiekcie tzw. spawów zamykających – długich odcinków),
- należy zastosować śruby i kołnierze z tego samego gatunku stali co rurociągi – czyli co najmniej AISI 316/316 L,
- rurociągi należy układać na podporach systemowych, ze stali nierdzewnej w gatunku AISI 304/304 L, na odpowiednich podkładach gumowych, rozmieszczone zależnie od średnicy rurociągu i jego wypełnienia;
- należy stosować rurociągi o następujących grubościach, ścianek:
  - dla średnicy  $\leq 200$  mm – grubość ścianki 2 mm,
  - dla średnicy 250 mm – grubość ścianki 3 mm,
- nie dopuszcza się odstępstw od grubości ścianki z uwagi na przyjętą sztywność niniejszych rurociągów m.in. do wyznaczania odległości pomiędzy podporami, jak i z uwagi na występujące w niektórych rurociągach podciśnienie.

Parametry techniczne przepustnic odcinających wykorzystanych na SUW:

- przyłącza do montażu międzykołnierzowego zgodnie z PN-EN 1092-2:1999 PN 16,
- długość zabudowy wg PN-EN 558-1:2001 szereg 20,
- kołnierz do montażu siłownika zgodny z ISO 5211,
- korpus wykonany z żeliwa sferoidalnego EN-GJS-400-15,
- kłapa umieszczona centrycznie wykonana ze stali nierdzewnej X5CrNi18-10,
- wkładka elastomerowa wymienna, zabezpieczona przed przesuwaniem osiowym:

EPDM, NBR lub FKM,

- wał pełny, niekołkowany – połączenie wielokarbowe (DN50-DN600), w części dolnej osadzony w korpusie w otworze ślepy – nieprzelotowym, wykonany ze stali nierdzewnej X20Cr13 PN-EN 10088-1:2007,
- 3 łożyska ślizgowe: PTFE lub brąz,
- przejście wału przez manszetę uszczelnioną poprzez odpowiednio ukształtowaną wykładzinę,
- dodatkowe uszczelnienie wału poprzez pierścienie typu o-ring z EPDM, NBR lub FKM,
- ochrona antykorozyjna – powłoka na bazie żywicy epoksydowej, minimum 250  $\mu\text{m}$  wg normy DIN 30677,
- wszystkie przepustnice jednego producenta,
- wszystkie przepustnice do średnic DN 250 montaż z wałem ustawionym poziomo lub pionowo, powyżej DN 300 montaż z wałem ustawionym poziomo
- przepustnice przystosowane do montażu napędów pneumatycznych i elektrycznych (zgodnie z dalszą częścią projektu)
- dla przepustnic regulacyjnych przekładnia ślimakowa z kółkiem, umożliwiającą precyzyjną nastawę położenia.

Wymagane dokumenty:

- atest PZH,
- deklaracja zgodności z PN,
- karta katalogowa,
- ubezpieczenie OC za produkt,
- certyfikat ISO.

Wszystkie rurociągi należy podeprzeć w odpowiednich miejscach wykorzystując rozwiązania podpór systemowych o następującej charakterystyce technicznej:

- wykonanie materiałowe podpór i zawiesi: stal AISI 304/304 L,
- obejmę pełną, zabezpieczającą przed przesuwaniem rurociągu,
- między obejmą a rurociągiem wyściółka gumowa z materiału posiadającego atest PZH,
- wyściółki na podporach podpierających rurociągi wewnątrz zbiorników (zalaných wodą) dodatkowo odporne na pracę pod pełnym zanurzeniem,
- podpory montowane do fundamentów lub ścian konstrukcyjnych (w zależności od przyjętego systemu), z uwzględnieniem nośności elementów budowlanych, do których będzie mocowana posadzka,
- dobór szczegółowy podpór przez wyspecjalizowaną firmę zajmującą się podparciami, przeprowadzony na etapie montażu rurociągów,
- podpory montowane do posadzki lub ścian, z wykorzystaniem śrub w gatunku stali jak dla materiału podpory.

Miejsca montażu podpór przyjmuje się następujące:

- w miejscach montażu armatury (przepustnic, zasuw itp.),
- w miejscach zmiany kierunków trasy, w miejscach montażu trójników,
- na długich odcinkach prostych (wg obliczeń przeprowadzonych na etapie doboru podpór podczas montażu na miejscu).

Należy dążyć do zabudowy zblokowanej podpór polegającej na umiejscowieniu na jednej pionowej podporze kilku rurociągów biegnących bezpośrednio jeden nad drugim.

---



#### 4.1. Ujęcie wody surowej

Ujęcie wody zostanie oparte o istniejące, czynne studnie głębinowe. Zgodnie z wytycznymi inwestora, przewiduje się zmianę obecnych pomp głębinowych oraz rurociągów przesyłowych z ujęcia do SUW na nowe.

Woda surowa ujmowana studniami głębinowymi przesyłana będzie na SUW nowymi rurociągami o następujących parametrach:

- rurociąg ze studni nr 1 – PE, zgrzewane, średnica DN110 (dwew. 90 mm, gr. ścianki  $e=10,0$ , długość ok. 25 m)
- rurociąg ze studni nr 2 – PE, zgrzewane, średnica DN110 (dwew. 90 mm, gr. ścianki  $e=10,0$ , długość ok. 5 m)
- rurociąg ze studni nr 3 – PE, zgrzewane, średnica DN110 (dwew. 90 mm, gr. ścianki  $e=10$ , długość ok. 135 m)
- wspólny rurociąg na SUW – PE, zgrzewane, średnica DN160 (dwew. 130,8 mm, gr. ścianki  $e=14,6$ , długość ok. 5 m).

Wymiana zgodnie z planem zagospodarowania terenu – sieci technologiczne.

Tabela 8. Wymagana wysokość podnoszenia agregatów pompowych dla poszczególnych studzien

Nr studni	Wydajność pompy [m <sup>3</sup> /h]	Zwierciadło statyczne	Depresja	$\Sigma \Delta p_L + Z_m$ (rurociąg, armatura, filtry, zapas)	Poziom wody w zbiorniku	$H_{max}$
		[m p.p.t.]	[m]	[m H <sub>2</sub> O]	[m]	[m]
1	40	30,5	11	18	6,2	65,7
2	40	31	9,5	17,9	6,2	64,6
3	40	31,4	9,3	19,0	6,2	65,9

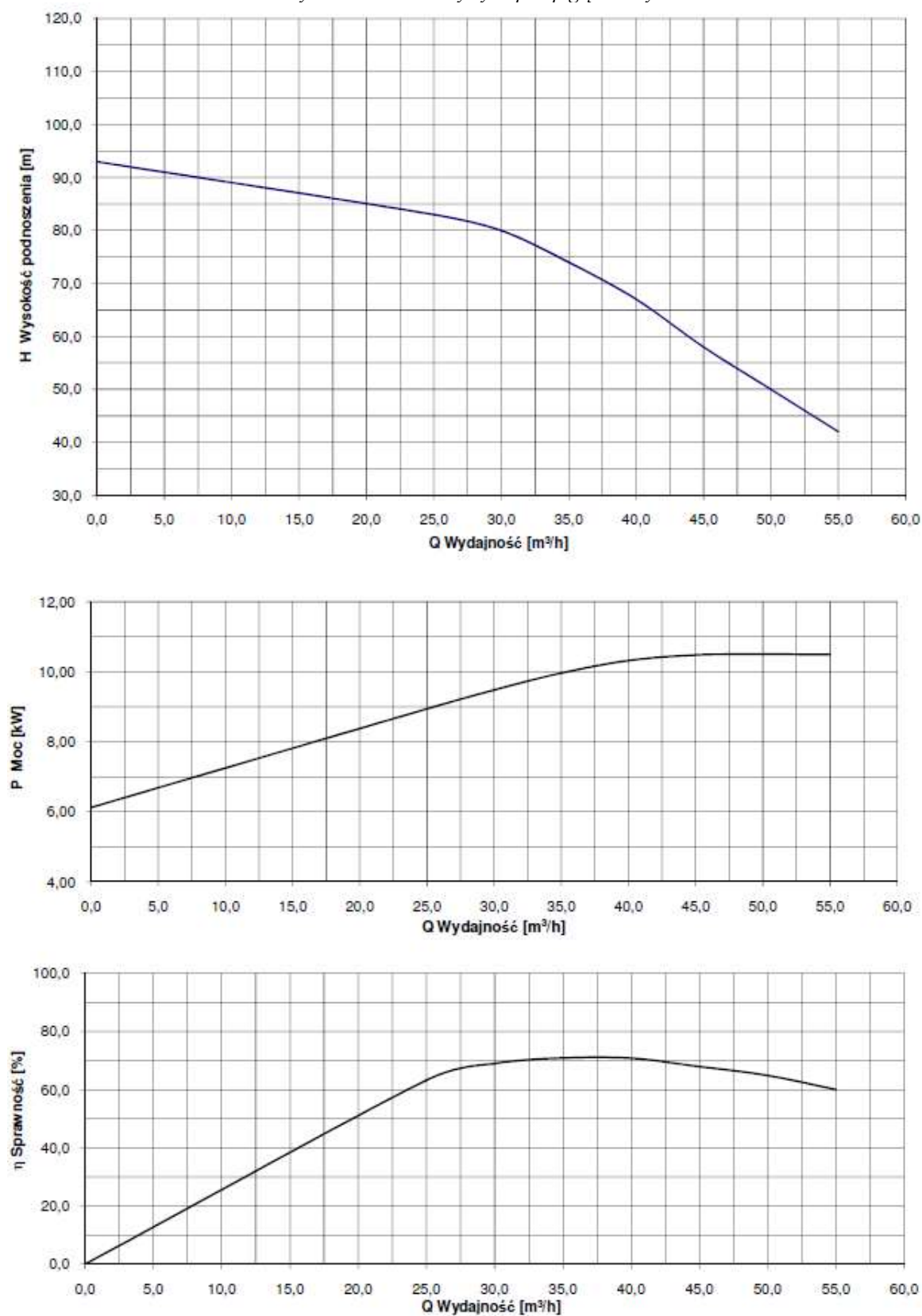
Z uwagi na porównywalne dane do doboru pompy głębinowej dobrano jednakowe jednostki dla wszystkich studzien głębinowych.

