

1. Przedmiot i podstawa opracowania

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

Podstawę opracowania stanowią:

- zlecenie Zakładu Gospodarki Komunalnej i Usług Wodnych z Zagórowa,
- 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 29 marca 2007 roku wraz z nowelizacją z dnia 30 maja 2010 roku (Dz. U. Nr 61 poz. 417 ze zmianami),
- „Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych w kat. „B” z utworów czwartorzędowych – plejstoceniowych (1985 r.) dla wiejskiego wodociągu grupowego” opracowany przez Pracownię Hydrogeologiczną Maria Stępczak z czerwca 2003 roku,
- operat wodno – prawny na pobór wody podziemnej i odprowadzenie wód popłucznych z terenu ujęcia zlokalizowanego w miejscowości Kopojno, Gmina Zagórz, Powiat Słupski, Województwo Wielkopolskie z kwietnia 2004 roku,
- aktualna literatura przedmiotu,
- wyniki badań laboratoryjnych wody,
- wizja lokalna.

Opracowanie przeprowadzono w oparciu o istniejącą wiedzę technologiczną z zakresu uzdatniania wody, doświadczenia eksploatacyjne różnych Stacji Uzdatniania Wody w kraju, badania prowadzone przez amerykańskich naukowców, informacje techniczne producentów urządzeń oraz konsultacje naukowo – techniczne.

2. Ujęcie wody

2.1. Charakterystyka ujęcia

Ujęcie wiejskie zlokalizowane jest w miejscowości Kopojno, gmina Zagórz. Przy czym Stacja Uzdatniania Wody, zbiorniki retencyjne studnia głębinowa nr 2 i odstojnik wód popłucznych znajdują się na działce oznaczonej nr 42/5, tj. w zachodniej części miejscowości, po północnej stronie drogi Zagórz – Rzgów. Natomiast studnia głębinowa nr 1 zlokalizowana jest na działce oznaczonej nr 44/7 – w odległości ok. 400 m na wschód od studni głębinowej nr 2, w centralnej części miejscowości, również po północnej stronie drogi Kopojno – Rzgów.

Obecnie woda z ujęcia poprzez Stację podawana jest do sieci wodociągowej do mieszkańców miejscowości Kopojno wieś, Kopojno Parcele, Skokum, Oleśnica wieś, Oleśnica folwark, Chruśniki, Świątniki (gmina Rzgów).

W skład ujęcia wchodzi dwie studnie głębinowe nr 1 i 2:

- studnia nr 1 (awaryjna) o głębokości 64 m została wykonana w 1976 roku,
- studnia nr 2 (podstawowa) o głębokości 61 m została wykonana w 1985 roku.

Zgodnie z operatem wodno – prawnym z kwietnia 2004 roku pobór wody podziemnej z utworów czwartorzędowych – plejstoceńskich o zasobach eksploatacyjnych w ilości $Q_e = 55,8 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji $s = 11,9 \text{ m}$, wynosi on:

$$\begin{aligned}Q_{h \max} &= 34,8 \text{ m}^3/\text{h}, \\Q_{d \text{ sr}} &= 258,2 \text{ m}^3/\text{d}, \\Q_{d \max} &= 364,2 \text{ m}^3/\text{d}, \\Q_{\text{rocznie}} &= 94.243 \text{ m}^3/\text{r}.\end{aligned}$$

W poniższych tabelach nr 1 i 2 przedstawiono wyniki badań wody surowej ujmowanej awaryjną studnią nr 1 oraz studnią podstawową nr 2 przeprowadzonych przez:

- Wojewódzką Stację Sanitarno – Epidemiologiczną w Poznaniu,
- Biuro Projektów Wodnych Melioracji w Poznaniu,
- BPWMiIŚ „Biprpowodmel” w Poznaniu.

Tabela 1. Jakość wody surowej ujmowanej studnią głębinową nr 1

Parametr	Jednostka	Norma	WSS-E Poznań	WSS-E Poznań	BPWM Poznań	BPWM i IS Poznań
			16.08.1976	11.08.1981	11.08.1981	2.10.2003
Mętność	NTU	1	20	30	15	18
Barwa	mgPt/L	akcept.	25	50	40	60
Zapach	-	akcept.	z1R	z1R	z1R	z1GH2S
Odczyn pH	-	6,5 ÷ 9,5	7,4	7,1	7,2	7,1
Twardość	mval/L	1,2 ÷ 10	4,4	4,5	4,1	4,8
Twardość	mgCaCO ₃ /L	60 ÷ 500	-	-	-	241
Zasadowość og.	mval/L	-	4,3	4,3	4,7	4,8
Zasadowość alkaliczna	mval/L	-	0	0	0,6	0
Żelazo	mgFe/L	0,2	3,6	3,4	3,8	4,2
Chlorki	mgCl ⁻ /L	250	8,0	10,0	12,0	10,8
Jon amonowy	mgNH ₄ ⁺ /L	0,5	0,34	0,24	0,30	0,38
Azotyny	mgNO ₂ ⁻ /L	0,5	0,002	nw	0,003	0,003
Azotany	mgNO ₃ ⁻ /L	50	0,10	0,10	0,01	0,02
Utlenialność z KMnO ₄	mgO ₂ /L	5	4,4	5,4	3,8	3,7
Sucha pozostałość	mg/L	-	276	274	286	269
Mangan	mgMn/L	0,05	0,20	0,25	0,18	0,33
Siarczany	mgSO ₄ ²⁻ /L	250	7,4	11,5	8,2	8,0
Fluorki	mgF ⁻ /L	1,5	0,15	0,10	0,25	0,15
Fosforany	mgPO ₄ ³⁻ /L	-	0,20	0,21	0,30	0,82
Siarkowodór	mgH ₂ S/L	-	0,02	nb	0,01	0,03
Wapń	mgCa/L	-	74,4	61,9	60,9	71,4
Magnez	mgMg/L	30 ÷ 125	9,5	16,5	11,3	15,1
Cynk	mgZn/L	-	nb	nb	nb	0,0540
Miedź	mgCu/L	2	nb	nb	nb	0,0071
Kadm	mgCd/L	0,005	nb	nb	nb	0,0002
Ołów	mgPb/L	0,025	nb	nb	nb	0,0005
Sód	mgNa/L	200	nb	nb	nb	10,3
Potas	mgK/L	-	nb	nb	nb	1,6
Chrom	mgCr/L	-	nb	nb	nb	0,0006
Nikiel	mgNi/L	-	nb	nb	nb	0,0006
Krzem	mgSi/L	-	37,5	11,0	35,0	-

Tabela 2. Jakość wody surowej ujmowanej studnią głębinową nr 2

Parametr	Jednostka	Norma	WSS-E Poznań	BPWM Poznań	BPWM i IS Poznań
			26.07.1985	26.07.1985	21.01.2003
Mętność	NTU	1	30	20	15
Barwa	mgPt/L	akcept.	25	16	12
Zapach	-	akcept.	z1R	z1R	z1GH2S
Odczyn pH	-	6,5 ÷ 9,5	7,2	7,2	7,1
Twardość	mval/L	1,2 ÷ 10	5,4	5,3	3,9
Twardość	mgCaCO ₃ /L	60 ÷ 500	nb	nb	196
Zasadowość og.	mval/L	-	4,8	5,7	4,5
Zasadowość alkaliczna	mval/L	-	0	0,4	0,6
Żelazo	mgFe/L	0,2	2,40	2,80	2,15
Chlorki	mgCl ⁻ /L	250	23,0	21,0	7,5
Jon amonowy	mgNH ₄ ⁺ /L	0,5	0,04	0,05	0,42
Azotyny	mgNO ₂ ⁻ /L	0,5	0,003	0,001	0,002
Azotany	mgNO ₃ ⁻ /L	50	0,10	0,05	0,04
Utlenialność z KMnO ₄	mgO ₂ /L	5	3,3	3,3	4,3
Sucha pozostałość	mg/L	-	324	314	289
Mangan	mgMn/L	0,05	0,20	0,15	0,28
Siarczany	mgSO ₄ ²⁻ /L	250	23,2	28,8	8,2
Fluorki	mgF ⁻ /L	1,5	0,40	0,30	0,08
Fosforany	mgPO ₄ ³⁻ /L	-	0,07	0,10	0,84
Siarkowodór	mgH ₂ S/L	-	nw	0,01	0,02
Wapń	mgCa/L	-	74,1	79,1	63,6
Magnez	mgMg/L	30 ÷ 125	22,5	14,7	9,0
Cynk	mgZn/L	-	nb	nb	0,0682
Miedź	mgCu/L	2	nb	nb	0,0091
Kadm	mgCd/L	0,005	nb	nb	0,0001
Ołów	mgPb/L	0,025	nb	nb	0,0003
Sód	mgNa/L	200	nb	nb	20,5
Potas	mgK/L	-	nb	nb	1,8
Chrom	mgCr/L	-	nb	nb	0,0006
Nikiel	mgNi/L	-	nb	nb	0,0005
Krzem	mgSi/L	-	17	16	-

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

- usunięcia znacznych ilości żelaza,
- usunięcia średnich ilości manganu.

Należy również zwrócić uwagę, że podwyższona mętność oraz barwa są najprawdopodobniej spowodowane ponadnormatywną zawartością żelaza w wodzie surowej. Usuwając z wody żelazo, obniżona zostanie również jej mętność, jak i barwa. Wysokie stężenie żelaza w ujmowanej wodzie głębinowej wymusza także zastosowanie filtracji ciśnieniowej dwustopniowej.

Ujmowany surowiec charakteryzuje się ilością manganu na poziomie średnim, co utrudnia naturalne wpracowanie filtrów do usuwania tego wskaźnika i dlatego konieczne jest zastosowanie złoża katalitycznego.

Wysoka zasadowość wody wymusza konieczność jej natleniania w układzie ciśnieniowym, stąd też do zwiększania zawartości tlenu wykorzystany zostanie mieszacz wodno – powietrzny.

Obecna w wodzie zasadowość alkaliczna jest czynnikiem, który przy niewłaściwym doborze oraz eksploatacji systemu napowietrzania może generować problemy związane z wytrącaniem węglanów z wody bezpośrednio u odbiorców. Stąd też zalecany jest niezbyt intensywny sposób napowietrzania, by uniknąć zasygnalizowanych i obserwowanych na niektórych wodociągach problemów.

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.

Warunki usuwania wymienionych wskaźników (żelaza i manganu) zostały sprecyzowane poniżej.

Teoretyczne warunki usuwania poszczególnych wskaźników z wody

Żelazo

Jest to najczęstszy pierwiastek występujący w wodach podziemnych. Wody powierzchniowe z reguły nie zawierają żelaza bądź znajduje się ono w małych ilościach.

Obowiązujące przepisy określają, że zawartość żelaza w wodzie przeznaczonej do spożycia **nie może być większa niż 0,2 mgFe/L**.

Jest to stężenie żelaza na wyjściu ze Stacji Uzdatniania Wody i u odbiorców. Często bowiem się zdarza, że woda po filtrach (zbiornikach retencyjnych) przekracza wartość określoną w normie, a do konsumentów trafia odżelaziona. Jest to sprzeczne z przepisami i jednocześnie świadczy, jak łatwo żelazo odkłada się w rurach – tworząc twarde lub maziste osady, które odrywają się od ścianek rurociągów w trakcie awarii, zwiększonego przepływu, powodując efekt brudnej wody u odbiorców, zaraz po załączeniu odcinka rurociągu do ponownej pracy.

Żelazo w przekroczonych stężeniach ma bardzo duże znaczenie techniczne i organoleptyczne.

Duża ilość żelaza w wodzie do picia nadaje jej specyficzny zapach, posmak. Żelazo bardzo brudzi armaturę (wannę, umywalki itp.), pranie.

Osadza się w rurach, zmniejszając ich światło i powodując duże straty energii pomp

tlóczyących wodę przez takie zażelazione rury. Ponadto w odłożonych osadach w sieci rozwijają się najróżniejsze bakterie, które mogą wtórnie zanieczyszczać wodę (woda na wyjściu ze Stacji może spełniać normy bakteriologiczne, a u odbiorców już nie – mimo chlorowania).

Stężenie żelaza powyżej 1 mgFe/L w wodzie może powodować większe lub mniejsze problemy z uzdatnianiem wody – wiążące się z częstszym płukaniem filtrów, ich mocnym zapychaniem (kolmatacją), a także pojawianiem się trudności z usunięciem manganu z wody.

Żelazo występuje w wodzie podziemnej w formie dwuwartościowej. Żeby je usunąć, konieczne jest przeprowadzenie do formy nierozpuszczonej – utlenienie. Do utlenienia żelaza wystarczy zastosować tlen. Oczywiście takie związki jak nadmanganian potasu czy podchloryn sodu działają skuteczniej. Niemniej jednak sam tlen z powietrza ma wystarczającą efektywność technologiczną. To, ile żelaza zostanie wytrącone tlenem z powietrza, zależy przede wszystkim od czasu przetrzymania wody w układzie jej napowietrzania.

Zasadnicze usuwanie żelaza przebiega na złożu filtracyjnym w mechanizmach zależnych przede wszystkim od ilości wytrąconego tlenem żelaza:

- mechanizm I – żelazo utlenione (wytrącone) jest odcedzane na złożu filtracyjnym w górnej jej części (bardzo płytko, nawet w wysokości nie przekraczającej 0,1 ÷ 0,2 m wysokości złoża filtracyjnego o odpowiedniej granulacji),
- mechanizm II – żelazo nie utlenione (rozpuszczone w wodzie) osadza się na powierzchni pokrywających ziarna złoża filtracyjnego powłok katalitycznych, gdzie dalej jest utleniane tlenem wraz z dopływającą wodą surową.

Drugi z mechanizmów przebiega na znacznie większej wysokości złoża filtracyjnego. Innymi słowy żelazo nierozpuszczone wnika głębiej w materiał filtracyjny (w złożu filtracyjnym), zanim zostanie usunięte.

Z technologicznego punktu widzenia, w przypadku filtracji jednostopniowej ważne jest usunięcie żelaza w możliwie jak najniższej warstwie filtracyjnej, by pozostała wysokość złoża filtracyjnego mogła zostać wpracowana do usuwania manganu czy też jonu amonowego.

Można to uzyskać albo poprzez zastosowania mniejszej granulacji materiału filtracyjnego, albo też poprzez zastosowanie innego niż kwarcowe złoża (np. chalcedonitowego, którego wysokość strefy odżelaziania jest niższa niż w przypadku piasku kwarcowego). Inną metodą jest szybkie utlenienie żelaza przed filtracją i jego cedzenie na złożu filtracyjnym (umożliwia to stosowanie chemicznych utleniaczy, takich jak wymieniowy wcześniej nadmanganian potasu czy też podchloryn sodu).

Mangan

Zawartość manganu w wodzie **nie może przekraczać 0,05 mgMn/L.**

Podobnie jak w przypadku żelaza, negatywne skutki przekroczonej wartości

manganu to głównie nieprzyjemny smak oraz zapach wody.

Mangan tworzy charakterystyczne czarne osady (wg niektórych określeń – smoliste), osadzające się w rurach, armaturze itp. Osady te są jeszcze bardziej uciążliwe niż w przypadku żelaza (jeszcze trudniej je usunąć), zwłaszcza jeśli zostanie zabrudzona armatura lub pranie. W osadach manganowych bardzo intensywnie rozwijają się różne bakterie.

Usunięcie manganu jest znacznie trudniejsze od żelaza. Mangan podobnie jak żelazo, występuje w wodzie podziemnej w formie rozpuszczonej. Istnieje konieczność utlenienia manganu do czterowartościowego, nierozpuszczalnego. Przede wszystkim jednak przy pH charakteryzującym wody naturalne, nie ma możliwości utlenienia manganu z dwu- do czterowartościowego z wykorzystaniem tlenu.

