NENTECH S.C.
Karol Szambelańczyk Łukasz Weber
ul. Powstańców Wlkp. 24
62-300 Września
biuro@nentech.pl

Zamawiający	**Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. ul. Rozlazłowska 7 96-500 Sochaczew**
Zadanie	**Analiza technologiczna Stacji Uzdatniania Wody eksploatowanych przez ZWiK Sp z o.o. w Sochaczewie**

Autorzy opracowania:	dr inż. Łukasz Weber	
	mgr inż. Karol Szambelańczyk	

WRZEŚNIA, KWIECIEŃ 2022

EGZEMPLARZ 2

1. PRZEDMIOT I PODSTAWA OPRACOWANIA.

Przedmiotem opracowania jest analiza technologiczna obiektów eksploatowanych przez Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sp z o.o. w Sochaczewie.

Na dzień dzisiejszy produkcja wody realizowana jest w dwóch SUW-ach. Pracują one w zupełnie innych technologiach, wykorzystując klasyczne procesy uzdatniania wody. Charakterystyka jakości wody surowej powoduje jednak, że szczególnie na SUW przy ul. Płockiej są poważne problemy z uzyskaniem odpowiedniej wydajności Zakładu Uzdatniania (przy mniejszych wydajnościach Stacja pracuje skutecznie, przy większych już nie). SUW Chodaków natomiast, bazując na znacznie lepszych niż SUW Płocka zasobach (pod względem jakości), właściwie na dzień dzisiejszy stanowi podstawę zaopatrzenia miasta w wodę.

Celem niniejszego opracowania jest:

- ocena efektywności technologicznej obu obiektów
- wskazanie ewentualnych kierunków optymalizacji eksploatacji obiektu
- wskazanie kierunków modernizacji obu obiektów
- określenie szacowanych kosztów modernizacji obiektów

Opracowanie wykonano w oparciu:

- wizje lokalne przeprowadzone na obiektach
- pozwolenia-wodno prawne ujęć wody
- instrukcje obsługi obiektów
- wyniki badań jakości wody udostępnione przez Zamawiającego.

Opracowanie podzielono na następujące części:

A. Charakterystyka technologiczna istniejących obiektów, wraz z obliczeniami.

B. Ocena technologiczna wraz ze wskazaniem obszarów optymalizacji eksploatacyjnej i modernizacji.

C. Określenie szacowanych kosztów prac eksploatacyjnych lub inwestycyjnych.

D. Podsumowanie.

Opracowanie wykonano w oparciu o najnowszą wiedzę technologiczną z zakresu uzdatniania wody oraz doświadczenia z podobnych obiektów. Zaproponowane kierunki modernizacji czy optymalizacji eksploatacyjnej bazują na gruntownej analizie i opierają się na dostępnych i powszechnie stosowanych rozwiązaniach.

2. CHARAKTERYSTYKA STANU ISTNIEJĄCEGO OBIEKTÓW STACJI UZDATNIANIA WODY.

Na potrzeby zaopatrzenia Sochaczewa w wodę eksploatowane są obecnie dwie stacje uzdatniania wody: SUW Płocka oraz SUW Chodaków. Obiekty znajdują się w różnych częściach miasta i mają zupełnie odmienną charakterystykę technologiczną.

Obiekt przy ulicy Płockiej pracuje w oparciu o procesy koagulacji kontaktowej, ponieważ ujmowana na jego potrzeby woda cechuje się znaczną barwą. Z kolei SUW Chodaków to Stacja pracująca w klasycznym układzie technologicznym, którego głównym zadaniem jest usuwanie żelaza oraz manganu.

Poniżej zostanie zaprezentowana charakterystyka technologiczna obiektów, ich efektywność oraz wielkość produkowanej wody. Ustalone zostaną również obszary w których konieczna jest modernizacja obu stacji uzdatniania.

SUW Płocka

Uzdatnianie wody na SUW „Płocka" zlokalizowanej przy ul. Płockiej 1 w Sochaczewie oparte jest na następujących procesach jednostkowych:

- pobór wody ze studni głębinowych - pompy I stopnia,
- koagulacja kontaktowa (komora kontaktu- zbiornik odpowietrzający), z wykorzystaniem siarczanu glinu przygotowywanego na miejscu,
- filtracja wody na filtrach otwartych (w odwróconym układzie przepływającej wody)
- dezynfekcja wody uzdatnionej z wykorzystaniem podchlorynu sodu,
- magazynowanie wody uzdatnionej w wyrównawczych zbiornikach retencyjnych,
- tłoczenie wody do sieci – pompownia II stopnia.

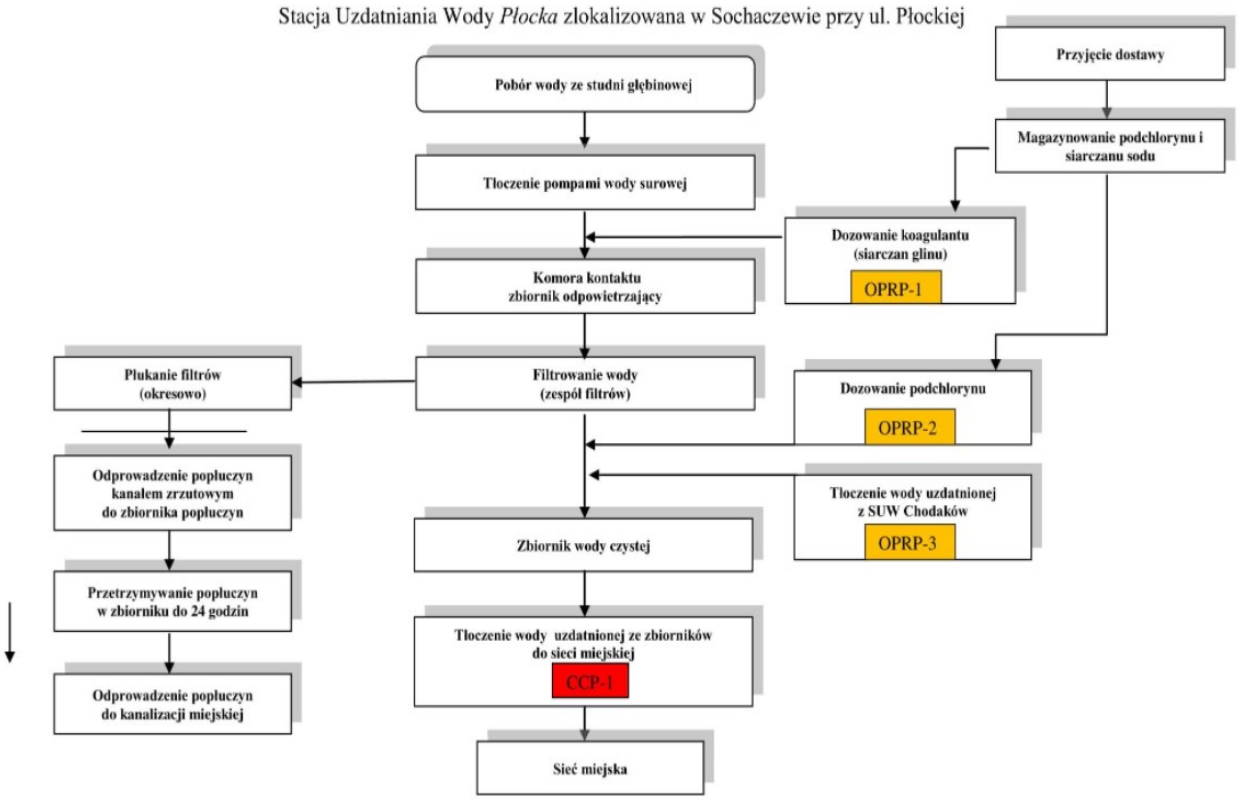
Ujęcie „Kuznocin" pracujące na potrzeby SUW Płocka, zgodnie z decyzją Starostwa Powiatowego w Sochaczewie z dnia 31.12.2013r. może prowadzić pobór wód podziemnych w ilości:

- maksymalnej godzinowej 260,0 m^3/h,
- średniej dobowej 2 000,0 m^3/d,
- maksymalnej rocznej 750 000,0 m^3/rok.

Pozwolenie wodnoprawne udzielone zostało do dnia: 31.12.2033r.

Schemat technologiczny obiektu został przedstawiony na rysunku 1.

Rysunek 1. Schemat technologiczny SUW Płocka

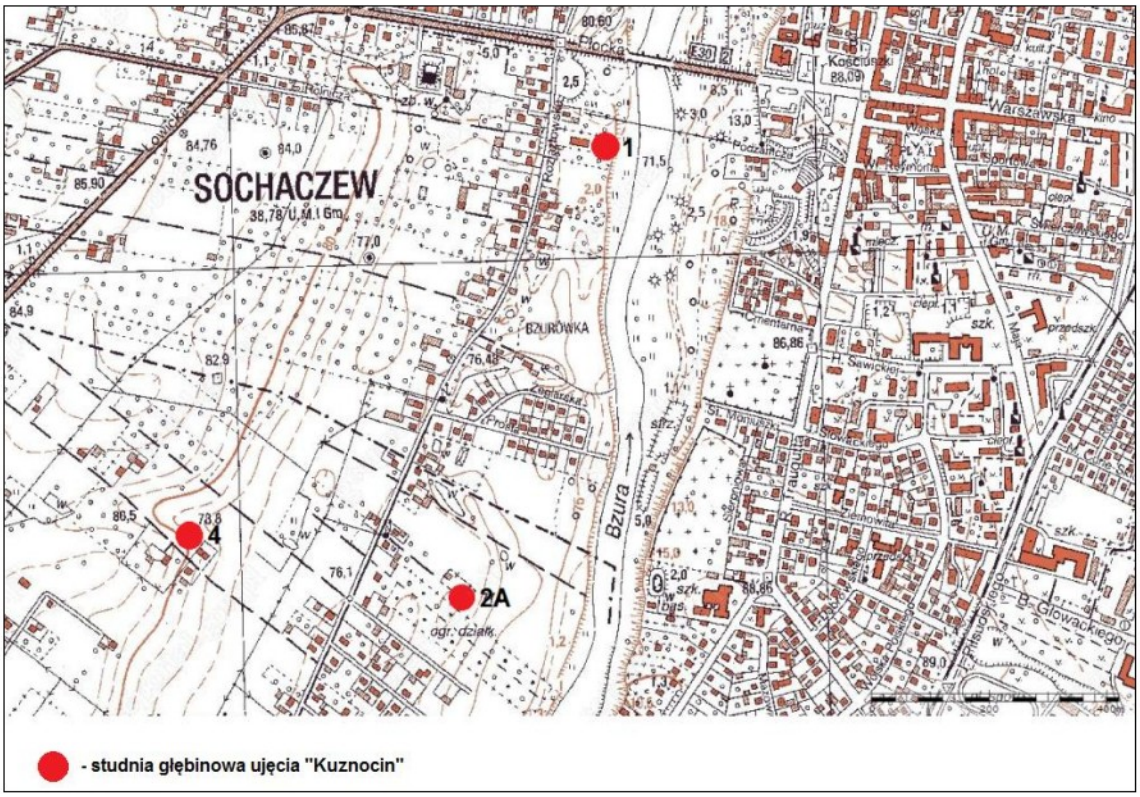


Źródło: https://zwik.sochaczew.pl

Na potrzeby Stacji Uzdatniania Wody przy ul. Płockiej pracuje ujęcie wody „Kuznocin". Składa się ono z trzech studni wierconych oznaczonych numerami 1, 2a oraz 4. Poniżej przedstawiono podstawowe parametry studzien oraz pomp głębinowych w oparciu o: *„Operat wodnoprawny na pobór wód podziemnych z ujęcia Kuznocin eksploatowanego przez ZWiK Sochaczew Sp. z o.o."* (sierpień 2013r.); Opracowane przez: JARS Sp. z o.o.; (Łajsk) 05-199 Legionowo.

Natomiast na rysunku nr 2 przedstawiono lokalizacje poszczególnych studni głębinowych ujęcia Kuznocin.

Rysunek 2. Lokalizacja studni głębinowych ujęcia Kuznocin w Sochaczewie



Studnia nr 1

- data wykonania: 1991r. (rekonstrukcja)
- głębokość: 206,0 m
- stratygrafia: Paleogen/ Neogen
- wydajność eksploatacyjna: 100,00 m^3/h

Studnia nr 2a

- data wykonania: 1989r.
- głębokość: 202,0 m
- stratygrafia: Paleogen/ Neogen
- wydajność eksploatacyjna: 100,00 m^3/h

Studnia nr 4

- data wykonania: 1983r.
- głębokość: 260,0 m
- stratygrafia: Paleogen/ Neogen
- wydajność eksploatacyjna: 70,0 m^3/h

Obudowy studzien głębinowych zostały wykonane jako typowe obudowy kręgowo-żelbetowe, zamknięte włazem oraz wyposażone w rurę wywiewną.

W studniach zamontowane zostały następujące pompy głębinowe:

- **pompa głębinowa nr 1:**
  - typ: GC.5.04
  - wydajność: Q = 30,0 - 75,0 m^3/h
  - wysokość podnoszenia: H = 70,0 - 30,0 m
  - moc silnika: 15 kW
  - głębokość zawieszenia: 36,0 m ppt
  -
- **pompa głębinowa nr 2a:**
  - typ: GC.3.04
  - wydajność: Q = 20,0 - 50,0 m^3/h
  - wysokość podnoszenia: H = 74,0 - 36,0 m
  - moc silnika: 11kW
  - głębokość zawieszenia: 42,0 m ppt

- **pompa głębinowa nr 4:**
  - typ: GC.5.05
  - wydajność: Q = 66,0 - 168,0 m3/h
  - wysokość podnoszenia: H = 72,0 - 35,0 m
  - moc silnika: 18 kW
  - głębokość zawieszenia: 42,0 m ppt

2.1.1. Jakość wody surowej z ujęcia Kuznocin

W poniższej tabeli przedstawiono wyniki badań jakości wody surowej w zakresie najważniejszych z technologicznego punktu widzenia parametrów (żelaza, manganu oraz jonu amonowego) przekazane przez Zamawiającego dla ujęcia Kuznocin. W tabelach uwzględniono najnowsze wyniki badań oraz pomiary prowadzone od 2012 (w zakresie wartości maksymalnych i minimalnych).

Tabela 1. Jakość wody surowej z ujęcia Kuznocin. Badania z dnia 29.09.2021.

Parametr	Jednostka	Studnia nr 1	Studnia nr 2a	Studnia nr 4
Barwa	[mg/l]	60	15	25
Odczyn	[pH]	7,8	7,3	7,5
Mangan	[mg/l]	156	175	140
Żelazo	[mg/l]	4948	2980	1426
Azotany	[mg/l]	0,678	0,528	0,477
Azotyny	[mg/l]	<0,03	<0,03	<0,03
Jon amonowy	[mg/l]	1,009	1,06	0,989
Przewodność	[uS/cm]	1383	1354	1240
Mętność	[NTU]	16,8	2,9	1,23
Chlorki	[mg/l]	223,4	260	282,2

Tabela 2. Jakość wody surowej z ujęcia Kuznocin. Wartości maksymalne od 2012 roku.

Parametr	Jednostka	Studnia nr 1	Studnia nr 2a	Studnia nr 4
Barwa	[mg/l]	125	70	120
Odczyn	[pH]	7,6	7,5	7,7
Mangan	[mg/l]	110	150	111
Żelazo	[mg/l]	1340	2210	5640
Azotany	[mg/l]	-	-	-
Azotyny	[mg/l]	-	-	-
Jon amonowy	[mg/l]	1,25	1,06	1,44
Przewodność	[uS/cm]	-	-	-
Mętność	[NTU]	-	-	-
Chlorki	[mg/l]	272	302	692

Jak wynika z zaprezentowanej tabeli wodę surową cechują następujące parametry:

- wysoki poziom barwy – charakterystyczny dla ujęć z tego poziomu wodonośnego, typowo humusowa barwa, której usunięcie jest możliwe w zasadzie jedynie w procesie skutecznej koagulacji, najwyższe wartości wynosiły nawet 125 mg/L, przy czym ostatnie badania wskazały na wartość odpowiednio 60, 15 i 25 mg/L w kolejnych studniach,
- niski poziom manganu – wymagający jednak obniżenia do wartości zgodnych z obowiązującą normą, niestety przy taki niskich poziomach manganu trudne jest jego usunięcie w toku naturalnego wpracowania złoża kwarcowego, gdyż wpracowanie takie trwa stosunkowo długo i może skutkować brakiem uzyskania trwałej aktywności manganowej zastosowanego złoża filtracyjnego,
- średni poziom żelaza (w zasadzie w granicach 1,0 mg/L poza studnią nr 4, gdzie poziom żelaza maksymalnie odnotowano w wartości ok 5,6 mg/L),
- stosunkowo wysoki poziom jonu amonowego oscylujący w granicach 1,0 mg/L (też charakterystyczny dla warstwy wodonośnej, z której ujmuje się wodę),
- wysoki (przekroczony) poziom chlorków, nadający wodzie wysoce agresywnego charakteru (szczególnie w odniesieniu do materiałów stalowych, stanowiących budulec orurowania); ostatnie badania wykazały przekroczenie chlorków w studni nr 2a oraz 4 – mierzone wartości wyniosły w tych odpowiednio 260 i 282 mg/L; najwyższe wartości mierzone od 2012 w każdej studni przekraczały poziom normy. Należy mieć świadomość, że poziom chlorków od ok 100 mg/L jest agresywny w stosunku do stali.