Dobór pomp głębinowych przeprowadzono w oparciu o maksymalną wydajność ujęcia zgodnie z pozwoleniem wodno-prawnym  $Q_{hmax}=81 \text{ m}^3/\text{h}$ , przy założeniu jednoczesnej pracy dwóch studzien. Zatem wydajność pojedynczego agregatu pompowego powinna wynosić  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ , natomiast wymaganą wysokość podnoszenia, zgodnie z obliczeniami, przedstawiono w powyższej tabeli.

Dobrano pompy głębinowe o następującej charakterystyce:

- wydajność:  $Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$
- wysokość podnoszenia:  $H=67 \text{ m}$
- ilość: 3 szt.
- moc:  $P=10,3 \text{ kW}$

Wykres 7. Charakterystyka pomp głębinowych.



Projektuje się wymianę obudów studzien głębinowych na obudowy zewnętrzne, laminowane, wyniesione na powierzchnię terenu obudowy typu Lange, które w znaczący sposób podnoszą komfort eksploatacji. Szczegółowe wytyczne obudowy zostaną przedstawione w projekcie wykonawczym.

Sterowanie pracą studni:

- zdalne załączanie na podstawie poziomów wody w zbiorniku retencyjnym,
- ręcznie z SUW (szafy rozdzielczej): praca w trzech trybach 1 – praca, 0 – postój, A – praca w automacie (wg określonego algorytmu).

Parametry mierzone:

- ciśnienie tłoczenia,
- wydajność tłoczenia (przepływomierz),
- prąd pobierany przez pompę,
- licznik czasu pracy,
- pomiar zwierciadła statycznego i dynamicznego,
- zabezpieczenie przed suchobiegiem typu cluwo,
- czujnik temperatury w obudowie,
- alarm otwarcia obudowy.

## 4.2. Napowietrzanie ciśnieniowe

Napowietrzanie wody surowej odbywać się będzie w aeratorze ciśnieniowym o takiej konstrukcji, która zapewni możliwie największą powierzchnię kontaktu powietrza z wodą oraz optymalne warunki jednoczesnego mieszania napowietrzanej wody.

Aerator do napowietrzania ciśnieniowego jest zbiornikiem ciśnieniowym, w którym odkwaszana woda kontaktuje się ze sprężonym powietrzem.

Ciśnienie powietrza powinno być o 0,1 MPa większe od ciśnienia wody. Czas kontaktu wody z powietrzem wewnątrz aeratora jest równy  $t = 30 \div 180$  s. Objętość mieszacza wynosi zatem:

$$V = [81 * (120 \div 180)]/3600 = 2,7 \div 4,1 \text{ m}^3.$$

$$V^{RZ} = [67 * (120 \div 180)]/3600 = 2,2 \div 3,4 \text{ m}^3.$$

Dla wyznaczonej wartości objętości  $V = 2,7 \div 4,1 \text{ m}^3$  dobrano urządzenie o następujących parametrach technicznych:

- typ: mieszacz wodno – powietrzny, statyczny,
- ilość: 1 szt.,
- średnica nominalna: DN 1400,
- pojemność:  $3,15 \text{ m}^3$ ,
- wysokość całkowita:  $H = 2790 \text{ mm}$ ,
- wysokość od podstawy do przyłgi kołnierza króćca „B”:  $h = 400 \text{ mm}$ ,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 150,
- średnica króćca sprężonego powietrza: G 1”.
- ilość dysz w układzie napowietrzania: 10 szt.,
- masa: 615 kg.

Dobór króćców przeprowadzono w oparciu o przepływ wody surowej na poziomie 81 m<sup>3</sup>/h. Prędkość przepływu wody nie powinna przekraczać 1,5 m/s, stąd średnica króćców wynosi:

$$D = [(4 \cdot 81)/(\pi \cdot 1,5 \cdot 3600)]^{0,5} = 138,2 \text{ mm.}$$

Dobrano średnice króćców wlotowych i wylotowych o średnicy DN 150.

Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody surowej i napowietrzanej:

$$v = (4 \cdot 81)/(\pi \cdot 0,1643^2 \cdot 3600) = 1,1 \text{ m/s.}$$

Sprawdzenie wymaganego czasu kontaktu wody z powietrzem:

$$t = (3,15 \cdot 3600)/81 = 140 \text{ s.}$$

Dobry aerator ciśnieniowy zapewni wymagany czas kontaktu wody z powietrzem.

Mieszacz wodno – powietrzny służy do napowietrzania wody uzdatnionej w celu ułatwienia wytrącenia związków żelaza. Mieszacz jest niezbędnym elementem instalacji uzdatniania wody. Przeznaczony jest do współpracy z zespołem filtrów w instalacjach wody zimnej przy maksymalnym dopuszczalnym ciśnieniu PS = 6 bar oraz maksymalnej temperaturze dopuszczalnej TS = 50 stop. C.

Wszystkie elementy mieszacza wodno – powietrznego (płaszcz, dno elipsoidalne, wazy, króćce, sito itp.) wykonane są ze stali niskowęglowych – atestowanych. Ciśnienie PS = 6 bar nie może być przekroczone podczas eksploatacji mieszacza.

Mieszacz wodno – powietrzny jest aeratorem statycznym, w którym struga wody przeciwpądowo miesza się podawanym przez układ dysz sprężonym powietrzem. Element sitowy, na którym zamontowana jest głowica napowietrzająca, podwyższa efektywność procesu aeracji.

Zbiornik jest zabezpieczony antykorozyjnie od wewnątrz farbą o nazwie handlowej „Brantho – korruX” z atestem PZH na kontakt z wodą pitną.

Zbiornik malowany jest zewnętrznie farbą chlorokauczukową lub poliwinylową w kolorze niebieskim. Mieszacze wykonywane są również w wersji ocynkowanej.

Mieszacz ARC podlega dyrektywie 97/23/WE (PED). Zgodnie z nią oraz wytyczną 2/8 do PED mieszacze zalicza się do urządzeń z obszaru art. 3 ust. 3, Tablica 4 (uznana praktyka inżynierska). Z tego względu mieszacze nie posiadają oznaczenia CE.

**Opcjonalnie:** Na przewodzie wody surowej doprowadzanej do aeratora zamontować mieszacz statyczny wspomagający napowietrzanie wody. Parametry techniczne dobranego urządzenia są następujące:

- średnica: DN 150,
- przybliżona długość mieszacza: 1150 mm,
- zalecany przepływ: 100 m<sup>3</sup>/h

Mikser statyczny jest przeznaczony przede wszystkim do mieszania wody z powietrzem, a jego główne zastosowanie to napowietrzanie wody w pierwszym etapie procesu jej uzdatniania.

Mikser statyczny całkowicie miesza, rozprasza i umożliwia reakcję wody z powietrzem na krótkim odcinku rurociągu. Aby uzyskać taki rezultat, w mieszaczu wykorzystywana jest zasada radialnego przenoszenia pędu, rozdziału strumieni i odwrócenie płaszczyzny

przesunięcia. Jednoczesne zastosowanie tych zjawisk przenoszenia pozwoliło uniknąć skokowych zmian stężenia, szybkości i temperatury. Jego kształt został zoptymalizowany w celu zwiększenia efektywności i szybkości mieszania.

Zalety mieszacza statycznego:

- 100% bezawaryjny – brak ruchomych elementów,
- praca ciągła,
- niskie koszty inwestycyjne,
- efektywne wykorzystanie dozowanego środka,
- brak zasilania elektrycznego – brak kosztów eksploatacyjnych,
- wysoki stopień zmieszania powietrza z uzdatnianą wodą,
- skrócenie czasu kontaktu powietrza z wodą – zmniejszenie objętości zbiorników kontaktowych,
- łatwa kontrola techniczna procesu,
- wykonanie ze stali kwasoodpornej 304L lub 316L,
- łatwy montaż i demontaż urządzenia,
- urządzenie kompaktowe z minimalną długością rury miksera,
- ciśnienie nominalne do 10 bar,
- spadek ciśnienia do 0,3 bar,
- współczynnik mieszania C.o.V. 0,1.

Powietrze do mieszacza statycznego doprowadzić z tej samej instalacji co do aeratora statycznego, z wykorzystaniem przewodów stalowych skręcanych na gwint. Na nitce doprowadzającej powietrze do mieszacza znajduje się rotametr do pomiaru ilości powietrza.

Za mieszaczem statycznym projektuje się spięcie wody surowej i wody napowietrzonej wraz z przepustnicą z napędem ręcznym – zgodnie z rysunkami technicznymi.

Ilość doprowadzonego sprężonego powietrza zależy od stężenia żelaza dwuwartościowego w oczyszczanej wodzie. Niezbędna ilość powietrza według danych literaturowych (Kowal, Świdorska – Bróź) w stosunku do objętości uzdatnianej wody powinna wynosić 2 % dla stężenia żelaza w przedziale  $\leq 5 \text{ mgFe/L}$ , praktycznie natomiast przyjmuje się ok. 10 %. Zatem dla maksymalnej wydajności SUW wyniesie:

$$Q_p = 81 \cdot 0,1 = 8,1 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do celów napowietrzania wody zostanie wykorzystana sprężarka o następujących parametrach technicznych:

- typ: śrubowa,
  - ilość: 1 szt.,
  - nadciśnienie robocze: 10 bar,
  - wydajność przy nadciśnieniu roboczym:  $0,26 \text{ m}^3/\text{min.} = 15,6 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
  - najwyższe nadciśnienie: 11 bar,
  - moc znamionowa silnika: 2,2 kW,
  - zbiornik sprężonego powietrza: 215 L,
  - poziom hałasu: 65 dB(A),
  - ciężar: 285 kg,
  - przyłącze:  $G \frac{3}{4}$ ",
  - sterowanie autonomiczne względem ciśnienia,
  - sprężarka z obudową dźwiękochłonną,
-

- na wyposażeniu filtr oleju zapewniający doczyszczanie powietrza do wymaganego poziomu, jak dla wody pitnej.