Jest to zbyt słaby utleniacz do tego celu. W technologii uzdatniania wody zawierającej jon manganowy wykorzystuje się:

- silne utleniacze (silniejsze od tlenu) takie jak nadmanganian potasu czy też podchloryn sodu,
- utlenianie tlenem, ale po korekcie odczynu (dopiero powyżej 9 pH),
- utlenianie metodą katalityczną (z wykorzystaniem katalitycznych własności dwutlenku manganu czy produktu reakcji utleniania).

Zdecydowanie korzystniejsze i częstsze jest zastosowanie metody trzeciej (warstwy katalitycznej).

Utlenianie katalityczne na powłokach dwutlenku manganu może być prowadzone w dwojaki sposób:

- poprzez naturalne wytworzenie na powierzchni materiału filtracyjnego powłoki z dwutlenku manganu (tzw. naturalne wpracowanie do usuwania manganu na złożu filtracyjnym),
- poprzez zastosowanie złoża już wpracowanego z innego wodociągu (pracującego na usuwanie manganu) bądź naturalnej rudy manganowej.

Na większości wodociągów stosuje się tę pierwszą metodę. W naturalnych warunkach (bez stosowania substancji chemicznych) bakterie zasiedlające złoża filtracyjne, wykorzystują do swoich procesów życiowych mangan zawarty w wodzie. Pod wpływem procesów biochemicznych mangan zostaje utleniony do dwutlenku manganu, który odkłada się na złożu filtracyjnym. Następnie wytrącony (odłożony dwutlenek manganu) sorbuje na swojej powierzchni mangan dwuwartościowy dopływający wraz z wodą surową do filtra. Zaadsorbowany mangan dwuwartościowy (rozpuszczony) utlenia się do manganu trójwartościowego kosztem redukcji wytrąconego wcześniej dwutlenku manganu (manganu czterowartościowego). Powstałe produkty reakcji (trójwartościowy mangan) mogą być z powrotem utlenione do manganu czterowartościowego poprzez zastosowanie tlenu z powietrza. Mangan czterowartościowy sorbuje następnie ponownie mangan dwuwartościowy zawarty w wodzie surowej i proces się powtarza. Odkładający się cały czas mangan czterowartościowy tworzy powłokę katalityczną, realizującą proces odmanganiania wody.

Konsekwencją tego jest rozrost powłok pokrywających ziarna złoża, utrzymywanych na odpowiednim poziomie poprzez płukanie filtrów.

Podobny mechanizm, tylko bez wstępnego odłożenia powłoki katalitycznej, występuje w przypadku złóż zbudowanych już z aktywnego manganu czterowartościowego bądź wpracowanych na innym wodociągu. Czynnikiem, który komplikuje usuwanie manganu tą metodą, jest żelazo. Usuwanie manganu przebiega bowiem w dolnej części złoża, nawet w warstwach podtrzymujących. Jeśli żelazo zbyt głęboko przenika w złożo filtracyjne, wówczas zatrzymuje się na powierzchni aktywnego dwutlenku manganu kosztem manganu zawartego w wodzie surowej. Występuje wówczas rozładowanie powłoki katalitycznej, która jest trudna w regeneracji.

Warunki, jakie należy zapewnić w przypadku wykorzystania tej metody, to:

- natlenienie wody (tlen jest potrzebny w drugiej fazie procesu utleniania manganu),
- wstępne, bardzo efektywne usunięcie żelaza,
- wytworzenie odpowiedniej trwałości i grubości powłok katalitycznych (z dwutlenku manganu),
- eliminacja z procesu uzdatniania wody substancji dezynfekujących (w tym silnych utleniaczy, które powodują dezynfekcję złoża filtracyjnego ograniczającą efektywność technologiczną bakterii manganowych),
- zapewnienie optymalnego pH wody.

Przy zastosowaniu silnych utleniaczy problemy te wprawdzie odchodzą, ale metoda ta jest zdecydowanie droższa. Poza tym, jeśli w wodzie współwystępuje jon amonowy, wówczas następuje stabilizacja błony bakterii nitryfikacyjnych, uniemożliwiające sprawne usunięcie tego wskaźnika.

2.2. Charakterystyka terenu ujęcia (w oparciu o operat wodno – prawny)

Według podziału systemu regionalizacji fizyczno – geograficznej w układzie dziesiętnym opracowanym przez J. Kondrackiego ujęcie wody podziemnej w Kopojnie znajduje się w podprovincji Niziny Środkowopolskiej, w makroregionie Niziny Południowowielkopolskiej, w mezoregionie Równiny Rychwalskiej.

Według podziału geomorfologicznego Niziny Wielkopolskiej opracowanego przez B. Krygowskiego ujęcie Kopojno znajduje się w regionie Pradoliny Warszawsko – Berlińskiej w jej subregionie zwanym Kotliną Pyzderską.

Omawiane ujęcie leży na krawędzi dwóch form morfologicznych: równiny i pradoliny, w pobliżu wlotu do pradoliny doliny dopływowej, jaką płynie Czarna Struga.

Równina w rejonie ujęcia stanowi obszar terasy wysokiej ponadzalewowej. Wysokości bezwzględne na mapie topograficznej osiągają wartości $75,2 \div 79,4$ m n.p.m. (w rejonie pradoliny), $75,5 \div 81,5$ m n.p.m. (w rejonie wlotu doliny rzeki Czarna Struga do Pradoliny) oraz $86,0 \div 94,0$ m n.p.m. na równinie w rejonie Kopojna. Rzędne terenu wydzielonej działki wodociągowej oscylują $94,05 \div 92,90$ m n.p.m. Teren opada w kierunku południowym do rzeki Czarna Struga.

Ujęcie leży w zlewni rowów szczegółowych, które mają ujście do rzeki Czarna Struga, która jest ciekim melioracji podstawowej. Rzeka Czarna Struga jest

dopływem rzeki Warty.

Wierceniami w rejonie Kopojna rozpoznano cały profil utworów czwartorzędowych oraz stropowe partie kredy górnej.

Studnia nr 1

W otworze nr 1 utwory czwartorzędu nie zostały przewiercone. Spąg czwartorzędu został przewiercony na głębokości 83,4 m p.p.t.

Od powierzchni terenu do głębokości 6 m p.p.t. występuje nasyp gruzowy. Poniżej występuje kompleks glin zwałowych o miąższości 12 m , przelot $6 \div 18$ m p.p.t.

Pod warstwą glin zwałowych występuje 32 m warstwa iłów warwowych (przelot $18 \div 50$ m p.p.t.). Gliny zwałowe i ily warstwowe są podścielone osadami piaszczystymi o miąższości 14 m , przelot $50 \div 64$ m p.p.t. Osady piaszczyste wykształcone są w postaci piasków drobnych.

W spągu utworów czwartorzędowych występuje żwir z otoczkami i marglem (przelot $61 \div 64$ m p.p.t.).

W trakcie wiercenia studni (1976 rok) stwierdzono występowanie jednego czwartorzędowego piętra wodonośnego. Piętro wodonośne występuje w postaci warstwy podglinowej.

Ujęta warstwa wodonośna występuje w przelocie $50 \div 64$ m p.p.t. Budują ją piaski drobne. Spągu nie osiągnięto.

Zwierciadło wody nawiercono na głębokości 50 m p.p.t., stabilizowało się na głębokości 15,3 m p.p.t.

W sierpniu 2003 roku dokonano pomiaru zalegania zwierciadła wody w studni. Zwierciadło statyczne określono w czasie przerw w ruchu pompy po najdłuższej przerwie przed jej ponownym załączeniem do ruchu. Zwierciadło wody zalegało na głębokości 16 m p.p.t.

Studnia nr 2

W otworze nr 2 utwory czwartorzędu również nie zostały przewiercone.

W stropie czwartorzędu w przelocie $0,0 \div 0,5$ m p.p.t. występuje holocen, który stanowi warstwa gleby o miąższości 50 cm. Poniżej występuje kompleks glin zwałowych o miąższości 35,5 m , przelot $0,5 \div 36,0$ m p.p.t.

Gliny zwałowe i ily warstwowe są podścielone osadami piaszczystymi o miąższości 22,5 m, przelot $36,0 \div 58,5$ m p.p.t.

Osady piaszczyste wykształcone są w postaci piasków średnich i grubych oraz pospółki.

W spągu utworów czwartorzędowych występuje glina zwałowa z otoczkami wapienia w przelocie $58,5 \div 61,0$ m p.p.t.

Na terenie ujęcia wody podziemnej w Kopojnie w trakcie wiercenia studni (1985 rok) stwierdzono występowanie jednego czwartorzędowego piętra wodonośnego. Piętro wodonośne występuje w postaci warstwy podglinowej.

Ujęta warstwa wodonośna występuje w przelocie $36,0 \div 58,5$ m p.p.t. Budują ją piaski średnie i grube oraz pospółka i pospółka ze żwirem.

Zwierciadło wody nawiercono na głębokości 36 m p.p.t., stabilizowało się na głębokości 16,5 m p.p.t. Zwierciadło pomierzone w 2003 roku zalegało na głębokości 17,7 m p.p.t. W roku 2003 pomierzono również zwierciadło

dynamiczne. Pomiaru dokonano przed wyłączeniem pompy po najdłuższym okresie jej ruchu. Zwierciadło wody w studni zalegało na głębokości 23,86 m p.p.t.

Podglinowe warstwy wodonośne zasilane są poprzez przesiąkanie przez utwory gliniaste wód opadowych oraz poprzez podziemny dopływ z poziomu gruntowego pradoliny oraz jej dolny dopływ.

Regionalną strefą naturalnego drenażu jest w tym rejonie dolina rzeki Warty.

Zwierciadło wody ma charakter napięty.

W poniższej tabeli zebrano parametry hydrogeologiczne ujętej warstwy wodonośnej studni głębinowej nr 1 i 2.

Tabela 3. Parametry hydrogeologiczne dla studni głębinowej nr 1 i 2

Parametr	Jednostka	Studnia nr 1	Studnia nr 2
litologia	-	piasek drobny	piaski: drobne średnie i grube; pospółka
przełot warstwy	m p.p.t.	50,6 ÷ 64,0	36,0 ÷ 58,5
miąższość	m	14,0	22,5
współczynnik filtracji	m/s	0,0000879	0,0000727
wydajność eksploatacyjna	m ³ /h	49,0	55,8
depresja	m	9,8	11,9
wydatek jednostkowy	m ³ /h/1ms	5,00	4,69
przewodność	m ² /h	4,42	5,85

3. Charakterystyka stanu istniejącego

Obecnie układ uzdatniania wody dla miejscowości Kopojno składa się z następujących elementów technologicznych:

- ujęcie wody podziemnej,
- ciśnieniowe napowietrzanie wody,
- dwustopniowa filtracja ciśnieniowa,
- dezynfekcja,
- zbiorniki czystej wody.

Ujęcie wody

Woda surowa tłoczona jest do SUW Kopojno dwoma pompami głębinowymi z dwóch studni, eksploatowanych z maksymalną wydajnością $Q_{h\max} = 34,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

Parametry techniczne pompy głębinowej w studni nr 1:

- producent: Hydro – Vacuum,
- typ: GC.2.04,
- silnik: SGMf 18/F,
- moc: 9 kW.

W poniższej tabeli nr 4 przedstawiono charakterystykę pompy.

Tabela 4. Charakterystyka pompy głębinowej zamontowanej w studni nr 1

Wydajność Q [m^3/h]						
0	12	15	20	25	30	35
Wydajność Q [L/h]						
0	200	250	333	417	500	583
Wysokość podnoszenia H [mH_2O]						
91	87	85	80	73	63	53

Całkowita długość agregatu pompowego wynosi 1520 mm. Ciężar całkowity natomiast 135 kg.

Parametry techniczne pompy głębinowej w studni nr 2:

- producent: Pomorska Odlewnia i Emaliernia,
- typ: G 100 IV^oB,
- silnik: SGMd – 18e,
- moc: 26 kW.

W poniższej tabeli nr 5 przedstawiono charakterystykę pompy.

Tabela 5. Charakterystyka pompy głębinowej zamontowanej w studni nr 2

Wydajność Q [m³/h]						
60	66	72	78	84	90	96
Wydajność Q [L/h]						
1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
Wysokość podnoszenia H [mH ₂ O]						
68	66	64	62	60	58	56

Całkowita długość agregatu pompowego wynosi 2177 mm. Ciężar całkowity natomiast 279 kg.

Ze względu na dużą wydajność pompa głębinowa w studni nr 2 pracuje z ok. 50 – procentowym przydławieniem.

Napowietrzanie ciśnieniowe

Woda surowa poddawana jest procesowi napowietrzania w podwójnym zestawie aeratorów wiszących przyfiltrowych (po dwa aeratory przy każdym z filtrów):

- producent: Sulechów,
- średnica: DN 500,
- ilość: 12 szt.

Do napowietrzania wykorzystywane jest sprężone powietrze wytwarzane przez sprężarki o następujących parametrach technicznych:

- producent: Wytwórnia Aparatów Natryskowych S.P.,
- typ: WAN – ES,
- ilość: 2 szt.,
- moc: 3 kW,
- wydajność: 14 m³/h,
- ciśnienie: do 1,1 MPa.

Sprężarka wyposażona jest w zbiornik o pojemności 0,4 m³, produkcji Celpa.

Sprężone powietrze poprzez węzeł rozdzielczy wykorzystywane jest do:

- napowietrzania wody surowej w aeratorach: proces aeracji odbywa się automatycznie przy ciśnieniu do 0,4 MPa i z wydajnością do 5 m³/h,
- płukania filtrów powietrzem: proces płukania sterowany jest ręcznie, trwa 120 s., przy ciśnieniu do 0,2 MPa,
- uzupełniania poduszki powietrznej w zbiornikach hydroforowych wg potrzeb: sterowanie ręczne.

Sprężarki sterowane są automatycznie przez załącznik LC – 3 w zależności od ilości sprężonego powietrza w zbiorniku sprężarki.

Filtracja ciśnieniowa

Na I stopniu filtracji woda poddawana jest odżelazianiu na 3 filtrach ciśnieniowych o średnicy DN 1400.

Po odżelazianiu do wody dozowany jest roztwór KMnO_4 , a następnie usuwany jest z niej mangan na 3 kolejnych filtrach ciśnieniowych – identycznych jak na I stopniu.

Filtr ciśnieniowe I i II stopnia wypełnione są złożem kwarcowym o granulacji $1,4 \div 2,0$ mm, jako warstwę podtrzymującą zastosowano żwir.

Powierzchnia filtracji dla pojedynczego filtra wynosi $1,54 \text{ m}^2$. Prędkość filtracji wynosi ok. 10 m/h .

Filtry są płukane, gdy różnica ciśnień mierzona jako różnica odczytów na manometrach zamontowanych na poszczególnych filtrach na dopływie i odpływie jest większa niż $0,03 \text{ MPa}$. Filtry płukane są pojedynczo, w odstępie 24 godzin, raz na tydzień.

Płukanie przeprowadzane jest w następujący sposób:

- obniżenie lustra wody do 5 cm nad złożę,
- płukanie powietrzem ze sprężarki w czasie 120 s, przy ciśnieniu do $0,2 \text{ MPa}$,
- płukanie wodą z intensywnością 8 L/sm^2 w czasie 10 min.,
- przedłużenie płukania wodą o 5 min. (gdyby efekty były niezadowalające),
- stabilizacja złoża w czasie 5 min.

Woda do płukania pobierana jest ze zbiorników retencyjnych za pomocą pompy wirowej monoblokowej, sterowanej ręcznie firmy LFP. Podstawowe parametry i charakterystykę pompy przedstawiono w tabeli nr 6.

Tabela 6. Parametry i charakterystyka pompy do płukania filtrów

Pompa do płukania filtrów typ 65 PJM 250 n = 2900 obr./min. silnik SLg 160 L – 2 moc 18,5 kW	Wydajność Q [m^3/h]			
	24	30	36	42
	Wydajność Q [L/h]			
	400	500	600	700
	Wysokość podnoszenia H [mH_2O]			
	84	83	82	80

Całkowity ciężar agregatu wynosi 183 kg .