Tym samym ujmowana woda wymaga realizacji procesów:

- usuwania manganu,
- usuwania żelaza,

- usuwania jonu amonowego,
- usuwania barwy,
- obniżania chlorków (w zależności od przyjętej metody może odbywać się to poprzez mieszanie wody pozbawionej chlorków z wodą zawierającą chlorki).

O ile trzy pierwsze wskaźniki można usuwać w toku klasycznych procesów technologicznych (napowietrzanie i filtracja) o tyle czwarty z wymienionych wskaźników wymaga dozowania koagulantu, zaś chlorki (wskaźnik piąty w kolejności) zastosowania technik membranowych opartych o odwróconą osmozę.

Zdjęcie 1. SUW Płocka – widok ogólny.

Stacja Uzdatniania Wody przy ulicy Płockiej została zaprojektowana na wydajność:

- Qhmax: 327,0 m^3/h
- Qdśr: 5 500,0 m^3/d

Niestety eksploatacja z taką wydajnością jest niemożliwa, ponieważ zastosowane rozwiązania technologiczne uniemożliwiają osiągnięcie oczekiwanych efektów, dla wydajności wyższej niż 50,0 – 60,0 m3/h. Powyższa wartość będzie przedmiotem niniejszej analizy technologicznej. Podstawowe problemy z jakością wody uzdatnionej dotyczą żelaza, manganu oraz barwy. Dlatego na SUW Płocka wodę uzdatnioną miesza się z wodą pochodzącą z SUW Chodaków. Powyższy zabieg pozwala zmniejszyć zawartość przekraczanych wskaźników.

Charakterystyka technologiczna Stacji przedstawia się następująco:

Komora kontaktu – zbiornik odpowietrzający

Woda z ujęcia dopływa przewodami tłocznymi Ø 300 mm do zbiornika odpowietrzającego umieszczonego na 1-ym piętrze budynku uzdatniania. Do przewodu tłocznego w odległości ok. 15 m od wylotu do zbiornika podłączony jest przewód Ø 20 mm roztworu roboczego koagulanta – siarczanu glinu.

W zbiorniku odpowietrzającym następują dwa procesy:

- usuniecie z wody gazów,
- rozdział wody na poszczególne filtry.

Dane techniczne zbiornika odpowietrzającego:

- wymiary: 1400 x 4100 x 3100 mm (prostopadłościan)
- materiał wykonania: blacha stalowa umocniona ożebrowaniem
- pojemność użytkowa: 15 m^3

Zdjęcie 2. Zbiornik odpowietrzający.

Podkreślenia wymaga fakt, iż woda w ogóle nie jest napowietrzana w żadnym procesie poprzedzającym filtrację. W zasadzie jedyne „napowietrzanie" odbywa się poprzez powierzchnię kontaktu wody z powietrzem w komorze odpowietrzającej – jednak jest to dalece niewystarczający proces.

Bardzo krótki jest również czas kontaktu wody z koagulantem w komorze odpowietrzającej. W zasadzie nie była ona projektowana jako komora kontaktowa – a jedynie jako zbiornik wyrównawczy i odpowietrzający właśnie.

Tym samym stosowanie koagulantu wstępnie zhydrolizowanego jakim jest siarczan glinu, niesie ze sobą poważne zagrożenia związane z brakiem odpowiedniego czasu na proces flokulacji, związania zanieczyszczeń i dalej aglomeracji do odpowiednich rozmiarów kłaczków, które złoże filtracyjne może wyfiltrować. Problem ten będzie się pogłębiał wraz ze zwiększeniem wydajności obiektu (stąd obserwowane przez Użytkownika pogarszanie efektów wraz ze wzrostem wydajności.

Zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami, na podstawie wyników badań jakości wody surowej zapotrzebowanie na tlen wynosi odpowiednio:

- na utlenienie żelaza: 0,9 mg * 0,14 mg/L = 0,13 mg/L
- na utlenienie manganu: 0,1 * 0,29 mg/L = 0,03 mg/L
- na utlenienie jonu amonowego: 1,1 * 4,54 = 5,00 mg/L

Sumaryczne zapotrzebowanie na tlen wynosi zatem ok 5,2 mg/L z czego większość generuje jon amonowy zawarty w wodzie ujmowanej.

Zakładając dodatkowy naddatek (ok 2,0 mg/L) minimalny poziom natlenienia wody będzie wynosił ok 7,0 mg/L. Cały problem polega na braku systemu napowietrzania wody. Właściwie nie ma żadnego, poza wspomnianą wcześniej powierzchnią kontaktu wody z powietrzem w zbiorniku odpowietrzającym, miejsca w którym woda mogłaby się natleniać. Będzie to generowało całe mnóstwo problemów technologicznych, do których zaliczyć należy:

- brak odpowiednio efektywnego procesu usuwania żelaza
- brak odpowiednio efektywnego procesu usuwania manganu
- praktycznie całkowity brak możliwości usuwania jonu amonowego na złożach filtracyjnych,

Nienatleniona woda kierowana do sieci, lub też woda z obecnym w niej jonem amonowym, będzie dalej „pracowała” w sieci wodociągowej – tzn. należy spodziewać się sytuacji, w której procesy, szczególnie nitryfikacji będą dalej zachodziły w sieci wodociągowej (po natlenieniu wody w zbiorniku retencyjnym) co może skutkować pojawieniem się azotynów w przypadku niepełnej nitryfikacji i odtlenieniem wody.

Wydaje się, że na tym etapie (poza stanem technicznym komory odpowietrzenia, wynikającym z korozyjnego oddziaływania chlorków, a także brakiem pełnej wiedzy na temat komory, wykształconych w niej osadach itp.) jest to najpoważniejszym problem technologiczny, realnie rzutujący na jakość uzdatnianej wody.

Koagulacja powierzchniowa oraz filtracja wody (filtry otwarte)

Na obiekcie Suw przy ul. Płockiej zastosowano stosunkowo rzadko stosowany proces koagulacji kontaktowej, polegający na filtrowaniu wody z koagulantem w kierunku odwrotnym – tj. od dołu do góry.

Woda poprzez drenaż rurowy dostaje się do filtra i przepływa od dołu do góry przez złoże filtracyjne, korytami odpływowymi jest kierowana do zbiornika wody czystej. Siłą wymuszającą przepływ jest napór wody (słup wody) w zbiorniku odpowietrzającym. Zresztą znajdujące się na rurociągach odpływowych do każdego filtra manometry mają informować o poziomie ciśnienia wody w rurociągach napływowych na filtry.

Zdjęcie 3. Manometry na rurociągach doprowadzających wodę na poszczególne filtry.

W czasie tego przepływu występują jednocześnie muszą występować następujące procesy:

- tworzenie się kłaczków (koagulacja),
- filtracja (zatrzymanie kłaczków na ziarnach złoża)
- usuwanie manganu na ziarnach złoża filtracyjnego (powłokach katalitycznych)
- biologiczne usuwanie jonu amonowego (na wytworzonych błonach biologicznych)

Odpływ wody z filtra odbywa się przez koryta przelewowe, dalej woda poprzez koryto zbiorcze dostaje się do przewodu filtratu Ø 300 mm i tym przewodem dopływa do zbiorników wyrównawczych.

W miarę wzrostu zanieczyszczenia złoża filtracyjnego filtr płukany jest z wykorzystaniem pompy płucznej, która do celów płukania złoża pobiera wodę ze zbiorników wyrównawczych.

Pompy wody płucznej umieszczone są w wydzielonym pomieszczeniu w budynku uzdatniania.

<u>Dane techniczne filtra:</u>

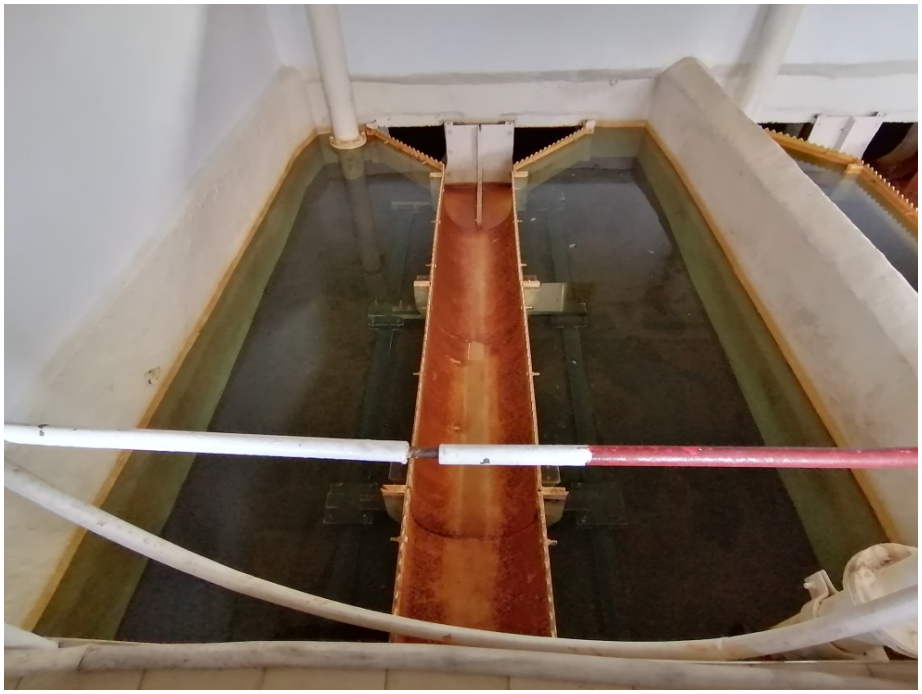
- ilość:	4 szt.
- wymiary:	3,25 x 5,40 m
- powierzchnia filtracyjna:	18,0 m^2
- materiał wykonania:	zbiornik żelbetowy
- rodzaj drenażu:	rurowy

Całkowita powierzchnia filtracji wynosi zatem 72 m^2.

Widok ogólny komory filtracyjnej oraz galerii rur przedstawiono na zdjęciach poniżej.

Zdjęcie 4. Komora filtra – górna część (koryta odpływowe)

Zdjęcie 5. Komora pojedynczego filtra.



Zdjęcie 6 . Galeria rur.

Spośród stwierdzonych podczas wizji lokalnej potencjalnych problemów, szczególną uwagę zwraca:

- brak odpowiednich warunków utleniania żelaza oraz manganu, a także jonu amonowego,
- właściwie należy przyjąć, że całe utlenianie żelaza odbywa się już w złożu filtracyjnym, (nie w komorze reakcji, gdyż zbyt krótki jest czas przetrzymania)
- stwierdzone zażółcenie koryt odpływowych, świadczące o okresowym występowaniu problemów z utlenianiem żelaza i manganu (wprawdzie korytami tymi odprowadzane są również wody popłuczyne, jednak one nie pozostawiają tak dużego zabrudzenia z uwagi na zupełnie inną formę żelaza),
- widoczne ślady korozji na orurowaniu, niektóre rurociągi były już poddawane naprawie, z uwagi na wżery korozyjne spowodowane wysoką zawartością chlorków w ujmowanej wodzie.

Aktualnie płukanie filtrów odbywa się co ok 2800 m3, co w okresie zimowym odpowiada częstotliwości płukania wynoszącej raz na 4 doby, natomiast w okresie letnim ok raz na 2 doby.

Pompy płuczące i dmuchawę przedstawiono na kolejnych zdjęciach.

Zdjęcie 7 . Dmuchawa płucząca.

Zdjęcie 8 . Pompy płuczące.

Generalnie niska efektywność technologiczna SUW powoduje, iż Użytkownik eksploatuje obiekt z bardzo niską wydajnością przez kilka godzin w ciągu doby.

Zgodnie z uzyskaną informacją filtry wypełnione są złożem filtracyjnym o uziarnieniu 0,8 – 1,4 mm i wysokości ok 2,0 m. Piasek filtracyjny spoczywa na żwirze, który przykrywa ok 35 cm drenaż rurowy, wykonany z lateral o średnicy Dn 80, wprowadzonych do kolektora głównego o średnicy DN 600. W otrzymanych materiałach brak jest informacji o rozdzielnym płukaniu wodą oraz powietrzem.

Tak realizowany proces (z dołu do góry), niesie ze sobą następujące uwarunkowania technologiczne:

- trudno ustalić jaka jest faktyczna efektywna wysokość strefy odżelaziania w filtrze,
- oględziny złoża wskazują, że na powierzchni filtra znajdują się ziarna czarne (co świadczyłoby o wykształceniu powłok manganowych w górnej części filtra – zgodnie z oczekiwaniami), jednakże trudno jest jednoznacznie stwierdzić, czy ziarna nie przemieszczają się w filtrze po obrośnięciu)
- w filtrze nastepuje proces flokulacji (tworzenia kłaczków koagulantu i koloidu), które są wyfiltrowywane na wysokości (głębokości) filtra zależnej od wielkości wytworzonych kłaczków,
- z całą pewnością proces dozowania koagulanta i koagulacji będzie wpływał na proces nitryfikacji ograniczając go,
- wydaje się, że poważnym problemem jest również wzrost agresywności wody spowodowany dozowanie koagulanta hydrolizującego, który w procesie hydrolizy wytwarza dodatkowo dwutlenek węgla, będący obok chlorków czynnikiem korozyjnym dla armatury.

Podobnie jak w przypadku zbiornika odpowietrzającego trudny do określenia na dzień dzisiejszy jest stan techniczny filtrów oraz samego drenażu.

Ostatnie prace związane z filtrem realizowane były w 2004 roku, usunięto wówczas zużyte złoże (piasek kwarcowy) i warstwy podtrzymujące, a także wykonano przegląd i czyszczenie drenażu oraz kolektorów wodnych i powietrznych. Wymieniono wówczas również materiał filtracyjny.

Z uwagi na fakt, iż od ostatniego przeglądu drenażu minęło już ponad 17 lat wydaje się, że konieczne będzie usunięcie złoża z jednej komory i dokonanie szczegółowych oględzin wnętrza komory oraz samego drenażu. Oględziny takie i wnioski płynące z oględzin mogą być głównym argumentem przemawiającym za całkowitą przebudową Stacji.

Z całą pewnością układ technologiczny, który docelowo będzie pracował na SUW Płocka winien:

- zapewnić natlenienie wody przed filtracją, umożliwiające utlenienie żelaza, manganu oraz przede wszystkim dużych ilości jonu amonowego,
- winien zapewnić usuwanie barwy w procesie koagulacji (który jest dedykowany dla tego wskaźnika), ale z:
    - zastosowaniem koagulantu wstępnie zhydrolizowanego,

  - zastosowaniem odpowiedniego czasu kontaktu z koagulantem i mieszania szybkiego oraz wolnego poprzez komorę szybkiego mieszania i komorę flokulacji z mieszadłem ze sterowanymi obrotami
  - zastosowaniem odpowiedniego (drobnego) złoża filtracyjnego, które pozwoli na skuteczne wyfiltrowanie wytworzonych kłaczków koagulantu
- winien zapewnić usuwanie żelaza, manganu i jonu amonowego, na złożu o odpowiedniej granulacji i wysokości,
- winien zapewnić usunięcie chlorków, do poziomu zgodnego z normą,
- jednocześnie wszystkie materiały kontaktujące się z wodą powinny cechować się odpornością na korozję (wykonane z tworzyw sztucznych lub zabezpieczone przed negatywnym wpływem chlorków na ich powierzchnię).

Powyższe zostanie szczegółowo scharakteryzowane w dalszej części opracowania.

Dezynfekcja wody

Przed zbiornikami do wody przefiltrowanej dodawany jest dezynfektant – podchloryn sodu. Układ dozowania podchlorynu sodu przedstawiono na zdjęciu nr 9.

Zdjęcie 9. Dozowanie podchlorynu sodu.

Podchloryn sodu jest przechowywany w paletopojemniku, z którego jest wtłaczany do wody po filtracji.