Powietrze będzie doprowadzane przewodami stalowymi, skręcanymi na gwint o średnicy 1". Na przewodzie doprowadzającym powietrze do aeratora zostanie zamontowany reduktor ciśnienia, rotametr oraz zawory kulowe do regulacji strumienia powietrza do aeracji, ponadto należy zamontować dodatkowy filtr oleju zapewniający utrzymanie odpowiedniej jakości powietrza oraz odwadniacz.

Dobrano następujący rotametr:

- ciśnienie pracy: 3 bary,
- wydajność:  $1,5 \div 18,0 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ,
- średnica: G 1",
- długość: 165 mm,
- ilość: 2 szt.

Na rurociągach doprowadzających powietrze do aeratora i mieszacza zostaną zamontowane elektrozawory, otwierające się podczas pracy pomp głębinowych.

Aerator wyposażony będzie w odpowietrzenie ręczne. Nie przewiduje się montażu odpowietrznika kulowego (automatycznego). Odpowietrzenie ręczne powinno zostać podłączone bezpośrednio do przewodu kanalizacyjnego, względnie przewodu odprowadzającego wody spustowe z aeratora. Aerator należy dodatkowo wyposażać w spust wody do kanalizacji (kanału odprowadzającego popłuczyny) realizowany przy użyciu przewodu o średnicy min. DN 40 w dolnej części urządzenia.

Na rurociągu doprowadzającym wodę surową do aeratora oraz odprowadzającym wodę napowietrzoną należy zamontować przepustnice z napędem ręcznym o średnicy DN 150.

Na układzie należy utrzymywać ciśnienie powietrza min. 1 atm. wyższe niż ciśnienie wody. Wstępnie zakłada się, że ciśnienie powietrza będzie wynosiło za reduktorem 3 atm.

### 4.3. Filtracja ciśnieniowa

Przy ustalaniu wysokości złóż filtracyjnych należy brać pod uwagę wysokość niezbędną do odżelaziania. Optymalna wysokość strefy odżelaziania powinna wystarczyć do usunięcia żelaza z wartości ok.  $1,88 \text{ mgFe/L}$ .

Parametry projektowe systemu:

- zawartość żelaza w wodzie,
- prędkość filtracji,
- wysokość strefy odżelaziania,
- maksymalna wysokość złoża filtracyjnego,

pozwolą ustalić optimum w zakresie ilości filtrów i wysokości złoża przy następujących założeniach:

- średnie stężenie żelaza wynosi ok.  $1,88 \text{ mgFe/L}$ ,
- prędkości filtracji wynoszą od 2 do  $12 \text{ m/h}$  przy produkcji wody na poziomie  $81 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- filtr zasypany będzie złożem chalcetonitowym oraz katalitycznym o średnicy efektywnej ziaren równej  $d_e = 1,1 \text{ mm}$ ,
- stopień utlenienia żelaza: dla wstępnej analizy założono 100 %, 75 %, 50 % i 25 %, do dalszych interpretacji przyjęto 50 %.

Dla powyższych założeń sporządzono zależność wysokości strefy odżelaziania od prędkości filtracji.

Wykres 8. Zależność strefy odżelaziania od prędkości filtracji dla piasku chalcedonitowego

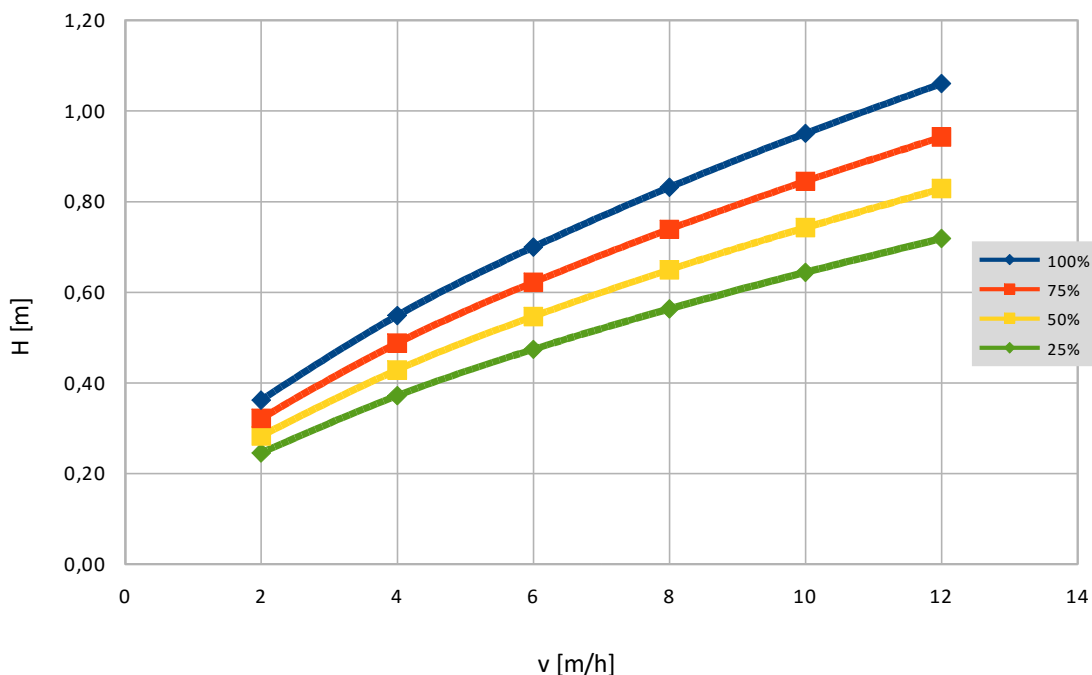


Tabela 9. Zestawienie wysokości złoża do odżelaziania (chalcedonit)

Prędkość filtracji	Wysokość warstwy odżelaziania		Wysokość warstwy podtrzymującej	Wysokość materiału filtracyjnego		Wysokość płaszczu	
	Kwarc	Chalcedonit		Kwarc	Chalcedonit	Kwarc	Chalcedonit
[m/h]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm]
4	0,57	0,43	0,20	0,77	0,63	1 500	1 500
6	0,73	0,55	0,20	0,93	0,75	1 500	1 500
8	0,87	0,65	0,20	1,07	0,85	1 500	1 500
10	0,99	0,74	0,20	1,19	0,94	1 500	1 500
12	1,10	0,83	0,20	1,30	1,03	1 500	1 500

Dla wydajności SUW Lubasz równej 81 m<sup>3</sup>/h (zgodnie z pozwoleniem wodno-prawnym) oraz prędkości filtracji 8 m/h powierzchnia filtracji wyniesie:

$$A_f = 81/8 = 10,1 \text{ m}^2.$$

Dla wydajności SUW Lubasz równej 67 m<sup>3</sup>/h (zgodnie z rzeczywistymi maksymalnymi rozbiorami w okresie letnim) oraz prędkością filtracji 8 m/h powierzchnia filtracji wyniesie:

$$A_f = 67/8 = 8,4 \text{ m}^2.$$

Przy zastosowaniu jednostek filtracyjnych o średnicy DN 1600 ilość filtrów wyniesie:

$$i_f = 10,1/2,01 = 5 \text{ szt.}$$

Rzeczywista powierzchnia filtracji przy zastosowaniu 5 sztuk filtrów wyniesie:

$$A_{f-rz} = 2,01 * 5 = 10,05 \text{ m}^2.$$

Prędkość filtracji dla wydajności SUW wynoszącej 81 m<sup>3</sup>/h wyniesie:

$$v_{f-rz} = 81/10 = 8,1 \text{ m/h}.$$

Dla wyznaczonej maksymalnej prędkości filtracji wysokość strefy odżelaziania wyniesie:

$$H_{Fe} = 0,65 \text{ m}.$$

Skorygowana (o wartość wysokości warstwy podtrzymującej oraz wysokość warstwy odmanganiącej wynoszącej 0,3 m) wysokość złoża wyniesie zatem  $0,65 + 0,2 + 0,3 = 1,15$  m. Natomiast po uwzględnieniu ekspansji złoża podczas procesu płukania wysokość płaszcza filtra wyniesie 1,5 m.

Dobrano filtr ciśnieniowy o następujących parametrach technicznych:

- średnica: 1600 mm,
- ilość: 5 szt.,
- jednostkowa powierzchnia filtracji:  $A_f = 2,01 \text{ m}^2$ ,
- wykonanie: filtry ciśnieniowe pionowe,
- wysokość części płaszczonej:  $H = 1500 \text{ mm}$ ,
- całkowita wysokość filtra: 3005 mm,
- włazy rewizyjne:
  - zasypowy, górny: 320/420 mm,
  - boczny: DN 400 – na windzie,
  - dolny: DN 400 – na zawiasach,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 150,
- wpięcie wody napowietrzonej: w płacu filtra,
- wpięcie wody uzdatnionej: w dennicy filtra,
- dno drenażowe: płaskie, grzybkowe – grzybki z długą nóżką, ze szczeliną podłużną, pozwalającą równomiernie rozprowadzić medium płuczące po całym dnie drenażowym; nie dopuszcza się zmian na inny typ konstrukcji dna drenażowego (optymalnie – wzmacniane)
- powietrze do płukania będzie wprowadzone oddzielnym króćcem bezpośrednio pod dennicę filtra – DN 65.

Dodatkowo projektuje się wzierniki umożliwiające kontrolę poziomu złoża filtracyjnego, umieszczone na wysokości złoża filtracyjnego.

Dobór króćców przeprowadzono w oparciu o wymagania płukania filtrów. Przepływ wody płuczającej dla dobranych jednostek wynosi  $12 \text{ L/s} \cdot \text{m}^2$ , co odpowiada przepływowi wody równemu:

$$Q_p = 12 * 2,01 * 3,6 = 86,8 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Prędkość przepływu wody dla instalacji płuczającej nie powinna przekraczać 2,0 m/s, dobrano 1,5 m/s, stąd średnica rurociągu wynosi:



$$D = [(4 * 86,8) / (\pi * 1,5 * 3600)]^{0,5} = 143,1 \text{ mm.}$$

Dobrano króćce wlotowe i wylotowe z filtra o średnicy DN 150 (168,3 x 2,0 mm, wewn. 164,3 mm).

Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody płuczącej:

$$v = (4 * 86,8) / (\pi * 0,1643^2 * 3600) = 1,1 \text{ m/s.}$$

W wykonaniu standardowym wszystkie elementy filtra ciśnieniowego (płaszcz, dna wypukłe, włazy, króćce itp.) wykonane są ze stali nierdzewnych – atestowanych. Ciśnienie dopuszczalne PS = 6 bar oraz temperatura dopuszczalna TS = 50 stop. C nie może być przekroczone podczas eksploatacji filtra.

Filtr zabezpieczony jest antykorozyjnie poprzez malowanie: od wewnątrz żywicą poliestrową z atestem PZH na kontakt z wodą pitną, na zewnątrz uniwersalną farbą do ochrony czasowej. Producent dopuszcza zastosowanie innych zestawów lakierniczych wewnętrznych (np. żywice epoksydowe) oraz wykonanie z malowaniem zewnętrznym nawierzchniowym (np. zestawem farb poliuretanowych) – na specjalne życzenie klienta.

Należy dostarczyć filtry z zabezpieczeniem farbą chlorokauczukową lub poliwinylową w kolorze niebieskim. Dopuszcza się malowanie na miejscu, przy zachowaniu wszystkich zasad bezpieczeństwa oraz odpowiednich warunków technicznych dla utrzymania odpowiedniej jakości powłok malarskich.

Układ filtracyjny jest płytowy, wykonany w postaci płaskiego dna wewnętrznego, w które wkręcone są sączki (dysze) filtracyjne w układzie trójkątnym. W standardzie stosowane są dysze z tworzywa sztucznego PP ze szczeliną filtracyjną o szerokości  $s = 0,2 \text{ mm}$ . Należy zastosować dysze z długą nóżką, umożliwiającą płukanie wodą oraz powietrzem. Filtr wyposażony jest w dodatkowy wąż, umożliwiający rewizję wewnętrzną pod płytą filtracyjną – wąż boczny, który należy wykonać na tzw. windzie (wysięgniku).

Warstwę podtrzymującą należy zasypywać ręcznie! Złoże zasypywać na mokro, zalewając wodą i wyrównując poziom złożeń filtracyjnych względem podanych założeń.

Po zasypaniu każdej z warstw filtracyjnych należy je wypłukać oraz zdezynfekować, zgodnie z procedurami obowiązującymi w Zakładzie.

Filtry wypełnione będą następującym złożem filtracyjnym:

- warstwa podtrzymująca I (złoże kwarcowe): o uziarnieniu  $4,0 \div 8,0 \text{ mm}$  i wysokości  $0,1 \text{ m}$ ,
- warstwa podtrzymująca II (złoże kwarcowe): o uziarnieniu  $2,0 \div 4,0 \text{ mm}$  i wysokości  $0,1 \text{ m}$ ,
- właściwa warstwa filtracyjna (złoże katalityczne): o uziarnieniu  $1,0 \div 3,0 \text{ mm}$  i wysokości  $0,3 \text{ m}$ ,
- właściwa warstwa filtracyjna (złoże chalcedonitowe): o uziarnieniu  $0,8 \div 2,0 \text{ mm}$  i wysokości  $0,65 \text{ m}$ .

UWAGA! Wykonawca jest zobowiązany pozostawić z zasypu każdego filtra  $1,0 \text{ L}$  każdej zastosowanej warstwy filtracyjnej i przekazać ją Zamawiającemu.

Objętość złożeń niezbędna do zasypiania trzech filtrów została zestawiona w poniższej tabeli nr 10.

Tabela 10. Zestawienie ilości złoży wykorzystanego do zasypania filtrów

Złoże filtracyjne	Uziarnienie [mm]	Gęstość nasypowa [t/m <sup>3</sup> ]	Objętość złoży na jeden filtr [m <sup>3</sup> ]	Objętość złoży napięć filtrów [m <sup>3</sup> ]	Przybliżona masa złoży [t]
kwarc	4,0 ÷ 8,0	1,65	0,20	1,00	1,66
kwarc	2,0 ÷ 4,0	1,65	0,20	1,00	1,66
katalityczne	1,0 ÷ 3,0	2,60	0,60	3,01	7,84
chalcedonit	0,8 ÷ 2,0	1,10	1,31	6,53	7,18

Prędkości filtracji wpływać będą bezpośrednio na długość cyklu filtracyjnego i częstotliwość płukania złoży filtracyjnych. Wstępnie długości cyklu filtracyjnego wyznaczono względem ilości wody przefiltrowanej przez filtry. Parametrem bezpośrednio decydującym o długości cyklu filtracyjnego jest pojemność masowa złoży filtracyjnych. W zależności od dobraneo złoży filtracyjnego możliwe jest utrzymanie określonej częstotliwości płukania filtrów.

Do wyznaczenia ilości m<sup>3</sup> wody, jaką można przefiltrować przez jeden filtr w jednym cyklu, wykorzystano następujące dane:

- pojemność masowa chalcedonitu: 2200 g/m<sup>2</sup>,
- zawartość żelaza w wodzie surowej: 1,88 mgFe/L.

Ilości m<sup>3</sup> wody wyniesie zatem:

$$V = (PM \cdot A_f) / (c_{Fe} \cdot 1,9) \text{ [m}^3\text{]},$$

$$V = (2200 \cdot 10) / (1,88 \cdot 1,9) = 6189 \text{ m}^3.$$

Wyznaczona objętość wody jest bezpośrednią wytyczną inicjującą lub wspomagającą inicjację ręczną procesu płukania filtra. Objętość ta będzie stanowiła podstawę do decyzji o płukaniu filtrów.

To czy będą płukane jednocześnie jeden czy trzy filtry będzie przedmiotem odpowiednich prac rozruchowych.

Całe orurowanie filtrów, należy wykonać ze stali nierdzewnej AISI 316/316 L, zgodnie z rysunkami technicznymi.

Orurowanie filtrów dobrano w oparciu o prędkość przepływu równą 1,0 ÷ 2,0 m/s – w zależności od typu rurociągu, przy zachowaniu warunku prędkości minimalnej wynoszącej 0,3 m/s.

Orurowanie pojedynczego filtra stanowić będą:

- rurociąg doprowadzający wodę napowietrzoną o średnicy 76,1 x 2,0 mm (wewn. 72,1 mm), stal nierdzewna DN 65,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną o średnicy 76,1 x 2,0 mm (wewn. 72,1 mm), stal nierdzewna DN 65,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania o średnicy 168,3 x 2,0 mm (wewn. 164,3 mm), stal nierdzewna DN 150,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania o średnicy 60,3 x 2,0 mm (wewn. 56,3 mm), stal nierdzewna DN 50,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny o średnicy 168,3 x 2,0 mm (wewn. 164,3 mm), stal nierdzewna DN 150
- spust pierwszego filtratu o średnicy 168,3 x 2,0 mm (wewn. 164,3 mm), stal nierdzewna DN 150,

- rurociąg odpowietrzający (ręczne odpowietrzenie filtrów) o średnicy G 1",
- rurociąg spustu zerowego z filtra o średnicy 48,3 x 2,0 mm (wewn. 44,3 mm), stal nierdzewna DN 40.

Poszczególne odcinki orurowania międzyfiltrowego z rurociągów ze stali nierdzewnej AISI 316/316 L, wody napowietrzanej i uzdatnionej należy stopniować (zmieniać ich średnice) w miejscu wskazanym na rysunkach. Przewiduje się następujące średnice rurociągów pośrednich wody napowietrzanej i uzdatnionej:

- rurociąg pośredni: doprowadzenie wody na pięć filtrów o średnicy 168,3 x 2,0 (wewn. 164,3 mm), stal nierdzewna DN 150,
- rurociąg pośredni: doprowadzenie wody na cztery filtry o średnicy 139,7 x 2,0 (wewn. 135,7 mm), stal nierdzewna DN 125,
- rurociąg pośredni: doprowadzenie wody na trzy filtry o średnicy 139,7 x 2,0 (wewn. 135,7 mm), stal nierdzewna DN 125,
- rurociąg pośredni: doprowadzenie wody na dwa filtry o średnicy 114,3 x 2,0 (wewn. 110,3 mm), stal nierdzewna DN 100,

Filtry sterowane będą automatycznie, natomiast armaturę na poszczególnych rurociągach orurowania filtrów stanowić będą:

- rurociąg doprowadzający wodę napowietrzoną na każdy filtr: przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym dwustronnego działania – zamknij/otwórz, z czasem zamykania i otwierania ok. 2 ÷ 5 sek., montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 65,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną z każdego filtra: przepustnica z napędem pneumatycznym, regulacyjnym dwustronnego działania, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 65,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania: przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym dwustronnego działania – zamknij/otwórz, z czasem zamykania i otwierania ok. 2 ÷ 5 sek., montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania: przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym dwustronnego działania – zamknij/otwórz, z czasem zamykania i otwierania ok. 2 ÷ 5 sek., montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 50,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny: przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym dwustronnego działania – zamknij/otwórz, z czasem zamykania i otwierania ok. 2 ÷ 5 sek., montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150,
- rurociąg spustu pierwszego filtratu (połączony z rurociągiem odprowadzającym popłuczyny): przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym dwustronnego działania – zamknij/otwórz, z czasem zamykania i otwierania ok. 2 ÷ 5 sek., montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150.

Dodatkowo wprowadza się następujące przepustnice z napędem ręcznym:

- przepustnica na rurociągu spustu pierwszego filtratu z przekładnią ślimakową: DN 150,
- przepustnica na rurociągu odprowadzającym wodę uzdatnioną z przekładnią ślimakową: DN 65,
- zawór kulowy na rurociągu spustu zerowego: DN 40.