Popłuczyny odprowadzane są do kanału technologicznego, o głębokości przy wyjściu z budynku SUW 70 cm . Dalej popłuczyny trafiają rurociągiem żeliwnym o średnicy DN 150 do odstoju o wymiarach:

- zewnętrznych: $8,97 \times 2,72 \text{ m}$,

- wewnętrznych: 8,75 x 2,20 m,
- głębokość: 1,3 m.

Z odстойnika po 24 – godzinny przetrzymaniu wody popłuczne odprowadzane są rurociągiem betonowym DN 200 do studni zbiorczej, gdzie trafiają także wody spustowe ze zbiorników retencyjnych oraz wody opadowe z połaci dachowych SUW. Ze studni zbiorczej wody popłuczne i spustowe spuszczone są rurociągiem betonowym DN 300 do rowu melioracji szczegółowej, który uchodzi do rzeki Czarna Struga.

Tłoczenie wody do sieci wodociągowej

Woda uzdatniona gromadzona jest w 3 zbiornikach retencyjnych stalowych, poziomych, o pojemności 50 m³ każdy. Następnie zestawem sieciowym tłoczona jest do sieci wodociągowej.

Zestaw sieciowy składa się 2 pomp typu PJM oraz 2 zbiorników hydroforowych o pojemności 6,3 m³. W poniższych tabelach nr 7 i 8 przedstawiono charakterystyki zastosowanych pomp sieciowych.

Tabela 7. Charakterystyka pompy sieciowej nr 1

Pompa sieciowa typ 65 PJM 200 n = 2900 obr./min. silnik SLg 132 S – 23 moc 7,5 kW	Wydajność Q [m ³ /h]	
	24	30
	Wydajność Q [L/h]	
	400	500
	Wysokość podnoszenia H [mH ₂ O]	
	52	51

Tabela 8. Charakterystyka pompy sieciowej nr 2

Pompa sieciowa typ 65 PJM 230 n = 2900 obr./min. silnik SLg 160 M – 2B moc 15 kW	Wydajność Q [m ³ /h]			
	24	30	36	42
	Wydajność Q [L/h]			
	400	500	600	700
	Wysokość podnoszenia H [mH ₂ O]			
	72	72	71	69

Pozostałe parametry zestawu sieciowego:

- pompa nr 1:
 - producent: LFP,
 - masa: 101,7 kg,
 - całkowita długość agregatu: 653 mm,

- pompa nr 2:
 - producent: LFP,
 - masa: 173 kg,
 - całkowita długość agregatu: 780 mm.

Zestaw pompowy sterowany jest za pomocą łączników ciśnieniowych LC – 2, zamontowanych na rurociągu wody uzdatnionej między zbiornikami hydroforowymi. Pompy załączane są do pracy przy spadku ciśnienia w sieci do 0,18 MPa, a wyłączają przy ciśnieniu 0,48 MPa.

Opomiarowanie i zabezpieczenie układu technologicznego

W celu pomiaru i kontroli zamontowano następujące urządzenia:

- wodomierz śrubowy MZ 100 na rurociągu wody surowej i wody uzdatnionej,
- wodowskaz na króćcach przy płaszczu zbiorników hydroforowych,
- manometr tarczowy o tarczach $\varnothing$ 100 i $\varnothing$ 160, zakresach ciśnień 0,0 ÷ 0,6 MPa oraz 0,0 ÷ 1,6 MPa dla pomiaru ciśnień przy filtrach żwirowych, hydroforach i na rozdzielaczu sprężonego powietrza.

Do celów sterowania układem zastosowano następującą armaturę:

- łącznik pływakowy LP zainstalowany przy cylindrze sterowniczym: reguluje pracę pomp głębinowych w zależności od poziomu wody w zbiornikach retencyjnych,
- łącznik ciśnieniowy LC – 2 na rurociągu wody uzdatnionej: steruje pracą pomp sieciowych, pracuje w zakresie 0,18 ÷ 0,48 MPa,
- łącznik ciśnieniowy LC – 3 na zbiornikach sprężarek,
- zaporowy zawór elektromagnetyczny $\varnothing$ 20 mm: reguluje przepływ sprężonego powietrza do aeratorów, w czasie przepływu wody surowej, praca sprężona z funkcjonowaniem pomp głębinowych.

Zabezpieczenie układu stanowi:

- sprężynowy, pełnoskokowy zawór bezpieczeństwa Si 6301 DN 80 x 125 na rurociągu wody surowej, przed zbiornikami aeratorów i filtrów,
- sprężynowy, pełnoskokowy zawór bezpieczeństwa Si 6301 DN 80 x 125 na rurociągu wody uzdatnionej, za pompami sieciowymi, a przed zbiornikami hydroforowymi,
- sprężynowy, pełnoskokowy zawór bezpieczeństwa Si 6301 DN 32 x 50 na króćcu rozdzielacza sprężonego powietrza.

Wszystkie zawory bezpieczeństwa działają przy ciśnieniu 0,6 MPa.

4. Modernizacja SUW Kopočno

Modernizację technologii uzdatniania wody na SUW Kopočno osadzono w podstawach naukowo – technicznych. Układ uzdatniania wody będzie się opierał o napowietrzanie ciśnieniowe, odżelazianie w toku filtracji ciśnieniowej I stopnia, następnie usuwanie manganu podczas filtracji II stopnia, retencja, dezynfekcja i tłoczenie wody do sieci wodociągowej.

4.1. Ujęcie wody surowej

Ujęcie wody zostanie oparte o istniejące dwie studnie głębinowe, pracujące z maksymalną wydajnością $Q_{d \max} = 364,2 \text{ m}^3/\text{d}$.

Dobór pompy głębinowej

Studnia nr 1 – dane wyjściowe:

- wydajność: $34,8 \text{ m}^3/\text{h}$,
- głębokość zwierciadła ustabilizowanego: 15,3 m p. p. t.,
- depresja: 9,8 m,
- zabezpieczenie przed suchobiegiem pompy: 5 m,
- różnica geometryczna tłoczenia na zbiornik wody czystej pomiędzy rzędną terenu przy studni a rzędną wody w zbiorniku retencyjnym: 6 m,
- straty ciśnienia na tłoczeniu wody ze studni do SUW (dla PE 110: ok. $2,6 \text{ m}/100 \text{ m}$): 12 m,
- straty ciśnienia na orurowaniu i armaturze: 5 m,
- straty ciśnienia na złożu (zakolmatowanym): 5 m,
- zapas wysokości podnoszenia (ok. 10 % powyższych wysokości): 6 m.

Wysokość podnoszenia pompy głębinowej wynosi zatem:

$$H_{p.g.} = 64 \text{ mH}_2\text{O}.$$

Parametry doboru pompy do studni głębinowej:

- wysokość podnoszenia: $64 \text{ mH}_2\text{O}$,
- wydajność maksymalna: $34,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

Dobrana pompa głębinowa:

- producent: Hydro – Vacuum (lub równoważny),
- typ: GBC.5.06 (dla Hydro – Vacuum),
- moc silnika pompy: 13 kW,
- przyłącze: G3.

Dobrana armatura:

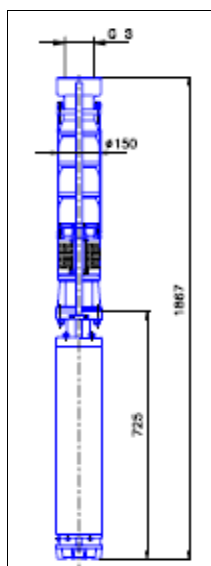
- rurociągi wznosne: ok. 63 m ($10 \times 6 \text{ m} + 1 \times 3 \text{ m}$), DN 80 – stal nierdzewna,

- obudowa: typu lange Przedsiębiorstwa Izolacyjno – Instalacyjnego „Lange” (lub równoważnego),
- armatura oferowana przez producenta obudowy:
 - wodomierz prosty: DN 80,
 - przepustnica zwrotna bezkołnierzowa: DN 80,
 - przepustnica zaporowa bezkołnierzowa: DN 80,
- pozostała armatura:
 - dyfuzor: DN 80/DN 100,
 - kształtka przejściowa: stal DN 100/PE 110 – kołnierz na PE 110 – systemowy.

Dane techniczne dodatkowej armatury zostaną przedstawione w dalszej części opracowania.

Widok ogólny pompy głębinowej przedstawiono na schemacie nr 1.

Schemat 1. Pompa głębinowa nr 1



Sterowanie pracą studni:

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

Parametry mierzone:

- ciśnienie tłoczenia,
- prąd pobierany przez pompę,
- licznik czasu pracy,
- pomiar zwierciadła statycznego i dynamicznego,
- zabezpieczenie przed suchobiegiem typu cluwo,
- czujnik temperatury w obudowie,

- alarm otwarcia obudowy.

Studnia nr 2 – dane wyjściowe:

- wydajność: 34,8 m³/h,
- głębokość zwierciadła ustabilizowanego: 16,5 m p. p. t.,
- depresja: 11,9 m,
- zabezpieczenie przed suchobiegiem pompy: 5 m,
- różnica geometryczna tłoczenia na zbiornik wody czystej pomiędzy rzędną terenu przy studni a rzędną wody w zbiorniku retencyjnym: 6 m,
- straty ciśnienia na tłoczeniu wody ze studni do SUW (dla PE 110: ok. 2,6 m/100 m): 1,3 m,
- straty ciśnienia na orurowaniu i armaturze: 5 m,
- straty ciśnienia na złożu (zakolmatowanym): 5 m,
- zapas wysokości podnoszenia (ok. 10 % powyższych wysokości): 5 m.

Wysokość podnoszenia pompy głębinowej wynosi zatem:

$$H_{p.g.} = 56 \text{ mH}_2\text{O}.$$

Parametry doboru pompy do studni głębinowej:

- wysokość podnoszenia: 56 mH₂O,
- wydajność maksymalna: 34,8 m³/h.

Dobrana pompa głębinowa:

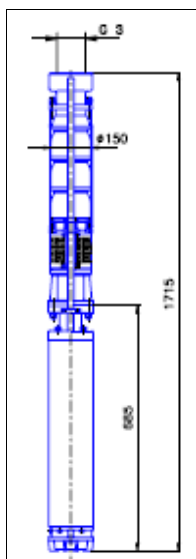
- producent: Hydro – Vacuum (lub równoważny),
- typ: GBC.5.05 (dla Hydro – Vacuum),
- moc silnika pompy: 11 kW,
- przyłącze: G3.

Dobrana armatura:

- rurociągi wznosne: ok. 56 m (9 x 6 m + 1 x 2 m), DN 80 – stal nierdzewna,
- obudowa: typu lange Przedsiębiorstwa Izolacyjno – Instalacyjnego „Lange” (lub równoważnego),
- armatura oferowana przez producenta obudowy:
 - wodomierz prosty: DN 80,
 - przepustnica zwrotna bezkołnierzowa: DN 80,
 - przepustnica zaporowa bezkołnierzowa: DN 80,
- pozostała armatura:
 - dyfuzor: DN 80/DN 100,
 - kształtka przejściowa: stal DN 100/PE 110 – kołnierz na PE 110 – systemowy.

Widok ogólny pompy głębinowej przedstawiono na schemacie nr 2.

Schemat 2. Pompa głębinowa nr 2



Sterowanie pracą studni:

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

Parametry mierzone:

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

Dobór armatury

Dyfuzor – identyczny dla studni głębinowej nr 1 i 2, przewiduje się montaż dyfuzora żeliwnego o następujących parametrach technicznych:

- producent: Hawle (lub równoważny),
- typ: zwężka dwukołnierzowa nr 540 (dla Hawle),
- średnica: DN 80/DN 100,
- długość: 200 mm,
- masa: 9,5 kg.

Kształtka przejściowa – identyczna dla studni głębinowej nr 1 i 2, przejście rurociągu stalowego na PE bezpośrednio za dyfuzorem w oparciu o kształtkę

prześciową stal/PE lub poprzez montaż na rurociągu PE kołnierza. Preferowane przejście – kształtka o następujących parametrach technicznych:

- producent: Hawle (lub równoważny),
- typ: kołnierz specjalny zabezpieczony przed przesunięciem nr 0400 (dla Hawle),
- średnica: DN 100/PE 110,
- ciśnienie robocze: do PN 16,
- długość: 95 mm,
- masa: 6,2 kg.

4.2. Napowietrzanie ciśnieniowe

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

Aeratory do napowietrzania ciśnieniowego są zbiornikami ciśnieniowymi, w których 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:

$$V = [34,8 * (30 \div 180)]/3600 = 0,3 \div 1,7 \text{ m}^3.$$

Dla wyznaczone wartości objętości $V = 0,3 \div 1,7 \text{ m}^3$ dobrano urządzenie o następujących parametrach technicznych:

- producent: Kotłorembud (lub równoważny),
- typ: mieszacz wodno – powietrzny, statyczny, ARC 1 (dla Kotłorembud),
- ilość: 1 szt.,
- średnica nominalna: DN 800,
- pojemność: $0,9 \text{ m}^3$,
- wysokość całkowita: $H = 2498 \text{ mm}$,
- odległość od podstawy do przyłgi króćca „B”: $h = 350 \text{ mm}$,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 100,
- ilość dysz w układzie napowietrzania: 4 szt.,
- masa: 266 kg.

Dobór króćców przeprowadzono w oparciu o maksymalny godzinowy przepływ wody surowej $Q_{h \text{ max}} = 34,8 \text{ m}^3/\text{h}$. Prędkość przepływu wody nie powinna przekraczać $1,5 \text{ m/s}$, stąd średnica króćców wynosi:

$$D = [(4 * 34,8)/(\pi * 1,5 * 3600)]^{0,5} = 90,6 \text{ mm}.$$

Dobrano średnice króćców wlotowych i wylotowych o średnicy DN 100.

Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody surowej i napowietrzonej:

$$v = (4 * 34,8) / (\pi * 0,1^2 * 3600) = 1,2 \text{ m/s.}$$

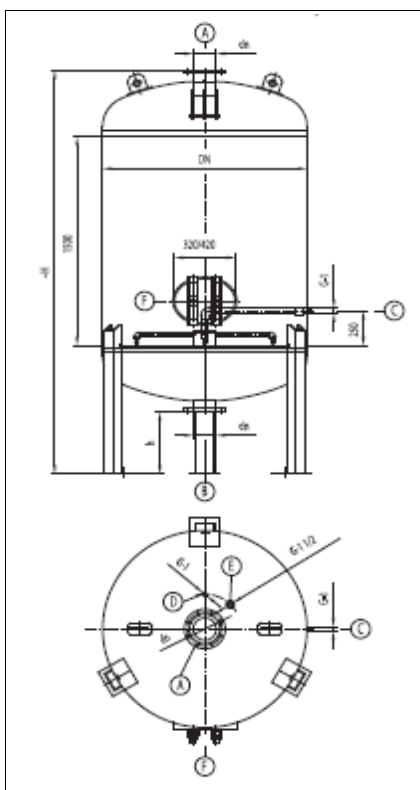
Sprawdzenie wymaganego czasu kontaktu wody z powietrzem dla dwukrotnego zwiększenia produkcji:

$$t = (0,9 * 3600) / 34,8 = 93 \text{ s.}$$

Dobrany aerator ciśnieniowy zapewnia wymagany czas kontaktu wody z powietrzem.

Widok ogólny aeratora ciśnieniowego przedstawia schemat nr 3.

Schemat 3. Mieszacz wodno – powietrzny, statyczny



Mieszacze wodno – powietrzne służą do napowietrzania wody uzdatnionej w celu ułatwienia wytrącenia związków żelaza. Mieszacze są niezbędnym elementem instalacji uzdatniania wody. Przeznaczone są do współpracy z zespołem filtrów w instalacjach wody zimnej przy maksymalnym dopuszczalnym ciśnieniu PS = 6 bar oraz maksymalnej temperaturze dopuszczalnej TS = 20 °C.

Wszystkie elementy mieszacza wodno – powietrznego (płaszcz, dno elipsoidalne, węży, 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 przeciwnieprądowo 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.