Należy podkreślić fakt, iż na zużycie podchlorynu sodu wpływ będzie miała:

- efektywność usuwania barwy (pozostała barwa wpływa na zwiększenie zapotrzebowania na chlor)

- efektywność usuwania żelaza i manganu (pozostałe żelazo i mangan także zwiększą zapotrzebowanie wody na chlor)
- pozostały jon amonowy (który zwiąże chlor tworząc chloraminę).

Generalnie chlorowanie wody o podwyższonej zawartości barwy i jonu amonowego niesie zawsze ze sobą spore ryzyka, Dlatego konieczne jest głębokie usunięcie zanieczyszczeń z wody, tak by proces chlorowania mógł przebiegać bez zakłóceń. To samo zresztą dotyczy innych metod dezynfekcji. Szczególnie wrażliwa na zawartość barwy jest dezynfekcja z wykorzystaniem promieniowania UV, które jest bardzo mocno pochłaniane przez barwę właśnie.

Magazynowanie wody uzdatnionej

Woda uzdatniona gromadzona jest w wyrównawczych zbiornikach retencyjnych.

Dane techniczne zbiornika wody czystej:

- ilość:	2 szt.
- pojemność:	1000,0 m^3

Do zbiorników dopuszczana jest również woda z drugiego z ujęć. Ma to na celu zmniejszenie zawartości żelaza manganu oraz barwy w wodzie i poprawę jej własności korozyjnych (z uwagi na brak chlorków w wodzie z drugiego z ujęć). Na chwilę obecną, zgodnie z uzyskanymi informacjami utrzymuje się proporcję:

- ¼ wody pochodzącej z SUW przy ul. Płockiej
- ¾ wody pochodzącej z Chodakowa.

Zgodnie z uzyskanymi informacjami, zbiorniki retencyjne nie były poddawane przeglądowi. Oględziny komory zasuw wskazują na znacznie skorodowane rurociągi oraz obecność wody. Z pewnością zbiorniki czeka gruntowny przegląd, czyszczenie i trzeba założyć że również renowacja.

Wygląd ogólny zbiorników przedstawiono na zdjęciu 10.

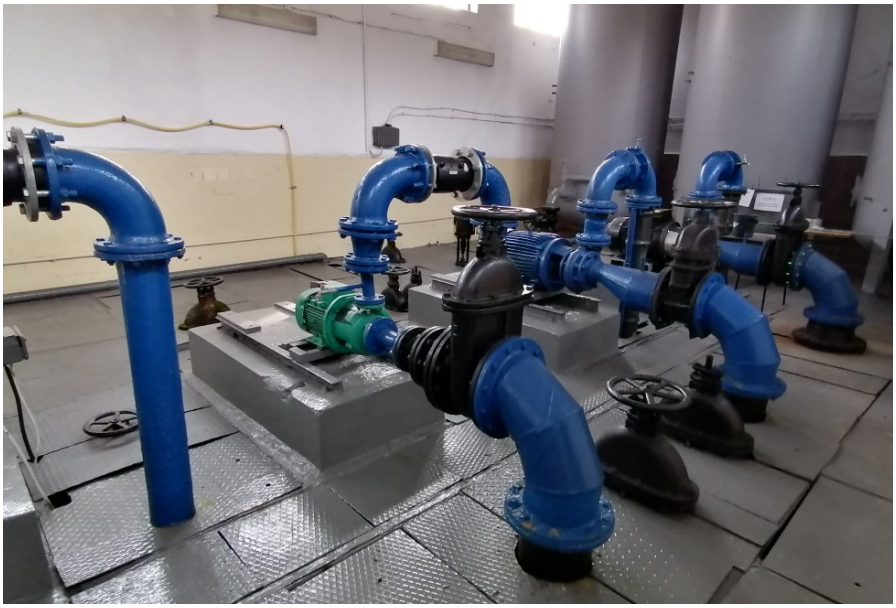
Zdjęcie 10. Zbiorniki retencyjne na SUW przy ul. Płockiej.

Zdjęcie 11. Zasuwy i właz wejściowy z wentylacją zbiorników przy ul.Płockiej.

Tłoczenie wody uzdatnionej.

Ze zbiorników wody czystej (woda uzdatniona na SUW przy ul. Płockiej oraz w Chodakowie) woda podawana jest do sieci miejskiej z wykorzystaniem pomp wirowych. Pompy znajdują się w pompowni II stopnia.

Zdjęcie 12. Pompownia sieciowa.



Zdjęcie 13. Hydrofory w pompowni sieciowej.

Pompy sterowane są falownikami, jednakże dla kompensacji uderzeń hydraulicznych zachowano stare hydrofory.

Widoczne na zdjęciu 13 zbiorniki hydroforowe są aktualnie odłączone.

W pompowni również widać ślady korozji i napraw wynikających z wysokiej agresywności wody tłoczonej do sieci.

Układ dozowania koagulantu.

W budynku uzdatniania znajdują się trzy zbiorniki magazynowe koagulanta – siarczanu glinu. Roztwór koagulantu przygotowuje się na miejscu poprzez rozpuszczanie siarczanu glinu dostarczanego w postaci stałej.

Dane techniczne – zbiornik magazynowy koagulanta:

- dozowany koagulant:	siarczan glinu
- ilość:	3 szt.
- wymiary w planie:	4,0 x 4,0 m
- pojemność:	43 m^3
- konstrukcja:	zbiornik żelbetowy otwarty

Zbiorniki roztworu nasyconego i roboczego usytuowane są na 1-ym piętrze budynku uzdatniania w hali dawkowania koagulanta.

Dane techniczne – zbiornik roztworu nasyconego:

- ilość:	1 szt.
- wymiary:	kształt walca o średnicy 1800 mm i wysokości całkowitej 2520 mm
- materiał wykonania:	blacha stalowa (wewnątrz gumowany)
- pojemność użyteczna:	4 m^3

Dane techniczne – zbiornik roztworu roboczego:

- ilość:	1 szt.
- wymiary:	kształt walca o średnicy 1400 mm i wysokości całkowitej 2700 mm
- materiał wykonania:	blacha stalowa (wewnątrz gumowany)
- pojemność użyteczna:	2 m^3

Zdjęcie 14. Zbiornik przygotowania roztworu koagulantu (w trakcie pracy)

Zdjęcie 15. Pompa dozowania koagulantu.

Aktualnie dozowany 4 % roztwór koagulantu. Wyznaczenia wymaga dawka efektywna koagulacji, której obliczenie jest konieczne

Pompowania wody płucznej i roztworów koagulantu

W jednym pomieszczeniu mieszczą się funkcjonalnie trzy różne pompownie:

- pompownia wody płucznej,
- dwie pompownie roztworów koagulanta – roztworu roboczego i cyrkulacyjna.

<u>Dane techniczne pompy płucznej:</u>

- ilość:	2 szt.
- wydajność nominalna:	1 300,0 m^3/h, przy czym rzeczywista wydajność podczas procesu płukania wynosi 500,0 m^3/h (jedna pompa pracuje druga jest rezerwowa)
- wysokość podnoszenia:	10,0 m

<u>Dane techniczne pompy cyrkulacyjnej:</u>

- ilość:	2 szt.
- wydajność nominalna:	12,0 – 30,0 m^3/h
- wysokość podnoszenia:	9,2-5,7 m

Dane techniczne pompy roztworu roboczego:

- ilość:	2 szt.
- wydajność nominalna:	0,72 m^3/h
- wysokość podnoszenia:	5,0 m

Popłuczyny

Wody popłuczne odprowadzane są kanałem zrzutowym do zbiornika popłuczyn, gdzie po około 24 godzinach sedymentacji trafiają do kanalizacji miejskiej. Osad pozostający w zbiorniku okresowo przepompowywany jest zamontowaną na stałe pompą do ścieków na poletka osadowe, gdzie następuje dalszy proces odsączania osadów, które po okresie około pół roku są wybierane i wywożone na wysypisko śmieci.

Podsumowanie.

Podsumowując, na SUW przy ul. Płockiej stwierdzono następujące problemy i zagadnienia wymagające szczegółowego rozpoznania:

- brak procesu napowietrzania wody (brak dostarczania tlenu do wody, skutkujący problemami z utlenieniem żelaza i manganu)
- nieodpowiednio prowadzony proces koagulacji w zakresie:
  - niewłaściwego koagulantu wybranego do procesu usuwania barwy w kontekście braku odpowiedniego czasu kontaktu, szczególnie przy wydajnościach eksploatacyjnych
  - zastosowanie koagulantu hydrolizującego dodatkowo pogłębia problemy związane z agresywnością wody; dwutlenek węgla powstający w wyniku hydrolizy siarczanu glinu działa szczególnie agresywnie na konstrukcję betonową,
  - brak odpowiedniego czasu na flokulację uniemożliwia skuteczne usuwanie barwy,
- w jednym złożu filtracyjnym muszą być prowadzone praktycznie 4 procesy technologiczne jednocześnie, w dodatku przepływ wody jest odwrócony, co utrudnia przewidywanie miejsca lokalizacji poszczególnych procesów w złożu właśnie,
- w wodzie ujmowane notuje się przekroczone stężenia chlorków, które dość istotnie oddziałują na stan techniczny orurowania filtrów
- stan techniczny drenażu oraz samych filtrów jest trudny do określenia – konieczna jest rewizja filtra i drenażu,
- stan techniczny orurowania jest zły, czego przyczyną są obecne w wodzie chlorki w ilościach przekraczających poziom bezpieczny dla tego typu materiałów
- stan techniczny zbiorników retencyjnych – wymaga szczegółowej analizy i rozpoznania; należy ustalić przyczynę obecności wody w komorach zasuw
- stan techniczny orurowania pompowni sieciowej – zły, widoczne ślady korozji wynikające z tłoczenia wody zawierającej chlorki, oraz wody agresywnej wskutek stosowania hydrolizującego koagulantu.

Tym samym należy stwierdzić, że na SUW Płocka występują problemy natury zarówno

technologicznej jak i technicznej. Stacja wymaga całkowitej, gruntownej modernizacji, która pozwoli wykorzystać potencjał ujęcia wody.

Wstępna analiza technologiczna wskazuje na konieczność zastosowania następujących procesów technologicznych:

- napowietrzanie wody (analiza równowagi węglanowo – wapniowej wskazuje na możliwość napowietrzania ciśnieniowego), z wykorzystaniem aeratorów i sprężarek bezolejowych,
- koagulacja z wykorzystaniem koagulantu zhydrolizowanego (glinowego)
- wolne mieszanie (flokulacja)
- sedymentacja w separatorach lamelowych
- filtracja na złożu antracytowo-kwarcowo-katalitycznym, celem usunięcia żelaza, manganu i jonu amonowego,
- usuwanie chlorków metodą RO z części strumienia (niezbędnej do osiągnięcia oczekiwanego poziomu chlorków),
- dezynfekcja podchlorynem i promieniami UV
- retencja wody w zbiornikach retencyjnych
- tłoczenie wody do sieci wodociągowej.

Istotne są dwa elementy powyższej koncepcji:

1. Zastosowanie filtracji klasycznej (z góry do dołu) – która pozwoli na jednoczesne, skuteczne usuwanie wszystkich zanieczyszczeń. Poprzedzenie filtracji kontaktowej klasyczną, objętościową koagulacją.

Możliwe jest rozważenie jeszcze koagulacji powierzchniowej (podobnej do obecnej z przepływem z góry do dołu; jednakże doświadczenia eksploatacyjne wskazują na konieczność zastosowania dużej powierzchni filtracji, celem ograniczenia prędkości filtracji – praktycznie przełoży się to na rozbudowę układu na dwa stopnie filtracji)

2. Zastosowanie metody usuwania chlorków z wody. Do wykorzystania w tym obszarze pozostają metody takie jak odwrócona osmoza lub elektrodializa. Metody te będą się wiązały z koniecznością odprowadzenia znacznej ilości koncentratu (ok 25 % strumienia poddawanego RO), który będzie musiał być przekierowany do kanalizacji i dalej na oczyszczalnię ścieków.

Szczegóły koncepcji technologicznej przebudowy SUW przy ul. Płockiej zostaną przedstawione w dalszej części opracowania.

SUW Chodaków

Drugim obiektem eksploatowanym na potrzeby zaopatrzenia w wodę mieszkańców Sochaczewa jest Stacja Uzdatniania Wody w Chodakowie. Obiekt ten jest zasilany z ujęcia Wólka Smolana-Konary w oparciu o pozwolenie wodno prawne zgodnie z decyzją Dyrektora Zarządu Zlewni w Łowiczu z dnia 09.10.2019r. Dopuszczalne wartości poboru wody wynoszą odpowiednio:

- maksymalnej godzinowej 293,0 m^3/h,
- średniej dobowej 5 750,0 m^3/d,
- maksymalnej rocznej 2 000 000,0 m^3/rok.

Pozwolenie wodnoprawne udzielone do dnia: 19.11.2049r.

Woda surowa pochodząca z ujęcia Wólka Smolana - Konary charakteryzuje się typowymi dla wód podziemnych przekroczeniami w zakresie zawartości żelaza ogólnego, manganu, jonu amonowego, mętności i barwy. W związku z powyższym kierowana jest na stację uzdatniania wody w Chodakowie, a następnie trafia do sieci wodociągowej.

Studnie i pompy głębinowe

Ujęcie wód podziemnych składa się z 6 studni, które zlokalizowane są w znacznych odległościach od siebie ok. 350 do 450 m. W obszarze zagospodarowanym rolniczo. Pomiędzy miejscowościami Wólka Smolana i Konary.

Pobór wody podziemnej z ujęcia składającego się aktualnie z 6 studni podstawowych i 1 studni awaryjnej ujmujących czwartorzędowy poziom wodonośny:. Poniżej została przedstawiona charakterystyka poszczególnych studni, zgodnie z udostępnionymi dokumentami.

Studnia nr 2c (podstawowa)

Została wykonana w 1987 r. przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie – Oddział w Łodzi. Głębokość otworu wynosi 63 m. Studnia może być eksploatowana z wydajnością Q = 90,0 m3/h przy depresji S = 3,2 m.

Obudowa studni: Obudowa studzienna została wykonana jako obudowa typowa stalowa o średnicy wewnętrznej ∅1620 mm i wysokości wewnętrznej 2500 mm. W płycie stropowej obudowy znajdują się dwa włazy typu okapowego o średnicy ∅600 mm oraz rurka wywiewna.

Wewnątrz obudowy studziennej na rurze tłocznej ∅100 mm znajdują się:

- manometr z kranikiem do poboru wody,
- wodomierz,
- zawór odcinający

- zawór zwrotny.

Wewnątrz obudowy znajduje się także drabinka komunikacyjna.

Studnia nr III (podstawowa)

Została wykonana w 2006 r. jako otwór zastępczy w zamian za niesprawne i zlikwidowane studnie nr 3, 3b, 3c i 3bis przez Zakład Usług Geologicznych „Kirpsza" z Łodzi. Głębokość otworu wynosi 60,8 m. Studnia może być eksploatowana z wydajnością Q = 134,0 m3/h przy depresji S = 5,2 m.

Obudowa studni: Obudowa studzienna została wykonana jako obudowa typowa stalowa o średnicy wewnętrznej ∅1620 mm i wysokości wewnętrznej 2500 mm. W płycie stropowej obudowy znajdują się dwa włazy typu okapowego o średnicy ∅600 mm oraz rurka wywiewna.

Wewnątrz obudowy studziennej na rurze tłocznej ∅125 mm znajdują się:

- manometr z kranikiem do poboru wody,
- wodomierz
- zawór odcinający,
- zawór zwrotny.

Wewnątrz obudowy znajduje się także drabinka komunikacyjna.

Studnia nr IV wykonana w zastępstwie studni 4b (fizycznie zlikwidowanej).

Z uwagi na brak informacji dotyczących studni IV, poniżej przedstawiono parametry techniczne studni 4b, która miała analogiczne do eksploatowanej obecnie parametry.

Została wykonana w 1981 r. przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie – Oddział w Łodzi. Głębokość otworu wynosi 46,0 m. Studnia może być eksploatowana z wydajnością Q = 83,0 m3/h przy depresji S = 2,9 m.

Studnia IV znajduje się aktualnie w fazie zatwierdzania formalności – tj. dodatku hydrogeologicznego oraz zmiany Pozwolenia Wodnoprawnego.

Studnia nr 8c (podstawowa)

Została wykonana w 1987 r. przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie – Oddział w Łodzi. Głębokość otworu wynosi 36,4 m. Studnia może być eksploatowana z wydajnością Q = 43,0 m3/h przy depresji S = 2,8 m.

Obudowa studni: Obudowa studzienna została wykonana jako obudowa typowa stalowa o średnicy
wewnętrznej ∅1620 mm i wysokości wewnętrznej 2500 mm. W płycie stropowej obudowy znajdują
się dwa włazy typu okapowego o średnicy ∅600 mm oraz rurka wywiewna.

