



**RAPORT Z BADAŃ PILOTOWYCH
UZDATNIANIA WODY
- „Stacja Uzdatniania Wody – Krzepice”**

Częstochowa 11.04.2011

RAPORT Z BADAŃ PILOTOWYCH UZDATNIANIA WODY - „Stacja Uzdatniania Wody – Krzepice”

Cel badań pilotażowych

Badania pilotowe przeprowadzono w dniach od 25.02.2011 do 15.04.2011 na terenie Stacji Uzdatniania Wody Krzepicach.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi woda poddana badaniu powinna odpowiadać następującym parametrom:

L.P.	Parametr	Jednostka	Dopuszczalny zakres wartości
1	Barwa	mg/l	15
2	Mętność	NTU	1
3	pH	-	6,5 - 9,5
4	Mangan	mg/l	0,05
5	Żelazo	mg/l	0,2

Badania przeprowadzono w celu:

1. Wstępnego określenia jakości wody surowej
2. Określenia możliwości uzdatniania wody surowej dla SUW Krzepice

Zakres Badań

Zakres badań obejmował:

1. Przeprowadzenie analizy fizyko-chemicznej wody surowej w zakresie podstawowym (wartość pH, zawartość żelaza, zawartość manganu, zawartość tlenu)
2. Wstępny dobór technologii uzdatniania wody w oparciu o parametry wody surowej
3. Przeprowadzenie filtracji jedno i dwu stopniowej na stacji pilotażowej o zróżnicowanych miąższościach złóż filtracyjnych oraz przy stałej prędkości filtracji $V = 12\text{m/h}$.
I Etap – filtracja dwustopniowa

II Etap – filtracja jednostopniowa

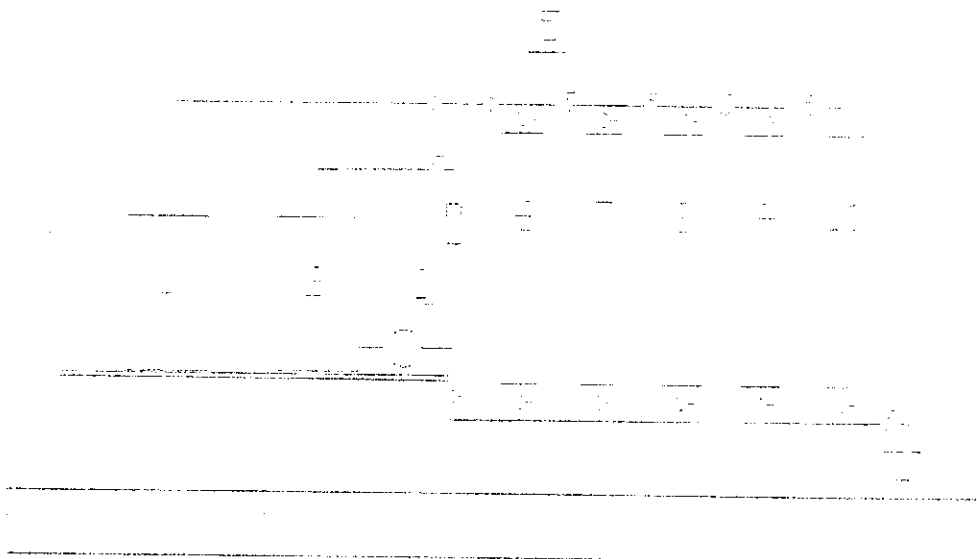
4. Przeprowadzanie analiz fizyko-chemicznych wody uzdatnionej ze szczególnym uwzględnieniem związków żelaza i manganu
5. Opracowanie raportu z badań.

Opis stacji pilotażowej.

ETAP I

Proces uzdatniania wody metodą filtracji jednostopniowej przeprowadzono z zastosowaniem stacji pilotażowej składającej się z następujących elementów:

1. Zbiornik wody badanej,
2. Układ aeracji,
3. Pompa,
4. Punkt odbioru wody uzdatnionej,
5. Rotametr,
6. Kolumna filtracyjna nr 1 (wypełniona 60 cm warstwą niewpracowanego piasku kwarcowego),
7. Kolumna filtracyjna nr 2 (wypełniona 60 cm warstwą niewpracowanego piasku kwarcowego),
8. Kolumna filtracyjna nr 3 (wypełniona 60 cm warstwą złoża filtracyjnego Chaicedonit)
9. Kolumna filtracyjna nr 5 (wypełnienie 60 cm warstwą złoża filtracyjnego Antracyt)
10. Kolumna filtracyjna nr 4 (wypełniona 60 cm warstwą złoża filtracyjnego katalitycznego Multiman 3M)



