TECH – WOD

✓ *Technologia wody i ścieków,*
✓ *Projektowanie i badania.*

ul. Truskawkowa 10
61-306 Poznań
tel./fax (061) 8798-835
e-mail: tkonarczak@wp.pl

Obiekt: Stacja Uzdatniania Wody w miejscowości Gardeja powiat Kwidzyń

Temat: Możliwość poprawy systemu uzdatniania na SUW Gardeja na podstawie przeprowadzonych badań efektów uzdatniania.

Opracował: mgr inż. Tadeusz Konarczak

Poznań – lipiec - 2011 rok

1. Cel i zakres opracowania.

Celem niniejszego opracowania jest rozpoznanie przyczyn nieprawidłowości działania stacji uzdatniania wody w miejscowości Gardeja i przedstawienie wniosków i zaleceń mających na celu poprawę działania stacji tak by uzyskać pozytywny efekt uzdatniania.

Opracowanie obejmuje:

- zebranie materiałów,
- wizję na stacji uzdatniania,
- sprawdzenie ogólnej pracy urządzeń,
- wykonanie badań wody surowej i efektów napowietrzania i filtracji,
- wnioski i zalecenia dotyczące sposobu poprawy efektywności oczyszczania wody.

Podstawą do niniejszego opracowania jest ustosunkowanie się do opracowania p.t. „Projekt naprawy instalacji uzdatniania wody na stacji wodociągowej w Gardei – Pracownia Inwestycyjno – Projektowa INEKO.” Stan istniejący stacji uzdatniania opisany został w powyższym opracowaniu.

2. Ujęcie wody i jakość wody surowej.

Ujęcie wody Gardeja – woda surowa ze studni 1 i 2a

20.07.2011r.

Lp	Parametry	Jednostka		
			Studnia nr 1	Studnia nr 2
1.	Zapach	-	$z3S_{H2S}$	$z2S_{H2S}$
2.	Mętność	NTU	0,35	0,40
3.	Barwa	$mgPt/dm^3$	10	12
4.	Odczyn	pH	7,5	7,35
5.	Zasadowość	$mval/dm^3$	3,9	4,1
6.	Twardość og.	$mval/dm^3$	6,8	6,6
7.	Twardość og.	$mgCaCO_2/dm^3$	340,0	330,0
8.	Amoniak	$mgNH_4/dm^3$	0,45	0,85
9.	Żelazo og.	$mgFe/dm^3$	2,9	3,1
10.	Mangan	$mgMn/dm^3$	0,45	0,50
11.	Przewodność	µS/cm	545	580,0
12.	Substancje rozpuszczone	mg/dm^3	271	286
13.	Tlen rozpuszczony	$mg\ O_2/dm^3$	nw.	nw.
14.	Dwutlenek węgla wolny	$mgCO_2/dm^3$	30,2	32,4
15.	Wydajność studni	m^3/h	38	28

Dla prawidłowej pracy stacji uzdatniania i ujęcia wody tak by była możliwość eksploatacji z różnymi wydajnościami należałoby poszczególne studnie wyposażyć w pompy o zróżnicowanej wydajności.

Z analizy i obliczeń uwzględniających:

- geometryczną wysokość podnoszenia (lustro wody w studni i poziom wpływu w zbiornikach retencyjnych),
- opory na mieszaczu,
- opory na złożu filtracyjnym,
- opory na rurociągach i armaturze.

Wynika, że pompy powinny mieć wysokość podnoszenia około 60 m.

Wydajność pomp:

Studnia nr 1 - 70 m^3/h

Studnia nr 2 - 50 m^3/h

Studnia nr 3 - 40 m^3/h

3. Podstawy teoretyczne procesów uzdatniania.

Proces odżelaziania i odmanganiania sprowadza się do przeprowadzenia łatwo rozpuszczalnych soli żelaza i manganu w trudno rozpuszczalny wodorotlenek żelazowy $(FeOH)_3$ i uwodniony dwutlenek manganowy $MnO(OH)_2$, które można usunąć poprzez filtrowanie wody.