Wewnątrz obudowy studziennej na rurze tłocznej ∅100 mm znajdują się:

- manometr z kranikiem do poboru wody,

- wodomierz,
- zawór zwrotny,
- zawór odcinający.

Wewnątrz obudowy znajduje się także drabinka komunikacyjna. W obudowie na rurze tłocznej znajduje się ocieplenie, zabezpieczające przed zamarzaniem wody w okresie zimowym.

Studnia nr 8a (awaryjna)

Została wykonana w 1979 r. przez Oddział Łódzki Kombinatu Geologicznego "Północ". Głębokość otworu wynosi 37,4 m. Studnia może być eksploatowana z wydajnością Q = 39,0 m3/h przy depresji S = 2,6 m.

Obudowa studni: Obudowa studzienna została wykonana jako obudowa typowa stalowa o średnicy wewnętrznej ∅1620 mm i wysokości wewnętrznej 2500 mm. W płycie stropowej obudowy znajdują się dwa włazy typu okapowego o średnicy ∅600 mm oraz rurka wywiewna.

Wewnątrz obudowy studziennej na rurze tłocznej ∅100 mm znajdują się:

- kranik do poboru wody,
- zawór odcinający,
- wodomierz,
- zawór zwrotny.

Wewnątrz obudowy znajduje się także drabinka komunikacyjna. W obudowie na rurze tłocznej znajduje ocieplenie, zabezpieczające przed zamarzaniem wody w okresie zimowym.

Studnia nr 9c (podstawowa)

Została wykonana w 1987 r. przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie – Oddział w Łodzi. Głębokość otworu wynosi 45,0 m. Studnia może być eksploatowana z wydajnością Q = 56,0 m3/h przy depresji S = 2,5 m.

Obudowa studni: Obudowa studzienna została wykonana jako obudowa typowa stalowa o średnicy wewnętrznej ∅1620 mm i wysokości wewnętrznej 2500 mm. W płycie stropowej obudowy znajdują się dwa włazy typu okapowego o średnicy ∅600 mm oraz rurka wywiewna.

Wewnątrz obudowy studziennej na rurze tłocznej ∅100 mm znajdują się:

- kranik do poboru wody,
- zawór zwrotny,
- wodomierz,
- zawór odcinający.

Wewnątrz obudowy znajduje się także drabinka komunikacyjna. W obudowie na rurze

tłocznej znajduje się ocieplenie, zabezpieczające przed zamarzaniem wody w okresie zimowym.

Studnia nr XII (podstawowa)

Została wykonana w 2006 r. jako otwór zastępczy w zamian za niesprawne i zlikwidowane studnie nr 12 i 12b przez Zakład Usług Geologicznych „Kirpsza z Łodzi". Głębokość otworu wynosi 50,0 m. Studnia może być eksploatowana z wydajnością Q = 125,0 m3/h przy depresji S = 6,2 m.

Obudowa studni: Obudowa studzienna została wykonana jako obudowa typowa stalowa o średnicy wewnętrznej ∅1620 mm i wysokości wewnętrznej 2500 mm. W płycie stropowej obudowy znajdują się dwa włazy typu okapowego o średnicy ∅ 600 mm oraz rurka wywiewna.

Wewnątrz obudowy studziennej na rurze tłocznej ∅ 125 mm znajdują się:

- manometr z kranikiem do poboru wody,
- wodomierz,
- zawór odcinający,
- zawór zwrotny.

Wewnątrz obudowy znajduje się także drabinka komunikacyjna.

W studniach wchodzących w skład omawianego ujęcia zainstalowane są następujące pompy głębinowe:

- **w studni nr 2c:** pompa głębinowa typu GC.5.04 o wydajności Q = 30,0 ÷ 75,0 m3/h przy wysokości podnoszenia H = 70,0 ÷ 30,0 m, z silnikiem typu SGMf18/F o mocy 15,0 kW. Pompa głębinowa zainstalowana jest na głębokości 15,0 m p.p.t.

- **w studni nr III:** pompa głębinowa typu GC8.03.2.2 o wydajności Q = 40,0 ÷ 120,0 m3/h przy wysokości podnoszenia H = 64 ÷ 40 m, z silnikiem typu SMV6 o mocy 22,0 kW. Pompa głębinowa zainstalowana jest na głębokości 15,0 m p.p.t.

- **w studni nr IV:** Q = 90,0 m3/h – w zatwierdzeniu dodatek hydrogeologiczny i zmiana Pozwolenia Wodnopprawnego.

- **w studni nr 8c:** pompa głębinowa typu GC.3.04 o wydajności Q = 20,0 ÷ 50,0 m3/h przy wysokości podnoszenia H = 20,0 ÷ 50,0 m, z silnikiem typu SGMf18/F o mocy 11,0 kW. Pompa głębinowa zainstalowana jest na głębokości 15,0 m p.p.t.

- **w studni nr 9c:** pompa głębinowa typu GC.5.04 o wydajności Q = 30,0 ÷ 75,0 m3/h przy wysokości podnoszenia H = 70,0 ÷ 30,0 m, z silnikiem typu SGMf18/F o mocy 15,0 kW. Pompa głębinowa zainstalowana jest na głębokości 15,0 m p.p.t.

- **w studni nr XII:** pompa głębinowa typu GC8.03.2.2 o wydajności Q = 40,0 ÷ 120,0 m3/h przy wysokości podnoszenia H = 64 ÷ 40 m, z silnikiem typu SMV6 o mocy 22,0 kW. Pompa głębinowa zainstalowana jest na głębokości 15,0 m p.p.t.

- **w studni nr 8a (studnia awaryjna):** pompa głębinowa typu GC.5.04 o wydajności Q = 30,0 ÷ 75,0 m3/h przy wysokości podnoszenia H = 70,0 ÷ 30,0 m, z silnikiem typu SGMf18/F o mocy 15,0 kW. Pompa głębinowa zainstalowana jest na głębokości 15,0 m p.p.t.

W poniższej tabeli przedstawiono wyniki badań jakości wody surowej w zakresie najważniejszych z technologicznego punktu widzenia parametrów, przekazane przez Zamawiającego dla ujęcia Wólka Smolana – Konary.

Tabela 2a. *Wyniki badań fizykochemicznych wody surowej pobranej ze studni nr 2, III,8,9 oraz XII w Konarach, gm. Brochów*

BADANY WSKAŹNIK				PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE											
				Barwa	pH	Mangan	Żelazo	Azotany	Azotyny	Jon amonowy	Przewodność elektryczna właściwa	Mętność	Chlorki	Zapach	Indeks nadmanganianowy jako utlenialność z KMnO4
pkt	nr sprawoz.	kod próbki	data poboru	mg/L Pt	-	ug/L	ug/L	mg/L	mg/L	mg/L	uS/cm	NTU	mg/L	-	mg/L O2
Studnia nr 2, Konary, gm. Brochów	170/2021	25/02/2021/St(2)/K	10-02-2021	5	7,4	285	1858	<0,3	<0,03	0,253	538	2	10,4	ZD	1
Studnia nr 2, Konary, gm. Brochów	74669/21/WAW	25/02/2021/St(2)/K	10-02-2021												
Studnia nr III, Konary, gm. Brochów	169/2021	24/02/2021/St(III)/K	10-02-2021	5	7,4	261	1642	0,748	<0,03	0,257	539	1,9	14,8	ZD	0,64
Studnia nr 8, Konary, gm. Brochów	168/2021	21/02/2021/St(8)/K	09-02-2021	5	7,6	250	834	2,07	<0,03	0,128	510	2,4	13,1	ZD	1,1
Studnia nr 8, Konary, gm. Brochów	72304/21/WAW	21/02/2021/St(8)/K	09-02-2021												
Studnia nr 9, Konary, gm. Brochów	167/2021	20/02/2021/St(9)/K	09-02-2021	10	7,5	504	1324	<0,3	<0,03	0,152	667	4,5	17,9	ZD	3,2
Studnia nr 9, Konary, gm. Brochów	72303/21/WAW	20/02/2021/St(9)/K	09-02-2021												
Studnia nr XII, Konary, gm. Brochów	166/2021	19/02/2021/St(XII)/K	09-02-2021	5	7,4	491	1286	2,24	<0,03	0,163	621	3,1	25,4	ZD	0,91
Studnia nr XII, Konary, gm. Brochów	72302/21/WAW	19/02/2021/St(XII)/K	09-02-2021												

Tabela 2b. *Wyniki badań fizykochemicznych wody surowej pobranej ze studni nr 2, III,8,9 oraz XII w Konarach, gm. Brochów*

BADANY WSKAŹNIK				PARAMETRY MIKROBIOLOGICZNE			ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKÓW				
				Liczba bakterii grupy coli	Liczba Escherichia coli	Liczba enterokoków kałowych	Sód	Magnez	Potas	Fosforany	Siarczany
pkt	nr sprawoz.	kod próbki	data poboru	NPL/100 ml	NPL/100 ml	NPL/100 ml	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Studnia nr 2, Konary; gm. Brochów	170/2021	25/02/2021/St(2)/K	10-02-2021	0	0	0					
Studnia nr 2, Konary; gm. Brochów	74669/21/WAW	25/02/2021/St(2)/K	10-02-2021				17 ± 2	13 ± 2	1,6 ± 0,3	<0,09	40 ± 5
Studnia nr III, Konary; gm. Brochów	169/2021	24/02/2021/St(III)/K	10-02-2021	0	0	0					
Studnia nr 8, Konary; gm. Brochów	168/2021	21/02/2021/St(8)/K	09-02-2021	0	0	0					
Studnia nr 8, Konary; gm. Brochów	72304/21/WAW	21/02/2021/St(8)/K	09-02-2021				8 ± 1	7,9 ± 1,2	1,4 ± 0,2	<0,09	54 ± 12
Studnia nr 9, Konary; gm. Brochów	167/2021	20/02/2021/St(9)/K	09-02-2021	0	0	0					
Studnia nr 9, Konary; gm. Brochów	72303/21/WAW	20/02/2021/St(9)/K	09-02-2021				11± 1	12 ± 2	2,8 ± 0,4	<0,09	99 ± 13
Studnia nr XII, Konary; gm. Brochów	166/2021	19/02/2021/St(XII)/K	09-02-2021	0	0	0					
Studnia nr XII, Konary; gm. Brochów	72302/21/WAW	19/02/2021/St(XII)/K	09-02-2021				17 ± 2	13 ± 2	4,3 ± 0,7	<0,09	80 ± 10

Analiza technologiczna jakości wody surowej wskazuje na następującą charakterystykę:

- stężenie żelaza mieści się na średnim poziomie i oscyluje w granicach 830 – 1800 ug/L; jest to wartość, która nie powinna nastręczać problemów z uzdatnianiem,
- stężenie manganu w wodzie mieści się w granicach 260 – 500 ug/L, jest to poziom, który jest optymalny z punktu widzenia uzdatniania, ponieważ z jednej strony pozwala na naturalne wpracowanie piasku kwarcowego i osiągnięcie trwałej aktywności manganowej złoża filtracyjnego,
- w wodzie jest bardzo niskie stężenie jonu amonowego, który mieści się w granicach 0,13 – 0,25 mg/L, stąd rzutuje to na niskie wymagania układu co do napowietrzania
- poziom chlorków w odróżnieniu od SUW przy ul. Płockiej jest bardzo niski (wynosi 5 – 15 mg/L), natomiast poziom siarczanów wynosi ok 80 – 90 mg/L i również znajduje się w normie
- woda nie zawiera również związków humusowych, jej barwa oscyluje w granicach 5 – 10 mg/L.

Generalnie ujmowany surowiec cechuje się zupełnie odmiennymi właściwościami w stosunku do studni ujęcia pracującego na SUW Płocka. Woda surowa podawana przez pompy głębinowe gromadzona jest w zbiornikach retencyjnych w Konarowie, skąd za pośrednictwem pomp wirowych PJM kierowana jest do Stacji Uzdatniania Wody w Chodakowie, gdzie poddaje się ją klasycznym procesom technologicznym obejmującym napowietrzanie i filtrację.

Poniżej zostanie przedstawiona charakterystyka technologiczna poszczególnych procesów uzdatniania wraz z obliczeniami technologicznymi.

Napowietrzanie

W pierwszej kolejności wodę poddaje się napowietrzaniu. Do tego celu wykorzystywane są aeratory ciśnieniowe oraz sprężarki olejowe. Urządzenia przedstawiono odpowiednio na zdjęciu 16 i 17.

Są to dwie kolumny o średnicy Dn 800 i wysokości ok 5 m zasilane od dołu powietrzem dostarczanym do wody ze sprężarki bezolejowej zlokalizowanej w oddzielnym pomieszczeniu. Sprężarka ma wydajność ok 40,0 m3/h.

Woda napowietrzona jest następnie kierowana na filtry. Wszystko odbywa się pod ciśnieniem pomp głębinowych. Z punktu widzenia analizy procesu aeracji istotne są następujące parametry:

- czas kontaktu wody z powietrzem (zgodnie z zaleceniami technologicznymi jest to ok 30 – 180 s); wykres nr 1 obrazuje zmianę przybliżonego czasu kontaktu w zależności od wydajności SUW Chodaków
- wymagany poziom natlenienia wody oraz poziom ilości powietrza kierowanego do procesu napowietrzenia (zaprezentowany na wykresie nr 2).

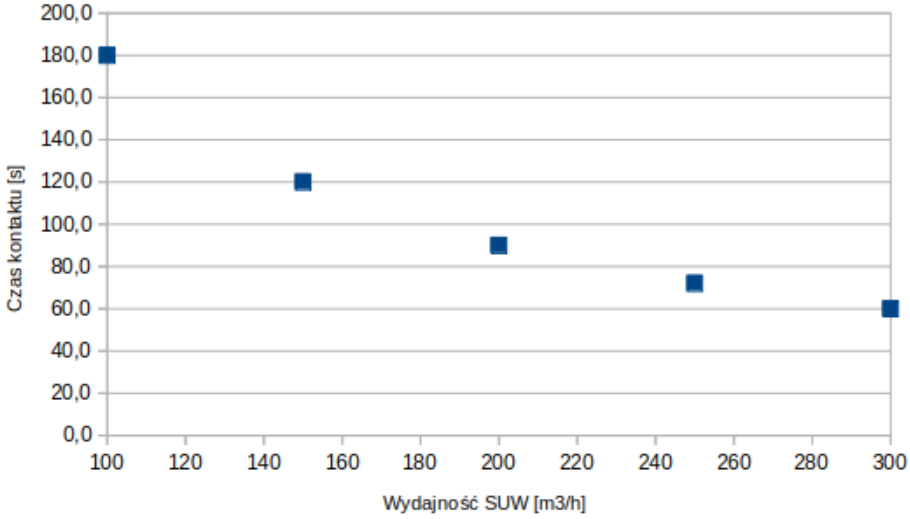
Obliczenia wymaganego stopnia natlenienia wody po procesie aeracji wskazują, że poziom tlenu w wodzie przed filtrami winien wynieść ok:

$$ZO_2 = 0,14*1,8 + 0,29*0,5 + 0,25*4,54 = 1,53 \text{ mg/L}$$

Ponadto należy założyć naddatek na poziomie ok 2,5 mg/L tlenu w wodzie po filtrach. Tym samym natlenienie wody powinno wynosić ok 4,0 mg/L w wodzie po aeratorach. Wiąże się ono ze sprawnością aeratorów oraz ilością powietrza podawanego ze sprężarek, co będzie przedmiotem oddzielnej analizy.

Zdjęcie 16. Kolumny napowietrzające.

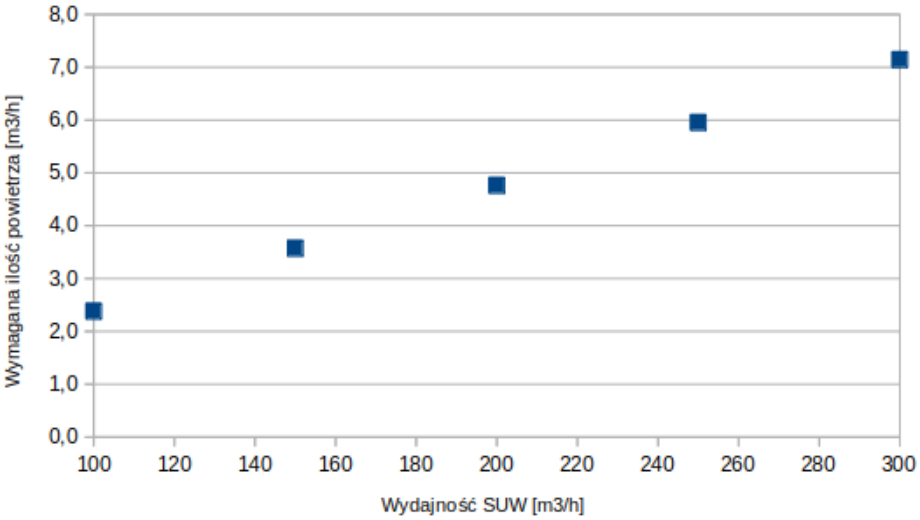
Wykres 1. Zależność czasu kontaktu wody w aeratorze od wydajności SUW Chodaków.