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

$$Q_p = 34,8 * 0,1 = 3,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

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

- producent: Kaeser Kompressoren (lub równoważny),
- typ: śrubowa, SXC 3 (dla Kaeser Kompressoren),
- ilość: 1 szt.,
- nadciśnienie robocze: 10 bar,
- wydajność przy nadciśnieniu roboczym: 0,26 m³/min. = 15,6 m³/h,
- maksymalne nadciśnienie: 11 bar,
- moc znamionowa silnika: 2,2 kW,
- pobór mocy przez osuszacz: 0,25 kW,
- środek chłodzący: R 134 a,
- ciśnieniowy punkt rosy: +6 °C,
- zbiornik powietrza: 215 L,
- poziom hałasu: 65 dB(A),
- waga: 285 kg,
- przyłącze: G 3/4”.

Widok ogólny sprężarki przedstawiono na zdjęciu nr 1.

Zdjęcie 1. Sprężarka śrubowa SXC



Powietrze będzie doprowadzane przewodami stalowymi, skręcanymi na gwint o średnicy $\frac{3}{4}$ ". Na przewodzie doprowadzającym powietrze do aeratora zostanie zamontowany reduktor ciśnienia, rotametr oraz zawory kulowe do regulacji strumienia powietrza do aeracji.

Dobrano następujący rotametr:

- producent: Meister Stromungstechnik (lub równoważny),
- typ: KM 16 – 06 (dla Meister Stromungstechnik),
- ciśnienie pracy: 3 bary,
- wydajność: $0,3 \div 4,4 \text{ m}^3/\text{h}$,
- średnica: DN 10,
- długość: 165 mm,
- ilość: 2 szt.

Poniższe zdjęcie przedstawia zaprojektowany rotametr.

Zdjęcie 2. Rotametr KM 16 – 06



Na rurociągu doprowadzającym powietrze do aeratora zostanie zamontowany elektrozawór, otwierający się podczas pracy pomp głębinowych.

Aerator wyposażony będzie w odpowietrzenie ręczne. Nie przewiduje się montażu odpowietrzników kulowych (automatycznych). 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 50 w dolnej części urządzenia.

Na rurociągu doprowadzającym wodę surową do aeratora oraz odprowadzającym wodę napowietrzoną należy zamontować przepustnice z napędem ręcznym o średnicy DN 100.

Na przewodzie wody surowej doprowadzanej do aeratora należy zamontować mieszacz statyczny wspomagający napowietrzanie wody. Parametry techniczne wybranego urządzenia są następujące:

- producent: nowyPOZIOM (lub równoważny),
- typ: NP (dla nowyPOZIOM),
- średnica: DN 100,
- przybliżona długość mieszacza: 650 mm.

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

Mikser statyczny NP 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.

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

4.3. Filtracja ciśnieniowa I stopnia

W wodzie surowej maksymalne stężenie żelaza wynosi ok. 4,2 mgFe/L, natomiast maksymalne stężenie manganu wynosi ok. 0,33 mgMn/L.

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. 4,2 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:

- maksymalne stężenie żelaza wynosi ok. 4,2 mgFe/L,
- prędkości filtracji wynoszą od 2 do 12 m/h przy produkcji wody na poziomie $Q_{h\ max} = 34,8\ m^3/h$,
- filtr zasypyany będzie złożem chalcedonitowym o średnicy efektywnej ziaren równej $d_e = 1\ mm$,
- 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 1. Zależność strefy odżelaziania od prędkości filtracji dla piasku chalcedonitowego

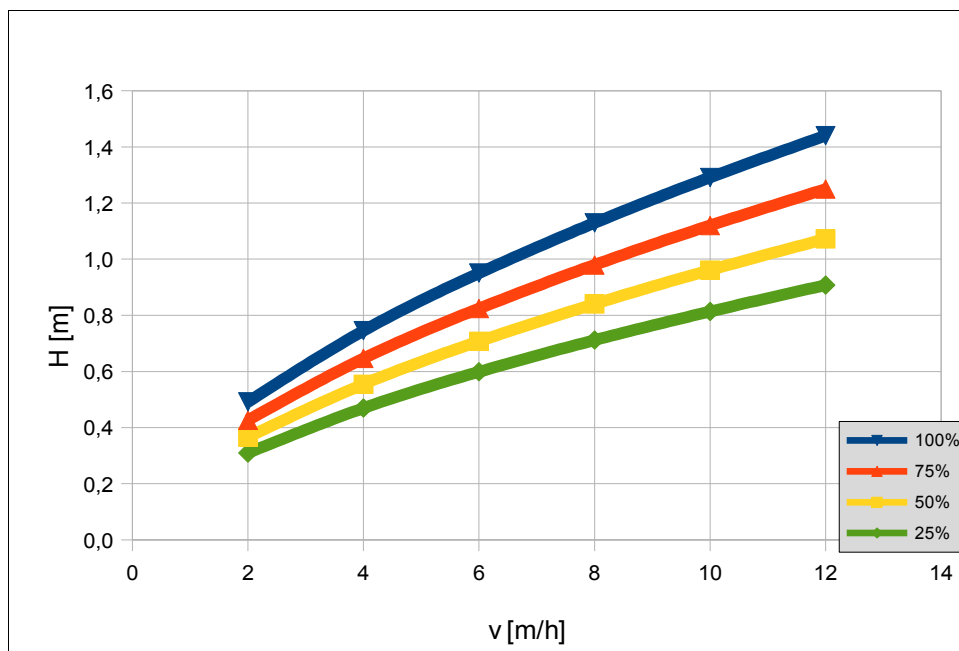


Tabela 9. Zestawienie wysokości złoża do odżelaziania

Prędkość filtracji	Wysokość warstwy odżelaziania		Wysokość warstwy podtrzymującej	Wysokość materiału filtracyjnego		Wysokość płaszcza	
	kwarc	chalcedonit		kwarc	chalcedonit	kwarc	chalcedonit
[m/h]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm]
4	0,74	0,55	0,20	0,94	0,75	1 500	1 500
6	0,94	0,71	0,20	1,14	0,91	1 500	1 500
8	1,12	0,84	0,20	1,32	1,04	1 500	1 500
10	1,28	0,96	0,20	1,48	1,16	1 500	1 500
12	1,43	1,07	0,20	1,63	1,27	2 000	1 500

Chalcedonit jest wydobywany w jedynym udokumentowanym nagromadzeniu tej kopaliny w Polsce – złożu „Teofilów” w rejonie Inowłódza. Chalcedonity stanowią surowiec mineralny, którego skład chemiczny i fazowy, a także własności fizyczne stwarzają perspektywy różnorodnego i wielostronnego wykorzystania. Na charakterystykę chalcedonitów wpływają formy budujących je minerałów z grupy SiO_2 , a także typ i rodzaj transformacji fazowych, zachodzących w ich obrębie pod wpływem oddziaływania wysokich temperatur.

Są to skały krzemionkowe powstałe syngenetycznie, wieku kelowejskiego. Charakteryzują się skomplikowaną, porowatą wewnętrzną budową oraz występowaniem w niej pustych przestrzeni po wyługowanych szczątkach organizmów. Jednocześnie struktura ta jest uznawana za czynnik decydujący o wysokiej przydatności złoża w inżynierii budowlanej czy środowiskowej (uzdatnianie wody).

Analiza składu chemicznego wskazuje na znaczną zawartość krzemionki (w granicach 95 %) oraz pewne ilości tlenków wapnia, magnezu, glinu, żelaza oraz manganu. Chalcedonity charakteryzuje również dość znaczna powierzchnia właściwa oraz duża objętość makroporów (wyższa niż w przypadku węgla antracytowego). Ponadto, budująca je krzemionka ma charakter reaktywny. Podstawowe parametry fizyko – chemiczne są następujące:

- gęstość właściwa: 2600 kg/m^3 ,
- gęstość nasypowa: $850 \div 1000 \text{ kg/m}^3$,
- porowatość ziaren: do 30 %,
- porowatość złoża: do 60 %,
- sferyczność: $0,4 \div 0,6$,
- ścieralność w bębnie Devala: $6 \div 15 \%$,
- nasiąkliwość: $4 \div 10 \%$,
- liczba olejowa: $26/100 \text{ g/g}$ mączki,
- wytrzymałość na ściskanie: $60 \div 120 \text{ MPa}$,
- podstawowy związek tworzący złożo: SiO_2 (bezpостaciowa),
- procentowa zawartość podstawowego związku: $94 \div 99 \%$,
- pozostałe składniki:
 - Al_2O_3 : $0,4 \div 3,6 \%$,
 - Fe_2O_3 : $0,1 \div 0,8 \%$,
 - CaO : $0,1 \div 1,2 \%$,
 - MgO : $0,0 \div 0,3 \%$,
 - Na_2O : $0,04 \div 0,20 \%$,
 - K_2O : $0,1 \div 0,5 \%$.

Wysoka porowatość wewnętrzna z technologicznego punktu widzenia pozwala:

- zasiedlać bakterie, wspomagające proces uzdatniania wody:
 - bakterie manganowe: decydujące o skutecznym wpracowaniu złoża do usuwania związków tego pierwiastka,
 - bakterie nitryfikacyjne: pozwalające skutecznie realizować proces usuwania jonu amonowego z wody,
 - bakterie utleniające siarczki do siarczanów: mające swój udział w usuwaniu zredukowanych związków siarki,
 - bakterie utleniające substancje organiczne: poprawiające tym samym stabilność biologiczną wody w sieci,
- wbudowywać w strukturę złoża wytrącone tlenki manganu i tlenki żelaza (katalizujące usuwanie tych związków z wody), dzięki czemu strącony dwutlenek manganu jest podatny na odpłukiwanie tylko do pewnego bezpiecznego stopnia,
- ograniczać odpłukiwanie bakterii uczestniczących w procesie uzdatniania, podczas płukania powietrzem i wodą, jak i zrywanie ich w toku normalnej filtracji.

Jednocześnie materiał cechuje wysoka wytrzymałość mechaniczna, co ma istotne znaczenie z punktu widzenia zastosowania złoża jako wypełnienia filtrów pospiesznych płukanych wodą oraz powietrzem.

Wysoka przydatność złoża chalcedonitowego w technologii usuwania żelaza oraz

manganu z wody wiąże się z:

- niską strefą odżelaziania wody (niższą niż w przypadku złoża antracytowego czy kwarcowego),
- krótkim czasem wpracowania złoża do usuwania manganu czy jonu amonowego (zdecydowanie krótszym niż dla złoża kwarcowego oraz antracytowo – kwarcowego), przede wszystkim dzięki wysokiej porowatości ziaren złoża filtracyjnego,
- korzystnymi własnościami hydraulicznymi, pozwalającymi uzyskać wysoką pojemność masową filtra przy niskich stratach ciśnienia, co wydatnie wpływa na długość cyklu filtracyjnego.

Dla maksymalnej wydajności SUW Kopojno równej $Q_{h \max} = 34,8 \text{ m}^3/\text{h}$ oraz prędkości filtracji 8 m/h powierzchnia filtracji wyniesie:

$$A_f = 34,8/8 = 4,4 \text{ m}^2.$$

Przy zastosowaniu jednostek filtracyjnych o średnicy DN 1800 ilość filtrów wyniesie:

$$i_f = 4,4/2,54 = 1,7 \text{ szt.}$$

Rzeczywista powierzchnia filtracji przy zastosowaniu 2 sztuk filtrów wyniesie:

$$A_{f-rz} = 2,54 * 2 = 5,08 \text{ m}^2.$$

Prędkość filtracji dla maksymalnej wydajności SUW wynoszącej $Q_{h \max} = 34,8 \text{ m}^3/\text{h}$ wyniesie:

$$v_{f-rz} = 34,8/5,08 = 6,9 \text{ m/h.}$$

Dla wyznaczonej maksymalnej prędkości filtracji wysokość strefy odżelaziania wyniesie:

$$H_{Fe} = 0,77 \text{ m.}$$

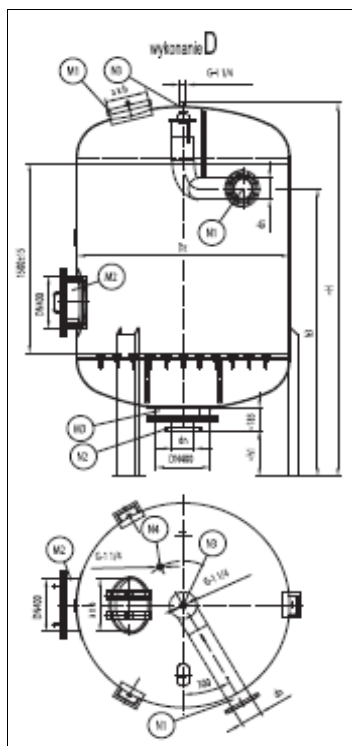
Skorygowana (o wartość wysokości warstwy podtrzymującej) wysokość złoża wyniesie zatem $0,8 + 0,2 = 1,0 \text{ m}$. Natomiast po uwzględnieniu ekspansji złoża podczas procesu płukania wysokość płaszcza filtra wyniesie $1,5 \text{ m}$.

Dane techniczne dobranych filtrów ciśnieniowych:

- producent: Kottłorembud (lub równoważny),
- typ: filtr ciśnieniowy pionowy, FCP 7, wykonanie D (dla Kottłorembud),
- ilość: 2 szt.,
- średnica: DN 1800,
- jednostkowa powierzchnia filtracyjna: $A_f = 2,54 \text{ m}^2$,
- wysokość części płaszczowej: $H = 1500 \text{ mm}$,
- wysokość całkowita: 3105 mm ,

- włązy rewizyjne:
 - zasypowy, górny: 320/420 mm,
 - boczny: DN 400 – na windzie,
 - dolny: DN 400 – na zawiasach,
 - średnica króćców przyłączeniowych: DN 150,
 - masa: 1265 kg,
 - 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).
- Widok ogólny filtra przedstawiono na poniższym schemacie nr 4.

Schemat 4. Filtr ciśnieniowy, pionowy

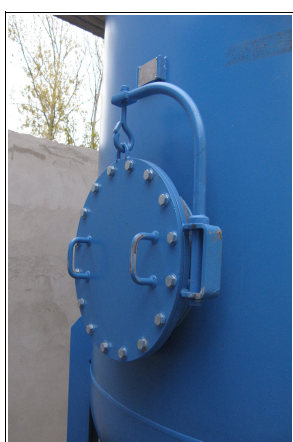


Dodatkowo zaleca się, by filtry wyposażone były we wzniaki umożliwiające kontrolę poziomu złoża filtracyjnego.

Zdjęcie 3. Wzmocnienie dna drenażowego w filtrach ciśnieniowych z płaskim dnem grzybkowym



Zdjęcie 4. Winda i zawiasy umożliwiające łatwą obsługę filtra



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

$$Q_p = 12 \cdot 2,54 \cdot 3,6 = 109,7 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Prędkość przepływu wody dla instalacji płuczącej nie powinna przekraczać $2,0 \text{ m/s}$ – dobrano $1,5 \text{ m/s}$, stąd średnica rurociągu wynosi:

$$D = [(4 \cdot 109,7)/(\pi \cdot 1,5 \cdot 3600)]^{0,5} = 160,8 \text{ mm}.$$

Dobrano króćce wlotowe i wylotowe z filtra o średnicy DN 150.

Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody płuczącej:

$$v = (4 \cdot 109,7)/(\pi \cdot 0,15^2 \cdot 3600) = 1,7 \text{ m/s}.$$

W wykonaniu standardowym wszystkie elementy filtra ciśnieniowego (płaszcz, dna wypukłe, włazy, króćce itp.) wykonane są ze stali niestopowych – atestowanych. Ciśnienie dopuszczalne PS = 6 bar oraz temperatura dopuszczalna TS = $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 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 sączi (dysze) filtracyjne w układzie trójkątnym. W standardzie stosowane są dysze z tworzywa sztucznego PP ze szczeliną filtracyjną o szerokości $s = 0,2$ mm. Należy zastosować dysze z długą nóżką, umożliwiającą płukanie wodą oraz powietrzem. Filtr wyposażony jest w dodatkowy właz, umożliwiający rewizję wewnętrzną pod płytą filtracyjną – właz boczny, który należy wykonać na tzw. windzie (wysięgniku).