SCHEMAT STACJI PILOTAŻOWEJ

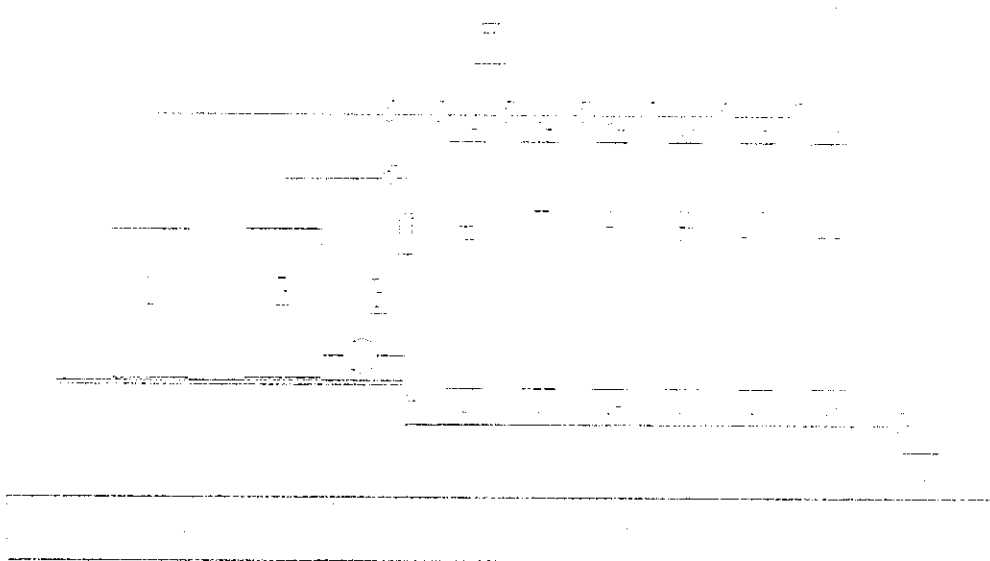
W procesie filtracji jednostopniowej skupiono się na redukcji związków żelaza. W tym celu sprawdzono kilka wariantów ze złożami filtracyjnymi tj. nie wpracowanym piachem kwarcowym, wpracowanym piachem kwarcowym (pobranym z filtrów pracujących na SUW), piachem kwarcowym - Antracytem, piachem kwarcowym – Chalcedonitem. Wszystkie próby przeprowadzono przy miąższości warstw wynoszących 60 cm.

ETAP II

Proces uzdatniania wody metodą filtracji dwustopniowej przeprowadzono z zastosowaniem stacji pilotażowej składającej się z następujących elementów:

1. Zbiornik wody badanej
2. Układ aeracji
3. Pompa
4. Punkt odbioru wody uzdatnionej
5. Rotametr
6. Kolumna filtracyjna nr 1 (wypełniona 60 cm warstwą niewpracowanego piasku kwarcowego)
7. Kolumna filtracyjna nr 2 (wypełniona 60 cm warstwą złoża filtracyjnego Antracyt)
8. Kolumna filtracyjna nr 3 (wypełniona 60 cm warstwą złoża filtracyjnego Chalcedonit)

9. Kolumna filtracyjna nr 4 (wypełniona 60 cm warstwą złoża katalitycznego MULTIMAN 3M) warstwa po pierwszych tygodniu oznaczeń została wymieniona na nową



SCHEMAT STACJI PILOTAŻOWEJ

Celem prowadzonych badań była redukcja związków żelaza na pierwszym oraz manganu na drugim stopniu filtracji. Warstwę złoż filtracyjnych na drugim stopniu filtracji tworzyły złoża Antracytowe, Chalcedonitowe oraz katalityczne MULTIMAN 3M. Najlepszy efekt redukcji związków manganu uzyskano przy zastosowaniu złoża Chalcedonitowego oraz katalitycznego MULTIMAN 3M. Zastosowane warstwy złoża o miąższości 60 cm.

Przebieg badań pilotowych.