Napędy oraz samo sterowanie powinny zostać dobrane w ten sposób, by nie następowało ich przesterowywanie w stanach awaryjnych – tj. np. w przypadku braku zasilania czy też obniżeniu ciśnienia powietrza zasilającego układ napędowy.

Dodatkowe wyposażenie filtra stanowić będzie odpowietrzenie ręczne, które będzie uchylane w razie konieczności oraz kontrolnie w celu sprawdzenia stopnia zapowietrzenia filtrów. Odpowietrzenie ręczne stanowić będzie rurociąg ze stali nierdzewnej o średnicy G 1" z zamontowanym zaworem kulowym o średnicy G 1". Rurociąg odpowietrzający zostanie włączony do rurociągu odprowadzającego wody popłuczne z przerwą powietrzną umożliwiającą podgląd odprowadzanych wód z odpowietrzenia ręcznego filtra.

Niezależnie od odpowietrzenia ręcznego należy zamontować odpowietrzniki automatyczne – w postaci zaworów odpowietrzających – napowietrzających (umożliwiających zasysanie powietrza przy spuszczeniu wody znad złoża w pierwszej fazie płukania filtra).

Dodatkowo na odpowietrzeniu ręcznym należy zamontować elektrozawór, który będzie upuszczał powietrze w pierwszym etapie procesu płukania, celem całkowitego usunięcia gazów z filtra przed procesem płukania – co zostanie dookreślone w części poświęconej proponowanemu algorytmowi płukania filtrów.

Rurociągi należy posadowić na podporach systemowych, stosując rozstaw zgodny z wytycznymi producenta rurociągów. Zaleca się w miarę możliwości prowadzenie rurociągów po ścianach.

Rurociąg wód popłucznych – odprowadzający popłuczyny do studzienki kanalizacyjnej a następnie do kanalizacji – zgodnie z rysunkami technicznymi.

Na rurociągach projektuje się kurek probierczy (zawór kulowy) do poboru prób do badań technologicznych. Kurki o średnicy 1/2".

Projektuje się instalację poboru prób do analizy:

- wszystkie miejsca, z których pobierane będą próby do analizy, wyprowadzić przewodami o średnicy 1/2" do jednego wspólnego miejsca probierczego, zlokalizowanego na ścianie hali filtrów, na której zostanie zamontowany również zlew,
- wyprowadzenie rurkami o średnicy 1/2" zakończonymi kurkami probierczymi o średnicy 1/2" do wymienionego zlewu.

W ten sposób należy podłączyć przede wszystkim:

- wodę surową,
- wodę napowietrzoną,
- wodę po każdym filtrze technicznym (przefiltrowaną),
- wodę uzdatnioną, kierowaną do sieci wodociągowej,
- wodę popłuczną.

Lokalizacja kurków w jednym miejscu, po odpowiednim oznaczeniu każdego przewodu, umożliwia sprawny pobór wody oraz zabezpiecza przed rozlewaniem się wody na posadzkę, która dalej rurociągiem spustowym kierowana jest do osadnika wód popłucznych.

### **Opomiarowanie filtrów w trakcie pracy oraz sterowanie filtrów**

Filtry opomiarowane będą w zakresie:

- przepływu wody uzdatnionej,
- ciśnienia na wodzie napowietrzonej i uzdatnionej (wspólny pomiar przed wszystkimi filtrami i po wszystkich filtrach),

- mętności po filtracji (jeden mętnościomierz na 5 filtrów z możliwością przełączania na wodę zbiorczą lub na każdy z filtrów oddzielnie).

Dodatkowe parametry mierzone w trakcie pracy filtrów:

- czas pracy od ostatniego płukania,
- objętość przefiltrowanej wody przez złożę filtracyjne.

Przepływ wody uzdatnionej po każdym filtrze mierzony będzie za pomocą przepływomierza o następujących parametrach technicznych:

- średnica: DN 65,
- zasilanie: 230 VAC, 50 Hz,
- dokładność pomiaru: 0,5 %,
- zakres pomiarowy: 0,01 ÷ 10,0 m/s,
- wykonanie: materiały posiadające atesty PZH.

Odczyt przepływu będzie widniał na tablicy skrzynki, montowanej tuż przy filtrach.

### **Pomiar ciśnienia wody w układzie filtracji**

Ze względu na fakt, że projektowany układ filtrów stanowi zestaw pracujący równolegle, pomiar ciśnienia ograniczony zostanie do punktu przed i po filtracji. Do pomiaru ciśnienia wykorzystane zostaną następujące czujniki:

- zakres pomiarowy: 0 ÷ 6 bar,
- wyjście prądowe: 4 ÷ 20 mA,
- przyłącze technologiczne: ½".

Pomiar ciśnienia przed i po filtracji będzie podstawą do określenia całkowitych strat ciśnienia w układzie filtracji i na tej podstawie do oceny długości cyklu filtracyjnego oraz inicjacji procesu płukania filtrów ciśnieniowych. Ciśnienie przetworzone na impuls prądowy będzie podawane do układu kontrolno – sterującego, przetwarzane na wartość ciśnienia podawanego w mH<sub>2</sub>O i przeliczane na różnicę ciśnień (stratę ciśnienia) wyświetlaną bezpośrednio na obiekcie.

### **Sterowanie pracą filtrów**

Odczyt przepływu wody przez poszczególne filtry będzie podstawą wyrównywania rozdziału wody pomiędzy pozostałymi filtrami. Różnice przepływu będą wyrównywane automatycznie z wykorzystaniem przepustnic z napędami regulacyjnymi. Dodatkowo, dzięki montażu przepustnicy z napędem ręcznym dopuszcza się możliwość regulacji przez operatora Stacji Uzdatniania Wody, który będzie otwierał bądź przymykał przepustnicę sterowaną ręcznie, zamontowaną na rurociągu wody uzdatnionej w przypadku awarii sterowania automatycznego.

Ręczne sterowanie ma na celu przede wszystkim wyrównywanie skrajnych obciążeń filtrów, wynikających z uwarunkowań konstrukcyjnych, hydraulicznych i czysto technologicznych. Ręczne sterowanie tego procesu pozwala również obserwować zmiany, wyciągać wnioski oraz reagować w ramach zasad technologicznych sterowania pracą filtrów określonych na etapie rozruchu.

Generalnie przy prawidłowo zaprojektowanej technologii uzdatniania wody, zwłaszcza w odniesieniu do orurowania oraz wypełnienia filtrów, nie należy się spodziewać problemów z rozkładem wody na poszczególne filtry. Delikatne różnice będą właśnie korygowane opisanym systemem.

---

### **Sterowanie poszczególnymi przepustnicami**

Sterowanie przepustnicami z napędem pneumatycznym (normalnie zamkniętymi) odbywać się będzie w dwojaki sposób:

- automatycznie: zgodnie z programem sterowania pracą filtrów i ich płukaniem,
- ręcznie: z wysp zaworowych/skrzynek sterowniczych, w sytuacji awaryjnej związanej z indywidualną pracą każdego z filtrów ciśnieniowych, zlokalizowanych tuż przy każdym filtrze ciśnieniowym.

Przejsie na płukanie ręczne odbywać się będzie tylko na SUW.

Każda z przepustnic musi mieć możliwość sterowania ręcznego i automatycznego. Nastawa sposobu pracy przepustnicy – na wyspach zaworowych/skrzynek sterujących, zlokalizowanych bezpośrednio przy każdym z filtrów ciśnieniowych. Na skrzynkach znajdzie się również odczyt z przepływomierza, umożliwiający bezpośrednią nastawę filtrów (zgodnie z przedstawionymi wcześniej informacjami).

**UWAGA!** Na etapie opracowania projektu realizacyjnego automatyzacji SUW przez Wykonawcę należy dobrać napędy i sposób ich sterowania, przy założeniu, że napędy nie powinny zmieniać położenia przepustnic w sytuacji spadku ciśnienia (napędy pneumatyczne) czy też zasilania elektrycznego SUW.

### **Płukanie filtrów**

Płukanie filtrów będzie odbywać się automatycznie, przy czym sterownik musi posiadać możliwość ręcznej inicjalizacji płukania przez Operatora.

Decyzja o płukaniu filtra będzie podejmowana przez operatora na podstawie danych technologicznych, opracowanych na etapie rozruchu SUW. Wspomagające odczyty, pozwalające podjąć decyzję o płukaniu filtra:

- czas pracy od ostatniego płukania (wizualizowany w centralnej sterowni),
- ilość m<sup>3</sup> przefiltrowanej wody przez poszczególne filtry: zgodnie z odczytem na podstawie zamontowanych przepływomierzy po poszczególnych filtrach, ustalony szczegółowo na etapie rozruchu technologicznego Stacji Uzdatniania Wody,
- strata ciśnienia liczona jako różnica pomiędzy odczytem ciśnienia na rurociągu wody uzdatnionej oraz rurociągu wody surowej.

Po analizie wszystkich wymienionych wyżej parametrów procesowych zostanie podjęta decyzja o płukaniu filtrów. Parametry decydujące zostaną dokładnie określone na rozruchu Stacji Uzdatniania Wody oraz w czasie trwania wstępnej eksploatacji.

Parametrem technologicznym limitującym długość cyklu filtracyjnego będzie:

- pojemność masowa złoża na zawiesinę żelazową,
- stężenie żelaza w wodzie uzdatnionej oraz zawartość zawiesiny w wodzie uzdatnionej po filtrach – mierzona mętnościomierzem.

Filtry będą płukane kolejno – na podstawie opracowanego harmonogramu. Zgodnie z wstępnym programem sterującym, inicjacja procesu płukania odbywać się będzie ręcznie, ale samo płukanie już w trybie kaskadowym.

Jeśli płukanie odbywać się będzie w automacie, wówczas inicjacja procesu płukania będzie równała się z płukaniem wszystkich filtrów w określonej kolejności, zależnej od ustalonego programu, sterującego całym procesem.

W przypadku przejścia na ręczny proces płukania możliwe będzie tylko i wyłącznie ręczne płukanie filtrów w dowolnej kolejności, co nie będzie wpływać na skasowanie licznika objętości wody bądź czasu między płukaniem (czas ten będzie dalej liczony, co spowoduje płukanie filtra wcześniej wypłukanego ręcznie, nawet jeśli czas ten będzie się różnił

---

nieznacznie).