Jak wynika z wykresu 1 praktycznie dla całego zakresu wydajności SUW Chodaków czas kontaktu wody z powietrzem mieści się w granicach technologicznych, umożliwiając osiągnięcie właściwych warunków procesu napowietrzania wody.

Zdjęcie 17. Manometry zamontowane na dopływie wody surowej.

Wykres 2. Zależność czasu kontaktu wody w aeratorze od wydajności SUW Chodaków.



Zdjęcie 18. Sprężarka do napowietrzania wody w Chodakowie.

Na podstawie przeprowadzonej analizy procesu napowietrzania można wyciągnąć następujące wnioski:

- czas kontaktu wody z powietrzem dla całego zakresu wydajności można uznać za właściwy
- wymagany poziom natlenienia wody jest do osiągnięcia w tego typu systemach napowietrzania wody
- sprężarki napowietrzające są kluczowym elementem systemu, wymaga się, by były zdublowane oraz przede wszystkim pracowały w oparciu o system bezolejowy (stosowanie sprężarek olejowych niesie ze sobą ryzyko przedostawania się oleju do wody co generuje zagrożenia związane z obniżeniem efektywności napowietrzania oraz rozwojem bakterii na filtrach, a także pojawieniem się przekroczeń substancji ropopochodnych w wodzie i specyficznego zapachu wody)
- zastosowana sprężarka ma wydajność spełniającą wymogi w zakresie minimalnego strumienia powietrza niezbędnego do natlenienia wody,
- konstrukcja aeratorów uniemożliwia ich łatwe czyszczenie; niestety aeratory z uwagi na ich funkcję technologiczną są bardzo podatne na zarastanie żelazem, z tego względu muszą być regularnie czyszczone, gdyż ograniczają przepustowość hydrauliczną stacji, a także generują ograniczenia technologiczne (zmniejszają efektywność natleniania wody).

Mając na uwadze powyższe rekomenduje się wymianę aeratorów oraz sprężarki, na urządzenia o większej łatwości czyszczenia oraz większej niezawodności.

W przypadku sprężarek konieczne będzie zastosowanie urządzeń (dwóch – zdublowanych) bezolejowych.

Szczegóły zostaną opisane w dalszej części opracowania.

Filtracja

Woda napowietrzona kierowana jest dalej do procesu filtracji. Na SUW Chodaków wykorzystuje się do tego celu:

- 3 filtry o średnicy DN 3000
- 4 filtry o średnicy DN 2400

Niestety z uwagi na historię obiektu i brak szczegółowej dokumentacji technicznej nie uzyskano informacji na temat:

- uziarnienia złoża filtracyjnego
- szczegółowej konstrukcji filtrów (zważywszy na fakt prowadzenia orurowania w dość specyficzny i rzadko spotykany sposób).

W analizie technologicznej zwrócono uwagę na następujące parametry:

- prędkość filtracji,
- wysokość strefy odżelaziania
- warunki płukania filtrów
- długość cyklu filtracyjnego wynikającą z pojemności masowej złóż filtracyjnych.

Same urządzenia zostały zaprezentowane na zdjęciach 19 (filtry DN 3000) i 20 (filtry 2400). Natomiast przeliczenia technologiczne przedstawiono na kolejnych wykresach.

Filtry są orurowane rurociągami ze stali czarnej o ograniczonych przekrojach (dla tej średnicy filtrów by zachować odpowiednie warunki płukania filtrów średnice powinny wynosić ok DN 250). Element ten będzie analizowany w dalszej części opracowania.

Zdjęcie 19. SUW Chodaków – filtr DN 3000.

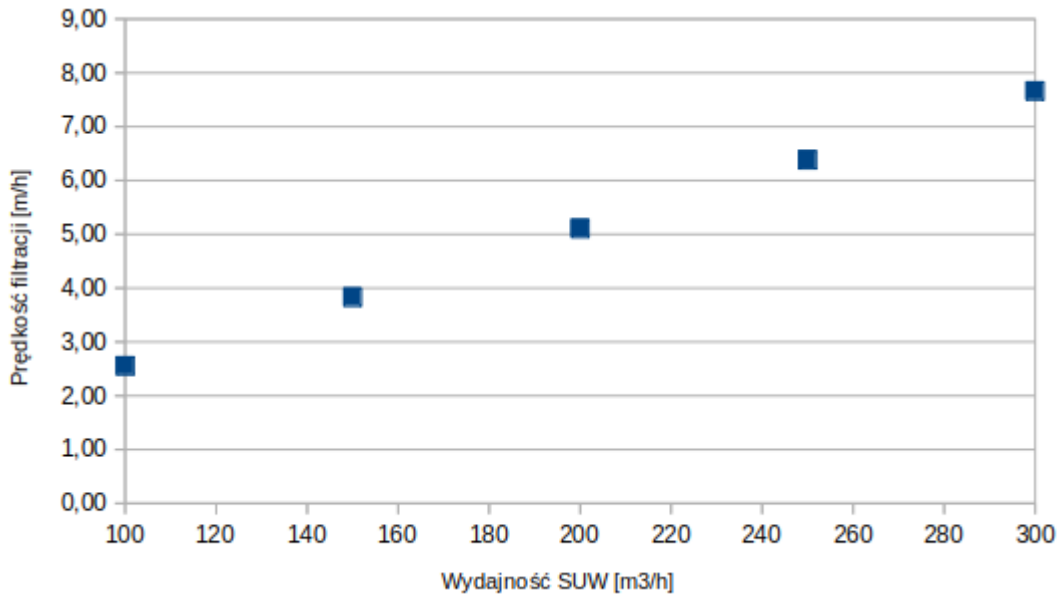
Zdjęcie 20. SUW Chodaków – część hali filtrów z filtrami DN 3000.

Zdjęcie 21. SUW Chodaków – filtr DN 2400.

Zdjęcie 22. SUW Chodaków – filtry DN 2400.

Na wykresie 3 przedstawiono wyznaczoną prędkość filtracji.

Wykres 3. Prędkość filtracji na SUW Chodaków



Jak wynika z zaprezentowanych obliczeń prędkość filtracji nie przekracza dopuszczalnego poziomu dla tego typu procesów, wynoszącego ok 10,0 m/h. Jednakże to nie prędkość filtracji jest decydującym parametrem jeśli chodzi o uzyskiwane efekty. Istotna jest wysokość strefy odżelaziania wody, bezpośrednio zależna właśnie od:

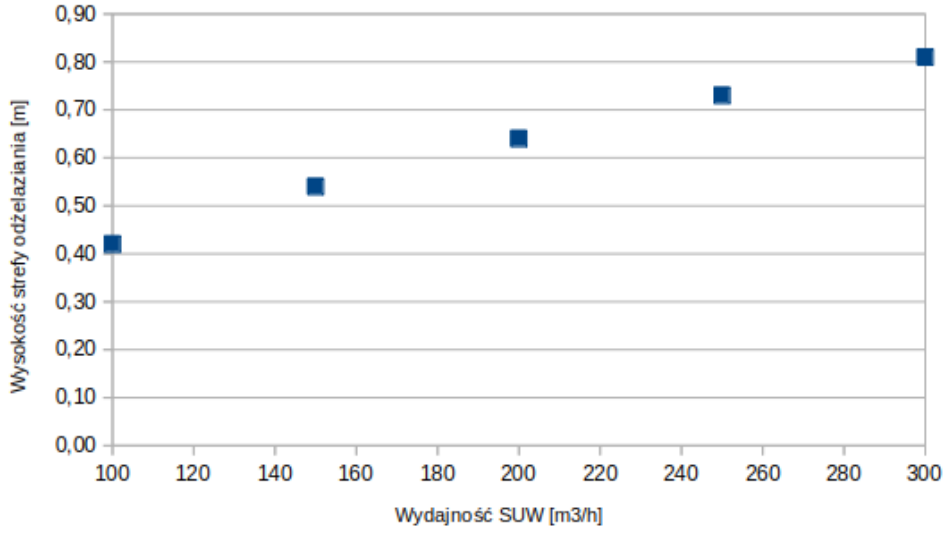
- prędkości filtracji,
- uziarnienia złoża filtracyjnego,
- stopnia utlenienia żelaza przed filtracją,
- zawartością żelaza przed filtracją.

Z uwagi na brak precyzyjnych danych przyjęto uziarnienie złoża filtracyjnego typowe dla procesów usuwania żelaza i wynoszące ok 0,8 – 1,4 mm. Ponadto założono, że stopień utlenienia żelaza jest nie większy niż 25,0 %.

W obliczeniach założono również najwyższe stężenie żelaza w wodzie surowej ujmowanej studniami głębinowymi, zgodnie z otrzymanymi badaniami – czyli ok 1,8 mg/L.

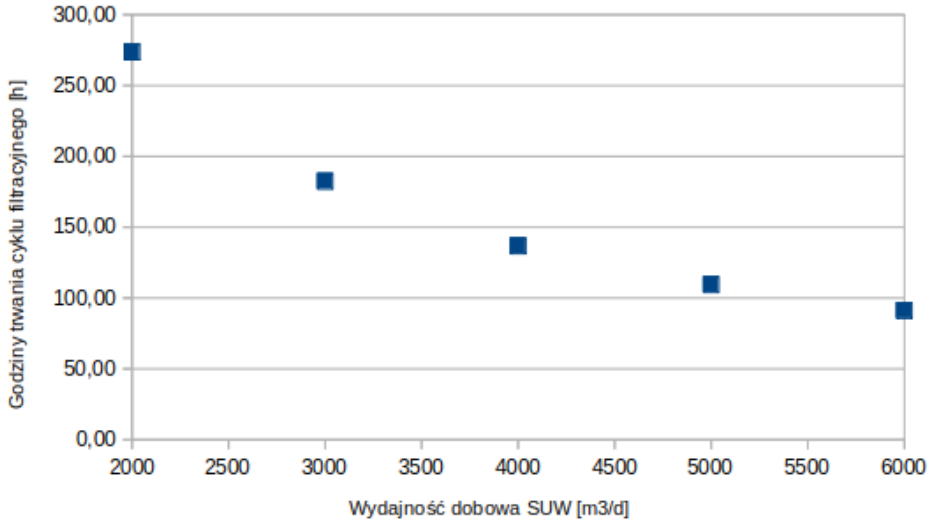
Dla przedstawionych założeń wysokość strefy odżelaziania, zależną od wydajności SUW przedstawiono na wykresie 4.

Wykres 4. Wysokość strefy odżelaziania na SUW chodaków przy różnych wydajnościach obiektu.



Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń, nawet dla największej wydajności SUW Chodaków wysokość strefy odżelaziania jest stosunkowo niska, co pozwala zmieścić usuwanie tego wskaźnika w złożu filtracyjnym. Co więcej przy wysokim płaszczu filtrów zastosowanych w Chodakowie pozostaje jeszcze sporo miejsca na usuwanie manganu z wody, co przy jego stężeniu na poziomie ok 0,5 mg/L daje możliwość efektywnego obniżania tego wskaźnika do wartości zgodnych z normą.
Kolejnym przeliczeniem dla SUW Chodaków jest teoretyczna długość cyklu filtracyjnego. Zależy ona od przyjętej pojemności masowej filtrów, którą dla układów z jednoczesnym odżelazianiem i odmanganianiem przyjmuje się na poziomie ok 2.000 g/m2.
Wyznaczona na tej podstawie długość cyklu filtracyjnego zależna będzie od produkcji dobowej SUW.

Wykres 5. Teoretyczna długość cyklu filtracyjnego w zależności od wydajności dobowej SUW.



Jest zatem w tym obszarze wyraźne pole do optymalizacji pracy SUW. Długość cyklu można dobierać względem tabeli jak wyżej, obserwując dobową produkcję wody. Dla całkowicie maksymalnej produkcji wynikającej z pozwolenia wodno – prawnego dopuszczalne jest płukanie filtrów z częstotliwością co ok 4 doby.

Filtry płukane są tylko wodą podawaną do układu z pompowni sieciowej (a zatem również ciśnieniem sieciowym). Rozwiązanie to ma kilka mankamentów:

- jest to najdroższe energetycznie rozwiązanie, ponieważ filtry płucze się wysokim ciśnieniem, co nie jest konieczne z punktu widzenia realizacji procesu, aczkolwiek mając na uwadze bardzo ograniczone orurowanie SUW (niskie średnice rurociągów w stosunku do faktycznych potrzeb) może się okazać, że takie ciśnienie jest jedynym sposobem zagwarantowania odpowiedniego przepływu wody,
- w trakcie płukania są zachwiane warunki hydrauliczne zasilania sieci wodociągowej – woda, która na siec podawana jest ze stałym ciśnieniem leci w kierunku „uprzywilejowanym”, którym jest wolny wypływ z filtrów podczas płukania.

Zgodnie z otrzymanymi informacjami płukanie prowadzone jest przez czas ok 15 min, w którym zużywa się ok 40,0 m3 wody. Daje to wydajność płukania na poziomie ok 160,0 m3/h.

Taka wydajność przekłada się na intensywność:

- dla filtrów DN 3000: 6,2 L/sm2
- dla filtrów DN 2400: 9,7 L/sm2

O ile w przypadku filtrów o średnicy Dn 2400 intensywność ta jest jeszcze akceptowalna, o tyle dla filtrów DN 3000 jest zbyt niska by osiągnąć zakładany efekt płukania. Następstwem mogą być kumulujące się złogi żelazowe w filtrze lub zbrylenia złoża skutkujące z czasem pogarszaniem się efektów technologicznych. Sytuacja ta jest dodatkowo potęgowana poprzez brak płukania filtrów powietrzem (brak dmuchawy do płukania powietrzem), co generuje zagrożenia związane z wspomnianym zbrylaniem złóż. Jednocześnie są to dość istotne wytyczne dla modernizacji obiektu pod względem technologicznym.

Woda uzdatniona jest chlorowana z wykorzystaniem podchlorynu sodu i trafia do zbiornika retencyjnego, skąd dalej podaje się ją na sieć wodociągową. Widok ogólny zbiornika na podchloryn oraz zestawu pompowego przedstawiono na zdjęciach poniżej.

Zdjęcie 23. Zestaw dozujący podchloryn sodu.

Zdjęcie 24. Zestaw pompowy.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej wizji lokalnej oraz analizy technologicznej na SUW Chodaków można wyciągnąć następujące wnioski:

- ujmowana woda jest stosunkowo prosta w uzdatnianiu, przekroczenia wskaźników dotyczą w zasadzie jedynie żelaza oraz manganu i są to niskie wartości,
- proces technologiczny jest skuteczny w usuwaniu wymienionych zanieczyszczeń, co wynika głównie z przewymiarowania układu technologicznego w stosunku do możliwości ujęcia,
- w przypadku procesu aeracji modyfikacji wymagają:
  - aeratory – wskazane jest zastosowanie urządzeń łatwiejszych w eksploatacji, takich, które da się w prosty sposób czyścić (obecne, ze względu na gabaryty są bardzo trudne do konserwacji)
  - bezwzględnie należy wymienić sprężarkę i zastosować co najmniej dwa urządzenia bezolejowe, z całym węzłem kontrolno sterującym,
- w odniesieniu do procesu filtracji:
  - konieczne jest zwiększenie wydajności procesu płukania filtrów; obecne płukanie jedynie wodą z wysokim ciśnieniem jest nieefektywne; uzyskiwane intensywności płukania – szczególnie filtrów o większej średnicy nie spełniają wartości dolnych kryteriów,
  - konieczne jest wprowadzenie płukania filtrów powietrzem – poprzez dmuchawę, umożliwi ona skuteczne wypłukanie filtrów i osiągnięcie trwałej granulacji złoża filtracyjnego.