O skuteczności tych procesów decyduje wiele czynników, takich jak: odczyn wody, postać w jakiej występuje żelazo i mangan, zawartość wolnego dwutlenku węgla i tlenu rozpuszczonego w wodzie, obecność związków organicznych, potencjał redox wody oraz jej skład chemiczny.

Pierwszym etapem odżelaziania wody jest hydroliza soli żelazawych i dalej ich utlenianie do wodorotlenku żelazowego zgodnie z reakcjami:

1. $Fe(HCO_3)_2 + 2H_2O = Fe(OH)_2 + 2H_2CO_3$ (hydroliza)
2. $2H_2CO_3 = 2H_2O + 2CO_2$
3. $2Fe(OH)_2 + {}^{1}/_{2}O_2 + H_2O = 2Fe(OH)_3$ (utlenianie)

Powstający wodorotlenek żelazowy ulega flokulacji, w wyniku której powstaje zawiesina łatwa do usunięcia na filtrze.

Do właściwego przebiegu reakcji (3) konieczna jest dostateczna ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie. Ponieważ wody podziemne zwykle zawierają bardzo małe ilości tlenu, dlatego konieczne jest ich napowietrzanie. Dodatkową zaletą napowietrzania jest usuwanie z wody wolnego CO_2, przez co ułatwia i przyspiesza się przebieg reakcji (1).

Jeżeli sole żelazawe występują w wodzie w postaci siarczanów, wówczas hydroliza przebiega następująco:

4. $FeSO_4 + 2H_2O = Fe(OH)_2 + H_2SO_4$

Aby proces wydzielania wodorotlenku żelazawego nie został zahamowany powstający w reakcji (4) kwas siarkowy musi zostać związany. Przy dostatecznie wysokiej zasadowości wody proces ten zachodzi samorzutnie.

$H_2SO_4 + Ca(HCO_3)_2 = CaSO_4 + 2CO_2 + H_2O$

Jeżeli woda ma niską zasadowość lub ma niskie pH, przy którym może być silnie agresywna wskutek występowania agresywnego CO_2, wówczas należy prowadzić alkalizację wody.

Usuwanie manganu polega na hydrolizie soli manganowych z wydzieleniem wodorotlenku manganowego, a następnie jego utlenienia, zgodnie z reakcjami:

$Mn(HCO_3) + 2H_2O = Mn(OH)_2 + 2H_2CO_3$

$Mn(OH)_2 + {}^{1}/_{2}O_2 = MnO(OH)_2$

Gdy złoże filtracyjne pokryte jest $MnO(OH)_2$, wówczas dobre efekty odmanganiania uzyskuje się już przy pH 6,8 i wyższym.

Ponieważ obecne w wodzie jony żelazawe również reagują z dwutlenkiem manganu tworzącym aktywną powłokę, przez co obniża się efekt odmanganiania wody. Przy dużej zawartości związków żelaza w wodzie proces odżelaziania i odmanganiania należy prowadzić oddzielnie.

Obecność azotu amonowego w wodzie poważnie komplikuje układ jej oczyszczania. Może on być prowadzony przez: odpędzenie amoniaku

powietrzem, zastosowanie wymiany jonowej, utlenianie chemiczne (chlorem, ozonem). Stosowane tradycyjne napowietrzanie i filtracja wód podziemnych obniżają stężenie azotu amonowego o około 10 – 30%. Utlenianie chemiczne stwarza niebezpieczeństwo powstawania chlorowanych związków, głównie organicznych (chloroaminy) oraz potrzebę dechloracji. Wymagana jest duża dawka chloru (do punktu przełamania), która wynosi teoretycznie 7,6 : 1. Dla właściwego przebiegu procesu wymagane jest zapewnienie nie tylko optymalnej dawki chloru, ale i wartości pH = około 7,5, właściwej intensywności mieszania i czasu kontaktu. Podwyższenie odczynu można uzyskać poprzez dawkowanie ługu sodowego lub zastosowania złoża dolomitowego w procesie filtracji.