Złoże filtracyjne płukane będzie rozdzielnie wodą i powietrzem. Skuteczne płukanie złoża filtracyjnego uzyskuje się przy intensywności płukania powietrzem w granicach  $13 \div 17 \text{ L/m}^2\text{s}$ . Odpowiada to wydajności urządzenia do płukania powietrzem na poziomie:

$$Q_p = (13 \div 17) * 2,01 * 3,6 = 94,1 \div 123,0 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do płukania dobrano dmuchawę o następujących parametrach technicznych:

- wydajność maksymalna:  $1,85 \text{ m}^3/\text{min} = 111 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- częstotliwość: 50 Hz,
- ciśnienie powietrza: 0,8 bar,
- moc: 5,8 kW,
- poziom dźwięku: 81 dB(A),
- średnica przyłącza: DN 80,

Dobrano 1 urządzenie, ponieważ w razie awarii dmuchawa może być chwilowo zastąpiona poprzez samo płukanie wodą, nie dłużej jednak niż przez trzy kolejne cykle.

Przy wydajności  $111 \text{ m}^3/\text{h}$  rzeczywista intensywność płukania powietrzem wynosi:

$$i_{rz} = 111/(2,01 * 3,6) = 15,3 \text{ L/m}^2\text{s}.$$

Średnica rurociągu do płukania filtrów powietrzem została dobrana przy uwzględnieniu prędkości przepływu powietrza na poziomie 10 m/s, stąd średnica ta wyniesie:

$$D = [(4 * 111)/(\pi * 10 * 3600)]^{0,5} * 1000 = 62,7 \text{ mm}.$$

Rurociąg do płukania powietrzem należy wykonać ze stali nierdzewnej o średnicy DN 50 (60,3 x 2,0 mm, wewn. 56,3 mm) o gatunku AISI 316/316 L. Będzie on wpięty do każdego filtra indywidualnie i odcięty przepustnicą z napędem pneumatycznym, montowaną międzykołnierzowo.

Rurociąg powietrza do płukania filtrów zostanie wykonany z przewyższeniem (zgodnie z rysunkami technicznymi), zabezpieczającym przed zalaniem dmuchawy wodą z filtrów. Rurociąg zostanie włączony do filtra dodatkowym króćcem, w dennicy filtra.

Dodatkowe zabezpieczenie stanowić będzie:

- zawór zwrotny zamontowany na rurociągu powietrza, dobrano zawór zwrotny o następujących parametrach technicznych:
  - średnica: DN 50,
  - zawór do wody czystej oraz powietrza (gazu),
- przepustnica na doprowadzeniu powietrza do filtrów,
- na wprowadzeniu powietrza do każdego filtra dodatkowy zawór zwrotny

Na rurociągu tłocznym dmuchawy płuczającej projektuje się rotametr do oceny:

- faktycznej ilości tłoczonego powietrza do płukania filtrów,
  - stopnia zużycia technicznego dmuchawy, ocenianego przez spadek wydajności dmuchawy do płukania filtrów,
  - kolmatacji złoża filtracyjnego, ocenianego poprzez spadek wydajności dmuchawy do płukania filtrów.
-

Dobrano rotametr o następujących parametrach technicznych:

- ciśnienie pracy: 1 bar,
- wydajność:  $30 \div 280 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- średnica: DN 50,
- długość: 350 mm,
- ilość: 1 szt.

Rotametr należy zamontować na by'pasie umożliwiającym:

- regulację przepływu powietrza,
- odcięcie rotametru na wypadek jego uszkodzenia i demontażu, przy zachowaniu możliwości płukania filtrów.

Montując urządzenie równoważne do pomiaru ilości powietrza kierowanego do procesu płukania należy wziąć pod uwagę ciśnienie pracy. Rotametr musi zostać dobrany precyzyjnie. Dobór rotametru pracującego na inne niż faktycznie występujące ciśnienie będzie skutkował błędami wskazań i tym samym błędami w interpretacji stanu faktycznego.

Przed rotametrem zamontowana będzie przepustnica z napędem ręcznym, międzykołnierzowa, z dyskiem stalowym (stal nierdzewna) o średnicy DN 50 – do dostawiania rzeczywistego strumienia powietrza.

Automatyzacja pracy dmuchawy obejmować będzie następujące elementy:

- pracę dmuchawy w następujących stanach: postój, praca „na sztywno”, praca w automacie,
- miękki rozruch,
- pomiar stanu pracy dmuchawy, czasu pracy (licznik motogodzin) oraz pobieranego prądu podczas pracy,
- wszystkie wymienione parametry wizualizowane w sterowni.

Skuteczne płukanie złoża filtracyjnego wodą uzyskuje się przy intensywności płukania w granicach  $12 \div 15 \text{ L/m}^2\text{s}$ . Odpowiada to wydajności pompy płuczącej na poziomie:

$$Q_w = (12 \div 15) * 2,01 * 3,6 = 86,8 \div 108,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do płukania wodą wykorzystana będzie woda uzdatniona zgromadzona w istniejących oraz w projektowanych zbiornikach stalowych wybudowanych na terenie SUW.

W trakcie jednego cyklu płukania filtrów szacunkowa ilość wody przy założeniu 10 min. płukania wyniesie:

- objętość wody do płukania jednego filtra:  $V = 100 \text{ m}^3/\text{h} * 10/60 = 16,67 \text{ m}^3$ ,
- objętość wody do płukania czterech filtrów:  $V = 4 * 16,67 = 66,68 \text{ m}^3$ .

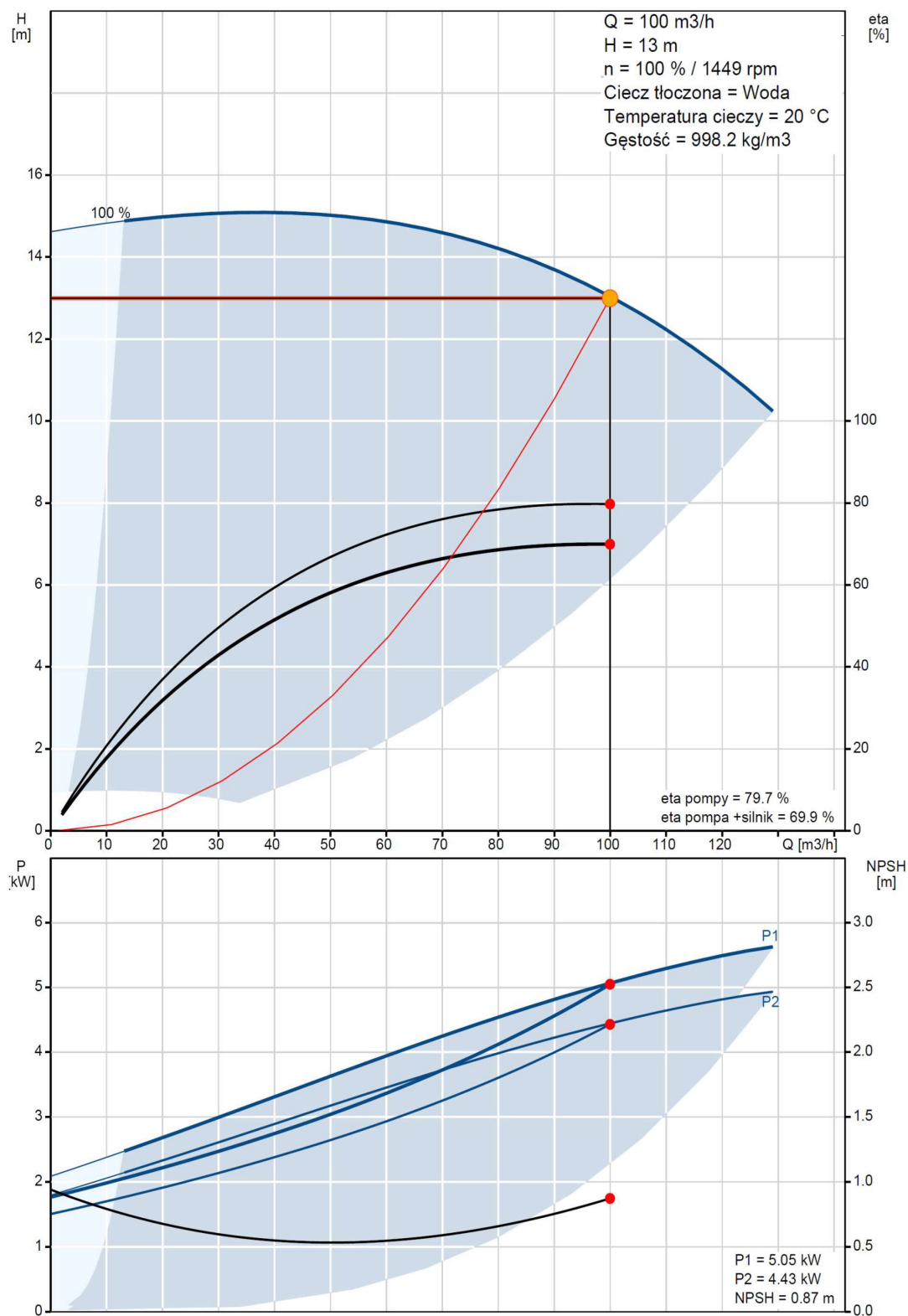
Do płukania dobrano pompę o następujących parametrach technicznych:

- wydajność pompy:  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
  - wysokość podnoszenia pompy: ok. 13 mH<sub>2</sub>O (płukanie ze zbiornika retencyjnego),
  - ilość: 2 szt.,
  - moc pompy: 5,5 kW,
  - króciec ssawny: DN 100,
  - króciec tłoczny: DN 80.
-



Na poniższym wykresie przedstawiono charakterystykę pracy pompy płuczającej.

Wykres 9. Charakterystyka pompy do płukania filtrów na SUW Lubasz



Rurociąg tłoczny wody do płukania filtrów DN 150 (168,3 x 2,0 mm, wewn. 164,3 mm), PN 16 – wykonany ze stali nierdzewnej.