Zasadniczo na SUW w Chodakowie eksploatowane są dwa typu filtrów, różniące się średnicą oraz wysokością. Taka sytuacja nie sprzyja wyrównywaniu obciążeń, przez co należy spodziewać się różnic w efektywności pracy. Tym niemniej sumaryczna efektywność jest zachowana. Zasadniczo poważne wątpliwości budzą przyłącza filtrów. Jak wspomniano wcześniej dla filtrów tej średnicy doprowadzenie wody do płukania czy odprowadzenie popłuczyn powinno być realizowane z wykorzystaniem średnicy min Dn 200 – na SUW Chodaków mamy DN 150 i nawet DN 100. Powoduje to sytuacje w której do uzyskania odpowiedniej intensywności płukania wodą konieczne jest wysokie ciśnienie jej tłoczenia, stąd płukanie z zestawu pompowego. To z kolei jest działanie bardzo nieekonomiczne (jest to najdroższa woda na SUW). Biorąc ponadto pod uwagę fakt, iż sterowanie filtrów odbywa się ręcznie (ręczne zasuwy), modernizacja układu powinna iść w kierunku:

- optymalny: wymiana filtrów wraz ze złożem, orurowaniem oraz całym systemem sterowania ich pracą – ujednolicenie parametrów technicznych poszczególnych filtrów.
- minimalny: wymiana orurowania i systemu sterowania ich pracą.

Oba kierunki wraz z oszacowaniem kosztów takich prac zostaną przedstawione w kolejnej części opracowania.

W zakresie modernizacji obiektu w Chodakowie niezbędna jest również wymiana zestawu pompowego. Obecnie eksploatowane pompy są nieefektywne energetycznie.

3. KIERUNKI MODERNIZACJI SUW EKSPLOATOWANYCH PRZEZ ZWIK SOCHACZEW WRAZ Z KOSZTAMI MODERNIZACJI.

Mając na uwadze wnioski z powyższej analizy, przyjęto wstępne założenia koncepcyjne dla prac modernizacyjnych lub związanych z rozbudową poszczególnych obiektów.

SUW Płocka

Przeprowadzona analiza technologiczna wykazała, że w przypadku SUW przy ul. Płockiej konieczne są do wykonania następujące działania:

1. Wykonanie systemu napowietrzania wody surowej, umożliwiającego utlenienie żelaza, manganu i jonu amonowego.
2. Zamiana rodzaju koagulantu na wstępnie zhydrolizowany, w mniejszym stopniu oddziałujący korozyjnie na orurowanie i armaturę, a także na cały układ techniczny SUW.
3. Wykonanie układu flokulacji oraz sedymentacji związanych koagulantem zanieczyszczeń organicznych (optymalnie w postaci układu sedymentatorów lamelowych)
4. Modernizacja istniejącego, lub (optymalnie) budowa nowego układu filtracji, usuwającego żelazo, mangan oraz jon amonowy, a także resztki zawiesin pokoagulacyjnych, wraz z całym oprzyrządowaniem (urządzenia do płukania powietrzem oraz wodą)
5. Wykonanie układu odwróconej osmozy, usuwającego chlorki z wody do poziomu zgodnego z obowiązującym Rozporządzeniem.
6. Wymiana orurowania SUW (zastosowanie rurociągów odpornych na korozję chlorkową)
7. Wymiana układu pompowania sieciowego (wykonanie nowej pompowni sieciowej)
8. Przegląd techniczny, a także renowacja zbiorników retencyjnych, wraz z wymianą orurowania.

Mając na względzie stan techniczny urządzeń oraz armatury i orurowania, niestety należy zakładać konieczność całkowitej wymiany orurowania SUW oraz armatury sterujacej. Zagadka pozostaje również kwestia stanu technicznego filtrów. Ich funkcja technologiczna też jest dość mocno ograniczona. Filtry były projektowane w czasie, gdy dla wód niechlorowanych dopuszczalne stężenie jonu amonowego wynosiło 1,5 mg/L. Wyższe były również normy stężenia żelaza oraz manganu. W chwili obecnej wskaźniki te są na poziomie który uniemożliwia ich osiągnięcie na eksploatowanych filtrach w układzie koagulacji kontaktowej, przy zakładanej wydajności docelowej. Stąd też, albo filtry należałoby potraktować jako pierwszy stopień filtracji, albo też obiekt SUW zupełnie wyłączyć z eksploatacji i wybudować zupełnie nową stację. Takie też dwa warianty zostaną przeanalizowane poniżej (z oszacowaniem kosztów działań).

Punktem wyjścia dla niniejszej analizy jest określenie wydajności obiektu. Zgodnie z pozwoleniem wodno-prawnym ujęcie jest w stanie podać 260,0 m3/h. Mając na uwadze spore straty wody na poszczególnych procesach (szczególnie koagulacja, płukanie, ale także odwrócona osmoza), należałoby przyjąć pełną wydajność dla wymiarowania SUW, przy czym wydajność końcowa (po odliczeniu wszystkich strat) oscylować będzie wokół 200,0 m3/h, co zostanie przedstawione poniżej.

Wariant I

Wariant pierwszy obejmuje modernizację SUW Płocka, z zachowaniem istniejących obiektów i maksymalnym wykorzystaniem obecnie eksploatowanych urządzeń.

W wariancie pierwszym przeanalizowano następujący układ technologiczny:

- wykonanie układu napowietrzania ciśnieniowego wody (aeratory ciśnieniowe zapewniające wydajność 260,0 m3/h):
  - przebudowa węzła doprowadzenia wody surowej z zastosowaniem rurociągów wykonanych z PE
  - wykonanie 3 aeratorów o wydajności 100,0 m3/h każdy
  - orurowanie wykonane z PE metodą zgrzewania doczołowego lub elektrooporowego
  - wykonanie węzła sprężonego powietrza do napowietrzania wody oraz sterowania napędami pneumatycznymi (dwie sprężarki bezolejowe o wydajności 40,0 m3/h każda, na zbiornikach powietrznych) wraz z węzłem sterująco – pomiarowym obejmującym rotametry, manometry, elektrozawory, zawory regulacyjne
- woda napowietrzona będzie poddawana procesowi koagulacji, w tym celu konieczne będzie wykonanie:
  - układu magazynowego koagulanta wstępnie zhydrolizowanego (szacowany zapas magazynowy – ok 3 m3 koagulanta) – w paletopojemnikach po 1,0 m3 każdy
  - układ dwóch pomp dozujących, sprzężonych z przepływomierzem
  - wstępnie szacowana dawka koagulantu: 30,0 g/m3 – co daje ok 6 L/h przy maksymalnej dawce i przepływie (zapas magazynowy na ok 15 dni przy maksymalnej produkcji)
  - układ dozowania zlokalizowany w istniejącym budynku, po adaptacji budowlanej pomieszczeń
  - zastosowanie koagulantu zhydrolizowanego wyeliminuje konieczność roztwarzania siarczanu glinu, co da możliwość likwidacji zbiorników na roztwór roboczy siarczanu glinu i wykorzystanie powstałej przestrzeni na zlokalizowanie magazynu koagulantu oraz układu napowietrzania (aeracji).

Szacowany koszt wykonania tego elementu technologicznego:

- aeratory: 80.000
- węzeł powietrza ze sprężarkami i układem pomiarowym: 100.000

- przebudowa pomieszczenia koagulantów (adaptacja zbiorników/ ich przesklepienie): 100.000 zł
- wykonanie układu magazynowania i dozowania koagulantu: 100.000zł

Sumarycznie szacowany koszt wyniósłby ok 380.000 zł (rezerwa zostanie wliczona całościowo w wycenę końcową).

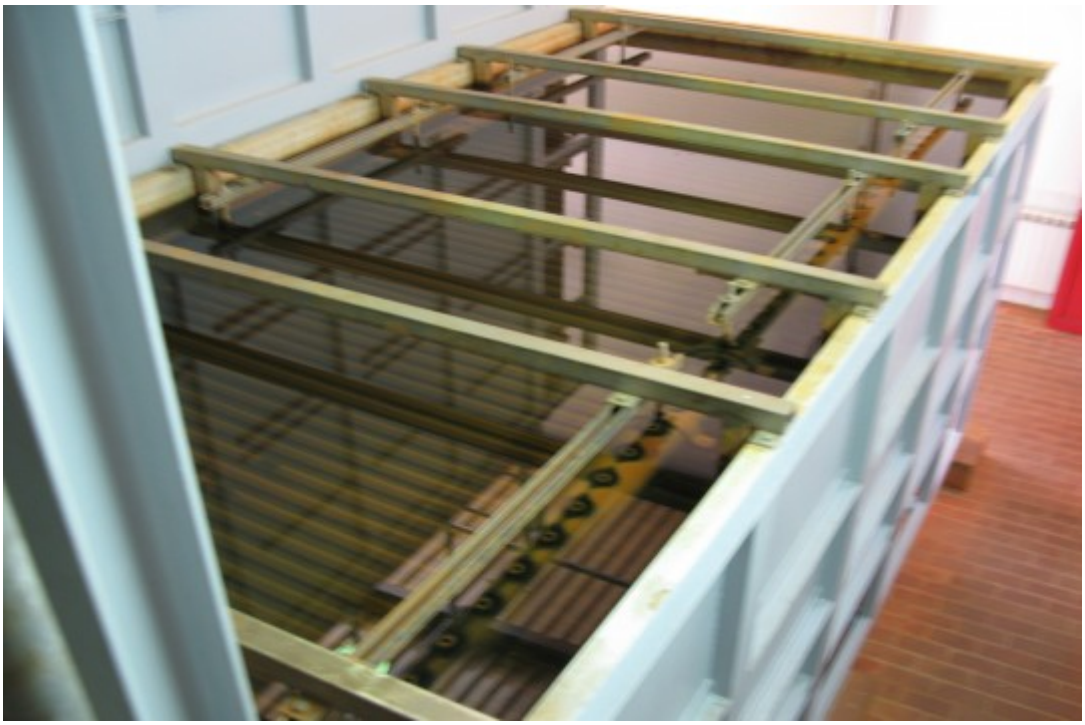
Montaż urządzeń w istniejących budynkach ma na pewno zaletę związaną z wykorzystaniem tego co jest obecnie eksploatowane. Minusem są z pewnością pojawiające się w tego typu inwestycjach problemy wykonawcze.

Woda wraz z koagulantem będzie poddawana procesowi flokulacji i sedymentacji - w tym celu konieczny jest montaż układu sedymentantorów lamelowych (3 ciągi technologiczne po ok 100,0 m3/h każdy), poprzedzone komorami flokulacji; dopuszcza się przy tym zastosowanie systemów koagulacji z obciążnikami – np. Actiflo, szczegółowy opis technologiczny zostanie opracowany po wyborze wariantu ralizacji; z uwagi na gabaryty układ sedymentacji musiałby znajdować się w zupełnie oddzielnym budynku.

Nowy budynek musiałby być zlokalizowany maksymalnie blisko starego. Sensownym byłoby umieszczenie w budynku również pozostałych elementów – tj. aeratorów, węzła sprężarkowego oraz układu magazynu i dozowania koagulantu).

System uzdatniania wody barwnej oparty o koagulację i sedymentację (3 ciągi po 100,0 m3/h) funkcjonuje np. w Świnoujściu lub w Brwinowie k. Warszawy. Oba systemy pracują w oparciu o technologię firmy Preusag i są zaprojektowane do usuwania barwy, a także żelaza manganu i jonu amonowego. Jeśli chodzi o system w Świnoujściu, to pracuje on od połowy lat 90’tych i daje oczekiwane efekty. Podobne rozwiązanie musiałoby zostać zaprojektowane na SUW przy ul. Płockiej.

Zdjęcie 25. Osadnik lamelowy do sedymentacji wody po koagulacji (widoczne wkłady lamelowe)



Szacowany koszt ukladu flokulacji i sedymentacji to ok 800.000 zł na jeden ciąg technologiczny czyli ok 2.5 mln zł na całość.

Woda po napowietrzaniu i koagulacji kierowana byłaby na filtry kontaktowe.

Z uwagi na różnice wysokościowe, konieczne byłoby przetłaczanie wody po procesie koagulacji z wykorzystaniem pomp. Zakłada się wykorzystanie istniejącego zbiornika odpowietrzającego, który pełnił będzie rolę komory rozprężnej, pod warunkiem jego remontu lub nawet całkowitej wymiany. W każdym razie rozdzielona na 4 strumienie woda trafiałaby na filtry pracujące w układzie przepływu od dołu do góry.

Tutaj odfiltrowane zostałyby zawiesiny pokoagulacyjne, a także utlenione żelazo i mangan. Dokładny zakres remontu tych filtrów jest możliwy do ustalenia po dokonaniu ich oceny technicznej. Prawdopodobny zakres modernizacji obejmował będzie:

- remont drenażu (wymiana drenażu z zastosowaniem podobnego rozwiązania, opartego jednak o materiały niekorodujące)
- wymiana złoża filtracyjnego – zastosowanie materiału umożliwiającego skuteczne usunięcie żelaza i manganu, a także wpracowanie do usuwania jonu amonowego przy złożonej prędkości filtracji, która wyniesie ok 4,0 m/h (jest to możliwe w układzie istniejących filtrów) o mniejszym uziarnieniu,
- remont filtrów (wykonanie odpowiednich powłok zabezpieczających),
- wymiana koryt
- wymiana całego orurowania filtrów oraz aparatury kontrolno – pomiarowej
- wykonanie nowych przejść szczelnych przez ściany.

Tak naprawdę oszacowanie kosztów będzie możliwe dopiero po wykonaniu ekspertyzy istniejących filtrów. Ekspertyza ta pokaże również, czy jest sens modernizacji tych filtrów.

Dla zakresu opisanego powyżej szacuje się następujące koszty (jednego filtra)

- wymiana drenażu: 150.000 zł
- wymiana złoża: 50.000 zł
- remont komory: 250.000 zł (powłoki, wyprawy, iniekcje, wymiana koryt)
- wymiana orurowania i armatury sterującej i pomiarowej: 250.000 zł

Tym samym sumaryczny koszt remontu szacuje się na poziomie ok 700.000 zł w stosunku do jednego filtra, czyli ok 3 mln zł na całość. Do tego należy doliczyć koszty modernizacji samej galerii rur, oraz poziomu koron filtrów (remont pomieszczenia, wymiana wentylacji, montaż układu osuszania, wymiana barierek) – ok 400.000 zł.

Zatem koszt remontu hali filtrów wyniesie ok 3.5 mln zł.

Część strumienia wody uzdatnionej kierowany byłaby na RO – szacuje się, że by uzyskać wyniki zgodne z normą w zakresie chlorków (w granicach 200,0 mg/L) konieczne jest poddanie RO ok 20 % strumienia wody przefiltrowanej. Zatem wydajność RO przyjęto na poziomie ok 60,0 m3/h netto – co po wliczeniu popłuczyn daje 75 m3/h brutto (wydajność RO). Instalacja RO znajdowałaby się w oddzielnym pomieszczeniu (budynku razem z

separatorami lamelowymi), i stanowiłaby oddzielne, kompaktowe urządzenie. Odcieki z pracy RO kierowane byłyby do kanalizacji (ok 15,0 m3/h). Instalacja RO cechuje się znacznym zapotrzebowaniem energetycznym – należy przyjąć mniej konieczną moc na poziomie ok 60,0 kW instalacji RO. Powyższe powinno być brane pod uwagę przy planowaniu inwestycji z punktu widzenia możliwości zaopatrzenia w niezbędną ilość energii.

System RO wymaga:

- dozowania antyskalanta przed membranami
- zabezpieczenia przed wprowadzeniem chloru na filtry,
- układu CIP – chemicznego czyszczenia membran, z odprowadzeniem odcieków po neutralizacji do kanalizacji (powyższe można realizować jako usługa realizowana przez serwis dostawcy membran).

Szacowany koszt instalacji RO to ok 1.0 mln zł.

Woda po RO i woda po filtracji mieszane byłyby już przed samymi zbiornikami. Wcześniej poddawano by ją chlorowaniu.

Zbiorniki retencyjne także wymagają przeglądu, który określi zakres ich remontu. Jeśli brać pod uwagę stan techniczny adekwatny do ich wieku, wówczas zgodnie z doświadczeniami z innych obiektów, na remont jednego zbiornika należałoby przyjąć ok 0.5 mln zł. Do tego dochodzi wymiana orurowania, przejść szczelnych, remont komory zasuw. Zasadnicze pytanie dotyczy faktu, czy wymianie powinny też podlegać rurociągi międzyobiektowe. Powyższe znacznie zwiększy koszty realizacji zadania.

Tym samym ostrożnie należy oszacować koszty remontu zbiorników retencyjnych wraz z wymianą orurowania na ok 1,5 mln złotych.

W zakres modernizacji wchodziłaby również wymiana pomp w pompowni sieciowej oraz cała wymiana orurowania. Szacowany koszt to ok 400.000 zł. Standardem jest dezynfekcja wody sieciowej z wykorzystaniem promieniowania UV – koszt takiego urządzenia dla wydajności SUW Płocka to ok 350.000 zł.

Nowe urządzenia (sedymentatory, RO) zlokalizowane zostaną w oddzielnym obiekcie wybudowanym możliwie blisko istniejącej SUW.