Proponowani dostawcy i producenci poszczególnych złożeń są następujący:

- piasek kwarcowy (warstwa podtrzymująca): dowolna żwirownia, posiadająca w swej ofercie atestowany piasek filtracyjny z możliwością wykorzystania do zastosowań w uzdatnianiu wody pitnej,
- złożo chalcedonitowe: dowolny zakład, posiadający w swej ofercie atestowany piasek filtracyjny z możliwością wykorzystania do zastosowań w uzdatnianiu wody pitnej.

Warstwę podtrzymującą należy zasypywać ręcznie! Złożo zasypywać na mokro, zalewając wodą i wyrównując poziom złoża filtracyjnego względem podanych założeń.

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

Filtry wypełnione będą następującym złożem filtracyjnym:

- I warstwa podtrzymująca (złożo kwarcowe) o uziarnieniu $4,0 \div 8,0$ mm i wysokości 0,1 m,
- II warstwa podtrzymująca (złożo kwarcowe) o uziarnieniu $2,0 \div 4,0$ mm i wysokości 0,1 m,
- właściwa warstwa filtracyjna (złożo chalcedonitowe) o uziarnieniu $0,8 \div 2,0$ mm i wysokości 0,8 m.

Objętość złoża niezbędna do zasypywania dwóch filtrów została zestawiona w poniższej tabeli nr 10.

Tabela 10. Zestawienie ilości złoża wykorzystanego do zasypywania filtrów I stopnia

Złoże filtracyjne	Uziarnienie	Gęstość właściwa	Objętość złoża na jeden filtr	Objętość złoża na dwa filtry	Przybliżona masa złoża
	[mm]	[t/m ³]	[m ³]	[m ³]	[t]
kwarc	4,0 ÷ 8,0	1,65	0,25	0,51	0,84
kwarc	2,0 ÷ 4,0	1,65	0,25	0,51	0,84
chalcedonit	0,8 ÷ 2,0	1,10	2,03	4,06	4,47

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

Do wyznaczenia długości cyklu filtracyjnego wykorzystano następujące dane:

- pojemność masowa chalcedonitu: 3000 g/m²,
- maksymalna wydajność dobową SUW Kopojno: $Q_{d\ max} = 364,2\ m^3/d$,
- zawartość żelaza w wodzie surowej: 4,2 mgFe/L.

Długość cyklu filtracyjnego wyniesie zatem:

$$T_c = (PM * A_f) / (Q_{d\ max} * c_{Fe} * 1,9) [d],$$

$$T_c = (3000 * 5,08) / (364,2 * 4,2 * 1,9) = 5,2\ d.$$

Wstępnie przyjęto długość cyklu filtrów nie przekraczającą 5 dób.

Celem automatyzacji czy półautomatyzacji wyznaczono objętość wody do procesu płukania, która jest bezpośrednią wytyczną inicjującą lub wspomagającą inicjację ręczną procesu płukania. Objętość ta będzie stanowiła podstawę do decyzji o płukaniu filtrów. Wynosi ona:

$$V = \text{ok. } 1800\ m^3.$$

Na podstawie powyższej wartości powinien być inicjowany proces płukania filtrów.

Całe orurowanie filtrów należy wykonać ze stali nierdzewnej 1.4307, zgodnie z rysunkami technicznymi.

Orurowanie filtrów dobrano w oparciu o prędkość przepływu równą 1 ÷ 2 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 DN 80, PN 10,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną o średnicy DN 80, PN 10,

- rurociąg doprowadzający wodę do płukania o średnicy DN 150, PN 10,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania o średnicy DN 65, PN 10,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny o średnicy DN 150, PN 10,
- spust pierwszego filtratu o średnicy DN 80, PN 10,
- rurociąg odpowietrzający (ręczne odpowietrzenie filtrów) o średnicy G 1¼",
- rurociąg spustu zerowego z filtra o średnicy DN 40, PN 10.

Poszczególne odcinki orurowania międzyfiltrowego z rurociągów ze stali nierdzewnej 1.4307 wody surowej i uzdatnionej należy stopniować (zmieniać ich średnice) w miejscu wskazanym na rysunkach.

Przewiduje się średnice rurociągów pośrednich (wody surowej oraz wody uzdatnionej): doprowadzenie wody na dwa filtry i odprowadzenie wody z dwóch filtrów o średnicy DN 100, PN 10.

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, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 80,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną z każdego filtra: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 80,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 65,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150,
- rurociąg spustu pierwszego filtratu (połączony z rurociągiem odprowadzającym popłuczyny): przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 80.

Dodatkowo wprowadza się następujące przepustnice z napędem ręcznym:

- przepustnica na rurociągu spustu pierwszego filtratu: DN 80,
- przepustnica na rurociągu odprowadzającym wodę uzdatnioną: DN 80,
- przepustnica na rurociągu spustu zerowego: DN 40.

Proponowanym producentem przepustnic jest Jafar.

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 1¼" z zamontowanym zaworem kulowym o średnicy

G 1¼". Rurociąg odpowietrzający zostanie włączony do rurociągu odprowadzającego wody popłuczne (wmontowany w rurociąg przy użyciu odpowiednich kształtek, względnie poprzez bezpośrednie wprowadzenie do rurociągu).

Niezależnie od odpowietrzenia ręcznego należy zamontować odpowietrzniki automatyczne.

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.

Zaleca się na rurociągu odpowietrzającym filtry (wprowadzonym do rurociągu wody popłucznej) montaż zaworu zwrotnego, uniemożliwiającego cofanie popłuczyn poprzez odpowietrzenie do filtra – stanowiącego rozdzielenie pomiędzy wodą czystą a brudną, zgodnie z obowiązującymi przepisami, względnie dopuszcza się wykonanie przerwy powietrznej na rurociągu odpowietrzającym, również stanowiącej zabezpieczenie (rozdziel) pomiędzy wodą czystą a wodą brudną.

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 głównego przewodu wód popłucznych – zgodnie z rysunkami technicznymi.

Na rurociągach wody uzdatnionej oraz na rurociągu wody popłucznej projektuje się kurek probierczy (zawór kulowy) do poboru prób do badań technologicznych. Kurki o średnicy ½".

Wariantowo dopuszcza się również następujący sposób poboru wody do analizy:

- wszystkie miejsca, z których pobierane będą próby do analizy, można wyprowadzić przewodami o średnicy ½" do jednego wspólnego miejsca probierczego, zlokalizowanego na ścianie filtrowni, na której zostanie w takiej sytuacji zamontowany również zlew,
- wyprowadzenie rurkami o średnicy ½" zakończonymi kurkami probierczymi o średnicy ½" do wymienionego zlewu.

W ten sposób należy podłączyć przede wszystkim:

- wodę surową,
- wodę napowietrzoną,
- wodę po każdym filtrze technicznym (przefiltrowaną), również po filtrach II stopnia,
- wodę uzdatnioną, kierowaną do sieci wodociągowej.

Lokalizacja kurków w jednym miejscu, po odpowiednim oznaczeniu każdego przewodu, umożliwi 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

Do pomiarów układu zaliczono:

- pomiar mętności wody po filtracji mętnościomierzem firmy Endress + Hauser (lub równoważnej),
- pomiar zawartości chloru wolnego po dezynfekcji chloromierzem firmy Endress + Hauser (lub równoważnej),
- pomiar absorbancji UV 254 nm – w sytuacji stosowania dezynfekcji UV, zintegrowany z urządzeniem dezynfekującym (lampą UV).

Filtry opomiarowane będą w zakresie:

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

Dodatkowe parametry mierzone w trakcie pracy filtrów:

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

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

- producent: Endress + Hauser (lub równoważny),
- typ: Proline Promag 10L (dla Endress + Hauser),
- średnica: DN 80,
- 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 I stopnia

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 ÷ 4 atm.,
- 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 mH₂O i przeliczane na różnicę ciśnień (stratę ciśnienia) wyświetlaną w sterowni oraz bezpośrednio na obiekcie.

Sterowanie pracą filtrów I stopnia

Odczyt przepływu wody przez poszczególne filtry będzie podstawą wyrównywania rozdziału wody pomiędzy pozostałymi filtrami. Różnice przepływu będą wyrównywane ręcznie przez operatora Stacji Uzdatniania Wody, który będzie otwierał bądź przymykał przepustnicę sterowaną ręcznie, zamontowaną na rurociągu wody uzdatnionej.

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.

W sterowaniu tym procesem, zgodnie z doświadczeniami praktycznymi z innych wodociągów, nie zaleca się pełnej automatyzacji z uwagi na znaczne, postępujące w trakcie cyklu dławienia układu filtracji.

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.

Przejście 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/skrzynkach 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 automatyzacji SUW 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 I stopnia

Płukanie filtrów będzie inicjowane ręcznie. Dopuszcza się wariantowo wprowadzenie

do programu sterującego możliwości ustawienia automatycznego płukania filtrów (ale tylko i wyłącznie względem czasu pracy).

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): wstępnie przyjęto maksymalny czas pomiędzy płukaniem – 5 dni (minimalny – na podstawie oceny technologicznej pozostałych wskaźników),
- ilość m³ 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 wodą i powietrzem**. Skuteczne płukanie złoża chalcedonitowego uzyskuje się przy **intensywności płukania powietrzem** w granicach 13 ÷ 17 L/s*m². Odpowiada to wydajności urządzenia do płukania powietrzem na poziomie:

$$Q_p = (13 \div 17) * 2,54 * 3,6 = 118,9 \div 155,4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do płukania dobrano dmuchawę o następujących parametrach technicznych:

- producent: Becker (lub równoważny),
- typ: KDT 3.140 (dla Becker),
- wydajność maksymalna: 129 m³/h,
- ciśnienie powietrza: 1 bar,

- częstotliwość: 50 Hz,
- moc: 7,8 kW,
- poziom dźwięku: 82 dB(A),
- masa: 140 kg,
- średnica przyłącza: G 1½”.

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 maksymalnej 129 m³/h rzeczywista intensywność płukania powietrzem wynosi:

$$i_{rz} = 129 / (2,54 * 3,6) = 14,1 \text{ L/s} \cdot \text{m}^2.$$

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

$$D = [(4 * 129) / (\pi * 10 * 3600)]^{0,5} = 67,5 \text{ mm} - \text{dobrano DN 65}.$$

Rurociąg do płukania powietrzem należy wykonać ze stali nierdzewnej, łączonej kołnierzowo. Będzie on wpięty do każdego filtra indywidualnie i odcięty przepustnicą z napędem pneumatycznym, montowaną międzykołnierzowo. Dobór rurociągu ze stali nierdzewnej do płukania powietrzem jest podyktowany doświadczeniami z innych wodociągów, na których niekiedy stwierdza się ładowanie elektrostatyczne rurociągów wykonanych z tworzyw sztucznych.

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:
 - producent: Jafar (lub równoważny),
 - nr katalogowy: 6516 (dla Jafar),
 - średnica: DN 65,
 - zawór do wody czystej oraz powietrza (gazu),
- przepustnica na doprowadzeniu powietrza do filtrów.

Oprzyrządowanie dmuchawy stanowić będą dodatkowo przepustnica odcinająca firmy Jafar (lub równoważnej), międzykołnierzowa, o średnicy DN 65 oraz przepustnica z napędem pneumatycznym – sterująca procesem płukania.

Na rurociągu tłocznym dmuchawy płuczącej projektuje się rotametr do oceny:

- faktycznej ilości tłoczonego powietrza do płukania filtrów,
- stopnia zużycia technicznego dmuchawy, ocenianego przez spadek

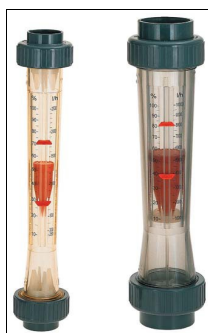
- wydajności dmuchawy do płukania filtrów,
- kolmatacji złoża filtracyjnego, ocenianego poprzez spadek wydajności dmuchawy do płukania filtrów.

Dobrano rotametr o następujących parametrach technicznych:

- producent: Meister Stromungstechnik (lub równoważny),
- typ: KM 35 – 30 (dla Meister Stromungstechnik),
- ciśnienie pracy: 1 bar,
- wydajność: $15 \div 140 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
- średnica: DN 40,
- długość: 418 mm,
- ilość: 1 szt.

Widok ogólny rotametr przedstawia poniższe zdjęcie 5.

Zdjęcie 5. Rotametr KM 35 – 30



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

Za rotametrem zamontowana będzie przepustnica z napędem ręcznym, międzykołnierzowa, z dyskiem stalowym (stal nierdzewna) o średnicy DN 65 – do dostrojenia 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 chalcedonitowego wodą uzyskuje się

przy **intensywności płukania** w granicach $12 \div 15 \text{ L/s}\cdot\text{m}^2$. Odpowiada to wydajności pompy płuczącej na poziomie:

$$Q_w = (12 \div 15) * 2,54 * 3,6 = 109,7 \div 137,2 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do płukania wodą wykorzystana będzie woda uzdatniona zgromadzona w zbiorniku retencyjnym. Do płukania dobrano pompę o następujących parametrach technicznych:

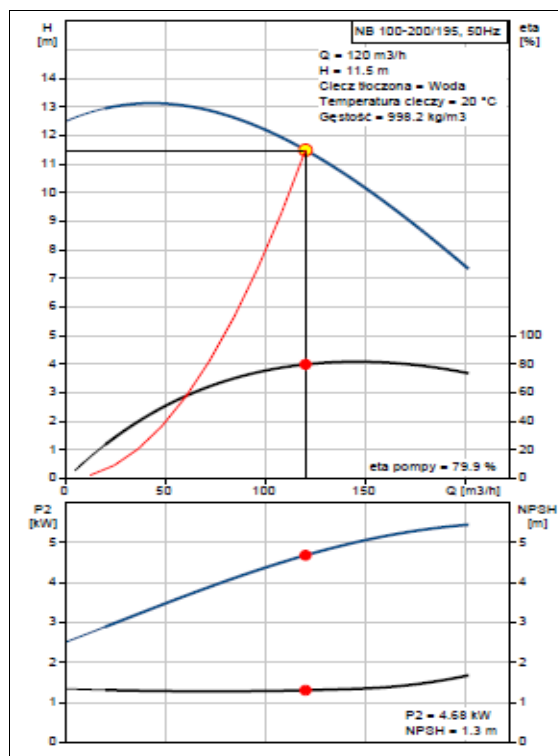
- producent: Grundfos (lub równoważny),
- typ: NB 100 – 200/195 (dla Grundfos),
- przepływ obliczeniowy: $120 \text{ m}^3/\text{h}$,
- wydajność nominalna: $146 \text{ m}^3/\text{h}$,
- obliczeniowa wysokość podnoszenia pompy: $11,5 \text{ mH}_2\text{O}$,
- nominalna wysokość podnoszenia: $10,3 \text{ mH}_2\text{O}$,
- ilość: 2 szt. (w tym 1 rezerwowa),
- nominalna moc silnika: $5,5 \text{ kW}$,
- króciec ssawny: DN 125,
- króciec tłoczny: DN 100.

Na zdjęciu 6 i schemacie 5 przedstawiono widok ogólny i charakterystykę pompy płuczącej.

Zdjęcie 6. Pompa do płukania filtrów na SUW Kopojno



Schemat 5. Charakterystyka pompy do płukania filtrów



Pompy będą podłączone na wspólnym rurociągu ssawnym z pompami sieciowymi o średnicy min. DN 250. Tak dobrana średnica rurociągu ssawnego zapewni odpowiedni napływ wody w sytuacji jednoczesnej pracy zestawu sieciowego na wysoką wydajność oraz zestawu pomp płuczących.

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

$$v = (4 * 120) / (\pi * 0,15^2 * 3600) = 1,9 \text{ m/s.}$$

Na rurociągu ssawnym – przepustnica odcinająca, na tłocznym – przepustnica, zawór zwrotny i redukcja, zgodnie z rysunkami technologicznymi.