Prędkość przepływu wody dla instalacji płuczającej nie powinna przekraczać 2,0 m/s. Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu:

$$v = (4 * 100) / (\pi * 0,1643^2 * 3600) = 1,3 \text{ m/s.}$$

Pompa będzie uruchamiana z zastosowaniem softstartu celem maksymalnego ograniczenia do minimum uderzenia hydraulicznego wody w trakcie wstępnej fazy płukania filtrów.

Dodatkowa armatura pompy płuczającej:

- na rurociągu ssawnym: przepustnica odcinająca o średnicy DN 150 i kompensator o średnicy DN 150,
- na rurociągu tłocznym: przepustnica odcinająca o średnicy DN 150, zawór zwrotny montowany międzykołnierzowo o średnicy DN 150 oraz kompensator o średnicy DN 150 – montowane w kolejności od pompy: zawór, kompensator, przepustnica.

Dodatkowy osprzęt pompy płuczającej (układ płukania filtrów wodą):

- czujnik ciśnienia zamontowany na jednym króćcu wraz z manometrem,
- przepływomierz na rurociągu wody do płukania o średnicy DN 150.

#### *Dane techniczne zastosowanych urządzeń pomiarowych*

Ciśnieniomierz:

- zakres pomiarowy: 0 ÷ 6 bar,
- wyjście prądowe: 4 ÷ 29 mA,
- przyłącze technologiczne: G ½”.

Ciśnienie wizualizowane będzie bezpośrednio na Stacji Uzdatniania Wody – na tablicy sterowni.

Manometr tarczowy (kontrolny) dla czujnika automatycznego ciśnienia:

- średnica tarczy: 100 mm,
- przyłącze (mosiądz): G ½”,
- oprawa: stal nierdzewna,
- klasa dokładności: 1,6,
- wypełnienie antywstrząsowe: gliceryna,
- zakres pomiarowy: 0 ÷ 6 bar,
- działka: 0,1 bar.

Parametry mierzone oraz wizualizowane w sterowni w odniesieniu do pompy płuczającej:

- stan pracy pompy: postój, praca „na sztywno”, praca w automacie,
- czas pracy pompy (licznik motogodzin) oraz pobierany prąd podczas pracy pompy,
- przepływ wody,
- pompa płuczająca będzie pracowała z miękkim rozruchem.

W trakcie jednego cyklu płukania szacunkowa ilość odprowadzanych wód przy założeniu 10 min. płukania wodą (popłuczyny + wody spustowe) wyniesie:

- objętość popłuczyn w trakcie jednego płukania:  $V = 100 \text{ m}^3/\text{h} * (10/60) = 16,7 \text{ m}^3$ ,
- objętość wody spuszczonej z złoża filtracyjnego: przyjęto wysokość wody równą

- ok. 49 cm, co daje objętość  $V = 0,35 \cdot 2,01 = 0,7 \text{ m}^3$ ,
- objętość wody spuszczonej podczas spustu pierwszego filtratu: przyjęto na poziomie jednej objętości złoża filtracyjnego, czyli ok.  $V = 1,15 \cdot 2,01 = 2,31 \text{ m}^3$ .

Całkowita/maksymalna ilość popłuczyn z płukania jednego filtra wyniesie zatem ok.:

$$V_c = 16,7 + 0,7 + 2,31 = 19,7 \text{ m}^3.$$

Natomiast ilość popłuczyn z płukania pięciu filtrów wyniesie ok.:

$$V = 98,4 \text{ m}^3.$$

Sposób zagospodarowania popłuczyn zostanie przedstawiony w dalszej części opracowania.

Uwzględniając wszystkie powyższe aspekty, proces płukania będzie przebiegał zgodnie z poniższym harmonogramem (uwzględniającym wszystkie warunki, jakie muszą być spełnione w zakresie poziomów wody w zbiornikach czy to na popłuczyny, czy też zbiorniku retencyjnym).

**UWAGA!** Poniższy algorytm odnosi się do płukania automatycznego filtrów, nie uwzględnia on płukania ręcznego (inicjowanego ręcznie). Harmonogram powinien być szczegółowo przeanalizowany na etapie rozruchu SUW.

1. Inicjacja ręczna procesu płukania (na podstawie ilości przefiltrowanej wody).
  2. Przygotowanie do płukania filtra nr 1
  3. Sprawdzenie poziomu wody w zbiorniku: poziom wody w zbiorniku wody do płukania musi być wyższy niż poziom zabezpieczenia przed suchobiegiem. Jeśli nie będzie wyższy, wówczas informacja do dyspozytorni, że płukanie nie jest możliwe ze względu na zbyt niski poziom wody w zbiorniku. Wówczas, jeśli będzie to płukanie pierwszego filtra, wyłączenie procedury płukania i konieczność ponownej inicjacji. Natomiast jeśli warunek ten nie zostanie spełniony przy płukaniu kolejnego filtra, wówczas ponowne automatyczne sprawdzenie tego warunku – co godzinę, aż do spełnienia. Za każdym razem informacja w dyspozytorni zainicjowaniu płukania lub jego odłożeniu.
  4. Po spełnieniu warunku – umożliwienie płukania filtrów.
  5. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu wody uzdatnionej filtra nr 1
  6. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu wody napowietrzonej filtra nr 1
  7. Otwarcie przepustnicy (lub elektrozaworu) na odpowietrzeniu filtra celem spustu ewentualnie nagromadzonych, nie usuniętych w toku normalnej pracy gazów.
-

8. Otwarcie przepustnicy na rurociągu wód popłucznych filtra nr 1
  9. Otwarcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 1 (przepustnica równa przepustnicy spustu I filtratu).
  10. Spust wody znad złoża filtracyjnego w czasie dobranym na rozruchu (program musi mieć możliwość regulacji czasu spustu wody z filtra).
  11. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 1
  12. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtra nr 1 powietrzem.
  13. Załączenie dmuchawy do płukania filtrów.
  14. Płukanie filtra nr 1 powietrzem (przez czas ustalony na rozruchu, zmieniany w trakcie eksploatacji w zależności od potrzeb) – wstępnie przyjęto 2 min.
  15. Wyłączenie dmuchawy do płukania filtrów powietrzem.
  16. Zamknięcie przepustnicy do płukania filtrów powietrzem.
  17. Stabilizacja złoża (postój filtra, bez płukania) – przez czas ok. 5 min., w trakcie którego zachodzi odgazowanie złoża, przed płukaniem wodą.
  18. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtrów wodą.
  19. Załączenie pompy płuczającej.
  20. Płukanie filtra wodą przez czas ustalony na rozruchu, korygowany w trakcie eksploatacji SUW (wstępnie przyjęto czas ok. 10 min.).
  21. Wyłączenie pompy płuczającej po upływie czasu płukania.
  22. Zamknięcie przepustnicy sterowanej automatycznie na rurociągu wody do płukania filtra nr 1
  23. Zamknięcie przepustnicy odprowadzenia popłuczyn.
  24. Otwarcie przepustnicy doprowadzenia wody napowietrzanej na filtr nr 1
  25. Otwarcie przepustnicy na rurociągu odprowadzenia I filtratu (rurociąg spustu I filtratu).
  26. Spust I filtratu do kanału przez czas określony na rozruchu z wydajnością
-

dosterowaną przepustnicą ręczną.

27. Zamknięcie przepustnicy odprowadzającej I filtrat.
28. Otwarcie przepustnicy wody uzdatnionej.
29. Tryb filtracji.
30. Przejście do płukania kolejnego filtra.
31. Algorytm od punktu nr 3.
32. Po zakończeniu płukania ostatniego filtra – sygnał o wypłukaniu wszystkich filtrów.
33. Po wypłukaniu każdego filtra zerowanie zegara czasu pracy od ostatniego płukania oraz zegara objętości wody przefiltrowanej od ostatniego płukania.

#### **4.4. Odstojnik, gospodarka popłuczynami**

Na SUW Lubasz znajduje się odstojnik, który wykonany jest w formie zbiornika betonowego, prostokątnego o pojemności 30 m<sup>3</sup>:

Zgodnie z wytycznymi Inwestora obecny zbiornik na popłuczyny będzie poddany likwidacji, natomiast popłuczyny kierowane będą bezpośrednio do kanalizacji sanitarnej.

#### **4.5. Dezynfekcja wody**

Produkt handlowy występuje w dwóch rodzajach A i B, które różnią się zawartością NaOH. Zawartość chlorku aktywnego w gatunkach A i B wynosi min. 145 gCl<sub>2</sub>/L, natomiast zawartość NaOH wynosi 20 ÷ 30 g/L dla rodzaju A i 70 ÷ 90 g/L dla rodzaju B. Obecność NaOH zwiększa trwałość wodnego roztworu NaOCl. Do zastosowania wybrano produkt handlowy rodzaju B.

W wodzie chlorowanej powinno zostać 0,3 ÷ 0,5 gCl<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> w postaci wolnego chloru. Przyjmując, że zużycie na utlenienie substancji pozostałych nie będzie większe niż 0,5 mg/L (z uwagi na charakter jakościowy ujmowanego surowca) dawka chloru dla SUW Lubasz wynosi zatem:

$$D = 81 * (0,8 \div 1,0) = 64,8 \div 81 \text{ gCl}_2/\text{h},$$

Ilość zużytego podchlorynu sodu w ciągu godziny wyniesie:

$$V = (64,8 \div 81,0)/145 = 0,45 \div 0,56 \text{ L/h},$$

Maksymalne dobowe zużycie chloru (ilość litrów) wyniesie w tej sytuacji ok. 9 L. Przy założeniu, że roztwór podchlorynu sodu nie powinien być przechowywany dłużej niż 30 dni, projektuje się jedną beczkę na podchloryn sodu (do bezpośredniego chlorowania) o pojemności ok. 250 L.