Koszty budowy nowego obiektu (w prostej, modułowej technologii) oraz koszty remontu i termonomodernizacji budynku istniejącego, to ok 1.200.000 zł.

Podsumowując modernizacja SUW Płocka, polegająca na całkowitej wymianie istniejącego orurowania, armatury, remoncie filtrów, zbiorników, a także budowie nowego układu sedymentacji i budowie układu obniżającego poziom chlorków to ok:

10.830.000 zł

Błąd oszacowania przyjęto na poziomie ok 15 %.

Wariant II

Wariant II obejmuje budowę nowego budynku technologicznego, w którym znajdą się:

- układ napowietrzania wody surowej,
- układ koagulacji, flokulacji i sedymentacji (oparty na lamelach),
- magazyn koagulantu, układ dozowania koagulantu,
- układ pompownia międzystopniowego,
- układ filtracji ciśnieniowej (zaprojektowany na prędkość ok 6,0 m/h) – 6 filtrów ciśnieniowych o średnicy DN 2600 wypełnionych złożem piaskowym i katalitycznym, wraz z systemem płukania filtrów wodą oraz powietrzem,
- układ odwróconej osmozy wraz z oprzyrządowaniem,
- dezynfekcja wody przed zbiornikami podchlorynem sodu,
- remont istniejących zbiorników retencyjnych oraz wymiana orurowania, przejść szczelnych, armatury sterowniczej,
- wykonanie, w istniejącym budynku, pompowni sieciowej, remont istniejącego budynku pompowni – pod rozwagę należy wziąć, czy pompownia nie powinna być również zlokalizowana w istniejącym budynku SUW,
- wykonanie nowego budynku technologicznego, zlokalizowanego w pobliżu zbiorników retencyjnych oraz pompowni sieciowej.

Założono, że wydajność nowego obiektu będzie oscylowała wokół 120,0 m3/h (zgodnie z otrzymanymi informacjami).

Bazując na doświadczeniach podobnych obiektów, mając na uwadze aktualne koszty prac, robocizny, należy wyszacować budowę takiego obiektu wraz z modernizacją zbiorników retencyjnych na kwotę około

10.000.000 – 12.000.000 złotych

Z całą pewnością konieczne jest doposażenie istniejącego układu uzdatniania wody w system sedymentacji (separatory lamelowy), dozowanie koagulantu nowego typu, i odwróconą osmozę. W takim układzie możliwe będzie uzdatnienie ok 120,0 m3/h wody pochodzącej tylko z ujęcia Kuznocin.

Oczywiście, jeśli miałby być utrzymany istniejący statut (rozcieńczanie wodą z SUW Chodaków) odwrócona osmoza będzie niepotrzebna, jednakże faktyczna ilość wody, którą będzie można wyprodukować w systemie również będzie mniejsza. Z uwagi na znaczne koszty procesu odwróconej osmozy – wynikające ze strat wody (koncentratu), który należy odprowadzić do kanalizacji (przyjęte koszty odprowadzenia koncentratu to ok 9,0 zł/m^3), należy założyć proces odwróconej osmozy tylko jako wariant technologiczny – przy czym proces poprzedzający (wstępne uzdatnianie) powinno odbywać się w układzie jak opisany powyżej.

SUW Chodaków

W przypadku wody pobieranej z ujęcia w Konarach przyjęto dwa główne kierunki modernizacji/rozbudowy układu:

1. Modernizacja istniejącej SUW Chodaków.

2. Adaptacja pompowni w Konarach na stację uzdatniania wody i przesył wody uzdatnionej do miasta.

Wariant I. Modernizacja SUW Chodaków.

W przypadku SUW Chodaków, z całą pewnością można stwierdzić, iż eksploatowany obecnie układ technologiczny spełnia wymagania co do efektywności uzdatniania wody. Wynika to przede wszystkim z bardzo dobrej jakości wody surowej oraz bardzo wysokiej powierzchni filtracji eksploatowanych filtrów, która generuje niską prędkość filtracji.

Niemniej, zgodnie z przedstawionymi wcześniej wnioskami z analizy układ w Chodakowie wymaga modernizacji, której celem jest dostosowanie systemu do aktualnie obowiązujących standardów technologicznych na tego typu obiektach.

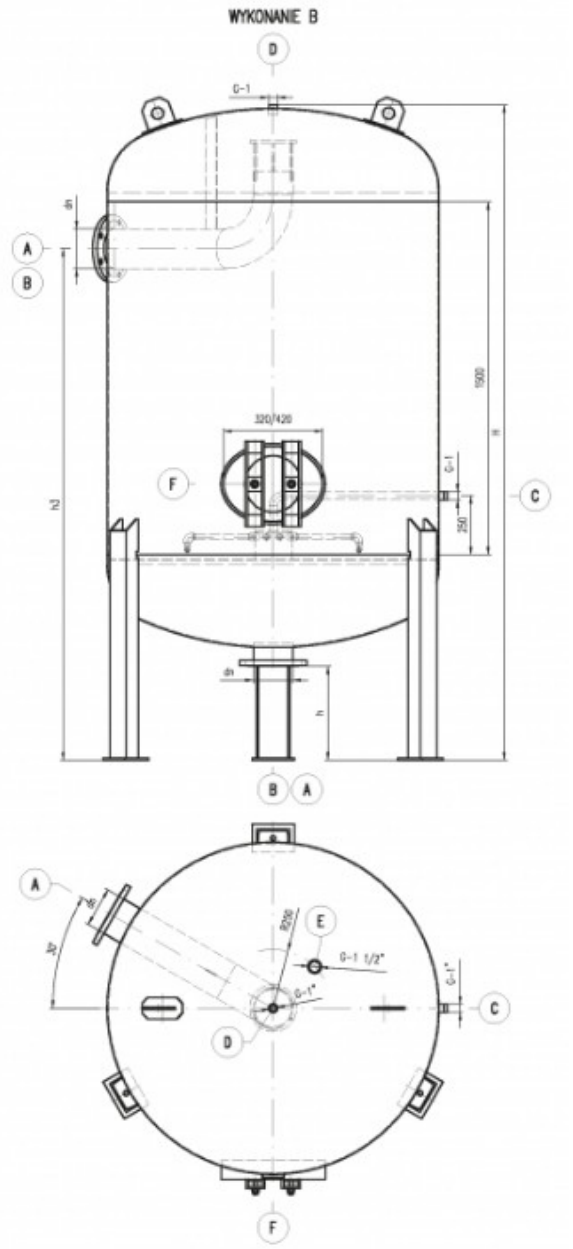
Tym samym proponowany zakres modernizacji obiektu obejmuje:

- wymianę układu napowietrzania ciśnieniowego wody (aeratory ciśnieniowe zapewniające wydajność 293 m3/h):
  - przebudowa węzła doprowadzenia wody surowej z zastosowaniem rurociągów wykonanych z PE
  - wykonanie 3 aeratorów o wydajności 100,0 m3/h każdy:
    - DN 1800
    - objętość jednego aeratora: 5,5 m3
    - ilość dysz w aeratorze: 12 sztuk
    - maksymalna wysokość aeratora: 3100 mm
  - orurowanie SUW – stal nierdzewna w gatunku AISI 316
  - wykonanie węzła sprężonego powietrza do napowietrzania wody oraz sterowania napędami pneumatycznymi (dwie sprężarki bezolejowe o wydajności 40,0 m3/h każda, na zbiornikach powietrznych) wraz z węzłem sterująco – pomiarowym obejmującym rotametry, manometry, elektrozawory, zawory regulacyjne
- wymianę sprężarek na bezolejowe, pozwalające uzyskać wymagany stopień napowietrzenia wody – wydajność ok 40,0 m3/h każdej sprężarki, przykładowi producenci: AtlasCopco, KaeserCompresoren,, Airpol
- przebudowa układu filtracji, której celem jest:
  - ujednolicenie systemu filtrów,
  - zastosowanie filtrów z orurowaniem odpowiedniej średnicy,
  - umożliwienie płukania filtrów powietrzem

- wprowadzenie automatycznego systemu płukania filtrów
- wymiana orurowania
- płukanie filtrów wodą poprzez pompę pluczącą (umożliwiającą płukanie wodą ze zbiornika z optymalną wydajnością).

Uwzględniając przeliczenia wysokości strefy odżelaziania, wysokości pomieszczenia hali filtrów, przyjęto maksymalną prędkość filtracji do wymiarowania równą 10,0 m/h. Tym samym ilość filtrów wyniesie 6 sztuk o średnicy DN 2400, po trzy filtry w ciągu technologicznym (jak obecnie).

Schemat 1. Widok ogólny aeratora statycznego.



Dane techniczne dobranych filtrów ciśnieniowych:

- Ilość: 6 szt.
- Średnica nominalna: 2400 mm,
- Powierzchnia jednostkowa: 4,52 m^2,
- Wysokość części płaszczowej: min. 2500 mm,
- Średnica króćców wody: DN 200,
- Średnica króćca powietrza: DN 100,
- Dno drenażowe: płaskie, grzybkowe
- Podpory pod dennicą filtra – rozstaw i wielkość zgodnie z wytycznymi producenta urządzenia.

Orurowanie układu filtracji:

- rurociąg doprowadzający wodę napowietrzoną o średnicy DN 150,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną o średnicy DN 150,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania o średnicy DN 200,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania o średnicy DN 100,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny o średnicy DN 200,
- spust pierwszego filtratu o średnicy DN 100,
- rurociąg odpowietrzający (ręczne odpowietrzenie filtrów) o średnicy G 1”,
- rurociąg spustu zerowego z filtra o średnicy DN 50.

Filtry sterowane będą automatycznie. Armaturę na poszczególnych rurociągach stanowić będą:

- rurociąg doprowadzający wodę do filtracji: przepustnica międzykołnierzowa o średnicy DN 150 z napędem pneumatycznym dwustronnego działania (tryb zamknij/otwórz),
- rurociąg odprowadzający wodę przefiltrowaną: przepustnica międzykołnierzowa o średnicy DN 150 z napędem regulacyjnym, przepływomierz elektromagnetyczny DN 150, przepustnica międzykołnierzowa DN 150 z przekładnią ręczną ślimakową, kurek probierczy ½",
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania: przepustnica międzykołnierzowa o średnicy DN 200 z napędem pneumatycznym dwustronnego działania (tryb zamknij/otwórz),
- rurociąg odprowadzający popłuczyny: przepustnica międzykołnierzowa DN 200 z napędem pneumatycznym dwustronnego działania (tryb zamknij/otwórz),
- rurociąg spustu I filtratu: przepustnica międzykołnierzowa DN 100 z napędem pneumatycznym dwustronnego działania (tryb zamknij/otwórz), przepustnica międzykołnierzowa DN 100 z przekładnią ręczną ślimakową,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania: przepustnica międzykołnierzowa DN 100 z napędem pneumatycznym dwustronnego działania (tryb zamknij/otwórz) i

zawór zwrotny kulowy DN 100,

- rurociąg spustu zerowego: przepustnica międzykołnierzowa DN 50 z przekładnią ręczną ślimakową.

Układ filtracji należy opomiarować w zakresie ciśnienia, przepływu po każdym filtrze, stężenia tlenu w wodzie przefiltrowanej oraz mętności wody przefiltrowanej kierowanej do zbiorników retencyjnych.

Filtry zamontowane zostaną w istniejącej hali technologicznej, na fundamentach żelbetowych. Wymiary nowych fundamentów należy dopasować do projektowanych urządzeń, zapewniając bezproblemowy dostęp na potrzeby obsługi, naprawy i konserwacji.

Płukanie filtrów

Częstotliwość płukania filtrów wyznaczono w oparciu o następujące parametry:

— stężenie żelaza w wodzie surowej (ok. 0,8 mg/l)

— pojemność masowa zastosowanych złóż filtracyjnych (ok. 2000 g/m^2)

— powierzchnia filtra (4,52 m^2).

Maksymalną ilość wody przefiltrowanej między kolejnymi płukaniami wyznaczono z zależności:

$$V = (2000 * 4{,}52) / (0{,}8 * 1{,}9) = \text{ok. } 6.000\ m^3 \text{ na każdy filtr}$$

Filtry płukane będą dwuetapowo – oddzielnie powietrzem i wodą uzdatnioną ze zbiorników retencyjnych. Poniżej podano wytyczne dla doboru poszczególnych urządzeń płuczących.

<u>Płukanie powietrzem</u>

Skuteczne płukanie złoża kwarcowego uzyskuje się przy intensywności płukania powietrzem w granicach 13,0 ÷ 17,0 L/m^{2}s. Odpowiada to wydajności urządzenia do płukania powietrzem na poziomie:

$$Q_p = (13{,}0 \div 17{,}0) * 4{,}52 * 3{,}6 = 211{,}5 \div 276{,}6\ m^3/h.$$

Do płukania powietrzem należy przewidzieć urządzenie o następujących parametrach:

- Ilość: 1 szt,
- Maksymalna moc silnika: do 11 kW,
- Wymagany spręż: ok. 750 mbar
- Wydajność przy wymaganym sprężu: min. 240 m^3/h

Na instalacji powietrza płuczącego należy przewidzieć pomiar przepływu powietrza oraz ciśnienia, jak również armaturę odcinającą i zwrotną. Wydajność urządzenia należy

doregulować do wymagań technologicznych poprzez zastosowanie przetwornicy częstotliwości (falownika).

Płukanie wodą

Skuteczne płukanie złóż kwarcowych wodą uzyskuje się przy intensywności płukania w granicach 12 ÷ 15 L/m^{2}s. Odpowiada to wydajności pompy płuczącej na poziomie:

$$Q_w = (10 \div 15) * 4{,}52 * 3{,}6 = 162{,}7 \div 244{,}1\ m^3/h.$$

Do płukania wodą należy przewidzieć urządzenie o następujących parametrach:

- Ilość pomp: 2 szt. (1 pracująca i 1 rezerwa czynna),
- Nominalna moc: do 11 kW,
- Wydajność pompy: ok. 220 m^3/h,
- Wysokość podnoszenia: ok. 14 mH_2O,

Do płukania wodą wykorzystywana będzie woda uzdatniona zgromadzona w zbiorniku retencyjnym. Na instalacji wody płuczącej należy przewidzieć pomiar przepływu oraz ciśnienia, jak również armaturę odcinającą i zwrotną. Wydajność pompy należy doregulować do wymagań technologicznych poprzez zastosowanie przetwornicy częstotliwości (falownika).

Wody popłuczne po płukaniu filtrów ciśnieniowych kierowane będą do istniejącego systemu ich zagospodarowania tj. odstojnika wód popłucznych.

Dezynfekcja

Założono, że dezynfekcja na SUW będzie prowadzona z wykorzystaniem dwóch metod: podchlorynu sodu oraz promieniowania UV.

Podchloryn sodu dozowany będzie wariantowo w następujących punktach układu technologicznego:

- do rurociągu wody surowej (tylko w przypadkach awaryjnych np. skażenia),
- do rurociągu wody uzdatnionej po filtrach, przed zbiornikami retencyjnymi (główny punkt dezynfekcji),
- do rurociągu wody uzdatnionej do sieci wodociągowej, za systemem UV (w celu zabezpieczenia sieci wodociągowej).

Podchloryn dozowany będzie w postaci roztworu NaOCl o stężeniu ok. 15%. Zestaw do dozowania NaOCl złożony będzie z następujących elementów:

- Zbiorniki podchlorynu: 2 x 100 l,
- Pompy dozujące 2 szt (1 pracująca + 1 rezerwowa)

Zbiorniki wraz z pompami i osprzętem dozującym znajdować się będą w wydzielonm pomieszczeniu chlorowni, wyposażonym w wentylację mechaniczną oraz oddzielne wejście z

zewnątrz, zgodnie z wymaganiami technicznymi dla pomieszczeń do magazynowania podchlorynu sodu (w którym obecnie znajduje się sprężarka)
Dawkowanie roztworu podchlorynu sodu winno odbywać się w korelacji z przepływem wody mierzonym przepływomierzami elektromagnetycznymi na poszczególnych rurociągach.

Dezynfekcja promieniami UV

W celu multibarierowego zabezpieczenia wody podawanej do odbiorców, woda na wyjściu z SUW (za pompownią II stopnia) poddawana będzie dezynfekcji z wykorzystaniem promieniowania ultrafioletowego.
Założenia do doboru i zaprojektowania kompletnego systemu UV są następujące:

- szczegółowy dobór urządzenia na podstawie pomiarów transmisji wody uzdatnionej,
- montaż urządzenia na bypassie (umożliwiający demontaż urządzenia, wymianę promienników itp. bez konieczności zatrzymania pracy pompowni sieciowej),
- promienniki niskociśnieniowe amalgamatowe o żywotności min. 16 000 h,
- urządzenie, zapewniające dawkę min. 400 J/m2, liczoną na koniec żywotności promienników,
- reaktor ze stali AISI 316L,
- system winien zapewniać ciągłą dezynfekcję UV z uwzględnieniem nierównomierności rozbiorów wody w sieci wodociągowej,
- kompletne opomiarowanie, szafa sterownicza w zestawie.