Najbezpieczniejszą i skuteczną formą pozbycia się azotu amonowego z wody jest zastosowanie wymiany jonowej na złożach zawierających minerał naturalny $(K, Na, {}^{1}/_{2}Ca)_2\ Al_2O_3 * 10SiO_2 * 8H_2O$. Żelazo i mangan będą zakłócać proces uwalniania amoniaku, w związku z tym należy wcześniej wodę pozbawić żelaza i manganu.

Inną metodą jest biologiczna nitryfikacja azotu amonowego realizowana na złożach węgla aktywnego lub piaskowego. Badania przebiegu i skuteczności tej metody wykazały, że utlenianie NH_4^+ do NH_3^- jest możliwe po wpracowaniu złoża węglowego trwającego od 20 do 60 dni przy obecności tlenu w ilości około 5mg O_2 na 1 mg NH_4^+. Ilość tlenu jest sumą stechiometrycznego zapotrzebowania na tlen w następujących po sobie fazach nitryfikacji:

I. $NH_4^+ + {}^{3}/_{2}O_2$ –nitrosomonas→ $NO_2^- + H_2O + 2H^+$

II. $NO_2^- + {}^{1}/_{2}O_2$ –nitrobacter→ NO_3^-

Obecność w wodzie siarkowodoru utrudnia procesy utleniania w związku z tym należy uwolnić go z wody. Siarkowodór występuje głównie w formie gazowej i uwolnić go można poprzez intensywne napowietrzanie (dostarczenie tleniu z powietrza) przy odpowiednim czasie kontaktu wg reakcji:

$$2H_2S + O_2 = 2S + H_2O$$

Wytrącona wolna siarka łatwo zatrzymuje się na złożu w trakcie filtracji. Można również związać siarkowodór w reakcji chemicznej dawkując do wody utleniacz w postaci podchlorynu sodu:

$$4NaClO + H_2S = H_2SO_4 + 4NaCl$$

Metoda ta powoduje obniżenie odczynu wody co nie jest bez znaczenia na odmanganianie. Najkorzystniej jest stosować intensywne napowietrzanie i odpowiedni czas kontaktu i odgazowanie.

4. Analiza pracy filtrów.

- pracują 4 filtry na I^{o} filtracji i 4 filtry na II°,
- filtry nr 3 na I i II° filtracji wyłączone (pobór prób piasku),
- przepływ wody przez filtry 38 m^3/h (pracuje studnia nr 1),
- powierzchnia filtracji 4 x 2,54 m^2 = 10,16 m^3,
- prędkość filtracji $V_f = {}^{Q}/_{F}$ = 3,74 m/h

Analiza filtratu.

Parametr	I^{o} filtracji				II° filtracji			
	1	2	4	5	1	2	4	5
Odczyn pH	7,25	7,30	7,35	7,30	7,25	7,30	7,30	7,30
Żelazo mg Fe/dm^3	0,45	0,08	0,12	0,15	0,08	0,08	0,12	0,10
Mangan mg Mn/dm^3	0,40	0,35	0,29	0,30	0,078	0,03	0,06	0,025
Amoniak mg NH_4/dm^3	0,35	0,30	0,38	0,35	0,20	0,25	0,20	0,20
Tlen rozpuszczony mg O_2/dm^3	0,2	4,8	3,6	3,8	0,8	2,0	2,8	2,2
CO_2 wolny mg CO_2/dm^3	24,6	22,0	22,0	17,6	14,6	11,0	11,0	11,0

Wykonane badania polegają na oznaczeniu stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie po filtrach oraz utlenienie żelaza z dwu do trójwartościowego po napowietrzaniu (próba pobrana z nad złoża) wykazują, że poziom natlenienia w każdym z filtrów jest bardzo zróżnicowany. Stężenie tlenu kształtuje się na poziomie 0,2 – 4,8 mg O_2/dm^3 a utlenienie żelaza z dwu do trójwartościowego od 5 – 30%.