Do dozowania wodnego roztworu NaOCl dobrano pompę dozującą o następujących parametrach technicznych:

- ilość: 1 szt.,
- max. wydajność: 2,5 L/h,
- ciśnienie maksymalne: 11 bar,
- max. częstotliwość skoku: 180 skok/min.,
- max. wysokość ssania podczas pracy: 6 m,
- max. wysokość ssania podczas zalewania z mokrymi zaworami: 1,8 m,
- max. lepkość cieczy przy zastosowaniu zaworów sprężynowych: 500 MPa,
- max. lepkość cieczy bez zastosowania zaworów sprężynowych: 200 MPa,
- max. temperatura cieczy: 50 stop. C,
- min. temperatura cieczy: 0 stop. C,
- max. temperatura otoczenia: 45 stop. C,
- min. temperatura otoczenia: 0 stop. C,
- max. błąd powtarzalności dawki:  $\pm 1$  %,
- masa: 2,3 kg,
- średnica membrany: 28 mm,
- poziom natężenia dźwięku: mniejszy od 70 dB(A).

Dobrano następujący osprzęt do pomp dozujących:

- elementy: zbiornik, mieszadło elektryczne, urządzenie do ekstrakcji, tłumik pulsacji (strona ssawna i strona tłoczna), zawór przelewowy, zawór ciśnieniowy, naczynie pomiarowe, zawór dozujący,
- dodatkowy osprzęt: zestaw montażowy, przewód elastyczny, zawór stopowy, zawór dozujący do cieczy gorących, zestaw ssący, czujnik poziomu, mieszadło ręczne, przepływomierz.

Zestaw montażowy zawiera następujące elementy:

- zawór stopowy z koszem i obciążnikiem,
- zawór dozujący, zwrotny, sprężynowy,
- 10 m przewodu tłocznego z PE,
- 2 m przewodu ssawnego z PVC,
- 2 m przewodu odpowietrzającego z PVC.

Średnice przewodu (wewn./zewn.):

- ssanie: 4/6 mm,
- tłoczenie: 4/6 mm,
- odpowietrzenie: 4/6 mm.

Przyłącze pompy wykonane z przewodu elastycznego o średnicy wewn./zewn.: 4/6 mm z PP.

Dobrano zbiornik wodnego roztworu NaOCl o następujących parametrach technicznych:

---

- wielkość: 250 L,
- ilość: 1 szt.,
- średnica zbiornika: D = 600mm,
- średnica otworu: d = 150 mm
- wysokość zbiornika: H = 1100 mm,

Zbiornik będzie stał na ramie o pojemności równej pojemności beczki z winiduru (odpornych na działanie chloru) przykrytych kratą wema z tworzywa sztucznego, odpornego na działanie chloru, co zabezpieczy przed przelaniem się podchlorynu.

Osprzęt do zbiornika:

- płyta montażowa,
- konsola do montażu na zbiorniku zaworu ciśnieniowego i zaworu przelewowego,
- mieszadło ręczne o długości wału 1000 mm z PVC,
- odgałęźnik strona tłoczna (z zaworem odcinającym i filtrem, do montażu na gwint w płaszcz zbiornika),
- zawór opróżniający R  $\frac{3}{4}$ , do montażu na gwint w płaszcz zbiornika,
- zawór wentylacyjny zbiornika,
- lejek do rozpuszczenia proszku.

Podchloryn będzie dozowany do rurociągów wody uzdatnionej przed zbiorniki wody czystej. Sterowanie dawką podchlorynu dozowanego do wody odbywać się będzie poprzez sprzężenie pompki dozującej z układem wodomierzy studziennych podających ilość m<sup>3</sup> wody surowej tłoczonych na SUW. Na każdy impuls ze sterownika, oznaczający przepływ określonej objętości wody surowej, pompka dozująca będzie wprowadzać określoną objętość dezynfektanta.

Na rurociągu tłocznym podchlorynu należy umieścić zaworki przełączeniowe, pozwalające doprowadzić podchloryn zarówno do zbiornika wyrównawczego, jak i rurociągów tłocznych na sieć wodociągową.

W zakresie automatyzacji systemu dozowania dezynfektanta przewiduje się:

- korelację dawki podchlorynu sodu względem ilości podawanej wody surowej lub uzdatnionej, mierzonych wodomierzem na rurociągu wody surowej lub uzdatnianej, sterowanie dawką podchlorynu odbywać się będzie na zasadzie przydzielenia odpowiedniej ilości impulsów (skoków pompki dozującej) na stałą objętość wody, zmiana nastawy tej dawki odbywać się będzie ręcznie bezpośrednio na wodociągu,
- sygnalizacja stanu pracy pompki dozującej w zakresie trzech podstawowych położań (z transmisją tych danych do centralnej sterowni): praca, postój, praca w automacie,
- sygnalizacja minimalnego poziomu podchlorynu sodu w beczce retencyjnej (z przesyłem tej informacji do sterowni).

Przełączanie pomiędzy poszczególnymi wariantami dozowania podchlorynu – ręcznie.

Podchloryn będzie dozowany wariantowo w następujące miejsca:

- przed zbiornik wody czystej (sterowanie względem przepływu wody surowej ze studni głębinowej),
  - (wariantowo) do rurociągu wody uzdatnionej (sterowanie względem przepływu wody uzdatnionej),
  - (wariantowo) do wody surowej (awaryjnie, sterowanie względem przepływu wody surowej).
-

Zmiana miejsca stosowania NaOCl – ręcznie: przesterowanie zaworu na nitce doprowadzającej podchloryn oraz zmiana miejsca dozowania na panelu sterowniczym.

Zestaw dozujący załączany będzie w przypadku przekroczenia poziomów bakteriologicznych.

#### **4.6. Zbiornik wody czystej, zestaw hydroforowy**

Woda uzdatniona po filtrach kierowana będzie rurociągiem o średnicy PE 160 x 9,5 (wewn. 141,0 mm), DN 150, PN 10 do zbiornika wody czystej. Na SUW Lubasz znajdują się obecnie 2 zbiorniki o następującej charakterystyce:

- Pojemność użytkowa zbiorników: 251,3 m<sup>3</sup>
- Pojemność na przetrzymanie zachlorowanej wody: 59,5 m<sup>3</sup>
- Pojemność sterowania: 31,8 m<sup>3</sup>
- Pojemność martwa: 41,33 m<sup>3</sup>
- Całkowita pojemność zbiornika: 383,93 m<sup>3</sup>

Projekt przewiduje zwiększenie retencji wody uzdatnionej poprzez zamontowanie trzech dodatkowych zbiorników o pojemności 100 m<sup>3</sup> każdy.

Projektuje się trzy zbiorniki na wodę czystą, stalowe, pionowe o następujących parametrach:

- typ: zbiornik pionowy, stalowy,
- pojemność: 100 m<sup>3</sup>,
- średnica nominalna: 4500 mm,
- średnica zewnętrzna z izolacją: 4740 mm,
- wysokość całkowita: 7300 mm,
- wysokość (przelew): 6100 mm,
- wysokość (tłoczenie): 6200 mm,
- wysokość płaszcza: 6300 mm,
- orientacyjna masa zbiornika z izolacją: 7400 kg,
- króciec tłoczny: DN 150,
- króciec spustowy: DN 150,
- króciec przelewowy: DN 150,
- króciec ssący: DN 200,
- króciec sondy pomiarowej: 1½",
- wąż rewizyjny w dachu: 500/600 mm,
- wąż rewizyjny w płaszczu: 600 mm,
- czujnik otwarcia zbiornika retencyjnego – czujnik indukcyjny alarmowy.

Na rurociągu stalowym, na wylocie wody do zbiornika należy zamontować przepustnicę o średnicy DN 150 z pływakiem regulującym dopływ wody do zbiornika. Wyposażenie wewnętrzne zbiornika:

- 2 czujniki poziomu typu cluwo (suchobieg, przelew),
- 1 czujnik hydrostatyczny obrazujący poziom wody w zbiorniku,

Fundament pod zbiornik wykonany zgodnie z wytycznymi producenta.

Rurociągi ciśnieniowe, prowadzone pod powierzchnią terenu (rurociągi międzyobiektowe) projektuje się z PE o odpowiedniej średnicy. Rurociągi pionowe – przyłączeniowe

---



do zbiornika, prowadzić ze stali. W miejscach wskazanych na rysunkach – przejście na PE. Rurociąg wody uzdatnionej z filtrów należy prowadzić poniżej granicy przemarzania.

Na doprowadzeniu wody uzdatnianej do zbiornika należy zamontować zasuwę montowaną międzykołnierzowo – typ krótki, DN 150, ze skrzynką uliczną wyprowadzoną na powierzchnię terenu, zabezpieczoną przed przesunięciem.

Na rurociągu wody ze zbiornika (rurociąg ssawny) również zasuwę – typ krótki, DN 200 ze skrzynką uliczną wyprowadzoną na powierzchnię terenu.

Dodatkowe uzbrojenie – zasuwę na spuszczeniu wody ze zbiornika, DN 150.

**UWAGA!** Nie projektuje się zasuw na rurociągu wody przelewowej. Rurociąg wody spustowej należy spiąć z rurociągiem wody przelewowej, za zasuwą spustu wody ze zbiornika – zgodnie z rysunkami technicznymi.

Rurociąg wody spustowej i przelewowej prowadzić rurociągiem PE o średnicy 150 mm, łączonym elektrooporowo, do istniejącej studzienki kanalizacyjnej K1 i dalej do sieci kanalizacyjnej – zgodnie z planem zagospodarowania terenu – sieci technologiczne.

W stacji zostanie zamontowany zestaw hydroforowy zapewniający prawidłową pracę stacji. Wymiany istniejącego zestawu na nowy dokona Gminny Zakład Komunalny Sp. z o.o. W Lubasz.

Parametry zestawu hydroforowego:

- ilość pomp: 5 szt.
- wydajność maks.:  $Q_{\max}=175 \text{ m}^3/\text{h}$
- wysokość podnoszenia:  $H_{\min}=40 \text{ m}$
- temperatura wody:  $T_{\text{Med}}= 5/60^{\circ}\text{C}$
- zasilanie elektryczne: 3x380–415V, 50-60Hz, PE
- Moc:  $P=7,5 \text{ kW}$