Badania wody na zawartość związków żelaza i manganu przeprowadzano na fotometrze firmy MERCK Nova 60. Dla określenia pH zastosowano wodoszczelny pH – metr firmy ELMETRON CP-401 oraz dla określenia zawartości tlenu w wodzie surowej zastosowano tlenomierza firmy ELMETRON CO-105. W celu potwierdzenia wyników dokonywano analiz laboratoryjnych w laboratorium SUW Krzepice.

ETAP WSTĘPNY

Wstępny etap prac polegał na analizie jakości fizyko-chemicznej wody surowej pobieranej z rurociągu zaopatrującej SUW przed aeratorem.

ETAP I

W pierwszym etapie badań pilotażowych rozważono możliwość filtracji wody surowej w układzie dwustopniowym. Na podstawie wstępnej analizy wody surowej przyjęto wariant uzdatniania wody. Wysokość warstw w przypadku filtracji dwustopniowej dobrano do pracujących filtrów na obiekcie (max wysokość złoża na danym stopniu 120 cm)

ŻELAZO		MANGAN		(Prędkość filtracji)	UWAGI
>2,5	>2,5	0,42	0,402		Woda surowa
		0,41	0,41		
>1	>1	0,41	0,412		Woda po Aeratorze podawana na kolumny filtracyjne
		0,42	0,425		
0,958	0,956	0,41	0,406	12	Woda po kolumnach filtracyjnych po 1 ^o filtracji. Na 1 ^o zastosowano złożo piaskowe wysokości 60 cm oraz złożo antracytowe o wysokości 60cm
		0,41	0,395		
0,372	0,37	0,37	0,359	12	Woda po 1 ^o filtracji po 6h filtracji.
		0,37	0,357		
0,88	0,88	0,14	0,141	12	Na 2 ^o zastosowano złożo Chalcedonitowe o wysokości 60 cm oraz złożo katalityczne MULTIMAN 3M o wysokości 60 cm
		0,16	0,158		
0,15*		0,13*			* woda podana analizie w laboratorium SUW
0,702	0,696	0,14	0,129	12	Woda po 2 ^o filtracji po 7h filtracji
		0,13	0,122		
1,12	1,12	0,38	0,366	12	Woda po 1 ^o filtracji. Wypłukano kolumny na 1 i 2 ^o czas po jakim dokonano pomiaru to ok. 1h
		0,39	0,391		
1,179	1,189	0,36	0,367	12	Woda po 1 ^o filtracji. Pobór próbki po ok. 2h od płukania
		0,37	0,366		
0,438	0,453	0,2	0,198	12	Woda po 2 ^o filtracji.
		0,18	0,189		
0,453	0,457	0,18	0,177	12	Woda po 2 ^o filtracji. Pobór próbki po ok. 2h od płukania
		0,18	0,171		
0,735	0,739	0,38	0,371	12	Woda po 1 ^o filtracji. Proces filtracji pozostawiono na okres nocny ok. 12h. Oznaczenia przeprowadzono w następnym dniu
		0,39	0,383		
0,592	0,59	0,38	0,379	12	Woda po 1 ^o filtracji po 15h filtracji
0,704	0,703	0,2	0,2	12	Woda po 2 ^o filtracji
		0,2	0,215		
0,471	0,48	0,11	0,108	12	Woda po 2 ^o filtracji i czasie filtracji 2h
0,489	0,494	0,11	0,124	12	Woda po 2 ^o filtracji. Jako złożo

Raport z badań pilotowych uzdatniania wody - „Stacja Uzdatniania Wody - Krzepice”

		0,11	0,125		katalityczne zastosowano złożo DEFEMAN o wysokości 50cm
		0,08	0,079		Woda po 2 ^o filtracji. Jako złożo katalityczne zastosowano złożo MULTIMAN 3M o wysokości 60cm. Złożo nie wypracowane
0,558	0,565	0,07	0,073	12	
0,596	0,601	0,06	0,058	12	Woda po 2 ^o filtracji i czasie filtracji ok. 2h
0,95	0,958	0,06	0,063	12	Woda po 2 ^o filtracji i czasie filtracji ok. 14h
0,938	0,948	0,07	0,067	12	Woda po 2 ^o filtracji. Zasypano kolumnę nowym złożem katalitycznym MULTIMAN 3M. Kolumny wypłukane. Pomiar po 3h filtracji
		0,06*			* wynik podany przez laboratorium SUW
0,724	0,727	0,08	0,075	12	Woda po 2o filtracji i czasie 4h
0,653	0,668	0,04	0,045	12	Woda po 2 ^o filtracji i czasie 5h
0,636	0,644	0,03	0,033	12	Woda po 2 ^o filtracji i czasie 6h
0,772	0,774	0,03	0,031	12	Woda po 2 ^o filtracji i czasie 6h
		0,04	0,035	12	Woda po 2 ^o filtracji i czasie 7h
0,583	0,595	0,05	0,052	12	Woda po 2 ^o filtracji i czasie 19h (po całej nocy pracy)
		0,04	0,041	12	Woda po 2 ^o filtracji i czasie 19h (po całej nocy pracy)
		0,42*			* Wynik podany przez laboratorium SUW
		0,03;0,04*			* Wynik podany przez laboratorium SUW
1,32	1,31	0,03	0,028	12	Przeprowadzono płukanie. Woda po 2 ^o filtracji i czasie 2h.
		0,4*			* Wynik dostarczony przez laboratorium SUW
		0,05*			* Wynik dostarczony przez laboratorium SUW