W wodzie surowej występuje wolny dwutlenek węgla, a po napowietrzeniu w wyniku utleniania i hydrolizy żelaza powstaje dodatkowo wolny CO_2, który nie jest odprowadzany z układu na co wskazuje obniżenie odczynu wody po filtrach w stosunku do wody surowej oraz w dalszym ciągu wyczuwalny zapach siarkowodoru. Zjawiska te utrudniają procesy utleniania żelaza, manganu i azotu amonowego. Z badań i wizji na stacji wynika, że sposób napowietrzania poprzez aeratory przy filtrach jest nieskuteczny. Wypełnienie aeratorów pierścieniami dodatkowo powoduje opór i nieskuteczność rozdziału powietrza na poszczególne filtry. Dla prawidłowego funkcjonowania procesu napowietrzania należy rozważyć możliwość napowietrzania poprzez aerator centralny wykorzystując na każdym stopniu po adaptacji jeden z filtrów. Doprowadzenie wody i powietrza centralnie odbywałoby się poprzez mieszacz DH 600 a zbiornik filtracyjny stanowiłby komorę reakcji, w której następowałby proces utleniania i dobrego odprowadzenia powstałych gazów (odpowietrznik). Powietrze do aeratora centralnego przed I i II° filtracji powinno być doprowadzone poprzez rozdzielnie pneumatyczną, która zapewni doprowadzenie odpowiedniej ilości powietrza w zależności od przepływu wody przez stację.

Uwzględniając jakość wody surowej (wysokie stężenie żelaza, manganu, amoniaku, siarkowodór i wolny CO_2) ilość powietrza doprowadzonego do aeratora na I^{o} filtracji powinna wynosić ok. 15% ilości przepływającej wody a przed II° filtracji ok. 10% ilości wody.

Ilość powietrza dla wydajności:

	I^{o} filtracji	II° filtracji
70 m^3/h	Q_p = 0,15 x 70 = 11,2 m^3/h	Q_p = 0,10 x 70 = 7,0 m^3/h

50 m^3/h $Q_p = 0,15 \times 50 = 7,5\ m^3/h$ $Q_p = 0,10 \times 5,0 = 5,0\ m^3/h$

40 m^3/h $Q_p = 0,15 \times 40 = 6,0\ m^3/h$ $Q_p = 0,10 \times 40 = 4,0\ m^3/h$

Pomiar powietrza powinien być opomiarowany poprzez rotametry o przepływie 0 – 15 m^3/h

Czas kontaktu.

Mieszacz stanowił będzie dostosowany do tego celu filtr o średnicy 1800 mm (F=2,54 m^2). Doprowadzenie wody i powietrza odbywać się będzie poprzez istniejący mieszacz DN 600.

Pojemność mieszacza DN 1800

F = 2,54 m^2

H = 2,3 m

V = 5,8 m^3

t_k dla przepływu:

70 m^3/h = 1,16 m^3/min t_k = 5,0 min

50 m^3/h = 0,83 m^3/min t_k = 6,98 min

40 m^3/h = 0,66 m^3/min t_k = 8,78 min

Z badań wynika, że przy czasie kontaktu 5 – 8 min. wody z tlenem z powietrza uzyskuje się utlenienie żelaza z dwu do trójwartościowego na poziomie 55 – 65%.

Prędkość filtracji.

Zakładając, że eksploatowane są 4 filtry na I^o i 4 filtry na II° filtracji prędkość filtracji wynosić będzie:

Powierzchnia filtracji 4 x 2,54 m^2 = 10,16 m^2

Prędkość filtracji dla przepływu:

Q = 70 m^3/h V_f = 6,88 m/h

Q = 60 m^3/h V_f = 5,90 m/h

Q = 50 m^3/h V_f = 4,92 m/h

Q = 40 m^3/h V_f = 3,93 m/h

Uwzględniając równomierne napowietrzenie wody w aeratorze centralnym na poziomie 6,5 – 7,0 mg O_2/dm^3, czas przetrzymania od 5 do 9 minut w zależności od wielkości przepływu oraz utleniania żelaza z dwu do trójwartościowego na poziomie 45 – 55% i usunięcie wolnych gazów (CO_2 i H_2S) założone powyżej prędkości przy dwustopniowej filtracji zapewniają uzyskanie wody pozbawionej żelaza, manganu i amoniaku występujących w wodzie surowej w stężeniach ponadnormatywnych.