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

Rurociąg tłoczny wody do płukania filtrów DN 125 – wykonany ze stali nierdzewnej.

Dodatkowa armatura pompy płuczającej:

- na rurociągu ssawnym: przepustnica odcinająca o średnicy DN 125 Jafar (lub równoważna),
- na rurociągu tłocznym: przepustnica odcinająca o średnicy DN 100, zawór zwrotny montowany międzykołnierzowo o średnicy DN 100 – montowane w kolejności od pompy: zawór, przepustnica.

Dodatkowy osprzęt pompy płuczącej (układ płukania filtrów wodą):

- czujnik ciśnienia zamontowany na jednym króćcu wraz z manometrem,
- przepływomierz na rurociągu wody do płukania o średnicy DN 100.

Dane techniczne zastosowanych urządzeń pomiarowych

Ciśnieniomierz:

- producent: Endress + Hauser (lub równoważny),
- zakres pomiarowy: $0 \div 6$ bar,
- wyjście prądowe: $4 \div 20$ mA,
- przyłącze technologiczne: G $\frac{1}{2}$ ".

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

Manometr tarczowy (kontrolny) dla czujnika automatycznego ciśnienia:

- producent: Wika Polska (lub równoważny),
- średnica tarczy: 100 mm,
- przyłącze (mosiądz): G $\frac{1}{2}$ ",
- oprawa: stal nierdzewna,
- klasa dokładności: 1,6,
- wypełnienie antywstrząsowe: gliceryna,
- zakres pomiarowy: $0 \div 6$ bar,
- działka: 0,1 bar.

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

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

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

- objętość popłuczyn w trakcie jednego płukania: $V = 120 \cdot (10/60) = 20,0 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej z dna złoża filtracyjnego: przyjęto wysokość równą ok. 40 cm, co daje objętość $V = 0,4 \cdot 2,54 = 1,0 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej podczas spustu I filtratu: przyjęto na poziomie jednej objętości złoża filtracyjnego, czyli ok. $V = 1 \cdot 2,54 = 2,5 \text{ m}^3$.

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

$$V_c = 20,0 + 1,0 + 2,5 = 23,6 \text{ m}^3.$$

Natomiast ilość popłuczyn z płukania dwóch filtrów wyniesie ok.:

$$V = 47,1 \text{ m}^3.$$

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 retencyjnym: poziom wody w zbiorniku wody uzdatnionej 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 retencyjnym. 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 o zainicjowaniu płukania lub jego odłożeniu.
4. Sprawdzenie poziomu wody w odstojniku. Jeśli poziom wody będzie równy wartości minimalnej, umożliwienie płukania filtrów. Jeśli poziom minimalny nie będzie osiągnięty, uniemożliwienie procedury płukania. Nieosiągnięcie poziomu minimalnego będzie wymagało sprawdzenia układu odprowadzenia popłuczyn bezpośrednio na obiekcie.
5. W sytuacji, gdy warunki nie będą spełnione, sterownik powinien kontrolować parametry co ok. 15 min., aż do ich spełnienia i umożliwienie przebiegu procesu płukania.
6. Po spełnieniu obu warunków – umożliwienie płukania filtrów.
7. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu wody uzdatnionej filtra nr 1.

8. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu wody surowej filtra nr 1.
9. Otwarcie przepustnicy (lub elektrozaworu) na odpowietrzeniu filtra celem spustu ewentualnie nagromadzonych, nie usuniętych w toku normalnej pracy gazów.
10. Otwarcie przepustnicy na rurociągu wód popłucznych filtra nr 1.
11. Otwarcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 1 (przepustnica równa przepustnicy spustu I filtratu).
12. Spust wody znad złoża filtracyjnego w czasie dobranym na rozruchu (program musi mieć możliwość regulacji czasu spustu wody z filtra).
13. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 1.
14. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtra nr 1 powietrzem.
15. Załączenie dmuchawy do płukania filtrów.
16. Płukanie filtra nr 1 powietrzem (przez czas ustalony na rozruchu, zmieniany w trakcie eksploatacji w zależności od potrzeb) – wstępnie przyjęto 2 min.
17. Wyłączenie dmuchawy do płukania filtrów powietrzem.
18. Zamknięcie przepustnicy do płukania filtrów powietrzem.
19. Stabilizacja złoża (postój filtra, bez płukania) – przez czas ok. 5 min., w trakcie którego zachodzi odgazowanie złoża, przed płukaniem wodą.
20. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtrów wodą.
21. Załączenie pompy płuczającej.
22. Płukanie filtra wodą przez czas ustalony na rozruchu, korygowany w trakcie eksploatacji SUW (wstępnie przyjęto czas ok. 10 min.).
23. Wyłączenie pompy płuczającej po upływie czasu płukania.
24. Zamknięcie przepustnicy sterowanej automatycznie na rurociągu wody do płukania filtra nr 1.

25. Zamknięcie przepustnicy odprowadzenia popłuczyn.
26. Otwarcie przepustnicy doprowadzenia wody surowej na filtr nr 1.
27. Otwarcie przepustnicy na rurociągu odprowadzenia I filtratu (rurociąg spustu I filtratu).
28. Spust I filtratu do studni rozprężnej przez czas określony na rozruchu z wydajnością dosterowaną przepustnicą ręczną.
29. Zamknięcie przepustnicy odprowadzającej I filtrat.
30. Otwarcie przepustnicy wody uzdatnionej.
31. Tryb filtracji.
32. Od momentu zakończenia płukania filtra (względnie grupy filtrów) wodą (wyłączenia pompy płuczającej) – względnie załączenia pompy płuczającej – będzie liczony czas sedimentacji popłuczyn w odstojniku, po którym popłuczyny będą odprowadzane do odbiornika.
33. Przejście do płukania kolejnego filtra.
34. Algorytm od punktu nr 3.
35. Po zakończeniu płukania ostatniego filtra – sygnał o wypłukaniu wszystkich filtrów.
36. Po wypłukaniu każdego filtra zerowanie zegara czasu pracy od ostatniego płukania oraz zegara objętości wody przefiltrowanej od ostatniego płukania.

Realizacja powyższego algorytmu jest możliwa tylko wtedy, gdy popłuczyny będą odprowadzane od razu do rowu otwartego, bez konieczności ich przetrzymywania w odstojniku. W sytuacji wprowadzenia okresu sedimentacji praktycznie nie ma możliwości płukania jednego filtra za drugim.

Zmiana poszczególnych nastaw procesu płukania filtrów możliwa tylko ze sterowni zlokalizowanej na SUW.

4.4 Filtracja ciśnieniowa II stopnia

Na drugim stopniu filtracji usuwany będzie mangan. Jednak ze względu na jego stężenie w wodzie surowej (uniemożliwiające wpracowanie materiału filtracyjnego do usuwania manganu), proces ten jest wymagający z technologicznego punktu widzenia i istnieje konieczność zastosowania złoża katalitycznego.

Złoże katalityczne Multiman 3M to wysokosprawny naturalny materiał filtracyjny o ziarnistej strukturze. Nadaje się do procesu filtracji wody pitnej o dużej zawartości żelaza i manganu zarówno w pośpiesznych filtrach ciśnieniowych, jak i otwartych czy zamkniętych filtrach grawitacyjnych. Ziarna złoża posiadają nieregularny kształt, chropowatą powierzchnię i ostre krawędzie.

Multiman 3M działa jako nierozpuszczalny katalizator, przyspieszający reakcję utleniania związków manganu podnosząc jego stopień utlenienia, co ułatwia wydzielenie go z wody w postaci nierozpuszczalnego dwutlenku manganu. Dzięki zwiększonej porowatości złożo posiada większą powierzchnię właściwą, co skutkuje bardzo dobrym usuwaniem struktur koloidalnych powodujących mętność medium i wydłuża filtracykl przynosząc korzyści ekonomiczne.

Złoże nie zużywa się, a jego regeneracji dokonuje się poprzez przeciwprądowe płukanie wodno – powietrzne usuwając w ten sposób zawiesiny wytrącone na powierzchni ziaren złoża. Podczas właściwie prowadzonego płukania przeciwprądowego złożo Multiman 3M nie zostaje wymieszane z innym materiałem filtracyjnym z uwagi na różnice granulacji i gęstości.

Przy filtracji dwustopniowej Multiman 3M może być stosowany na drugim stopniu filtracji jako jedyna, wystarczająca warstwa filtracyjna – odmanganiająca.

Parametry złoża Multiman 3M:

- producent/dystrybutor: Dynamik Filtr,
- wygląd: brunatno – czarny granulat,
- granulacja: 0,8 ÷ 2,5 oraz 1,0 ÷ 3,0 mm,
- ciężar nasypowy: 2,1 t/m³,
- zawartość Mn: min. 55 %,
- zawartość MnO₂: min. 82 %,
- zawartość Fe₂O₃: max. 3,2 %,
- zawartość SiO₂: max. 3,1 %,
- zawartość Al₂O₃: max. 3,1 %,
- wilgotność: max. 2 %,
- zalecane prędkości filtracji: 5 ÷ 15 m/h,
- prędkość płukania wodą: 40 ÷ 60 m/h,
- prędkość płukania powietrzem: 60 m/h,
- zakres odczynu pH: 6,5 ÷ 9,0.

Dla maksymalnej wydajności SUW Kopojno równej $Q_{h \max} = 34,8 \text{ m}^3/\text{h}$ oraz prędkości filtracji 8 m/h powierzchnia filtracji wyniesie:

$$A_f = 34,8/8 = 4,4 \text{ m}^2.$$

Przy zastosowaniu jednostek filtracyjnych o średnicy DN 1800 ilość filtrów wyniesie:

$$i_f = 4,4/2,54 = 1,7 \text{ szt.}$$

Rzeczywista powierzchnia filtracji przy zastosowaniu 2 sztuk filtrów wyniesie:

$$A_{f-rz} = 1,54 * 2 = 5,08 \text{ m}^2.$$

Prędkość filtracji dla maksymalnej wydajności SUW wynoszącej $Q_{h \max} = 34,8 \text{ m}^3/\text{h}$ wyniesie:

$$v_{f-rz} = 34,8/5,08 = 6,9 \text{ m/h.}$$

Przyjęto wysokość strefy odmanganiania realizowaną złożem katalitycznym równą 0,5 m. Nad złożem katalitycznym zasypane zostanie złożo chalcodonitowe jako warstwa zabezpieczająca przed przenikaniem żelaza w głąb filtra o wysokości 0,5 m. Na całkowitą wysokość złoża składają się także dwie warstwy podtrzymujące.

Dane techniczne dobranych filtrów ciśnieniowych:

- producent: Kottłorembud (lub równoważny),
- typ: filtr ciśnieniowy pionowy, FCP 7, wykonanie D (dla Kottłorembud),
- ilość: 2 szt.,
- średnica: DN 1800,
- jednostkowa powierzchnia filtracyjna: $A_f = 2,54 \text{ m}^2$,
- wysokość części płaszczowej: $H = 1500 \text{ mm}$,
- wysokość całkowita: 3105 mm,
- włązy rewizyjne:
 - zasypowy, górny: 320/420 mm,
 - boczny: DN 400 – na windzie,
 - dolny: DN 400 – na zawiasach,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 150,
- masa: 1365 kg,
- 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).

UWAGA! Filtry identyczne jak na pierwszym stopniu, zgodnie z przedstawionymi wytycznymi technologicznymi.

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:

$$Q_p = 12 * 2,54 * 3,6 = 109,7 \text{ m}^3/\text{h.}$$

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

$$D = [(4 * 109,7)/(\pi * 1,5 * 3600)]^{0,5} = 160,8 \text{ mm.}$$

Dobrano króćce wlotowe i wylotowe z filtra o średnicy DN 150.

Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody płuczającej:

$$v = (4 * 109,7)/(\pi * 0,15^2 * 3600) = 1,7 \text{ m/s.}$$

W wykonaniu standardowym wszystkie elementy filtra ciśnieniowego (płaszcz, dna wypukłe, włazy, króćce itp.) wykonane są ze stali niestopowych – atestowanych. Ciśnienie dopuszczalne PS = 6 bar oraz temperatura dopuszczalna TS = 50 °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 sączi (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).

Proponowani dostawcy i producenci poszczególnych złożeń są następujący:

- piasek kwarcowy (warstwa podtrzymująca): dowolna żwirownia, posiadająca w swej ofercie atestowany piasek filtracyjny z możliwością wykorzystania do zastosowań w uzdatnianiu wody pitnej,
- złoże Multiman 3M: firma Dynamik Filtr (w razie zastosowania innego, równoważnego co do parametrów technologicznych materiału filtracyjnego – inny dostawca),
- złoże chalcedonitowe: dowolny zakład, posiadający w swej ofercie atestowany piasek filtracyjny z możliwością wykorzystania do zastosowań w uzdatnianiu wody pitnej.

Warstwę podtrzymującą należy zasypywać ręcznie! Złoże zasypywać na mokro,

zalewając wodą i wyrównując poziom złoża filtracyjnego 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:

- I warstwa podtrzymująca (złoże kwarcowe) o uziarnieniu $4,0 \div 8,0$ mm i wysokości 0,1 m,
- II warstwa podtrzymująca (złoże kwarcowe) o uziarnieniu $2,0 \div 4,0$ mm i wysokości 0,1 m,
- właściwa warstwa filtracyjna (złoże Multiman 3M): o uziarnieniu $1 \div 3$ mm i wysokości 0,5 m,
- właściwa warstwa filtracyjna (złoże chalcedonitowe): o uziarnieniu $0,8 \div 2,0$ mm i wysokości 0,5 m.

Objętość złoża niezbędna do zasypiania dwóch filtrów została zestawiona w poniższej tabeli nr 11.

Tabela 11. Zestawienie ilości złoża wykorzystanego do zasypiania filtrów II stopnia

Złoże filtracyjne	Uziarnienie	Gęstość właściwa	Objętość złoża na jeden filtr	Objętość złoża na dwa filtry	Przybliżona masa złoża
	[mm]	[t/m ³]	[m ³]	[m ³]	[t]
kwarc	$4,0 \div 8,0$	1,65	0,25	0,51	0,84
kwarc	$2,0 \div 4,0$	1,65	0,25	0,51	0,84
MULTIMAN	$1,0 \div 3,0$	2,60	1,27	2,54	6,60
chalcedonit	$0,8 \div 2,0$	1,10	1,27	2,54	2,79

Dobrano długość cyklu filtracyjnego – 7 dób ze względu na fakt, że na II stopniu filtracji usuwany będzie jedynie mangan. Założono, że żelazo będzie całkowicie usuwane na I stopniu filtracji.

Celem automatyzacji czy półautomatyzacji wyznaczono objętość wody do procesu płukania, która jest bezpośrednią wytyczną inicjującą lub wspomagającą inicjację ręczną procesu płukania. Objętość ta będzie stanowiła podstawę do decyzji o płukaniu filtrów. Wynosi ona:

$$V = \text{ok. } 2500 \text{ m}^3.$$

Na podstawie powyższej wartości powinien być inicjowany proces płukania filtrów.

Całe orurowanie filtrów należy wykonać ze stali nierdzewnej 1.4307, zgodnie z rysunkami technicznymi.

Orurowanie filtrów dobrano w oparciu o prędkość przepływu równą $1 \div 2$ 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 DN 80, PN 10,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną o średnicy DN 80, PN 10,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania o średnicy DN 150, PN 10,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania o średnicy DN 65, PN 10,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny o średnicy DN 150, PN 10,
- spust pierwszego filtratu o średnicy DN 80, PN 10,
- rurociąg odpowietrzający (ręczne odpowietrzenie filtrów) o średnicy G 1¼",
- rurociąg spustu zerowego z filtra o średnicy DN 40, PN 10.

Poszczególne odcinki orurowania międzyfiltrowego z rurociągów ze stali nierdzewnej 1.4307 wody surowej i uzdatnionej należy stopniować (zmieniać ich średnice) w miejscu wskazanym na rysunkach.