Wstępny dobór złoża piaskowego.

Celem poniższych wariantów było ustalenie wysokości złoża piaskowego oraz prędkości filtracji przy których usunięte zostaną związki żelaza występujące w ponadnormatywnych ilościach w wodzie surowej. Wartości żelaza po drugim stopniu filtracji nadal przekracza wartości normowe. W tym celu dokonano korekty w jakości złożów. W tym celu zastosowano w miejsce Antracytu złożo piaskowe o miąższości 60 cm. Aby określić najbardziej efektywny sposób usunięcia żelaza przeprowadzono próby z zastosowaniem złoża piaskowego na pierwszym stopniu filtracji (złożo niewpracowane oraz wypracowane pobrane z działających filtrów na obiekcie) o miąższości 120 cm. Jednocześnie chcąc osiągnąć redukcje żelaza do poziomu normowego, na drugim stopniu w miejsce Chalcedonitu o miąższości 60 cm zastosowano Antracyt o miąższości 60 cm.

ŻELAZO		MANGAN		(Prędkość filtracji)	UWAGI
0,41*		0,05-0,06*		12	Dokonano wymiany złoża na pierwszym stopniu. Warstwę Antracytu o wysokości 60 cm zastąpiono piaskiem (niepracowanym) o wysokości 60 cm
0,591	0,592	0,01	0,021	12	Woda po 2° filtracji i czasie ok 55h
		0,02	0,02		
0,487	0,488	<0,01	0,005	12	Woda po 2° filtracji i czasie. ok. 57h
		<0,01	0,005		
0,06*		p.z.*			* Wynik dostarczony przez laboratorium SUW
0,488	0,491	<0,01	0,008	12	Woda po 2° filtracji i czasie ok. 60h
		<0,01	0,009		
0,8	0,8	0,017	0,02	12	Wymieniono złożo piaskowe na pierwszym stopniu o wysokości 120cm na złożo piaskowe pracujące z filtrów z SUW
0,18*		0,02*			* wynik z laboratorium SUW
0,946	0,955	0,047	0,05	12	Wymieniono złożo na 1° na złożo piaskowe (120cm) oraz na 2° na 60cm świeżego piachu. Dokonano płukania wszystkich złoż
0,497	0,502	0,045	0,05	12	Woda po 2° filtracji i czasie ok. 40h
0,029*		0,06*			*Wynik dostarczony przez laboratorium SUW
0,721	0,73			12	Zasypano kolumny na 1° piachem z SUW o wysokości 120, oraz na 2° zasypano 60 cm antracytu oraz 60cm M3M
0,41	0,412	0,02	0,021	12	Woda po 2° filtracji i czasie ok.. 55h
		0,02	0,025		
0,703	0,702	<0,02	0,016	12	Wypłukano kolumny na 1 i 2°. czas po jakim dokonano pomiaru to ok. 1h
		<0,02	0,014		

Na podstawie powyższy wyników stwierdza się, iż związki manganu redukowane są do wartości normowych, podczas gdy związki żelaza utrzymują się na poziomie $>0,2\text{mg/dm}^3$. W tym celu podjęto kolejne kroki zmierzające do redukcji związków żelaza mających na celu dobranie optymalnego ułożenia warstw filtracyjnych.