5. Analiza piasku filtracyjnego.

Pobrano próbę piasku filtracyjnego z filtra nr 3 na I^o filtracji i z filtra nr 3 na II° filtracji. Ze względów technicznych była możliwość pobrania próby średniej z około 40 cm warstwy od góry.

Po otwarciu filtra i dokonaniu wizji stwierdzić można, że w obu filtrach górną warstwę (około 25 cm) stanowi piasek o granulacji od pylastej do 0,3 mm – potwierdza to analiza sitowa. W głębszej warstwie – poniżej 25 cm uziarnienie piasku kształtuje się na poziomie 0,5 – 1,0 mm. W złożu z filtra II° na poziomie około 40 cm znajdowały się pojedyncze ziarna złoża katalitycznego. Taki układ złoża filtracyjnego wynika z niedopłukiwania spowodowanego zbyt małą wydajnością pompy do płukania. Taki układ złoża filtracyjnego (warstwa o granulacji od pylastej do 0,3 mm) powoduje duże opory w trakcie filtracji i nierównomierny przepływ przez poszczególne filtry. Dla poprawy sytuacji należałoby z wszystkich filtrów zebrać górną warstwę złoża (około 30cm) i uzupełnić na I^{o} piaskiem kwarcowym o granulacji 0,8 – 1,4 mm (potwierdzić to analizą sitową a na II° dosypać ok. 30 cm złoża katalitycznego (braunsztynu) o granulacji 1 – 2 mm. W trakcie płukania pompą o odpowiedniej wydajności braunszyun o ciężarze nasypowym około 2,4 kg/dm^3 (większym w stosunku do piasku kwarcowego) ułoży się w dolnej części filtra i spełniał będzie odpowiednie warunki dla katalitycznego utleniania manganu.

Dla efektywnego wypłukania złoża o granulacji 0,8 – 1,4 mm oraz złoża zawierającego masę katalityczną o ciężarze nasypowym znacznie większym aniżeli piasek kwarcowy intensywność płukania wodą powinna wynosić co najmniej 15 l/m^2 $*$ s a spulchnianie powietrzem 20 l/m^2 $*$ s.

Dobór dmuchawy i pompy dla filtra o średnicy 1800 mm i powierzchni 2,54 m^2.

Parametry dmuchawy:

i = 20 l/m^2 $*$ s; F = 2,54 m^2

Q_p = 20 x 2,54 m^3 = 50,8 l/s = 3,04 m^3/min = 182 m^3/h

Spręż. dmuchawy ok. 10 m H_2O

Parametry pompy do płukania.

$i = 15\ l/m^2 * s$; $F = 2{,}54\ m^2$

$Q_w = 15 \times 2{,}54\ m^2 = 38{,}1\ l/s = 2{,}28\ m^3/min = 137\ m^3/h$

Wysokość podnoszenia H = 10 – 15 m H_2O

Czas płukania ok. 7 minut.

Ilość wody do wypłukania 1 filtra; $2{,}28\ m^3/min \times 7\ min = 15{,}96\ m^3$

6. Wnioski i zalecenia.

Po analizie zebranych materiałów oraz wykonanych badaniach i rozpoznaniu na stacji uzdatniania Gardeja można stwierdzić:

- woda surowa z ujęcia o wyraźnym zapachu siarkowo – wodorowym, wysokim stężeniu żelaza, manganu i amoniaku oraz zawartym w niej wolnym dwutlenku węgla wymaga dobrego wstępnego przygotowania przed procesem filtracji (napowietrzanie, czas kontaktu),
- zrealizowany system napowietrzania nie zapewnia możliwości napowietrzenia wody w wymaganym stopniu a czas kontaktu wody z tlenem na utlenienie żelaza, manganu i amoniaku; potwierdzają to wyniki badań,
- barak możliwości pomiaru ilości powietrza – pomiar odbywa się rotametrem do wody a nie do pomiaru powietrza,
- studnie powinny pracować naprzemiennie, jednak z pomiaru wydajności pomp wynika, że pompa w studni nr 1 (o największej wydajności) podaje

max 40 m^3/h. Włączenie dwóch studni np. 1 i 2a przekracza możliwości eksploatacyjne ujęcia.