Dla potrzeb koncepcyjnych przyjęto:

- lampa UV, niskociśnieniowa, reaktor w kształcie litery L
- maksymalny przepływ wody: do 350,0 m^3/h,
- moc urządzenia: ok. 6,0 kW

Tłoczenie wody do sieci wodociągowej
Woda ze zbiorników retencyjnych tłoczona będzie do sieci wodociągowej przez zmodernizowany, wymieniony zestaw pomp sieciowych.

Na potrzeby opracowania koncepcyjnego przyjęto wstępnie maksymalną docelową wydajność pompowni sieciowej na poziomie ok. 350 m^3/h – co wymaga weryfikacji hydraulicznej.

Uwaga! Parametry doboru pompowni (wydajność, ciśnienie tłoczenia, ilość pomp) należy szczegółowo zweryfikować na etapie sporządzania dokumentacji projektowej!

Parametry dobranego zestawu pomp sieciowych:

- typ pomp: pionowa, wielostopniowa, wirowa, in-line,
- ilość pomp w zestawie: 5 szt. (4+1R)
- wydajność całkowita zestawu: ok. 350,0 m^3/h,
- ciśnienie tłoczenia ok. 50,0 mH_2O
- moc pomp: ok. 21,0 kW
- każda pompa wyposażona w indywidualny falownik, pompy zamontowane na ramie

ze stali nierdzewnej.

W zakresie układu tłoczenia wody do sieci wodociągowej należy przewidzieć pomiary ciśnienia, przepływu wody uzdatnionej i stężenia chloru wolnego (opcjonalnie). Ponadto na instalacji zlokalizować kurki probiercze do poboru prób wody uzdatnionej, a także punkt dozowania podchlorynu sodu.

Wytyczne dla automatyki i sterowania (wszystkie parametry należy zwizualizować na stanowisku operatorskim)

- pomiar przepływu wody na sieć wodociągową
- ciśnienie tłoczenia wody do sieci wodociągowej (czujnik ciśnienia z manometrem) z przesyłem danych drogą kablową i wizualizacją danych,
- stan pracy poszczególnych pomp sieciowych,
- częstotliwość pracy / prędkość obrotową,
- czas pracy poszczególnych pomp,
- pobierany prąd.

Algorytmy sterowania pracą układu:

- sterowanie pracą pomp względem ciśnienia tłoczenia na sieć,
- pompy sieciowe załączane będą automatycznie, kolejno na podstawie czasu pracy (wyrównywanie czasu pracy poszczególnych pomp).

Minusem rozwiązania jest konieczność realizacji prac na ruchu. Tym samym bezwzględnie wskazane jest wykonanie tymczasowej stacji uzdatniania wody, na czas remontu istniejącego obiektu. Szacowane koszty modernizacji obiektu w opisanym układzie technologicznym przedstawiono poniżej.

Tabela 3. Przybliżone zestawienie urządzeń i materiałów technologicznych

Lp	**Nazwa**	**Parametry charakterystyczne**	**Ilość**	**Jedn**	**Cena jedn. [zł/jedn]**	**Cena [zl]**
1	Mieszacz statyczny rurowy	DN150; montowany kołnierzowo; ze stali nierdzewnej AISI 316/316L; przyłącze powietrza G 1"; wyposażony w manometry	2	szt.	12 000,00	24 000,00
2	Aerator ciśnieniowy, statyczny (centralny mieszacz wodno-powietrzny)	Średnica 1800mm; minimalna ilość dysz napowietrzających 12szt; przyłącza wody DN150; przyłącze powietrza G1''; wykonanie: stal węglowa, zabezpieczony antykorozyjnie wewnątrz i na zewnątrz	3	szt	30 000,00	90 000,00
3	Sprężarka powietrza	spiralna bezolejowa,przystosowana do pracy ciągłej, ze zbiornikiem sprężonego powietrza; Qmin=40,0m3/h; P=do4,0kW; w obudowie dźwiękochłonnej; z kompletnym osprzętem (filtry, przyłącza)	2	kpl	35000,0	70000,0
4	Filtr ciśnieniowy, pionowy	DN 2400; F=4,52m2; Hpł=2,5m; przyłącze wody DN 200; przyłącze powietrza DN 100; z drenażem grzybkowym (grzybki z długą nóżką); filtr ze stali węglowej zabezpieczony antykorozyjnie (wewnątrz i na zewnątrz)	6	szt	59 500,00	360000
5	Złoże kwarcowe (warstwa podtrzymująca I)	Uziarnienie 4,0 ÷ 8,0 mm, Hzł = 0,1 m (6 filtry)	3,0	m3	500,00	1.500,0
6	Złoże kwarcowe (warstwa podtrzymująca II)	Uziarnienie 2,0 ÷ 4,0 mm, Hzł = 0,1 m (6 filtry)	3,0	m3	500,00	1.500
7	Złoże kwarcowe (właściwa warstwa filtracyjna)	Uziarnienie 0,8 ÷ 1,4 mm, Hzł1 = 1,4 m (6 filtry)	36	m3	1 500,00	58.000,0
8	Złoże katalityczne (warstwa filtracyjna – odmanganianie)	Uziarnienie 1,0 ÷ 3,0 mm, Hzł = 0,5 m (6 filtry)	14	m3	8 000,00	120.000
9	Dmuchawa płucząca	Q=min.240,0m3/h; min.750mbar; P=do11,0kW; wyposażona w softstart, obudowę dźwiękochłonną, amortyzację drgań, filtr wlotowy, zawór bezpieczeństwa	1	kpl	30 232,35	30 232,35
10	Pompa płucząca	Pompa pozioma; Q=ok.220,0m3/h; H=ok.13,0mH2O; P=do11kW	2	kpl	21 804,69	43 609,38
11	Zestaw pomp sieciowych	pompy pionowe; wielostopniowe, Qc=ok.350,0m3/h;H=ok.55,0mH2O; zestaw z indywidualnymi przetwornicami częstotliwości	1	kpl	450.000	450.000
12	Zbiornik podchlorynu z osprzętem	Zbiorniki cylindryczne z tworzywa sztucznego (LLDPE, stabilizowane-UV); V1=100L; osprzęt: mieszadła, zawory, wanna zbiorcza min.120L, przewody, lanca ssąca, inne	2	kpl	7.500	15.000,0
13	Pompa dozująca podchloryn	Membranowa pompa dozująca; Q1max=do7,5L/h; P=ok.24W; wyświetlacz; sterowanie impulsowe ml/impuls; sterowanie analogowe 4-20mA; pomiar przepływu	2	szt.	10.000	20.000,0
14	System UV	Promienniki niskociśnieniowe; Q=do350,0m3/h; monitoring promieniowania UV; automatyczny system czyszczący; reaktor ze stali nierdzewnej AISI316/316L	1	Kpl	250.000	250.000
15	Orurowanie i armatura	komplet orurowania i armatury	1	kpl	800.000	800.000
					SUMA	2.335.000

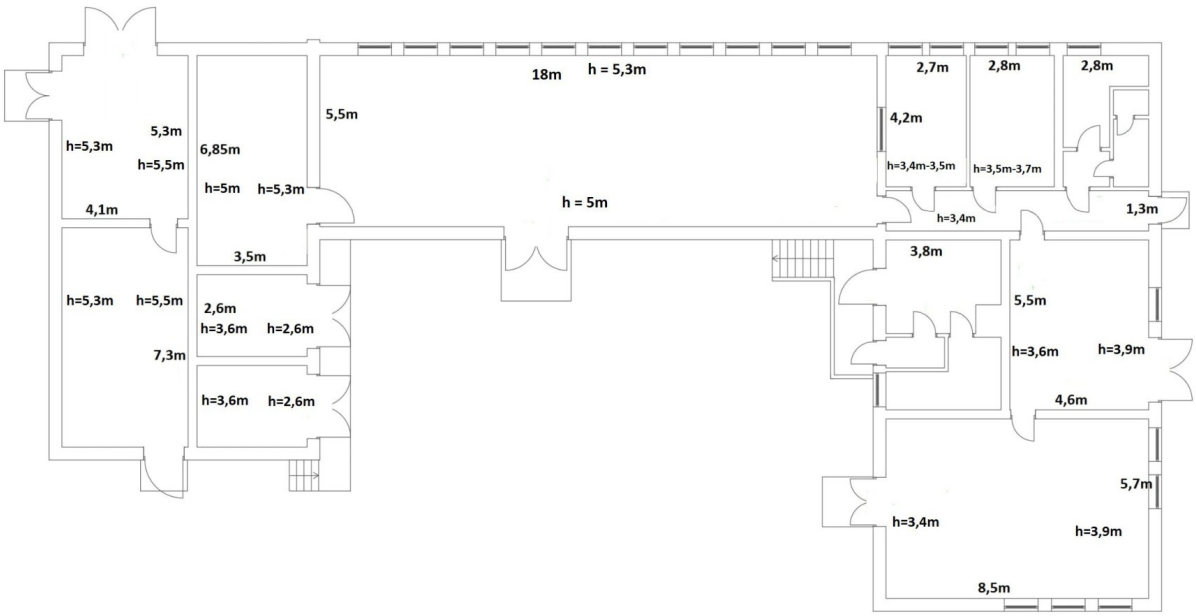
Lp	ANALIZA KOSZTÓW	
1	Prace ogólnobudowlane (wykonanie fundamentów pod aeratory i filtry, przebudowa pomostu technologicznego, remont obiektu, demontaże)	1.500.000,00
2	Prace technologiczne	2.335.000,00
3	Prace elektryczne i automatyczne	900.000,00
	SUMA	**4.735.000,00**

Powyższa wartość stanowi jedynie przybliżenie kosztów modernizacji układu, niemniej jednak można wykorzystać tę wartość do porównań i ustalenia przybliżony kosztów modernizacji SUW.

Wariant II. Pompownia w Konarach.

Pompownia wody surowej w Konarach stanowi element przesyłu wody z ujęcia na SUW w Chodakowie. Na kolejnych zdjęcia przedstawiono widok pompowni w Konarowie z różnych kierunków.

Schemat 2. Pompownia Konary – rzut z góry.



Zdjęcie 26. Pompownia Konary – front.

Zdjęcie 27. Pompownia Konary – hala główna

Zdjęcie 28. Pompownia Konary – hala główna

Zdjęcie 29. Pompownia Konary – tył pompowni.

Zdjęcie 30. Teren pompowni Konary.

Lokalizacja SUW w tym miejscu wymaga zabudowy układu technologicznego o parametrach tożsamych z układem proponowanym w wariancie I. Będzie się składał z:

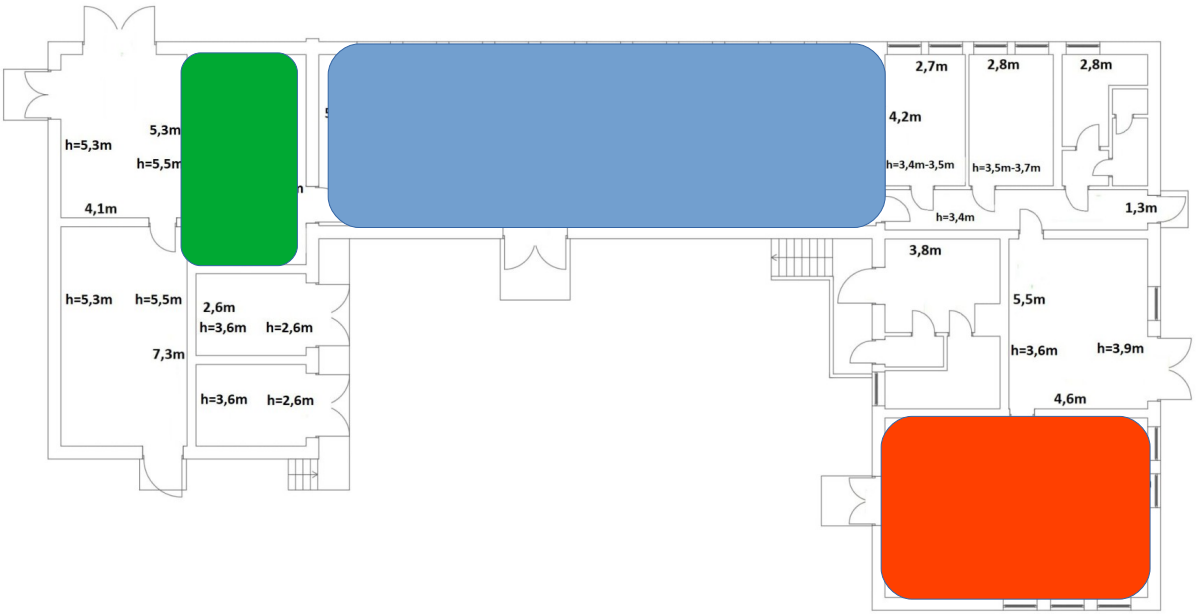
- trzech aeratorów o średnicy DN 1800 każdy
- 6 filtrów o średnicy Dn 2400 każdy
- układu płukania filtrów wodą oraz powietrzem,
- pompowni sieciowej.

Oddzielną kwestię stanowić będzie możliwość odprowadzenia popłuczyn z płukania filtrów (kwestia ta nie została dokładnie przeanalizowana w niniejszym opracowaniu z uwagi na brak dostatecznej ilości danych). Założono jednak, ze w razie braku możliwości ciągłego odprowadzania popłuczyn do odbiornika zostanie wprowadzony system ich zawracania i dogęszczania umożliwiający ograniczenie ilości powstałych w procesie uzdatniania popłuczyn.

Analizie poddano następujące kwestie:

- możliwość lokalizacji urządzeń w istniejącym budynku pompowni wraz z jej przebudową
- możliwość lokalizacji poszczególnych elementów SUW w oddzielnych budynkach.

W istniejącym budynku wyodrębniono następujące funkcje poszczególnych pomieszczeń:



Wstępna analiza pokazuje, że istnieje możliwość lokalizacji poszczególnych urządzeń w pomieszczeniach. Poszczególnymi kolorami oznaczono

- niebieskim – halę filtrów
- zielonym – halę napowietrzania
- czerwonym – pompownię.

Poza tym istnieje konieczność lokalizacji systemów AKPiA. Znaczna ilość pomieszczeń umożliwia powyższe. Szczegóły winny być podane w odpowiednim opracowaniu projektowym.

Oczywiście na czas realizacji zadania istniejąca funkcja pompowni wody surowej powinna być zastąpiona tymczasowo np. pompownią umiejscowioną w kontenerze.

Zakłada się również, że zdezynfektowana woda uzdatniona gromadzona będzie w istniejących zbiornikach retencyjnych, skąd pompownia sieciowa kierować będzie do sieci wodociagowej.

Szacowane koszty modernizacji obiektu w zakresie technologii będą tożsame jak dla wariantu I niniejszego zdania. Niemniej należy spodziewać się wyższych kosztów w zakresie:

- adaptacji poszczególnych obiektów (pomieszczeń) do konkretnych funkcji technologicznych
- rozwiązania gospodarki odprowadzenia popłuczyn (po dokładnym rozeznaniu możliwości zagospodarowania popłuczyn),

Z energetycznego punktu widzenia oba warianty będą jednakowe (sumaryczna wysokość podnoszenia pomp będzie identyczna jak obecnie – oczywiście po odpowiedniej optymalizacji). Należy jednak stwierdzić, że przesył wody uzdatnionej jest korzystniejszy niż surowej. Chcąc jednak wykorzystać do tego celu istniejące rurociągi wody surowej z pompowni w Konarach konieczne będzie ich gruntowne czyszczenie. Szacowane koszty zaprezentowano w tabli poniżej.

Lp	ANALIZA KOSZTÓW	
1	Prace ogólnobudowlane (adaptacja poszczególnych pomieszczeń do nowych funkcji technologicznych). Modernizacja obiektu.	2.500.000,00
2	Prace technologiczne (w tym likwidacja pompowni wody surowej oraz zorganizowanie układu odprowadzania popłuczyn)	4.250.000,00
3	Prace elektryczne i automatyczne.	1.300.000,00
	SUMA	**8.050.000,00**

Oczywiście ostateczna cena zostanie zweryfikowana przez rynek na etapie przetargu. Jej bardziej przybliżona wartość zostanie ustalona w toku prac kosztorysowych przy projektowaniu ewentualnego obiektu.

Wydaje się jednak, że zgodnie z przeprowadzoną analizą drugi z wariantów będzie droższy – ma on jednak swoje konkretne korzyści technologiczne związane z przesyłem wody surowej.