ŻELAZO		MANGAN		(Prędkość filtracji)	UWAGI
1,45	1,43	0,04	0,033	12	Dokonano wymiany ziół filtracyjnych. Piasek SUW 60 cm, Antracyt 60cm, Chalcedonit 60 cm Multiman 60cm. Pomiar po 1h filtracji
		0,04	0,034		
2,19	2,18	0,06	0,065	12	Dokonano wymiany ziół filtracyjnych. Piasek SUW 60 cm, Chalcedonit 120cm, Multiman 3M 60 cm. Pomiar po 1h filtracji
		0,06	0,063		
1	1	0,03	0,027	12	Woda po 2° filtracji i czasie ok. 50h
		0,03	0,029		
0,947	0,95	0,05	0,051	12	Dokonano wymiany ziół filtracyjnych. Piasek SUW 60 cm, Chalcedonit 120cm, Multiman 3M 60 cm (po chlorze). Pomiar po 1h filtracji.
		0,05	0,053		
0,44	0,441	0,021	0,018	12	Woda po 2° filtracji i czasie ok. 2,5h.
		0,03	0,03		
0,74	0,74	0,05	0,045	12	Woda po 2° filtracji i czasie ok. 1h. (Piasek SUW 60 cm, Chalcedonit 120cm, Multiman 3M 60 cm)
		0,05	0,49		
0,19	0,187	0,009	<0,02	6	Woda po 2° filtracji i czasie ok. 100h.
		0,011	<0,02		
0,755	0,759	0,051	0,05	12	Dokonano płukania kolumn filtracyjnych.
		0,052	0,05		
0,494	0,497	0,08	0,078	12	Złoże katalityczne po zadawkowaniu KMNO ₄ . Układ pracuje na 120cm piachu (świeżego), 60cm Chalcedonit. Złoże piaskowe w wysokości 120cm pracuje od 11.03.2011
		0,08	0,078		
1,019	1,021	0,008	<0,01	12	Woda po 2° filtracji i czasie ok. 50h.
		0,007	<0,01		
0,38	0,39	0,05	0,046	12	Woda po 2° filtracji i czasie ok. 80h.
		0,05	0,044		

Z powyższego zestawienia wynika, iż dla prędkości filtracji $v = 12\text{m/h}$ poziom związków manganu w wodzie uzdatnionej znajduje się na bardzo niskim poziomie dla wysokości złoża 60cm Chalcedonitu oraz 60cm złoża katalitycznego MULTIMAN 3M. Wyniki przedstawione w tabelach pokazują wyraźnie iż ponadnormatywne stężenie wartości żelaza wpływają negatywnie na drugi stopień uzdatniania. Niezredukowane związki żelaza na pierwszym stopniu filtracji powoduje obrastanie złoża katalitycznego związkami żelaza co powoduje wzrost stężenia manganu w wodzie uzdatnionej. Przeprowadzone analizy pokazują

jednoznacznie iż dawkowanie katalizatora do złoża np. podchlorynu sodu daje wymierne efekty jeśli chodzi o końcową redukcję związków żelaza i manganu, jednak w długofalowym działaniu spowoduje on nieodwracalną dezaktywację złoża katalitycznego.

W celu redukcji związków żelaza do poziomu normowego podjęto kroki mające na celu wypracowanie złoża piaskowego (świeżego) w celu rozwoju mikroflory która będzie odpowiedzialna za redukcję związków żelaza już na pierwszym stopniu. Wyniki tych działań przedstawiono w tabeli.

ŻELAZO		MANGAN		(Prędkość filtracji)	UWAGI
1,22	1,22			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 1h. Złoże piaskowe świeże na 1 ^o (wypłukano 1 ^o)
1,08	1,1			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 2h.
1,44	1,42			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 50h.
0,49	0,49			6	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 50h.
1,58	1,59			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 0,5h. (wypłukano 1 ^o)
1,05	1,05			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 1h.
1,02	1,03			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 1,5h.
1	0,9			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 2h.
0,6	0,62			8	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 40h.
0,6	0,61			8	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 41h.
1,23	1,242			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 0,5h. (Wypłukano kolumny filtracyjne)
0,9	0,911			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 1h.
0,52	0,511			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 2h.
0,65	0,665				Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 40h.
0,6	0,635			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 41h.
0,62	0,629			6	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 80h. (nie pracowała 2 kolumna)
0,34	0,344			6	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 81h.
0,31	0,317			6	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 82h.
0,63	0,616			4	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 120h. (nie pracowała 2 kolumna)
0,46	0,0469			4	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 121h.
1,44	1,396			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 1h. Wypłukano kolumny filtracyjne
0,9	0,911			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 1,5h.
0,52	0,531			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 2h.
0,39	0,387			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 2,5h.
0,33	0,329			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 3h.
0,26	0,251			12	Woda po 1 ^o filtracji i czasie ok. 3,5h.