- z badań wynika, że efekt uzdatniania na poszczególnych filtrach w zakresie odżelaziania i odmanganiania jest bardzo zróżnicowany co może wynikać nie tylko z ilości tlenu w wodzie ale również ze zróżnicowanej prędkości filtracji wynikającej ze zróżnicowanych oporów spowodowanych kolmatacją wypełnienia mieszaczy oraz niedopłukiwania złóż filtracyjnych,
- z analizy i oględzin piasku filtracyjnego pobranego z wytypowanych wynika, że górną warstwę złoża stanowi warstwa około 25 cm frakcji pylastej (0 – 0,3 mm), wskazuje to na płukanie z nieodpowiednią intensywnością,
- pompa do płukania nie zapewnia odpowiedniej intensywności płukania wymaganej dla tej średnicy filtrów i charakteru złoża filtracyjnego,
- brak możliwości sprawdzenia parametrów pracy dmuchawy do spulchniania złoża.

Biorąc pod uwagę powyższe nieprawidłowości w układzie technologicznym, dla usprawnienia pracy całego procesu uzdatnienia proponuje się następujące rozwiązania:

6.1. Ujecie wody – powinno pracować ze zmienną wydajnością w zależności od wielkości rozbiorów w porach roku. Studnia nr 1 powinna być wyposażona w pompę zapewniającą max wydajność ujęcia i stacji tj. 70 m^3/h i wysokość podnoszenia 70 m H_2O. Studnia nr 2 – pompa o wydajności 50 m^3/h i wysokości podnoszenia 70 m H_2O. Studnia nr 4 – pompa o wydajności 40 m^3/h i wysokości podnoszenia 70 m H_2O. Istnieje wtedy możliwość eksploatacji z wydajnością 70,

50 lub 40 m^3/h w zależności od potrzeb. Rozbiory max zapewniają zbiorniki retencyjne.

6.2. Napowietrzanie

Napowietrzanie zrealizować za pomocą centralnego aeratora. W tym celu filtr nr 1 na I^o filtracji i filtr nr 1 na II° filtracji zaadoptować na aerator. Po wysypaniu złoża sprawdzić drenaż lub go zdemontować. Wodę surową doprowadzić do aeratora DN 600 (tak jak w tej chwili) oraz powietrze ze sprężarki. Z aeratora DN 600 usunąć pierścienie i wstawić rurki perforowane do rozprowadzenia powietrza. Powietrze i woda we współprądzie przez aerator rozprowadzone będą na cztery filtry I^o. Podobnie wykonać instalację przed II° filtracji.

Istniejących aeratorów przy filtrach nie demontować natomiast usunąć z nich pierścienie. Należy dla równomiernego napływu powietrza zamontować rozdzielnię pneumatyczną. W celu odprowadzenia nadmiaru powietrza i gazów na aeratorach i zbiornikach filtracyjnych zastosować wysokosprawne odpowietrzniki ze stali nierdzewnej.

6.3. Filtracja.

Filtrację realizować w układzie dwustopniowym po 4 filtry na każdym stopniu. Wypełnienie filtrów tak jak opisano w pkt. 4.

6.4. Płukanie filtrów.

Stosować płukanie powietrze – woda z intensywnością tak jak w pkt. 4. Czasy cykli filtracyjnych ustalić w zależności od ilości przefiltrowanej wody – ustalenia dokonać w trakcie wstępnej eksploatacji po zrealizowaniu wymienionych zadań.

Dla przeprowadzenia wymienionych w opracowaniu zadań obowiązują obliczenia i dobór urządzeń przedstawione w opracowaniu pt. Projekt naprawy instalacji uzdatniania wody w stacji wodociągowej w Gardeji – Iława lipiec 2011r.