Przewiduje się średnice rurociągów pośrednich (wody surowej oraz wody uzdatnionej): doprowadzenie wody na dwa filtry i odprowadzenie wody z dwóch filtrów o średnicy DN 100, PN 10.

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, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 80,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną z każdego filtra: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 80,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 65,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150,
- rurociąg spustu pierwszego filtratu (połączony z rurociągiem odprowadzającym popłuczyny): przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 80.

Dodatkowo wprowadza się następujące przepustnice z napędem ręcznym:

- przepustnica na rurociągu spustu pierwszego filtratu: DN 80,
- przepustnica na rurociągu odprowadzającym wodę uzdatnioną: DN 80,
- przepustnica na rurociągu spustu zerowego: DN 40.

Proponowanym producentem przepustnic jest Jafar.

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 1¼" z zamontowanym zaworem kulowym o średnicy G 1¼". Rurociąg odpowietrzający zostanie włączony do rurociągu odprowadzającego wody popłuczne (wmontowany w rurociąg przy użyciu odpowiednich kształtek, względnie poprzez bezpośrednie wprowadzenie do rurociągu).

Niezależnie od odpowietrzenia ręcznego należy zamontować odpowietrzniki automatyczne.

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.

Zaleca się na rurociągu odpowietrzającym filtry (wprowadzonym do rurociągu wody popłucznej) montaż zaworu zwrotnego, uniemożliwiającego cofanie popłuczyn poprzez odpowietrzenie do filtra – stanowiącego rozdzielenie pomiędzy wodą czystą a brudną, zgodnie z obowiązującymi przepisami, względnie dopuszcza się wykonanie przerwy powietrznej na rurociągu odpowietrzającym, również stanowiącej zabezpieczenie (rozdziel) pomiędzy wodą czystą a wodą brudną.

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 głównego przewodu wód popłucznych – zgodnie z rysunkami technicznymi.

Na rurociągach wody uzdatnionej oraz na rurociągu wody popłucznej projektuje się kurek probierczy (zawór kulowy) do poboru prób do badań technologicznych. Kurki o średnicy ½".

Wariantowo dopuszcza się również następujący sposób poboru wody do analizy:

- wszystkie miejsca, z których pobierane będą próby do analizy, można wyprowadzić przewodami o średnicy ½" do jednego wspólnego miejsca probierczego, zlokalizowanego na ścianie filtrowni, na której zostanie w takiej sytuacji zamontowany również zlew,
- wyprowadzenie rurkami o średnicy ½" zakończonymi kurkami probierczymi o średnicy ½" do wymienionego zlewu.

W ten sposób należy podłączyć przede wszystkim:

- wodę surową,
- wodę napowietrzoną,
- wodę po każdym filtrze technicznym (przefiltrowaną), również po filtrach II stopnia,
- wodę uzdatnioną, kierowaną do sieci wodociągowej.

Lokalizacja kurków w jednym miejscu, po odpowiednim oznaczeniu każdego przewodu, umożliwi 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 surowej i uzdatnionej (wspólny pomiar przed wszystkimi filtrami i po wszystkich filtrach).

Dodatkowe parametry mierzone w trakcie pracy filtrów:

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

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

- producent: Endress + Hauser (lub równoważny),
- typ: Proline Promag 10L (dla Endress + Hauser),
- średnica: DN 80,
- 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 II stopnia

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 ÷ 4 atm.,
- wyjście prądowe: 4 ÷ 20 mA,
- przyłącze technologiczne: 1/2".

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 mH₂O i przeliczane na różnicę ciśnień (stratę ciśnienia) wyświetlaną w sterowni oraz bezpośrednio na obiekcie.

Sterowanie pracą filtrów II stopnia

Odczyt przepływu wody przez poszczególne filtry będzie podstawą wyrównywania rozdziału wody pomiędzy pozostałymi filtrami. Różnice przepływu będą

wyrównywane ręcznie przez operatora Stacji Uzdatniania Wody, który będzie otwierał bądź przymykał przepustnicę sterowaną ręcznie, zamontowaną na rurociągu wody uzdatnionej.

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.

W sterowaniu tym procesem, zgodnie z doświadczeniami praktycznymi z innych wodociągów, nie zaleca się pełnej automatyzacji z uwagi na znaczne, postępujące w trakcie cyklu dławienia układu filtracji.

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.

Przejście 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/skrzynkach 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 automatyzacji SUW 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 II stopnia

Płukanie filtrów będzie inicjowane ręcznie. Dopuszcza się wariantowo wprowadzenie do programu sterującego możliwości ustawienia automatycznego płukania filtrów (ale tylko i wyłącznie względem czasu pracy).

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): wstępnie przyjęto maksymalny czas pomiędzy płukaniem – 7 dni (minimalny – na podstawie oceny technologicznej pozostałych wskaźników),
- ilość m³ 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 wodą i powietrzem – warunki płukania filtrów II stopnia identyczne jak dla filtrów I stopnia.

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

- objętość popłuczyn w trakcie jednego płukania: $V = 120 \cdot (10/60) = 20,0 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej z dna złoża filtracyjnego: przyjęto wysokość równą ok. 40 cm, co daje objętość $V = 0,4 \cdot 2,54 = 1,0 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej podczas spustu I filtratu: przyjęto na poziomie jednej objętości złoża filtracyjnego, czyli ok. $V = 1 \cdot 2,54 = 2,5 \text{ m}^3$.

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

$$V_c = 20,0 + 1,0 + 2,5 = 23,6 \text{ m}^3.$$

Natomiast ilość popłuczyn z płukania dwóch filtrów wyniesie ok.:

$$V = 47,1 \text{ m}^3.$$

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 3.
3. Sprawdzenie poziomu wody w zbiorniku retencyjnym: poziom wody w zbiorniku wody uzdatnionej 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 retencyjnym. 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 o zainicjowaniu płukania lub jego odłożeniu.
4. Sprawdzenie poziomu wody w odstojniku. Jeśli poziom wody będzie równy wartości minimalnej, umożliwienie płukania filtrów. Jeśli poziom minimalny nie będzie osiągnięty, uniemożliwienie procedury płukania. Nieosiągnięcie poziomu minimalnego będzie wymagało sprawdzenia układu odprowadzenia popłuczyn bezpośrednio na obiekcie.
5. W sytuacji, gdy warunki nie będą spełnione, sterownik powinien kontrolować parametry co ok. 15 min., aż do ich spełnienia i umożliwienie przebiegu procesu płukania.
6. Po spełnieniu obu warunków – umożliwienie płukania filtrów.
7. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu wody uzdatnionej filtra nr 3.
8. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu wody surowej filtra nr 3.

9. Otwarcie przepustnicy (lub elektrozaworu) na odpowietrzeniu filtra celem spustu ewentualnie nagromadzonych, nie usuniętych w toku normalnej pracy gazów.
10. Otwarcie przepustnicy na rurociągu wód popłucznych filtra nr 3.
11. Otwarcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 3 (przepustnica równa przepustnicy spustu I filtratu).
12. Spust wody znad złoża filtracyjnego w czasie dobranym na rozruchu (program musi mieć możliwość regulacji czasu spustu wody z filtra).
13. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 3.
14. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtra nr 3 powietrzem.
15. Załączenie dmuchawy do płukania filtrów.
16. Płukanie filtra nr 3 powietrzem (przez czas ustalony na rozruchu, zmieniany w trakcie eksploatacji w zależności od potrzeb) – wstępnie przyjęto 2 min.
17. Wyłączenie dmuchawy do płukania filtrów powietrzem.
18. Zamknięcie przepustnicy do płukania filtrów powietrzem.
19. Stabilizacja złoża (postój filtra, bez płukania) – przez czas ok. 5 min., w trakcie którego zachodzi odgazowanie złoża, przed płukaniem wodą.
20. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtrów wodą.
21. Załączenie pompy płuczającej.
22. Płukanie filtra wodą przez czas ustalony na rozruchu, korygowany w trakcie eksploatacji SUW (wstępnie przyjęto czas ok. 10 min.).
23. Wyłączenie pompy płuczającej po upływie czasu płukania.
24. Zamknięcie przepustnicy sterowanej automatycznie na rurociągu wody do płukania filtra nr 3.

25. Zamknięcie przepustnicy odprowadzenia popłuczyn.
26. Otwarcie przepustnicy doprowadzenia wody surowej na filtr nr 3.
27. Otwarcie przepustnicy na rurociągu odprowadzenia I filtratu (rurociąg spustu I filtratu).
28. Spust I filtratu do studni rozprężnej przez czas określony na rozruchu z wydajnością dosterowaną przepustnicą ręczną.
29. Zamknięcie przepustnicy odprowadzającej I filtrat.
30. Otwarcie przepustnicy wody uzdatnionej.
31. Tryb filtracji.
32. Od momentu zakończenia płukania filtra (względnie grupy filtrów) wodą (wyłączenia pompy płuczającej) – względnie załączenia pompy płuczającej – będzie liczony czas sedymentacji popłuczyn w odstoju, po którym popłuczyny będą odprowadzane do odbiornika.
33. Przejście do płukania kolejnego filtra.
34. Algorytm od punktu nr 3.
35. Po zakończeniu płukania ostatniego filtra – sygnał o wypłukaniu wszystkich filtrów.
36. Po wypłukaniu każdego filtra zerowanie zegara czasu pracy od ostatniego płukania oraz zegara objętości wody przefiltrowanej od ostatniego płukania.

Realizacja powyższego algorytmu jest możliwa tylko wtedy, gdy popłuczyny będą odprowadzane od razu do rowu otwartego, bez konieczności ich przetrzymywania w odstoju. W sytuacji wprowadzenia okresu sedymentacji praktycznie nie ma możliwości płukania jednego filtra za drugim.

Zmiana poszczególnych nastaw procesu płukania filtrów możliwa tylko ze sterowni zlokalizowanej na SUW.

4.5. Odstoju, gospodarka popłuczynami

Na SUW Kopojno znajduje się odstoju wód popłucznych o następujących

wymiarach:

- zewnętrznych: 8,97 x 2,72 m,
- wewnętrznych: 8,75 x 2,20 m,
- głębokość: 1,3 m,
- całkowita pojemność: 25 m³.

Z płukania filtrów I i II stopnia powstanie ok. 47,1 m³ popłuczyn z każdego stopnia filtracji. Biorąc pod uwagę wymagania związane z jakością odprowadzanych popłuczyn, a wpływające na czas sedimentacji żelaza, który minimalnie powinien wynosić 24 godziny, pojemność odstoju powinna wystarczyć na objętość płukania co najmniej jednego filtra – tj. 24 m³. Z przedstawionych obliczeń wynika, że pojemność istniejącego odstoju jest wystarczająca.

Z odstoju wody popłuczne odprowadzane będą do studni zbiorczej, gdzie trafiają także wody spustowe ze zbiorników retencyjnych oraz wody opadowe z połaci dachowych SUW. Ze studni zbiorczej wody popłuczne i spustowe spuszczone będą do rowu melioracji szczegółowej, który uchodzi do rzeki Czarna Struga.

4.6. Dezynfekcja wody

Celem dezynfekcji wody jest zniszczenie żywych i przetrwalnikowych form organizmów patogennych oraz zapobieżenie ich wtórnemu rozwojowi w sieci wodociągowej.

Szacowane zużycie podchlorynu sodu

Urządzenia do chlorowania wody zostaną zlokalizowane w oddzielnym pomieszczeniu, wydzielonym na projekcie budowlanym. Pomieszczenie chlorowni zostanie wyposażone w pompę dozującą oraz pojemnik roboczy na podchloryn sodu.

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 gCl₂/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 gCl₂/m³ 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 Kopojno wynosi zatem:

$$D = 34,8 * (0,8 \div 1,0) = 27,8 \div 34,8 \text{ gCl}_2/\text{h}.$$

Ilość zużytego podchlorynu sodu w ciągu godziny wyniesie odpowiednio:

$$V = (27,8 \div 34,8)/145 = 0,19 \div 0,24 \text{ L/h.}$$

Maksymalne dobowe zużycie chloru (ilość litrów) wyniesie w tej sytuacji ok. 6 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. 200 L.

Do dozowania wodnego roztworu NaOCl dobrano dwie pompy dozujące o następujących parametrach technicznych:

- producent: Grundfos (lub równoważny),
- typ: DME 2 – 18AR – PP/E/C – F – 1111F (dla Grundfos),
- maksymalna wydajność: 2,5 L/h,
- ciśnienie maksymalne: 11 bar,
- maksymalna 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,
- maksymalna temperatura cieczy: 50 °C,
- minimalna temperatura cieczy: 0 °C,
- maksymalna temperatura otoczenia: 45 °C,
- minimalna temperatura otoczenia: 0 °C,
- maksymalny błąd powtarzalności dawki: $\pm 1 \%$,
- masa: 2,3 kg,
- średnica membrany: 28 mm,
- poziom natężenia dźwięku: mniejszy od 70 dB(A).

Widok ogólny pompy dozującej przedstawia poniższe zdjęcie.

Zdjęcie 7. Pompa dozująca podchloryn sodu



Dobrano następujący osprzęt do pomp dozujących:

- producent: Grundfos (lub równoważny),
- 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,
- 6 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.

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

Dobrano jeden zbiornik wodnego roztworu NaOCl o następujących parametrach technicznych:

- pojemność: 200 L,
- średnica zbiornika: 600 mm,
- średnica otworu: 160 mm,
- całkowita wysokość zbiornika: 880 mm,
- wysokość zbiornika: 780 mm,
- masa: 12 kg.

Zbiornik będzie stał na ramach z winiduru przykrytych kratą wema, 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.

W pomieszczeniu przewiduje się przechowywanie niewielkich ilości podchlorynu sodu, wymaganych bieżącą eksploatacją SUW Kopojno.

Podchloryn będzie dozowany do rurociągu wody uzdatnionej po zbiorniku wody czystej.

Sterowanie dawką podchlorynu dozowanego do wody odbywać się będzie poprzez sprzężenie pompki dozującej z układem wodomierzy studziennych podających ilość m³ wody surowej tłoczzonej na SUW. Na każdy impuls ze sterownika, oznaczający przepływ określonej objętości wody surowej, pompka dozująca będzie wprowadzać określoną objętość dezynfektanta.

Przewody z podchlorynem należy umieścić w korytkach osłonowych (podobnie jak w przypadku instalacji elektrycznej). Na rurociągu tłocznym podchlorynu należy umieścić zaworki przełączeniowe, pozwalające doprowadzić podchloryn zarówno do zbiornika wyrównawczego, jak i rurociągu tłocznego na sieć wodociagową.

W zakresie automatyzacji systemu dozowania dezynfektanta przewiduje się:

- korelację dawki podchlorynu sodu względem ilości podawanej wody surowej lub uzdatnionej, mierzonej przepływomierzem 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 przesylem 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.

Wytyczne techniczne (budowlane) dla pomieszczenia chlorowni

W pomieszczeniu chlorowni SUW przewiduje się montaż wentylacji grawitacyjnej oraz mechanicznej. Wentylacja mechaniczna powinna zapewnić 5 x wymianę

powietrza. Będzie się ona załączać automatycznie po wejściu pracownika do chlorowni.

W chlorowni projektuje się wykonanie oczomyjki, pozwalającej usunąć ewentualne zanieczyszczenie oczu podchlorynem sodu. Proponuje się zastosowanie oczomyjki o następujących parametrach:

- producent: Pinea (lub równoważny),
- oczomyjka montowana na ścianie,
- średnica przyłącza: 1/2",
- zabezpieczenie antykorozyjne z poliamidu.