Dobór właściwej warstwy filtracyjnej (jednostopniowa filtracja).

Po wstępnym doborze warstwy odżelaziającej – 120 cm piasku kwarcowego (niewpracowanego) dla prędkości filtracji $V = 12\text{m/h}$ można zauważyć sukcesywny spadek wartości żelaza po pierwszym stopniu. W miarę wpracowania złoża spadek wartości związków żelaza po pierwszym stopniu jest wyrażany w stosunku do wody surowej. Tak uzdatniona woda może zostać podana na drugi stopień filtracji jakim jest złoże Chalcedonitowe o miąższości 60 cm oraz złoże katalityczne MULTIMAN 3M o miąższości 60 cm każda.

WNIOSKI I ZALECENIA

1. Filtracja jednostopniowa umożliwiła zredukowanie związków żelaza zawartych w wodzie surowej, przy prędkości filtracji $V=12\text{m/h}$, do poziomu umożliwiającego podanie wody na drugi stopień filtracji. Do powyższego wykorzystano złoże piaskowe o miąższości 120 cm po wpracowaniu przez okres 3 tygodni.
2. Zaleca się wymianę złoża kwarcowego w pierwszym etapie modernizacji, na złoże kwarcowe o miąższości 120 cm i granulacji 0,8-1,4 mm. Tak przygotowany pierwszy stopień filtracji należy wpracować do momentu osiągnięcia redukcji związków żelaza do wartości 0,3-0,4 mg/dm³.
3. Filtracja dwustopniowa pozwoliła na uzyskanie bardzo dobrych wyników redukcji związków żelaza i manganu w wodzie uzdatnionej, zgodnych z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
4. Ze względu na trudny charakter wody surowej – znaczne wahania jakościowe (informacje podane przez użytkownika) zalecane warstwy filtracyjne przedstawiono poniżej.

Zalecane minimalne wysokości warstw:

I stopień:

- złoże odżelaziające – piasek kwarcowy o granulacji 0,8-1,2 mm lub 0,8-1,4 mm i wysokości złoża 120cm,

- warstwa podtrzymująca – żwirek kwarcowy 4,0-8,0 mm =10cm,

II stopień

- złoże odmanganiające – CHALCEDONIT - 2,0-4,0 mm – 60cm,

- złożo odmanganiające – MULTIMAN 3M – 1,0-3,0 mm – 60cm,
- warstwa podtrzymująca – żwirek kwarcowy – 4,0-8,0 mm – 10cm.

Zalecana prędkość filtracji $v \leq 1$ m/h.

5. Proces filtracji dwustopniowej był realizowany w kilku wariantach mających na celu określenie jak najkorzystniejszego stopnia redukcji związków żelaza i manganu. W powyższym opracowaniu przedstawiono wyniki pokazujące najkorzystniejsze wyniki pod względem redukcji związków żelaza i manganu do poziomów normowych.
6. Ze względu na charakter związków organicznych zawartych w wodzie surowej, alternatywnie należy przewidzieć możliwość prowadzenia koagulacji kontaktowej przed drugim stopniem filtracji lub korekty pH. Do powyższego należy wykorzystać zestaw dwóch pomp dozujących wraz z niezbędną do ich pracy aparaturą kontrolno-pomiarową oraz armaturą.
7. Zaleca się prowadzenie procesu rozruchu technologicznego pod ścisłą opieką osoby nadzorującej zmienne warunki technologiczne. Za niedopuszczalne uważa się podanie wody o zawartości żelaza $>0,5 \text{ mg/dm}^3$ na drugi stopień filtracji. W celu skutecznego utleniania zawartych w wodzie związków żelaza wymagane jest osiągnięcie stopnia napowietrzania $>8,5 \text{ mg/dm}^3$.

Specjalista ds. technicznych
Piotr Musiał
mgr inż. Piotr Musiał

Opracował:
mgr inż. Piotr Musiał

„Dynamik Filtr” Носен
Spółka jawna 1 Wapóinoy
42-202 CZĘSTOCHOWA, ul. Dojazdowa 1
tel./fax 034 365 86 08, tel. 034 365 93 06
NIP 879-25-89-878

Piotr Musiał
Swm/iv