Promienie UV w dezynfekcji wody

Naświetlanie ultrafioletem jest nowoczesną metodą dezynfekcji wody pitnej i ścieków. Metoda ta z coraz większym powodzeniem jest stosowana w Polsce od 30 lat. Zastosowanie chloru jako środka dezynfekcyjnego jest powszechnie znane na całym świecie. To najbardziej popularna, od dawna stosowana i najtańsza metoda dezynfekcji wody. Powszechnie znane efekty towarzyszące procesowi chlorowania wody to nieprzyjemny jej smak i zapach oraz powstawanie szkodliwych dla zdrowia ubocznych produktów tego procesu. Znana jest też niska skuteczność chlorowania w odniesieniu do bakterii *Clostridium*, *Legionella*, pierwotniaków *Cryptosporidium*, *Giardia* oraz enterowirusów, wirusów żółtaczki zakaźnej typu A i innych drobnoustrojów patogennych, np. prątków gruźlicy. Uboczne efekty chlorowania i innych chemicznych sposobów dezynfekcji wody skłoniły do poszukiwania metod alternatywnych. Jedną z nich jest zastosowanie ultrafioletu, które skutecznie niszczy wszelkie drobnoustroje w wodzie i innych mediach, nie wywołując przy tym skutków ubocznych. Promienie UV prowadzą do zmian genomu mikroorganizmów, co prowadzi do utraty przez nie zdolności rozmnażania się.

Zdolność dezynfekcyjna promieni UV znacząco zależy od:

- rodzaju bakterii,
- sposobu bytowania bakterii w wodzie (pojedyncze, luźno zawieszone, względnie połączone, zaadsorbowane na zanieczyszczeniach),
- formy występowania (wegetatywne – żyjące, względnie zarodniki).

Naświetlanie UV jest metodą bardzo skuteczną i szybką, pozwalającą na nieskomplikowane zastosowanie jej w skali przemysłowej. Z tych względów w wielu uprzemysłowionych krajach, także w Polsce coraz częściej stosuje się ultrafiolet do procesów dezynfekcji wody do picia, wody procesowej w wielu dziedzinach przemysłu, wody w basenach kąpielowych oraz do dezynfekcji ścieków. Ultrafiolet coraz częściej stosowany jest w małych wodociągach wiejskich o rozbiorach wody na poziomie kilku m³ na godzinę. Duża trwałość promienników UV i mała moc zainstalowana małych urządzeń pozwala na ich zastosowanie dla potrzeb dezynfekcji wody do picia w indywidualnych gospodarstwach domowych.

Wadą ultrafioletu jest jedynie to, że działa tylko bezpośrednio w miejscu użycia. Dlatego woda, wstępnie zdezynfekowana ultrafioletem, musi być następnie

stabilizowana chemicznie w sieci wodociągowej.

Z eksploatacyjnego punktu widzenia, by uzyskać maksymalną zdolność dezynfekcyjną promieni UV konieczne jest:

- możliwe maksymalne usunięcie zawiesin z wody,
- maksymalne usunięcie z wody substancji powodujących jej barwę, humusy należą do związków, które szczególnie intensywnie absorbują promieniowanie UV, przez co ogranicza się ich zdolność dezynfekcyjną,
- dostatecznie częste czyszczenie rur osłaniających promienniki, które w przypadku obecności w wodzie żelaza czy manganu, mogą powodować ich zarastanie i przez to wyraźne zmniejszenie efektywności pracy.

Dla ujęć głębinowych czynnikiem limitującym możliwość zastosowania układu dezynfekcji przy użyciu promieniowania UV jest przede wszystkim barwa wody. Dla podwyższonej barwy humusowej układy tego typu tracą swoją skuteczność, względnie wymagają zastosowania promienników o wyższych mocach.

Aspekty stosowania promieniowania UV na SUW Kopojno:

- zwiększone spectrum działania biobójczego (zwłaszcza w odniesieniu do bakterii opornych na działanie podchlorynu sodu),
- uzasadnienie możliwości stosowania okresowej dezynfekcji substancją chlorową,
- zabezpieczenie jakości wody na wyjściu na sieć wodociągową,
- stosunkowo niskie koszty eksploatacyjne (limitowana żywotnością lamp – promienników, które wymagają okresowej wymiany),
- stosunkowo niska moc zastosowanych urządzeń dezynfekujących,
- konieczność stosowania promienników niskociśnieniowych (stosowanie promienników średniociśnieniowych stwarza ryzyko redukcji azotanów do azotynów).

Do dezynfekcji promieniami UV przewiduje się montaż lampy o następujących parametrach technicznych:

- producent: Lit UV Elektro (lub równoważny),
- typ: DUV – 1 – A – 500HO (dla Lit UV Elektro),
- pobór mocy: 0,6 kW,
- przyłącza kołnierzowe: DN 100,
- ciężar: 25 g,
- max. ciśnienie: 10 bar,
- straty ciśnienia: mniej niż 0,1 bar,
- czas eksploatacji lamp: nie mniejszy niż 12000 h,
- materiał komory reakcyjnej: stal KO,
- dawka promieniowania: $> 400 \text{ J/m}^2$.

Lampa zostanie zamontowana na rurociągu wody uzdatnionej po zestawie sieciowym.

Przewiduje się montaż urządzenia na by – passie, umożliwiającym odcięcie lampy w trakcie jej remontu czy konserwacji. Lampę należy umieścić na stelażu o odpowiedniej nośności.

4.7. Zbiornik wody czystej, zestaw sieciowy

Woda uzdatniona kierowana będzie rurociągiem PE o średnicy 110 mm do zbiornika wody czystej. Projektuje się jeden typowy zbiornik wody czystej o pojemności 100 m³.

Pionowe, jednokomorowe zbiorniki retencyjne służą do magazynowania wody pitnej, co pozwala na wyrównanie okresowych deficytów wody, spowodowanych najczęściej zbyt małą wydajnością studni na ujęciu w stosunku do zapotrzebowania. Zbiorniki retencyjne stanowią jednocześnie dodatkowe zabezpieczenie źródła wody z przeznaczeniem do celów przeciwpożarowych.

Pionowe zbiorniki retencyjne wykonane są z elementów stalowych (stal niskowęglowa), atestowanych. Zbiornik składa się z płaszcza w kształcie pionowego walca zamkniętego od dołu płaskim dnem, a od góry stożkowym dachem. W dachu znajduje się komin wentylacyjny oraz króciec do montażu sondy pomiaru poziomu lustra cieczy w zbiorniku. Zbiornik posiada dwa włady rewizyjne:

- na dachu włącz prostokątny z izolowaną pokrywą,
- w dolnej części płaszcza włącz okrągły.

Ponadto zbiornik wyposażony jest w drabinę zewnętrzną oraz wewnętrzną, umożliwiającą bezpieczne wejście do wnętrza zbiornika. W skład wyposażenia technologicznego zbiornika wchodzi również wewnętrzne orurowanie.

Wszystkie króćce przyłączeniowe zakończone są kołnierzami na ciśnienie $P_0 = 1$ MPa i znajdują się w dnie zbiornika, co wymaga uwzględnienia przy projektowaniu i wykonywaniu fundamentów. Szczelność połączeń spawanych sprawdzana jest u producenta metodą penetracyjną.

Izolacja termiczna zbiornika wykonana jest na zewnętrznej stronie płaszcza stalowego z wełny mineralnej o grubości $g = 100$ mm. Izolowane jest także zadaszenie oraz włącz na dachu (styropian o grubości $g = 100$ mm). Izolacja na zewnątrz zabezpieczona jest płaszczem z blachy trapezowej ocynkowanej lub na indywidualne zamówienie z blachy aluminiowej.

Od środka zbiornik malowany jest farbą z atestem PZH o nazwie handlowej „Brantho – korrux”. Wszystkie zewnętrzne elementy zbiornika malowane są dwukrotnie uniwersalną farbą podkładową oraz lakierem asfaltowym.

Drabiny zewnętrzne oraz wewnętrzne wykonywane są w wersji ocynkowanej.

Parametry techniczne zbiornika retencyjnego:

- producent: Kotłorembud (lub równoważny),
- typ: ZRP 3, wykonanie A (dla Kotłorembud),
- pojemność: 100 m³,

- średnica wewnętrzna: DN 4500,
- średnica zewnętrzna: DN1 4740,
- wysokość całkowita: 7300 mm,
- wysokość przelewu: 6100 mm,
- wysokość króćca tłocznego: 6200 mm,
- wysokość płaszcza: 6300 mm,
- masa z izolacją (zbiornik pusty): 7400 kg,
- otwór do sondy pomiarowej: G 1½”,
- włązy rewizyjne:
 - w płaszczu: 600 mm,
 - w dachu: 500/600 mm,
- średnica króćca tłocznego „A”: DN 100,
- średnica króćca spustowego „B”: DN 100,
- średnica króćca przelewowego „C”: DN 150,
- średnica króćca ssącego „D”: DN 250 (**UWAGA! Zmiana w stosunku do wymiaru katalogowego, w typoszeregu wynosi DN 150.**),
- armatura wewnętrzna: po stronie dostawcy zbiornika.

Fundament wykonany zgodnie z wytycznymi producenta.

Rurociągi sieciowe, ciśnieniowe, prowadzone pod powierzchnią terenu (rurociągi międzyobiektowe) projektuje się z PE o odpowiedniej średnicy. Rurociągi pionowe – przyłączeniowe do zbiornika, prowadzi się ze stali. W miejscach wskazanych na rysunkach – przejście na PE lub PVC (dla spustu zerowego oraz przelewu wody ze zbiornika).

Rurociąg wody uzdatnionej z filtrów należy prowadzić poniżej granicy przemarzania.

Na doprowadzeniu wody uzdatnianej do zbiornika należy zamontować zasuwę montowaną międzykołnierzowo – typ krótki, DN 100, ze skrzynką uliczną wyprowadzoną na powierzchnię terenu, zabezpieczoną przed przesunięciem.

Na rurociągu wody ze zbiornika (rurociąg ssawny) również zasuwę – typ krótki, DN 250 (producent Jafar lub równoważny) ze skrzynką uliczną wyprowadzoną na powierzchnię terenu.

Dodatkowe uzbrojenie – zasuwę na spuszczenie wody ze zbiornika, DN 100.

UWAGA! Nie projektuje się zasuw na rurociągu wody przelewowej. Rurociąg wody przelewowej należy spiąć z rurociągiem wody spustowej, za zasuwę spustu wody ze zbiornika.

Rurociąg wody spustowej i przelewowej prowadzić rurociągiem PVC o średnicy 160 mm, łączonym kielichowo, do odстойnika wód popłucznych.

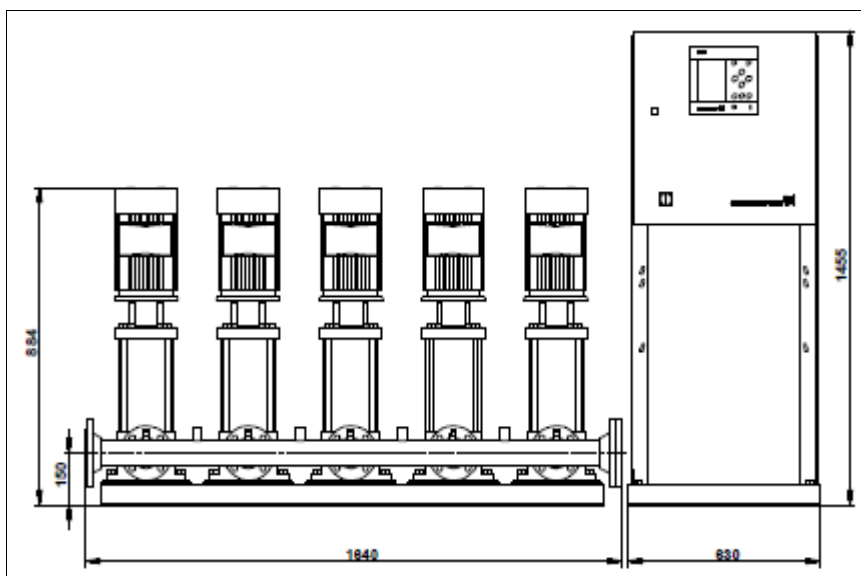
Woda uzdatniona ze zbiornika wody czystej na sieć będzie pompowana przez zestaw sieciowy składający się z 5 pomp (4 pompy czynne + 1 pompa

rezerwowa) o następujących parametrach technicznych:

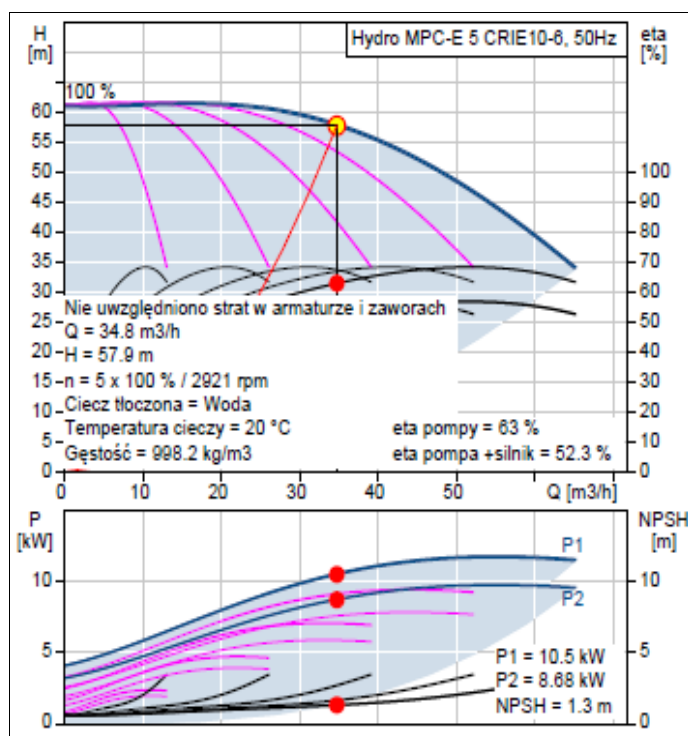
- producent: Grundfos (lub równoważny),
- typ: Hydro MPC – E 5 CRIE 10 – 6 (dla Grundfos),
- przepływ obliczeniowy: 34,8 m³/h,
- wydajność minimalna: 1 m³/h,
- wydajność maksymalna: 65 m³/h,
- wydajność maksymalna (bez pompy rezerwowej): 52 m³/h,
- obliczeniowa wysokość podnoszenia: 57,9 mH₂O,
- maksymalna wysokość podnoszenia: 61,2 mH₂O,
- liczba pomp: 5 szt.,
- średnica króćca ssawnego i tłocznego: wg obliczeń przedstawionych poniżej,
- moc pompy głównej: 2,2 kW.

Widok ogólny zestawu sieciowego i jego charakterystyka pracy zostały przedstawione poniżej.

Schemat 6. Zestaw sieciowy na SUW Kopojo



Schemat 7. Charakterystyka pracy zestawu sieciowego

*Dobór średnicy rurociągu ssawnego oraz tłocznego zestawu sieciowego*

Dane do doboru średnicy rurociągów:

- przepływ obliczeniowy: 35 m³/h,
- prędkość przepływu dla rurociągu ssawnego: 0,8 m/s,
- prędkość przepływu dla rurociągu tłocznego: 1,2 m/s.

Średnica rurociągu ssawnego (dla przepływu wody uzdatnionej kierowanej do sieci wodociągowej na poziomie 35 m³/h oraz wody do płukania filtrów 120 m³/h):

$$D = [(4 \cdot 155) / (\pi \cdot 3600 \cdot 0,8)]^{0,5} = 261,8 \text{ mm.}$$

Dobrano rurociąg wykonany z PE o średnicy 280 mm, DN 250.

Średnica rurociągu tłocznego wynosi:

$$D = [(4 \cdot 35) / (\pi \cdot 3600 \cdot 1,2)]^{0,5} = 101,6 \text{ mm.}$$

Dobrano rurociąg wykonany z PE o średnicy 110 mm, DN 100.

Przepływ wody uzdatnionej podawanej do sieci mierzony będzie za pomocą przepływomierza o następujących parametrach technicznych:

- producent: Endress + Hauser (lub równoważny),

- typ: Proline Promag 10L (dla Endress + Hauser),
- średnica: DN 100,
- 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 sterującej przepustnicami, montowanej tuż przy filtrach.